

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS**



**“SIMULACIÓN DEL PROCESO DE SOCAVACIÓN DEL CAUCE  
DEL RÍO RÍMAC - CASO PUENTE MORÓN”**

**Presentada por:**

**SERGIO PAOLO VELARDE BERNAL**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE  
MAGISTER SCIENTIAE EN RECURSOS HÍDRICOS**

**Lima - Perú**

**2021**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS**

**“SIMULACIÓN DEL PROCESO DE SOCAVACIÓN DEL  
CAUCE DEL RÍO RÍMAC – CASO PUENTE MORÓN”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE  
MAGISTER SCIENTIAE**

**Presentada por:**

**SERGIO PAOLO VELARDE BERNAL**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:**

Ph.D. Eduardo Chavarri Velarde  
**PRESIDENTE**

Mg.Sc. Teresa Velásquez Bejarano  
**ASESOR**

Mg.Sc. Miguel Sánchez Delgado  
**MIEMBRO**

Mg.Sc. Cayo Ramos Taipe  
**MIEMBRO**



## **AGRADECIMIENTO**

Al Creador por darme fortaleza para afrontar las adversidades y guiarme por el buen camino.

A la Escuela de Postgrado de la UNALM, por mi formación académica y profesional.

Al Dr. Samuel Quisca por sus orientaciones y brindar el incentivo para dar inicio a la presente investigación.

A la Msc. Teresa Velasquez, por compartir sus conocimientos y consejos que permitieron culminar esta investigación.

A todas las personas que me apoyaron en el desarrollo de esta tesis por sus aportes y en mi formación como ingeniero.

*“Más fácil me ha sido encontrar las leyes con que se mueven los cuerpos celestes, los que están a millones de kilómetros, que definir las leyes del movimiento del agua, que corre frente a mis ojos” Galileo Galilei*

# ÍNDICE GENERAL

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	2
1.3 UBICACIÓN .....	2
1.4 OBJETIVOS .....	3
1.4.1 Objetivo General .....	3
1.4.2 Objetivos Específicos .....	3
1.5 ALCANCES .....	4
<b>II. REVISIÓN DE LA LITERATURA</b> .....	<b>5</b>
2.1 MECANISMO DEL COLAPSO DE PUENTES POR SOCAVACIÓN .....	5
2.1.1 Aspectos Generales .....	5
2.1.2 Colapso o fallas en puentes .....	6
2.1.3 Factores que afectan a la magnitud de la socavación en pilas de puentes .....	7
2.2 MORFOLOGÍA Y DINÁMICA FLUVIAL .....	9
2.2.1 Clasificación de los ríos .....	9
2.2.2 Características físicas .....	12
2.3 ESTABILIDAD DEL CAUCE.....	13
2.3.1 Método de Blench .....	14
2.3.2 Método de Simons y Albertson.....	15
2.3.3 Método de Altunin .....	16
2.4 TRANSPORTE DE SEDIMENTOS.....	18
2.4.1 Métodos para evaluar el arrastre de fondo .....	18
2.4.2 Método para evaluar el transporte total.....	20
2.5 MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE LA SOCAVACIÓN.....	25
2.5.1 Descripción del fenómeno de socavación .....	25
2.5.2 Socavación General.....	26
2.5.3 Socavación Local en Pilares.....	28
2.5.4 Socavación local en estribos .....	56
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>62</b>
3.1 MATERIALES .....	62
3.1.1 Información general recopilada.....	62

3.1.2	Información de campo.....	62
3.1.3	Información Hidrológica.....	72
3.1.4	Información Sedimentológica.....	78
3.1.5	Información Geológica y Geotécnica.....	81
3.1.6	Información Hidráulica.....	86
3.2	MÉTODOS.....	93
3.2.1	Recopilación de datos de campo.....	93
3.2.2	Análisis de máximas avenidas.....	94
3.2.3	Cálculo del transporte de sedimentos.....	94
3.2.4	Análisis morfológico del cauce.....	94
3.2.5	Modelación hidráulica.....	95
3.2.6	Cálculo de la socavación.....	95
3.3	METODOLOGÍA PROPUESTA.....	97
3.4	ANÁLISIS HIDROLÓGICO.....	98
3.4.1	Análisis de Máximas Avenidas en el río Rímac.....	98
3.4.2	Periodo de Retorno.....	99
3.4.3	Análisis de Distribución de Frecuencias.....	102
3.4.4	Prueba de bondad y ajuste.....	106
3.4.5	Caudales en la estación Chosica.....	107
3.4.6	Caudales en el Puente Morón.....	108
3.5	TRANSPORTE DE SEDIMENTOS.....	108
3.5.1	Producción de Sedimentos de la cuenca.....	108
3.5.2	Transporte de sedimentos de fondo.....	114
3.5.3	Transporte total de sedimentos de fondo sin separar componentes.....	115
3.5.4	Transporte total de sedimentos de fondo separando componentes.....	116
3.5.5	Transporte total de sedimentos de fondo y suspensión.....	117
3.6	ANÁLISIS MORFOLÓGICO DEL CAUCE.....	119
3.6.1	Morfología fluvial del río en el tramo evaluado.....	119
3.6.2	Estabilidad del cauce en el tramo evaluado.....	129
3.7	MODELACIÓN HIDRÁULICA.....	130
3.7.1	Modelación hidráulica 1D con HEC-RAS.....	130
3.7.2	Modelación hidráulica 2D con Iber.....	134
3.8	CÁLCULO DE LA SOCAVACIÓN.....	142
3.8.1	Cálculo de la Socavación general (Tr=10 y 500 años).....	142

3.8.2 Cálculo de la Socavación local (Tr=10 y 500 años).....	149
3.8.3 Esquema Conceptual del cambio morfológico.....	149
<b>IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>152</b>
4.1 OBTENCIÓN DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS EN IBER .....	152
4.2 COMPARACIÓN DE RESULTADOS ENTRE HEC-RAS E IBER.....	155
4.3 RESULTADOS DE LA SOCAVACIÓN GENERAL.....	155
4.4 EVALUACIÓN DE MÉTODOS PARA LA SOCAVACIÓN LOCAL.....	156
4.5 RESULTADOS DE LA SOCAVACIÓN LOCAL .....	161
4.6 RESULTADOS DE LA SOCAVACIÓN TOTAL .....	162
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>164</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>166</b>
<b>VII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>167</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>170</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b>	Clasificación de ríos por tramos según Lotjin .....	10
<b>Tabla 2:</b>	Coefficientes y exponentes de los materiales de fondo y orilla .....	16
<b>Tabla 3:</b>	Factor de corrección por contracción del cauce.....	27
<b>Tabla 4:</b>	Valores de $1/(1+x)$ para suelos granulares.....	28
<b>Tabla 5:</b>	Factor de corrección $f_c$ – Método de Maza – Sánchez .....	35
<b>Tabla 6:</b>	Factor de corrección $K_f$ .....	41
<b>Tabla 7:</b>	Factor de corrección por la forma de la pila $K_f$ , Método CSU, HEC-18 ....	41
<b>Tabla 8:</b>	Factor de corrección por el ángulo del flujo $K_\theta$ , Método CSU. HEC-18, 1993.....	42
<b>Tabla 9:</b>	Factor de corrección por forma del lecho $K_c$ , Método CSU. HEC-18, 1993.....	43
<b>Tabla 10:</b>	Criterios para adoptar $K_a$ , Método CSU. HEC-18, 1993.....	43
<b>Tabla 11:</b>	Coefficiente de forma y ángulo del pilar.....	44
<b>Tabla 12:</b>	Coefficiente de corrección del pilar .....	45
<b>Tabla 13:</b>	Diámetro equivalente $D_{85}$ en suelos granulares.....	45
<b>Tabla 14:</b>	Valor $m$ según el Diámetro máximo.....	48
<b>Tabla 15:</b>	Coefficiente de corrección $K_\theta$ Juárez B., E. y Rico Rodríguez, A. (1992) .....	59
<b>Tabla 16:</b>	Coefficiente de corrección $K_Q$ Juárez B., E. y Rico Rodríguez, A. (1992) .....	59
<b>Tabla 17:</b>	Coefficiente de corrección $K_m$ Juárez B., E. y Rico Rodríguez, A. (1992).....	59
<b>Tabla 18:</b>	Coefficiente por la forma del estribo $K_f$ Método de Froehlich. HEC-18.1993.....	60
<b>Tabla 19:</b>	Características Geomorfológicas de la Cuenca Húmeda .....	73
<b>Tabla 20:</b>	Presencia del Fenómeno “El Niño” .....	75
<b>Tabla 21:</b>	Registro de caudal, Fenómeno “El Niño” 1997-1998 .....	76
<b>Tabla 22:</b>	Caudales máximos de la Estación Chosica.....	77
<b>Tabla 23:</b>	Calicatas y sondajes realizados en las cercanías del Puente Morón .....	84
<b>Tabla 24:</b>	Riesgo admisible y vida útil de las obras.....	101
<b>Tabla 25:</b>	Periodos de Retorno Recomendados .....	101

<b>Tabla 26:</b>	Resultados de las distribuciones de frecuencias .....	105
<b>Tabla 27:</b>	Resultados del Test de Bondad de Smirnov – Kolmogorov .....	107
<b>Tabla 28:</b>	Caudales máximos diarios para diferentes periodos de retorno.....	107
<b>Tabla 29:</b>	Caudales máximos instantáneos en Estación Chosica para diferentes periodos de retorno. ....	108
<b>Tabla 30:</b>	Caudales máximos instantáneos en Puente Morón .....	108
<b>Tabla 31:</b>	Parámetros geomorfológicos de las subcuencas y cuenca del Rímac.....	109
<b>Tabla 32:</b>	Tasa media anual de transporte sedimentos en suspensión .....	112
<b>Tabla 33:</b>	Estimado de la producción de sedimentos en la cuenca Rímac.....	114
<b>Tabla 34:</b>	Carga de sedimentos en diferentes puntos de la cuenca del Rímac.....	114
<b>Tabla 35:</b>	Resultados obtenidos por método de Meyer – Peter y Muller.....	115
<b>Tabla 36:</b>	Resultados obtenidos por método de Schoklitsch.....	115
<b>Tabla 37:</b>	Resumen del cálculo del transporte de sedimentos de fondo .....	117
<b>Tabla 38:</b>	Resumen del cálculo del transporte de sedimentos totales .....	118
<b>Tabla 39:</b>	Cálculo macrorugosidad por Cowan.....	126
<b>Tabla 40:</b>	Diámetros característicos del terreno.....	126
<b>Tabla 41:</b>	Métodos de cálculo para la microrugosidad .....	127
<b>Tabla 42:</b>	Coefficiente de Rugosidad para el cauce .....	127
<b>Tabla 43:</b>	Granulometría Puente Morón .....	128
<b>Tabla 44:</b>	Resultado del cálculo del ancho estable.....	130
<b>Tabla 45:</b>	Condiciones de borde para HEC-RAS.....	131
<b>Tabla 46:</b>	Resultados de Niveles de agua y velocidades con HEC-RAS.....	133
<b>Tabla 47:</b>	Condiciones de contorno en IBER.....	137
<b>Tabla 48:</b>	Calados y velocidades para Tr=10, 100, 500 años y 01/03/2013 .....	140
<b>Tabla 49:</b>	Mapa de descarga especifica Tr=10 años .....	141
<b>Tabla 50:</b>	Mapa de descarga especifica Tr= 500 años .....	141
<b>Tabla 51:</b>	Mapa de velocidades Tr= 10 años .....	141
<b>Tabla 52:</b>	Mapa de velocidades Tr= 500 años .....	142
<b>Tabla 53:</b>	Valores obtenidos de la profundidad de socavación Tr=10 años .....	148
<b>Tabla 54:</b>	Valores obtenidos de la profundidad de socavación Tr=500 años .....	148
<b>Tabla 55:</b>	Resumen de los resultados obtenidos de la socavación local .....	149
<b>Tabla 56:</b>	Resultados obtenidos con HEC-RAS.....	155
<b>Tabla 57:</b>	Resultados obtenidos con IBER.....	155
<b>Tabla 58:</b>	Resultados de socavación media y máxima en el cauce .....	156

<b>Tabla 59:</b>	Resultados de socavación en el puente .....	156
<b>Tabla 60:</b>	Ventajas y desventajas en métodos de socavación local .....	156
<b>Tabla 61:</b>	Parámetros más usados en el cálculo de la socavación local en pilas y estribos .....	161
<b>Tabla 62:</b>	Socavación local en pilas .....	162
<b>Tabla 63:</b>	Socavación total en el puente.....	162

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b>	Ubicación del área de estudio – Cuenca del Río Rímac. ....	3
<b>Figura 2:</b>	Causas de la falla de puentes. ....	6
<b>Figura 3:</b>	Representación de la socavación local de una pila. ....	7
<b>Figura 4:</b>	Formas de la nariz de la pila. ....	8
<b>Figura 5:</b>	Tipos de cauce en socavación general ....	26
<b>Figura 6:</b>	Coeficiente $K_f$ , Método de Laursen y Toch.....	30
<b>Figura 7:</b>	Coeficiente $K_g$ , Método de Laursen y Toch.....	30
<b>Figura 8:</b>	Coeficiente $K_\theta$ , Métodos de Laursen y Toch., Breusers, Nicollet y Shen y Melville y Sutherland.....	31
<b>Figura 9:</b>	Factor de corrección $K_f$ por forma de la pila – Método de Larras y Mellville y Sutherland.....	33
<b>Figura 10:</b>	Factor de corrección $K_\theta$ , por ángulo de ataque del flujo. Método de Larras. ....	33
<b>Figura 11:</b>	Formas usuales de pilas. Método de Larras. Higuera C. y Pérez G.....	34
<b>Figura 12:</b>	<i>Cálculo de la socavación local para una pila rectangular.</i> ....	36
<b>Figura 13:</b>	Cálculo de la socavación local para una pila circular. ....	37
<b>Figura 14:</b>	Cálculo de la socavación local para una pila elongada.....	38
<b>Figura 15:</b>	Formas típicas de pilas, HEC-18,1993. ....	42
<b>Figura 16:</b>	Coeficiente $K_3$ , debido al tamaño de partícula vs $K_g$ (Ettema 1980) .....	50
<b>Figura 17:</b>	Estribos que se prolongan hasta el cauce principal y no existe flujo en la zona de inundación.....	57
<b>Figura 18:</b>	Intersección del flujo por los estribos. ....	58
<b>Figura 19:</b>	Formas comunes de estribos Método de Froehlich.....	61
<b>Figura 20:</b>	Factor de corrección $K_\theta$ Método de Froehlich. HEC-18. ....	61
<b>Figura 21:</b>	Puente Morón.....	63
<b>Figura 22:</b>	Vista aguas arriba del Puente Morón .....	63
<b>Figura 23:</b>	Vista aguas abajo del Puente Morón.....	64
<b>Figura 24:</b>	Llanura inundable margen derecha, aguas abajo del Puente Morón .....	64
<b>Figura 25:</b>	Ubicación del Área de Estudio .....	65
<b>Figura 26:</b>	Ubicación del Puente Morón .....	65
<b>Figura 27:</b>	Camino de acceso al P. Morón desde Carretera Central.....	66



<b>Figura 28:</b>	Vía de acceso aguas debajo de la entrada al P. Morón .....	66
<b>Figura 29:</b>	Vista de la Vía B. Balaguer y Alameda de los Morón.....	67
<b>Figura 30:</b>	Cierre del acceso al Puente Morón .....	67
<b>Figura 31:</b>	Pilar parcialmente socavada.....	68
<b>Figura 32:</b>	Vista general y de los Pilares afectados .....	70
<b>Figura 33:</b>	Vista de la antigua ubicación del pilar destruido .....	71
<b>Figura 34:</b>	Desprendimiento en la margen norte del río.....	71
<b>Figura 35:</b>	Cuenca Húmeda del Rio Rímac.....	72
<b>Figura 36:</b>	Comparación de temperaturas – Fenómenos ENOS.....	75
<b>Figura 37:</b>	Estación Hidrométrica Chosica.....	76
<b>Figura 38:</b>	Histograma de descargas máximas anuales – Estación Chosica .....	78
<b>Figura 39:</b>	Carga de sedimentos en suspensión – Bocatoma de la Planta Atarjea .....	79
<b>Figura 40:</b>	Carga de sedimentos en suspensión – Puente Huachipa.....	79
<b>Figura 41:</b>	Carga de sedimentos en suspensión – Puente Ñaña.....	79
<b>Figura 42:</b>	Transporte de sedimentos en suspensión en río Rímac – Puente Morón. .....	80
<b>Figura 43:</b>	Software HEC-RAS.....	87
<b>Figura 44:</b>	Esquema del Método del Paso Directo.....	88
<b>Figura 45:</b>	Software IBER.....	91
<b>Figura 46:</b>	Metodología de trabajo.....	96
<b>Figura 47:</b>	Distribuciones de Frecuencias – Hidroesta.....	105
<b>Figura 48:</b>	Test de Smirnov Kolmogorov.....	106
<b>Figura 49:</b>	Relación Precipitación media anual / Volumen solidos por unidad área. .....	110
<b>Figura 50:</b>	Altitud vs Sedimentos transportados en varias cuencas del Perú.....	111
<b>Figura 51:</b>	Morfología del rio Rímac en el tramo del Puente Morón.....	120
<b>Figura 52:</b>	Rio Rímac y cambios en el tiempo.....	122
<b>Figura 53:</b>	Morfología del cauce del Rímac - Vista aguas arriba del Puente Morón. .....	123
<b>Figura 54:</b>	Rio Trenzado.....	123
<b>Figura 55:</b>	Morfología del cauce del Rímac - Vista aguas abajo del Puente Morón. .....	124
<b>Figura 56:</b>	Geometría del tramo evaluado con HEC-RAS .....	132
<b>Figura 57:</b>	Perfil longitudinal del cauce con HEC-RAS .....	133

<b>Figura 58:</b>	Vista tridimensional del cauce con HEC-RAS .....	133
<b>Figura 59:</b>	Puente Morón con HEC-RAS .....	134
<b>Figura 60:</b>	Tramo río Rímac con pilares del Puente Morón .....	134
<b>Figura 61:</b>	Pilares del Puente Morón .....	135
<b>Figura 62:</b>	Superficie en formato raster .....	135
<b>Figura 63:</b>	Superficie NURBS .....	136
<b>Figura 64:</b>	Malla generada .....	138
<b>Figura 65:</b>	Malla generada con pilas de puente .....	138
<b>Figura 66:</b>	Clasificación de la geomorfología del cauce .....	138
<b>Figura 67:</b>	Discretización de las rugosidades en el cauce .....	139
<b>Figura 68:</b>	Mapa de calados Tr=10 años .....	140
<b>Figura 69:</b>	Mapa de calados Tr= 500 años .....	140
<b>Figura 70:</b>	Secciones transversales en IBER Tr=10 años .....	142
<b>Figura 71:</b>	Secciones transversales en IBER Tr=500 años .....	143
<b>Figura 72:</b>	Cálculo de la profundidad de socavación Tr=10 años. ....	144
<b>Figura 73:</b>	Cálculo de la profundidad de socavación Tr=500 años .....	145
<b>Figura 74:</b>	Cota de socavación en sección transversal 0+588 Puente Tr=10años .....	146
<b>Figura 75:</b>	Cota de socavación en sección transversal 0+588 Puente Tr=500 años ....	146
<b>Figura 76:</b>	Perfil de velocidades en sección transversal 0+588 Puente Tr=10 años ...	147
<b>Figura 77:</b>	Perfil de velocidades en sección transversal 0+588 Puente Tr=500 años .....	147
<b>Figura 78:</b>	Cambio Morfológico conceptual del cauce natural .....	150
<b>Figura 79:</b>	Paso 1 .....	152
<b>Figura 80:</b>	Paso 2 .....	153
<b>Figura 81:</b>	Paso 3 .....	154
<b>Figura 82:</b>	Paso 4 .....	154

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Data Hidrométrica.....	171
Anexo 2: Análisis de Datos Dudosos .....	174
Anexo 3: Análisis de Distribución de Frecuencias.....	177
Anexo 4: Cálculo del Caudal Máximo Instantáneo.....	189
Anexo 5: Análisis Granulométrico .....	191
Anexo 6: Cálculo del Transporte de Sedimentos .....	198
Anexo 7: Cálculo del Ancho Estable.....	205
Anexo 8: Cálculo de la Rugosidad de Manning .....	208
Anexo 9: Salida del Programa Hec-Ras .....	211
Anexo 10: Salida del Programa Iber.....	235
Anexo 11: Cálculo de la Socavación General Tr=10 Años.....	276
Anexo 12: Cálculo de la Socavación General Tr=500 Años.....	408
Anexo 13: Cálculo de la Socavación Local Tr=10 Años .....	540
Anexo 14: Cálculo de la Socavación Local Tr=500 Años .....	551

## RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo estimar la magnitud de la socavación que el flujo de agua puede provocar en la sección transversal del cauce del río donde se emplaza un puente. La aplicación de la presente investigación se realizó para un tramo de río de la Costa Peruana. El tramo corresponde al río Rímac en las cercanías del Puente Morón entre los distritos de Chaclacayo-Chosica con una longitud de 1.5 Km. Para conocer la magnitud de socavación se determinaron los caudales máximos para los periodos de retorno de 10 y 500 años respectiva y adicionalmente se ha evaluado para un caudal ocurrente del año 2013. Se ha evaluado el presente caso para los caudales mencionados donde como punto de partida se analizó la información geomorfológica y sedimentológica de la cuenca para la cual se estimaron los sedimentos en las cercanías del puente. Adicional a ello, se empleó la modelación numérica unidimensional y bidimensional para evaluar el comportamiento hidráulico del cauce con la finalidad de obtener los valores de tirante y velocidad. Finalmente, se calculó la profundidad de socavación general empleando el método de Lischtvan-Levediev y el método de las dovelas para el tramo evaluado del río Rímac que incluye el sector del Puente Morón y también se calculó la profundidad de socavación local empleando 20 ecuaciones para erosión en pilares donde se eligieron finalmente las fórmulas adecuadas para lecho macrorugoso.

**Palabras clave:** Pronóstico bidimensional, cambio morfológico, sedimentología, modelación numérica, socavación, Rímac.

## **ABSTRACT**

The present thesis aims to estimate the magnitude of scour that the flow of water can cause in the cross section of the riverbed where a bridge is located. The application of the present investigation was carried out for a stretch of river on the Peruvian coast. The section corresponds to the Rímac river in the vicinity of the Morón Bridge between the Chaclacayo-Chosica districts with a length of 1.5 Km. To know the magnitude of scour, the maximum flows were determined for the return periods of 10 and 500 years respectively and Additionally, it has been evaluated for a flow occurring in 2013. The present case has been evaluated for the aforementioned flows where the geomorphological and sedimentological information of the basin for which the sediments in the vicinity of the bridge were estimated were analyzed as a starting point. In addition to this, one-dimensional and two-dimensional numerical modeling was used to evaluate the hydraulic behavior of the channel in order to obtain velocity values. Finally, the general scour depth was calculated using the Lischtván-Levediev method and the segment method for the evaluated section of the Rímac River that includes the Morón Bridge sector, and the local scour depth was also calculated using 20 equations for erosion in pillars where the appropriate formulas for macro-rugged bed were finally chosen.

**Keywords:** Two-dimensional forecast, morphological change, sedimentology, numerical modeling, Scour, Rimac.

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el Perú, existe poca información sobre modelos teóricos que permiten estimar la profundidad de socavación en los puentes del Perú debido al alto grado de incertidumbre, por ello se recurre a resultados de experimentos en laboratorio que brindan valores muy conservadores, contradictorios y que son desarrollados en conjunto con modelos hidrodinámicos 1D, 2D y 3D cuyo objeto es evaluar el comportamiento hidráulico del cauce ante estructuras u otros objetos que lo atraviesen.

Realizar un modelo físico a escala resulta ser los más efectivo, sin embargo, debido a los altos costos que generan muy pocos son desarrollados; por lo que trabajar con un modelo numérico termina siendo la solución a este problema, así mismo las diferencias entre sus resultados son notorias y evidencian que un modelo numérico bidimensional permitirá la calidad y precisión buscada en los mismos modelos físicos reducidos.

Por tanto, para un mejor análisis, previo a la etapa de cálculo de la socavación, será conveniente utilizar los modelos numéricos bidimensionales que presentan una mayor precisión que los modelos unidimensionales y permitan obtener las principales variables hidráulicas que luego son empleadas en las ecuaciones de socavación.

Se hace hincapié, por ejemplo; la causa más recurrente del colapso o avería de puentes es la socavación de la fundación de las pilas y estribos ya sea por su insuficiente nivel de desplante o por construcción inadecuada. La socavación parte de suponer que ésta depende de variables que caracterizan al flujo, al material presente en el lecho del cauce y a la geometría del puente. Por ello existe mucha incertidumbre sobre el uso de las ecuaciones y su elección para conocer cuál de ellas representa mejor las condiciones reales del curso natural.

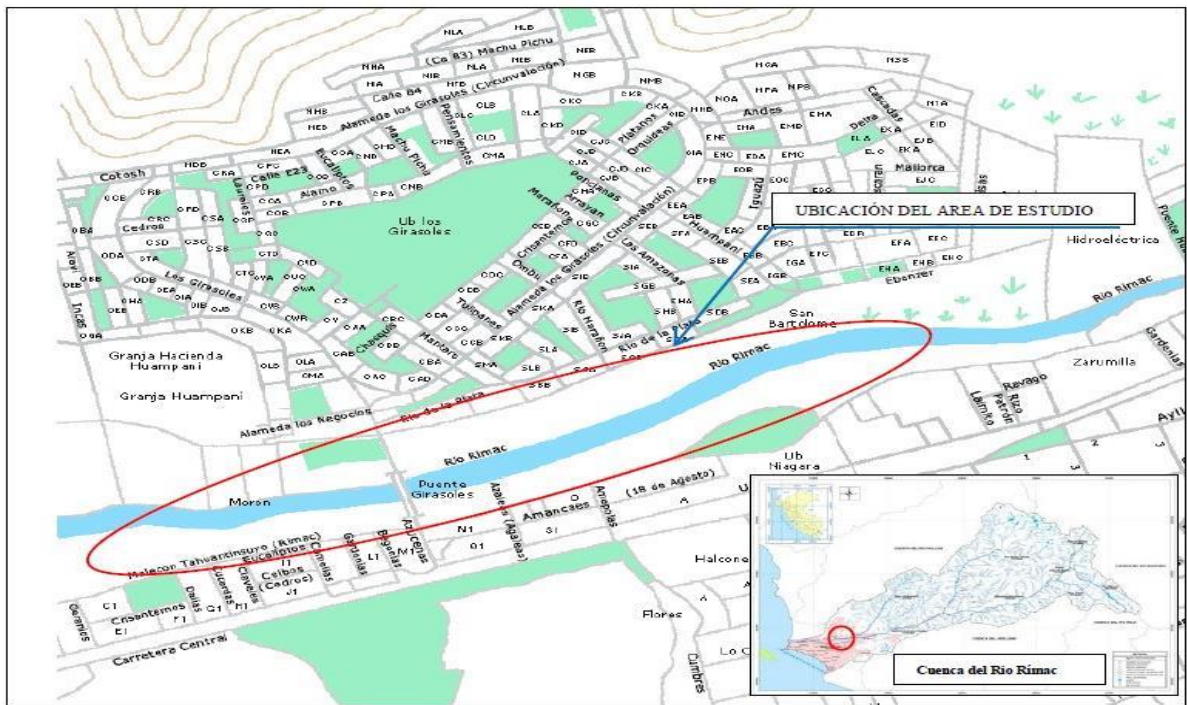
## **1.2 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

En el Perú no existe una metodología definitiva la cual deba aplicarse sobre cauces de tipo macrorugoso para la determinación de la socavación general y local, lo cual ha conllevado al sobredimensionamiento o colapso de la estructura; por tanto se ha desarrollado la siguiente investigación como una nueva propuesta metodológica que consiste en la aplicación del modelo numérico bidimensional IBER y el criterio propuesto por Lischtvan-Levediev; este último emplea el método de las dovelas para la obtención de la distribución de velocidades en la sección transversal y observar a mayor detalle los cambios morfológicos que ocurran en el cauce, mientras que en el caso de la socavación local en pilas de puente; las observaciones de campo así como los factores geomorfológicos permitan la elección del mejor método para lecho macrorugoso. También es importante mencionar que la metodología propuesta en la presente tesis se inicia con el desarrollo de los componentes hidrológicos, producción de sedimentos, morfología fluvial, estabilidad del cauce, transporte de sedimentos, modelación numérica, socavación y concluye con la presentación del esquema conceptual del cambio morfológico del cauce.

Se plantea la aplicación de un caso práctico en un tramo del Río Rímac que debido a su importancia con el Puente Morón que une los distritos de Chaclacayo y Chosica se ha visto en una gran problemática debido al derribamiento de una de las bases del puente.

## **1.3 UBICACIÓN**

El tramo del Río Rímac a evaluar se ubica en el ámbito de los distritos de Chaclacayo y Chosica, provincia de Lima, en la región Lima en la cota 620 msnm. El área de estudio comprende el desarrollo de una franja a lo largo del cauce de 1.8 km, cuyo centroide se encuentra en las coordenadas  $11^{\circ}58'39''$  de latitud Sur y  $76^{\circ}47'5''$  de longitud Oeste. (Ver Figura 1).



**Figura 1:** Ubicación del área de estudio – Cuenca del Río Rímac.

Fuente: Google Maps (2019)

## 1.4 OBJETIVOS

La presente Tesis tiene los siguientes objetivos:

### 1.4.1 Objetivo General

El objetivo general es estimar la magnitud de la socavación en cauces de ríos en tramos de cruces de puentes.

### 1.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar los caudales máximos del río Rímac en el Puente Morón.
- Estimar el transporte de sedimentos del río Rímac en el Puente Morón.
- Análisis morfológico del cauce del río Rímac en el Puente Morón.
- Diseñar el modelo hidráulico para la obtención de parámetros hidráulicos del río Rímac donde se ubica el Puente Morón.
- Determinar la socavación del río Rímac donde se ubica el Puente Morón.



## 1.5 ALCANCES

En general, los alcances de la investigación son los siguientes:

- Recopilación de los parámetros geomorfológicos, hidrológicos e hidráulicos de la cuenca, y del tramo evaluado del río Rímac.
- Trabajo de campo para evaluar el estado de la infraestructura existente, así como determinar las características de los materiales del lecho del río, correspondiente al tramo evaluado del río Rímac. Toma de muestras para determinar las curvas granulométricas globales representativas.
- Análisis de distribución de frecuencia para la determinación de caudales instantáneos en diferentes periodos de retorno.
- Estimado de la producción de sedimentos en la cuenca del Rímac y transporte de sedimentos en el tramo evaluado del cauce.
- Determinación de la morfología del río Rímac y cálculo del ancho estable en el tramo evaluado del río Rímac.
- Modelación hidráulica con IBER para determinar la distribución de velocidades en las secciones transversales y comparación de resultados con el software HEC-RAS.
- Estimación de la socavación general empleando el método de Lischtván-Levediev y el método de las dovelas para el tramo evaluado del río Rímac de los resultados del modelo bidimensional.
- Estimación de la socavación local empleando 20 ecuaciones para erosión en pilares con los parámetros de cálculo obtenidos del modelo bidimensional.
- Profundidad máxima de socavación general considerando los valores obtenidos de la socavación general y local.

## **II. REVISIÓN DE LA LITERATURA**

### **2.1 MECANISMO DEL COLAPSO DE PUENTES POR SOCAVACIÓN**

#### **2.1.1 Aspectos Generales**

La mayoría de las fallas en puentes son provocadas por la socavación en sus apoyos y es importante el cálculo de la socavación para el diseño y construcción de puentes ya que, si se conoce la magnitud de la socavación total, se estará en la posibilidad de construir puentes más estables.

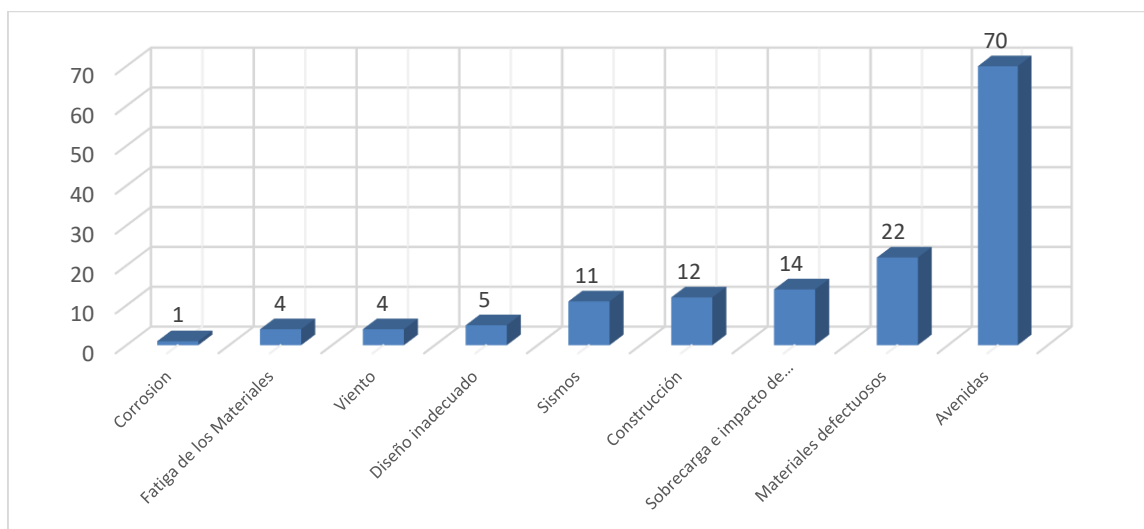
En la mayoría de los casos es probable que se desarrollen vórtices alrededor de la pila inmersa en la corriente, debido a que allí la velocidad es mayor que la velocidad media del río. En consecuencia, estas modificaciones en las condiciones de flujo generan gradientes de presión que remueven los sedimentos produciendo finalmente fosos de socavación, donde hay una tendencia a exponer las fundaciones del puente derivándose así en la falla de la estructura. Es evidente que el flujo alrededor de una pila es muy complejo para ser analizado teóricamente y es muy variado para sacar conclusiones de unas pocas investigaciones experimentales, por lo que se requiere de más investigación en el futuro para aclarar el comportamiento del flujo en tres dimensiones alrededor de una pila. Es así debido a la complejidad de todas las variables involucradas en la socavación no existe todavía una solución teórica válida, por lo que toca recurrir a los resultados de investigaciones experimentales de laboratorio, los cuales en algunos casos arrojan resultados muy diferentes. Las ecuaciones disponibles hasta la fecha son envolventes a resultados obtenidos de modelos físicos de laboratorio y muchas veces las profundidades de socavación son exageradas especialmente para el caso de estribos (Rocha 2008).

### 2.1.2 Colapso o fallas en puentes

El estudio del colapso de puentes es muy importante para intentar resolver las dudas a que se deben las fallas. Las investigaciones realizadas en diferentes países respecto al colapso de puentes se deben a sus diversos tipos (Rocha 2008). Según el Dr. Arturo Rocha dentro de sus investigaciones indica que las causas más comunes de fallas de puentes tenemos los siguientes:

- Choque de cuerpos extraños
- Comportamiento fluvial
- Acción del viento
- Sismos

Según el estudio desarrollado en 143 puentes de todo el mundo por D.W. Smith obtuvo los siguientes resultados:



**Figura 2:** Causas de la falla de puentes.

Fuente: Rocha (2008).

De la figura se puede concluir que la mayor causa de falla en puentes se debe a las avenidas ocurridas, pasando como última causa la corrosión de la estructura.

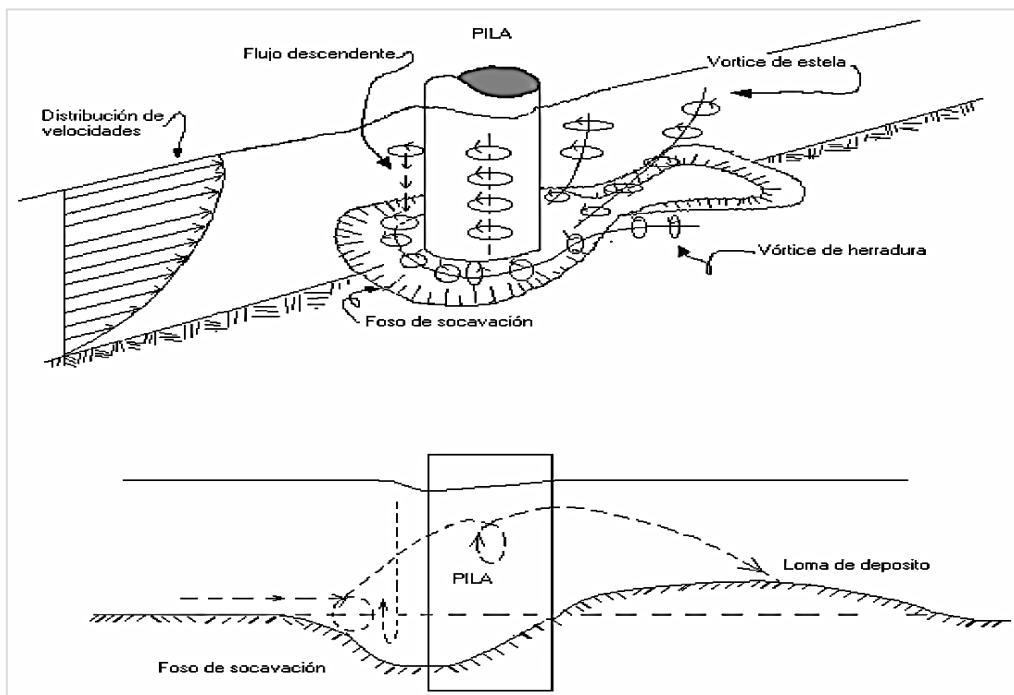
Según los estudios realizados por la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO 1994), menciona que la mayor parte de los puentes que han fallado en USA y en todo el mundo, ha sido debido a la socavación.

En Colombia se realizaron estudios de fallas de puentes y se obtuvo que alrededor de un 73% las fallas se debieron a la erosión fluvial. En el Perú los dos últimos Meganiños (1982-83 y 1997-98) causaron daños considerables a la infraestructura vial y puentes. Según el Colegio de Ingenieros del Perú hizo una investigación sobre el tema, señalando que en 1998 hubo 58 puentes destruidos y 28 afectados, prácticamente los problemas se debieron a la erosión fluvial. Es por eso importante analizar el problema desde este punto y reflexionar acerca del comportamiento de los ríos y su interacción con los puentes.

### 2.1.3 Factores que afectan a la magnitud de la socavación en pilas de puentes

**Velocidad de flujo de aproximación:** La velocidad de flujo interviene directamente en la formación del foso de socavación local, ya que a mayor velocidad mayor será la profundidad del foso. La velocidad está representada bajo el régimen subcrítico y supercrítico para velocidades bajas y altas respectivamente.

**Tirante de agua cercano a la pila:** El tirante como la velocidad de aproximación a la pila son parámetros que intervienen directamente en la formación del foso de socavación en la pila (Raudkivi 1986).



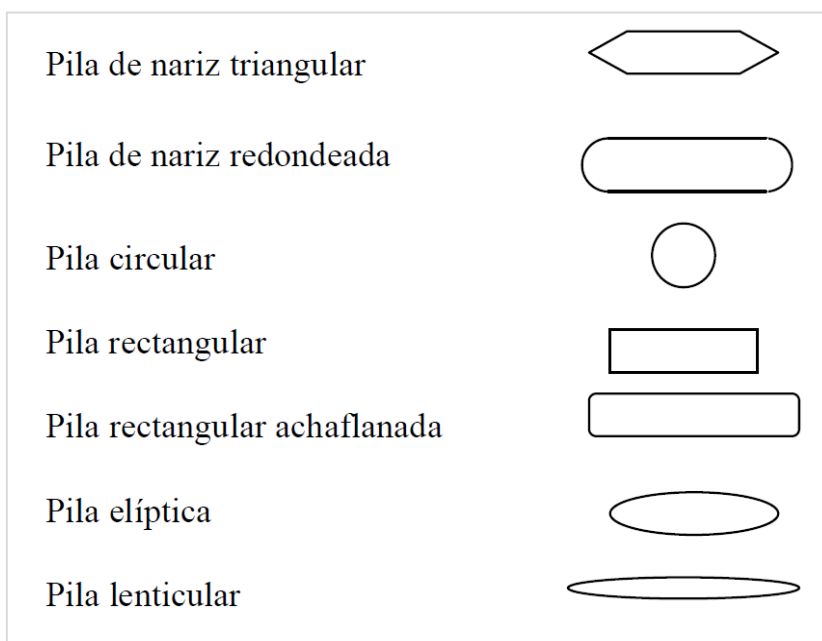
**Figura 3:** Representación de la socavación local de una pila.

Fuente: Raudkivi (1986)

**Dimensiones de la pila:** Las dimensiones hacen referencia al ancho y largo de la pila, ambos influyen en la socavación que también depende si la pila se encuentra alineada con el flujo. Raudkivi y Ettema (1977) demostraron que al duplicar el largo de la pila se incrementa la profundidad del foso de 30 a 60% dependiendo del ángulo de ataque.

**Tamaño y granulometría del material del fondo:** Se debe de tener presente lo siguiente: Cuando el material de lecho se encuentra en el rango de tamaño de las arenas, existe poca influencia en la formación del foso de socavación. Cuando el material es de mayor tamaño, pero puede ser movido por el flujo no afecta a la profundidad de socavación máxima, sino solo el tiempo que tomara en alcanzarse. Para materiales gruesos como gravas, guijarros o cantos rodados pueden proteger o acorazar el foso de socavación. El tamaño de material de fondo determina si la socavación local en una pila es de agua clara o de lecho vivo (Raudkivi 1986).

**Forma de la sección en planta de la pila:** La forma de la nariz de la pila influye hasta un 20% en la formación del foso de socavación. Dando una forma hidrodinámica a la cara aguas arriba de la pila, se reduce la fuerza del vórtice de herradura reduciéndose la profundidad de socavación. Además, si se le da la forma hidrodinámica a la cara aguas debajo de la pila, se reducen también los efectos de los vórtices de estela (Maza 1964)



**Figura 4:** Formas de la nariz de la pila.

Fuente: Maza (1964).

**Ángulo de ataque:** Factor importante sobre la socavación local, depende de su incidencia de la dirección del flujo sobre la forma de la pila.

**Estratigrafía del lecho del cauce:** La configuración del lecho depende de las características hidráulicas del cauce, de la granulometría de arena de fondo y de la viscosidad del flujo. Asimismo, el cambio de temperatura del agua o la concentración del sedimento podrán afectar en la formación del foso de socavación.

## **2.2 MORFOLOGÍA Y DINÁMICA FLUVIAL**

Se denomina morfología fluvial al estudio de las variadas formas que caracterizan a los ríos. La morfología fluvial implica el estudio de los cambios que experimenta un río, tanto en su recorrido (perfil longitudinal), como en su sección transversal (lecho y márgenes). Sin embargo, debe precisarse que a la morfología fluvial no solo le interesa el estudio de las formas actuales que tiene un río, sino en la explicación y manera de como el río ha llegado a su forma presente.

### **2.2.1 Clasificación de los ríos**

La clasificación permite ubicar fácilmente cualquier cauce para determinar sus principales características. Entre las cuales podemos describir las siguientes:

#### **a. Según su edad**

Los ríos son clasificados como jóvenes, maduros y viejos. Los ríos jóvenes se encuentran en los cauces de montaña; tienen pendientes altas y sección transversal tipo “V”. Son muy irregulares y están generalmente en proceso de degradación. Los ríos maduros se presentan en valles amplios y tienen pendientes relativamente bajas; la erosión de las márgenes ha reemplazado a la erosión de fondo. Estos ríos son estables y la sección transversal en cada tramo es capaz de transportar la carga de sedimento en todo su recorrido. Los ríos viejos no tienen rápidas y caídas, pero cerca de ellos puede haber lagos con forma de cuerno o herradura, que son restos de meandros abandonados y que se cortaron en forma natural (Maza y Gracia 1997).

## b. Por condición de estabilidad

En los ríos se distinguen tres condiciones de estabilidad: Estática, cuando la corriente es capaz de arrastrar sedimentos, pero no puede mover y arrastrar las partículas a los elementos de las orillas. Dinámicas, cuando las variaciones de la corriente, los materiales de la plantilla y de las orillas y los sedimentos transportados han formado una pendiente y una sección que no cambian apreciablemente año con año. Inestabilidad dinámica se presenta cuando el desplazamiento lateral de los meandros es muy intenso y el corte natural de ellos ocurre muy frecuentemente y Morfológica cuando cualquier corriente natural no alterada por factores humanos tienen estabilidad morfológica, por ello un cauce que en forma natural tiene estabilidad estática o dinámica, también la tiene morfológica (Maza y Gracia 1997).

## c. Por tramos

Esta clasificación fue propuesta por Lotjin que consiste en:

**Tabla 1:** Clasificación de ríos por tramos según Lotjin

Tipo de Cauce	D/So	Fr
Alta montaña	>10	>1
Montaña	>7	0.7 a 1
Faldas de montaña	>6	0.045 a 0.7
Intermedio	>5	0.2 a 0.45
Planicie		
a) Río caudaloso	>2	0.14 a 0.44
b) Río poco caudaloso	>1	0.44 a 0.55

Fuente: Maza (1997).

Donde D es el diámetro medio de las partículas del fondo en metros. So, pendiente hidráulica en m/m y Fr se calcula con la siguiente expresión:

$$Fr = \frac{U}{\sqrt{gd}}$$

Donde U y d son la velocidad media y el tirante, de la corriente, asociados al gasto formativo.

#### **d. Según los grados de libertad**

Se denomina un grado de libertad cuando al variar el gasto en un río solo varia el tirante. Dos grados de libertad cuando solo pueden variar el tirante y la pendiente y tres grados de libertad, si además del tirante y la pendiente también pueden alterarse los márgenes y ajustarse al ancho (Maza y Gracia 1997).

#### **e. Por el material de las márgenes y el fondo**

Tenemos de tipo cohesivo, no cohesivos, acorazados, bien graduados o con granulometría extendida, mal graduados o de granulometría uniforme.

#### **f. Por geometría**

- Rectos: Ocurre en pequeños tramos y son transitorios, ya que con cualquier irregularidad en la forma del cauce o en su alineamiento, se origina disturbios locales que producen flujos transversales que inicial la formación de curvas u meandros. Un criterio para definir cauces rectos indica que la sinuosidad no debe ser mayor de 1.2.
- Sinuosos: La sinuosidad es mayor de 1.2 pero menor de 1.5.
- Con meandros: Aquellos donde la sinuosidad es mayor que 1.5. Los cauces presentan curvas alternadas unidas por tramos rectos y cortos. Normalmente la pendiente es baja. Estos cauces pueden erosionar las márgenes exteriores de las curvas y pueden clasificarse como: con curvas superficiales y con curvas en trinchera.
- Trenzados: A este tipo pertenecen aquellos que no presentan un solo cauce, sino por el contrario, continuamente a lo largo de su recorrido, se dividen en varios cauces que se entrelazan y se vuelven a separar. Son amplios y las márgenes no están bien definidas. Con gastos bajos, existen dos o más cauces principales entrelazados y se forman cauces secundarios. Generalmente estos cauces tienen pendientes altas, el material es grueso y llegan a ellos grandes cantidades de sedimentos (Maza y Gracia 1997).
- Con islas: Presentan islas en su interior, las cuales pueden desplazarse hacia aguas abajo. Cuando una isla permanece uno o más años en su mismo sitio es cubierta por vegetación.
- En estuario: Estos se presentan en las desembocaduras a los océanos y están altamente influenciados por las mareas y contienen estratos o mezcla de agua salada.



- En pantano: Son muy amplios por no existir pendiente o ser muy pequeña, además presentan zonas muertas saturadas por altos niveles freáticos. Los tirantes son reducidos y se creará un ambiente favorable para el crecimiento de la vegetación.
- Deltas: Aquellos que arrastran grandes cantidades de sedimento y que desembocan en el mar con mareas reducidas.

#### **g. Por condición de transporte**

Los tramos de los ríos pueden estar sujetos a un proceso de erosión o sedimentación o en equilibrio. Una clasificación importante es la propuesta por Schumm (1963), la cual está basada en la carga de sedimento, pues considera que dicho factor afecta la estabilidad del cauce, su forma y su sinuosidad. Establece tres tipos de cauces, estable, erosionable y depositante y propone subclases dependiendo del modo de transporte del sedimento, ya sea en la capa del fondo, mixto y en suspensión.

### **2.2.2 Características físicas**

La morfología de los cauces cambia con el tiempo y es afectada principalmente por el caudal, el material transportado, el diámetro representativo del material de fondo, la pendiente del lecho, la relación entre el ancho de la superficie libre y el tirante, y la configuración de curvas (Maza y Gracia 1997).

#### **a. Velocidades**

El punto de máxima velocidad en la sección transversal de un río es normalmente de un 25 a 30% más grande que la velocidad promedio. En cauces arenosos de planicie, la velocidad máxima corresponde a la velocidad promedio durante una avenida y varía de 2 a 3 m/s. La velocidad media mínima corresponde a la velocidad promedio del gasto base y varía de 0 a 0.6 -1.0 m/s (Maza y Gracia 1997).

#### **b. Pendientes**

Bray en 1973 propuso:

$$S = 0.003634M^{-0.38}Q_m^{-0.32}$$

Dónde:  $S$  es la pendiente longitudinal del cauce (m/m),  $Q_m$  es el caudal medio anual (m<sup>3</sup>/s),  $M$  es porcentaje de sedimentos transportados menor a 0.074 (apertura del tamiz 200). Esta relación indica que al aumentar el caudal o al disminuir el tamaño del material sólido, la pendiente disminuye.

### c. Sección transversal

Deducida para lechos de grava (con posibilidad de acorazamiento) para cauces rectangulares muy anchos relaciones  $B/h > 50$ . Bray (1982) indicó la relación ancho-gasto:

$$B = 4.75Q^{0.527}$$

$$h = 0.266Q^{1/3}$$

Siendo:  $B$  el ancho promedio de la sección (m),  $Q$  el caudal pico (m<sup>3</sup>/s) para una crecida de recurrencia de 2 años,  $h$  el tirante promedio de agua (m)

### d. Transporte de material sólido

Schumm (1960), presentó la siguiente ecuación que relaciona la sección transversal con la cantidad de limos y arcillas:

$$F = \frac{B}{h} = 255M^{-1.08}$$

## 2.3 ESTABILIDAD DEL CAUCE

En lo que sigue se presentan varios métodos de cálculo que permiten conocer las características estables de una corriente natural, o las relaciones que guardan los diferentes parámetros de una corriente cuando está en equilibrio. En presentación se restringe al comportamiento de ríos formados por un solo cauce o canal. Esos criterios son la teoría del régimen, el método de Altunin y el método de Maza-Cruickshank.

La teoría de régimen es completamente empírica y fue ampliada con base en observaciones sobre el comportamiento de canales de riego, que han estado en operación durante varios años y, por tanto, se consideran estables (Maza y García 1997).

Como muchos de esos canales tienen márgenes o bordos arcillosos, la teoría de régimen se recomienda para este tipo de material; sin embargo, otros autores dentro del mismo grupo han estudiado canales arenosos. Así, las fórmulas de Lacey permiten tomar en cuenta el diámetro de sedimentos granulares del fondo, pero no al de las orillas. Esto último fue considerado por otros autores como Blench, y Simons y Albertson.

El método de Altunin que es semiempírico fue desarrollado al observar y trabajar en cauces con material granular grueso como gravas y boleos, por lo que se recomienda en tramos de ríos con ese material, aunque en ocasiones se han obtenido buenos resultados al trabajar con arenas. Altunin hizo una presentación que permite visualizar otra forma de abordar el estudio del comportamiento de los ríos.

Dentro de la teoría de régimen, los autores muestran sus fórmulas de diseño en forma explícita, ya que así las obtuvieron. Altunin en cambio, obtiene fórmulas de diseño a partir de tres ecuaciones fundamentales, lo que señala una diferencia entre ambos criterios (Maza y García 1997).

### 2.3.1 Método de Blench

Este método introduce dos parámetros factor de fondo ( $F_b$ ) y factor de orilla ( $F_s$ ), que tienen en cuenta la concentración del material transportado en suspensión, el diámetro de las partículas de fondo y la resistencia de las orillas a ser erosionadas (Maza y García 1997). Los valores adoptados por Blench (1941) para estos dos parámetros son:

$F_b = 0.8$	para material del lecho fino, $D_m \leq 0.5 \text{ mm}$
$F_b = 1.2$	para material del lecho grueso, $D_m \geq 0.5 \text{ mm}$
$F_s = 0.1$	para material poco cohesivo, como arena
$F_s = 0.2$	para material medianamente cohesivo
$F_s = 0.3$	para material muy cohesivo, como arcilla

Como la concentración de sedimento en la capa de fondo ( $C$ ) se utiliza el caudal sólido obtenido con la fórmula de Meyer-Peter y Müller, cuando circula el caudal dominante. Para

ello se calcula el régimen uniforme en una sección y con él el caudal sólido total de fondo.

Las ecuaciones propuestas por Blench son las siguientes:

$$F_{bo} = 60.1\sqrt{D_m}$$

$$F_b = F_{bo}(1 + 0.012C)$$

A partir de las ecuaciones básicas se deducen las ecuaciones de diseño, en las que en forma explícita se obtienen las variables geométricas de la sección y la pendiente del cauce (Maza y García 1997). Dichas expresiones son:

$$b_m = 1.81 \left( \frac{F_b Q}{F_s} \right)^{1/2}$$

$$d = \left( \frac{F_s Q}{F_b^2} \right)^{1/3}$$

$$S = \frac{F_b^{5/6} F_s^{1/12}}{3.28K Q^{1/6} \left(1 + \frac{C}{2330}\right)}$$

Donde K agrupa a las principales constantes:

$$K = 3.63g/\nu^{1/4}$$

Donde:

- C Concentración del material arrastrado en la capa de fondo.
- $\nu$  Viscosidad de la mezcla agua sedimento en m<sup>2</sup>/s
- d Tirante de la corriente medida del fondo a la superficie en m
- $b_m$  Ancho medio de la sección.

### 2.3.2 Método de Simons y Albertson

Como resultado de sus investigaciones, estos autores establecieron las siguientes fórmulas:

$$P = K_1 Q^{0.512}$$

$$R = K_2 Q^{0.361}$$

$$A = K_1 K_2 Q^{0.873}$$

$$b_m = 0.9P$$

Para obtener el tirante de la corriente se proponen dos ecuaciones (Maza y García 1997).

$$R \leq 2.60 \text{ m} \quad d = 1.21K_2Q^{0.361}$$

$$R > 2.60 \text{ m} \quad d = 0.61 + 0.93K_2Q^{0.361}$$

Para obtener la pendiente se recomiendan las siguientes ecuaciones:

$$\frac{Ud}{\nu} < 2 \times 10^7 \quad S = \left[ \frac{1}{K_1 K_3 K_2^{1+2m'} Q^{0.722m' - 0.127}} \right]^{1/m'}$$

$$\frac{Ud}{\nu} > 2 \times 10^7 \quad S = \frac{U^2}{gdK_4 \left( \frac{Ubm}{\nu} \right)^{0.37}}$$

**Tabla 2:** Coeficientes y exponentes de los materiales de fondo y orilla

Material	K1	K2	K3	K4	m'
Fondo y orillas de arena	6.30	0.41	9.33*	0.324	1/3*
Fondo de arena y orillas del material cohesivo	4.74*	0.47*	10.77*	0.525*	1/3*
Fondo y orillas de material cohesivo	3.96	0.56	-	0.87	-
Fondo y orillas con material grueso no cohesivo	3.16	0.27*	10.76*	0.85	0.286*
Fondo arena y orillas de material no cohesivo	3.09	0.36	9.68*	-	0.286

Fuente: Maza (1997).

Los valores con asterisco fueron dados por Simons y Albertson (1963). Los demás se obtuvieron de las figuras que ellos elaboraron.

### 2.3.3 Método de Altunin

Está desarrollado a partir de observaciones realizadas en cauces con material granular grueso, como gravas y boleó. En este método no se toma en cuenta el transporte de sedimentos y se analiza la estabilidad con velocidades cercanas a la crítica de arrastre, por lo que en ocasiones se obtienen secciones teóricas mayores que las reales cuando se aplica y extrapola a cauces arenosos. Altunin (1962) consideró las siguientes fórmulas de diseño:

$$d_m = \left( \frac{aU_\phi}{kS^x} \right)^{\frac{1}{z-\alpha}} = \left( \frac{q}{aU_\phi} \right)^{\frac{1}{1+\alpha}}$$

$$U = \left[ \frac{(aU_\phi)^z}{(kS^x)^\alpha} \right]^{\frac{1}{z-\alpha}}$$

$$Q = E^2 \left[ \frac{(aU_\phi)^{1+z}}{k^{1+\alpha} S^\epsilon} \right]^{\frac{2}{z-\alpha}}$$

$$\epsilon = 0.2(z - \alpha) + x(1 + \alpha)$$

$$B = \left( \frac{nQK^{5/3}}{S^{1/2}} \right)^{\frac{3}{3+5m}}$$

Donde:

$$m = 0.72 \left[ \frac{\Delta D_m}{d_m S} \right]^{0.1}$$

$$E = (nK^{5/3})^{\frac{3}{3+5m}}$$

$$B = \frac{EQ^{0.5}}{S^{0.2}}$$

Para  $0.0003 \text{ m} \leq D_m \leq 0.00263 \text{ m}$  (con datos de Lebediev)

$$U_\phi = 113.6D_m + 0.466$$

Para  $0.00263 \text{ m} \leq D_m \leq 0.0303$  (con datos de Altunin y Lebediev)

$$U_\phi = \frac{1}{1.341 - 12.5D_m}$$

Altunin solo dio valores para  $D_m \geq 0.01 \text{ m}$

Para  $0.0303 \text{ m} \leq D_m \leq 0.0865 \text{ m}$  (datos de Altunin)

$$U_\phi = 2.248 - \frac{0.0366}{D_m}$$

Para  $D_m \geq 0.0865$  (datos de Altunin)

$$U_\phi = \frac{D_m}{0.259D_m + 0.0247}$$

Siendo B el ancho mínimo estable del cauce, dm es el tirante, S la pendiente longitudinal del cauce. Los coeficientes, parámetros y demás variables son definidos a continuación:

Coefficiente de forma:

K=8-12      Cauce formado en material aluvial

K=3-5      Ríos con orillas muy difícilmente erosionables

K=16-20      Cauces con orillas muy fácilmente erosionables.

Coefficiente de ubicación del río en la cuenca:

$a = 1$                       Río en zona montañosa

$a = 1$                       Río en zona intermedia

$a = 1.1 - 1.5$               Río en zona de planicie

Exponente  $\alpha$

$\alpha = 0.20$       Si  $d_m > 2.5$  m

$\alpha = 0.25$       Si  $2.5$  m  $> d_m > 1.5$  m

$\alpha = 0.33$       Si  $d_m < 1.5$  m

Para materiales gruesos:

$k=11$

$z=0.5$

$x=0.33$

## 2.4 TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

### 2.4.1 Métodos para evaluar el arrastre de fondo

#### a. Método de Schoklitsch

Schoklitsch propuso en 1914, una primera ecuación para evaluar el arrastre de fondo, la modificó varias veces hasta que en 1950 fue dada a conocer en su versión final. Para partículas con  $D \geq 0.006$  m, Schoklitsch recomienda utilizar la siguiente expresión:

$$g_{bb} = 2500S^{1/3}(qS^{7/6} - 0.26\Delta^{5/3}D^{3/2})$$

$$q_b = g_{bb} / \gamma_s$$

Donde:

$g_{bb}$ : Transporte unitario de lecho en el fondo o carga de fondo expresado en peso

$q_b$ : Transporte unitario de lecho en el fondo o carga de fondo expresado en volumen

$q$ : Caudal unitario

$S$ : Pendiente hidráulica del río

$D$ : Diámetro representativo

Cuando el tamaño de las partículas no es uniforme, Schoklitsch recomienda que se utilice como diámetro representativo de la mezcla  $D_{40}$  (Maza y García 1997).

$\Delta$ : Densidad relativa de las partículas sumergidas

$$\Delta = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}$$

$\gamma_s$ : Peso específico del sedimento

$\gamma$ : Peso específico del agua

Schoklitsch propuso varias fórmulas de transporte, para lo que utilizó los datos obtenidos por Gilbert y resultados de observaciones realizadas en los ríos Danubio y Aare. Por ello, no se dan límites de aplicación a la ecuación presentada, a parte de los ya indicados en función del diámetro de las partículas (Maza y García 1997).

#### **b. Método de Meyer-Peter y Muller**

Las fórmulas de Meyer-Peter y Muller para calcular el arrastre en la capa de fondo, fueron obtenidas a partir de experiencias realizadas en 1932 a 1948 en el Instituto Tecnológico Federal de Zurich. Un resumen de todas ellas fue presentado en 1948. Los autores mencionados efectuaron cuatro series de pruebas, al final de las cuales propusieron una fórmula para cada una; aunque la última, abarca todos los resultados obtenidos y por tanto, es de carácter general. Dichas pruebas se hicieron para material granular con las siguientes características (Maza y García 1997).

- Partículas de diámetro uniforme con peso específico de 2680 kgf/m<sup>3</sup>.
- Partículas de diámetro uniforme, pero usando en cada prueba, uno de tres materiales con peso específico diferente.
- Partículas de diferentes tamaños; es decir, granulometrías más o menos graduadas, con peso específico de 2680 kgf/m<sup>3</sup>.
- Igual que la 3, pero realizando además pruebas para otros dos materiales con pesos específicos diferentes.



$$g_{bb} = 8\gamma_s(g\Delta D_m^3)^{1/2} \left[ \left( \frac{n'}{n} \right)^{3/2} \tau_* - 0.047 \right]^{3/2}$$

$$\Delta = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}$$

$$n' = D_{90}^{1/6}$$

$$n = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{V}$$

$$\tau_* = \frac{\gamma R S}{(\gamma_s - \gamma) D_m} = \frac{R S}{\Delta D_m}$$

Donde

$g_{bb}$ : Transporte unitario de lecho en el fondo o carga de fondo expresado en peso

$q_b$ : Transporte unitario de lecho en el fondo o carga de fondo expresado en volumen

$\gamma_s$ : Peso específico del sedimento

$\gamma$ : Peso específico del agua

$g$ : Aceleración de la gravedad

$\Delta$ : Densidad relativa de las partículas sumergidas

$D_m$ : Diámetro medio representativo

$n'$ : Rugosidad debida a las partículas de sedimento en fondo plano.

$n$ : Coeficiente de rugosidad de Manning

$R$ : Radio hidráulico o  $Y$  para canales muy anchos de la relación  $B > 40y$

$S$ : Pendiente hidráulica

$V$ : Velocidad

$\tau_*$ : Parámetro de Shields

## 2.4.2 Método para evaluar el transporte total

### a. Método de Engelund y Hansen

Engelund y Hansen presentaron su ecuación de transporte total del fondo en 1967. Ella está basada en los resultados de cuatro conjuntos de experimentos en que utilizaron arenas.

$$g_{bb} = 0.05\gamma_s U^2 \tau_*^{3/2} \left( \frac{D_{50}}{g\Delta} \right)^{1/2}$$

$$\tau_* = \frac{\gamma R S}{(\gamma_s - \gamma) D_{50}} = \frac{R S}{\Delta D_{50}}$$

$$U = \sqrt{g R S}$$

Donde

$g_{bb}$ : Transporte unitario de lecho en el fondo o carga de fondo expresado en peso

$q_b$ : Transporte unitario de lecho en el fondo o carga de fondo expresado en volumen

$\gamma_s$ : Peso específico del sedimento

$\gamma$ : Peso específico del agua

$\Delta$ : Densidad relativa de las partículas sumergidas

$\tau_*$ : Parámetro de Shields

$U$ : Velocidad media del flujo

Engelund y Hansen recomiendan que el método se aplique para arenas, siempre y cuando el  $D_{50}$  sea mayor que 0.15 mm, y la desviación estándar geométrica de los diámetros sea menor que 2 (Maza y García 1997).

## b. Método de Einstein

Este método fue propuesto en 1950. Con él se obtiene el arrastre dentro de la capa de fondo y una vez que este es conocido evalúa el transporte de partículas del fondo en suspensión. La suma de ambos gastos sólidos permite conocer el transporte total del fondo (Maza y García 1997).

### Arrastre en la capa de fondo

Si  $N$  es el número total de granos y  $n$  el número de partículas que pueden moverse en un instante dado se cumplirá:

$$p = \frac{n}{N} = \frac{\text{número de casos favorables}}{\text{número total de casos}}$$

De los experimentos Einstein concluyo:

- El diámetro representativo de la rugosidad  $k_s$ , es un poco mayor que el diámetro medio de la mezcla. Se puede considerar:

$$k_s = D_{65}$$

- La fricción a lo largo de un lecho sin ondas, barras y otras irregularidades se describe bastante bien mediante las expresiones de Keulegan, donde la velocidad media del flujo valdrá, por tanto:

$$U = 5.75U_*' \log 12.27 \frac{xR'}{D_{65}}$$

Donde

$x$  : Coeficiente que toma en cuenta las condiciones hidráulicas de la pared. El valor de  $x$  se obtiene en función de  $D_{65}/\delta_o'$  donde:

$$\delta_o' = \frac{11.64\nu}{U_*'}$$

$R'$  : Radio hidráulico asociado a las partículas del fondo. Se cumple que el radio hidráulico total  $R$  de la sección es igual a la suma del radio hidráulico  $R'$  asociado a partículas y el radio hidráulico  $R''$  asociado a las ondulaciones (Maza y García 1997).

$U_*'$  : Velocidad de corte obtenido en función de  $R'$

$$U_*' = \sqrt{gR'S}$$

Einstein concluyó que la relación de depósito por unidad de área dependerá del transporte que pasa por una sección dada y la probabilidad de que las fuerzas dinámicas sean tales que la partícula pueda depositarse.

Si  $(Na)_i$  es el número de partículas con diámetro  $D_i$  que caen en el área  $A_L D_i$ ,  $(N_1)_i$  será el número de partículas del mismo diámetro que caen en el área unitaria. Por tanto:

$$(N_1)_i = \frac{g_{B_i}}{\alpha_2 \gamma_s A_L D_i^4}$$

Siendo  $p_a$  la probabilidad que exista para que la partícula sea nuevamente movida en los puntos a los cuales va a llegar en sus distintos saltos. Por lo que:

$$A_L = \frac{\lambda}{1 - p_a}$$

en donde  $\lambda$  tiene un valor cercano a 100. Sustituyendo a  $A_L$  en la expresión  $N_1$  se tiene:

$$(N_1)_i = \frac{g_{B_i}(1 - p_a)}{\alpha_2 \gamma_s D_i^4 \lambda}$$

Se conoce así el número de partículas que pueden depositarse en el área unitaria.

Por otra parte, el número de partículas que pueden ser levantadas se determina con la siguiente expresión:

$$(N_2)_i = \frac{p_i}{\alpha_1 D_i^2}$$

La probabilidad absoluta  $p_a$  de erosión de una partícula es igual a  $p_a = t_i p_s$  donde  $p_s$  es la probabilidad relativa de que la partícula sea movida y  $t_i$  el tiempo que toma la acción de erosión o levantamiento de la partícula (Maza y García 1997).

El número de partículas erosionadas por unidad de área y por segundo será:

$$(N_1)_i = \frac{p_i p_a}{\alpha_1 D_i^2 t_i}$$

$$t_i = \frac{\alpha_3 D_i}{\omega_i}$$

Para que exista el equilibrio, por tanto:

$$(N_1)_i = (N_2)_i$$

$$\frac{p_a}{1 - p_a} = A_* \frac{g_{B_i}}{p_i \gamma_s (g \Delta D^3)^{1/2}}$$

$$\frac{p_a}{1 - p_a} = A_* \phi_* = A_* \frac{i_B}{i_b} \phi$$

Donde el parámetro adimensional  $\phi$  es igual a:

$$\phi = \frac{g_B}{\gamma_s} \left( \frac{1}{g \Delta D_i^3} \right)^{1/2}$$

Este parámetro recibe el nombre de “Intensidad de arrastre de fondo” o “función de intensidad de transporte de Einstein”. Y se obtiene la probabilidad  $p_a$

$$p_a = \frac{A_* \phi_*}{1 + A_* \phi_*}$$

El peso  $W$  de una partícula de diámetro  $D_i$  bajo el agua queda expresado por

$$W = (\gamma_s - \gamma)\alpha_5 D_i^3$$

La fuerza de sustentación queda expresada

$$F_L = C_L \rho u_{35}^2 \alpha_6 D_i^2 (1 + n) = \alpha_7 \frac{\gamma}{g} u_{35}^2 D_i^2 (1 + n)$$

De los experimentos realizados, Einstein llegó a obtener que la velocidad actúa en una mezcla de partículas es la que existe a una distancia  $y = 0.35 X$  medida sobre el fondo.

$$X = 0.77 \frac{D_{65}}{x} ; \text{ si } \frac{D_{65}}{x \delta'_o} > 1.80$$

$$X = 1.39 \delta'_o ; \text{ si } \frac{D_{65}}{x \delta'_o} < 1.80$$

Aplicando a la ecuación la fuerza de sustentación se tiene:

$$F_L = 0.178 \frac{\gamma}{g} \alpha_7 D_i^2 (1 + n) 5.75^2 g R' S \log^2 \frac{10.6 x X}{D_{65}}$$

Sustituyendo y expresando en términos de probabilidad

$$1 > \frac{1}{(1 + n)} \left[ \frac{\Delta D_i}{R' S} \right] \left[ \frac{\alpha_5}{0.178 \alpha_7 5.75^2} \right] \left[ \frac{1}{\log^2 10.6 \frac{x X}{D_{65}}} \right]$$

Que también se puede escribir de la siguiente forma:

$$1 > \frac{1}{1 + n} \psi B' \left( \frac{\beta}{\beta_x} \right)^2$$

Que en forma generalizada es:

$$(1 + n) > \xi Y B' \psi \left( \frac{\beta}{\beta_x} \right)^2 = \psi_* B'$$

Los factores de corrección  $Y$  y  $\xi$  son dados gráficamente (Maza y García 1997). La solución de la ecuación inicial puede obtenerse y graficarse relacionando:

$$\phi_* = f(\psi_*)$$

Quedando la ecuación:

$$g_B = \phi \gamma_s (g \Delta D_i^3)^{1/2}$$

### Transporte del fondo en suspensión

Einstein encontró la siguiente ecuación para el transporte en suspensión:

$$g_{BS} = g_B \left[ \left( 2.303 \log \frac{30.2xd}{D_{65}} \right) I_{1i} + I_{2i} \right]$$

Al denominar  $P = 2.303 \log \frac{30.2xd}{D_{65}}$  se obtiene

$$g_{BS} = g_B (P I_{1i} + I_{2i})$$

### Transporte total del fondo

Conforme a la ecuación anterior se obtiene el transporte total del fondo:

$$g_{BT} = g_B + g_{BS}$$

$$g_{BT} = g_B + g_B (P I_{1i} + I_{2i})$$

$$g_{BT} = g_B (1 + P I_{1i} + I_{2i})$$

## 2.5 MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE LA SOCAVACIÓN

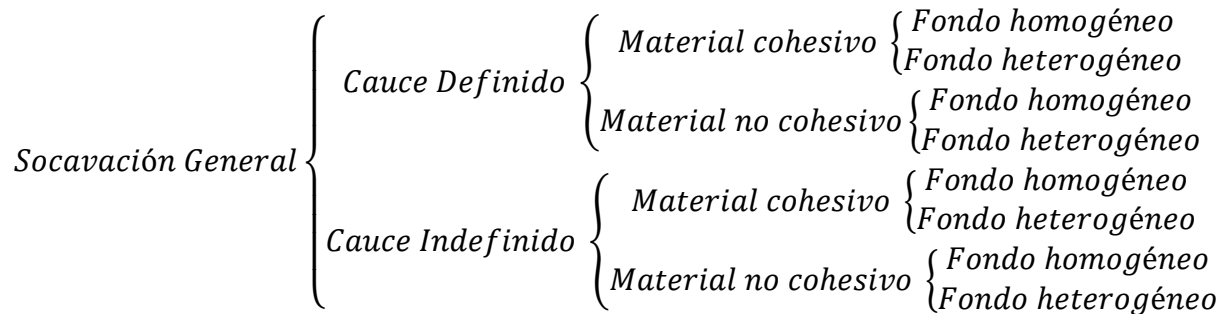
### 2.5.1 Descripción del fenómeno de socavación

Dependiendo de si existe o no movimiento de sedimentos en el cauce, se pueden presentar dos formas (Rodríguez 2010):

- **Socavación en lecho móvil:** Se presenta cuando hay transporte de sedimentos desde el lecho aguas arriba hasta el sitio del lugar de construcción de un puente, quedando por lo tanto parte de este sedimento atrapado en el hueco de socavación.
- **Socavación en agua clara:** Se presenta cuando no hay transporte de sedimentos desde el lecho aguas arriba, al sitio del lugar de construcción de un puente, por lo cual no hay reabastecimiento del hueco socavado.

La socavación general es el descenso en el fondo del río como consecuencia de una mayor capacidad de arrastre de la corriente. En la siguiente figura se muestra la clasificación de la

socavación general basándose en el tipo de cauce, en el material de fondo y su distribución de materiales en el fondo.



**Figura 5:** Tipos de cauce en socavación general

## 2.5.2 Socavación General

La socavación general es aquella producida por un estrechamiento artificial o natural del cauce, que provoca un descenso del lecho en un determinado tramo, debido a un desequilibrio de la tasa de salida y entrada del sedimento (Rodríguez 2010).

### a. Método de Lischvan – Levediev

Este método es el más usado en nuestro país para el cálculo de la socavación general incluyendo el efecto de la contracción de un puente. Para suelos granulares se tiene la siguiente expresión:

$$H_s = \left[ \frac{\alpha h^{5/3}}{0.68 \beta D_m^{0.28}} \right]^{1/(1+x)}$$

La expresión anterior no considera el efecto de la contracción del flujo debido a la presencia de estribos y pilares, ni el peso específico del agua durante la creciente, por lo que debe corregirse mediante unos factores de ajuste cuando se trata de evaluar un puente (Rodríguez 2010).

Adicionalmente, el efecto del peso específico del agua durante la creciente se considera en otro factor de corrección  $\varphi$  que es mayor o igual que la unidad y su efecto es reducir la profundidad de socavación.

**Tabla 3:** Factor de corrección por contracción del cauce<sup>1</sup>

V media (m/s)	Coeficiente de Contracción $\mu$ - Longitud Libre (m)												
	10	13	16	18	21	25	30	42	52	63	106	124	200
<1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.5	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00
2	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	10.99	1.00
2.5	0.90	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00
3	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
3.5	0.87	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
4.0 >	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99

Fuente: Rodríguez (2010).

Adicionalmente, el efecto del peso específico del agua durante la creciente se considera en otro factor de corrección  $\varphi$  que es mayor o igual que la unidad y su efecto es reducir la profundidad de socavación (Rodríguez 2010).

$$\varphi = 1.0, \text{ si } \gamma_m = 1.0 \frac{t}{m^3} (\text{agua clara});$$

Donde  $\gamma_m$  es el peso específico de la muestra agua sedimento.

$$\varphi = -0.54 + 1.5143\gamma_m, \text{ si } \gamma_m > 1.0 \frac{t}{m^3} (\text{lecho movil})$$

La ecuación final para el cálculo de la socavación considerando los coeficientes de corrección por contracción y peso específico del agua es la siguiente:

$$H_s = \left[ \frac{\alpha h^{5/3}}{0.68\beta\mu\varphi D_m^{0.28}} \right]^{1/(1+x)}$$

$$\alpha = \frac{Q_d}{AR^{2/3}} = \frac{S^{1/2}}{n}$$

$$\beta = 0.7929 + 0.0973 \text{ Log}T_r$$

$$x = 0.394557 - 0.04136 \text{ Log}D_m - 0.0089 \text{ Log}^2 D_m$$

Donde:

$H_s - h$  : Profundidad de socavación (m)  
 $h$  : Tirante de agua (m)

<sup>1</sup> Juárez Badillo E. y Rico Rodríguez A, 1992



$D_m$	:	Diámetro característico del lecho (mm)
$\beta$	:	Coefficiente de frecuencia.
$\mu$	:	Factor de corrección por contracción del cauce.
$\varphi$	:	Factor de corrección por forma de transporte de sedimentos.
$\alpha$	:	Coefficiente dependiente de las características hidráulicas.
$T_r$	:	Periodo de retorno
$x$	:	Exponente variable en función del diámetro medio de la partícula.

**Tabla 4:** Valores de  $1/(1+x)$  para suelos granulares

<b>Tabla: Valores de <math>1/(1+x)</math>, Suelos No Cohesivos</b>					
<b>Dm (mm)</b>	<b>x</b>	<b><math>1/(1+x)</math></b>	<b>Dm (mm)</b>	<b>x</b>	<b><math>1/(1+x)</math></b>
<b>0.05</b>	0.43	0.70	<b>40</b>	0.30	0.77
<b>0.15</b>	0.42	0.70	<b>60</b>	0.29	0.78
<b>0.5</b>	0.41	0.71	<b>90</b>	0.28	0.78
<b>1</b>	0.4	0.71	<b>140</b>	0.27	0.79
<b>1.5</b>	0.39	0.72	<b>190</b>	0.26	0.79
<b>2.5</b>	0.38	0.72	<b>250</b>	0.25	0.8
<b>4</b>	0.37	0.73	<b>310</b>	0.24	0.81
<b>6</b>	0.36	0.74	<b>370</b>	0.23	0.81
<b>8</b>	0.35	0.74	<b>450</b>	0.22	0.83
<b>10</b>	0.34	0.75	<b>570</b>	0.21	0.83
<b>15</b>	0.33	0.75	<b>750</b>	0.20	0.83
<b>20</b>	0.32	0.76	<b>1000</b>	0.19	0.84
<b>25</b>	0.31	0.76			

Fuente: Rodríguez (2010).

Para suelos cohesivos se tiene la siguiente expresión:

$$H_s = \left[ \frac{\alpha h^{5/3}}{0.60 \beta \mu \varphi \gamma_s^{1.18}} \right]^{1/(1+x)}$$

Donde:

$\gamma$  : Peso específico del sedimento del lecho (t/m<sup>3</sup>)

### 2.5.3 Socavación Local en Pilares

Existen varios métodos para el cálculo de la socavación local alrededor de pilares, pero a la fecha no existe ninguna solución rigurosa ni exacta (Rodríguez 2010).

Entre los aplicados en este estudio tenemos:

### a. Método de Laursen y Toch (1953, 1956)

Este método fue desarrollado en el Instituto de Investigación Hidráulica de Iowa y fue confirmado con algunas mediciones en el río Skunk realizadas por P.G. Hubbard, del mismo laboratorio, en la década de los cincuenta.

Se desarrolló bajo condiciones de transporte continuo de sedimentos<sup>2</sup>. El método es aplicable para suelos arenosos, no está claro si se puede aplicar para gravas, pero definitivamente no es válido para el caso de boleas.

Laursen y Toch realizaron sus investigaciones observando la máxima socavación que se puede presentar para un tirante dado de la corriente. Ellos observaron que la máxima profundidad de socavación era independiente de la velocidad del flujo pues la socavación no progresaba al mantener fijo el tirante y aumentar considerablemente la velocidad de la corriente (Rodríguez 2010).

Este argumento resulta al suponer que un cambio en la velocidad del flujo y en el tamaño de los sedimentos produce un cambio proporcional en el cortante límite, y en la capacidad de transporte de sedimentos desde el hueco y hasta el hueco de socavación, considerando constantes la profundidad del flujo y la profundidad de socavación. Su mayor interés era la socavación máxima y no dan ningún criterio para el caso de que no exista arrastre en el fondo. Los resultados fueron presentados en forma gráfica y se resumen en las ecuaciones siguientes:

#### Caso del flujo de agua paralelo al eje mayor de la pila

$$d_s = K_f K_g a$$

$d_s$  : Profundidad de socavación local medida a partir del fondo del cauce (m).

$K_f$  : Coeficiente que depende de la forma de la nariz de la pila.



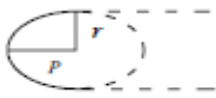
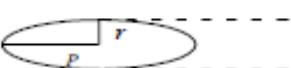
$K_g$  : Coeficiente que depende de la relación  $H_s/a$

$H_s$  : Profundidad de agua que queda después de la socavación por contracción (m).


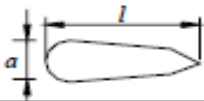
$a$  : Ancho de la pila (m)

---

<sup>2</sup> Juárez Badillo E. y Rico Rodríguez A, 1992.

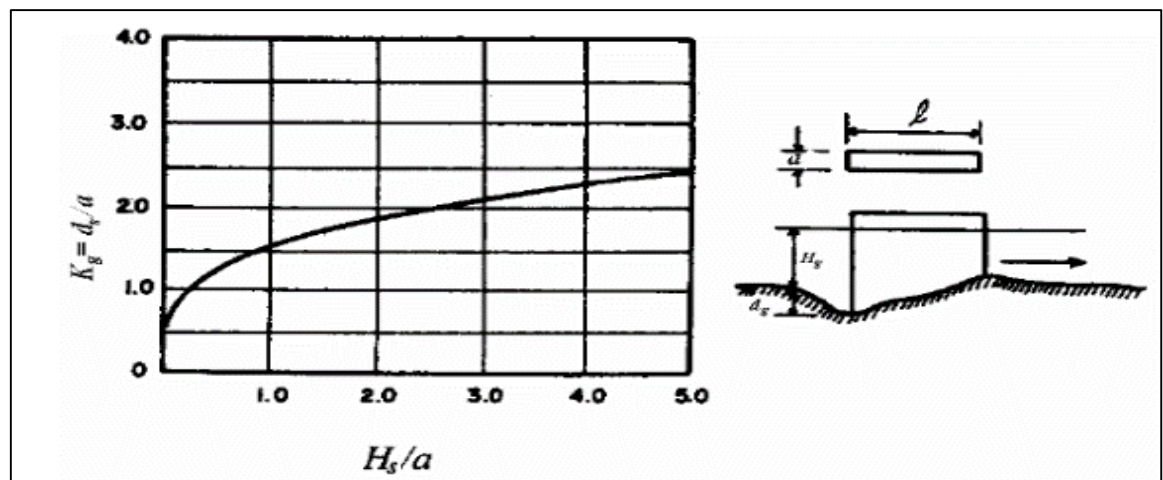
FORMA DE LA NARIZ		COEFICIENTE $K_f$ DE SCHNEIBLE
RECTANGULAR $l/a = 4$		1.00
SEMICIRCULAR		0.90
ELIPTICA	$\frac{P=2}{r \quad l}$ $\frac{P=3}{r \quad l}$ 	0.81
		0.75
LENTICULAR	$\frac{P=2}{r \quad l}$ $\frac{P=3}{r \quad l}$ 	0.81
		0.69

FORMA DE LA NARIZ		SEGÚN TISON
BISELADA $l/a = 4$		0.78
PERFIL HIDRODINAMICO $l/a = 4$		0.75

**Figura 6:** Coeficiente  $K_f$ , Método de Laursen y Toch.

Fuente: Rodríguez (2010).



**Figura 7:** Coeficiente  $K_g$ , Método de Laursen y Toch.

Fuente: Rodríguez (2010).

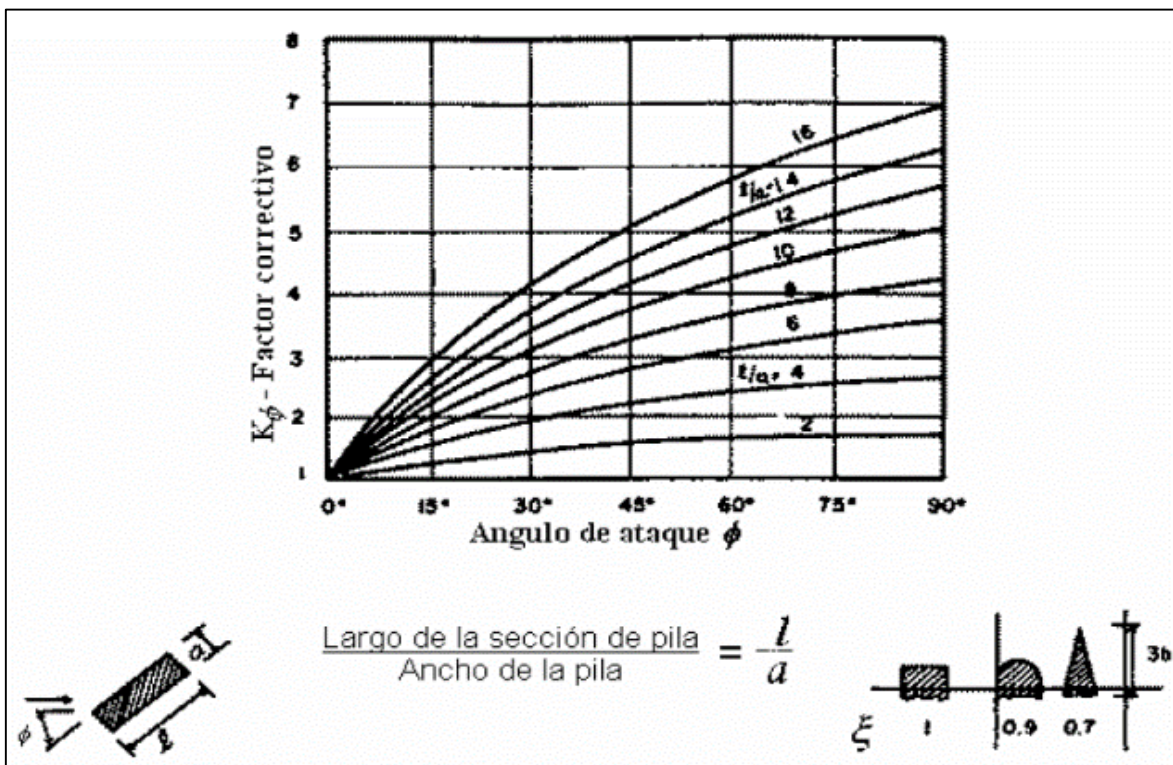
**Caso del flujo de agua con un ángulo de ataque al eje de la mayor dimensión de la pila**

$$d_s = K_g K_\phi a$$

$K_\phi$  : Coeficiente que depende del ángulo de ataque del flujo y de la geometría de la pila.

En este caso, la profundidad de socavación no depende de la forma de la pila. R. Ettema (1990) plantea que las curvas de la figura anterior sugeridas por Laursen y Toch en 1956 presentan una inconsistencia asociada con los ángulos de ataque de  $0^\circ$  y  $90^\circ$  puesto que considera el efecto del coeficiente  $K_\phi$  debe ser el mismo si se toma un ángulo de ataque de  $90^\circ$  y el ancho de la pila, o si se considera un ángulo de  $0^\circ$  y el largo de la pila.

Lo único claro es que las investigaciones fueron hechas tomando en cuenta el ancho de la pila y así debe usarse el gráfico. También, critica el hecho de que los coeficientes de corrección por forma de la pila y por ángulo de ataque se usen en forma combinada cuando fueron resultado de experiencias independientes.



**Figura 8:** Coeficiente  $K_\phi$ , Métodos de Laursen y Toch., Breusers, Nicollet y Shen y Melville y Sutherland.

Fuente: Rodríguez (2010).

### **b. Método de Neill (1964)**

La ecuación resultante del ajuste de datos experimentales obtenidos por Laursen y Toch para socavación en pilares circulares y rectangulares, fue expresada por Neill en la siguiente forma (Breusers et al 1977).

$$d_s = 1.5 (a')^{0.7} h^{0.3}$$

Dónde:

$d_s$ : Profundidad de socavación medida a partir del fondo del cauce (m)

$a'$ : Ancho proyectado del pilar (m)

$h$ : Profundidad de flujo aguas arriba del pilar (m)

Para pilares de nariz redondeada, el coeficiente puede ser 1.2 en vez de 1.5 en la ecuación anterior.

### **c. Método de Larras (1963)**

Larras propone una ecuación teórica-práctica deducida a partir de mediciones llevadas a cabo en varios puentes, después de haberse producido la avenida (Rodríguez 2010).

$$d_s = 1.05 K a^{0.75}$$

Donde

$d_s$ : Profundidad de socavación medida a partir del fondo del cauce (m)

$a$ : Ancho del pilar (m)

$$K = K_f K_\theta$$

$K_f$ : Factor de corrección por forma del pilar

$K_\theta$ : Factor de corrección por el ángulo de ataque de la corriente

En forma aproximada  $K=1.0$  para pilares cilíndricos y  $K=1.4$  para pilares rectangulares.

en planta	Largo/ancho de la pila	$K_f$				
		Chatou	Iowa	Tison	Escande	Venkatadri
Circular	1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	
Lenticular	2.0		0.97			
	3.0		0.76			
	4.0	0.73		0.67		
	7.0			0.41		
Perfil hidrodinámico o Joukowski	4.0	0.86				
	4.1			0.76		
	4.5				0.76	
Elíptica	2.0		0.91			
	3.0		0.83			
Ojival	4.0	0.92		0.86		
Circular doble	4.0	0.95				
Oblonga	1.0		1.00			
	1.5		1.00			
	2.0		1.00			
	3.0		1.00			
	4.0	1.03		1.00		
Rectangular chaflanada	4.0			1.01		
Rectangular	0.25		1.30			
	4.0			1.40	1.25	
	4.5			1.40		
	5.3			1.40		
	9.3			1.40		
Nariz triangular a 60°						0.75
Nariz triangular a 90°						1.25
Nariz parabólica						0.56

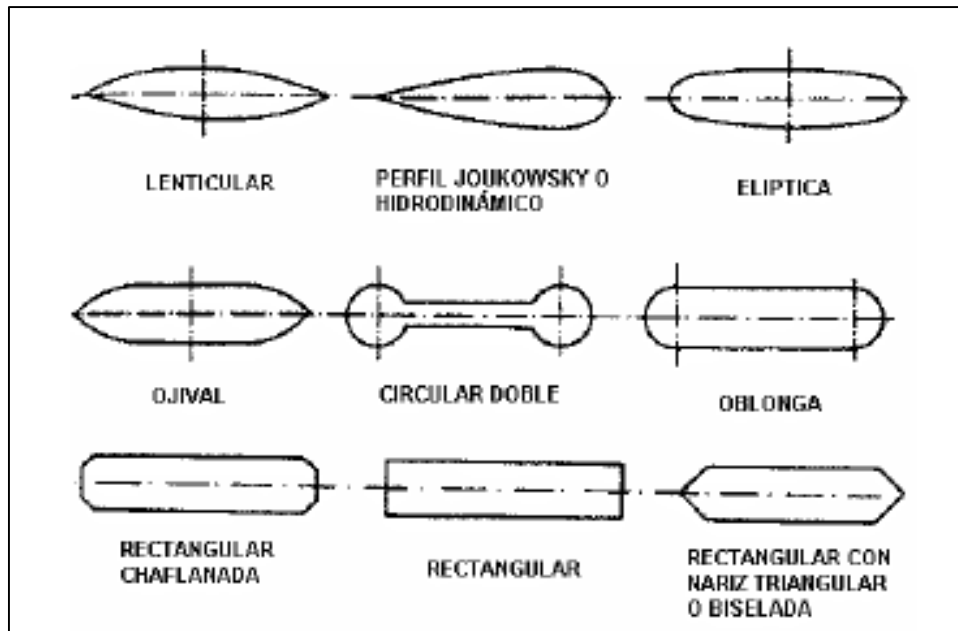
**Figura 9:** Factor de corrección  $K_f$  por forma de la pila – Método de Larras y Mellville y Sutherland.

Fuente: Rodríguez (2010).

Forma de la pila en planta	Largo/ancho de la pila	$K_\theta$					
		0°	10°	15°	20°	30°	45°
	1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Lenticular	2.0	0.91				1.13	
	3.0	0.76	0.98	1.02	1.24		
	4.0	0.76		1.12		1.50	2.02
Perfil hidrodinámico	4.0	0.86		1.09		1.40	1.97
	4.5					1.36	
Elíptica	2.0	0.91				1.13	
	3.0	0.83	0.98	1.06	1.24		
Ojival	4.0	0.92		1.18		1.51	
Oblonga	2.0	1.00				1.17	
	3.0	1.00	1.02	1.13	1.24		
	4.0	1.00		1.15		1.52	
	4.5					1.60	
Rectangular	2.0	1.11		1.38		1.56	1.65
	4.0	1.11		1.72		2.17	2.43
	4.0(x)	1.11		1.99		2.94	3.28
	4.5					2.09	
	6.0	1.11		2.20		2.69	3.05
	8.0	1.11		2.23		3.03	3.64
	10.0	1.11		2.48		3.43	4.16

**Figura 10:** Factor de corrección  $K_\theta$ , por ángulo de ataque del flujo. Método de Larras.

Fuente: Rodríguez (2010)



**Figura 11:** Formas usuales de pilas. Método de Larras. Higuera C. y Pérez G.

Fuente: Rodríguez (2010).

#### d. Método de Arunachalam (1965, 1967)

Arunachalam realizó una modificación de la ecuación de Englis-Poona (1948) y propuso la siguiente expresión, (Breusers, H.N.C. Nicollet, G. y Shen.H.W. 1977):

$$d_s = 1.334 q^{2/3} \left[ 1.95 \left( \frac{1.334 q^{2/3}}{a} \right)^{-1/6} - 1 \right]$$

Donde

- $d_s$  : Profundidad de socavación (m)
- $q$  : Caudal unitario aguas arriba del puente ( $m^3/s \cdot m$ )
- $a$  : Ancho de la pila (m)

#### e. Método de Maza Sánchez (1968)

El método se basa en el uso de curvas elaboradas a partir de resultados experimentales de laboratorio efectuadas en la División de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la UNAM en México. Las curvas se obtuvieron experimentando con materiales entre 0.17 mm y 0.56 mm de diámetro. La socavación obtenida a partir de estas curvas para partículas con diámetro medio de 1.3 mm es mayor a la obtenida experimentalmente. Los parámetros que intervienen en el método son: profundidad de flujo, ancho del pilar, número de Froude y el

ángulo de ataque del flujo sobre la estructura (Rodríguez 2010). Los siguientes son los pasos para la aplicación del método:

- Cálculo del cuadro del número de Froude de la corriente:

$$Fr^2 = \frac{V^2}{gH_s}$$

$H_s$  : Profundidad del agua hacia aguas arriba de la pila antes de la socavación (m).

$V$  : Velocidad media de la corriente frente a la pila (m/s).

- Evaluación del factor de corrección  $f_c$  que considera el ángulo de ataque de la corriente.

**Tabla 5:** Factor de corrección  $f_c$  – Método de Maza – Sánchez

$\varphi$	0°	15°	30°	45°
$f_c$	1	1.25	1.4	1.45

Fuente: Rodríguez (2010).

Si la pila esta sesgada con respecto al flujo y  $Fr^2 < 0.06$  se trabaja con  $f_c = 1.0$

Si la pila esta sesgada con respecto al flujo y  $Fr^2 \geq 0.06$  se trabaja con la siguiente expresión:

$$Fr^2 = f_c \frac{V^2}{gH_s}$$

- Cálculo de la relación  $H_s/a'$

$a'$  : Ancho proyecto de la pila sobre un plano normal a la dirección de la corriente (m).

- Selección de la curva a usar dependiendo de la forma de la pila.
- Cálculo de la profundidad de socavación.

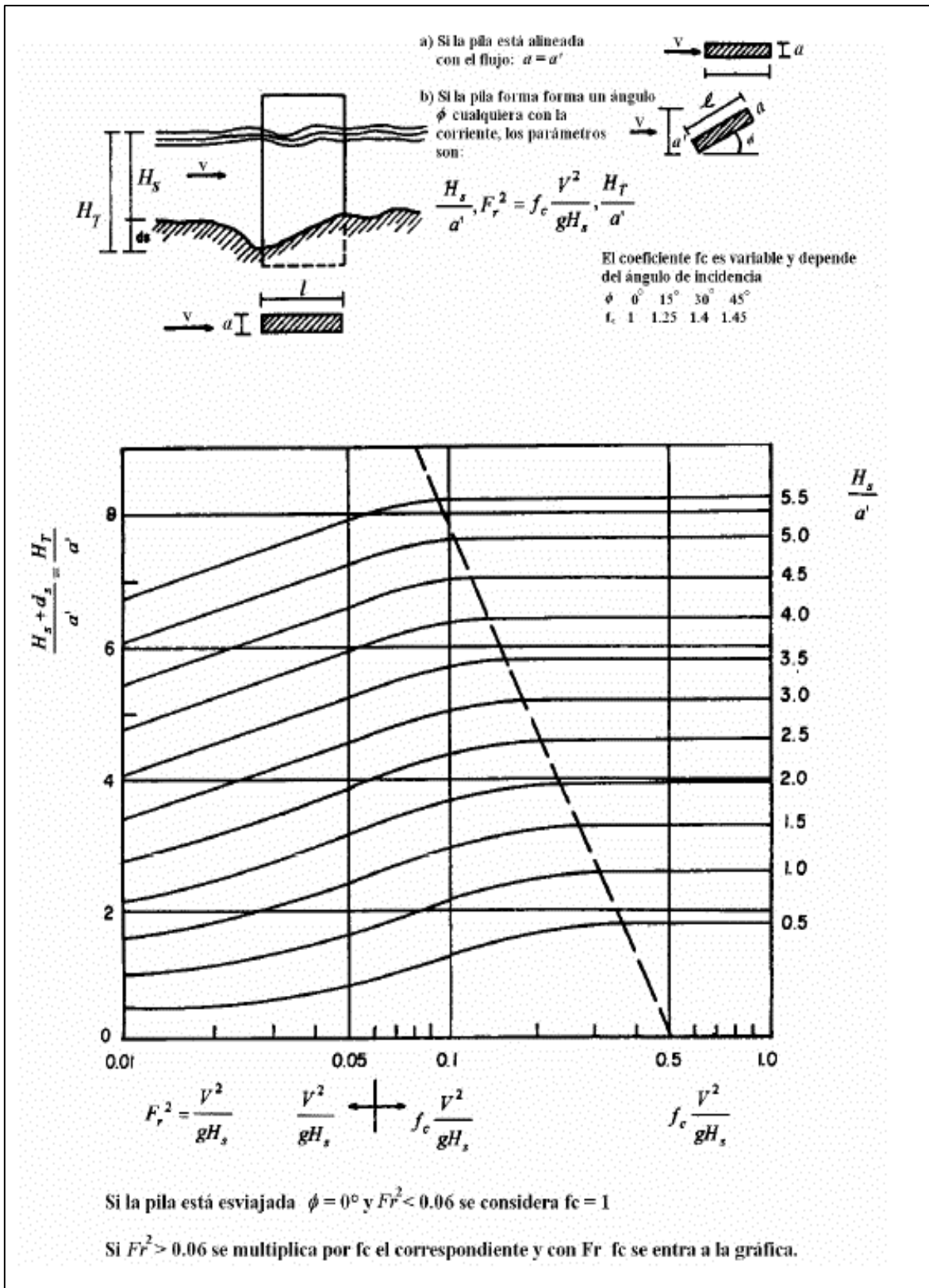
Con el número de Froude corregido, se entra en las abscisas de la respectiva grafica hasta interpolar la curva de  $H_s/a'$  y se lee en las ordenadas el valor de  $H_t/a'$  del cual se despeja el valor de  $d_s$  (Rodríguez 2010).

$$d_s = H_t - H_s$$

$H_t$  : Profundidad de socavación medida desde la superficie del flujo (m).

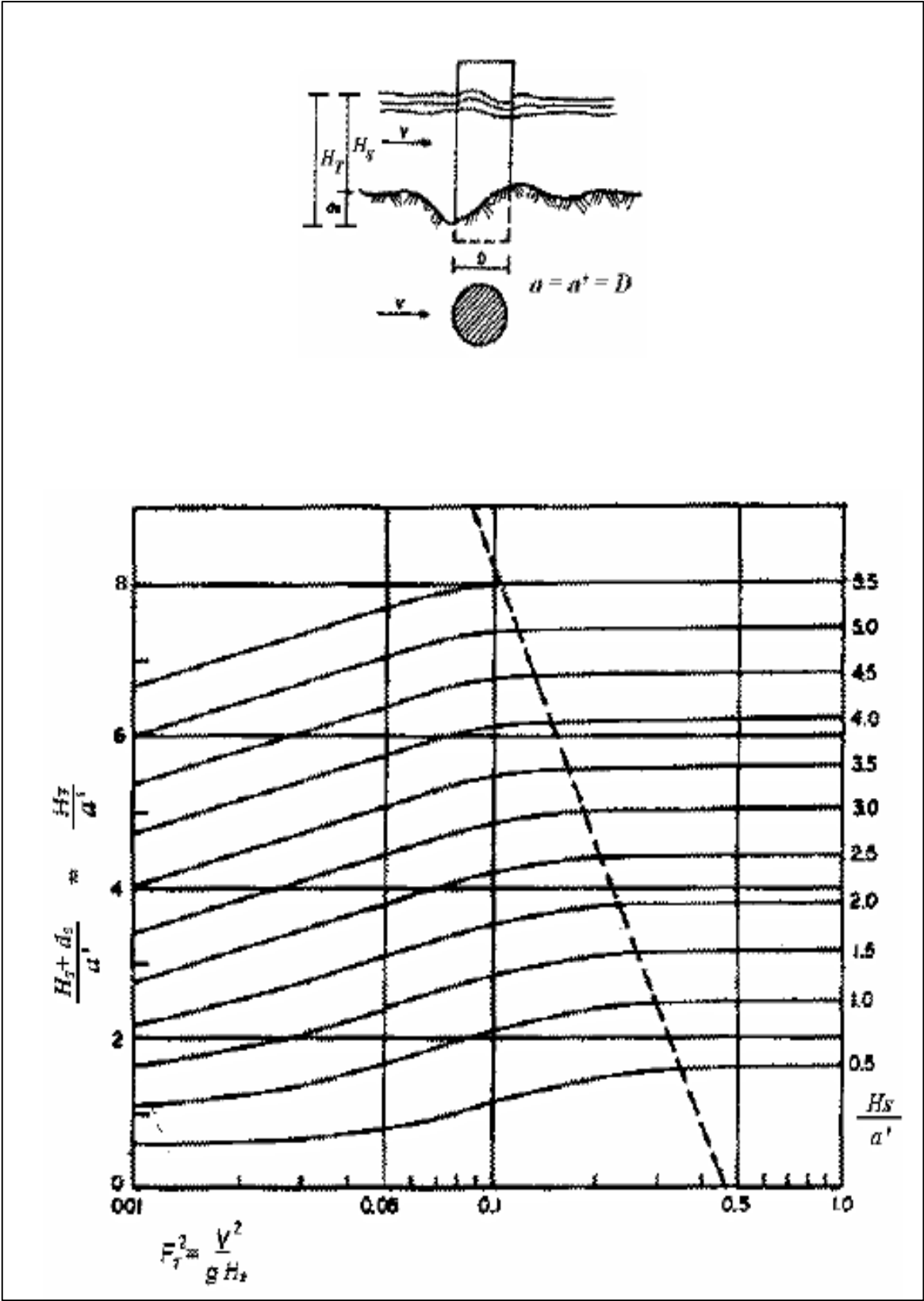
$d_s$  : Profundidad de socavación medida desde el lecho del cauce (m).





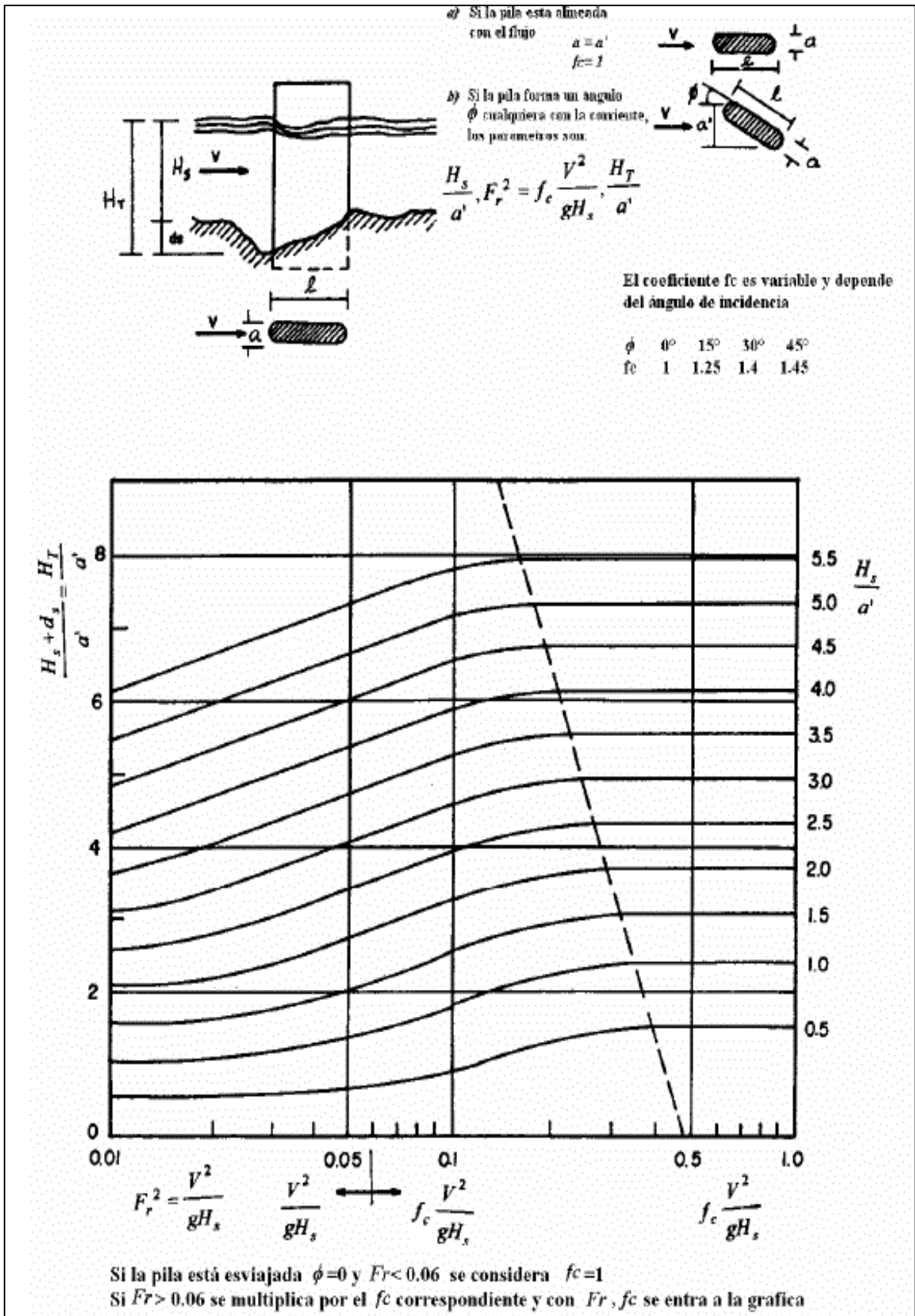
**Figura 12:** Cálculo de la socavación local para una pila rectangular.

Fuente: Rodríguez (2010).



**Figura 13:** Cálculo de la socavación local para una pila circular.

Fuente: Rodríguez (2010).



**Figura 14:** Cálculo de la socavación local para una pila elongada.

Fuente: Rodríguez (2010).

#### f. Método de Breusers, Nicollet y Shen (1977)

Breusers, en 1965, propone una sencilla ecuación basada en estudios con varillas de sondeo en corrientes, en la que la profundidad de socavación depende únicamente del ancho de la pila.

$$d_s = 1.4 a$$

Donde

$d_s$  : Profundidad máxima de socavación medida desde el nivel medio del lecho (m)

$a$  : Diámetro de la pila circular (m)

El método de Breusers, Nicollet y Shen fue desarrollado en la década de los setenta, (Breusers 1984)

$$d_s = a f_1 \left( \frac{V}{V_c} \right) f_2 \left( \frac{h}{a} \right) f_3 (forma) f_4 \left( \phi \frac{l}{a} \right)$$

Donde

$d_s$  : Profundidad de socavación por debajo del lecho original (m)

$a$  : Ancho de la pila (m)

$V$  : Velocidad media del flujo (m/s)

$V_c$  : Velocidad crítica para inicio del movimiento (m/s)

$h$  : Profundidad del agua (m)

$\phi$  : Angulo de ataque

$l$  : Longitud de la pila (m)

$f_1, f_2, f_3$  y  $f_4$  : Funciones de:

$$f_1 \left( \frac{V}{V_c} \right) = 0 \quad \text{Para } \frac{V}{V_c} \leq 0.5$$

$$f_1 \left( \frac{V}{V_c} \right) = 2 \left( \frac{V}{V_c} - 0.5 \right) \quad \text{Para } 0.5 \leq \frac{V}{V_c} \leq 1.0$$

$$f_1 \left( \frac{V}{V_c} \right) = 1.0 \quad \text{Para } \frac{V}{V_c} \geq 1.0$$

$$f_2 \left( \frac{h}{a} \right) = 2.0 \tanh \left( \frac{h}{a} \right) \quad \text{Para valores altos de } h/a, f_2 \text{ tiende a } 2.0$$

$f_3(forma)$	=1.00 para pilas circulares o con punta circular =0.75 para pilas de forma hidrodinámica =1.30 para pilas rectangulares
$f_4\left(\phi \frac{l}{a}\right)$	Se encuentra en el Grafico 1.10

#### g. Método de Froehlich (1991)

Una ecuación desarrollada por el Dr. David Froehlich es usada por el programa HEC-RAS (1998) como una alternativa a la ecuación de la Universidad Estatal de Colorado que se presenta más adelante.

$$d_s = 0.32 K_f (a')^{0.62} h^{0.47} Fr^{0.22} D_{50}^{-0.09} + a$$

Donde:

- $d_s$ : Profundidad de socavación local (m)
- $K_f$ : Factor de corrección por la forma de la pila
- $a'$ : Ancho proyectado de la pila con relación al ángulo de ataque del flujo
- $a$ : Ancho de la pila, adicionado como un factor de seguridad (m)
- $h$ : Profundidad del flujo directamente aguas arriba de la pila (m)
- $Fr$ : Numero de Froude aguas arriba de la pila
- $D_{50}$ : Diámetro de la partícula de lecho en una mezcla cuyo 50% es menor

Para pilas con punta circular alineadas con el flujo se tiene:

$$d_s \leq 2.4a \text{ para } Fr \leq 0.8$$

$$d_s \leq 3.0a \text{ para } Fr > 0.8$$

Si la profundidad de socavación se analiza para un caso particular. Froehlich sugiere que no se adicione el factor de seguridad a al final de la ecuación. El programa HEC-RAS (1998) siempre adiciona este factor de corrección.

**Tabla 6:** Factor de corrección Kf

<b>Forma de la pila</b>	<b>Kf</b>
Punta cuadrada	1.3
Pila con punta circular	1
Pila con punta aguda o triangular	0.7

Fuente: Rodríguez (2010).

#### **h. Método de la Universidad Estatal de Colorado (CSU)**

La ecuación de la CSU fue desarrollada con base en análisis dimensional de los parámetros que afectan la socavación y análisis de datos de laboratorio. Es el método más usado en los Estados Unidos de América (HEC-18, 1993, 1995) y es una de las dos que usa el programa HEC-RAS.

$$\frac{d_s}{h} = 2.0 K_f K_\theta K_c K_a \left(\frac{h}{a}\right)^{0.65} Fr^{0.43}$$

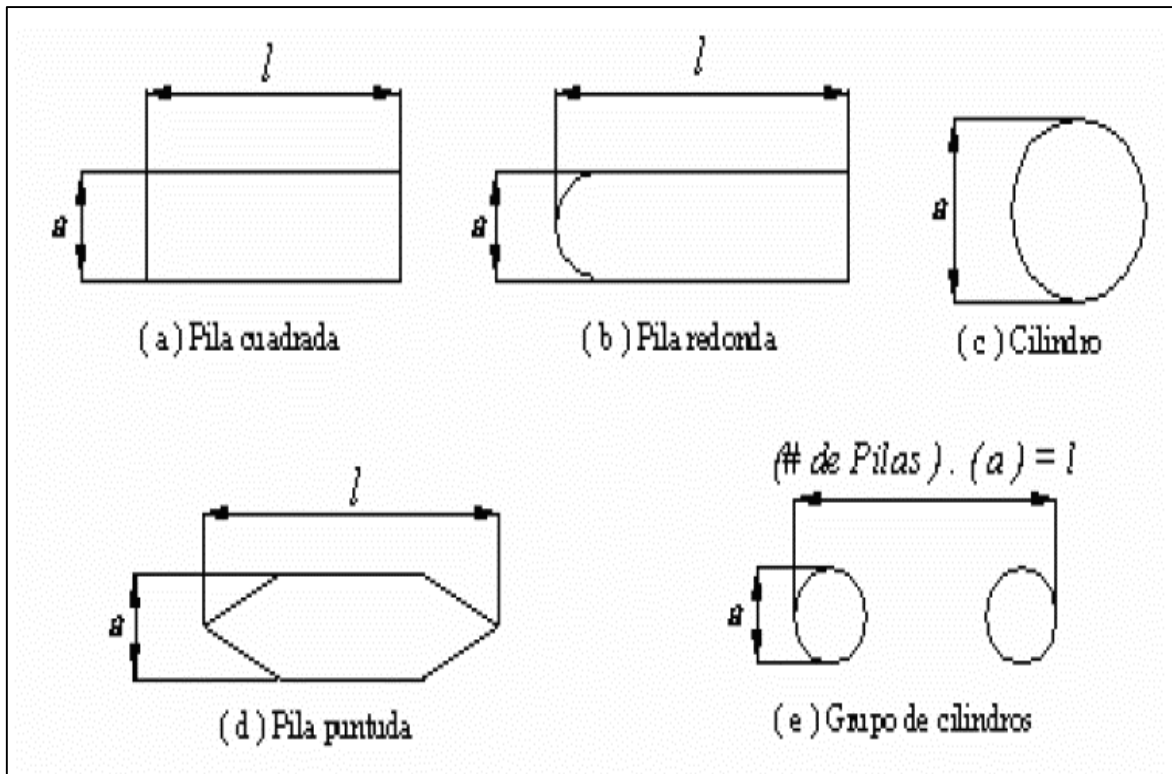
Donde

- $d_s$ : Profundidad de socavación local (m)
- $h$ : Profundidad de flujo aguas arriba del pilar (m)
- $K_f$ : Factor de forma del pilar
- $K_\theta$ : Factor de ángulo de ataque del flujo
- $K_c$ : Factor de forma del lecho
- $K_a$ : Factor de acorazamiento del sedimento del lecho.
- $a$ : Ancho de la pila (m)

**Tabla 7:** Factor de corrección por la forma de la pila Kf, Método CSU, HEC-18

<b>Forma de la pila</b>	<b>Kf</b>
Nariz cuadrada	1.1
Nariz redonda	1.0
Cilíndrica	1.0
Punta aguda	0.9
Grupo de cilindros	1.0

Fuente: Rodríguez (2010).



**Figura 15:** Formas típicas de pilas, HEC-18,1993.Fuente: Rodríguez (2010).

El factor de corrección  $K_f$  se determina usando la tabla anterior cuando el ángulo de ataque es menor que  $5^\circ$ . En otro caso,  $K_\theta$  domina para ángulos mayores por lo que  $K_f$  debe ser tomado igual que 1.0.  $K_f$ , debe usarse solamente cuando las condiciones del flujo influyen sobre toda la longitud de la pila pues el factor de corrección podría ser menor en otros casos.

**Tabla 8:** Factor de corrección por el ángulo del flujo  $K_\theta$ , Método CSU. HEC-18, 1993

Ángulo de ataque	$l/a=4$	$l/a=8$	$l/a=12$
$0^\circ$	1.0	1.0	1.0
$15^\circ$	1.5	2.0	2.5
$30^\circ$	2.0	2.8	3.5
$45^\circ$	2.3	3.3	4.3
$90^\circ$	2.5	3.9	5.0

Fuente: Rodríguez (2010).

Si  $l/a$  es mayor que 12, se usan los valores correspondientes a  $l/a=12$  como máximos.

$$K_\theta = \left( \cos\theta + \frac{l}{a} \sin\theta \right)^{0.65}$$

**Tabla 9:** Factor de corrección por forma del lecho  $K_c$ , Método CSU. HEC-18, 1993

Condición del lecho	Altura de la duna H (pies)	$K_c$
Socavación en agua clara	N/A	1.1
Lecho plano y antidunas	N/A	1.1
Dunas pequeñas	$2 < H < 10$	1.1
Dunas mediana	$10 < H < 30$	1.1 a 1.2
Dunas grandes	$H > 30$	1.3

Fuente: Rodríguez (2010).

Se recomienda usar un valor de  $K_c$  de 1.1, considerando que el lecho tiende a ser plano durante crecientes.

El factor de corrección  $K_a$  disminuye la profundidad de socavación por acorazamiento del hueco de socavación para materiales del lecho con  $D_{50}$  mayor o igual que 2 mm o  $D_{95}$  mayor o igual que 20 mm.

**Tabla 10:** Criterios para adoptar  $K_a$ , Método CSU. HEC-18, 1993

$D_{50} < 2 \text{ mm}$ o $D_{95} < 20 \text{ mm}$	$K_a = 1.0$
$D_{95} \geq 2 \text{ mm}$ o $D_{95} \geq 20 \text{ mm}$	$K_a = 0.4 (V_r^{0.15})$

Fuente: Rodríguez (2010).

$$V_R = \left[ \frac{V_1 - V_{icD50}}{V_{cD50} - V_{icD95}} \right] > 0$$

$$V_{icDx} = 0.645 \left( \frac{D_x}{a} \right)^{0.053} V_{cDx}$$

Donde

- $V_R$  : Relación de velocidad
- $V_1$  : Velocidad de aproximación justo aguas arriba de la pila
- $V_{icDx}$  : Velocidad requerida para iniciar socavación en la pila para Dx
- $V_{icD95}$  : Velocidad requerida para iniciar socavación en la pila para D95
- $V_{icD50}$  : Velocidad requerida para iniciar socavación en la pila para D50
- $V_{cDx}$  : Velocidad crítica para iniciar movimiento de partículas de tamaño Dx
- $V_{cD50}$  : Velocidad crítica para iniciar movimiento de partículas de tamaño D50
- $a$  : Ancho de la pila



## i. Método de Yaroslavtziev

El criterio de Yaroslavtziev es el resultado de las mediciones realizadas en la Unión Soviética (Juárez y Rico 1969). Las variables que utiliza son las siguientes:

- La velocidad media de la corriente aguas arriba del pilar ( $V$ )
- La profundidad media de la corriente aguas arriba del pilar ( $Y_n$ )
- Angulo de incidencia de la corriente ( $\alpha$ )
- La forma del pilar
- El diámetro de los granos del sedimento ( $D_{85}$ ) y
- El tipo de suelo

Este investigador distingue dos casos: uno cuando el fondo del río está formado por materiales no cohesivos, y otro cuando está formado por materiales cohesivos (Aguirre 1980).

### *Suelos granulares sin cohesión*

$$ds = K_f K_v (e + K_h) \frac{V^2}{g} - 30D_{85}$$

Donde

$ds$ : Profundidad de socavacion a partir del lecho (m)

$V$ : Velocidad media aguas arriba del pilar (m/s)

$g$ : Aceleracion de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

$D_{85}$ : Diámetro característico que indica el 85% del peso del material

$K_f$ : Coeficiente de forma que depende de la forma y angulo del pilar

**Tabla 11:** Coeficiente de forma y ángulo del pilar

Forma de la pila	Kf
Rectangulares con aristas rectas	12.4
Circulares	10
Pilares rectangulares con aristas redondeadas	$K_f = 8.5 + 1.5 \sin \alpha$ (*)

(\*) hasta  $\alpha = 30^\circ$ , sufriendo variaciones cuando existen zapatas y pilotes protuberantes en el fondo.

Fuente: Aguirre (1980).

$K_v$ : Coeficiente del angulo de incidencia

$$\log(K_v) = -0.28 \sqrt[3]{\frac{V^2}{g \cdot b_1}}$$

Donde  $b_1$  es la proyección del pilar sobre un plano perpendicular a la dirección de la corriente.

$$b_1 = b \cos \alpha - L \sin \alpha$$

$e$ : Coeficiente de corrección que depende del pilar

**Tabla 12:** Coeficiente de corrección del pilar

Localización del pilar	e
Cauce principal	0.6
Cauce de avenidas	1

Fuente: Aguirre (1980).

$K_h$ : Coeficiente que toma en cuenta la profundidad de la corriente  $yn$  aguas arriba del pilar.

$$\log(K_h) = 0.17 - 0.35 \frac{yn}{b_1}$$

### Suelos cohesivos

El método utiliza la misma ecuación que para los suelos granulares, con la salvedad de que en el lugar del D85 utiliza un diámetro equivalente  $De_{85}$ , que en un material granular produciría la misma socavación (Aguirre 1980).

**Tabla 13:** Diámetro equivalente D85 en suelos granulares

Peso volumétrico de material seco en ton/m <sup>3</sup>	Dimensiones del diámetro equivalente en suelos granulares D85 (cm)		
	Arcillas y suelos altamente plásticos	Suelos medianamente plásticos	Suelos de aluvión y arcillas margosas
1.2	1	0.5	0.5
1.2-1.6	4	2	2
1.6-2.0	8	8	3
2.0-2.5	10	10	6

Fuente: Aguirre (1980).

#### **j. Método de Jain y Fisher (1979)**

Jain y Fisher en 1979 estudiaron en laboratorio la socavación local en pilas a lo largo del número de Froude. Ellos encontraron que la socavación local en pilas circulares en régimen de transporte de sedimentos ( $Fr > Fr_c$ ) inicialmente disminuye ligeramente, y luego aumenta a medida que el número de Froude se incrementa. Además, encontraron que la profundidad de socavación para altos valores de Froude es mayor que la socavación máxima en agua clara. Sobre la base de investigación desarrollaron las siguientes ecuaciones:

*Para socavación en lecho vivo ( $Fr - Fr_c > 0.2$ )*

$$\frac{y_s}{a} = 2.0(Fr - Fr_c)^{0.25} \left(\frac{y_1}{a}\right)^{0.5}$$

*Para socavación máxima en agua clara ( $Fr - Fr_c < 0$ )*

$$\frac{y_s}{a} = 1.85(Fr_c)^{0.25} \left(\frac{y_1}{a}\right)^{0.5}$$

Para  $0 < (Fr - Fr_c) < 0.2$  se empleará la mayor de las dos profundidades de socavación calculadas. Para formas diferentes de pilares y alineación de pilares que no sea paralela a la dirección del flujo se pueden emplear los coeficientes de corrección recomendados por el método de la CSU.

Donde

$y_s$ : Profundidad de socavación a partir del lecho (m)

$Fr_c$ : Número de Froude crítico

$y_1$ : Tirante normal próximo al pilar

$a$ : Ancho del pilar

#### **k. Método de Flores – Aguirre Pe (1977)**

Realizó un trabajo y fue presentado por Aguirre (1980) para determinar la profundidad de equilibrio alrededor de pilares circulares, obteniendo las dos ecuaciones siguientes:

$$y_s = a \left( 1.56 - 14.14 \frac{D_{80}}{a} \right) Fr^{(0.62 + \frac{15.02 D_{50}}{a})}$$

$$y_s = 0.21a \left( \frac{\tau}{\tau_c} \right)^{0.59} \text{ Para D80}$$

Donde

- $y_s$ : Profundidad de socavación a partir del lecho (m)
- $Fr$ : Número de Froude
- $D_{50}$ : Diámetro de la partícula de lecho en una mezcla cuyo 50% es menor
- $a$ : Ancho del pilar
- $D_{80}$ : Diámetro de la partícula de lecho en una mezcla cuyo 80% es menor
- $\tau$ : Esfuerzo de corte hidráulico sobre el lecho
- $\tau_c$ : Esfuerzo de corte crítico sobre el lecho con el diagrama de Shields

Las fórmulas obtenidas son aplicables, según sus autores, a pilares de sección circular y socavación sin aporte de sedimentos en régimen supercrítico. Pueden ser empleadas con números de Froude hasta de 1.6 la relación  $D_{50}/a$  debe estar comprendida entre 0.0118 y 0.0922 (Gómez 2010).

### **I. Método de Melville y Sutherland (1988)**

El método fue desarrollado en la Universidad de Auckland (Nueva Zelanda) y está basado en curvas envolventes a datos experimentales obtenidos en su mayoría de ensayos laboratorio. Según R. Ettema, considera que el método adolece de problemas relacionados con el uso conjunto de los factores de corrección por ángulo de ataque y por la forma del pilar y por la manera como se considera el efecto de la velocidad del flujo y del tamaño de los sedimentos. R. Ettema se inclina por usar la expresión  $y_s = 2.4 a$ .

$$y_s = aK_iK_hK_DK_\sigma K_f K_\phi$$

Donde:

- $y_s$ : Profundidad de socavación a partir del lecho (m)
- $a$ : Ancho del pilar (m)
- $K_i$ : Factor de corrección por intensidad de flujo
- $K_h$ : Factor de corrección por profundidad del flujo
- $K_D$ : Factor de corrección por tamaño de sedimento
- $K_\sigma$ : Factor de corrección por gradación del sedimento

$K_f$ : Factor de corrección por formación del pilar

$K_\phi$ : Factor de corrección ángulo de ataque del flujo

Donde:

$$K_D = 1.0 \quad \text{Si } a/D_{50} > 25$$

$$K_D = 0.57 \log(2.24 a/D_{50}) \quad \text{Si } a/D_{50} < 25$$

$$K_h = 1.0 \quad \text{Si } h/a > 2.6$$

$$K_h = 0.78(h/a)^{0.255} \quad \text{Si } h/a < 2.6$$

$$K_\phi = K_f = 1.1 \quad \text{Para pilar con nariz cuadrada}$$

$$K_\sigma = 1.0 \quad \text{Por recomendación del autor}$$

$$K_i = 2.4 \left[ \frac{v-(v_a-v_c)}{v_c} \right] \quad \text{Para agua clara } \frac{v-(v_a-v_c)}{v_c} < 1$$

$$K_i = 2.4 \quad \text{Para lecho móvil } \frac{v-(v_a-v_c)}{v_c} \geq 1$$

$$V_a = 0.8V_{ca}$$

$$\frac{V_{ca}}{V_{*ca}} = 5.75 \log \left( 5.53 \frac{y_n}{D_{50a}} \right)$$

$$\frac{V_c}{V_{*c}} = 5.75 \log \left( 5.53 \frac{y_n}{D_{50}} \right)$$

$$V_{*ca} = \sqrt{D_{50a}}$$

Cuando  $1 \text{ mm} < D_{50} < 100 \text{ mm}$ , entonces usamos la siguiente expresión:

$$V_{*c} = 0.0305 \sqrt{D_{50}} - \frac{0.0065}{D_{50}}$$

$$D_{50} = D_{max}/1.8$$

$$D_{max} = \sigma_g^m D_{50}$$

$$\sigma_g = \frac{D_{84}}{D_{50}}$$

**Tabla 14:** Valor m según el Diámetro máximo

Valor de Dmax asumido	m
D90	1.28
D95	1.65
D98	2.06
D99	2.34

Fuente: Melville (1988).

Donde:

- $V_{*c}$ : Velocidad cortante crítica correspondiente a D50
- $V_{*ca}$ : Velocidad cortante crítica de acorazamiento a D50a
- $V_c$ : Velocidad crítica correspondiente a  $V_{*c}$
- $V_{ca}$ : Velocidad crítica de acorazamiento correspondiente a  $V_{*ca}$
- $V_a$ : Velocidad crítica de acorazamiento

La  $V_a$  calculada debe ser mayor que  $V_c$  para que haya la posibilidad de acorazamiento. En caso de que  $V_a < V_c$ , la solución simple está en asumir que  $V_a = V_c$  y que el material del lecho se comporta como si fuera uniforme y que por lo tanto no se acoraza.

### **m. Método de León (2000)**

Realizó estudios experimentales en las instalaciones del Laboratorio Nacional del Hidráulica en Lima, Perú (Gómez 2010). Como resultado de los estudios propuso una fórmula para cálculo de la socavación total máxima alrededor de pilares cilíndricos en lechos no cohesivos, aplicables en cursos de agua caracterizados, según su autor, por números de Froude hasta de 1.98, esta ecuación se desarrolló en base a resultados de experimentos de laboratorio y no incluyó datos tomados en mediciones de campo. La ecuación es la siguiente:

$$y_s = 0.66a \left( \frac{\tau}{\tau_c} \right)^{0.31}$$

R

Donde:

- $y_s$ : Profundidad de socavacion a partir del lecho (m)
- $a$ : Ancho o diámetro del pilar (m)
- $\tau$ : Esfuerzo de corte hidráulico sobre el lecho
- $\tau_c$ : Esfuerzo de corte critico para D80 con el diagrama de Shields

### **n. Método de La Universidad de Auckland (1990)**

Para ( $a/D_{50} > 18$ )

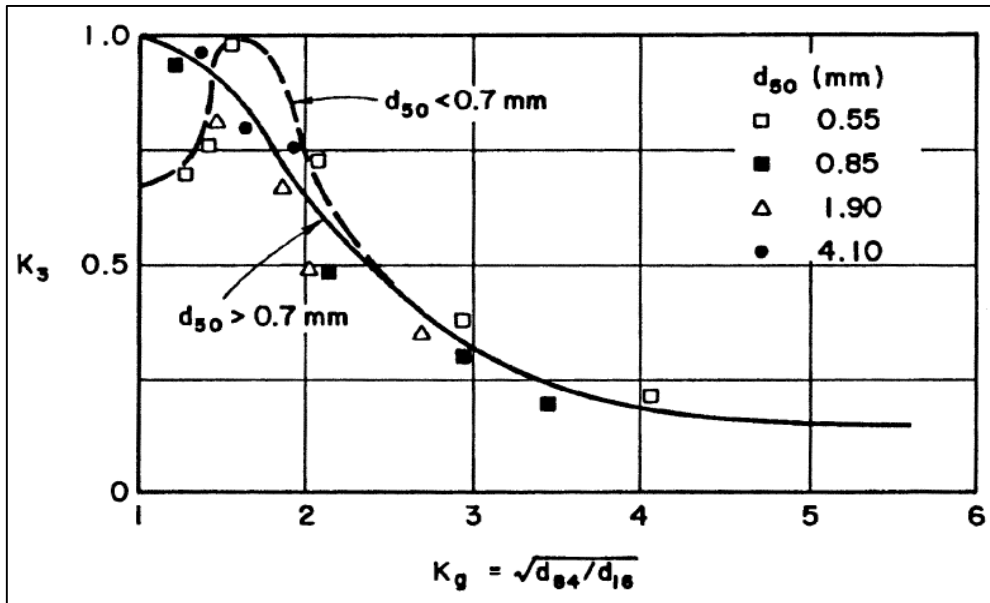
$$y_s = 2.1 a K_1 K_2 K_3$$

Para  $(a/D_{50} < 18)$

$$y_s = 0.45 a K_1 K_2 K_3 (a/D_{50})^{0.53}$$

Donde:

- $y_s$ : Profundidad de socavacion a partir del lecho (m)
- $a$ : Ancho o diámetro del pilar (m)
- $K_1$ : Coeficiente para el tipo de pilar
- $K_2$ : Coeficiente para el ángulo de ataque de flujo
- $K_3$ : Coeficiente de graduación del sedimento
- $K_g$ : Coeficiente de graduación  $(D_{84}/D_{16})^{0.5}$
- $K_{fs}$ : Coeficiente de seguridad por Copp y Johnson 1987



**Figura 16:** Coeficiente  $K_3$ , debido al tamaño de partícula vs  $K_g$  (Ettema 1980)

Fuente: Richardson (1988).

Copp y Johnson (1987) recomiendan que los valores obtenidos con las ecuaciones anteriores sean multiplicados por un coeficiente de seguridad  $K_{fs}$  porque hay muy pocos datos de campo reales sobre profundidades de socavación en cauces de río con material graduado. Dicen los siguiente:

Si  $K_g < 2$        $K_{fs} = 1/K_3$

Si  $K_g > 2$        $K_{fs} = 1.5$

#### o. Método de Sheppard y Miller (2006)

El conjunto de ecuaciones de Sheppard y Miller está basado en la consideración de varias investigaciones previas, consolidando resultados obtenidos a través de varios años de experimentos llevados en la FHWA, algunos aspectos de la escuela europea de erosión local, fundamentalmente holandesa, a partir de las investigaciones de experimentos propios, así como mediciones en campo. Las ecuaciones incluyen la importante observación sobre la dependencia normalizada de la profundidad de socavación local de  $a/D_{50}$  en incrementos hasta que el valor de  $a/D_{50}$  sea igual a 40, en el que el punto de dependencia comienza a disminuir (Farias et al 2009 y NCHRP, Report No 682, 2011).

Las ecuaciones propuestas por Sheppard y Miller (2006) para la estimación de la socavación local en pilas simples, se diferencian según sea la condición del flujo de aproximación en cuanto al transporte de sedimentos.

*Para socavación en agua clara ( $0.4 \leq V_1/V_c \leq 1.0$ )*

$$y_s = 2.5a'f_1f_2f_3$$

*Para socavación en lecho vivo ( $1.0 \leq V_1/V_c \leq V_{1p}/V_c$ )*

$$y_s = a'f_1 \left[ 2.2 \left( \frac{\frac{V_1}{V_c} - 1}{\frac{V_{1p}}{V_c} - 1} \right) + 2.5 \left( \frac{\frac{V_{1p}}{V_c} - \frac{V_1}{V_c}}{\frac{V_{1p}}{V_c} - 1} \right) f_3 \right]$$

*Para encima del pico del lecho vivo ( $V_1/V_c > V_{1p}/V_c$ )*

$$y_s = 2.2a'f_1$$

Los coeficientes se calculan de la siguiente forma:

$$f_1 = \tanh \left[ \left( \frac{y_1}{a^*} \right)^{0.4} \right]$$
$$f_2 = 1 - 1.2 \left[ \ln \left( \frac{V_1}{V_c} \right) \right]^2$$



$$f_3 = \left[ \frac{\left(\frac{a^*}{D_{50}}\right)}{0.4 \left(\frac{a^*}{D_{50}}\right)^{1.2} + 10.6 \left(\frac{a^*}{D_{50}}\right)^{-0.13}} \right]$$

$$V_{1p1} = 5V_c$$

$$V_{1p2} = 0.6\sqrt{gy_1}$$

$$V_{1p} = \begin{cases} V_{1p1} & \text{para } V_{1p1} \geq V_{1p2} \\ V_{1p2} & \text{para } V_{1p2} > V_{1p1} \end{cases}$$

Donde:

$a^*$  = Diámetro efectivo = Ancho proyectado x Factor de forma

Factor de forma = 1, circular

Factor de forma =  $0.86 + 0.97 \left( \left| \alpha(\text{Rad}) - \frac{\pi}{4} \right| \right)^4$ , rectangular

$$V_c = 5.75V_{*c} \log \left( 5.53 \frac{y_1}{D_{50}} \right)$$

$$V_{*c} = 0.0305\sqrt{D_{50}} - \frac{0.0065}{D_{50}} \quad 1\text{mm} < D_{50} < 100\text{mm}$$

Donde:

$y_s$ : Profundidad de socavación a partir del lecho (m)

$a^*$ : Ancho efectivo del pilar (m)

$D_{50}$ : Diámetro de la partícula de lecho en una mezcla cuyo 50% es menor

$y_1$ : Tirante normal de aproximación al pilar (m)

$V_1$ : Velocidad media de la corriente aguas arriba del pilar (m)

$V_{*c}$ : Velocidad cortante crítica del sedimento (m/s)

$V_c$ : Velocidad crítica del sedimento D50 (m/s)

$V_{1p1}, V_{1p2}$ : Velocidad pico calculada en lecho vivo (m/s)

$V_{1p}$ : Velocidad pico final calculada en lecho vivo (m/s)

$f_1$ : Factor de forma del pilar

$f_2$ : Factor de intensidad de flujo

$f_3$ : Factor de tamaño del sedimento

**p. Método Chino Simplificado (1996)**

La ecuación del método Chino Simplificado según USGS (2002) para la socavación en pilas está basada en estudios de laboratorio y data de campo de China. (Landers y Mueller 1996, p.98-100). Esta ecuación tiene diferentes formas dependiendo si la condición de socavación se encuentra en lecho vivo o agua clara.

La ecuación para agua clara con la condición ( $V_o < V_c$ ) es la siguiente:

$$y_s = 1.141K_s a^{0.6} y_o^{0.15} D_m^{-0.07} \left( \frac{V_o - V_{ic}}{V_c - V_{ic}} \right)$$

Donde:

$y_s$ : Profundidad de socavación a partir del lecho (pies)

$a$ : Ancho efectivo del pilar (pies)

$K_s$ : Coeficiente simplificado de forma del pilar

$K_s = 1.1$  para pilas nariz cuadrada

$K_s = 1.0$  para pilas cilindricas

$K_s = 0.8$  para pilas con nariz redonda

$K_s = 0.66$  para pilas con nariz aguda

$y_o$ : Profundidad de flujo aguas arriba del pilar (pies)

$D_m$ : Diámetro medio de la partícula (pies)

$V_o$ : Velocidad de aproximación cercana al pilar (pies/s)

$V_c$ : Velocidad crítica de movimiento incipiente de la partícula (pies/s)

$V_{ic}$ : Velocidad de aproximación respecto a la velocidad crítica (pies/s)

La determinación de la velocidad crítica se obtiene con la siguiente expresión:

$$V_c = 3.28 \left( \frac{y_o}{D_m} \right)^{0.14} \left( 8.85 D_m + 6.05 E^{-7} \left[ \frac{10 + 0.3048 y_o}{(0.3048 D_m)^{0.72}} \right] \right)^{0.5}$$
$$V_{ic} = 0.645 \left( \frac{D_m}{a} \right)^{0.053} V_c$$

La ecuación para lecho vivo con la condición ( $V_o > V_c$ ) es la siguiente:

$$y_s = 0.950 K_s a^{0.6} y_o^{0.15} D_m^{-0.07} \left( \frac{V_o - V_{ic}}{V_c - V_{ic}} \right)^c$$

Donde:

$c$ : Exponente calculado usando la siguiente expresión

$$c = \left(\frac{V_c}{V_o}\right)^{8.20+2.23\log D_m}$$

#### q. Método de Froehlich (1996)

La ecuación de Froehlich según USGS (2002) se derivó mediante análisis de regresión de datos de socavación en pilas de varias investigaciones (Landers y Mueller 1996, 9.101) y ha sido considerada como una de las ecuaciones para socavación en lecho macrorugoso y se define de la siguiente forma:

$$y_s = 0.32a\phi Fr_1^{0.2} \left(\frac{a_e}{a}\right)^{0.62} \left(\frac{y_o}{a}\right)^{0.46} \left(\frac{a}{D_{50}}\right)^{0.08}$$

Donde:

$y_s$ : Profundidad de socavación a partir del lecho (pies)

$a$ : Ancho del pilar (pies)

$a_e$ : Ancho efectivo del pilar (pies)

$y_o$ : Profundidad de flujo aguas arriba del pilar (pies)

$Fr_1$ : Número de Froude

$D_{50}$ : Diámetro de la partícula de lecho en una mezcla cuyo 50% es menor

$\phi$ : Coeficiente que depende de la forma del pilar

$\phi = 1.3$  para pilas nariz cuadrada

$\phi = 1.0$  para pilas nariz redonda

$\phi = 0.7$  para pilas nariz aguda

Según Landers y Mueller, la ecuación de Froehlich se basa en mediciones de campo se presume que ha sido hecha para condiciones en lecho vivo.

#### r. Método de la Ecuación de Diseño de Froehlich (1996)

La estimación de la profundidad de socavación según USGS (2002) en base a los análisis de regresión brindan datos subestimados por lo que para el diseño de puentes resulta siendo un valor no aceptable. Froehlich en 1988 encontró que, mediante la adición de ancho del pilar

a la profundidad de socavación calculada, el resultado final sería el adecuado para el diseño de puentes. La ecuación se define como:

$$y_s = 0.32a\phi Fr_1^{0.2} \left(\frac{a_e}{a}\right)^{0.62} \left(\frac{y_o}{a}\right)^{0.46} \left(\frac{a}{D_{50}}\right)^{0.08} + a$$

Donde todas las variables ya han sido definidas en el método anterior.

#### s. Método del HEC-18/ JONES (1996)

La ecuación HEC-18/Jones se basa en la ecuación de la Universidad Estatal de Colorado (CSU). Cuando se compara con los datos de las mediciones de campo (Richardson et al 1993), la ecuación CSU fue la más fiable para la determinación de la socavación en comparación con otras ecuaciones. La ecuación HEC-18/Jones incorpora un factor de corrección K4 para dar cuenta del blindaje del foso de erosión. USGS (2002). Richardson y Davis (1995. pp.36-38) definen la ecuación de la siguiente forma:

$$y_s = 2.0y_o K_1 K_2 K_3 K_4 \left(\frac{a}{y_o}\right)^{0.65} Fr_1^{0.43}$$

Donde:

- $y_s$ : Profundidad de socavación a partir del lecho (pies)
- $a$ : Ancho del pilar (pies)
- $K_1$ : Factor de corrección por forma del pilar
- $K_2$ : Factor de corrección por ángulo de ataque de la corriente
- $K_3$ : Factor de corrección por la forma del lecho
- $K_4$ : Factor por acorazamiento del hoyo (entre 0.4 y 1.0)

$$K_4 = [1 - 0.89(1 - V_R)^2]^{0.5}$$

$$V_R = \left[ \frac{V_o - V_{i50}}{V_{c90} - V_{i50}} \right]$$

$$V_{i50} = 0.645 \left(\frac{D_{50}}{a}\right)^{0.053} V_{c50}$$

$$V_{c50} = 11.21y_o^{1/6} D_{50}^{1/3}$$

$$V_{c90} = 11.21y_o^{1/6} D_{90}^{1/3}$$

$$D_{90} = D_{50} \left(\frac{D_{84}}{D_{50}}\right)^{1.282}$$

Según Jones  $D_{50} > 60$  mm.

#### t. Método del HEC-18/ MUELLER (1996)

Mueller (1996, p.160) propuso una modificación al coeficiente de corrección  $K_4$ . USGS (2002).

$$K_4 = 0.4 \left[ \frac{V_o - V_{i50}}{V_{c50} - V_{i95}} \right]^{0.15}$$
$$V_{c50} = 12.21 y_o^{1/6} D_{50}^{1/3}$$
$$V_{i95} = 0.645 \left( \frac{D_{95}}{a} \right)^{0.053} V_{c95}$$
$$V_{c95} = 12.21 y_o^{1/6} D_{95}^{1/3}$$
$$D_{95} = D_{50} \left( \frac{D_{84}}{D_{50}} \right)^{1.645}$$

#### 2.5.4 Socavación local en estribos

La socavación local en los estribos depende entre otros de la forma del estribo, las características del sedimento, la forma de la sección transversal, la profundidad de flujo en el cauce principal y en las márgenes, el caudal es interceptado por el estribo y retorna al cauce principal, el alineamiento del cauce, el tiempo de duración de la creciente, etc., factores que no se reflejan debidamente en las ecuaciones existentes.

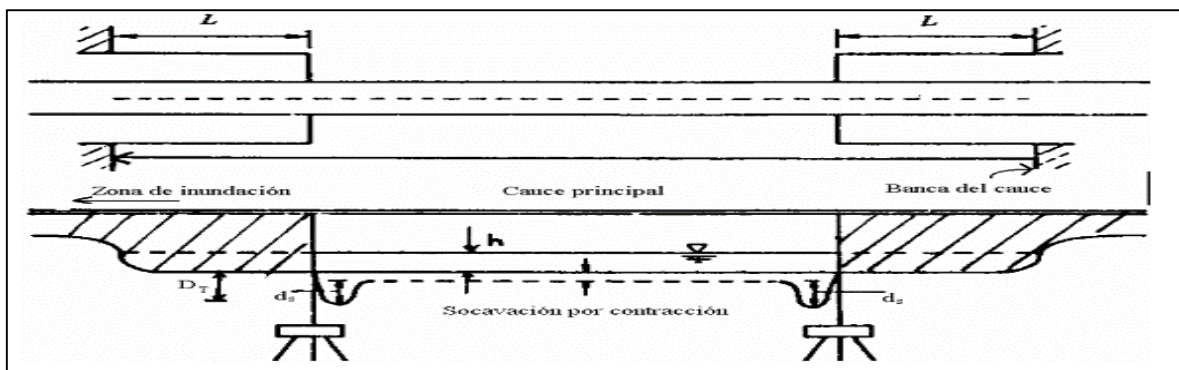
La socavación en estribos puede ser en agua clara o en lecho móvil, dependiendo en muchos casos de si el estribo está en las laderas o sobrecanals o si está metido en el cauce principal. En muchos casos, los estribos pueden diseñarse a criterio del ingeniero con profundidades de cimentación menores que las dadas por las ecuaciones si van a estar protegidos con enrocado colocado hasta el lecho, o si se construyen diques encauzadores aguas arriba del estribo, u otro tipo de protección. Factores económicos deben considerarse para tomar la decisión final sobre la profundidad de socavación en estribos y su forma de protección.

Existen algunos métodos para la determinación de la socavación local en estribos, tales como lo planteado por Liu, Chang y Skinner, Laursen, Artamonov, Froehlich, HIRE y Melville,

sin embargo, la incertidumbre existente con relación a la aplicabilidad y a los resultados de las ecuaciones es mayor que para pilas (MTC 2010).

**a. Método de Liu, Chang y Skinner (1961)**

El método se basa en una ecuación resultante de estudios de laboratorio y análisis dimensional realizado en 1961 y se aplica para las siguientes condiciones que se ilustran en la Figura 17:



**Figura 17:** Estribos que se prolongan hasta el cauce principal y no existe flujo en la zona de inundación.

Fuente: MTC (2010).

**Consideraciones:**

- Socavación en lecho móvil
- Estribos que se proyectan dentro del cauce principal
- No existe flujo sobre las llanuras de inundación
- El largo del estribo es menor que 25 veces la profundidad media del agua ( $L/h < 25$ )
- Flujo subcrítico
- Lecho del cauce arenoso
- Las ecuaciones deben ser ajustadas por el factor de corrección  $K_f$
- Los valores de las profundidades de socavación deben ser incrementados en un 30% cuando se presenten dunas.
- Si existe lecho plano o lecho con antidunas, las ecuaciones deben aplicarse tal como se exponen a menos que las antidunas ocurran en el estribo, caso para el cual la profundidad de socavación debe incrementarse en un 20%.

$$\frac{d_s}{h} = K_f \left( \frac{L}{h} \right)^{0.4} Fr^{0.33}$$

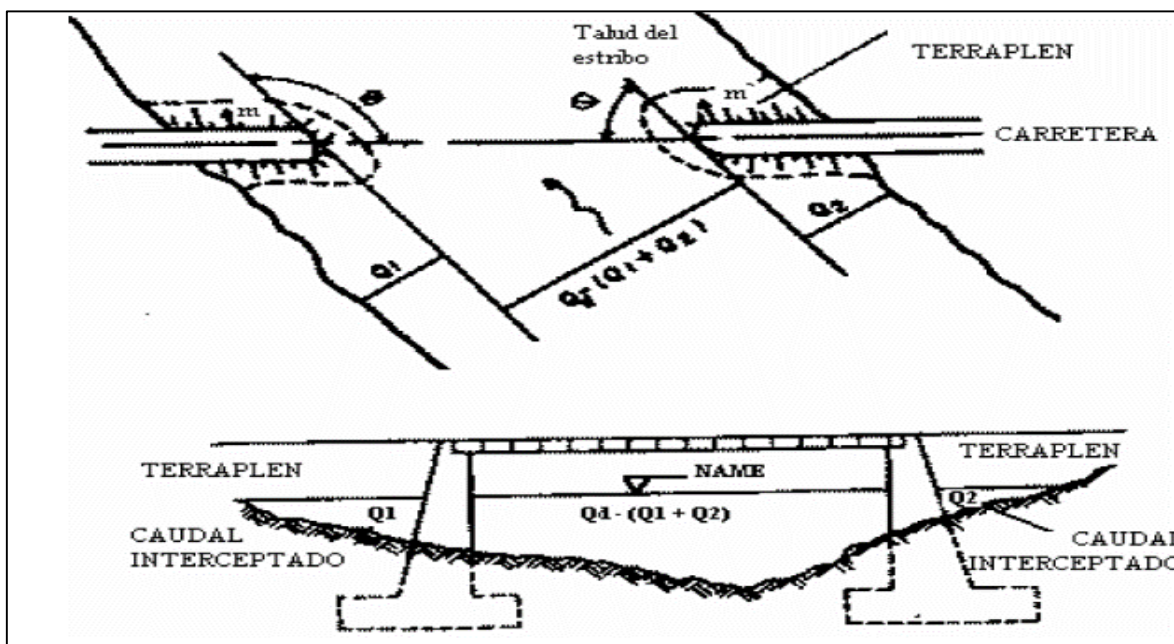
Donde

- $d_s$ : Profundidad de socavación de equilibrio (m)  
 $h$ : Profundidad media del flujo aguas arriba en el cauce principal (m)  
 $L$ : Longitud del estribo que se opone al paso del agua (m)  
 $Fr$ : Numero de Froude  
 $K_f$ : Coeficiente de corrección de forma del estribo (1.1 pared inclinada y 2.15 pared vertical)

### b. Método de Artamonov

Este método permite determinar no solamente la profundidad de socavación al pie de estribos sino también al pie de espigones (MTC 2010). Depende de los siguientes factores:

- Porción del caudal que es interceptado por la estructura al meterse dentro de la corriente  $Q_1$  o  $Q_2$ .
- Talud que tienen los lados del estribo (MH: 1.0V)
- Angulo entre el eje longitudinal de la obra y la corriente ( $\theta$ )



**Figura 18:** Intersección del flujo por los estribos.

Fuente: MTC (2010).

$$H_T = K_\theta K_Q K_m h$$

Donde

- $H_T$ : Profundidad de agua al pie del estribo (m)  
 $K_\theta$ : Coeficiente que depende del ángulo que forma el eje de la obra con la corriente.  
 $K_Q$ : Coeficiente que depende de la relación entre el gasto teórico interceptado por el estribo Q1 o Q2 y el caudal total Qd que escurre por la sección transversal.  
 $K_m$ : Coeficiente que depende del talud que tienen los lados del estribo.  
 $h$ : Tirante de agua en la zona cercana al estribo (m)

**Tabla 15:** Coeficiente de corrección  $K_\theta$  Juárez B., E. y Rico Rodríguez, A. (1992)

$\theta$	20°	60°	90°	120°	150°
$K_\theta$	0.84	0.94	1	1.07	1.19

Fuente: MTC (2010).

**Tabla 16:** Coeficiente de corrección  $K_Q$  Juárez B., E. y Rico Rodríguez, A. (1992)

Q1/Qd	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
$K_Q$	2	2.65	3.22	3.45	3.67	3.87	4.06	4.2

Fuente: MTC (2010).

**Tabla 17:** Coeficiente de corrección  $K_m$  Juárez B., E. y Rico Rodríguez, A. (1992)

Talud m	0	0.5	1	1.5	2	3
$K_m$	1	0.91	0.85	0.83	0.61	0.5

Mh:1V

Fuente: MTC (2010).

La siguiente ecuación se usa cuando el puente no está sesgado con relación al flujo ( $\theta = 90^\circ$ ) y la pared de los estribos es vertical.

$$H_T = K_Q h$$

### c. Método de Froehlich (1993)

La ecuación dada por Froehlich está basada en análisis dimensional y en análisis de regresión de datos de laboratorio para 170 mediciones de socavación en lecho móvil, HEC-18 (1993) recomienda su uso para socavación tanto en lecho móvil como en agua clara, para estribos que se proyectan dentro del cauce principal o no y para flujo concentrado en el cauce



principal o combinado con flujo sobre las zonas de inundación. La ecuación de Froehlich que a continuación se expone es de uso común en los Estados Unidos de América.

$$\frac{d_s}{h_e} = 2.27 K_f K_\theta \left(\frac{L}{h_e}\right)^{0.43} F_{re}^{0.61} + 1$$

Donde

- $d_s$ : Profundidad de socavación
- $h_e$ : Profundidad media del flujo (profundidad hidráulica) en la zona de inundación obstruida por el estribo aguas arriba del puente.
- $K_f$ : Coeficiente que depende de la forma del estribo.
- $K_\theta$ : Coeficiente que depende del ángulo de ataque del flujo.
- $F_{re}$ : Numero de Froude en la sección de aproximación obstruida por el estribo.

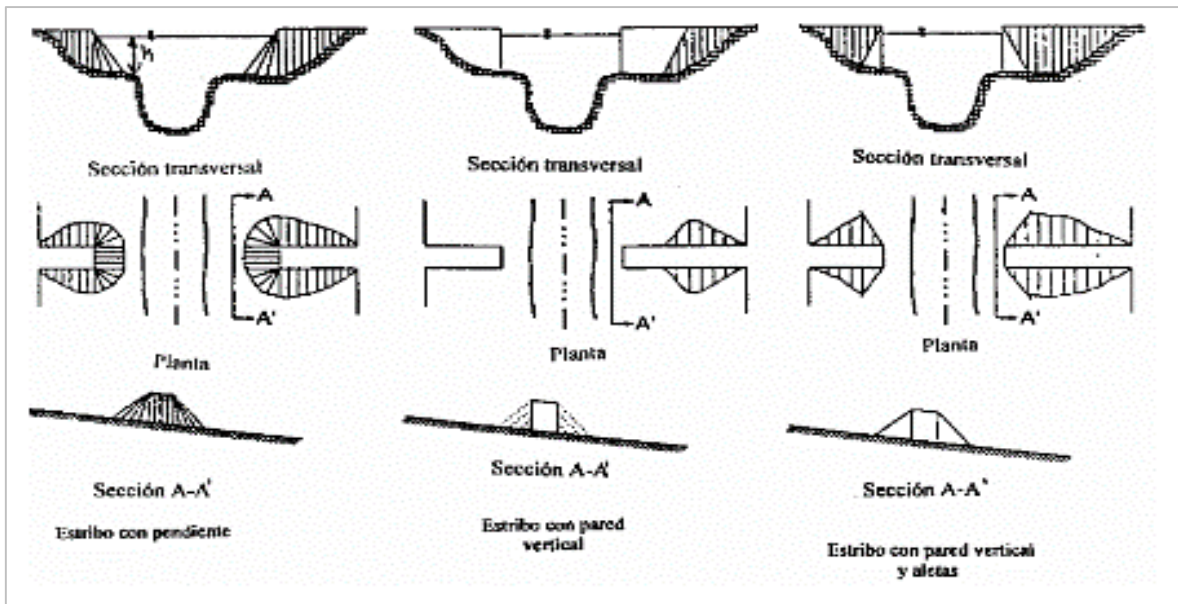
**Tabla 18:** Coeficiente por la forma del estribo  $K_f$  Método de Froehlich. HEC-18.1993

<b>Descripción</b>	<b>Kf</b>
Estribo con pared vertical	1
Estribo con pared vertical y aletas	0.82
Estribo con pendiente hacia el cauce	0.55

Fuente: MTC (2010).

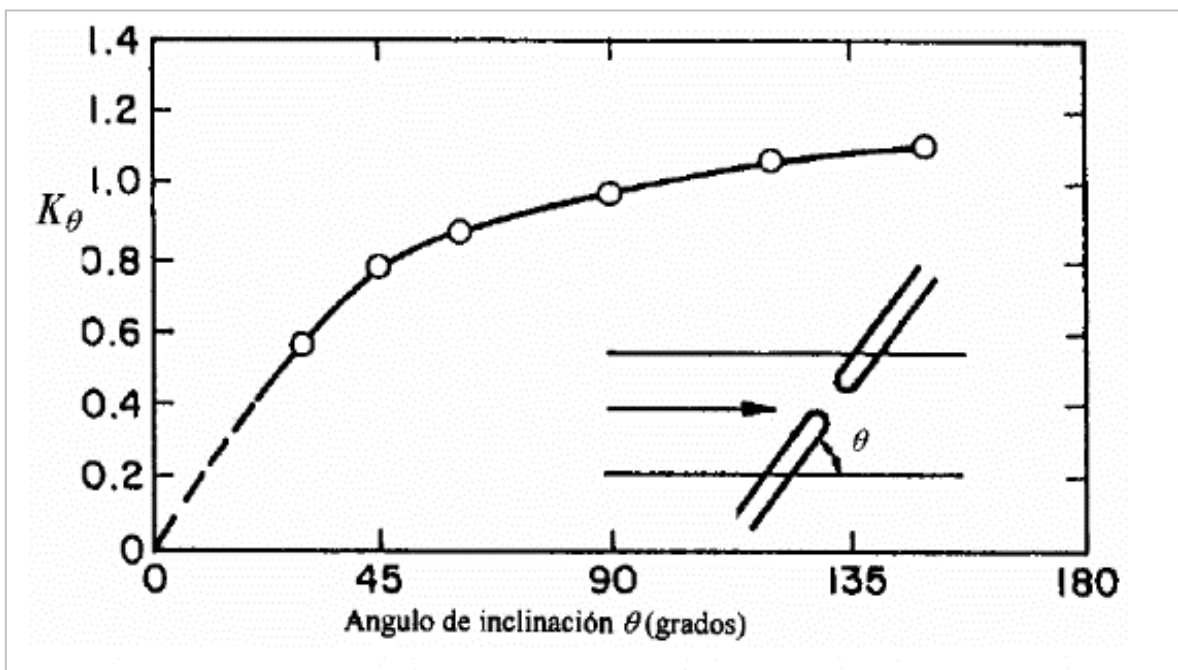
$$K_\theta = \left(\frac{\theta}{90}\right)^{0.13}$$

- $\theta$  : Ángulo de inclinación del estribo
- $\theta < 90^\circ$  : Si el estribo está inclinado hacia aguas abajo
- $\theta > 90^\circ$  : Si el estribo está inclinado hacia aguas arriba



**Figura 19:** Formas comunes de estribos Método de Froehlich.

Fuente: MTC (2010).



**Figura 20:** Factor de corrección  $K_\theta$  Método de Froehlich. HEC-18.

Fuente: MTC (2010).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 MATERIALES**

##### **3.1.1 Información general recopilada**

Se revisó la información siguiente:

- Evaluación de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Rímac. Elaborado por la Autoridad Nacional el Agua (ANA) y el Ministerio de Agricultura (MINAG) (2010).
- Tesis “Diseño Hidráulico de la Bocatoma Huachipa”. Elaborado por Alexander Huamán León. Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) (2010).
- Estudio de Sedimentos Bocatoma Huachipa. Elaborado por Quisca (2010).
- Estudio Definitivo de Ingeniería Obra obligatoria: Ramiro Prialé – Proyecto: Vías Nuevas de Lima. Concesionario: Rutas de Lima (2013).

##### **3.1.2 Información de campo**

La zona de estudio presenta un paisaje constituido mayormente por terrenos de cultivo y edificaciones de material noble, así como vías asfaltadas entre ellas la Av. Carapongo que conecta los distritos de Lurigancho y parte de Chosica hasta Ñaña, luego el resto de los accesos son mediante trochas y otros caminos pequeños.

Por tanto, el reconocimiento de campo y la toma de muestras son de gran importancia porque en base a las características actuales que se presenten en el lugar estas permitan prever las medidas de mitigación necesarias, e implantar las mejoras correspondientes. Los trabajos de campo tuvieron como objetivo realizar la descripción del cauce, su caracterización morfológica y evaluar el estado de las estructuras existentes aguas arriba y abajo del Puente Morón, para esto se consideraron las siguientes características:

- Tipo de encauzamiento
- Descripción de la protección

- Estado de conservación
- Descripción del cauce
- Otros (Ancho de coronación, talud, tamaño de roca, etc.)

El 17 de junio del 2013 se realizó el reconocimiento de la zona donde se ubica el Puente Morón, así mismo se obtuvieron las características hidráulicas del río.



**Figura 21:** Puente Morón



**Figura 22:** Vista aguas arriba del Puente Morón





**Figura 23:** Vista aguas abajo del Puente Morón



**Figura 24:** Llanura inundable margen derecha, aguas abajo del Puente Morón

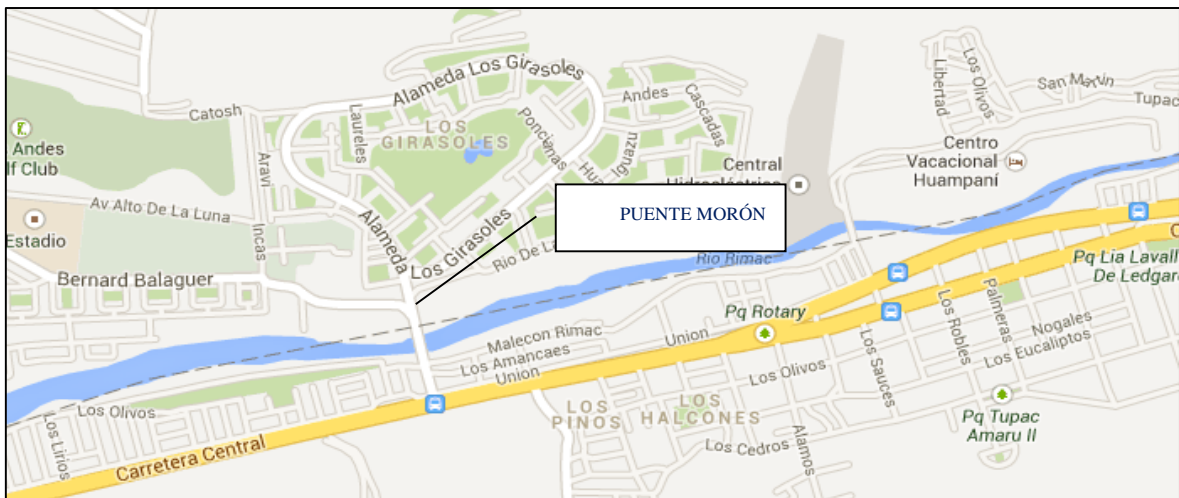
#### **a. Ubicación del puente**

El Puente del Morón objeto de la presente investigación se ubica en el distrito de Chaclacayo hacia las afueras de Lima Metropolitana a 27 km en dirección Este a través de la Carretera Central. Su ubicación exacta según la progresiva de la Autopista Ramiro Prialé es la 24+000.



**Figura 25:** Ubicación del Área de Estudio

El Puente del Morón da acceso a la urbanización Los Morón y la Urbanización Los Portales Golf de Los Andes a través de la avenida Alameda de los Morón en su lado norte y conecta en su lado sur con la Carretera Central.



**Figura 26:** Ubicación del Puente Morón

Las coordenadas para localización de la zona de estudio

- Latitud: 11°58'38,73"S.
- Longitud: 76°47'5,20"W.
- Altura media: 615 m.



**Figura 27:** Camino de acceso al P. Morón desde Carretera Central

Los accesos desde la Carretera Central se producen a través de un camino asfaltado sin señalizar rodeado de pequeños comercios.

Cercano a la entrada del puente existen dos caminos paralelos al río que dan acceso a las viviendas cercanas al margen del mismo. El camino hacía aguas abajo del río está asfaltado en todo su recorrido, el ubicado aguas arriba es un camino tierra sin asfaltar.



**Figura 28:** Vía de acceso aguas debajo de la entrada al P. Morón

Los accesos desde el lado norte se producen a través de Bernard Balaguer y de Alameda de los Morón que da acceso al Condominio de los Morón, el camino está asfaltado hasta la entrada al Condominio el cual es de acceso restringido a residentes. La vía Bernard Balaguer es un camino de tierra que sigue paralelo al margen del río en dirección aguas abajo.





**Figura 29:** Vista de la Vía B. Balaguer y Alameda de los Morón

El puente Morón es de concreto. Dispone de 6 vanos de aproximadamente 12 m entre puntos de apoyo. El tablero está formado por dos vigas doble T sobre el que apoya una losa de concreto. Dispuestas transversalmente a estas vigas principales se disponen de una serie de vigas colaterales en los apoyos y zonas intermedias.

#### **b. Estado actual del puente**

El actual Puente del Morón presenta deficiencias estructurales muy importantes habiéndose prohibido el acceso vehicular al mismo, circunstancia que hace que con carácter de urgencia se deba actuar sobre el mismo para evitar que la situación empeore.



**Figura 30:** Cierre del acceso al Puente Morón



En la siguiente fotografía se puede apreciar las pilas del puente bastante afectadas por la erosión que acaece durante las épocas de crecida del puente. Precisamente esta circunstancia es la que ha obligado a cortar la circulación vehicular en el puente por los daños producidos por la socavación parcial de la zapata y erosión del cauce.



**Figura 31:** Pilar parcialmente socavada

Se ha realizado una inspección in situ del puente existente verificándose su estado ruinoso. En particular se observan los siguientes tipos de problemas:

- Asiento de pilares.
- Socavación en zonas de pilares.
- Deterioro en el hormigón estructural de zapata y pilar.
- Erosión y socavación en la margen derecha del Río Rímac aguas arriba del puente.
- Fisuración del tablero como consecuencia de posibles asientos diferenciales en pilares.

Recopilación de información básica de campo

c. Reporte Fotográfico





**Figura 32:** Vista general y de los Pilares afectados





**Figura 33:** Vista de la antigua ubicación del pilar destruido

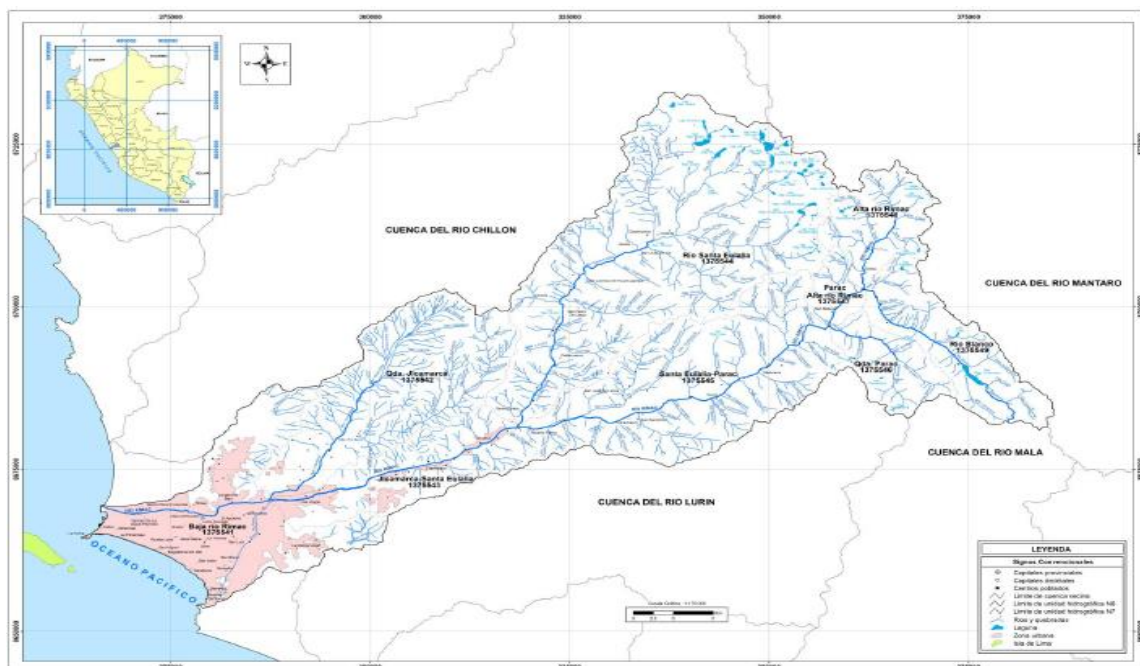


**Figura 34:** Desprendimiento en la margen norte del río

### 3.1.3 Información Hidrológica

#### a. Descripción general de la cuenca

La cuenca del Rímac pertenece a la vertiente del Pacífico, está localizada entre los paralelos 11°32' y 12°15' de Latitud Sur y en el rango de los meridianos 76°08' y 77°10' de Longitud Oeste; la cuenca limita por el Norte con la cuenca del Río Chillón, por el Este la cuenca del Río Mantaro, al lado Sur las cuencas de los Ríos Lurín y Mala, hacia el Oeste el Océano Pacífico.



**Figura 35:** Cuenca Húmeda del Río Rímac.

Fuente: ANA (2010).

El Rímac nace en las alturas de Ticlio, presentando un valle encañonado, tiene un área de 3,398 km<sup>2</sup>, tiene dos tributarios el Rímac y Santa Eulalia, sus áreas correspondientes desde su confluencia hacia las zonas altas son 1,233 km<sup>2</sup> y 1,085 km<sup>2</sup> consideradas como a portante de agua. Es a partir de Chosica hacia la desembocadura del río en el Océano Pacífico, incluyendo la quebrada Jicamarca y Canto Grande se considera como cuenca seca, donde solo esporádicamente ocurren precipitaciones, esta área seca que se considera como no aportante de escurrimiento tiene una extensión de 1,080 km<sup>2</sup>. En el siguiente cuadro se muestra las características de la cuenca húmeda del Río Rímac la cual si aporta los escurrimientos de agua al sistema.

**Tabla 19:** Características Geomorfológicas de la Cuenca Húmeda

Área Húmeda (Km <sup>2</sup> )	Cauce (Km)	Altitud (m.s.n.m)		Desnivel (m)	Pendiente (m/m)
		Máximo	Mínimo		
2,318	110	5,500	870	4630	0.04

Fuente: ANA (2010) “Evaluación de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Rímac”

#### **b. Afianzamiento hídrico de la cuenca**

En la ciudad de Lima se asienta el 35% de la población nacional y este valor ha estado incrementándose en los años siguientes, esto ha generado que la necesidad del recurso hídrico para la población sea mucho mayor a lo que oferta la cuenca, a esto se suman los años hidrológicos donde el aporte de agua está por debajo del promedio anual, generando el estrés hídrico de la cuenca y problemas en el abastecimiento regular de agua que inciden directamente en el consumo doméstico y generación de energía eléctrica.

En la actualidad los recursos adicionales de agua provienen del sistema de lagunas Marcapomacocha las cuales pertenecen a la cuenca del Río Mantaro y de la cuenca del Rímac con los manantiales cercanos a Ticlio, luego de su confluencia las aguas serán utilizadas por La Atarjea y próximamente por la nueva planta de tratamiento de Huachipa sobre todo en estiaje, antes son utilizadas por las Centrales Hidroeléctricas.

En la década de los años 50 que se formula el proyecto del Trasvase del Rio Mantaro para analizar a la cuenca del Rímac con 32 m<sup>3</sup>/s adicionales, este valor consideraba cubrir las demandas futuras de la ciudad de Lima, así como las limitaciones del recurso hídrico disponibles en los valles del Rímac, Chillón y Lurín; derivación de 16 m<sup>3</sup>/s y una vez concluido los 32 m<sup>3</sup>/s con lo que Lima tendría recursos para satisfacer sus necesidades, sin embargo la contaminación por relaves mineros del Rio Mantaro anulan toda la posibilidad de uso en un futuro; entre los años 1958 al 1966 se ejecutó Marca I y los embalses en Marcapomacocha que afianzaron el sistema hídrico a 6 m<sup>3</sup>/s.

Ante la situación presentada, SEDAPAL a partir del año 1997 se inicia el Estudio del Plan Maestro, en lo referente al análisis de fuentes de agua alternativas para el abastecimiento de Lima y Callao, ampliando el área de intervención a 957 km<sup>2</sup> en las zonas denominadas Marcapomacocha B y C que proporcionan un caudal del 26 m<sup>3</sup>/s, quedando el esquema finalmente adoptado siguiente:

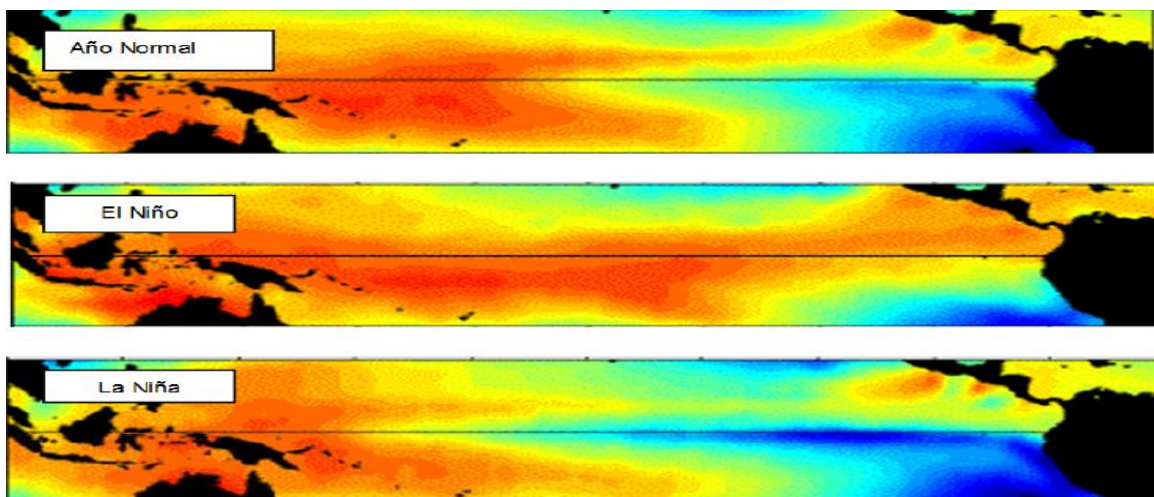
- Marca I: Comprende obras de la cuenca de Marcapomacocha A con 310 km<sup>2</sup> de área de influencia, entrega al Rímac 6 m<sup>3</sup>/s.
- Marca II: Comprende el área Marcapomacocha C con 10 km<sup>2</sup>, aún no se ejecuta y se prevé que incorpore más 6.5 m<sup>3</sup>/s al Rímac.
- Marca III: Comprende parte de las obras de Marcapomacocha B y A e incorpora al sistema 3 m<sup>3</sup>/s con posibilidad de ampliarlo.
- Proyecto Huascacocha con derivación hacia el Rímac y al Chillón (represamiento de Huascacocha, canales y túneles afianza la C.H de Huinco, deriva 3 m<sup>3</sup>/s en meses de estiaje).
- Proyecto de regulación Jacaybamba en el Rio Chillón, se prevé aprovechar los excedentes de Marca III.
- Proyecto de regulación Chichecochoa o Marca IV (no ejecutado y prevé el trasvase de 1.5 m<sup>3</sup>/s con la regulación del embalse Chichecochoa, canales y túneles hacia el embalse Tucto construido por EDEGEL, aprovechando los canales existentes se conducirá al túnel transandino.

Resumiendo, al sistema del Rímac se ha afianzado a la fecha con 12 m<sup>3</sup>/s respecto a los 32 m<sup>3</sup>/s requeridos por la ciudad de Lima, recalando que estos caudales se presentan a partir de la C.H. Huampaní por el uso múltiple que se da al recurso hídrico.

### **c. Fenómeno “El Niño”**

“El Niño” y “La Niña” son fases extremas de un ciclo climático que está ocurriendo que se conoce como el fenómeno ENOS (El Niño Oscilación del Sur) y que consiste en la interacción de las aguas superficiales del Océano Pacífico tropical con la atmósfera circundante y con la atmósfera global.

Según el IGP (Instituto Geofísico del Perú), “El Niño” es un fenómeno oceanográfico controlado por la atmósfera, que se presenta periódicamente y se manifiesta por la presencia de aguas muy cálidas frente a las costas ecuatorianas y peruanas, lo que causa lluvias torrenciales. La ocurrencia de estas ha ocasionado destrucción de ciudades, viviendas, industrias, servicios, líneas de transmisión, carreteras y puentes.



**Figura 36:** Comparación de temperaturas – Fenómenos ENOS.

Fuente: CPC (1997).

Según los estudios de Victor Eguiguren (1894) y Woodman (1997) se conoce de ocurrencias del fenómeno de “El Niño” en el siglo XIX y se llegó a la conclusión que este fenómeno se había presentado en los años: 1804, 1814, 1817, 1821, 1824, 1828, 1837, 1845, 1864, 1871, 1877, 1878, 1884 y 1891, con intervalos irregulares de cuatro y diez años y en algunos de dos años seguidos.

En el siglo XX “El Niño” se ha presentado en 24 ocasiones, pero cinco han sido de una magnitud mayor y son los que han producido mayores perjuicios, su registro histórico se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 20:** Presencia del Fenómeno “El Niño”

Intensidad	Frecuencia	Año (Características)
Débil	9	1847, 1963; lluvias débiles algunos daños.
Moderado	10	1911, 1994: lluvias moderadas, daños a la agricultura y viviendas.
Intenso	5	1858, 1972 -1973; lluvias intensas secuelas de huaycos e inundaciones.
Muy Intenso	5	1925, 1982, 1983, 1991 - 1993, 1997 - 1998; lluvias torrenciales, huaycos, inundaciones, vientos y pérdidas de vidas humanas

Fuente: IGP (1997).

Los parámetros que nos indican cuan intenso fue el fenómeno, aparte de los daños producidos, son los registros de caudales y precipitación, ello se muestra en la siguiente tabla:



**Tabla 21:** Registro de caudal, Fenómeno “El Niño” 1997-1998

Ríos	Caudal máx inst. (m <sup>3</sup> /s)	Caudal Normal (m <sup>3</sup> /s)
Chira	2,030	114.48
Piura	4,424	20.16
Rímac	200	25.87
Ica	300	11.27

Fuente: SENAMHI (2007).

#### d. Caudales en la estación Chosica

La referida estación hidrométrica registra el rendimiento hidrológico de la cuenca aguas arriba, no registrando los caudales trasvasados de afianzamiento que son regulados en las lagunas reservorios para el uso de generación de energía eléctrica, estas son conducidas a través de túneles y sus descargas recién son vertidas al río a la altura de la Central Hidroeléctrica Huampaní, para su uso posterior en agua potable en la toma de La Atarjea y recientemente en la nueva Planta de Tratamiento Huachipa



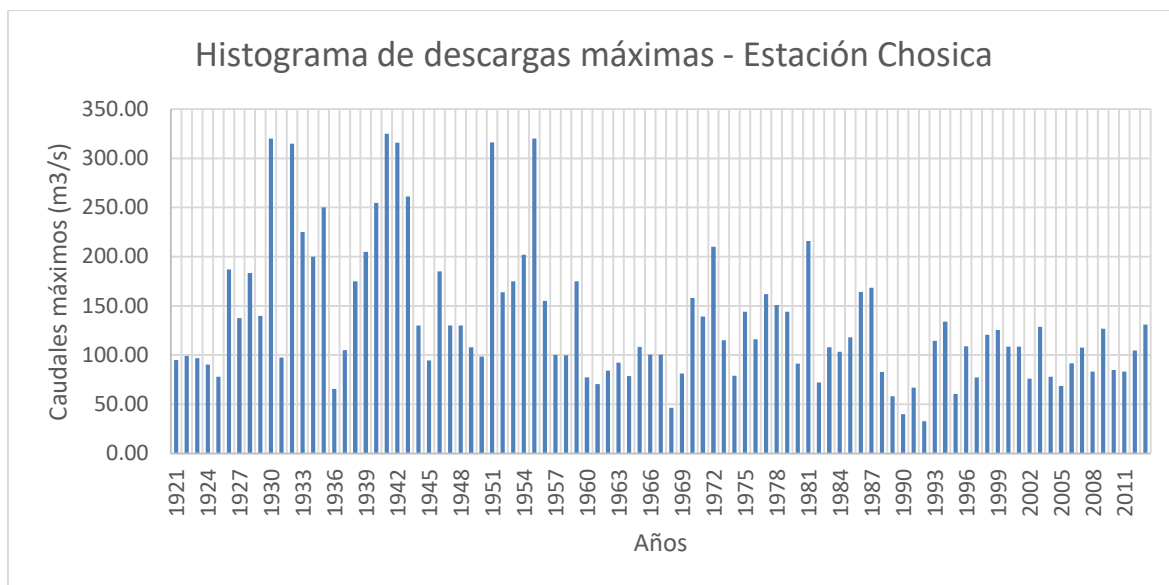
**Figura 37:** Estación Hidrométrica Chosica

A continuación, se presenta el histograma de descargas máximas perteneciente a la Estación de aforo Chosica.

**Tabla 22:** Caudales máximos de la Estación Chosica

<b>Año</b>	<b>Caudal Máximo (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Año</b>	<b>Caudal Máximo (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Año</b>	<b>Caudal Máximo (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Año</b>	<b>Caudal Máximo (m<sup>3</sup>/s)</b>
1921	95	1946	185	1971	139	1996	108.93
1922	99	1947	130	1972	210	1997	77.37
1923	97	1948	130	1973	115	1998	120.61
1924	90.5	1949	108	1974	79.1	1999	125.49
1925	78	1950	98.5	1975	144	2000	108.58
1926	187.09	1951	316	1976	116	2001	108.65
1927	137.6	1952	164	1977	162	2002	76.08
1928	183.49	1953	175	1978	151	2003	128.61
1929	139.8	1954	202	1979	144	2004	77.95
1930	320.1	1955	320	1980	91.5	2005	68.67
1931	97.63	1956	155	1981	216	2006	91.61
1932	315	1957	100	1982	72.2	2007	107.47
1933	225	1958	99.8	1983	108	2008	83.24
1934	200	1959	175	1984	103.5	2009	126.72
1935	250	1960	77.4	1985	118	2010	84.96
1936	65.5	1961	70.5	1986	164.18	2011	83.36
1937	105	1962	84.1	1987	168.5	2012	104.61
1938	175	1963	92.2	1988	83	2013	131.02
1939	205	1964	78.8	1989	58.14		
1940	254.5	1965	108.1	1990	39.84		
1941	325	1966	100.6	1991	66.98		
1942	315.8	1967	100.5	1992	32.88		
1943	261	1968	46.4	1993	114.49		
1944	130	1969	81.4	1994	133.96		
1945	94.5	1970	158	1995	60.35		

Fuente: ANA (2010).



**Figura 38:** Histograma de descargas máximas anuales – Estación Chosica

Según reporta el Informe de Hidrología de Huamán (2010), el caudal medio anual es de 31.09 m<sup>3</sup>/s (980.45 MMC), el caudal medio en periodo de avenidas (Enero – Abril) es de 50 m<sup>3</sup>/s (1576.8 MMC) y el caudal medio registrado (Mayo – Diciembre) es de 21 m<sup>3</sup>/s (662.25 MMC). Estos valores fueron estimados a partir de los registros históricos de los caudales diarios mínimo, promedio y máximo de la estación de aforos Chosica (1968 -2007).

Los caudales de estiaje entre los meses de junio y diciembre, considera el caudal trasvasado (4.1 m<sup>3</sup>/s) de la cuenca Mantaro hacia la subcuenca de Santa Eulalia (Marca I), que se encuentra en operación desde 1969.

### 3.1.4 Información Sedimentológica

De los aforos de caudales y mediciones de sólidos en suspensión realizados por SEDAPAL durante enero de 1994 a junio 1997 se han determinado los promedios mensuales de sólidos en suspensión como producto de las concentraciones por los caudales medios mensuales del mismo periodo. En las siguientes tablas se muestran los valores obtenidos en 3 diferentes ubicaciones: Bocatoma de la Planta Atarjea, Puente Huachipa y el Puente Ñaña. Precisando que el Puente Morón se ubica a 4.0 km aguas arriba del Puente Ñaña.

**Figura 39:** Carga de sedimentos en suspensión – Bocatoma de la Planta Atarjea

Descripción	Meses												Carga Anual (ton/año)
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
(*) Concentración sólidos disueltos (kgf/m3)	0.455	0.380	0.354	0.461	0.454	0.480	0.402	0.406	0.388	0.398	0.480	0.480	334291
(*) Concentración sólidos suspendidos (kgf/m3)	0.05	0.14	0.01	0.08	0.02	0.03	-	-	0.03	0.06	0.03	0.03	...
(*) Caudal (m3/s)	32.70	44.70	41.30	32.60	22.80	19.70	18.20	19.40	19.40	18.90	16.20	18.70	...
Carga mensual sólidos en suspensión (ton/mes)	4379	15139	774	6760	1343	1328	0	0	1408	3139	1092	1302	36664

Fuente: Quisca (2010).

**Figura 40:** Carga de sedimentos en suspensión – Puente Huachipa

Descripción	Meses												Carga Anual (ton/año)
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
(*) Concentración sólidos disueltos (kgf/m3)	0.435	0.315	0.378	0.467	0.435	0.474	0.388	0.396	0.368	0.418	0.420	0.420	328761
(*) Concentración sólidos suspendidos (kgf/m3)	0.035	0.1287	0.013	0.030	0.026	0.030	...	...	0.050	0.034	0.045	0.045	...
(*) Caudal (m3/s)	32.70	44.70	41.30	32.60	22.80	19.70	18.20	19.40	19.40	18.90	16.20	18.70	...
Carga mensual sólidos en suspensión (ton/mes)	3065	13917	1438	2535	1588	1532	0	0	2514	1721	1890	2254	32454

Fuente: Quisca (2010).

**Figura 41:** Carga de sedimentos en suspensión – Puente Ñaña

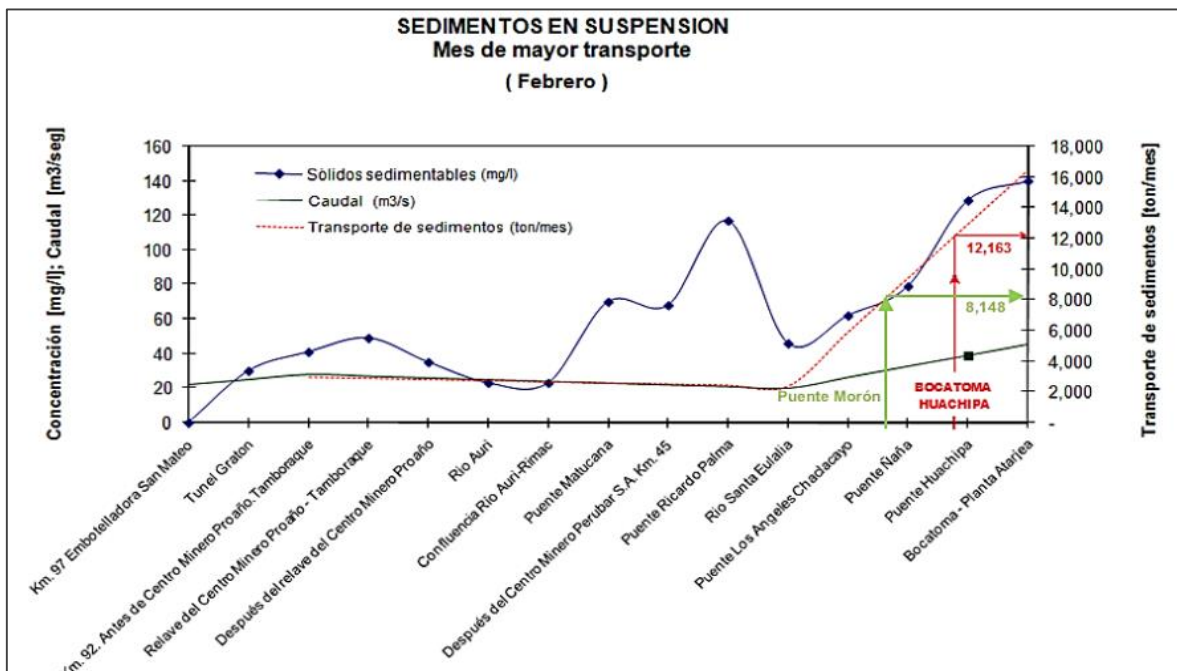
Descripción	Meses												Carga Anual (ton/año)
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
(*) Concentración sólidos disueltos (kgf/m3)	0.410	0.305	0.338	0.434	0.482	0.396	0.400	0.382	0.324	0.380	0.406	0.406	311087
(*) Concentración sólidos suspendidos (kgf/m3)	0.025	0.0790	0.014	0.030	0.037	0.016	...	...	0.072	0.016	0.023	0.023	...
(*) Caudal (m3/s)	32.70	44.70	41.30	32.60	22.80	19.70	18.20	19.40	19.40	18.90	16.20	18.70	...
Carga mensual sólidos en suspensión (ton/mes)	2190	8543	1549	2535	2259	817	0	0	3621	810	966	1152	24441

Fuente: Quisca (2010).

La carga media anual de los sedimentos en suspensión transportados por el río Rímac a la altura de la Bocatoma La Atarjea es 36,664 ton/año, en el Puente Huachipa es de 32,454 ton/año y en el Puente Ñaña de 24,441 ton/año. Si la distancia aproximada del río Rímac entre los puentes Huachipa y Ñaña es de 9.87 km, la carga media anual de sedimentos en suspensión en el sitio del Puente Morón sería de 21,194 ton/año y la carga media anual de sólidos disueltos en el Puente Morón sería de 303,924 ton/año, este valor se obtuvo extrapolando la relación entre Puente Huachipa (328,761 ton/año) y Puente Ñaña (311,087 tn/año), mientras que para el sitio donde se encuentra la Bocatoma Huachipa es 324,857 ton/año.

La carga total de sedimentos (sólidos disueltos y sedimentos en suspensión) media anual en el Puente Morón, sin considerar la carga de arrastre de fondo es de 325,118 ton/año y en la bocatoma Huachipa es 355,541 ton/año. La carga de sedimentos en suspensión representa el 6.97% de la carga de sólidos disueltos. Por lo tanto, la presencia de los sólidos disueltos en el flujo del río Rímac tendría un mayor efecto en las cercanías del Puente Morón.

En el siguiente gráfico se muestra el transporte de sedimentos en suspensión para el mes de Febrero (medidos en distintos puntos de muestreo en el río Rímac entre los meses de marzo 1996 – Junio 1997, reportado por INADE (1998) en el “Plan de Manejo y Estudios de Factibilidad de la Cuenca del Río Rímac”. Este grafico se ha adaptado a la presente tesis con el objetivo de estimar el caudal de sedimentos en suspensión que pasaría por el Puente Morón en el río Rímac, obteniéndose un valor de 8,148 ton/mes (aproximadamente el 38% de la carga media anual de sedimentos en su suspensión). En el grafico también se puede apreciar el caudal de sedimentos en suspensión que pasa por la Bocatoma Huachipa con un valor de 12,163 ton/mes que resulta el 40% de la carga media anual de sedimentos en suspensión (30,684 ton/año). Estos datos han sido obtenidos del “Estudio de Sedimentos Bocatoma Huachipa, 2010” elaborado por Quisca (2010), que también son reflejados en la Tesis “Diseño Hidráulico de la Bocatoma Huachipa, 2010” elaborado por Huamán (2010).



**Figura 42:** Transporte de sedimentos en suspensión en río Rímac – Puente Morón.

Fuente: Quisca (2010).

### **3.1.5 Información Geológica y Geotécnica**

El objetivo principal de este capítulo es caracterizar desde el punto de vista geológico-geotécnico la morfología, los estratos y diferentes materiales presentes a lo largo del tramo evaluado en el Puente Morón, y así definir los aspectos del proyecto, relacionados con dichas propiedades geotécnicas.

Regionalmente la zona de estudio se encuentra entre la unidad morfoestructural de la llanura preandina y la cordillera Occidental.

Localmente la zona de estudio se encuentra ubicada en la cuenca de Lima, la cual comienza con la actividad volcánica del grupo Casma mediante derrames lávicos y piroclásticos en ambiente marino en el periodo Cretácico. Posteriormente se produce el levantamiento de la región durante la primera fase compresiva de la tectónica andina. Simultáneamente al levantamiento del batolito de la Costa siguen produciéndose pulsaciones magmáticas que dan lugar a un complejo de rocas plutónicas (superunidades Patap y Santa Rosa).

Durante el Terciario se forman los valles profundos de las cuencas alta y media del río Rímac y Chillón y se interdigitan en forma de abanicos aluviales bajo la ciudad de Lima formando una gran secuencia aluvial denominada “conglomerado de Lima” que constituye la formación principal.

Las unidades estratigráficas principales en nuestro estudio son:

#### **a. Depósitos aluviales pleistocenos (QP-AI)**

Corresponden a los depósitos antiguos del río Rímac provenientes de la denudación de la Cordillera Occidental y Batolito Costero. Estos forman el cono deyectivo del Rímac, el cual alcanza, según estudios geofísicos los 400 m de potencia en zonas centrales.

La mayor parte del tramo muestra materiales poco consolidados de naturaleza conglomerática, constituidos por gravas y gravillas, de forma subredondeada a redondeada de naturaleza intrusiva y volcánica, en matriz limo-arenosa, no plástica, con intercalaciones de horizontes lenticulares de material areno-limoso correspondientes, como se ha indicado antes, a depósitos de canales. No obstante, en algunos sectores, sobre todo en la zona central

del trazado se han detectado niveles de granulometría más fina correspondientes a antiguas llanuras de inundación del Rímac.

#### **b. Depósitos aluviales recientes (QR-AI)**

Se han agrupado aquí los sedimentos aluvionares que ocupan el curso actual del río Rímac. El curso del río, en la zona de estudio, se caracteriza por presentar corrientes del tipo braided (trenzadas, entrecruzadas o entrelazadas). Éstas se definen como ríos con canales-láminas de aguas múltiples con baja sinuosidad y con una alta capacidad de carga-sedimentación, formando grandes llanuras aluviales y rellenos de cuencas. Son fenómenos debidos al solape-coalescencia de barras o médanos aluvionares (llamadas de barras o de canal), tanto marginales como interiores a la corriente y longitudinales o transversales. Su funcionamiento comprende erosión en un flanco y sedimentación en el opuesto de cada lazo o trenza.

Los rasgos geomorfológicos presentes en el área de estudio son el resultado del proceso tectónico y plutónico, sobreimpuesto por los procesos de geodinámica, que han modelado el rasgo morfoestructural de la región. El valle del Rímac, así como las quebradas afluentes que discurren directamente al mar están compuestas por un piso cubierto por depósitos coluviales y materiales de poco transporte, provenientes de las estribaciones de la cordillera Occidental, siendo a su vez cubiertos por arena eólica.

En definitiva, tomando como base los resultados de la investigación geológica y geotécnica desarrollada se han definido los siguientes aspectos:

- Procedencia de los materiales
- Desmontes
- Rellenos
- Cimentación de estructuras

Se ha recopilado los reconocimientos geotécnicos realizados en estudios anteriores, así como con una serie de nuevas prospecciones realizadas de forma específica para el actual tramo en estudio.

Las prospecciones realizadas abordan tres aspectos fundamentales:

- Estudio complementario de la geotecnia del corredor
- Estudio de la geotecnia de cimentación de las estructuras.
- Estudio de zonas de préstamo

La campaña de investigación de campo ha consistido en la ejecución de sondeos mecánicos con recuperación continua de testigos, calicatas manuales y ensayos geofísicos.

En cuanto a la neotectónica y sismicidad de la zona, ésta se caracteriza por presentar una alta actividad sísmica como producto de la interacción de la placa de Nazca con la Sudamericana. Los sismos más importantes ocurridos durante el periodo histórico e instrumental son los de Lima del 28 de octubre de 1746, 17 de octubre de 1966 (8.1 Mw) y 3 de octubre de 1974 (8.1 Mw); de Chimbote del 31 de mayo de 1970 (7.9 Mw) y de Pisco del 15 de agosto del 2007 (8.0 Mw). Por tanto, el análisis sísmico es determinante en el predimensionamiento geotécnico tanto desde el punto de vista estructural como desde el punto de vista de inestabilidad de taludes.

El estudio de peligro sísmico indica que el terreno de apoyo de la cimentación pertenece a un perfil suelo tipo C y por consiguiente una aceleración horizontal máxima de 0,457g para periodos de retorno de 475 años y de 0,592g para periodos de retorno de 1.000 años.

En el caso de considerar la influencia de la componente vertical del movimiento sísmico recomienda estimarla, de acuerdo a la norma de diseño sismorresistente E-030 (2003), como los 2/3 del valor de la aceleración horizontal máxima de diseño (PGA).

Se han detectado cinco unidades geotécnicas distintas, de más antigua a más moderna, indicadas a continuación:

- Depósitos aluviales pleistocenos gruesos ( $Q_{p-AIg}$ )
- Depósitos aluviales pleistocenos finos ( $Q_{p-AIf}$ )
- Depósitos aluviales recientes ( $Q_{R-AI}$ )
- Rellenos antrópicos vertidos o poco compactados ( $R_v$ )
- Rellenos antrópicos compactados ( $R_c$ )



Se realizaron las siguientes evaluaciones geotécnicas para la exploración e identificación de los materiales:

**Tabla 23:** Calicatas y sondajes realizados en las cercanías del Puente Morón

<b>Nombre</b>	<b>Ensayo Geotécnico</b>	<b>Ubicación</b>
C-14+600-D-I	Calicata	Aguas arriba del puente
C-14+500	Calicata	Aguas arriba del puente
C-GS-03	Calicata	Aguas arriba del puente
C-14+500-D	Calicata	Aguas arriba del puente
S-14+500-D	Sondaje	En el eje del puente
P-GS-02	Sondaje	Aguas abajo del puente
C-GS-01	Calicata	Aguas abajo del puente
P-GS-01	Sondaje	Aguas abajo del puente
C-14+400-D	Calicata	Aguas abajo del puente
C-14+400-I	Calicata	Aguas abajo del puente
C-GS-04	Calicata	Aguas abajo del puente

Fuente: Ramiro Priaré – Proyecto: Vías Nuevas de Lima – Rutas de Lima (2013)

De los trabajos de campo (calicatas y sondeos) se logró obtener en los sondajes la columna litológica de los primeros 20 m de profundidad que nos permitieron identificar los estratos más importantes para el estudio, en las calicatas realizadas se extrajeron muestras para el laboratorio de suelos donde se realizaron diferentes granulometría Límites de consistencia, Humedad del suelo con lo cual se deduce que la subrasante antes de llegar al puente está formada por una arena limosa (SM), clasificada como A-1-b (0), mientras que una vez que se cruza el río, en el estribo derecho del puente, el terreno es una grava homogénea (GP), clasificada como A-1-a (0). Superficialmente hay un relleno heterogéneo, cuyo espesor promedio es 0.5 m, que será necesario retirar.

Una vez retirado el relleno artificial, la subrasante se clasifica como muy buena y tendrá un CBR mínimo de 20%, por lo que será este valor el que se utilizará como CBR característico de la subrasante para el diseño del pavimento.

Atendiendo al perfil longitudinal del tramo, únicamente se contemplan rellenos dentro de las explanadas de pavimento previstas, en los que deben de disponerse unos taludes 1:1.5 (V:H). El asentamiento máximo previsto en los mismos será inferior a 14 mm y se producirá de forma casi inmediata, por lo que no afectará a los pavimentos y estructuras previstas.

Para los cortes de menos de 5 m de profundidad que se realicen en la obra se utilizará un talud 1:1. Si por el motivo que sea, se requirieren taludes más verticales en algún corte, será necesario disponer elementos de contención que garanticen su estabilidad.

Por último, se ha estudiado la cimentación del puente Morón el cual se compone en los estribos primeramente de rellenos antrópicos vertidos ( $R_v$ ) de arenas, gravas y bolos para pasar a partir de los 2-4 m de profundidad a depósitos aluviales ( $Q_{P-ALg}$ ) compuestos principalmente de bolos y gravas redondeadas con escasa matriz limo-arenosa. En las pilas, desde la base del lecho del río hasta una profundidad superior a los 20 m se detectan depósitos aluviales ( $Q_{P-ALg}$ ) formados por bolos y gravas redondeados con un grado de compacidad creciente con la profundidad.

En caso de mejora o construcción del puente se recomienda que para la cimentación de los estribos y pilas se podrán utilizar zapatas empotradas en los depósitos aluviales granulares  $Q_{P-ALg}$  siempre por debajo de cualquier nivel de rellenos con las siguientes capacidades de carga (estimadas para los estados límites de servicio, resistencia y extremo):

Las excavaciones temporales para albergar las cimentaciones de los estribos y pilas deben realizarse en época de estiaje y desviando el cauce del río mediante el uso de ataguías. Se podrán realizar las excavaciones temporales para albergar las cimentaciones mediante maquinaria convencional con un talud máximo 1V:1H y sin contenciones, siempre y cuando se confirme en obra la estabilidad de los taludes y el adecuado achique del nivel freático.

El coeficiente de permeabilidad del terreno para el dimensionado de las bombas de achique será de  $K=1.45 \cdot 10^{-3}$  m/s.

En el caso de que en obra no se mantenga la estabilidad de los taludes de excavación o no se pudiera achicar el agua de la excavación debido a la alta permeabilidad de los materiales circundantes se podría recurrir a cajones indios que fueran penetrando en el terreno a la vez que se va avanzando en la excavación o al uso de contenciones laterales. De esta forma se limitaría la entrada de agua al recinto y se contendrían los taludes de excavación.

### **3.1.6 Información Hidráulica**

Para realizar el análisis hidráulico es necesario definir los caudales de diseño. Una vez definido los caudales de diseño se determina la altura de aguas máxima o eje hidráulico. Cada sección del eje hidráulico queda definida a partir del levantamiento topográfico.

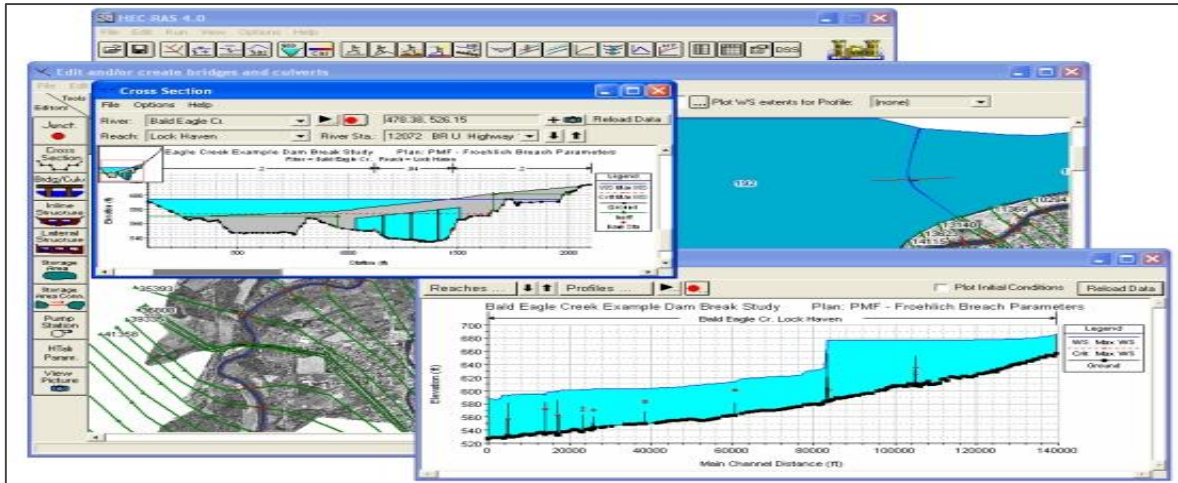
El cálculo del eje hidráulico se realizará utilizando los programas HEC-RAS 4.1 e IBER 2.3.1 Para eso es necesario conocer la superficie del terreno, el coeficiente de rugosidad de Manning en cada porción de cada sección transversal, el caudal de diseño y la condición de borde.

Si el flujo es subcrítico, la condición de borde a usar es aguas abajo, si el flujo es supercrítico, la condición de borde a usar es aguas arriba. En un tramo solo es necesario conocer una condición de borde, a menos que el flujo sea mixto.

#### **a. Modelación hidráulica 1D con HEC-RAS**

El nivel de agua máxima en la sección del puente se determinará mediante el cálculo del eje hidráulico considerando escurrimiento gradualmente variado, con coeficiente de rugosidad distinto para cada subsección de la sección de escurrimiento (canal principal y riberas).

Los parámetros hidráulicos tales como velocidad media del flujo, alturas máximas de agua, número de Froude, energía, etc., se realizarán usando el programa HEC-RAS versión 4.1 desarrollado por el U.S. Army Corps of Engineers.



**Figura 43:** Software HEC-RAS.

Fuente: HEC-RAS (2010).

El método del paso directo se basa en la ecuación de la energía. Si se tienen dos secciones adyacentes, la energía de la sección que se encuentra aguas arriba debe ser igual a la energía de la sección que se encuentra aguas abajo más las pérdidas que se generan por fricción y por turbulencia (expansión/contracción) en el tramo. Se tendrá en cuenta las siguientes premisas:

- No existe variación de caudal en el tramo. Si existiera variación de caudal, se dividirá el canal en tramos que transporte el mismo caudal.
- La pendiente del canal es pequeña (menor a 10° o 18%).
- El fondo del canal es rígido.
- La pendiente de la línea de energía puede calcularse usando la ecuación de Manning.
- El flujo es gradualmente variado
- El flujo es permanente.

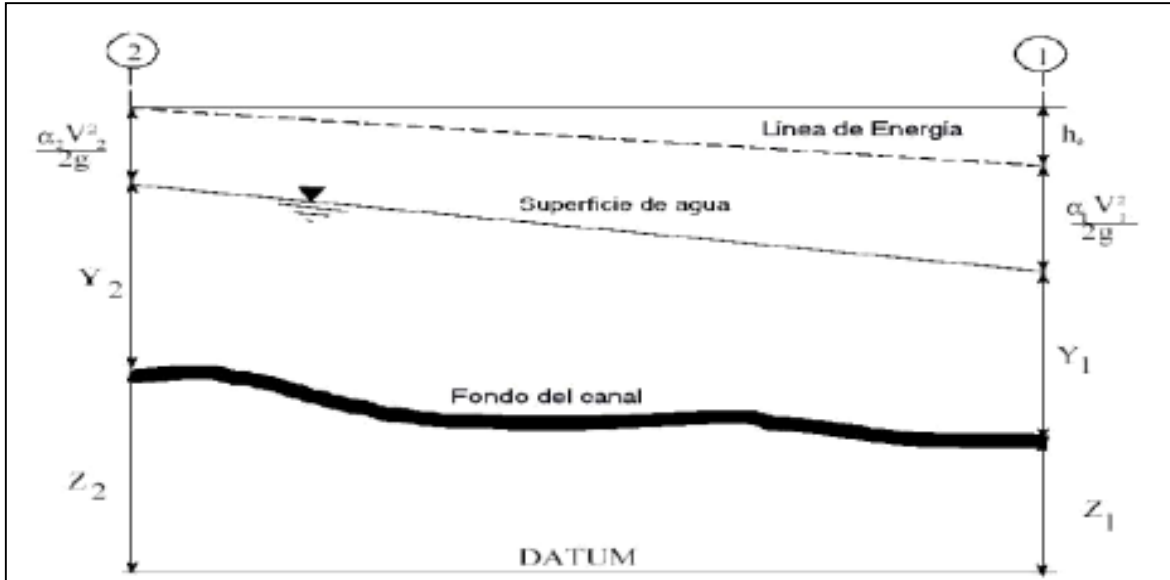
El perfil de la superficie libre es calculado para cada sección resolviendo la ecuación de energía siguiente:

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

Donde:

- $Y_2, Y_1$  = Profundidad del agua en la sección
- $Z_2, Z_1$  = Elevaciones del fondo del canal principal
- $V_2, V_1$  = Velocidades promedio

- $\alpha_2, \alpha_1 =$  Coeficientes de velocidad  
 $g =$  Aceleración de la gravedad  
 $h_e =$  Pérdida de energía



**Figura 44:** Esquema del Método del Paso Directo.

Fuente: HEC-RAS (2010).

Las pérdidas de energía entre dos secciones transversales pueden ser debido a la fricción, y/o debido a la contracción o expansión entre ambas secciones. La ecuación de pérdidas de energía es la siguiente:

$$h_e = L\bar{S}_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|$$

Donde

- $L =$  Longitud ponderada  
 $\bar{S}_f =$  Pendiente de la línea de energía entre dos secciones, y  
 $C =$  Coeficiente de pérdidas por contracción y expansión.

Por ejemplo, en el procedimiento para el cálculo de  $Y_2$  en la Figura es el siguiente. (Se asume que la condición de borde es el tirante aguas abajo, es decir  $Y_1$ ).

**Primer Paso:**

- En la sección conocida se calcula el Área (A), Perímetro (P), Radio Hidráulico ( $R=A/P$ ), Velocidad ( $V=Q/A$ ).

- La cota de la línea de energía será:  $H = Z + y + \frac{V^2}{2g}$
- Se calcula la pendiente de la línea de energía:  $Sf = V^2 n_2 / (R^3)$

### Segundo Paso:

- En la sección 2, se calcula el nivel de fondo del canal. Si la pendiente es constante:  $Z_2 = Z_1 + S_0 \Delta x_{1-2}$
- Se asume un tirante  $y_2$ .
- Con el tirante  $y_2$ , se calcula el área  $A_2$ , el perímetro  $P_2$ , el radio  $R_2$ , la velocidad  $V_2 = Q/A_2$ .

### Tercer Paso:

- Calcular la pendiente de la línea de energía en el punto 2.
- $Sf_2 = V^2 n_2 / (R^3)$
- Calcular la media de la  $Sf_1$  y  $Sf_2$
- $Sf_{1-2} = (Sf_1 + Sf_2) / 2$
- $H(2) = H + Sf_{1-2} \Delta X + h_e$
- Se compara  $H(1-2)$  con  $H(2)$  de 2. Deben ser iguales. Si no lo son se aplica una corrección al tirante.

### Cuarto Paso:

- Se calcula la corrección,  $\Delta y_2$
- $\Delta y_2 = (H_1 - H) / (1 - Fr^2 + \frac{3Sf_2 \Delta x}{2R^2})$
- Nuevo  $Y_2$  (nuevo) =  $Y_2 - \Delta y_2$
- Se continúa en la sección 2 hasta que  $H_1$  y  $H$  convergen con una tolerancia adecuada. Luego se sigue con la siguiente sección.

### Datos necesarios para el cálculo

Los datos que solicita el software para el cálculo de curvas de remanso son los siguientes:

- Caudal: Caudales con su respectivo periodo de retorno.
- Condición de Borde: Tirante inicial, nivel del agua en la sección, curva nivel vs caudal o tirante crítico.
- Régimen de flujo (subcrítico, supercrítico, crítico).

- Coeficiente de rugosidad: Por defecto, HEC-RAS admite que el cauce está dividido en tres partes, la margen izquierda (LOB), el cauce principal (CHANNEL) y la margen derecha (ROB). Por lo tanto, por defecto se admite que en cada parte el tramo se tiene tres coeficientes de Manning diferentes.
- El modelo geométrico: Las secciones transversales están compuestas por líneas. Cada línea está compuesta de puntos cuyas coordenadas son: (Distancia desde el eje, Altitud absoluta). Además, se deben conocer las distancias entre la margen izquierda, canal principal y margen derecha de una sección y la siguiente.
- Puentes u obstrucciones naturales o artificiales: Si existiera un puente es necesario conocer la posición de los estribos, el alto del puente/terraplén, la forma de los pilares y el ancho de los mismos. Como datos se debe incluir el coeficiente de arrastre de los pilares. Para calcular la socavación en los elementos de apoyo, es necesario conocer además el d50 y d90 del material del cauce y la temperatura del agua.

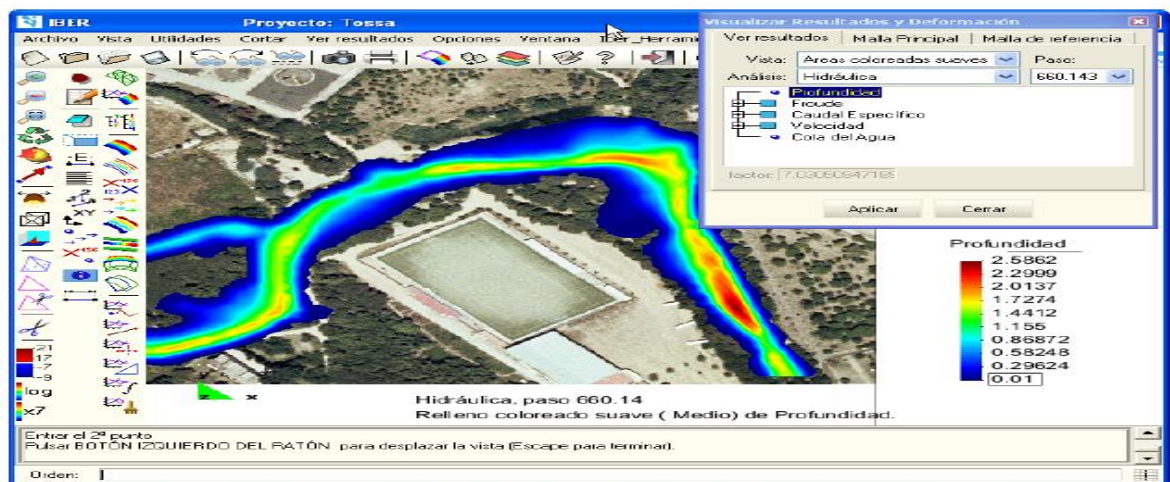
#### **b. Modelación hidráulica 2D con IBER**

Los esquemas bidimensionales son utilizados para describir fenómenos naturales como la inundación en cauces, confluencias de dos cauces y en general en todos aquellos sistemas en los cuales se presente un movimiento de flujo de agua en dos dimensiones.

Para la resolución de las ecuaciones de Saint Venant en dos dimensiones también se han utilizado los métodos de las características, métodos en diferencias finitas, y métodos en elementos finitos, y además se ha utilizado la técnica de discretización en volúmenes finitos. En este caso se empleará el uso del software IBER 2.3.1.

IBER es un modelo numérico de simulación de flujo turbulento en lámina libre en régimen variable, que incorpora como esquema numérico el método de alta resolución de Volúmenes Finitos. Este modelo consiste en la integración de los modelos CARPA (de la Universidad Politécnica de Catalunya) y TURBILLON (De la Universidad de Coruña). Dentro de su rango de aplicación se encuentran la hidrodinámica fluvial, la simulación de rotura de presas, la evaluación de zonas inundables, el cálculo de transporte de sedimentos y el flujo de marea en estuarios (Bladé et al 2009).

IBER consta de 3 módulos de cálculo principales: un módulo hidrodinámico, un módulo de turbulencia y un módulo de transporte de sedimentos. Todos los módulos trabajan sobre una malla no estructurada de volúmenes finitos formada por elementos triangulares o cuadriláteros. En el módulo hidrodinámico, el cual constituye la base de IBER, se resuelven las ecuaciones de aguas someras bidimensionales promediadas en profundidad o ecuaciones de Saint Venant. El módulo de turbulencia permite incluir las tensiones turbulentas en el cálculo hidrodinámico, pudiéndose utilizar para ello diferentes modelos de turbulencia para aguas someras con diferente grado de complejidad. El módulo de transporte de sedimentos resuelve las ecuaciones de transporte de fondo y transporte turbulento en suspensión, calculando a partir del balance de masa de sedimento la evolución de la cota de fondo.



**Figura 45:** Software IBER.

Fuente: IBER (2012).

### Módulo Hidrodinámico

Este módulo resuelve las ecuaciones de aguas someras promediadas en profundidad, también conocidas como 2D Shallow Water Equations (2D-SWE) o ecuaciones de St. Venant bidimensionales. Dichas ecuaciones asumen una distribución de presión hidrostática y una distribución relativamente uniforme de la velocidad en profundidad. La hipótesis de presión hidrostática se cumple razonablemente en el flujo en ríos, así como en las corrientes generadas por la marea en estuarios. Así mismo, la hipótesis de distribución uniforme de velocidad en profundidad se cumple habitualmente en ríos y estuarios, aunque pueden existir zonas en las que dicha hipótesis no se cumpla debido a flujos locales tridimensionales o a cuñas salinas. En estos casos es necesario estudiar dichas zonas y su posible repercusión en



los resultados del modelo. En la actualidad, los modelos numéricos basados en las ecuaciones de aguas someras bidimensionales son los más utilizados en estudios de dinámica fluvial y litoral, evaluación de zonas inundables, cálculo de transporte de sedimentos y contaminantes.

El módulo hidrodinámico se resuelve las ecuaciones de conservación de la masa y de momento en las dos direcciones horizontales:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hU_x}{\partial x} + \frac{\partial hU_y}{\partial y} = M_s$$

$$\frac{\partial hU_x}{\partial t} + \frac{\partial hU_x^2}{\partial x} + \frac{\partial hU_xU_y}{\partial y} = -gh \frac{\partial Z_s}{\partial x} + \frac{\tau_{s,x}}{\rho} - \frac{\tau_{b,x}}{\rho} - \frac{g}{p} \frac{h^2}{2} \frac{\partial p}{\partial x} + 2\Omega \sin \lambda U_y + \frac{\partial h\tau_{xx}^e}{\partial x} + \frac{\partial h\tau_{xy}^e}{\partial y} + M_x$$

$$\frac{\partial hU_y}{\partial t} + \frac{\partial hU_y^2}{\partial y} + \frac{\partial hU_xU_y}{\partial x} = -gh \frac{\partial Z_s}{\partial y} + \frac{\tau_{s,y}}{\rho} - \frac{\tau_{b,y}}{\rho} - \frac{g}{p} \frac{h^2}{2} \frac{\partial p}{\partial y} + 2\Omega \sin \lambda U_x + \frac{\partial h\tau_{xy}^e}{\partial x} + \frac{\partial h\tau_{yy}^e}{\partial y} + M_y$$

En donde  $h$  es el calado,  $U_x, U_y$  son las velocidades horizontales promediadas en profundidad,  $g$  es la aceleración de la gravedad,  $Z_s$  es la elevación de la lámina libre,  $\tau_s$  es la fricción en la superficie libre debida al rozamiento producido por el viento,  $\tau_b$  es la fricción debido al rozamiento del fondo,  $\rho$  es la densidad del agua,  $\Omega$  es la velocidad angular de rotación de la tierra,  $\lambda$  es la latitud del punto considerado,  $\tau_{xx}^e, \tau_{xy}^e, \tau_{yy}^e$ , son las tensiones tangenciales efectivas horizontales, y  $M_s, M_x, M_y$  son respectivamente los términos fuente/sumidero de masa y de momento, mediante los cuales se realiza la modelización de precipitación, infiltración y sumideros.

Se incluyen los siguientes términos en las ecuaciones hidrodinámicas:

- Presión hidrostática
- Pendiente del fondo
- Tensiones tangenciales viscosas y turbulentas
- Rozamiento del fondo Rozamiento superficial por viento
- Precipitación
- Infiltración

Se modelan asimismo los frentes seco-mojado, tanto estacionarios como no estacionarios, que puedan aparecer en el dominio. Dichos frentes son fundamentales en la modelización de

zonas inundables en ríos, así como en estuarios. De esta forma se introduce la posibilidad de evaluar la extensión de zonas inundables en ríos, así como el movimiento del frente de marea en estuarios y zonas costeras.

Datos necesarios para el cálculo

Para poder realizar un cálculo con Iber, se deben realizar los siguientes pasos:

- Crear o importar una geometría
- Asignar una serie de parámetros de entrada (rugosidad del fondo, modelo de turbulencia, etc.)
- Asignar condiciones de contorno e iniciales
- Asignar opciones generales de cálculo (tiempo de cálculo, parámetros del esquema numérico, activación de módulos adicionales)
- Discretización espacial o construcción de la malla de calculo
- Lanzar el calculo

Las condiciones de contorno e iniciales, así como la mayor parte de parámetros de entrada se pueden asignar tanto sobre la geometría, como sobre la malla. Las condiciones asignadas sobre la geometría se traspasan a la malla al crearla, las condiciones asignadas sobre la malla se pierden al remallar. Para generar una malla se debe tener una geometría formada por superficies.

## **3.2 MÉTODOS**

### **3.2.1 Recopilación de datos de campo**

La recopilación de datos consistirá en descripción del cauce, caracterización morfológica y evaluar el estado de la estructura existente aguas arriba y abajo del Puente. Asu vez se realizará la descripción de la problemática del puente indicando su ubicación, características físicas como cantidad de vanos o número de pilares, estado actual del puente verificándose su estado, asiento de pilares, presencia de socavación en la zona de pilares, desgaste del hormigón estructural de zapata y pilar, fisuración del tablero como consecuencia de posibles asientos diferenciales en pilares.

### **3.2.2 Análisis de máximas avenidas**

Se evalúan los registros históricos de caudales y se busca la obtención de caudales máximos instantáneos mediante el método de Fuller.

Realizar el análisis de eventos extremos, para lo cual se hará uso de las distribuciones de frecuencias que conlleva a la obtención de caudales para diferentes periodos de retorno. Para la elección de la mejor distribución se hará uso de los test de bondad Chi Cuadrado o Smirnov-Kolmogorov y se verificarán los caudales teniendo como fuente otros estudios hidrológicos cercanos al proyecto.

### **3.2.3 Cálculo del transporte de sedimentos**

Se estimará la producción de sedimentos que llegaran al sector del puente mediante diferentes metodologías como la relación de Laugheim y Schumm, relación altitud y cociente volumen solido/caudal medio medido en diferentes ríos de la costa peruana, ecuación de Fleming, ecuación de Murano y el método basado en información del río Mantaro. Y también se calculará del transporte de sedimentos en el sitio mediante los métodos de Meyer-Peter y Muller, Schoklitsch, Engelund y Einstein.

### **3.2.4 Análisis morfológico del cauce**

Realizar la clasificación del cauce y su caracterización morfológica apoyándose con imágenes satelitales como también de levantamientos topográficos disponibles y visitas de inspección al lugar.

Determinar las características geométricas del cauce que involucran las variables de velocidad, pendiente, sección transversal y coeficiente de rugosidad, este último se obtendría mediante la fórmula de Cowan que dependerá también de las ecuaciones de Strickler, Raudkivi, Garde y Raju, Subramanya, Meyer-Peter y Muller, Lane & Carlson y Marion.

Se determinará también el ancho de equilibrio del cauce para el tramo que se requiere y ayude a los diseños que se plantea dentro del mismo, para ello existen fórmulas para cauces

conformados por material granular como son las ecuaciones de Altunin y Blench que permiten la obtención del ancho estable promedio.

### **3.2.5 Modelación hidráulica**

Modelación hidráulica empleando un esquema bidimensional (IBER), donde se definen los parámetros hidráulicos tales como coeficiente de rugosidad, condiciones de contorno, geometría del cauce, caudal, superficie, etc.

El objetivo de la modelación hidráulica será obtener los parámetros hidráulicos de velocidad, niveles de agua, caudales específicos, etc.

### **3.2.6 Cálculo de la socavación**

El análisis granulométrico es de suma importancia para la obtención del diámetro característico del material en el lecho, por lo cual este valor será utilizado para el cálculo de la profundidad de socavación.

Se realizará el cálculo de la socavación general haciendo uso del método de Lischtvan-Levediev que a su vez se empleará el método de las dovelas para la obtención de la distribución de velocidades en la sección transversal y observar a detalle los cambios morfológicos que ocurran en el cauce, con caudales para el periodo de retorno de 10 y 500 años obteniéndose valores de socavación mínima, media y máxima.

Para la socavación local en los pilares se evaluarán 20 métodos entre los cuales han sido desarrollados para lecho con arenas, gravas y canto rodado. Se seleccionarán los métodos más confiables los cuales involucran las variables hidráulicas, geométricas, geotécnicas y los que son recomendados para lecho macrorugoso.

Se representará gráficamente el cambio morfológico del cauce debido a la socavación calculada en el tramo evaluado.

A continuación, se observa el procedimiento descrito mediante la siguiente figura:

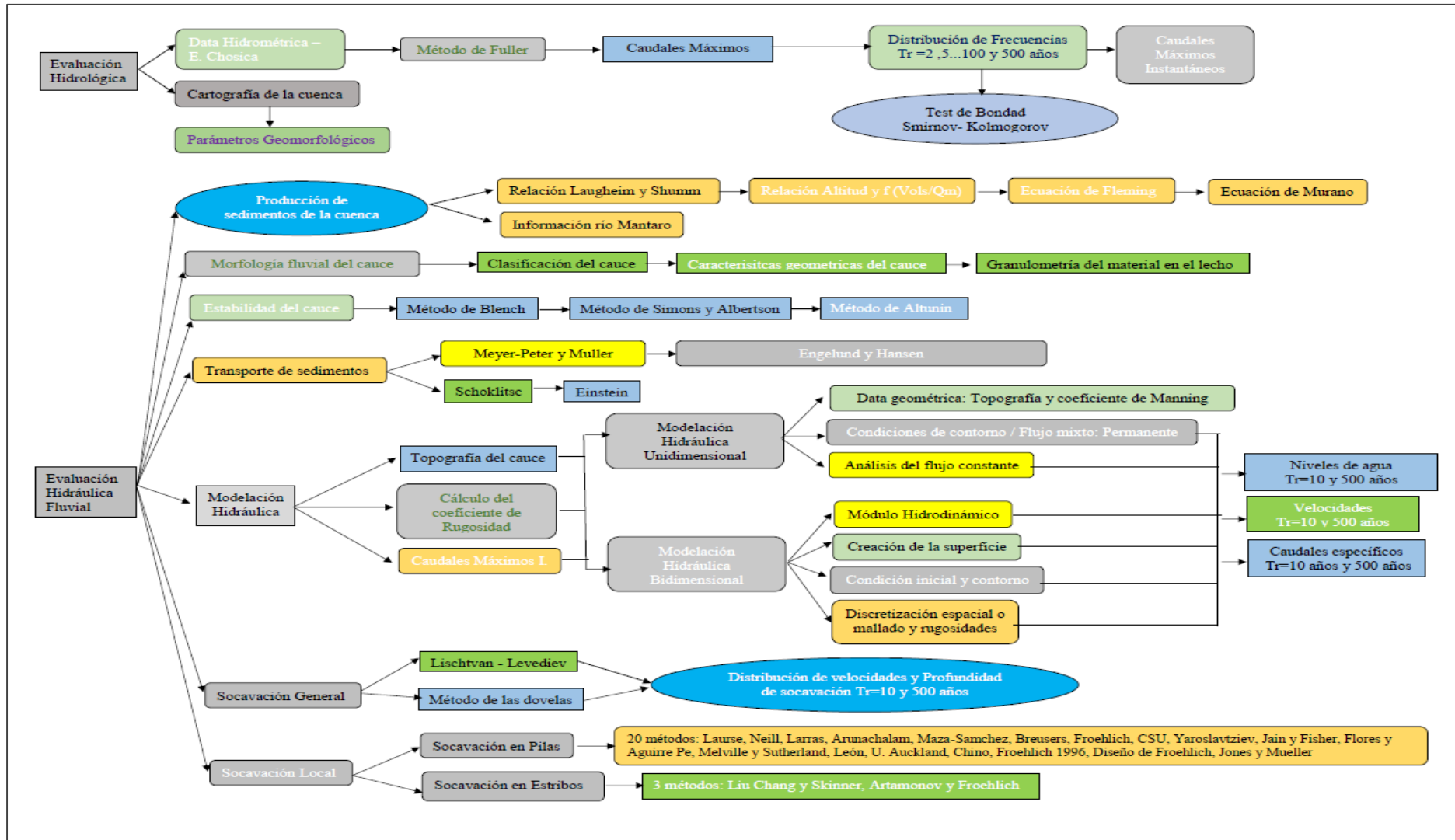


Figura 46: Metodología de trabajo.

### 3.3 METODOLOGÍA PROPUESTA

La metodología propuesta consiste en las siguientes actuaciones:

- Cálculo de caudales máximos para los periodos de retorno de 10 y 500 años respectivamente.
- Cálculo del transporte de sedimentos de fondo del río Rímac en el Puente Morón empleando las ecuaciones de Schoklitsch, Meyer-Peter y Muller, Engelund y Hansen y Einstein para el caudal ocurrente y también para el periodo de retorno de 10 y 500 años. Y la obtención del transporte de sedimentos en suspensión en base a otros estudios o realización de muestras.
- Estimar el valor de la concentración de sedimentos en volumen con la relación entre el volumen de sedimentos totales y el volumen de agua del caudal ocurrente.
- Cálculo de la estabilidad del cauce del río Rímac en el Puente Morón empleando las fórmulas de Blench, Simons y Altunin.
- Modelación hidráulica con el software IBER para la obtención de parámetros hidráulicos del río Rímac donde se ubica el Puente Morón.
- Determinar la profundidad de socavación general aplicando el método de Lischtvan – Levediev y el método de las dovelas para el tramo evaluado del río Rímac, con los resultados del modelo bidimensional.
- Determinar la profundidad de socavación local en pilares aplicando 20 métodos entre los cuales han sido desarrollados para lecho con arenas, gravas y canto rodado. Se seleccionarán los métodos más confiables los cuales involucran las variables hidráulicas, geométricas, geotécnicas y los que son recomendados para lecho macrorugoso.

## 3.4 ANÁLISIS HIDROLÓGICO

### 3.4.1 Análisis de Máximas Avenidas en el río Rímac

Los caudales de avenidas aparecen, por lo general, durante los meses lluviosos (diciembre - abril). Cuando las altas precipitaciones ocurren en las cabeceras de la cuenca costera, la humedad atmosférica se renueva constantemente. Por esta razón, las cuencas receptoras durante el suceso, por lo general están saturadas.

Es importante conocer que, en el ámbito hidrológico, muchos eventos extremos o la aparición de caudales de avenida no pueden pronosticarse en base una información determinística, con la suficiente destreza y tiempo anticipado para tomar decisiones importantes ante su ocurrencia. Para este tipo de eventos se necesita un análisis probabilístico con la finalidad de incorporar los efectos de dichos fenómenos en las decisiones. Los fenómenos hidrológicos que se describen generalmente mediante el análisis de frecuencias son las precipitaciones y las crecidas anuales máximas.

El río Rímac presenta una información hidrométrica desde 1921 hasta la actualidad (93 años de información), y para el análisis de avenidas se han considerado los datos disponibles hasta el 2008 según el Estudio Hidrológico de la Cuenca del Río Rímac elaborado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en el año 2008 y con la data adquirida del SENAMHI hasta el 2013. Con estos resultados los caudales máximos promedios diarios, se convirtieron a instantáneos mediante la aplicación del Método de Fuller, que se fundamenta en función del área de la cuenca, y esta información de datos instantáneos es la que sirve para el análisis de máximas avenidas. A continuación, se presenta la fórmula de Fuller.

$$Q_{inst} = Q_{max} \left( 1 + \frac{2.66}{A^{0.3}} \right)$$

Donde:

$Q_{inst}$  : Caudal máximo instantáneo (m<sup>3</sup>/s)

$Q_{max}$  : Caudal máximo medio diario (m<sup>3</sup>/s)

A: Área de la cuenca de interés (km<sup>2</sup>)

Reemplazando el área de cuenca del Río Rímac en la Estación Chosica (2,318 km<sup>2</sup>), se obtiene un factor de 1.26, quedando la siguiente expresión:

La metodología de determinación de las máximas avenidas será la siguiente:

Para el puente ubicado en el cauce del río Rímac es posible usar el método estadístico, ya que la estación Chosica cuenta con registros de caudales máximos diarios de longitud suficiente para el análisis correspondiente.

Para la estimación de los valores máximos de caudales se efectuará un análisis de frecuencias de eventos hidrológicos máximos, aplicables a caudales máximos diarios en la estación Chosica

Se considera el siguiente procedimiento:

- Selección del valor máximo anual
- Determinación de la bondad de ajuste con el procedimiento de Kolmogorov-Smirnov de las distribuciones de frecuencia más usuales y obtención de la distribución de mejor ajuste a los registros históricos.
- Análisis estadístico para determinar el valor máximo para los periodos de retorno seleccionados: 2 a 500 años.
- Las distribuciones teóricas de frecuencia usadas son:
  - Distribución Log-normal 2 parámetros (LN-2).
  - Distribución Log-normal 3 parámetros (LN-3).
  - Distribución Gumbel (EV1).
  - Distribución Log Pearson III (LP 3).
- Cálculo del caudal máximo instantáneo.

### **3.4.2 Periodo de Retorno**

El periodo de retorno  $T_r$  de un evento dado, es el número promedio de años dentro del cual se espera que el evento sea igualado o excedido sólo una vez. El evento que se espera sea igualado o excedido cada  $n$  años, es el evento de  $n$  años,  $X_{T_r}$ . Ambos términos se refieren a



la frecuencia de ocurrencia promedio esperada de un evento durante un largo período de años.

El período de retorno es igual al inverso de la probabilidad de excedencia en un solo año. Para los períodos de retorno que exceden de diez años, no es necesario hacer las diferencias en períodos de retorno entre las series anuales y parciales pues son insignificantes.

El periodo de retorno es el tiempo que se requiere para que un evento de magnitud dada se repita, en promedio. Así, cuando se dice que el período de retorno de un caudal en un río es cada dos años, significa que ese valor en promedio se observará cada dos años en ese río.

Los periodos de retorno de cálculo atendiendo a las recomendaciones bibliográficas se estiman desde 2 a 500 años según Mosonyi y Buck (1977)<sup>3</sup>.

Para la determinación del periodo de retorno de las estructuras de medición de caudal o estaciones hidrométricas se debe considerar dos aspectos, la vida útil de la estructura y el riesgo de falla ante la socavación. Según Yevjevich (1972) el riesgo de falla de una estructura está en función a:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{P}\right)^n$$

Donde:

- R: Riesgo de falla de la estructura.
- P: Probabilidad de no ocurrencia de la falla.
- N: Periodo de vida de la estructura.

Y el tiempo de retorno está en función al riesgo de falla según:

$$T_r = \frac{1}{1 - (1 - R)^{1/N}}$$

Dónde:

- Tr: Es el tiempo de retorno del evento.

---

<sup>3</sup> Mosonyi y Buck (1977) "Selection of Design Flood" Bulletin of the International Commission on Irrigation and Drainage, Vol 26 N°1, page 12 to 19

Una vez que se dispone de la información básica de planimetría y de los datos de hidrometría, se debe buscar un método que logre proporcionar los caudales instantáneos que servirán para el diseño correspondiente y brindar seguridad a las estructuras hidráulicas.

Los criterios para estimar la avenida de cálculo que deben soportar las estructuras han sido definidos por diseñadores y estudiosos de hidráulica.

El principio es que las avenidas deben ser calculadas según su periodo de repetición o retorno en el tiempo según el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje MTC-2010.<sup>4</sup>

**Tabla 24:** Riesgo admisible y vida útil de las obras

Riesgo Admisible	Vida útil de las obras (n años)										
	K	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
0,01	100	199	299	498	995	1990	2488	4975	9950	19900	
0,02	50	99	149	248	495	990	1238	2475	4950	9900	
0,05	20	39	59	98	195	390	488	975	1950	3900	
0,10	10	19	29	48	95	190	238	475	950	1899	
0,20	5	10	14	23	45	90	113	225	449	897	
0,25	4	7	11	18	35	70	87	174	348	695	
0,50	2	3	5	8	15	29	37	73	154	289	
0,75	1,3	2	2,7	4,1	7,7	15	18	37	73	144	
0,99	1	1,11	1,27	1,66	2,7	5	5,9	11	22	44	

Fuente: MTC (2010).

**Tabla 25:** Periodos de Retorno Recomendados

Tipo de obra	Riesgo (%)	Vida útil (años)	TR (años)
Puentes ( <b>Socavación Tr=500 años</b> )	25	50	174
Alc de paso de quebradas importantes, pontones y badenes	30	25	71
Alc de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas	35	15	35
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	40	15	30
Subdrenes	40	15	30
Defensas Ribereñas	25	40	140

Fuente: MTC (2010).

<sup>4</sup> Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje MTC-2010 (Capítulo III – Ítem 3.6 Selección del Periodo de Retorno) Tabla 1 y 2.

**Para la presente tesis, la determinación del periodo de retorno se centró en el cálculo de la socavación y según MTC (2010) recomienda un periodo de retorno 500 años.**

Por otro lado, la “Guía Metodológica para Proyectos de Protección y/o Control de Inundaciones en Áreas Agrícolas Urbanas-Rurales-2006”, recomienda un periodo de retorno de 100 años para la obtención de niveles de inundación y un periodo de retorno de 500 años para el cálculo de la socavación. Y, según Maza y Franco (1997), Obras de protección para control de inundaciones, recomienda que, para avenidas de diseño en diferentes obras de protección, para defensas o bordos y muros longitudinales para zonas industriales y urbanas considere un periodo de retorno de 100 y 500 años para la socavación.

Así mismo, estudios anteriores realizados por Chavarri (2009) en el río Rímac tales como él (Estudio Hidrológico de identificación de zonas Cercado y El Agustino, Lima – Cooperazione Internazionale) consideraron para estudios de inundabilidad y socavación periodos de retorno de 100 y 500 años.

### **3.4.3 Análisis de Distribución de Frecuencias**

Las distribuciones de probabilidades se usan en una amplia variedad de estudios hidrológicos, por ejemplo, los estudios de recursos hídricos, de caudales extremos altos y bajos, de sequías, de volúmenes en embalses, de cantidades de lluvia y de modelos de series cronológicas.

Los totales anuales, como los volúmenes de escurrimiento o la cantidad de lluvia, tienden a estar distribuidos normalmente o casi debido al teorema estadístico del límite central. Los totales semanales y mensuales son menos simétricos (asimetría casi siempre positiva) y, por lo general, no se pueden modelar con la distribución normal.

Las funciones de distribución de probabilidades principales que se usan en hidrología, generalmente en el análisis de máximas avenidas se indican a continuación:

- **Distribución Log Normal de 2 parámetros.**

La función de densidad de probabilidad es:

$$P(x \leq x_i) = \frac{1}{s\sqrt{(2\pi)}} \int_{-\infty}^{x_i} e^{-(x-\bar{x})^2/2s^2}$$

Donde  $\bar{X}$  y  $S$  son los parámetros de la distribución. Si la variable  $x$  de la ecuación se reemplaza por la función  $y = f(x)$ , tal que  $y = \log(x)$ , la función puede normalizarse, transformándose en una ley de probabilidades denominada log normal,  $N(Y, y)$ . Los valores originales de la variable aleatoria  $x$ , deben ser transformados a  $y = \log x$ , de tal manera que:

$$\bar{Y} = \sum_{i=1}^n \log x_i / n$$

Donde  $\bar{Y}$  es la media de los datos de la muestra transformada.

$$s_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2}{n - 1}}$$

Donde  $s_y$  es la desviación estándar de los datos de la muestra transformada. Así mismo se tiene las siguientes relaciones:

$$C_s = a/S^3 y$$

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^3$$

Donde  $C_s$  es el coeficiente de oblicuidad de los datos de la muestra transformada (Monsalve 1999).<sup>5</sup>

- **Distribución Log Normal de 3 parámetros.**

La función de densidad de  $x$  es:

$$f(x) = \frac{1}{(x - x_0)\sqrt{(2\pi)S y}} e^{-1/2(\ln(x-x_0)-u_y/Sy)}$$

Para  $x > x_0$

---

<sup>5</sup> Monsalve (1999) – Hidrología en la Ingeniería, Editorial Aflaomega 2da Edición

Donde

$x_0$  : Parámetro de posición

- **Distribución Pearson Tipo III**

La función de distribución de densidad de probabilidad de la distribución Pearson Tipo III es de la forma:

$$P(X) = \frac{1}{\alpha\Gamma\beta} \left(\frac{X - \delta}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{-\left[\frac{X-\delta}{\alpha}\right]}$$

Dónde:

$\alpha, \beta$  = Parámetros a ser definidos y es la función gamma.

Si sustituimos  $Y = \ln X$  y reemplazamos se obtiene:

$$P(X) = \frac{y^{\beta-1} e^{-y}}{\Gamma\beta}$$

La cual representa la función de parámetro gamma de un parámetro

- **Distribución Gumbel.**

La distribución Tipo I (Gumbel), es usado para series máximas. Esta distribución de límite inferior de  $n$ , valores de  $x_i$ , a medida que  $n$  crece indefinidamente. Esta distribución supone también que los valores de  $x_i$  son independientes e idénticamente distribuidos con una distribución tipo exponencial.

La distribución de probabilidad acumulada es la siguiente:

$$P(X) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

Donde:

$\alpha$  = Parámetro de concentración

$\beta$  = Es una medida de tendencia central

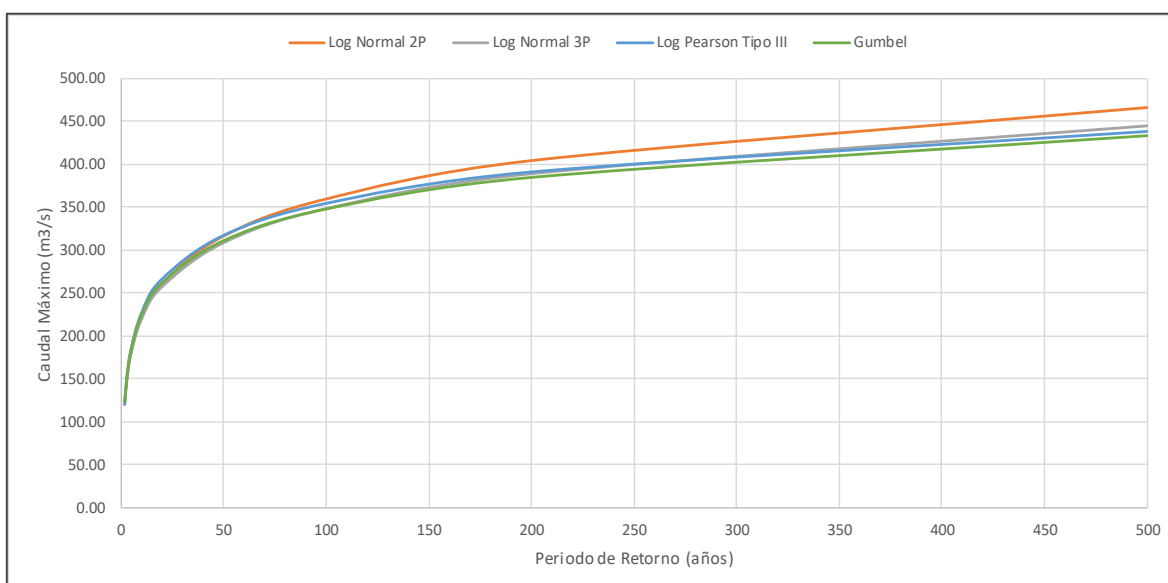
El análisis de frecuencia consiste en determinar los parámetros de distribuciones de probabilidad y determinar con el factor de frecuencia la magnitud del evento para un periodo de retorno dado. La información de partida utilizada para el análisis probabilístico de serie de caudales máximos instantáneos del río Rímac es del periodo 1921-2013. El análisis se

realizó mediante el software hidrológico Hidroesta y la distribución que mejor se ajusta según el test de bondad de Smirnov-Kolmogorov fue Pearson Tipo III.

Para realizar el análisis de frecuencia de las descargas máximas instantáneas del río Rímac, se ha utilizado el software hidrológico Hidroesta, desarrollado en el 2004 en el TEC por Máximo Villón Béjar que permite calcular las precipitaciones y descargas máximas para diferentes periodos de retorno e incluye la prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolmogorov, considerando las funciones de distribución como: Log-Normal de 2 parámetros, Log-Normal de 3 parámetros, Gumbel I, entre otras. En la siguiente tabla se muestra la información utilizada y los resultados del análisis de frecuencia de las descargas máximas del río Rímac.

**Tabla 26:** Resultados de las distribuciones de frecuencias

Probabilidad de Excedencia	Periodo de Retorno	Log Normal 2P (m <sup>3</sup> /s)	Log Normal 3P (m <sup>3</sup> /s)	Pearson Tipo III (m <sup>3</sup> /s)	Gumbel (m <sup>3</sup> /s)
0.998	500	466.01	445.83	438.91	434.11
0.995	200	404.22	389.75	391.54	385.32
0.990	100	359.45	348.73	354.79	348.34
0.980	50	316.18	308.71	317.23	311.23
0.950	20	260.83	256.93	266.04	261.70
0.900	10	219.82	218.06	225.71	223.44
0.800	5	178.69	178.51	183.15	183.55
0.667	3	147.26	147.85	149.35	151.80
0.500	2	120.26	121.13	119.76	123.30



**Figura 47:** Distribuciones de Frecuencias – Hidroesta

### 3.4.4 Prueba de bondad y ajuste

En la teoría estadística, las pruebas de bondad de ajuste más conocidas son la  $X^2$  y la de Kolmogorov-Smirnov (1933), este último se describe brevemente, esta prueba consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia “D” entre la función de distribución de probabilidad observada  $F_o(X_m)$  y la estimada  $F(X_m)$ :

$$D = \text{máx}|F_o(X_m) - F(X_m)| \quad F_o(X_m) = 1 - \frac{m}{n + 1}$$

Con un valor crítico “ $\Delta$ ” que depende del número de datos y el nivel de significancia (Figura 48:). Si  $D < \Delta$ , se acepta la hipótesis nula, esta prueba tiene la ventaja sobre la prueba  $X^2$  de que compara los datos con el modelo estadístico sin necesidad de agruparlos, la función de distribución de probabilidad observada se calcula como:

Donde “m” es el número de orden de dato  $X_m$  en una lista de mayor a menor y “n” es el número total de datos.

n	Nivel de significación $\alpha$							
	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.005	0.002	0.001
40	0.16547	0.18913	0.21012	0.23494	0.25205	0.26803	0.28772	0.30171
41	0.16349	0.18687	0.20760	0.23213	0.24904	0.26482	0.28429	0.29811
42	0.16158	0.18468	0.20517	0.22941	0.24613	0.26173	0.28097	0.29465
43	0.15974	0.18257	0.20283	0.22679	0.24332	0.25875	0.27778	0.29130
44	0.15795	0.18051	0.20056	0.22426	0.24060	0.25587	0.27468	0.28806
45	0.15623	0.17856	0.19837	0.22181	0.23798	0.25308	0.27169	0.28493
46	0.15457	0.17665	0.19625	0.21944	0.23544	0.25038	0.26880	0.28190
47	0.15295	0.17481	0.19420	0.21715	0.23298	0.24776	0.26600	0.27896
48	0.15139	0.17301	0.19221	0.21493	0.23059	0.24523	0.26328	0.27611
49	0.14987	0.17128	0.19028	0.21281	0.22832	0.24281	0.26069	0.27339
50	0.14840	0.16959	0.18841	0.21068	0.22604	0.24039	0.25809	0.27067
$n > 50$	$\frac{1.07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.52}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.63}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.73}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.85}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.95}{\sqrt{n}}$

**Figura 48:** Test de Smirnov Kolmogorov.

Fuente: MTC (2010).

Para el test de bondad se ha considerado que para un  $n=93$  y al nivel de significancia del 5% corresponde un  $D=0.1410$  (Tabular) que servirá como comparación para los resultados obtenidos de cada distribución.

En la siguiente tabla se aprecia el cuadro comparativo de los valores críticos y la distribución que más se ajusta es la Log Normal.

**Tabla 27:** Resultados del Test de Bondad de Smirnov – Kolmogorov

<b>Distribución</b>	<b><math>\Delta</math> Teórico</b>	<b><math>\Delta</math> Tabular</b>
Log Normal 2P	0.0835	0.1410
Log Normal 3P	0.0900	0.1410
<b>Pearson Tipo III</b>	<b>0.0730</b>	<b>0.1410</b>
Gumbel	0.0970	0.1410

### 3.4.5 Caudales en la estación Chosica

Según el análisis de frecuencia resulta que la serie de caudales máximos instantáneos del río Rímac se ajusta mejor a la distribución Pearson Tipo III, por mostrar un valor de teórico menor que el tabular.

En el siguiente cuadro se aprecian los resultados:

**Tabla 28:** Caudales máximos diarios para diferentes periodos de retorno

<b>Probabilidad de Excedencia</b>	<b>Periodo de Retorno</b>	<b>Caudal Máximo Diario (m<sup>3</sup>/s)</b>
0.998	500	438.9
0.995	200	391.5
0.990	100	354.8
0.980	50	317.2
0.950	20	266.0
0.900	10	225.7
0.800	5	183.2
0.667	3	149.4
0.500	2	119.8

Reemplazando el área de cuenca del Río Rímac en la Estación Chosica (2,318 km<sup>2</sup>), se obtiene un factor de 1.26, quedando la siguiente expresión:



**Tabla 29:** Caudales máximos instantáneos en Estación Chosica para diferentes periodos de retorno.

<b>Periodo de Retorno</b>	<b>Caudal Máximo Instantáneo (m<sup>3</sup>/s)</b>
500	556.4
200	497.3
100	451.3
50	404.2
20	339.9
10	289.0
5	234.9
3	191.7
2	153.5

### 3.4.6 Caudales en el Puente Morón

Para obtener el caudal en el punto de interés donde se ubica el Puente Morón, primero obtendremos un factor de corrección por área de 1.04 luego se procederán a multiplicar este factor por los caudales máximos instantáneos obtenidos en la Estación Chosica. El caudal para emplearse en el estudio hidráulico para la determinación de la socavación será para un periodo de retorno de 10 y 500 años que corresponde un caudal de 300.5 y 578.6 m<sup>3</sup>/s.

**Tabla 30:** Caudales máximos instantáneos en Puente Morón

<b>Periodo de Retorno</b>	<b>Caudal Máximo Diario (m<sup>3</sup>/s)</b>
<b>500</b>	<b>578.6</b>
200	517.2
100	469.4
50	420.4
20	353.5
<b>10</b>	<b>300.5</b>
5	244.3
3	199.3
2	159.6

## 3.5 TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

### 3.5.1 Producción de Sedimentos de la cuenca

El río Rímac tiene un régimen irregular y torrencioso, siendo alimentado por la precipitación durante el verano y por los afloramientos de agua subterránea durante el resto del año. Según el estudio hidrológico de la Bocatoma Huachipa realizado en el 2008, La cuenca del río

Rímac está conformada por las subcuencas de San Mateo (1,275 Km<sup>2</sup>) y de Santa Eulalia (1,094 Km<sup>2</sup>), las cuales concluyen cerca de la localidad de Chosica. En el siguiente cuadro se presenta los parámetros geomorfológicos de las dos principales subcuencas y la cuenca del río Rímac en su totalidad.

**Tabla 31:** Parámetros geomorfológicos de las subcuencas y cuenca del Rímac

Parámetros	Cuenca y subcuencas		
	Cuenca	Subcuenca San Mateo	Subcuenca Santa Eulalia
Área (km <sup>2</sup> )	3,398	1,233	1,085
Perímetro (km)	440	240	177
Índice de compacidad	2.12	1.88	1.45
Factor de forma	0.151	0.158	0.285
Pendiente (%)	3.62	4.94	6.33
Altura media (msnm)	3,150	2,897	3.030
Densidad de drenaje(km/km <sup>2</sup> )	0.630	0.672	0.638
Precipitación media anual (mm)	380	350	370
Volumen hídrico medio anual (MMC)	980.45	527.87	452.58
Caudal medio anual (m <sup>3</sup> /s)	31.09	16.74	14.35

Fuente: Quisca (2010).

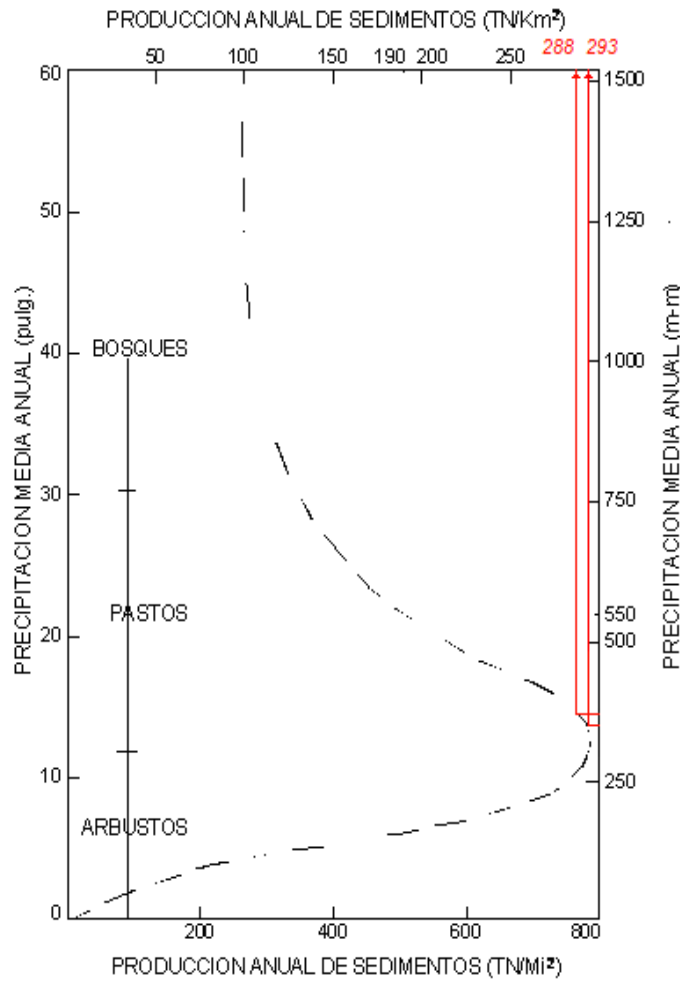
La información de producción de sedimentos de la cuenca de la presente tesis ha sido calculada teniendo como referencia el Informe de Sedimentos Bocatoma Huachipa, 2010 que fue elaborado por el Dr. Ing. Samuel Quisca: que debido a la falta de registros de información sobre transporte de sólidos en la cuenca no permite su cuantificación directa, debiéndose a recurrir a métodos indirectos establecidos con información en cuencas similares. La cantidad de sólidos que llegaría al Puente Morón ha sido calculada mediante la aplicación de los siguientes métodos:

#### **a. Relación de Laugheim y Schumm**

En la siguiente figura se muestra la relación obtenida por Laugheim y Shumm, entre la precipitación media anual, el volumen de sólidos anualmente aportados por unidad de superficie de cuenca y la cobertura vegetal predominante. En el caso de la cuenca del río Rímac, con predominancia de pastos naturales en la cuenca húmeda y precipitaciones medias anuales de 350 mm (subcuenca San Mateo) y 370 mm (subcuenca Santa Eulalia), el acarreo

medio de sólidos, calculado por este procedimiento sería 293 Tn/km<sup>2</sup>-año (subcuenca San Mateo) y 288 Tn/km<sup>2</sup>-año (subcuenca Santa Eulalia).

Considerando un peso específico de 1.65 para la masa de sedimentos acarreados, y teniendo las áreas de las subcuencas de 1233 km<sup>2</sup> y 1085 km<sup>2</sup>, se obtienen los volúmenes de acarreo de sólidos anuales de 0.219 MMC/año y 0.189 MMC/año, respectivamente.



**Figura 49:** Relación Precipitación media anual / Volumen sólidos por unidad área.

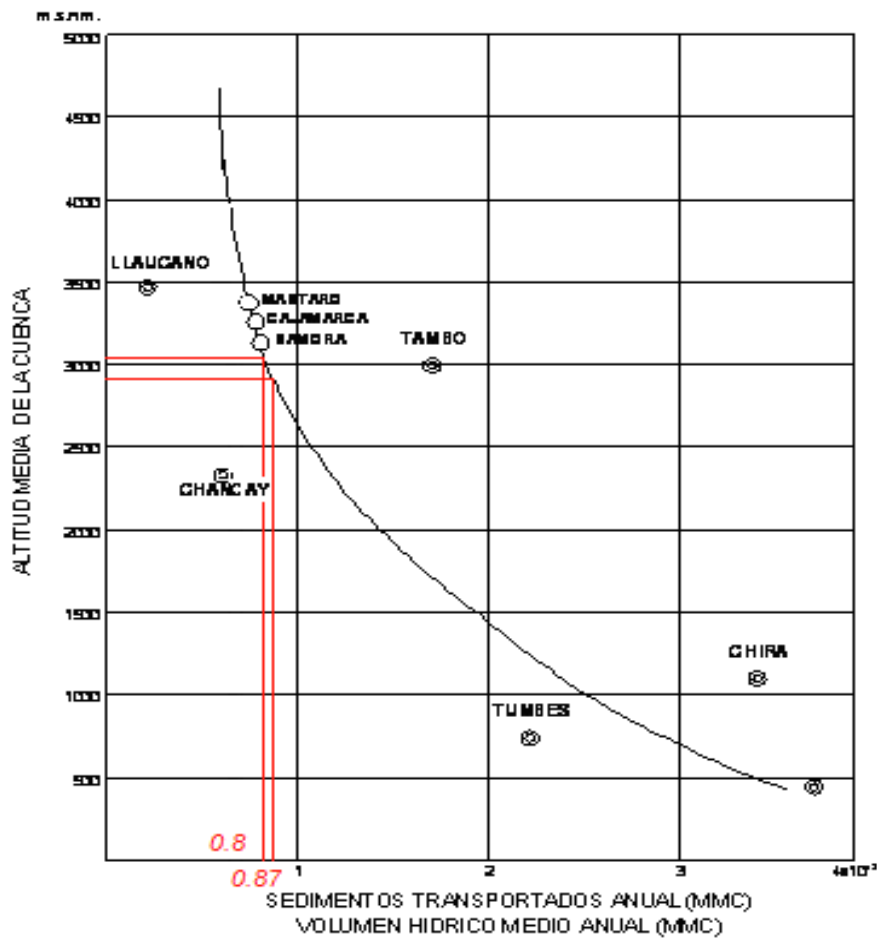
Fuente: Quisca (2010).

**b. Relación altitud y cociente volumen solido/caudal medio medido en diferentes ríos de la costa peruana**

La siguiente figura ha sido elaborada con información sedimentológica de diferentes ríos del país, que relaciona la altitud media de la cuenca con el cociente: Volumen de sólidos/ caudal hídrico medio anual de la cuenca aportante. En el caso de la cuenca del río Rímac, las

altitudes medias de 2,897 msnm (subcuenca San Mateo) y de 3,030 msnm (subcuenca Santa Eulalia), los cocientes volumen de sólidos / caudal hídrico medio anual son 0.0008 y 0.00087, respectivamente.

Por consiguiente, siendo los volúmenes hídricos medios anuales de las subcuencas de 527.87 MMC y 452.58 MMC, y sus correspondientes áreas de 1233 km<sup>2</sup> y 1085 km<sup>2</sup>, los volúmenes de acarreo de sólidos anuales son 0.422 MMC/año y 0.393 MMC/año, respectivamente.



**Figura 50:** Altitud vs Sedimentos transportados en varias cuencas del Perú.

Fuente: Quisca (2010).

### c. Ecuación de Fleming

Fleming relaciona el transporte de sólidos de una cuenca con la descarga media anual de la cuenca y el tipo de cobertura, de acuerdo con la ecuación siguiente:

$$Q_s = aQ^n$$

Donde:

$Q_s$  , masa de solidos acarreados (Tn)

$Q$  , caudal hídrico media anual (pies<sup>3</sup>/s)

$a$  y  $n$  , parámetros que dependen de la cobertura de la cuenca

**Tabla 32:** Tasa media anual de transporte sedimentos en suspensión

Cobertura vegetal	n	a	
		Para $Q_s$ en toneladas	Para $Q_s$ en toneladas métricas
Variada de hoja ancha y coníferas	1.02	117	106
Floresta conífera y pastos altos	0.82	3.523	3.196
Pastos bajos y arbustos	0.65	19.260	17.472
Desierto y arbustos	0.72	37.730	34.228

Fuente: Quisca (2010).

Para las subcuencas San Mateo y Santa Eulalia, los caudales medios anuales son  $Q = 16.74 \text{ m}^3/\text{s} = 591.17 \text{ pies}^3/\text{s}$  y  $Q = 14.35 \text{ m}^3/\text{s} = 506.77 \text{ pies}^3/\text{s}$ , respectivamente;  $a = 17.472$  y  $n = 0.65$ , por consiguiente,  $Q_s = 1,106.51 \text{ Tn}/\text{km}^2\text{-año}$  (subcuenca San Mateo) y  $Q_s = 1,001.07 \text{ Tn}/\text{km}^2\text{-año}$  (subcuenca Santa Eulalia). Por lo tanto, considerando un peso específico de 1.65 para la masa de sedimentos acarreados, y las correspondientes áreas de las subcuencas de  $1233 \text{ km}^2$  y  $1085 \text{ km}^2$ , los volúmenes de acarreo de sólidos anuales son  $0.827 \text{ MMC}/\text{año}$  y  $0.658 \text{ MMC}/\text{año}$ , respectivamente.

#### d. Ecuación de Murano

Esta ecuación ha sido formulada en base a información obtenida de 103 embalses, y relaciona el acarreo de sólidos de la cuenca, la precipitación anual, la superficie, la altitud media y la pendiente media de la cuenca. La ecuación tiene la siguiente expresión:

$$Q_s = 10^{-3.2} A^{-0.229} P^{0.97} H^{1.21} I^{0.88}$$

Donde:

$Q_s$  , masa de solidos acarreados ( $\text{m}^3/\text{km}^2\text{-año}$ )

$A$  , Área de la cuenca aportante ( $\text{km}^2$ )

$P$  , Precipitación media anual (mm)

$H$  , Elevación media de la cuenca (msnm)

$I$  , Pendiente media de la cuenca (m/m)

Sustituyendo los datos de las subcuencas San Mateo y Santa Eulalia se obtienen los siguientes valores de acarreo de sólidos de 39.75 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>-año y 56.73 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>-año, respectivamente. Por lo tanto, multiplicando por sus correspondientes áreas de las subcuencas, se tiene un volumen de acarreo de sólidos anuales estimados de 0.049 MMC/año y 0.062 MMC/año.

#### **e. Método basado en la información del río Mantaro**

En base a información proveniente de varias subcuencas del río Mantaro, se obtuvo una ecuación que relaciona el área de la cuenca aportante con el volumen de sólidos acarreados por km<sup>2</sup>:

$$Q_s = 780.7A^{-0.25}$$

Donde:

$Q_s$  , Volumen de solidos acarreado (m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>-año)

$A$  , Área de la cuenca aportante (km<sup>2</sup>)

Para las subcuencas San Mateo y Santa Eulalia, cuyas áreas son de 1233 km<sup>2</sup> y 1085 km<sup>2</sup>, los volúmenes de acarreo anual resultan ser de 131.75 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>-año y 136.03 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>-año. Por lo tanto, los volúmenes de acarreo de sólidos anuales estimados son 0.162 MMC/año y 0.148 MMC/año, respectivamente. En el siguiente cuadro se presenta el resumen de los estimados de la producción de sedimentos en la cuenca del río Rímac con los distintos métodos. Es necesario precisar, que los estimados de la producción de sedimentos en la cuenca del río Rímac hasta la zona del Puente Morón son de promedio anual para condiciones de un año hidrológico normal. Es evidente, que la producción de sedimentos durante un año hidrológico húmedo y durante eventos hidrológicos extremos será mucho mayor a los valores consignados en la siguiente tabla:

**Tabla 33:** Estimado de la producción de sedimentos en la cuenca Rímac

Método	Producción de sedimentos en volumen (MMC/año)		
	Subcuenca San Mateo	Subcuenca Santa Eulalia	Cuenca
Laughein y Schumm	0.219	0.189	0.408
Información de ríos de la costa peruana	0.422	0.394	0.816
Ecuación de Fleming	0.827	0.658	1.485
Ecuación de Murano	0.049	0.062	0.111
Información del río Mantaro	0.162	0.148	0.310
Estimado de carga de sedimentos (en disolución y en suspensión) en bocatoma Huachipa con datos SEDAPAL: 355,541 ton/año			0.215
Estimado de carga de sedimentos (en disolución y en suspensión) en puente Morón con datos SEDAPAL: 325,118 ton/año			0.197

Fuente: Quisca (2010).

De la información sedimentológica podemos resumir lo siguiente:

**Tabla 34:** Carga de sedimentos en diferentes puntos de la cuenca del Rímac

Ubicación	Carga media anual de sólidos disueltos (Tn/año)	Carga media anual de sólidos en suspensión (Tn/año)	Carga de sedimentos (en disolución y suspensión)
Bocatoma Planta Atarjea	334,291	36,664	370,955
Puente Huachipa	328,761	32,454	361,215
Bocatoma Huachipa	324,857	30,684	355,541
Puente Ñaña	311,087	24,441	335,528
Puente Morón	303,924	21,194	<b>325,118</b>

Fuente: Quisca (2010).

### 3.5.2 Transporte de sedimentos de fondo

El cálculo del transporte de sedimentos de fondo se realizó mediante los métodos de Meyer – Peter y Muller y Schoklitsch. Para ambos casos se evaluaron los caudales con los periodos de retorno de 10, 100, 200 y 500 años, además un caso ocurrido el 1 de marzo del 2013 donde el caudal de paso por el puente Morón alcanzó los 121 m<sup>3</sup>/s. Los resultados obtenidos por Meyer - Peter y Muller indican que para un caudal de 578.6 m<sup>3</sup>/s correspondiente para un periodo de retorno de 500 años, la carga unitaria en peso de arrastre de fondo ( $g_{bb}$ ) es de 18.99 kgf/s.m y la carga en peso de sedimentos de fondo en toda la sección del río ( $G_{bb}$ ) es de 1,350.80 kgf/s. En término de volumen, la carga unitaria de arrastre de fondo ( $q_b$ ) es de

0.007 m<sup>3</sup>/s.m y la carga en toda la sección de río ( $Q_b$ ) es de 0.5 m<sup>3</sup>/s. En el Anexo 6 se presenta el cálculo correspondiente y los resultados se presentan a continuación:

**Tabla 35:** Resultados obtenidos por método de Meyer – Peter y Muller

Tr (años)= 500	Q (m <sup>3</sup> /s) = 578.6	gbb (kgf/s.m) = 18.99	Gbb (kgf/s) = 1350.80
Tr (años)= 200	Q (m <sup>3</sup> /s) = 517.2	gbb (kgf/s.m) = 21.01	Gbb (kgf/s) = 1465.91
Tr (años)= 100	Q (m <sup>3</sup> /s) = 469.4	gbb (kgf/s.m) = 19.15	Gbb (kgf/s) = 1326.27
Tr (años)= 10	Q (m <sup>3</sup> /s) = 300.5	gbb (kgf/s.m) = 12.80	Gbb (kgf/s) = 859.68
	Q (m <sup>3</sup> /s) = 121.0	gbb (kgf/s.m) = 4.56	Gbb (kgf/s) = 293.61

Así mismo, se obtuvieron los resultados mediante el método de Schoklitsch donde indican que, para el caudal correspondiente de 500 años, la carga unitaria en peso de arrastre de fondo ( $g_{bb}$ ) es de 48.99 kgf/s.m y la carga en peso de sedimentos de fondo en toda la sección del río ( $G_{bb}$ ) es de 3,484.31 kgf/s. En término de volumen, la carga unitaria de arrastre de fondo ( $q_b$ ) es de 0.018 m<sup>3</sup>/s.m y la carga en toda la sección de río ( $Q_b$ ) es de 1.3 m<sup>3</sup>/s. En el Anexo 6 se presenta el cálculo correspondiente y los resultados se presentan a continuación:

**Tabla 36:** Resultados obtenidos por método de Schoklitsch

Tr (años)= 500	Q (m <sup>3</sup> /s) = 578.6	gbb (kgf/s.m) = 48.99	Gbb (kgf/s) = 3484.31
Tr (años)= 200	Q (m <sup>3</sup> /s) = 517.2	gbb (kgf/s.m) = 44.62	Gbb (kgf/s) = 3113.79
Tr (años)= 100	Q (m <sup>3</sup> /s) = 469.4	gbb (kgf/s.m) = 40.80	Gbb (kgf/s) = 2825.27
Tr (años)= 10	Q (m <sup>3</sup> /s) = 300.5	gbb (kgf/s.m) = 26.88	Gbb (kgf/s) = 1805.81
	Q (m <sup>3</sup> /s) = 121.0	gbb (kgf/s.m) = 11.22	Gbb (kgf/s) = 722.45

### 3.5.3 Transporte total de sedimentos de fondo sin separar componentes

El cálculo del transporte total de sedimentos de fondo se evaluó con el método de Engelund y Hansen el cual se evaluó para los caudales de 300.5 m<sup>3</sup>/s y 578 m<sup>3</sup>/s que corresponde a los periodos de retorno de 10 y 500 años respectivamente.

Para el periodo de retorno de 10 años, la carga unitaria en peso de arrastre de fondo ( $g_{bb}$ ) es de 116.06 kgf/s.m y la carga en peso de sedimentos de fondo en toda la sección del río ( $G_{bb}$ ) es de 7,796.03 kgf/s. En término de volumen, la carga unitaria de arrastre de fondo ( $q_b$ ) es de 0.043 m<sup>3</sup>/s.m y la carga en toda la sección de río ( $Q_b$ ) es de 2.9 m<sup>3</sup>/s.



Y para el periodo de retorno de 500 años, la carga unitaria en peso de arrastre de fondo ( $g_{bb}$ ) es de 238.22 kgf/s.m y la carga en peso de sedimentos de fondo en toda la sección del río ( $G_{bb}$ ) es de 16,944.33 kgf/s. En término de volumen, la carga unitaria de arrastre de fondo ( $q_b$ ) es de 0.089 m<sup>3</sup>/s.m y la carga en toda la sección de río ( $Q_b$ ) es de 6.3 m<sup>3</sup>/s.

### 3.5.4 Transporte total de sedimentos de fondo separando componentes

Para estimar la capacidad de transporte total de sedimentos en el tramo evaluado del río Rímac, se aplicó el método de Einstein, el cual estima previamente la carga de sedimentos en suspensión. De acuerdo con este método, la carga unitaria de sedimentos de fondo en peso viene expresada por la siguiente fórmula:

$$g_B = \phi \gamma_s (g \Delta D_{35}^3)^{1/2}$$

Las cargas unitarias en peso de arrastre de fondo ( $g_{bb}$ ) es de 1.92 kgf/s.m y 4.23 kgf/s.m y la carga en peso de sedimentos de fondo en toda la sección del río ( $G_{bb}$ ) es de 129.08 kgf/s y 300.71 kgf/s para los periodos de retorno de 10 y 500 años respectivamente.

La carga unitaria de sedimentos en suspensión (en peso), tiene la siguiente expresión:

$$g_{BS} = g_B (PI_{1i} + I_{2i})$$

Para el periodo de retorno de 10 años se obtuvo que la carga unitaria en peso de sedimentos en suspensión ( $g_{bs}$ ) es de 8.92 kgf/s.m y la carga en peso de sedimentos en suspensión en toda la sección del río ( $G_{bb}$ ) es de 599.47 kgf/s.

Y para el periodo de retorno de 500 años se obtuvo que la carga unitaria en peso de sedimentos en suspensión ( $g_{bs}$ ) es de 150.32 kgf/s.m y la carga en peso de sedimentos en suspensión en toda la sección del río ( $G_{bb}$ ) es de 10,692.13 kgf/s.

La capacidad de carga en toda la sección y unitaria de sedimentos totales en peso, se determina mediante las siguientes relaciones:

$$g_{BT} = g_B + g_{BS}$$

$$g_{BT} = g_B + g_B (PI_{1i} + I_{2i})$$

$$g_{BT} = g_B (1 + PI_{1i} + I_{2i})$$

Por lo tanto, para el periodo de retorno de 10 años; la carga unitaria en peso del transporte total ( $g_{bt}$ ) es de 10.85 kgf/s.m y la carga en peso de sedimentos de fondo totales (de arrastre de fondo y suspensión) en toda la sección del río ( $G_{bbt}$ ) es de 728.54 kgf/s. En término de volumen, la carga unitaria de arrastre de fondo ( $q_{bt}$ ) es de 0.004 m<sup>3</sup>/s.m y la carga en toda la sección de río ( $Q_{bt}$ ) es de 0.27 m<sup>3</sup>/s.

Y para el periodo de retorno de 500 años; la carga unitaria en peso del transporte total ( $g_{bt}$ ) es de 154.55 kgf/s.m y la carga en peso de sedimentos de fondo totales (de arrastre de fondo y suspensión) en toda la sección del río ( $G_{bbt}$ ) es de 10,992.83 kgf/s. En término de volumen, la carga unitaria de arrastre de fondo ( $q_{bt}$ ) es de 0.058 m<sup>3</sup>/s.m y la carga en toda la sección de río ( $Q_{bt}$ ) es de 4.1 m<sup>3</sup>/s.

### 3.5.5 Transporte total de sedimentos de fondo y suspensión

De lo descrito anteriormente se resume lo siguiente:

**Tabla 37:** Resumen del cálculo del transporte de sedimentos de fondo

<b>Transporte de sedimentos de fondo (m<sup>3</sup>/s)</b>					
Meyer-Peter y Muller			Schoklitsch		
$Q_{max}=121$ m <sup>3</sup> /s	Tr=10 años	Tr=500 años	$Q_{max}=121$ m <sup>3</sup> /s	Tr=10años	Tr=500años
0.11	0.32	0.51	0.27	0.68	1.31
Engelund y Hansen			Einstein		
$Q_{max}=121$ m <sup>3</sup> /s	Tr=10años	Tr=500años	$Q_{max}=121$ m <sup>3</sup> /s	Tr=10años	Tr=500años
1.03	2.92	6.35	0.10	0.27	4.12
<b>Transporte de sedimentos de fondo (kgf/s)</b>					
Meyer-Peter y Muller			Schoklitsch		
$Q_{max}=121$ m <sup>3</sup> /s	Tr=10 años	Tr=500 años	$Q_{max}=121$ m <sup>3</sup> /s	Tr=10años	Tr=500años
293.61	859.68	1350.8	722.45	1,805.81	3,484.31
Engelund y Hansen			Einstein		
$Q_{max}=121$ m <sup>3</sup> /s	Tr=10años	Tr=500años	$Q_{max}=121$ m <sup>3</sup> /s	Tr=10años	Tr=500años
2,745.92	7,796.06	16,944.33	261.32	728.54	10,992.83
<b>Transporte de sedimentos de fondo (Tn/día)</b>					
Meyer-Peter y Muller			Schoklitsch		
$Q_{max}=121$ m <sup>3</sup> /s	Tr=10 años	Tr=500 años	$Q_{max}=121$ m <sup>3</sup> /s	Tr=10años	Tr=500años
2,585.92	7,571.49	11,896.95	6,362.86	15,904.38	30,687.50
Engelund y Hansen			Einstein		
$Q_{max}=121$ m <sup>3</sup> /s	Tr=10años	Tr=500años	$Q_{max}=121$ m <sup>3</sup> /s	Tr=10años	Tr=500años
24,184.25	68,662.55	149,234.47	2,301.53	6,416.50	96,817.59

Para el caso del transporte de sedimentos en suspensión se tiene un valor de 8,148 Tn/día. Por tanto, el cálculo del transporte de sedimentos de fondo y suspensión se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla 38:** Resumen del cálculo del transporte de sedimentos totales

Transporte de Sedimento (Tn/día)	Meyer-Peter y Muller			Schoklitsch		
	Q <sub>max</sub>	Tr	Tr	Q <sub>max</sub>	Tr	Tr
	121 m3/s	10 años	500 años	121 m3/s	10 años	500 años
TS de fondo	2,585.92	7,571.49	11,896.95	6,362.86	15,904.38	30,687.50
TS de suspensión	8,148.00	23,857.06	37,486.18	8,148.00	20,366.45	39,297.06
TS total	10,733.92	31,428.56	49,383.14	14,510.86	36,270.83	69,984.56
Transporte de Sedimento (Tn/día)	Engelund y Hansen			Einstein		
	Q <sub>max</sub>	Tr	Tr	Q <sub>max</sub>	Tr	Tr
	121 m3/s	10 años	500 años	121 m3/s	10 años	500 años
TS de fondo	24,184.25	68,662.55	149,234.47	2,301.53	6,416.50	96,817.59
TS de suspensión	8,148.00	23,133.34	50,279.11	8,148.00	2,2716.00	342,758.22
TS total	32,332.25	91,795.89	199,513.57	10,449.53	29,132.49	439,575.81

TS: Transporte de Sedimentos

Por tanto, la relación entre el transporte de sedimentos de fondo y suspensión con relación al caudal máximo de 121 m<sup>3</sup>/s es la siguiente:

Relación con Meyer – Peter y Muller	:	24% - 76%
Relación con Schoklitsch	:	44% - 56%
Relación con Engelund y Hansen	:	75% - 25%
<b>Relación con Einstein</b>	:	<b>22% - 78%</b>

Y seleccionamos la Relación de Einstein como la más representativa; por lo que la concentración del volumen de sedimentos será 10,449,534 kg/día y el volumen de agua es 10,454,400 m<sup>3</sup>/día. Por tanto, la concentración de sedimentos en volumen es 0.50.

Así mismo la carga anual de sedimentos totales (fondo + suspensión) en el Puente Morón será 24,879.84 Tn/año por lo que demuestra que a nivel anual la carga será superior al 40%.

## **3.6 ANÁLISIS MORFOLÓGICO DEL CAUCE**

### **3.6.1 Morfología fluvial del río en el tramo evaluado**

#### **a. Clasificación del cauce**

El tramo evaluado del río Rímac tiene una longitud de 1.5 km (1 km aguas arriba del puente Morón y 0.5 km hacia aguas abajo del mismo) y una pendiente longitudinal promedio de 1.8%. En la figura en planta del tramo del río se observa un alineamiento casi recto y regular, con erosión de márgenes sobre mayor predominación en el sector derecho y debido a su ubicación debajo de la zona de montaña o productora de sedimentos, por lo que se reduce la influencia directa de los controles geológicos como la litología, tectónica, estructura, procesos geomorfológicos y aporte de sedimentos, entre otros. Sin embargo, existe el control que genera la pendiente del cauce, el aporte del material grueso proveniente de las vertientes y quebrada tributarias del río Rímac.

La caracterización morfológica del río Rímac en el emplazamiento del puente Morón, se realiza a partir del análisis de las imágenes satelitales obtenidas del Google Earth, así como de los levantamientos topográficos y visitas de inspección realizadas. En la imagen satelital que se muestra en la siguiente figura, se observa que el eje del puente se ubica en una contracción del cauce que se ha producido como consecuencia del arrojado de desmonte sobre los taludes de ambas márgenes del río. El ancho del cauce en este tramo varía entre los 40 y 150 m, definiéndose un ancho promedio de 80 m.



**Figura 51:** Morfología del río Rímac en el tramo del Puente Morón.

Fuente: Google Earth (2013)

En la fotografía anterior se observa la bifurcación del río Rímac en el puente debido al depósito de cantos rodados acumulados en las cercanías de los pilares centrales, esto conlleva a una aceleración del flujo en los pilares extremos poniéndolos en riesgo y evidenciando que se producirá una socavación local.

Según su clasificación el tramo evaluado del río Rímac posee estabilidad morfológica, dado que el cauce del río posee estabilidad dinámica y ha sido alterado levemente por factores antrópicos. Por el tipo de cauce, el tramo evaluado del río puede clasificarse como cauce de pie de monte, sin embargo, la relación  $1.5 > D_{50}/S > 1$  y su número de Froude  $Fr > 1$ , no corresponde a la indicada clasificación. El cauce del río presenta tres grados de libertad, pues pueden variar el tirante, la pendiente y las márgenes. Los materiales del lecho y las márgenes son no cohesivos, formados por partículas sueltas con predominio de gravas, cantos rodados y arenas. El material del lecho tiene una granulometría extendida y el estrato o capa superior del lecho presenta un perfil de suelo con predominio gravas, guijarros y cantos rodados en una matriz de arenas y finos. Según su edad el tramo evaluado del río Rímac puede considerarse un río joven debido a que en esta zona se encuentra entre montañas, su pendiente es alta de 0.018 m/m y su sección transversal es de tipo V.

La aplicación del concepto del caudal formativo en el tramo evaluado del río Rímac no sería consistente, dado el régimen hidrológico anual irregular de los caudales del río, y la variación

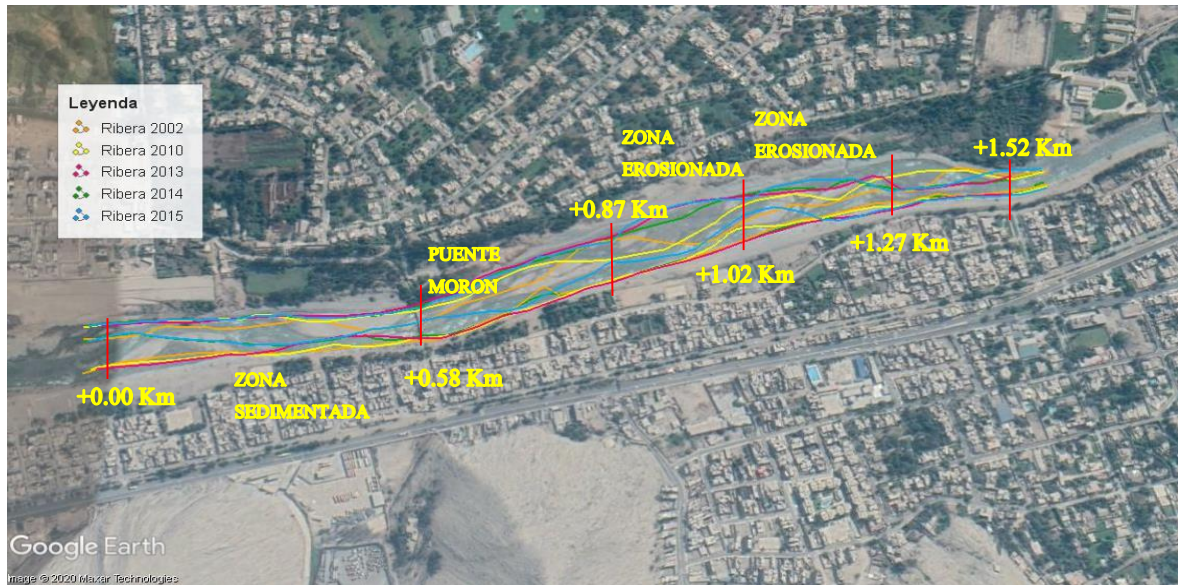
plurianual de los caudales. En efecto, no se puede pretender considerar un caudal formativo en el indicado tramo del río Rímac, ni considerar un caudal representativo del hidrograma anual de caudales. De igual manera, la introducción del concepto del caudal dominante en el tramo evaluado del río sería forzado, dado que el caudal dominante es aquel caudal que al fluir en forma constante transporta en promedio el mismo volumen de sedimentos que el volumen transportado por el río durante todo el año. En el tramo evaluado del río transitan avenidas de flujos hiperconcentrados con características pulsantes y totalmente discontinuas, transportando la mayor parte del volumen total de sedimentos durante unas cuantas avenidas de la estación lluviosa. Por lo tanto, la formación y estabilidad del cauce del tramo evaluado del río es compleja para aplicar los conceptos de caudal formativo y el caudal dominante.

Generalmente, el tramo evaluado del río ajusta su tirante de acuerdo a los caudales que escurren por su cauce, manteniendo el ancho constante. Sin embargo, las variaciones rápidas del caudal durante la época de avenidas podrían causar variaciones acentuadas de los tirantes, y podrían esperarse variaciones en el ancho de la sección transversal del cauce, dado que pueden ocurrir las erosiones y sedimentación laterales. Lo que también se puede conjeturar, es que las variaciones de las pendientes del río son más lentas que las variaciones del ancho del cauce.

De las imágenes satelitales obtenidas de Google Earth, se observa que el cauce del río Rímac en las cercanías del Puente Morón ha variado con los años, esto se observa en la fotografía con fecha agosto 2002 que muestra al cauce en época de estiaje que tiende a dirigirse hacia la margen derecha socavando al muro de contención ubicado aguas arriba del puente. Sucede lo contrario para la margen izquierda con la presencia y acumulación de cantos rodados y otro tipo de material arrastrado durante la época de avenidas.

Luego del derribamiento del pilar ocurrido en Marzo del 2013; el caudal ocupó gran parte de todo el ancho del puente poniéndolo en riesgo y produciendo sedimentación en algunos lugares del cauce, la que es evidente en la margen izquierda aguas abajo del puente, pero en Marzo del 2014 no se presentaron caudales de mayor consideración que hubieran puesto en riesgo a la estructura comparado con lo ocurrido el año anterior sin embargo los depósitos de sedimentos siguen encontrándose en las cercanías del puente pero con mayor cantidad en el cauce central. Actualmente la última imagen con fecha abril 2015 muestra al río Rímac retornando a su trayectoria natural, pues es evidente que el cauce siempre tiende hacia la

margen derecha produciendo la deposición de material arrastrado que contiene entre cantos rodados, bolonería, etc en la margen opuesta.



**Figura 52:** Río Rímac y cambios en el tiempo.

Fuente: Google Earth (2013)

Podemos concluir que el río Rímac en el tramo del puente Morón ha presentado constantes cambios en su morfología que con los años el cauce ha sido estrechado debido a la gran expansión urbana; produciendo un flujo acelerado con alta probabilidad de arrastre de sedimentos y poniendo en riesgo a los pilares ubicados en la margen derecha. Esto obliga a tomar medidas de protección en la margen derecha, así como proteger los pilares, protección de talud con defensas ribereñas o proponer algún cambio en la geometría de puente y pilares para garantizar el paso del flujo reduciendo de esta manera las velocidades, que los que propone las hipótesis de la presente investigación.

Según su tipología el tramo evaluado del río Rímac es de tipo trenzado, ya que no presenta un solo cauce, sino por el contrario, continuamente a lo largo de su recorrido se dividen en varios cauces que se entrelaza y se vuelven a separar. Como se puede observar en la siguiente figura:

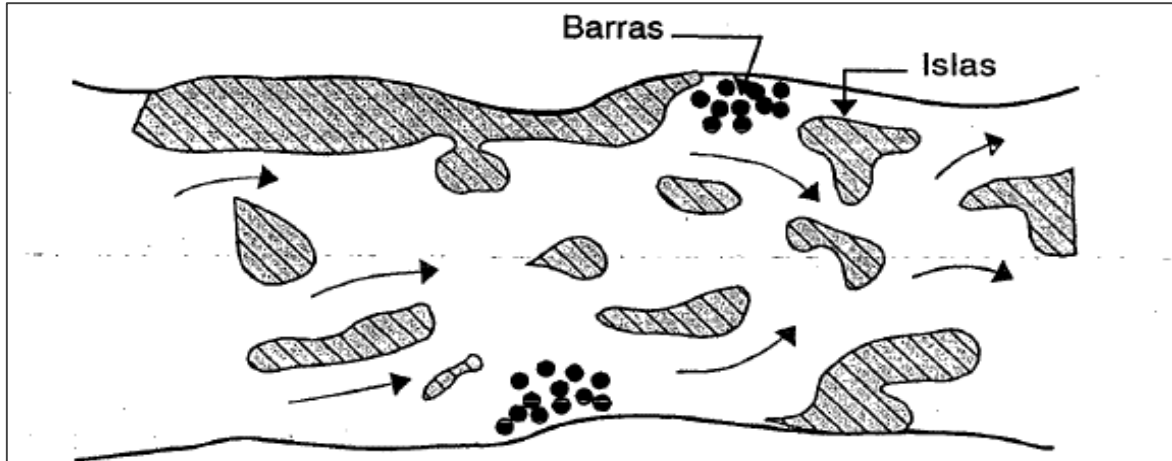




**Figura 53:** Morfología del cauce del Rímac - Vista aguas arriba del Puente Morón.

Fuente: Google Earth (2013)

Este tipo de cauces son amplios y las márgenes no están bien definidas. Con caudales bajos, existen dos o más cauces principales entrelazados y se forman cauces secundarios. Como se observa en la figura siguiente:



**Figura 54:** Río Trenzado.

Fuente: Manual de Ingeniería de Ríos UNAM

En las crecientes, el agua cubre todos los cauces y grandes cantidades de sedimento se depositan rellenando los cauces antiguos, sobre todo con canto rodado. Por ello, en la época de estiaje se forman nuevos cauces entrelazados.



Generalmente estos cauces tienen pendientes altas, el material es grueso y llegan a ellos grandes cantidades de sedimentos. La principal característica de los ríos trezados es que están sujetos a un proceso de sedimentación.



**Figura 55:** Morfología del cauce del Rímac - Vista aguas abajo del Puente Morón.

Fuente: Google Earth (2013)

#### **b. Características geométricas del cauce**

- **Velocidad:** Las velocidades en el tramo evaluado varían desde los 1.4 m/s hasta los 6.5 m/s que corresponde a una variación del número de Froude entre 0.4 y 2.3 evidenciando que el flujo va de subcrítico a supercrítico.
- **Pendiente:** La pendiente promedio del tramo evaluado es de 1.8% y sus variaciones se encuentran marcadas entre 0.1% a 11.2%.
- **Sección transversal:** En correspondencia a las características geológicas del material del cauce de los afluentes al río Rímac y la dinámica de la corriente hídrica, las secciones transversales en el cauce tienen la típica sección en “V”, característica de una geología joven. Los detalles de estas secciones transversales se obtuvieron de los respectivos planos topográficos, los cuales sirven como información para la modelación hidráulica.
- **Gradiente Hidráulica:** La pendiente promedio de la superficie de agua en la zona de estudio se ha estimado en el modelo HEC-RAS, en general se establece que el flujo es de régimen supercrítico debido a la fuerte pendiente del cauce.
- **Coefficiente de rugosidad:** Para los cálculos de los tirantes de flujo y de las velocidades medias se determinó la rugosidad del cauce, el cual comprende la

rugosidad a la partícula o micro rugosidad y la macro rugosidad correspondiente al acomodo del material del lecho del cauce. La micro rugosidad se cuantifica con el coeficiente de Manning a partir de los diámetros representativos del material del cauce, ensayándose diferentes formulaciones para su estimación, entre ellas las siguientes:

Strickler:

$$n = 0.047D_m^{1/6}$$

$D_m$ : Diámetro medio (m)

Raudkivi (1976):

$$n = 0.034D_{65}^{1/6}$$

$D_{65}$ : Diámetro 65% (m)

Garde y Raju (1978):

$$n = 0.039D_{50}^{1/6}$$

$D_{50}$ : Diámetro 50% (pies)

Subramanya (1982):

$$n = 0.047D_{50}^{1/6}$$

$D_{50}$ : Diámetro 50% (m)

Meyer – Peter and Muller (1948):

$$n = 0.038D_{90}^{1/6}$$

$D_{90}$ : Diámetro 90% (m)

Lane & Carlson (1953):

$$n = 0.026D_{75}^{1/6}$$

$D_{75}$ : Diámetro 75% (pulg)

Marion et al.(1998):

$$n = 0.038D_{90}^{1/6}$$

$D_{90}$ : Diámetro 90% (m)

Para determinar el valor de la macrorugosidad del cauce se aplica la fórmula de Cowan (1956) (Ven 1994).

Plantea para el cálculo del coeficiente “n”, la aplicación de cinco correcciones sobre el valor básico,  $n_0$ , en la forma siguiente:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$$

Donde

- $n$ : Coeficiente de rugosidad de Manning
- $n_0$ : Valor básico de rugosidad (microrugosidad)
- $n_1$ : Corrección por efecto de irregularidades
- $n_2$ : Corrección por variaciones en forma y tamaño de las secciones
- $n_3$ : Corrección por obstrucciones

$n_4$ : Corrección por vegetación y condiciones de flujo

$m_5$ : Factor de corrección por meandros

En el siguiente cuadro se muestra los valores propuestos por Cowan en su metodología.

**Tabla 39:** Cálculo macrorugosidad por Cowan

<b>Condición del canal</b>		<b>Valores</b>	
Material del lecho	Tierra	n0	0.020
	Corte en roca		0.025
	Grava fina		0.024
	Grava Gruesa		0.038
Grado de irregularidad	Suave	n1	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
Variaciones de la sección transversal	Gradual	n2	0.000
	Ocasionalmente		0.005
	Frecuentemente		0.010-0.015
Efecto relativo de las obstrucciones	Insignificante	n3	0.000
	Menor		0.010-0.015
	Apreciable		0.020-0.030
	Severo		0.040-0.060
Vegetación	Baja	n4	0.005-0.010
	Media		0.010-0.025
	Alta		0.025-0.050
	Muy Alta		0.050-0.100

Fuente: Ven Te Chow (1994).

Los diámetros característicos del terreno son los siguientes:

**Tabla 40:** Diámetros característicos del terreno

<b>Diámetros característicos</b>	
D50 (mm)	9.29
D65 (mm)	21.44
D75(mm)	32.74
D90 (mm)	46.19
Dm (mm)	20.81

Y el cálculo obtenido de la microrugosidad por cada método son los siguientes:

**Tabla 41:** Métodos de cálculo para la microrugosidad

<b>Microrugosidad n0</b>	
Strickler	0.025
Raudkivi	0.018
Garde y Raju	0.022
Subramanya	0.022
Meyer-Peter	0.023
Lane & Carlson	0.027
Marion	0.023
<b>Promedio (n0)</b>	<b>0.023</b>

El cálculo de la rugosidad con los parámetros de Cowan es el siguiente:

**Tabla 42:** Coeficiente de Rugosidad para el cauce

<b>Coeficiente de rugosidad</b>	
n0	0.023
n1	0.005
n2	0.005
n3	0.005
n4	0.005
m5	1.000

<b>n</b>	<b>0.040</b>
----------	--------------

Así mismo se han definido los siguientes coeficientes de rugosidad:

- Coeficiente de rugosidad del cauce central: 0.040
  - Coeficiente de rugosidad de llanuras: 0.045
  - Coeficiente de arbustos: 0.050
  - Coeficiente de vegetación dispersa: 0.080
  - Coeficiente de residencial: 0.150
- Coeficiente por contracción y expansión del flujo: Los coeficientes para determinar las pérdidas por contracción y expansión de flujo entre secciones se determinan en base a los levantamientos topográficos y observaciones de campo, considerando el estrechamiento o ensanchamiento del cauce.

Se ha estimado conveniente utilizar coeficientes de 0.1 y 0.3 para las contracciones y expansiones del cauce, respectivamente.

### c. Granulometría del Material en el lecho

Para los tramos en estudio, se ha encontrado partículas, tales como: cantos rodados, guijarros, gravas, arenas y algunos finos, cuyos diámetros varían entre los 450 mm a 0.07; indicándose que para diámetros mayores a 2.0” se determinó en campo sus porcentajes, en relación con sus diámetros. Los ensayos de laboratorio para granulometría de material fino no se llevaron a cabo, por no ser indispensable, en el siguiente cuadro se presentan los resultados.

**Tabla 43:** Granulometría Puente Morón

Malla		Girasoles o Morón	
Abertura	(mm)	%Acumulado que pasa	%Pasa
N°200	0.07	0.25	0.25
N°100	0.14	0.80	0.55
	0.22	2.00	1.20
	0.25	3.00	1.00
	0.29	4.00	1.00
N°40	0.42	5.00	1.00
N°30	1.25	6.00	1.00
N°10	2	11.00	5.00
N°4	4.76	12.00	1.00
	6.35	15.00	3.00
3/8	9.53	17.00	2.00
1/2	12.7	19.00	2.00
3/4	19.05	22.00	3.00
1	25.4	25.00	3.00
1 1/2	38.1	29.00	4.00
2	50.6	30.00	1.00
	63.5	31.00	1.00
3	76.2	33.00	2.00
	100	62.00	29.00
	125	71.00	9.00
	150	77.00	6.00
	200	84.00	7.00
	250	88.00	4.00
	300	92.00	4.00
	400	95.00	3.00

Fuente: Proyecto: Vías Nuevas de Lima – Rutas de Lima (2013)

El diámetro medio del material para los cálculos de socavación se determinó con la siguiente expresión:

$$D_m = \frac{\sum P_i D_i}{100}$$

Donde

$\Delta Pi$  : Valor en % del intervalo en que se divide la curva granulométrica.

$Di$  : Diámetro medio de cada intervalo de división de la curva granulométrica.

Para el presente estudio de socavación, se empleó un diámetro medio representativo  $Dm = 123.62$  mm.

### **3.6.2 Estabilidad del cauce en el tramo evaluado**

En el tramo evaluado del río Rímac, se estimaron los anchos mínimos de la sección transversal estable del cauce del río Rímac, correspondientes a los caudales con periodos de retorno de 10 y 500 años.

En el análisis de la estabilidad del cauce se aplicaron los métodos de Blench, Simons y Albertson y Altunin. Los métodos de la teoría del régimen (Blench y Simons) son empíricos y están basados en observaciones sobre el comportamiento de canales de riego, que han estado en operación durante un largo periodo de tiempo, y por lo tanto se consideran aceptables, siendo sus fórmulas expresadas en forma explícita.

El método de Altunin es semiempírico y fue desarrollado al observar y trabajar en cauces con material granular grueso como gravas y bolonería, porque se adecua más al tramo evaluado del río Rímac. Contrariamente a los métodos de la teoría del régimen, el método de Altunin no es explícito y requiere la solución de tres ecuaciones fundamentales. De hecho, el método de Altunin es más complejo, dado que considera mayor número de parámetros (hidráulicos, geométricos, resistentes, etc.), así como el criterio geomorfológico de localización del tramo del río dentro de su cuenca (zona montañosa, zona de transferencia y zona de planicie).

En el tramo evaluado del río Rímac cercano al Puente Morón, el ancho del cauce varía de 60 m a 150 m en promedio, lo que satisface el ancho mínimo estable del cauce de 60 m según lo obtenido por Altunin.

**Tabla 44:** Resultado del cálculo del ancho estable

<b>Cálculo del Ancho Estable</b>		
<b>Información Inicial</b>	<b>Tr=10 años</b>	<b>Tr=500 años</b>
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	300.5	578.6
Pendiente del cauce (m/m)	0.018	0.018
<b>Ancho Estable del Cauce</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Ancho (m)</b>
Método de Blench	109	151
Método de Simons y Albertson	58	81
Método de Altunin	43	59

### 3.7 MODELACIÓN HIDRÁULICA

Con el objeto de calcular las características hidráulicas del área de estudio se realizaron las siguientes actividades: Visita de campo a la zona de estudio y estudios topográficos con fines de establecer características geométricas e hidráulicas del cauce, pendientes longitudinales de fondo y de superficie de agua, y de propiedades del material del cauce. Se establecieron las siguientes propiedades.

#### 3.7.1 Modelación hidráulica 1D con HEC-RAS

Para la modelación hidráulica del río Rímac que comprende el Tramo del Puente Morón, se ha evaluado un escenario, el cual permitirá conocer el comportamiento hidráulico del río y evaluar los niveles de inundación que se presenten ante una avenida extraordinaria. Por tanto, para el escenario de cálculo se ha considerado al puente existente.

El presente escenario comprende a un tramo del río Rímac considerando al puente Morón con sus 6 pilares y con las siguientes características:

- Longitud del puente: 75.0 m
- Separación promedio entre pilas: 10.0 m
- Ancho promedio de pilas: 0.50 m

### ***Condiciones de Contorno para la modelación:***

**Tabla 45:** Condiciones de borde para HEC-RAS

<b>Condiciones para la modelación con el programa HEC-RAS</b>	
<b>Condición</b>	<b>Descripción</b>
Tr=10, 100, 500 años y 01/03/2013	Q=300.5, 469.4, 578.6 y 121.0 m <sup>3</sup> /s
Coefficiente de Manning	nc=0.040, nll (L)=0.045 y nll (R)=0.045
Tipo de modelación	Flujo Permanente en Régimen de Flujo Mixto
Condición de borde aguas arriba	Normal Depth (S=0.018)
Condición de borde aguas abajo	Normal Depth (S=0.018)

### ***Geometría del cauce***

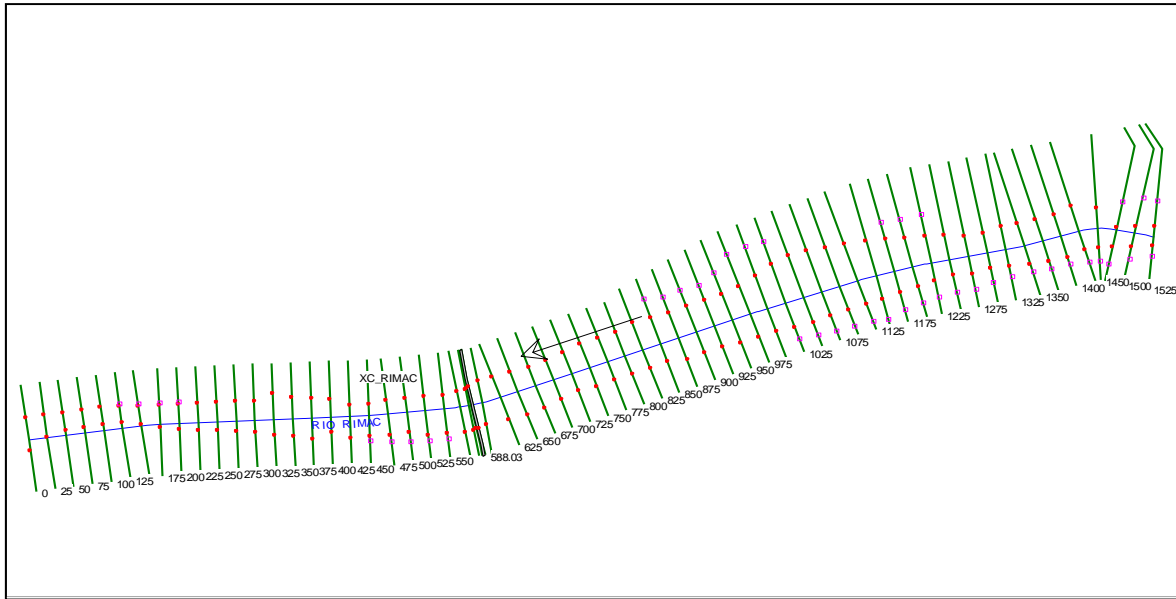
Para el desarrollo de los datos geométricos, se representó el sistema fluvial del tramo evaluado por un gráfico esquemático creado en HEC-RAS, dicho tramo fue dividido en secciones desde aguas arriba hacia aguas abajo (en la dirección positiva del flujo), donde se identificó al cauce principal y las riberas.

Las secciones transversales están localizadas en intervalos a lo largo del río, para caracterizar tanto la capacidad de acarreo del río, como su llanura de inundación adyacente. Estos se encuentran extendidos a lo largo de toda la llanura de inundación y deberán ser perpendiculares a las líneas de flujo.

Los datos utilizados para construir el modelo geométrico para el cálculo hidráulico son los siguientes:

- 65 secciones transversales.
- El tramo inicial comienza en la progresiva 1+525 y culmina en la progresiva 0+000, siendo un tramo de río de 1,525 metros.





**Figura 56:** Geometría del tramo evaluado con HEC-RAS

### *Resultados para el Escenario*

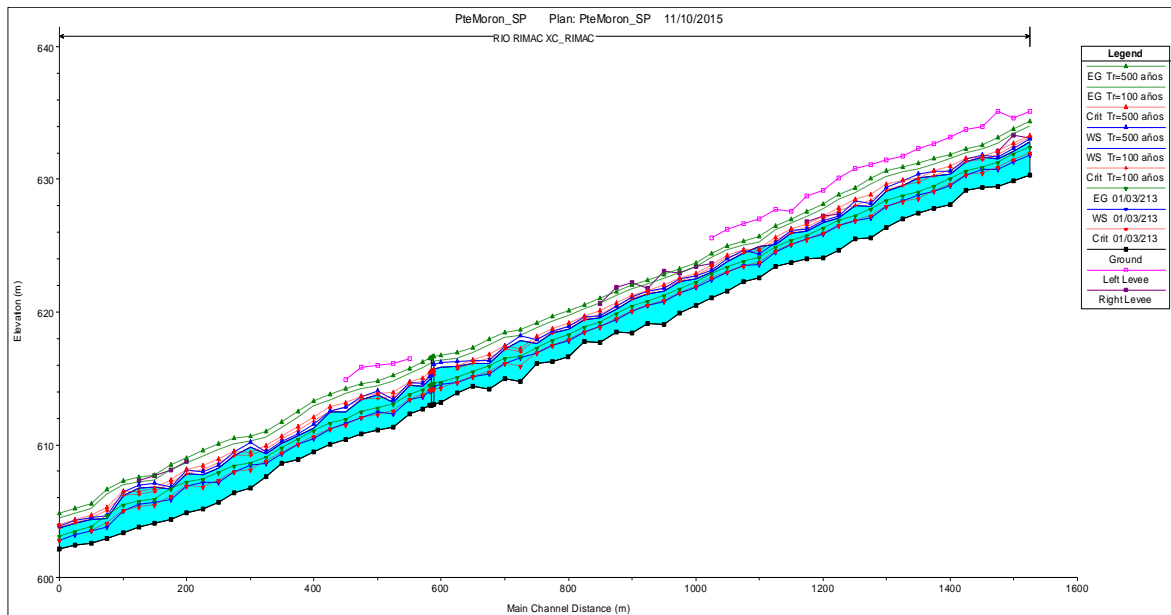
Los resultados del modelo indican que para el periodo de retorno de 100 años se encontraron velocidades que varían entre 3.2 m/s a 4.6 m/s en las cercanías del puente y le corresponde una pendiente promedio de 0.6%; otra característica importante es que el ancho promedio del cauce resulto en 70 m y el flujo va de régimen subcrítico a supercrítico con valores de Froude comprendidos entre 0.7 a 1.1 entre aguas arriba y aguas abajo del puente.

En el siguiente cuadro se puede observar en resumen parte de los resultados obtenidos respecto a los niveles de agua y velocidades para los periodos de retorno 10, 100, 500 y del caudal registrado con fecha 01/03/2013.

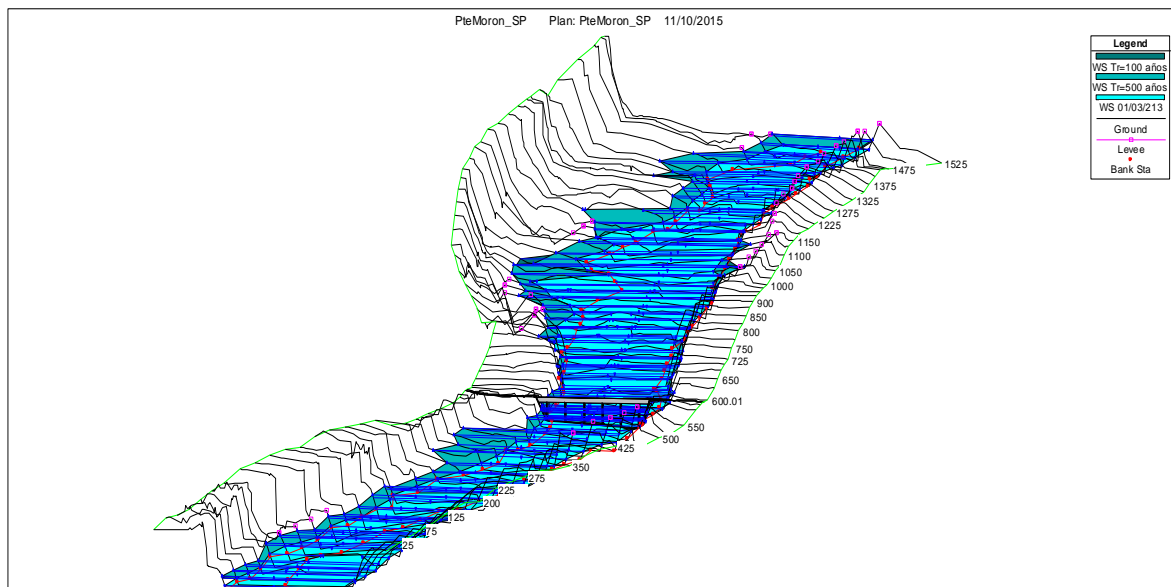
En el Anexo 3 se muestran los resultados de la modelación con HEC-RAS y a continuación se presentan algunas figuras del modelo:

**Tabla 46:** Resultados de Niveles de agua y velocidades con HEC-RAS

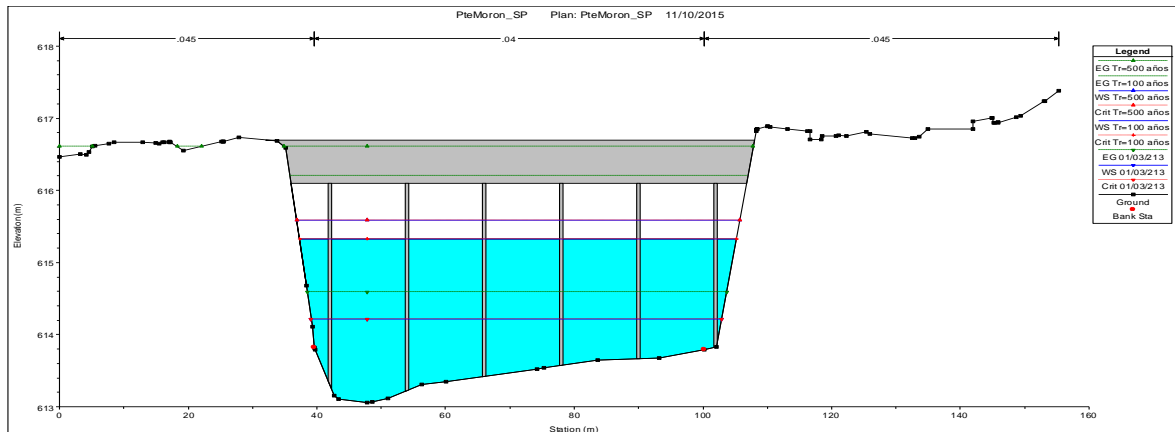
PARÁMETROS OBTENIDOS EN LA MODELACIÓN								
Puente Morón	Tr=10 años		Tr=100 años		Tr=500 años		1/03/2013	
	Calado (m)	Velocidad (m/s)	Calado (m)	Velocidad (m/s)	Calado (m)	Velocidad (m/s)	Calado (m)	Velocidad (m/s)
Aguas Arriba	2.1	2.9	2.6	3.3	3.1	3.3	1.3	2.1
Aguas Abajo	1.6	4.0	2.0	4.6	2.2	5.2	1.1	2.9



**Figura 57:** Perfil longitudinal del cauce con HEC-RAS



**Figura 58:** Vista tridimensional del cauce con HEC-RAS



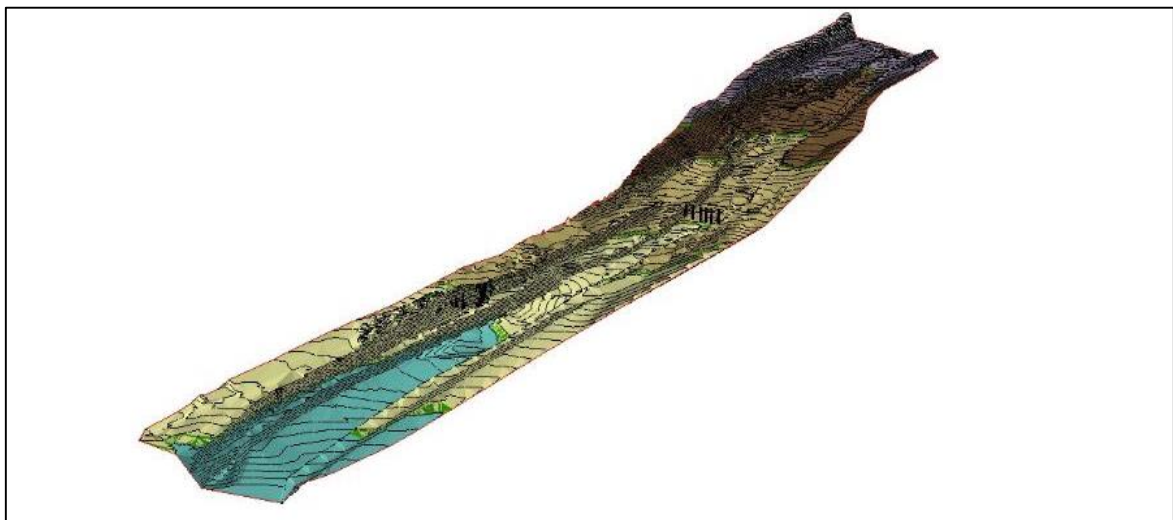
**Figura 59:** Puente Morón con HEC-RAS

### 3.7.2 Modelación hidráulica 2D con Iber

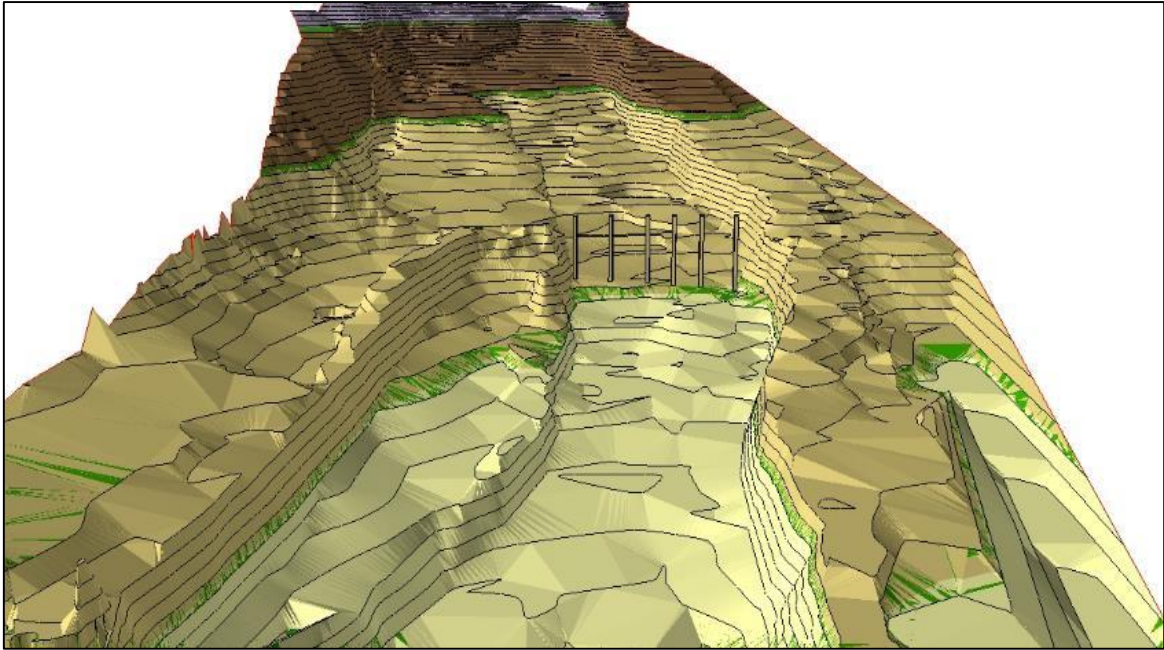
Para determinar los niveles de agua, velocidades y demás parámetros hidráulicos del río Sigüas se ha requerido el apoyo del software Arcgis 10.0 para la preparación del modelo en dos dimensiones y por tanto se analizó de manera similar que, en el caso anterior, un escenario donde se evaluará con el Puente Existente el cual incluye a los pilares.

#### *Preparación del modelo en Arcgis 10.0*

La preparación del modelo se realizó con el software Arcgis 10.0 permitiendo ingresar el tramo de cauce e incluir los pilares actuales del Puente Morón. En el gráfico se observan los 6 pilares fijos que permiten la estabilidad del puente.



**Figura 60:** Tramo río Rímac con pilares del Puente Morón



**Figura 61:** Pilares del Puente Morón

*Creación de la superficie del cauce*

Como se indica en las líneas anteriores, para la creación de la superficie fue necesario el uso del software ArcGIS 10.0, debido a que Iber puede importar modelos digitales del terreno en formato ASCII de Arc/info. Para esto se ha convertido el archivo Tin en formato Raster como se observa en el siguiente gráfico:



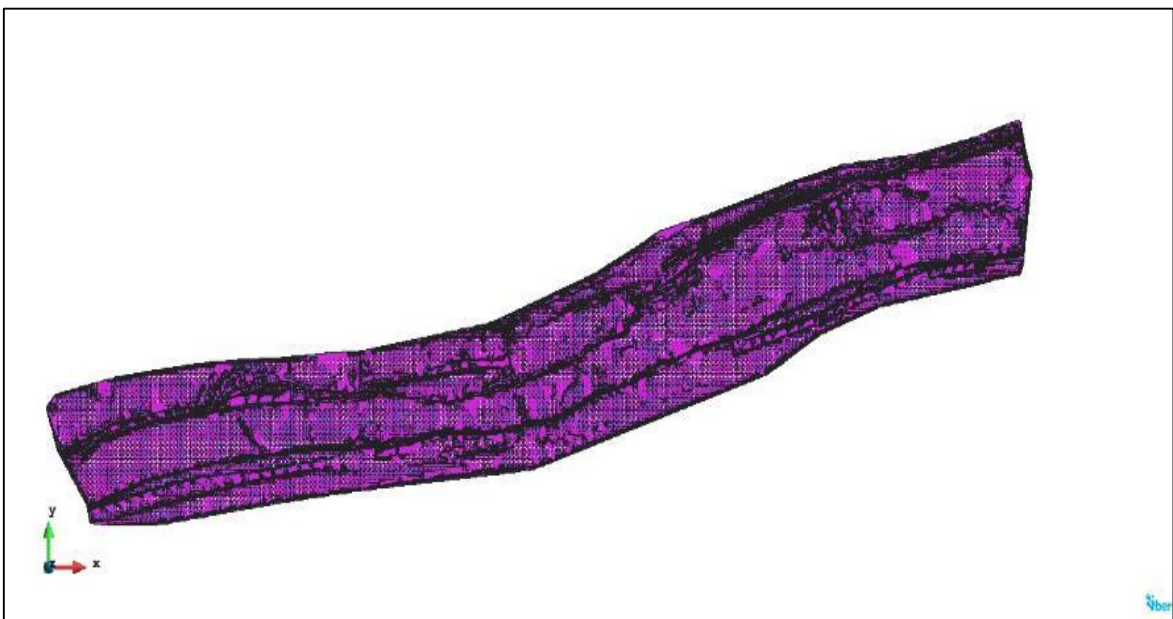
**Figura 62:** Superficie en formato raster

Una vez creada e importada la superficie con el submenú crear RTIN, se indicó la longitud mínima y máxima de lado de los triángulos que se formarían, así como la tolerancia. A continuación, se presenta los datos iniciales para la creación de la superficie:

- Tolerancia : 0.1
- Lado Máximo : 10
- Lado Mínimo : 0.1

Una vez generada la superficie, es necesario colapsar el modelo, debido a que se ha importado cada triángulo de forma independiente, sin compartir una sola línea en común, esto se realizó para que no existan lados dobles de los triángulos, ni puntos repetidos que generalmente producen errores en el cálculo. El colapso se realizó con el valor de 0.01.

Finalmente se obtuvo una multitud de superficies NURBS en forma de triángulos rectángulos, habiendo generado una geometría muy cercana a la topografía final. En el siguiente gráfico se observa la superficie NURBS construida muy cercana al terreno real.



**Figura 63:** Superficie NURBS

### ***Condiciones iniciales y de contorno***

Para resolver las ecuaciones no lineales de Saint Venant se requiere especificar las condiciones iniciales y las condiciones de contorno. El cambio de estas condiciones genera cambios en los resultados de la simulación (Canadian Dam Association, 2005).

Las condiciones iniciales del problema en el instante anterior al comienzo de la simulación fueron introducidas al modelo, para lo cual se asignó a todo el dominio indicándole al modelo que realice la simulación asignándole el calado 0, es decir que comience la simulación desde la cota de fondo del cauce hasta lo que finalmente pueda transportar en algún periodo de tiempo el caudal asignado.

Las condiciones de entrada que se pueden asignar son el caudal total, el caudal específico y la cota de agua en función del régimen (crítico/supercrítico, subcrítico o supercrítico) en que vaya el agua y las condiciones de salida que dependerán solo del tipo de régimen del agua (subcrítico o supercrítico).

**Tabla 47:** Condiciones de contorno en IBER

<b>Condiciones de Contorno</b>	
<b>Entrada</b>	
Régimen	Critico/Supercrítico
Condición impuesta	Q=300.5 m <sup>3</sup> /s, 469.4 m <sup>3</sup> /s, 578.6 m <sup>3</sup> /s y 121.0 m <sup>3</sup> /s
<b>Salida</b>	
Régimen	Supercrítico/Critico
Condición impuesta	No es necesario imponer condición

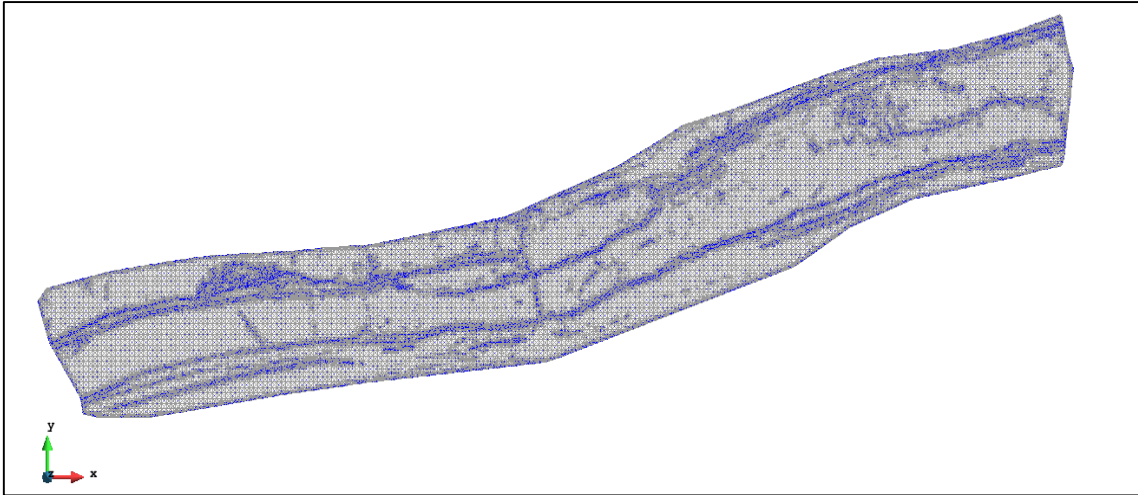
#### ***Discretización espacial o malla de cálculo***

Para resolver una ecuación diferencial por el método de volúmenes finitos es necesario realizar previamente una discretización espacial del dominio a estudiar. Para ello se divide el dominio de estudio en celdas de tamaño relativamente pequeño (malla de cálculo). Esta característica las hace especialmente indicadas para su utilización en hidráulica fluvial.

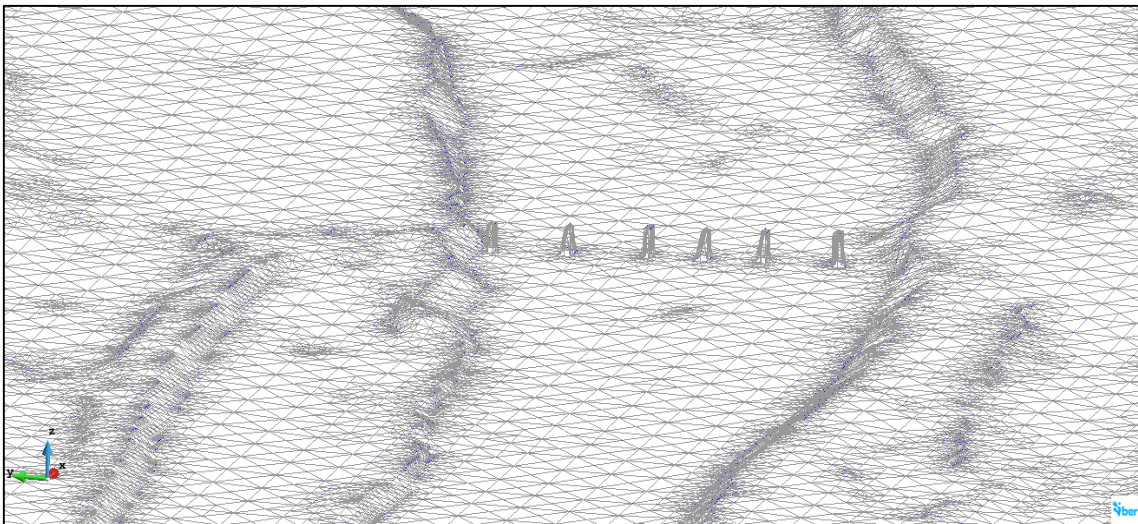
El tamaño de la malla fue de 0.1 x 0.1 m en la zona donde el cauce presente variaciones topográficas, así como en la zona de los pilares del puente, sin embargo, para el resto del cauce los lados máximos son de 10 x 10 m todo esto con el objetivo de obtener una representación exacta del mallado sobre el área del puente.

En la siguiente figura se puede observar la malla generada incluyendo las pilas del puente.





**Figura 64:** Malla generada



**Figura 65:** Malla generada con pilas de puente

***Rugosidad en el modelo***

Para ingresar los coeficientes de rugosidad al modelo en IBER, ha sido necesario la obtención de imágenes satélites del área de estudio y en base a su geomorfología se han clasificado por zonas o sectores los cuales han sido caracterizados mediante valores correspondientes a su coeficiente de rugosidad. La clasificación fue la siguiente:

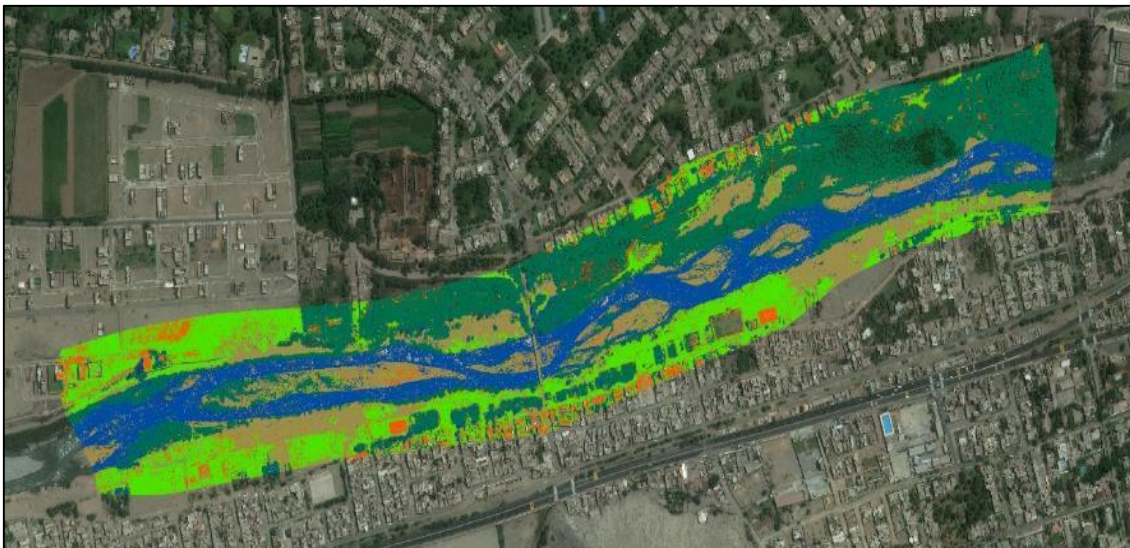
	1	Río
	2	Suelo desnudo
	3	Arbusto
	4	Vegetación dispersa
	5	Residencial

**Figura 66:** Clasificación de la geomorfología del cauce

Los coeficientes de rugosidad adaptados según la clasificación resultaron los siguientes:

- En cauce central (Río) : 0.040
- En llanuras (Suelo desnudo) : 0.045
- En poca vegetación (Arbustos) : 0.050
- En abundante vegetación (Vegetación dispersa) : 0.080
- En infraestructuras (Residencial) : 0.150

Estos términos son proporcionados por el mismo modelo Iber y la discretización de las diferentes rugosidades en el cauce se observa en el siguiente gráfico:



**Figura 67:** Discretización de las rugosidades en el cauce

Para la obtención del archivo de rugosidades se empleó el programa ArcGIS 10.0 la cual facilitó el proceso de fotointerpretación aplicada al cauce. El archivo de salida tiene la terminación (ascii).

### ***Resultados del modelo***

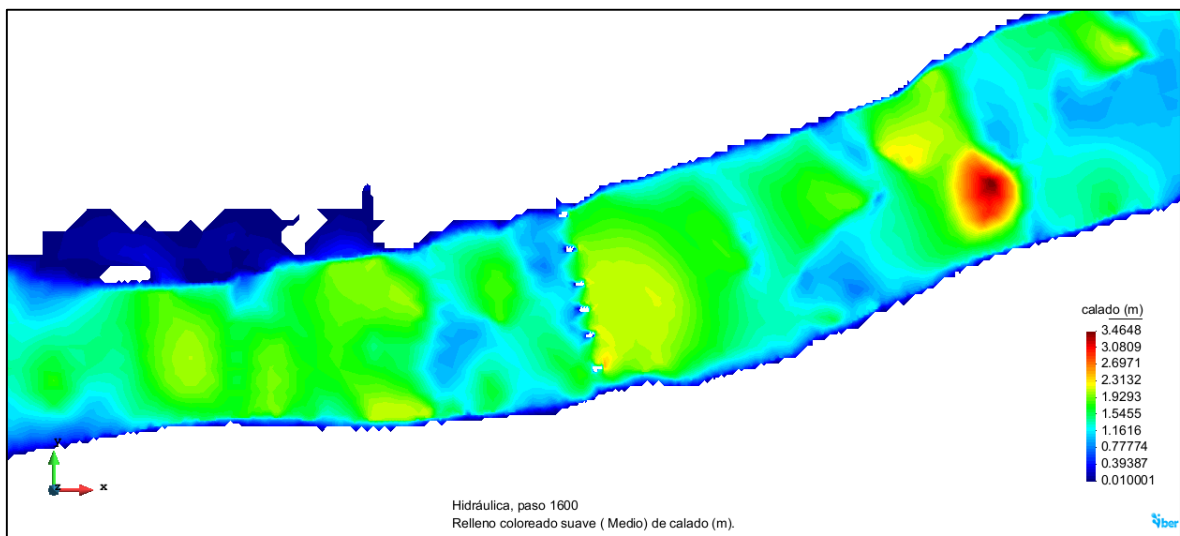
De los resultados de la modelación en Iber para el periodo de retorno de 100 años se observa un calado de 3.1 m ubicado aguas arriba y 2.1 m aguas abajo del puente Morón. Es evidente según el mapa de descarga específica que el flujo tiende hacia la margen derecha generando que las velocidades se incrementen aguas abajo del puente. La velocidad máxima para el periodo de retorno de 500 años aguas arriba del puente resultó en 3.4 m/s y en la salida de



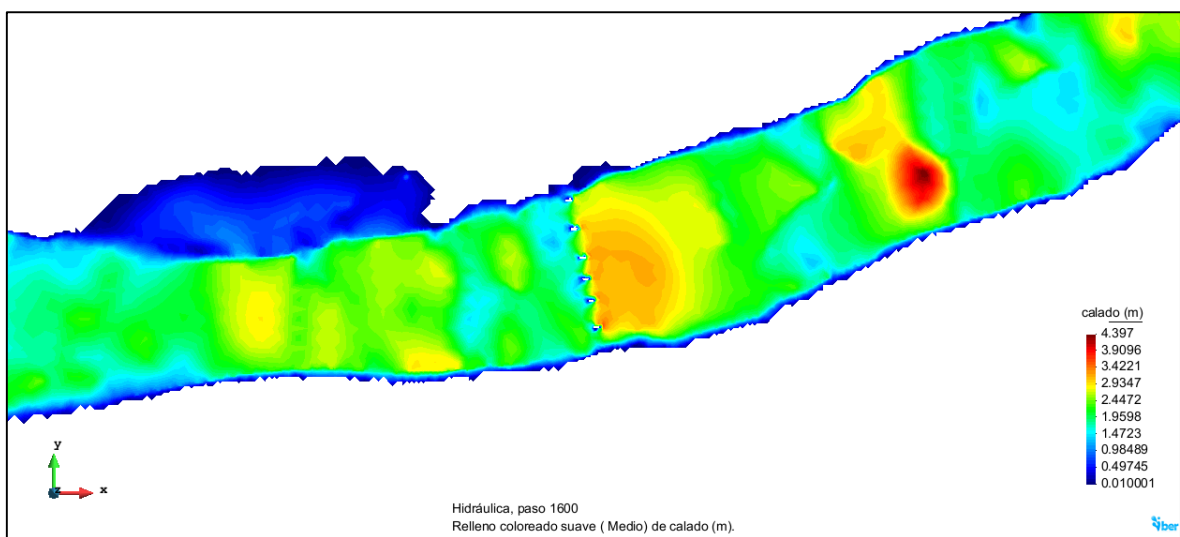
los pilares resulta en 6.2 m/s, este valor se aprecia especialmente a la salida de los pilares de la margen derecha.

**Tabla 48:** Calados y velocidades para Tr=10, 100, 500 años y 01/03/2013

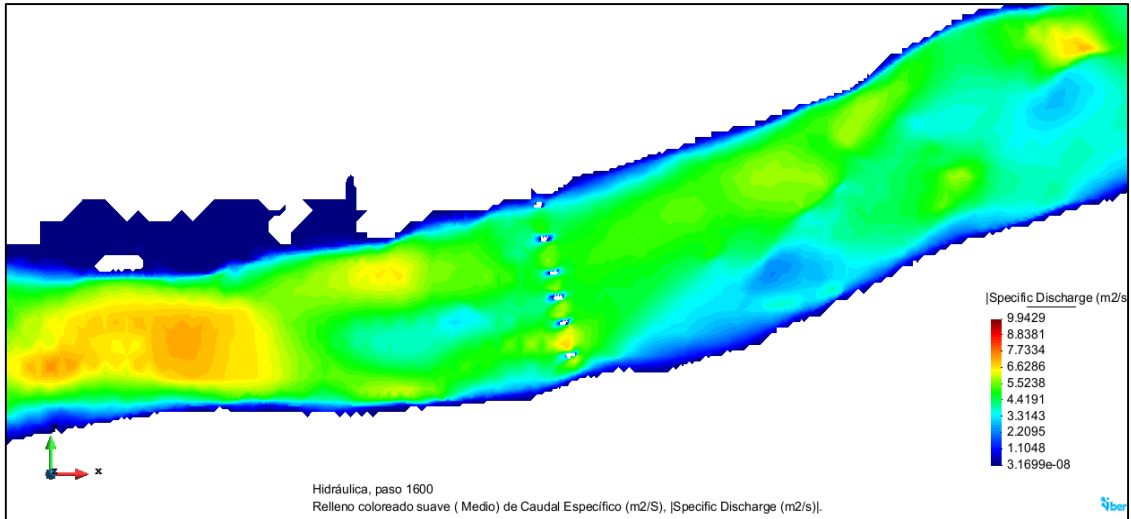
Parámetros obtenidos en la modelación								
Sector	Tr=10 años		Tr=100 años		Tr=500 años		1/03/2013	
	Calado (m)	Velocidad (m/s)	Calado (m)	Velocidad (m/s)	Calado (m)	Velocidad (m/s)	Calado (m)	Velocidad (m/s)
Aguas Arriba	2.1	2.5	3.1	3.3	3.3	3.4	1.5	2.2
Aguas Abajo	1.8	4.2	2.1	5.7	2.3	6.2	1.2	3.4



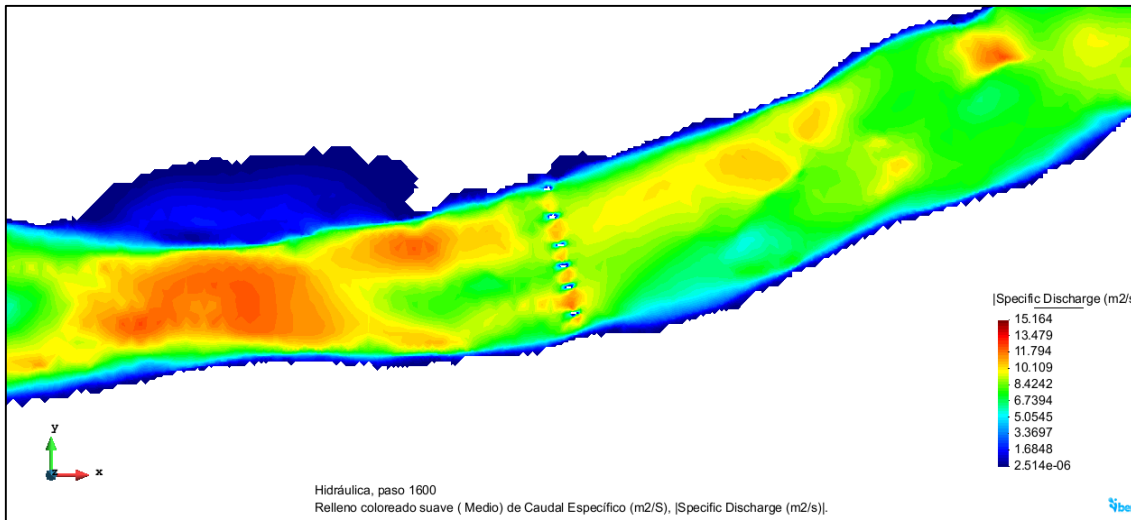
**Figura 68:** Mapa de calados Tr=10 años



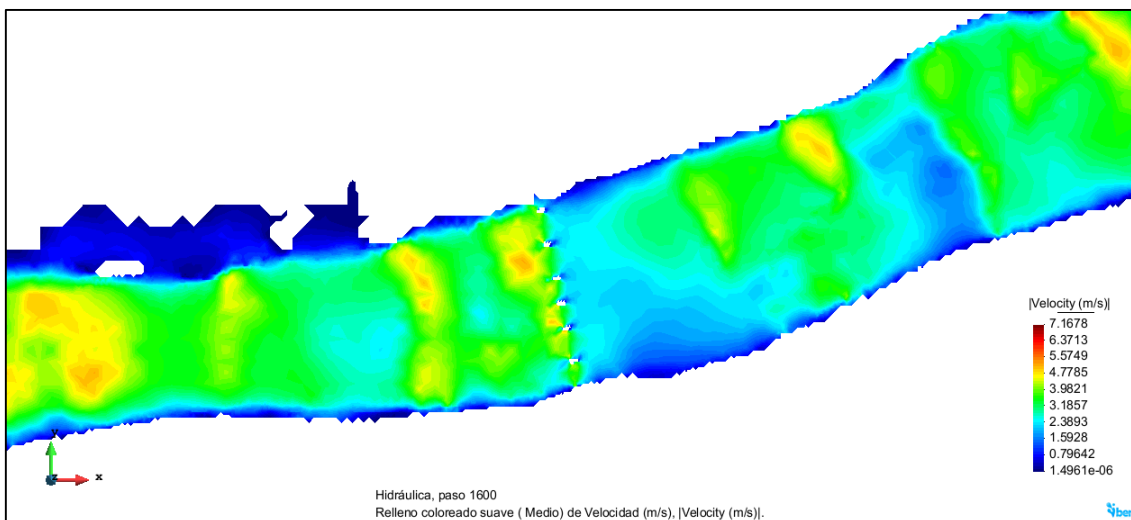
**Figura 69:** Mapa de calados Tr= 500 años



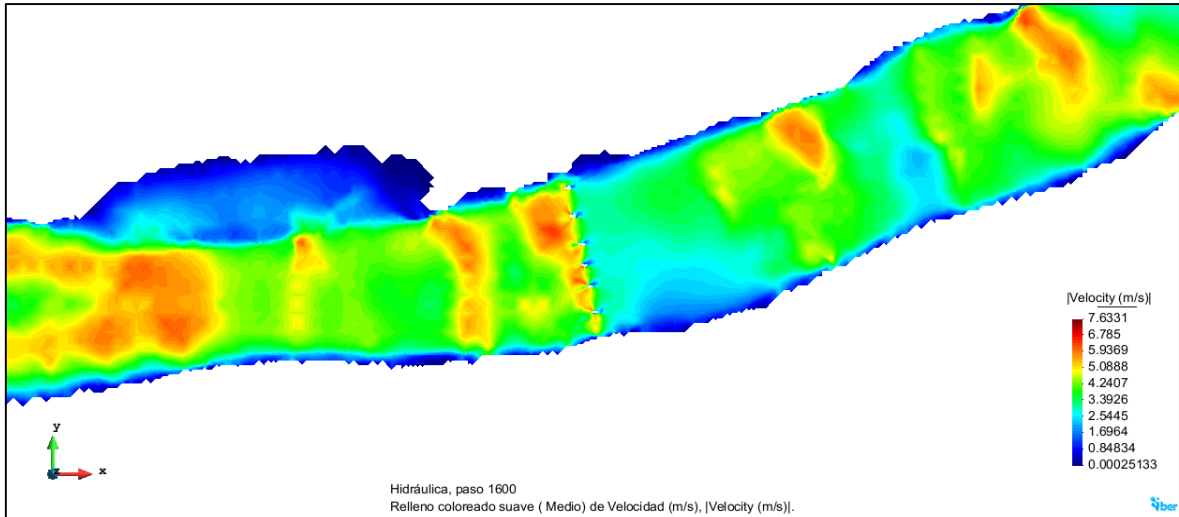
**Tabla 49:** Mapa de descarga especifica  $Tr=10$  años



**Tabla 50:** Mapa de descarga especifica  $Tr=500$  años



**Tabla 51:** Mapa de velocidades  $Tr=10$  años



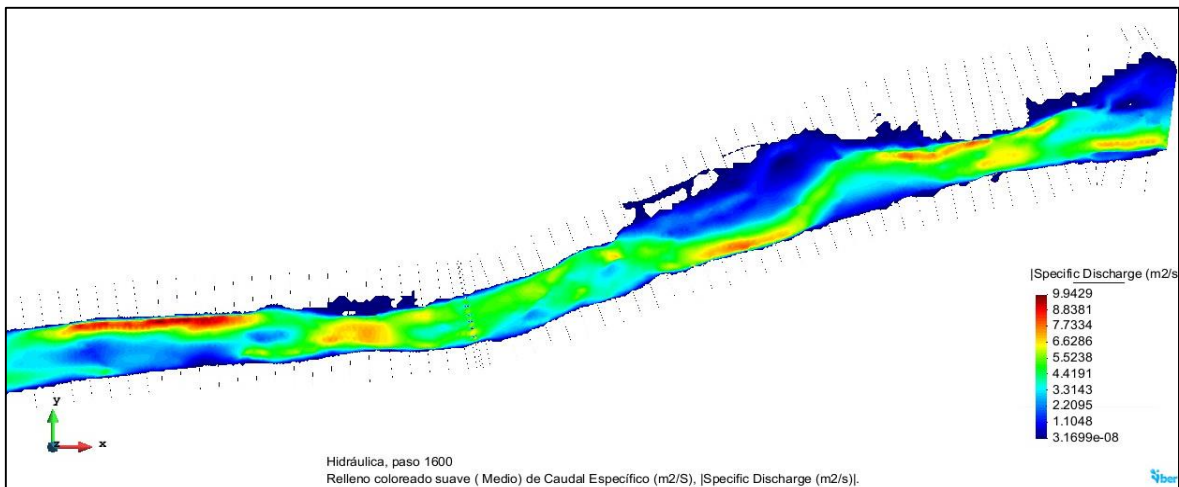
**Tabla 52:** Mapa de velocidades  $Tr= 500$  años

### 3.8 CÁLCULO DE LA SOCAVACIÓN

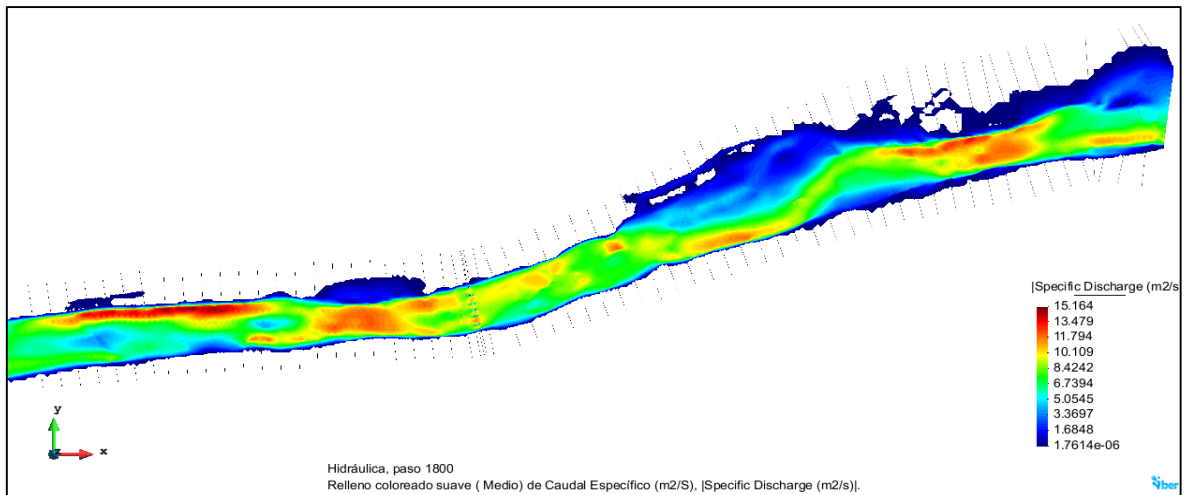
#### 3.8.1 Cálculo de la Socavación general ( $Tr=10$ y $500$ años)

- Método de Lischtvan – Levediev

La socavación ha sido evaluada para el periodo de retorno de 10 y 500 años que corresponde un caudal de 300.5 y 578.6  $m^3/s$  y los resultados obtenidos de la modelación con IBER se han agrupado según los valores de velocidad, calados y niveles de agua; sirviendo de ayuda las secciones transversales, quedando al cauce definido de la siguiente forma:



**Figura 70:** Secciones transversales en IBER  $Tr=10$  años



**Figura 71:** Secciones transversales en IBER Tr=500 años

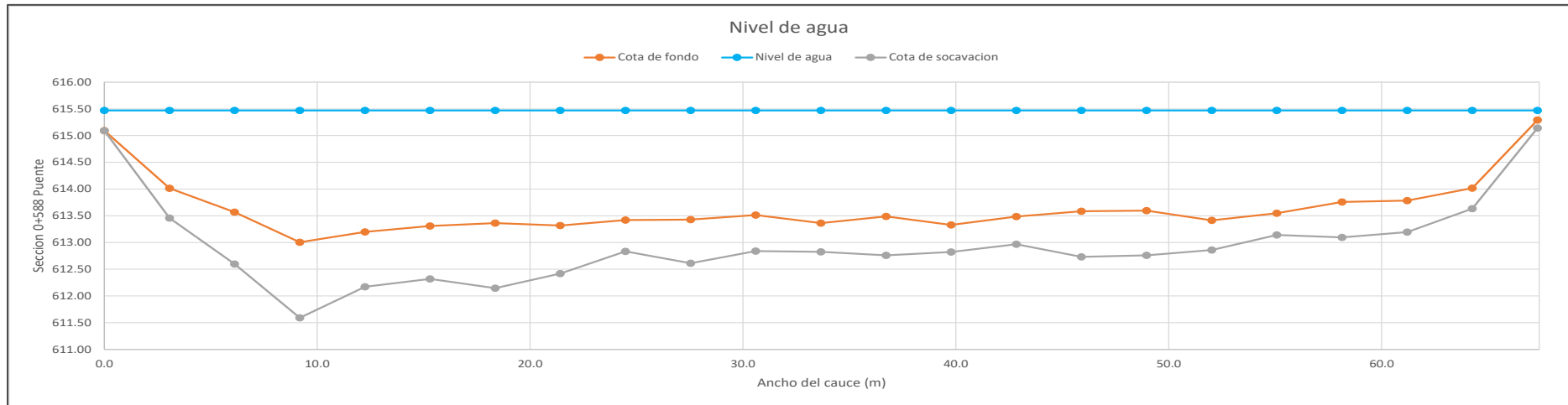
Las secciones transversales están enumeradas desde el PK: 1+525 separadas cada 25 m. El procedimiento para la obtención de los transversales ha sido mediante el método de las dovelas, el cual permite obtener la distribución de velocidades en cada sección y estas son de utilidad para la determinación de la profundidad de socavación. El cálculo de la socavación para la sección donde se ubica el puente para los periodos de retorno de 10 y 500 años se observa en la siguiente tabla:

CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL																	
<b>METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV</b>																	
Caudal de diseño:		Q	300.50 m3/s														
Periodo de retorno:		Tr	10.00 años														
Diametro medio:		dm	123.63 mm														
Seccion:		0+588 Puente															
Coeficiente que depende del Tr:		$\beta$	0.89														
Exponente variable en funcion del dm:		X	0.27														
Coeficiente exponencial:		$1/(1+X)$	0.79														
Ancho promedio de la seccion:		L	67.32 m														
Coeficiente de contracción:		$\mu$	1.00 ( $\mu = 1$ , sí no hay obstaculos como estribos o pilares)														
ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m2)	Caudal (m3/s)	$\alpha$ (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.38	615.47	615.09	1.78	0.00											615.09
2	3.1	1.46	615.47	614.02	2.41	3.06	1.46	2.09	3.06	0.92	2.80	5.87	3.04	2.01	1.46	0.56	613.46
3	6.1	1.90	615.47	613.57	2.84	3.06	1.90	2.63	3.06	1.68	5.14	13.50	3.05	2.87	1.90	0.97	612.60
4	9.2	2.47	615.47	613.00	2.55	3.06	2.47	2.70	3.06	2.19	6.69	18.02	2.89	3.88	2.47	1.41	611.59
5	12.2	2.27	615.47	613.20	2.28	3.06	2.47	2.41	3.06	2.37	7.25	17.50	2.53	3.49	2.47	1.03	612.17
6	15.3	2.16	615.47	613.31	2.71	3.06	2.27	2.49	3.06	2.22	6.78	16.91	2.66	3.26	2.27	0.99	612.32
7	18.4	2.11	615.47	613.36	2.90	3.06	2.16	2.81	3.06	2.13	6.53	18.32	3.03	3.38	2.16	1.22	612.14
8	21.4	2.15	615.47	613.32	2.05	3.06	2.15	2.48	3.06	2.13	6.52	16.14	2.67	3.05	2.15	0.90	612.42
9	24.5	2.05	615.47	613.42	2.26	3.06	2.15	2.15	3.06	2.10	6.43	13.85	2.33	2.74	2.15	0.59	612.83
10	27.5	2.04	615.47	613.43	2.65	3.06	2.05	2.45	3.06	2.05	6.26	15.36	2.68	2.87	2.05	0.82	612.61
11	30.6	1.96	615.47	613.51	1.94	3.06	2.04	2.29	3.06	2.00	6.12	14.02	2.52	2.72	2.04	0.67	612.84
12	33.7	2.11	615.47	613.36	2.29	3.06	2.11	2.11	3.06	2.03	6.22	13.13	2.31	2.64	2.11	0.54	612.83
13	36.7	1.98	615.47	613.49	2.34	3.06	2.11	2.31	3.06	2.05	6.26	14.47	2.53	2.84	2.11	0.73	612.76
14	39.8	2.14	615.47	613.33	1.80	3.06	2.14	2.07	3.06	2.06	6.31	13.06	2.26	2.65	2.14	0.51	612.82
15	42.8	1.99	615.47	613.49	2.36	3.06	2.14	2.08	3.06	2.06	6.32	13.14	2.27	2.66	2.14	0.52	612.97
16	45.9	1.89	615.47	613.59	2.67	3.06	1.99	2.52	3.06	1.94	5.92	14.91	2.80	2.84	1.99	0.85	612.73
17	49.0	1.87	615.47	613.60	2.49	3.06	1.89	2.58	3.06	1.88	5.75	14.84	2.89	2.72	1.89	0.84	612.76
18	52.0	2.06	615.47	613.41	1.81	3.06	2.06	2.15	3.06	1.96	6.01	12.90	2.37	2.61	2.06	0.56	612.86
19	55.1	1.92	615.47	613.55	2.19	3.06	2.06	2.00	3.06	1.99	6.09	12.17	2.20	2.46	2.06	0.41	613.14
20	58.1	1.71	615.47	613.76	2.44	3.06	1.92	2.32	3.06	1.82	5.56	12.88	2.62	2.59	1.92	0.66	613.09
21	61.2	1.69	615.47	613.78	2.31	3.06	1.71	2.37	3.06	1.70	5.20	12.34	2.74	2.30	1.71	0.59	613.19
22	64.3	1.45	615.47	614.02	1.84	3.06	1.69	2.07	3.06	1.57	4.81	9.97	2.46	2.07	1.69	0.38	613.63
23	67.3	0.18	615.47	615.29	1.15	3.06	1.45	1.50	3.06	0.82	2.50	3.74	2.28	1.61	1.45	0.15	615.14
<b>Min</b>		<b>0.18</b>	<b>615.47</b>	<b>613.00</b>	<b>1.15</b>	<b>0.00</b>	<b>1.45</b>	<b>1.50</b>	<b>3.06</b>	<b>0.82</b>	<b>2.50</b>	<b>3.74</b>	<b>2.20</b>	<b>1.61</b>	<b>1.45</b>	<b>0.15</b>	<b>615.14</b>
<b>Max</b>		<b>2.47</b>	<b>615.47</b>	<b>615.29</b>	<b>2.90</b>	<b>3.06</b>	<b>2.47</b>	<b>2.81</b>	<b>3.06</b>	<b>2.37</b>	<b>7.25</b>	<b>18.32</b>	<b>3.05</b>	<b>3.88</b>	<b>2.47</b>	<b>1.41</b>	<b>615.14</b>
<b>Media</b>		<b>1.82</b>	<b>615.47</b>	<b>613.65</b>	<b>2.26</b>	<b>2.93</b>	<b>2.02</b>	<b>2.30</b>	<b>3.06</b>	<b>1.89</b>	<b>5.79</b>	<b>13.50</b>	<b>2.60</b>	<b>2.74</b>	<b>2.02</b>	<b>0.72</b>	<b>612.96</b>

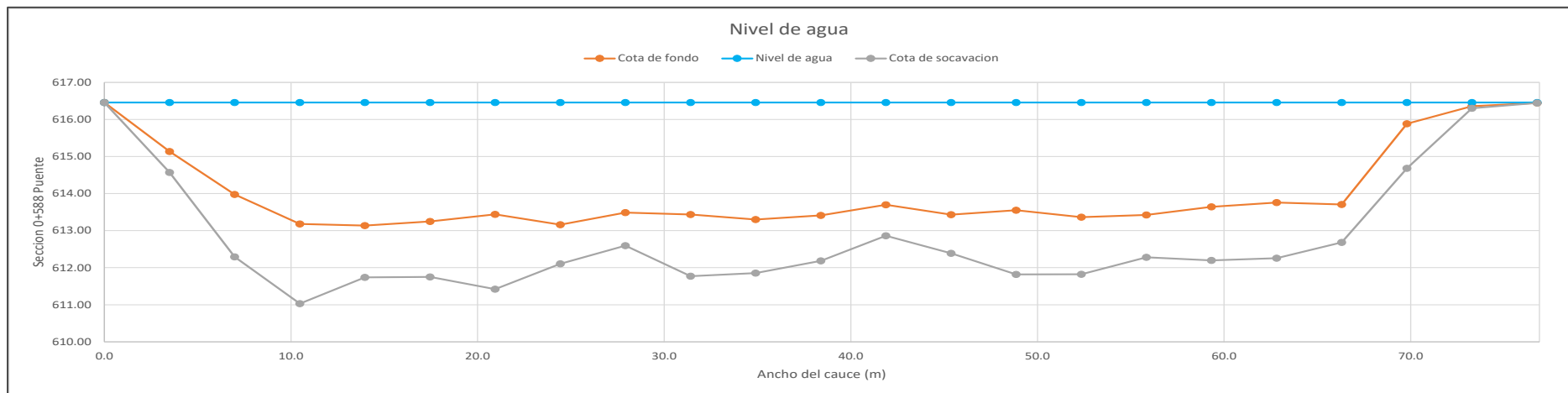
Figura 72: Cálculo de la profundidad de socavación Tr=10 años.

CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL																	
<b>METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV</b>																	
Caudal de diseño:		Q	578.60 m3/s														
Periodo de retorno:		Tr	500.00 años														
Diametro medio:		dm	123.63 mm														
Seccion:		0+588 Puente															
Coeficiente que depende del Tr:		$\beta$	1.06														
Exponente variable en funcion del dm:		X	0.27														
Coeficiente exponencial:		$1/(1+X)$	0.79														
Ancho promedio de la seccion:		L	76.78 m														
Coeficiente de contracción:		$\mu$	1.00 ( $\mu = 1$ , sí no hay obstaculos como estribos o pilares)														
ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m2)	Caudal (m3/s)	$\alpha$ (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.00	616.46	616.46	1.53	0.00											616.46
2	3.5	1.32	616.46	615.13	3.23	3.49	1.32	2.38	3.49	0.66	2.31	5.50	3.88	1.89	1.32	0.56	614.57
3	7.0	2.48	616.46	613.98	3.76	3.49	2.48	3.50	3.49	1.90	6.64	23.21	3.72	4.17	2.48	1.69	612.29
4	10.5	3.28	616.46	613.18	3.15	3.49	3.28	3.46	3.49	2.88	10.05	34.74	3.27	5.43	3.28	2.15	611.03
5	14.0	3.32	616.46	613.14	2.71	3.49	3.32	2.93	3.49	3.30	11.51	33.72	2.68	4.72	3.32	1.40	611.74
6	17.5	3.21	616.46	613.25	3.29	3.49	3.32	3.00	3.49	3.26	11.39	34.19	2.75	4.82	3.32	1.50	611.75
7	20.9	3.02	616.46	613.44	3.67	3.49	3.21	3.48	3.49	3.11	10.87	37.85	3.23	5.23	3.21	2.02	611.42
8	24.4	3.30	616.46	613.16	1.62	3.49	3.30	2.65	3.49	3.16	11.02	29.18	2.45	4.35	3.30	1.06	612.10
9	27.9	2.97	616.46	613.49	3.41	3.49	3.30	2.52	3.49	3.13	10.94	27.53	2.33	4.19	3.30	0.89	612.59
10	31.4	3.02	616.46	613.44	3.23	3.49	3.02	3.32	3.49	3.00	10.46	34.73	3.11	4.69	3.02	1.67	611.77
11	34.9	3.16	616.46	613.30	2.84	3.49	3.16	3.04	3.49	3.09	10.79	32.75	2.82	4.60	3.16	1.45	611.85
12	38.4	3.05	616.46	613.41	2.88	3.49	3.16	2.86	3.49	3.10	10.83	30.96	2.66	4.39	3.16	1.23	612.18
13	41.9	2.76	616.46	613.70	2.24	3.49	3.05	2.56	3.49	2.90	10.13	25.93	2.42	3.88	3.05	0.84	612.86
14	45.4	3.03	616.46	613.43	3.25	3.49	3.03	2.75	3.49	2.89	10.09	27.73	2.60	4.07	3.03	1.05	612.39
15	48.9	2.91	616.46	613.55	3.49	3.49	3.03	3.37	3.49	2.97	10.35	34.87	3.16	4.76	3.03	1.73	611.82
16	52.4	3.10	616.46	613.36	2.80	3.49	3.10	3.15	3.49	3.00	10.47	32.95	2.95	4.64	3.10	1.54	611.82
17	55.8	3.03	616.46	613.42	2.84	3.49	3.10	2.82	3.49	3.07	10.70	30.19	2.63	4.24	3.10	1.14	612.28
18	59.3	2.81	616.46	613.64	3.35	3.49	3.03	3.10	3.49	2.92	10.21	31.61	2.92	4.48	3.03	1.45	612.20
19	62.8	2.70	616.46	613.76	3.24	3.49	2.81	3.29	3.49	2.76	9.62	31.70	3.15	4.32	2.81	1.50	612.26
20	66.3	2.75	616.46	613.71	2.51	3.49	2.75	2.87	3.49	2.73	9.52	27.36	2.76	3.77	2.75	1.02	612.68
21	69.8	0.57	616.46	615.88	2.75	3.49	2.75	2.63	3.49	1.66	5.81	15.27	2.93	3.95	2.75	1.20	614.68
22	73.3	0.10	616.46	616.36	0.59	3.49	0.57	1.67	3.49	0.34	1.18	1.97	3.87	0.63	0.57	0.06	616.30
23	76.8	0.01	616.46	616.44	0.22	3.49	0.10	0.41	3.49	0.06	0.20	0.08	2.79	0.05	0.10	0.00	616.44
<b>Min</b>		<b>0.00</b>	<b>616.46</b>	<b>613.14</b>	<b>0.22</b>	<b>0.00</b>	<b>0.10</b>	<b>0.41</b>	<b>3.49</b>	<b>0.06</b>	<b>0.20</b>	<b>0.08</b>	<b>2.33</b>	<b>0.05</b>	<b>0.10</b>	<b>0.00</b>	<b>611.03</b>
<b>Max</b>		<b>3.32</b>	<b>616.46</b>	<b>616.46</b>	<b>3.76</b>	<b>3.49</b>	<b>3.32</b>	<b>3.50</b>	<b>3.49</b>	<b>3.30</b>	<b>11.51</b>	<b>37.85</b>	<b>3.88</b>	<b>5.43</b>	<b>3.32</b>	<b>2.15</b>	<b>616.46</b>
<b>Media</b>		<b>2.43</b>	<b>616.46</b>	<b>614.03</b>	<b>2.72</b>	<b>3.34</b>	<b>2.74</b>	<b>2.81</b>	<b>3.49</b>	<b>2.54</b>	<b>8.87</b>	<b>26.55</b>	<b>2.96</b>	<b>3.97</b>	<b>2.74</b>	<b>1.23</b>	<b>612.85</b>

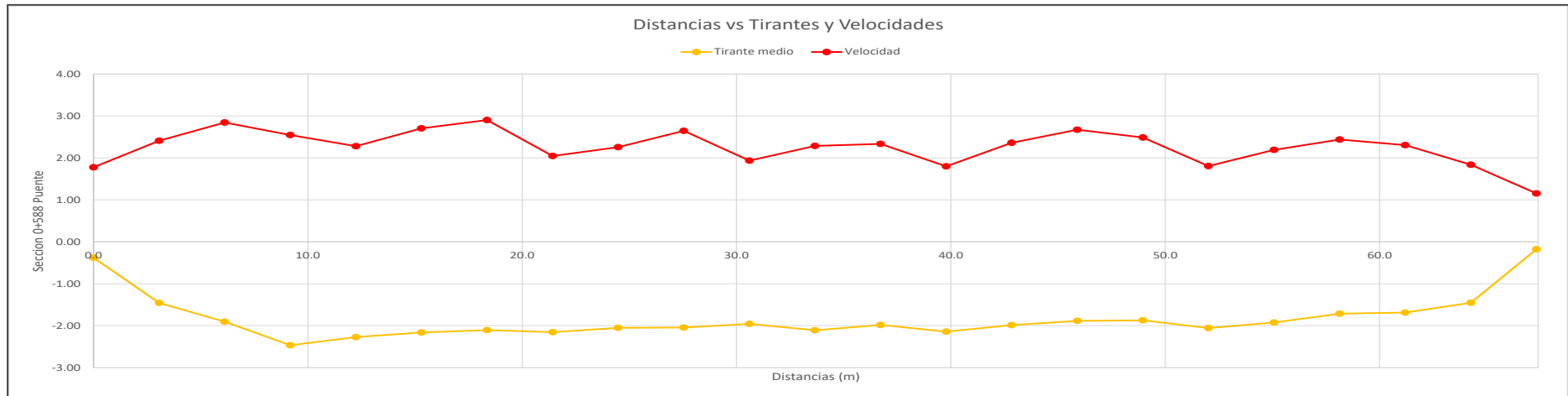
Figura 73: Cálculo de la profundidad de socavación Tr=500 años



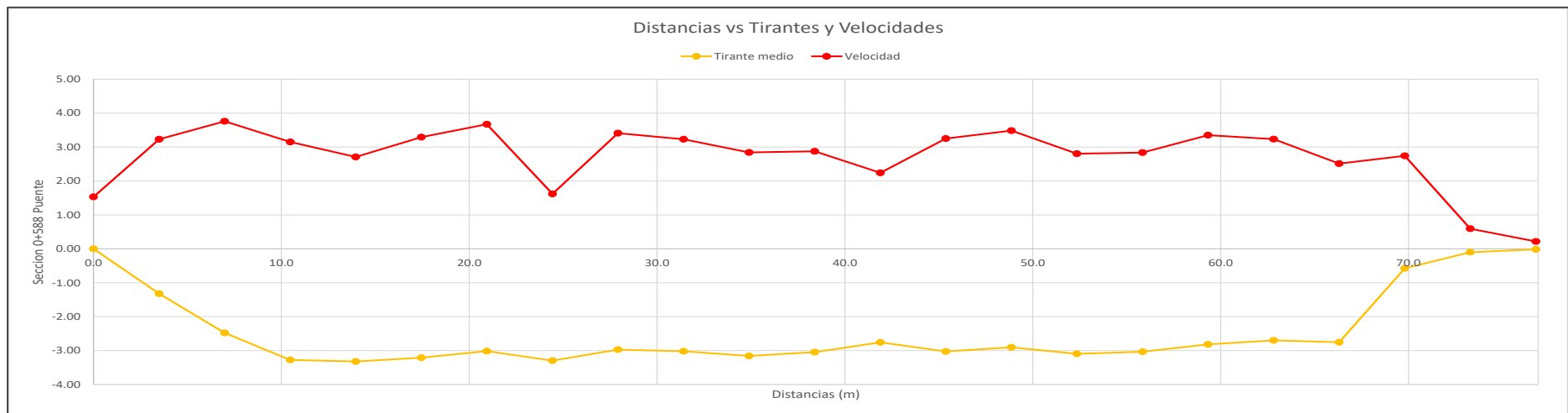
**Figura 74:** Cota de socavación en sección transversal 0+588 Puente Tr=10años



**Figura 75:** Cota de socavación en sección transversal 0+588 Puente Tr=500 años



**Figura 76:** Perfil de velocidades en sección transversal 0+588 Puente Tr=10 años



**Figura 77:** Perfil de velocidades en sección transversal 0+588 Puente Tr=500 años



Se ha realizado el cálculo de la socavación para cada sección transversal con el objetivo de observar los valores mínimos, medios y máximos que puedan presentarse en el cauce, por lo que se ha generado la siguiente tabla resumen:

**Tabla 53:** Valores obtenidos de la profundidad de socavación Tr=10 años

<b>Variables</b>	<b>Socavación Mínima (m)</b>	<b>Socavación Media (m)</b>	<b>Socavación Máxima (m)</b>
<b>0+600</b>	0.00	0.55	0.81
<b>0+588 Puente</b>	0.15	0.72	1.41
<b>0+584</b>	0.47	<b>1.39</b>	<b>2.45</b>

**Tabla 54:** Valores obtenidos de la profundidad de socavación Tr=500 años

<b>Variables</b>	<b>Socavación Mínima (m)</b>	<b>Socavación Media (m)</b>	<b>Socavación Máxima (m)</b>
<b>0+600</b>	0.00	0.97	1.48
<b>0+588 Puente</b>	0.00	1.23	2.15
<b>0+584</b>	0.40	<b>1.74</b>	<b>2.68</b>

Del cuadro anterior podemos concluir que en el sector del puente se ha obtenido el valor máximo de socavación media de 1.4 m y 1.7 m para el periodo de retorno de 10 y 500 años respectivamente y un valor de socavación máxima que varía entre 2.5 a 2.7 m; por tanto, para la obtención de la socavación total se tendrá que agregar el valor resultante de la socavación local el cual se detalla en el siguiente capítulo. Sin embargo, de los cálculos realizados también se obtuvieron valores de socavación superiores al valor obtenido en el puente, en este caso nos restringimos la elección de estos debido a que nuestro objetivo es el puente.

Para el caso de la determinación de la profundidad de socavación de otras estructuras como son las protecciones ribereñas; si son de importancia los valores obtenidos en cada sección transversal, por lo que está a criterio del diseñador elegir el valor de socavación media o máxima sin necesidad de aplicar un factor de corrección ya que el modelo bidimensional nos presenta valores muy cercanos a la realidad.

### 3.8.2 Cálculo de la Socavación local (Tr=10 y 500 años)

El cálculo de la socavación local se ha realizado teniendo presente los métodos que parten de resultados de modelos físicos como también formulaciones empíricas realizadas por diferentes autores. A continuación, se observan los resultados obtenidos por los diferentes métodos:

**Tabla 55:** Resumen de los resultados obtenidos de la socavación local

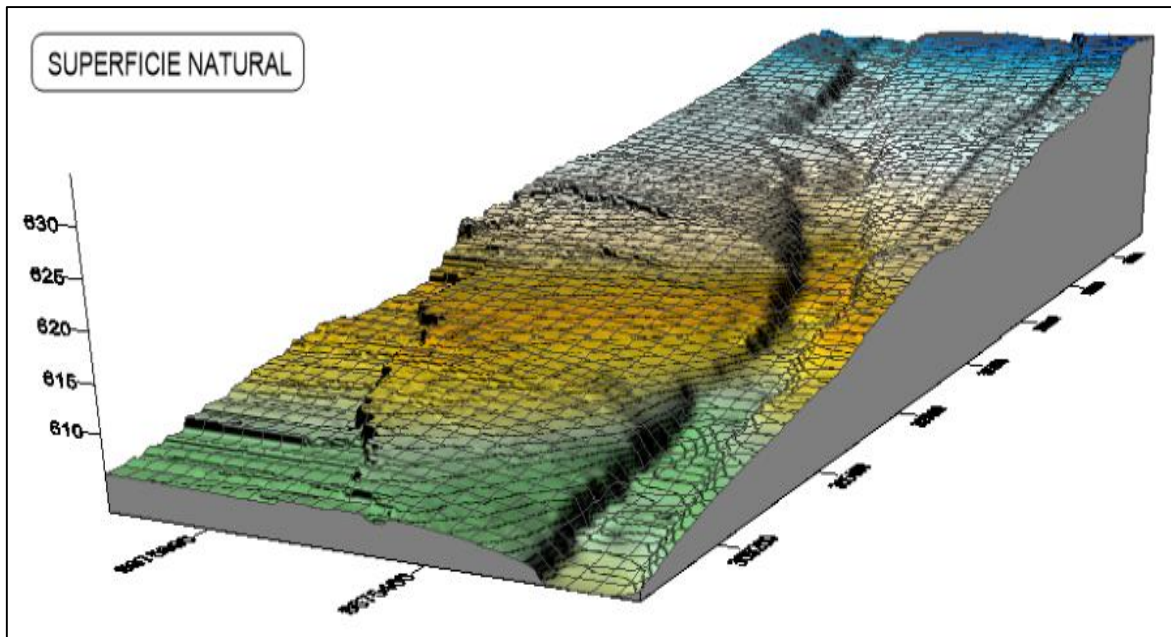
<b>Socavacion local en pilas</b>		<b>Tr=10 años</b>	<b>Tr=500 años</b>
1	Método de Laursen y Toch (1953,1956) (*)	2.6	2.6
2	Método de Neill (1964)	2.0	2.4
3	Método de Larras (1963)	1.7	1.7
4	Método de Arunachalam (1965,1967)	3.5	4.3
5	Método de Maza-Sánchez (1968) (*)	2.3	2.5
6	Método de Breusers, Nicollet y Shen (1977)	1.7	1.7
7	Método de Froehlich (1991) (*)	1.9	2.0
8	Método de la Universidad Estatal de Colorado (*)	2.1	2.4
9	Método de Yaroslavtziev (1969) (*)	1.2	2.6
10	Método de Jain y Fisher (1979)	2.7	3.3
11	Método de Flores - Aguirre pe (1977)	0.5	0.5
12	Método de Melville y Sutherland (1988)	1.5	1.8
13	Método de León (2000)	1.0	1.1
14	Método de la Universidad de Auckland (1990)	0.7	0.7
15	Método de Sheppard y Miller (2006)	1.4	1.6
16	Método Chino Simplificado (1996)	1.0	1.2
17	Método de Froehlich (1996)	0.6	0.8
18	Método de la ecuación de diseño de Froehlich (1996)	1.8	2.0
19	Método Hec-18/Ecuación de Jones (1996)	1.7	2.2
20	Método Hec-18/Ecuación de Mueller (1996)	1.1	1.4

(\*) Métodos más usados en Latinoamérica.

### 3.8.3 Esquema Conceptual del cambio morfológico

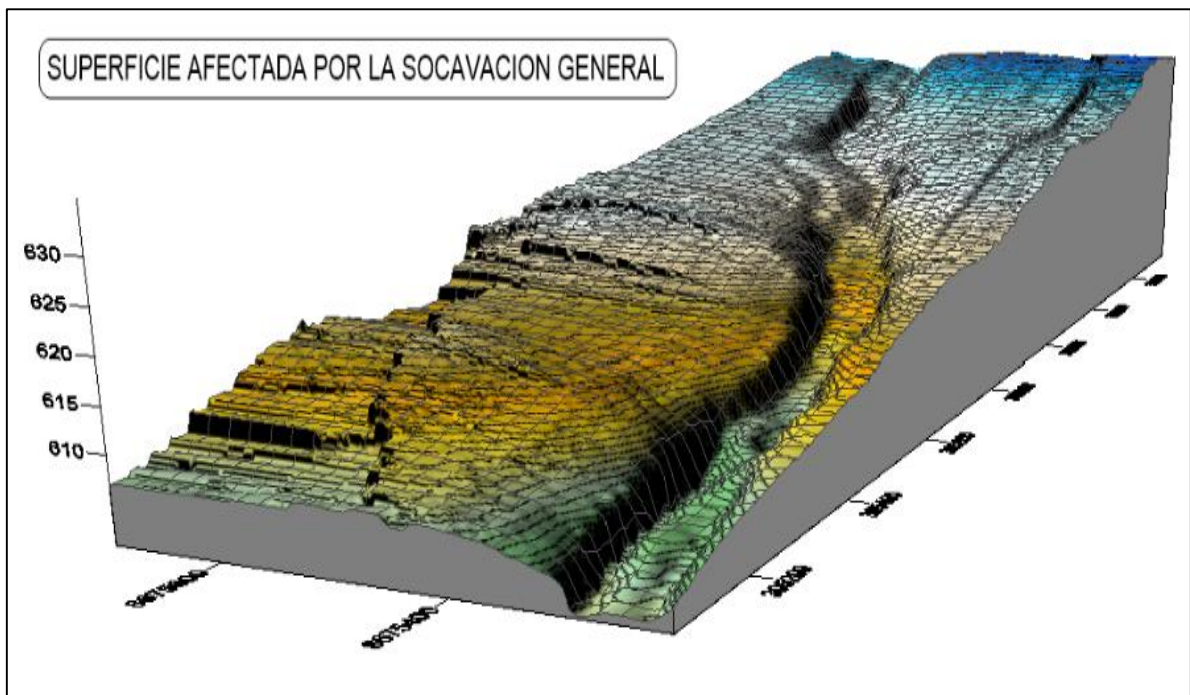
Para representar gráficamente el cambio morfológico del cauce debido a la socavación presentada en el tramo evaluado, se ha trabajado con el software SURFER 10 que permitió realizar un esquema conceptual en tres dimensiones.

En el primer gráfico se puede observar la superficie natural del tramo evaluado del río Rímac. SURFER permite clasificar a la superficie de terreno en sectores diferenciados por colores que dependen de su altitud.



**Figura 78:** Cambio Morfológico conceptual del cauce natural

En el segundo gráfico se ha representado a la superficie afectada por la socavación. Los cambios son notorios mostrando que la sombra proyectada en el cauce evidencia que el lecho de río ha sido modificado. Los resultados presentados permitirán tener una interpretación gráfica de los procesos erosivos que ocurran durante una avenida extraordinaria.



Cambio Morfológico conceptual del cauce socavado

En el siguiente capítulo se realizará la discusión de los resultados obtenidos entre ambos modelos numéricos y como resumen se describirá la metodología a seguir para el cálculo de la socavación. Es importante para este tipo de estudios, el desarrollo de los componentes hidrológicos, producción de sedimentos, morfología fluvial, estabilidad del cauce, transporte de sedimentos, modelación numérica y socavación.

## IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1 OBTENCIÓN DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS EN IBER

La socavación general se ha realizado empleando el método de Lischvan-Levediev y juntamente con el método de las dovelas permitirá evaluar en cada sección transversal el cambio morfológico que dependerá de cada perfil de velocidad. Los resultados de la profundidad de socavación parten desde los valores que arroja el modelo numérico IBER que son calados o tirantes, velocidades y niveles de agua y el procedimiento para la obtención de valores en IBER se realiza con el siguiente comando en postproceso:

*Ver resultados > Gráficos > Gráficos de Línea > Calado, Velocidad o cota de agua.*

Y el proceso a seguir para el cálculo de la socavación una vez obtenidos estos valores ha sido el siguiente:

- Paso 1: Copiar los valores que se obtienen y pegar los resultados de calado, velocidad y niveles de agua en la **Tabla 1** de la hoja de cálculo con nombre: **Anexo\_11 Socavación 10 años.xls** y: **Anexo\_12 Socavación 500 años.xls**

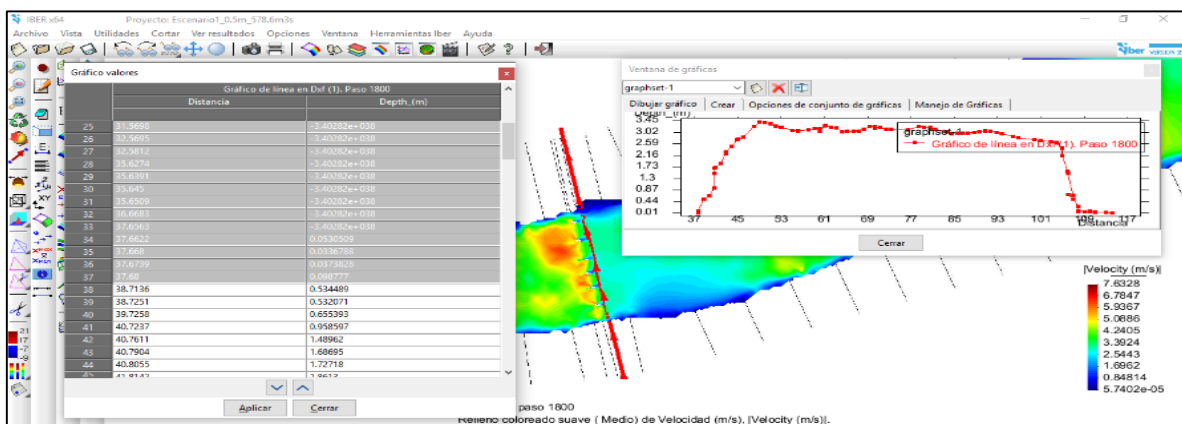


Figura 79: Paso 1

- Paso 2: Copiar solo los valores positivos (Distancia vs Depth, Velocity y Water Elevation) debido a que IBER arroja valores negativos en los lugares donde no se han obtenido resultados. Los valores positivos pegarlos en la **Tabla 2** de la hoja de cálculo con nombre: **Anexo\_11 Socavación 10 años.xls** y: **Anexo\_12 Socavación 500 años.xls**
- Paso 3: Con la distancia final obtenida que depende del ancho del cauce, fijar el intervalo en la **Tabla 3** de la hoja de cálculo con nombre: **Anexo\_11 Socavación 10 años.xls** y: **Anexo\_12 Socavación 500 años.xls** para obtener el ancho requerido.

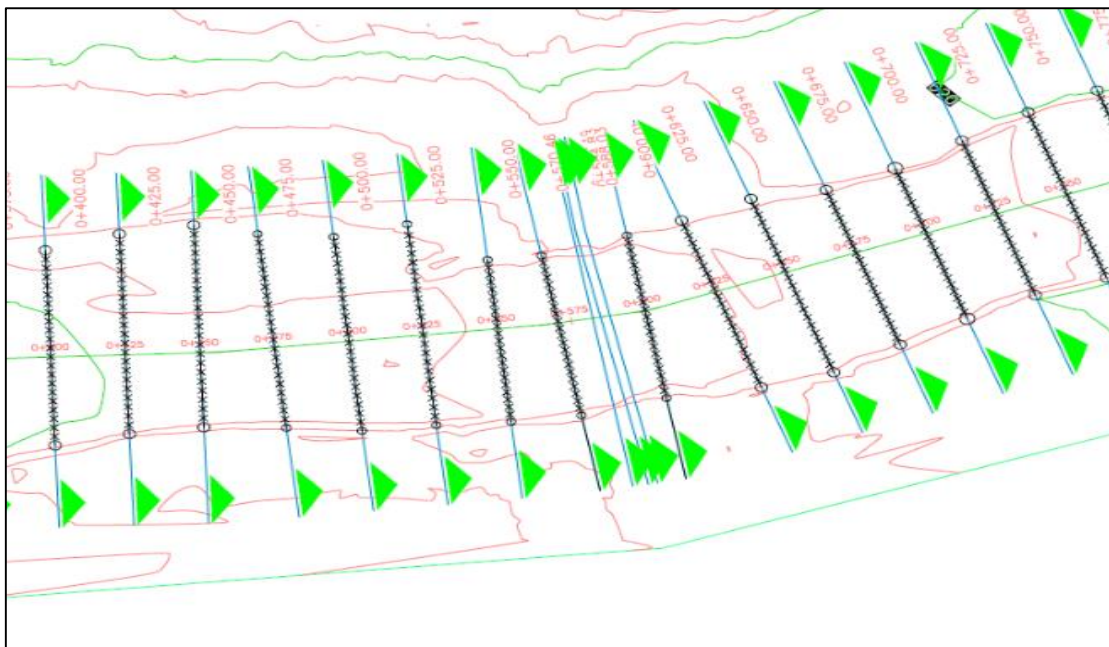
TABLA 2 - PREPROCESO PARA EL CALCULO DE DISTANCIAS											
Distancia (m)	Δ (m)	Posicion (m)	Calado (m)	Distancia (m)	Δ (m)	Posicion (m) / velocidad (m/s)	Distancia (m)	Δ (m)	Posicion (m) / de agua (msnm)		
0.0		107.42	0.18	0.0		107.30	0.93	0.0	117.24	603.45	
0.0	0.00	107.43	0.18	0.0	0.00	107.30	0.93	0.0	0.01	117.25	603.44
0.0	0.02	107.45	0.24	1.0	1.01	108.32	0.95	0.0	0.01	117.26	603.44
4.2	4.16	111.61	0.76	1.0	0.00	108.32	0.96	2.1	2.08	119.34	603.44
4.2	0.02	111.62	0.78	3.1	2.12	110.44	1.46	4.2	2.07	121.41	603.44
4.2	0.00	111.63	0.78	3.1	0.00	110.45	1.45	4.2	0.02	121.43	603.44
4.2	0.01	111.63	0.80	4.2	1.04	111.49	1.85	4.2	0.00	121.44	603.44
6.2	2.01	113.65	1.12	5.2	1.01	112.50	2.20	6.2	2.01	123.45	603.45
7.2	1.01	114.66	1.20	5.2	0.00	112.51	2.21	7.2	1.01	124.46	603.45
8.2	0.99	115.65	1.22	6.2	1.00	113.51	2.51	8.2	0.99	125.45	603.45
8.2	0.01	115.66	1.23	7.2	0.99	114.50	2.57	8.2	0.00	125.45	603.45
11.2	2.98	118.64	1.30	8.2	1.00	115.50	2.70	11.2	3.00	128.45	603.47
11.2	0.02	118.66	1.30	8.2	0.00	115.51	2.70	11.2	0.02	128.46	603.47
13.2	1.98	120.64	1.32	10.2	2.00	117.51	2.76	14.2	2.98	131.45	603.47
13.2	0.01	120.65	1.32	14.2	3.98	121.48	2.85	14.2	0.01	131.45	603.47
16.2	2.99	123.64	1.38	14.2	0.01	121.49	2.85	16.2	2.00	133.45	603.49
16.2	0.01	123.65	1.38	16.2	1.99	123.48	2.86	16.2	0.00	133.46	603.49
18.2	1.98	125.63	1.40	16.2	0.01	123.49	2.86	18.2	2.00	135.45	603.50
23.2	4.98	130.62	1.42	17.2	0.99	124.48	2.88	18.2	0.00	135.46	603.49
23.2	0.03	130.64	1.42	17.2	0.02	124.50	2.88	23.2	4.98	140.44	603.51
24.2	1.00	131.64	1.42	23.2	5.98	130.48	2.72	23.2	0.01	140.45	603.51
25.2	0.99	132.63	1.43	24.2	0.99	131.47	2.71	24.2	0.99	141.44	603.52
25.2	0.02	132.64	1.43	25.2	0.99	132.45	2.68	24.2	0.01	141.44	603.52
32.2	6.97	139.62	1.46	24.2	-0.98	131.48	2.68	25.2	1.00	142.44	603.52
32.2	0.00	139.62	1.46	27.2	2.98	134.46	2.59	25.2	0.00	142.45	603.52
32.2	0.00	139.63	1.46	31.2	3.99	138.45	2.44	32.2	6.98	149.43	603.57
39.2	6.99	146.62	1.48	31.2	0.00	138.46	2.44	32.2	0.00	149.43	603.57
40.2	1.00	147.61	1.47	32.1	0.99	139.45	2.42	32.2	0.00	149.44	603.57
40.2	0.01	147.62	1.47	33.1	0.99	140.43	2.42	32.2	0.00	149.44	603.57
41.2	1.00	148.62	1.47	32.2	-0.98	139.46	2.42	33.2	1.00	150.43	603.57
41.2	0.03	148.65	1.47	33.1	0.99	140.44	2.42	39.2	6.00	156.43	603.60
46.2	4.99	153.64	1.45	39.1	5.99	146.43	2.44	39.2	0.00	156.44	603.60
48.2	1.99	155.63	1.45	40.1	1.01	147.43	2.47	40.2	1.00	157.43	603.61
48.2	0.01	155.64	1.45	40.1	0.01	147.44	2.47	40.2	0.01	157.44	603.60
50.2	2.00	157.64	1.45	42.1	1.98	149.43	2.47	41.2	0.99	158.43	603.61
51.2	1.00	158.64	1.45	42.1	0.00	149.43	2.47	41.2	0.00	158.43	603.61
53.2	2.00	160.64	1.45	46.1	3.99	153.42	2.43	47.2	5.99	164.42	603.61
53.2	0.00	160.64	1.45	46.1	0.00	153.42	2.43	46.2	-0.98	163.44	603.61
56.2	3.00	163.65	1.45	48.1	2.01	155.43	2.39	48.2	1.99	165.43	603.62
56.2	0.01	163.65	1.45	48.1	0.01	155.44	2.39	48.2	0.01	165.44	603.62
60.2	3.99	167.64	1.43	51.1	2.99	158.43	2.37	50.2	1.99	167.43	603.62
60.2	0.00	167.65	1.43	51.1	0.00	158.43	2.37	50.2	0.00	167.44	603.62
60.2	0.00	167.65	1.43	53.1	1.99	160.42	2.42	53.2	3.01	170.45	603.63
64.2	3.99	171.65	1.41	53.1	0.00	160.43	2.42	56.2	3.00	173.44	603.65
64.2	0.01	171.65	1.41	56.1	3.01	163.43	2.62	56.2	0.01	173.45	603.65
64.2	3.01	174.66	1.39	56.1	0.01	163.44	2.62	59.2	2.99	176.45	603.66
67.2	3.01	174.66	1.39	60.1	4.00	167.44	2.84	59.2	0.00	176.45	603.66
67.3	0.01	174.68	1.39	60.1	0.00	167.44	2.86	61.2	1.99	178.44	603.66
69.2	1.99	176.67	1.37	60.2	0.00	167.45	2.86	60.2	-0.98	177.46	603.66
69.3	0.02	176.69	1.37	64.1	3.99	171.44	2.96	64.2	4.00	181.45	603.68
72.3	2.99	179.68	1.34	64.2	0.01	171.45	2.96	64.2	0.01	181.46	603.68
72.3	0.01	179.69	1.34	67.1	2.99	174.44	3.05	68.2	3.99	185.45	603.69
74.3	2.00	181.69	1.33	67.1	0.00	174.45	3.05	69.2	1.00	186.45	603.70
74.3	0.01	181.70	1.33	69.2	2.00	176.45	3.10	68.2	-0.97	185.47	603.69
76.3	2.00	183.70	1.30	69.2	0.00	176.46	3.10	72.2	4.00	189.47	603.71
76.3	0.01	183.70	1.30	72.1	2.99	179.45	3.18	72.2	0.01	189.48	603.71
78.3	1.99	185.70	1.28	72.2	0.01	179.46	3.18	75.2	2.99	192.47	603.72
78.3	0.00	185.70	1.27	74.2	1.99	181.45	3.18	75.2	0.00	192.48	603.72
79.3	0.99	186.70	1.26	76.2	2.00	183.45	3.15	76.2	1.00	193.48	603.72
80.3	1.01	187.70	1.24	76.2	0.00	183.46	3.15	76.2	0.00	193.48	603.72
81.3	1.00	188.70	1.16	78.2	1.99	185.45	3.06	78.2	2.00	195.48	603.73
81.3	0.00	188.70	1.14	79.2	1.00	186.45	2.92	78.2	0.00	195.48	603.73
81.3	0.00	188.70	1.04	79.2	0.00	186.45	2.91	78.3	0.00	195.49	603.73
82.2	0.97	189.67	0.74	80.2	1.01	187.46	2.60	80.3	2.00	197.49	603.74
83.2	0.95	190.62	0.52	81.2	1.00	188.46	2.13	80.3	0.00	197.49	603.74
83.2	0.00	190.63	0.51	81.2	0.00	188.46	1.99	81.3	1.00	198.49	603.73
84.2	0.95	191.58	0.25	81.2	0.02	188.47	2.06	82.2	0.97	199.46	603.72
				83.1	1.90	190.37	1.10	82.2	-0.02	199.45	603.72
				83.1	0.00	190.37	1.09	82.2	0.00	199.45	603.71
				84.0	0.96	191.33	1.01	84.1	1.92	201.37	603.72

Figura 80: Paso 2

TABLA 3 - DISTANCIAS Y PARAMETROS HIDRAULICOS									
Distancia (m)	Calado (m)	Distancia (m)	velocidad (m/s)	Distancia (m)	cota de agua (msnm)	Distancia (m)	cota de fondo (msnm)	X (m)	Y (m)
0.0	0.07	0.0	0.89	0.0	616.17	0.0	616.10	305651	8675282
3.4	1.83	3.4	2.95	3.4	616.10	3.4	614.27	305651	8675285
6.9	2.70	6.9	3.20	6.9	616.18	6.9	613.48	305650	8675288
10.3	3.21	10.3	2.94	10.3	616.40	10.3	613.19	305649	8675291
13.8	3.27	13.8	2.96	13.8	616.42	13.8	613.15	305649	8675295
17.2	3.12	17.2	3.28	17.2	616.36	17.2	613.24	305648	8675298
20.6	3.16	20.6	3.22	20.6	616.43	20.6	613.26	305648	8675301
24.1	3.21	24.1	2.72	24.1	616.57	24.1	613.36	305647	8675304
27.5	3.09	27.5	3.06	27.5	616.51	27.5	613.42	305646	8675307
31.0	3.18	31.0	2.93	31.0	616.59	31.0	613.40	305646	8675311
34.4	3.15	34.4	2.81	34.4	616.64	34.4	613.49	305645	8675314
37.8	3.15	37.8	2.96	37.8	616.64	37.8	613.49	305645	8675317
41.3	3.21	41.3	2.60	41.3	616.76	41.3	613.54	305644	8675320
44.7	3.15	44.7	2.91	44.7	616.69	44.7	613.54	305643	8675323
48.2	3.00	48.2	3.23	48.2	616.60	48.2	613.60	305643	8675327
51.6	3.05	51.6	3.16	51.6	616.65	51.6	613.60	305642	8675330
55.0	3.03	55.0	2.90	55.0	616.72	55.0	613.69	305641	8675333
58.5	2.82	58.5	3.17	58.5	616.60	58.5	613.78	305641	8675336
61.9	2.72	61.9	3.05	61.9	616.59	61.9	613.87	305640	8675339
65.4	2.69	65.4	2.84	65.4	616.57	65.4	613.88	305640	8675343
68.8	0.32	68.8	2.49	68.8	616.33	68.8	616.01	305639	8675346
72.2	0.07	72.2	0.80	72.2	616.61	72.2	616.53	305638	8675349
75.7	0.02	75.7	0.15	75.7	616.69	75.7	616.67	305638	8675352
Media	2.49	Media	2.66	Media	616.51	Media	614.03		
Min	0.02	Min	0.15	Min	616.10	Min	613.15		
Max	3.27	Max	3.28	Max	616.76	Max	616.67		

**Figura 81:** Paso 3

- Paso 4: Del plano topográfico de planta, obtener las coordenadas (x,y) dependiendo del intervalo de separación.



**Figura 82:** Paso 4

- Paso 5: Calcular el valor de la socavación general
- Paso 6: Ajustar los gráficos de salida correspondiente al ancho del cauce.

## 4.2 COMPARACIÓN DE RESULTADOS ENTRE HEC-RAS E IBER

Los resultados obtenidos mediante el modelo numérico HEC-RAS han sido de utilidad para comparar los resultados obtenidos de IBER a pesar que los resultados en las cercanías del puente sean casi similares sin embargo es notoria la diferencia en sus velocidades y tirantes los cuales son los parámetros más importantes para el cálculo de la socavación, el modelo bidimensional presenta valores más cercanos a la realidad posible debido a la ocurrencia de recirculaciones de flujo que un modelo unidimensional es imposible obtener así como los valores próximos y muy cercanos a estructuras como pilas, estribos entre otras que se requieran evaluar. A continuación, se observa el cuadro de resultados obtenidos por cada modelo numérico.

**Tabla 56:** Resultados obtenidos con HEC-RAS

Puente Morón	Parámetros obtenidos en la modelación							
	Tr=10 años		Tr=100 años		Tr=500 años		1/03/2013	
	Calado (m)	Velocidad (m/s)	Calado (m)	Velocidad (m/s)	Calado (m)	Velocidad (m/s)	Calado (m)	Velocidad (m/s)
Aguas Arriba	2.1	2.9	2.6	3.3	3.1	3.3	1.3	2.1
Aguas Abajo	1.6	4.0	2.0	4.6	2.2	5.2	1.1	2.9

**Tabla 57:** Resultados obtenidos con IBER

Puente Morón	Parámetros obtenidos en la modelación							
	Tr=10 años		Tr=100 años		Tr=500 años		1/03/2013	
	Calado (m)	Velocidad (m/s)	Calado (m)	Velocidad (m/s)	Calado (m)	Velocidad (m/s)	Calado (m)	Velocidad (m/s)
Aguas Arriba	2.1	2.5	3.1	3.3	3.3	3.4	1.5	2.2
Aguas Abajo	1.8	4.2	2.1	5.7	2.3	6.2	1.2	3.4

## 4.3 RESULTADOS DE LA SOCAVACIÓN GENERAL

De los resultados obtenidos de la socavación general se han obtenido valores de socavación media y máxima como se observa en el siguiente cuadro; sin embargo, para tales estudios como protecciones ribereñas en taludes o bocatomas se recomienda evaluar los valores de socavación media y máxima de cada sección transversal aguas arriba como aguas abajo de la misma y determinar el valor mínimo, máximo y promedio, tal como se observa en la siguiente tabla:



**Tabla 58:** Resultados de socavación media y máxima en el cauce

Secciones Transversales	Socavación Media (m)		Socavación Máxima (m)	
	Tr=10 años	Tr=500 años	Tr=10 años	Tr=500 años
<b>Min</b>	0.18	0.25	0.72	1.15
<b>Media</b>	0.64	0.96	1.40	2.05
<b>Max</b>	1.39	1.91	2.45	3.54

De modo que la elección del valor de socavación queda a criterio del diseñador con la intención de evitar un sobredimensionamiento en el momento de realizar el diseño de estas estructuras, por lo que en el caso del puente se optó por considerar el promedio máximo entre las secciones 0+600 y 0+584 donde se emplaza el actual puente.

**Tabla 59:** Resultados de socavación en el puente

Secciones Transversal	Socavación Tr=10 años (m)	Socavación Tr=500 años (m)
<b>0+600 - 0+584</b>	1.56	2.10

#### 4.4 EVALUACIÓN DE MÉTODOS PARA LA SOCAVACIÓN LOCAL

Para el caso de la socavación local en pilas y estribos se emplearon los diferentes métodos encontrados en bibliografías como en artículos científicos.

La evaluación de cada uno de los métodos descritos en la presente tesis se detalla en el siguiente cuadro, donde se muestra al autor del método, ventajas y desventajas para su aplicación.

**Tabla 60:** Ventajas y desventajas en métodos de socavación local

Ítem	Método	Condiciones	Ventajas y desventajas	Tipo de Socavación
1	<b>Laursen y Toch 1956</b>	Para condiciones de flujo subcrítico, para números de Froude muy pequeños (<0.5). Válido únicamente para el caso de erosión local con arrastre generalizado de sedimento. Solo para arenas, no está claro si se puede aplicar para gravas, inaplicable para sedimentos muy finos, de gran cohesión.	Es uno de los primeros métodos que considera la influencia de la geometría de la sección y su orientación con respecto al flujo. Además, considera otras formas de pilas además de la circular, como la rectangular, semicircular, elíptica y lenticular. No considera ningún parámetro geotécnico del material del cauce.	Socavación local en pilares

2	<b>Neill 1964</b>	<p>Para pilares circulares y rectangulares. Neill parte de los resultados de Laursen y Toch considerando el ancho de la pila y la profundidad de flujo aguas arriba del pilar. Para pilares de nariz redondeada el coeficiente puede ser 1.2.</p>	<p>Es de uso práctico, permite un cálculo sencillo debido a que solo considera el ancho de la pila y el tirante de flujo aguas arriba de la pila. El factor de 1.5 considera a pilas de nariz rectangulares, mientras que 1.2 para pilas de nariz redondeadas.</p>	Socavación local en pilares
3	<b>Larras 1963</b>	<p>El máximo absoluto de la profundidad de socavación es distinto al del equilibrio. Es independiente del tirante y del diámetro del sedimento. Solución excesivamente simple del problema, la profundidad de socavación solo está en función de las características de la pila (resultados conservadores). Aplicable solo en el caso general de alturas de agua superiores a 30 o 40 veces del diámetro del sedimento y de secciones con menos del 10% de contracción.</p>	<p>Es de uso práctico, permite un cálculo rápido y sencillo con resultados conservadores. Al considerar solo las características de la pila, es uno de los pocos autores que realiza estudios con variadas formas de pilas.</p>	Socavación local en pilares
4	<b>Arunachalam 1967</b>	<p>El método no considera el tirante ni el ángulo de aplicación de la corriente. No especifica el rango de aplicación en cuanto al tipo de régimen de la corriente ni las características geotécnicas del material de fondo para el que fue desarrollado el método.</p>	<p>Muy simple de aplicar. El método solo toma en cuenta el ancho de la pila y el caudal unitario de la corriente.</p>	Socavación local en pilares
5	<b>Maza - Sánchez 1968</b>	<p>Para números de Froude menores de 0.6. No toma en consideración el diámetro del sedimento, n ningún parámetro geotécnico. Es aplicable solo para arenas y gravas, resultando valores mayores que los obtenidos experimentalmente.</p>	<p>La socavación es obtenida a partir de estas curvas para partículas con diámetro medio entre 0.17 mm y 0.56 mm, no es aplicable para diámetros fuera del rango.</p>	Socavación local en pilares
6	<b>Breusers, Nicollet y Shen 1977</b>	<p>El método no considera ningún parámetro geotécnico del material de fondo, por lo que no especifica si es aplicable a cualquier tipo de material. En el método únicamente intervienen los parámetros hidráulicos y geométricos de las pilas.</p>	<p>Es de uso práctico, permite un cálculo rápido y sencillo.</p>	Socavación local en pilares

7	<b>Froehlich 1991</b>	<p>Para pilas con punta circular alineadas con el flujo se tiene:  <math>ds \leq 2.4a</math> para <math>Fr \leq 0.8</math>  <math>ds \geq 3.0a</math> para <math>Fr &gt; 0.8</math></p>	<p>El método es usado por el programa HEC-RAS (1998) como una alternativa a la ecuación de la Universidad Estatal de Colorado. Considera el diámetro de las partículas de los sedimentos del material del cauce, combinando las propiedades hidráulicas y geométricas de las pilas.</p>	Socavación local en pilares
8	<b>Universidad Estatal de Colorado (FHWA)</b>	<p>La ecuación general tiene los siguientes límites:  <math>ds \leq 2.4a</math> para <math>Fr \leq 0.8</math>  <math>ds \geq 3.0a</math> para <math>Fr &gt; 0.8</math></p> <p>El coeficiente <math>K_a</math> toma en cuenta el acorazamiento, pero se aplica solo cuando <math>d_{50} &gt; 60</math> mm. Además, para su cálculo se requieren velocidades difíciles de determinar en campo. Para pilas muy anchas la fórmula del FHWA da valores muy superiores a los reales.</p>	<p>Introduce un nuevo factor, en donde considera la rugosidad general del cauce. Considera el acorazamiento introduciendo el diámetro del material del cauce. Es el método más usado en los Estados Unidos (HEC-18, 1993), fue presentado como norma de diseño por Administración Federal de Carreteras de los Estados Unidos (FHWA) y es uno de los dos métodos que usa el programa HEC-RAS (1998). Es uno de los primeros autores que consideró las diferencias entre un suelo cohesivo y otro no cohesivo, realizando dos fórmulas distintas para cada caso. Considera el diámetro <math>d_{85}</math> de los granos del sedimento.</p>	Socavación local en pilares
9	<b>Yaroslavtziev 1969</b>	<p>A pesar de que propone dos ecuaciones distintas, uno para materiales no cohesivos y otro para materiales cohesivos, en suelos cohesivos es muy probable que no se llegue a alcanzar la profundidad total de socavación obtenida mediante este cálculo, debido a que un suelo cohesivo se demora más en erosionar que un suelo arenoso (muy conservador). Niega la existencia de la profundidad de equilibrio de socavación sugerida por Laursen y Toch. Posibilidad de errores cuando <math>Y_n/a &lt; 2</math> y la pila desviada respecto a la corriente, y cuando la relación <math>Y_n/a &lt; 1.5</math>.</p>		Socavación local en pilares

Continuación

10	<b>Jain y Fisher 1979</b>	<p>Propone dos ecuaciones distintas, uno para lecho vivo y otro para socavación máxima en agua clara.            Lecho vivo : Si <math>Fr-Frc &gt; 0.2</math>            Lecho vivo : Si <math>Fr-Frc &lt; 0</math></p>	<p>El cálculo es sencillo sin embargo ya que depende del tirante, ancho del pilar y número de Froude. La obtención del valor del número de Froude crítico se complica ya que depende de la velocidad crítica y esta del parámetro de Einstein.</p>	Socavación local en pilares
11	<b>Flores - Aguirre Pe 1977</b>	<p>Desarrolló dos ecuaciones, la primera considera un <math>d_{50}</math>, <math>d_{80}</math> y el número de Froude; mientras que la segunda solo evalúa el esfuerzo cortante hidráulico y crítico para un <math>d_{80}</math>.</p>	<p>Las fórmulas son aplicables a pilares de sección circular y socavación sin aporte de sedimentos en régimen supercrítico. Pueden ser empleadas con números de Froude hasta de 1.6, la relación <math>d_{50}/a</math> debe estar comprendida entre 0.0118 y 0.0922.</p>	Socavación local en pilares
12	<b>Melville y Sutherland and 1988</b>	<p>R.Ettema recomienda usar la expresión <math>ys=2.4a</math>.            Evalúa dos posibilidades del factor de corrección por intensidad de flujo.            Considera el valor de 1 al factor de corrección por gradación del sedimento</p>	<p>El método presenta problemas con uso conjunto de factores de corrección por ángulo de ataque, forma del pilar, intensidad de flujo y sedimento. Por lo que recomienda determinar si existe posibilidad de acorazamiento comparando la velocidad crítica del D50 con la de acorazamiento.</p>	Socavación local en pilares
13	<b>León 2000</b>	<p>Estudió la socavación alrededor de pilares cilíndricos en lechos no cohesivos. Los estudios se realizaron en el laboratorio Nacional del Hidráulica de Lima. La ecuación depende del ancho del pilar, esfuerzo cortante hidráulico y el crítico.</p>	<p>La condición principal por el autor es que la ecuación es aplicable solo hasta los valores de Froude de 1.98.</p>	Socavación local en pilares
14	<b>Universidad de Auckland 1990</b>	<p>El método presenta dos tipos de ecuaciones para la relación <math>a/d_{50} &gt; 18</math> y <math>a/d_{50} &lt; 18</math>. En ambas ecuaciones se encuentran los parámetros <math>K_1, K_2</math> y <math>K_3</math> que dependen de la forma del pilar, ángulo de ataque y graduación del sedimento.</p>	<p>Copp y Johnson, recomiendan que los valores obtenidos con las ecuaciones sean multiplicados por un coeficiente de seguridad <math>K_{fs}</math> debido a la falta de datos de campo reales sobre profundidades de socavación en cauces con material graduado.</p>	Socavación local en pilares

Continuación

15	<b>Sheppard y Miller 2006</b>	<p>Considera tres tipos de ecuaciones, para agua clara, lecho vivo y una por encima del pico del lecho vivo. Todas las ecuaciones dependen de factores de corrección.</p> <p>El método se basa en estudios de laboratorio y datos de campo de China. La ecuación tiene dos formas: para agua clara y lecho vivo y ambas dependen del tirante normal, ancho del pilar, diámetro medio del sedimento, coeficiente de forma del pilar y velocidad crítica y media.</p>	<p>Metodología más moderna y completa que los demás métodos. El proceso para cálculo es más complejo.</p>	Socavación local en pilares
16	<b>Chino Simplificado 1996</b>	<p>El método ha sido considerado como una de las ecuaciones para socavación en lecho macrorugoso, pues Landers y Mueller consideran que se basa en mediciones en campo para lecho vivo. La ecuación depende del coeficiente de forma del pilar. Froehlich mejora su ecuación de 1996 agregando el parámetro de ancho de la pila.</p>	<p>Lo complejo es obtener la velocidad crítica que depende de la velocidad de aproximación respecto a la velocidad crítica. Le ecuación ha sido elaborado para cauces con lechos macrorugosos.</p>	Socavación local en pilares
17	<b>Froehlich 1996</b>	<p>Landers y Mueller consideran que se basa en mediciones en campo para lecho vivo. La ecuación depende del coeficiente de forma del pilar. Froehlich mejora su ecuación de 1996 agregando el parámetro de ancho de la pila.</p>	<p>Aplicable para lecho macrorugoso y las variables involucradas son fáciles de obtener, como son el ancho del pilar, el valor del Froude, el d50 y el coeficiente de forma que puede variar entre :1.1 , 1.0 y 0.7.</p>	Socavación local en pilares
18	<b>Ecuación de Diseño de Froehlich 1996</b>	<p>Considera que la ecuación de 1996 arroja datos subestimados que no van de acuerdo con el diseño de puentes.</p>	<p>La ecuación es aplicable para lecho macrorugoso y presenta las mismas variables que el método de 1996. Sin embargo a la ecuación se le suma el valor del ancho del pilar.</p>	Socavación local en pilares
19	<b>HEC-18/JONES 1996</b>	<p>Se basa en la ecuación de la UCS. La ecuación incorpora un factor de corrección k4 para dar cuenta del blindaje del foso de erosión. El factor k4 por acorazamiento del hoyo varía entre 0.4 y 1.0.</p>	<p>La ecuación depende de 4 factores principales K1,K2,K3 y K4. Según Jones la ecuación resulta aplicable para un d50 superior a 60 mm. Considera el cálculo del d90</p>	Socavación local en pilares
20	<b>HEC-18/MUELLER 1996</b>	<p>Mueller propuso una modificación al coeficiente de corrección k4 propuesto por Jones.</p>	<p>Sigue la misma metodología de Jones, sin embargo adiciona el cálculo con el valor del d95.</p>	Socavación local en pilares

Fuente: Campa (2015).

En resumen, se han obtenido los siguientes resultados haciendo uso de cada metodología:

**Tabla 61:** Parámetros más usados en el cálculo de la socavación local en pilas y estribos

Ítem	Método	Hidráulicos		Geométricos		Geotécnicos	
		V	Yn	a / L	Forma	$\alpha$	d
<b>Socavación local en Pilares</b>							
1	Laursen y Toch 1956		x	x	x	x	
2	Neill 1964		x	x	x		
3	Larras 1963			x	x	x	
4	Arunachalam 1967	x		x			
5	Maza - Sánchez 1968	x	x	x	x	x	
6	Breusers, Nicollet y Shen 1977	x	x	x	x	x	
7	Froehlich 1991	x	x	x	x	x	x
8	CSU	x	x	x	x	x	x
9	Yaroslavtziev 1969	x	x	x	x	x	x
10	Jain y Fisher 1979	x	x	x			x
11	Flores - Aguirre Pe 1977		x	x	x		x
12	Melville y Sutherland 1988	x	x	x	x	x	x
13	León 2000		x	x			x
14	Universidad de Auckland 1990		x	x	x	x	x
15	Sheppard y Miller 2006	x	x	x	x	x	x
16	Chino Simplificado 1996	x	x	x	x		x
17	Froehlich 1996	x	x	x	x	x	x
18	Diseño de Froehlich 1996	x	x	x	x	x	x
19	HEC18/Jones 1996	x	x	x	x	x	x
20	HEC18/Muller 1996	x	x	x	x	x	x

#### 4.5 RESULTADOS DE LA SOCAVACIÓN LOCAL

Del cuadro anterior se puede observar que, tanto para las pilas como estribos, la mayoría de los métodos requieren de parámetros geométricos para el cálculo de la socavación local, consecuentemente le sigue de los parámetros hidráulicos y muy pocos emplean los parámetros geotécnicos que para el caso de los estribos ningún método lo considera.

Así mismo podemos concluir que los métodos recomendados para la presente tesis en el cálculo de la socavación en pilas son los que abarcan mayor cantidad de parámetros tales como: Froehlich, CSU, Yaroslavtziev, Melville y Sutherland, Sheppard y Miller, Jones y Muller.

**Tabla 62:** Socavación local en pilas

<b>Socavación local en pilas</b>	<b>Tr=10 años</b>	<b>Tr=500 años</b>
7 Método de Froehlich (1991)	1.87	2.04
8 Método del CSU O FHWA (HEC-18)	2.05	2.38
9 Método de Yaroslavtziev (1969)	1.23	2.63
12 Método de Melville y Sutherland (1988)	1.53	1.84
15 Método de Sheppard y Miller (2006)	1.38	1.64
18 Método de Diseño de Froehlich (1996)	1.84	2.02
19 Método del HEC18/Jones (1996)	1.70	2.21
20 Método del HEC18/Muller (1996)	1.13	1.39

Estos métodos son válidos y aplicables para gravas o lecho macrorugoso como son los ríos de la costa del Perú. Por tanto, para la elección del método se eligió el periodo de retorno de 500 años por presentar resultados más conservadores y además de presentar valores casi cercanos a otros periodos de retorno; respecto al método se eligió el Método de Yaroslavtziev.

#### 4.6 RESULTADOS DE LA SOCAVACIÓN TOTAL

La socavación total resulta de la suma entre la socavación general y la socavación local.

**Tabla 63:** Socavación total en el puente

<b>Socavación total en puente</b>	<b>Tr=500 años</b>
1 Socavación máxima	4.73

Al evaluarse la profundidad de socavación solo para el periodo de retorno de 500 años en la mayoría de los casos se obtienen valores conservadores y por consiguiente se podrían dimensionar las estructuras con mayor seguridad.

Para conocer el caudal y socavación también razonable pero no conservador podríamos evaluar de forma adicional con la teoría de flujo de escombros donde se menciona que el flujo hiperconcentrado está formado por una mezcla de partículas gruesas y agua; siempre y cuando la concentración volumétrica de sedimentos en el flujo varía de 10% a 60%.

Evaluar la socavación con este caudal resultante sería también fiable para el diseño de cimentaciones en tramos de cruces de puentes. Una de las metodologías empleadas para

obtener el caudal del flujo hiperconcentrado es la propuesta por O'Brien (2000) donde el caudal total de detritos se estima a partir del caudal máximo multiplicando por un factor de engrosamiento o factor Bulking denominado BF que está en función de la concentración volumétrica de sedimentos ( $C_v$ ), y según la clasificación de flujos hiperconcentrados propuesta por el mismo autor indica que los valores de CV varían entre el 10% al 20% para inundación, 30% al 40% para avenida de lodos (Hiperconcentrado) y 50% al 60% para flujo de lodos (flujo escombros).

Para el caso del tramo evaluado del Rímac se han registrado caudales máximos de 121.0 m<sup>3</sup>/s y 168.2 m<sup>3</sup>/s en marzo del 2013 y 2017 respectivamente y teniendo presente que en el tramo estudiado se han presentado periodos de crecida con altas concentraciones de sedimentos que varían alrededor del 50% donde el factor BF resultaría 2.0.

Por tanto, nos encontraríamos frente a un caudal máximo que varía entre 242.0 m<sup>3</sup>/s y 336.4 m<sup>3</sup>/s para los años 2013 y 2017 respectivamente; por otro lado, la comparación de caudales ha sido realizada para el periodo de retorno de 10 años que equivale un caudal de 300.5 m<sup>3</sup>/s, lo cual podríamos considerar dicho caudal aceptable para contrarrestar los efectos erosivos de este tipo de flujo.

Estos resultados aún deberían verificarse con algún modelo a escala reducida considerando las características granulométricas, hidráulicas y geométricas del puente, descritas en la presente tesis.



## V. CONCLUSIONES

- Podemos mencionar que los métodos seleccionados para el cálculo de la socavación en la presente tesis serán de ayuda al Ingeniero para los futuros cálculos de socavación en ríos con cruces de puentes para tipos de cauces con lechos macrorugosos y pendientes cercanas al 1.8% como se ha estudiado para ríos a pie de montaña como lo es este tramo del Rímac. La elección del caudal de retorno de 500 años para el cálculo de la profundidad de socavación presenta valores conservadores y seguros ante eventos extraordinarios; sin embargo, el caudal de retorno de 10 años deberá ser comprobado con otros estudios adicionales a pesar de que el caudal de flujo hiperconcentrado obtenido (242.0 m<sup>3</sup>/s) se aproxima a 300.5 m<sup>3</sup>/s y muestren valores de socavación aceptables sin embargo existe la incertidumbre que terminen afectando a los pilares del puente.
- La información hidrométrica fue el dato de partida para la determinación de los caudales de crecida de 10 y 500 años que resultaron en 300.5 m<sup>3</sup>/s y 578.6 m<sup>3</sup>/s respectivamente. Y un caudal ocurrente de 121 m<sup>3</sup>/s.
- Se ha evaluado el transporte de sedimentos de fondo totales para la avenida de 121 m<sup>3</sup>/s, 10 y 500 años y según el método de Einstein la carga unitaria total de sedimentos se estima en 4.06 kgf/s.m, 10.85 kgf/s.m y 154.55 kgf/s.m y la carga en toda la sección de río ( $Q_{bt}$ ) es de 0.10 m<sup>3</sup>/s, 0.27 m<sup>3</sup>/s y 4.12 m<sup>3</sup>/s respectivamente. Estos estimados indican que la carga de sedimentos fondo estaría por el 22% de la carga de sedimentos totales. Y la concentración de sedimentos en volumen resulto 0.50. Este valor se obtuvo a partir de la relación entre la carga total de sedimentos de 10,449,534 Kg/día y el caudal máximo de 10,454,400 m<sup>3</sup>/día (121 m<sup>3</sup>/s).
- El ancho estable del cauce se ha definido en 60 m y ha presentado constantes cambios en su morfología a lo largo del tiempo evidenciando su estrechamiento debido a la expansión urbana. La reducción de su ancho ha venido generando la continua aceleración

del flujo y una alta probabilidad de arrastre de sedimentos poniendo en riesgo a los pilares ubicados en la margen derecha.

- El software IBER nos ha brindado los valores de calados o tirantes, velocidades y niveles de agua que son los parámetros fundamentales para el cálculo de la socavación. A esto agregar la comparación de resultados obtenidos con el software HEC-RAS para la misma situación el cual demuestra que a pesar de las diferencias mínimas encontradas, IBER permite al Ingeniero tener un amplio panorama de los lugares en donde puedan presentarse problemas erosivos o sedimentológicos debido al incremento de velocidades u otros parámetros. Esto se puede apreciar en los mapas de velocidad, calado y niveles de agua. Es evidente que IBER es un software superior a HEC-RAS para este tipo de estudios.
- La socavación general en el sector del puente resultó en 2.1 m para el periodo de retorno de 500 años, mientras que la socavación local 2.6 m para 500 años con el método seleccionado (Yaroslavtziev), obteniéndose finalmente una socavación máxima de 4.7 m.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Es recomendable considerar caudales de máximas avenidas con periodos de retorno de 500 años para casos de puentes ubicados en cauces de ríos con material aluvial y lecho macrorugoso.
- Se recomienda realizar campañas de aforos de caudales y sedimentos en el sitio del Puente Morón a fin de dar la validez de los estimados presentados.
- La preparación de un estudio de laboratorio para pilas de puente en este tipo de cauces con características macrorugosas es de gran importancia, ya que permitirá realizar un ajuste a las ecuaciones ya seleccionadas en la presente tesis o en el mejor de los casos desarrollar una nueva ecuación característica para este tipo de cauces.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Autoridad Nacional el Agua - ANA; Ministerio de Agricultura - MINAG .2010. Evaluación de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Rímac, Lima-Perú.
- Aguirre, PJ. 1980. Hidráulica de Sedimentos – Serie: Obras Hidráulicas OH-2. Mérida, Venezuela.
- Campa, A; Astorga, FR. 2015. Métodos para el cálculo de la socavación local en pilas de puentes. Tecnociencia. IX (1). Chihuahua-México.
- Chavarri, E. 2009; Estudio Hidrológico de Identificación de zonas de riesgo en los distritos de Lima Cercado y el Agustino, Lima Metropolitana. Cooperazione Internazionale – COOPI y la Dirección General de Ayuda Humanitaria de la Union Europea.
- Chow; Ven, T. 1994 Hidráulica de Canales Abiertos. Bogotá, Colombia. Ed. McGraw-Hill,
- Chow; Ven, T.; Maidment D, R; Mays L, W. 1994. Hidrología Aplicada. Bogotá, Colombia. Ed. McGraw-Hill.
- Climate Prediction Center – CPC. 1997. El Niño Oscilación del Sur. <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/enso.shtml>
- FHWA (Federal Highway Administration). 2012. US Department of Transportation, Evaluating Scour at Bridges, 5ed., Publication No. FHWA-HIF-12-003, Hydraulic Engineering Circular No. 18.
- Gómez, LA. 2010. Socavación alrededor de Pilares de Puentes en Lechos Granulares No Cohesivos. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, Lima-Perú.
- Higuera, C; Pérez, G. 1989. Socavación en Puentes. Análisis, prevención y rehabilitación. Tesis de Maestría. Universidad del Cauca.
- Huamán, A. 2010. Tesis “Diseño Hidráulico de la Bocatoma Huachipa”. Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM). Lima-Perú.
- Hydrologic Engineering Center of the U.S. Army Corps of Engineers, HEC –RAS. 2010. River Analysis System, User`s Manual, Version 4.1. Disponible en:

<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation.aspx>


- Iber. 2012. Modelización bidimensional de flujo en lámina libre en aguas poco profundas. España. Disponible en: <http://www.iberaula.es/web/index.php>
- Instituto Nacional de Desarrollo – INADE. 1998. Plan de Manejo y Estudios de Factibilidad de la Cuenca del Río Rímac, Lima-Perú.
- Instituto Geofísico del Perú – IGP. 1997. “Fenómeno del Niño y el Clima en el Perú”. Ciclo de Conferencias de la Primera Legislatura Extraordinaria, 1997. Congreso de la República, Lima-Perú.
- Juárez B, EA. 1992. Mecánica de Suelos. 1 Ed. Tomo III. Editorial Limusa. México
- Maza, JA; García, M. 1997. Transporte de sedimentos. Capítulo 10 del Manual de Ingeniería de Ríos. Instituto de Ingeniería UNAM. México.
- Maza, JA. Gracia, J. 1997. Morfología de ríos. Capítulo 11 del Manual de Ingeniería de Ríos. Instituto de Ingeniería UNAM. México.
- Maza, JA; García, M. 1997. Estabilidad de cauces. Capítulo 12 del Manual de Ingeniería de Ríos. Instituto de Ingeniería UNAM. México.
- Maza, JA; Sánchez B. 1964. Contribución al estudio de la socavación local en pilas de puente Instituto de Ingeniería UNAM. México.
- Maza, JA; Franco; Salas. 1997. Obras de Protección Contra Inundaciones. Cuaderno de Investigación N°49. Centro Nacional de Prevención de Desastres. México.
- Melville, BW. 2008. The Physics of Local Scour at Bridge Piers, Civil and Environmental Engineering. The University of Auckland, Fourth International Conference on Scour and Erosion.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones – MTC. 2010. Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje. Lima, Perú.
- Monsalve G. 1999. Hidrología en la Ingeniería. 2ed. Editorial Aflaomega.
- Mosonyi E; Buck, W. 1977. Selection of Design Flood. Bulletin of the International Commission on Irrigation and Drainage, Vol 26 N° 1, page 12 to 19.
- NCHRP (National Cooperative Highway Research Program). Report 682. 2010. Sheppard D. M and Demir H. Scour at Wide Piers and Long Skewed Piers.
- Raudkivi, AL. 1986. Functional Trends of Scour at Bridge Piers, ASCE, Journal Hydraulic Division, Vol. 112, N°1.
- Richardson E.V, 1988. Bridge Scour, Civil Engineering Dept. Colorado State
- Rocha, FA. 2008. Erosión en Pilares y Estribos de Puentes. IV Congreso Internacional de la Construcción – ICG, Lima-Perú.

- Rodríguez, HA. 2010. Hidráulica Fluvial, Fundamentos y aplicaciones Socavación. Escuela Colombiana de Ingeniería. Colombia.
- Rutas de Lima. 2013. Estudio Definitivo de Ingeniería Obra Obligatoria: Ramiro Priale – Proyecto: Vías Nuevas de Lima., Perú.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – SENAMHI. 2007. Comportamiento de la Vertiente del Pacífico. Fenómeno El Niño 1997 – 1998.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – SENAMHI. 2017. Data Hidrométrica 2009-2013.
- USGS. 2002. Scientific Investigations Report 2004-5111. Evaluation of Pier-Scour Equations for Coarse – Bed Streams.
- Quisca, S. 2010. Estudio de Sedimentos Bocatoma Huachipa. Transporte de sedimentos en suspensión en río Rímac. Universidad Nacional Agraria La Molina -UNALM, Lima Perú.
- Velasquez, TO. 2006; Ministerio de Economía y Finanzas – MEF. 2006. Guía Metodológica para Proyectos de Protección y/o Control de Inundaciones en Áreas agrícolas o urbanas. Dirección General de Programación Multianual del Sector Público.

## **ANEXOS**

**ANEXO 1: DATA HIDROMÉTRICA**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°1 DATA HIDROMETRICA</b>					UNALM	
						Fecha:	Mar-21
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"						Maetría:	Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	1
						Revisión :	0

**1. DATA CAUDALES MAXIMOS**

CAUDAL MAXIMO MENSUAL (m3/s) - ESTACION CHOSICA

Estación: Chosica

Parámetro: Caudal máximo (m3/s)

Latitud: 11°55' S

Longitud: 76°41' O


Altitud: 863 msnm

Departamento: Lima

Provincia: Lima

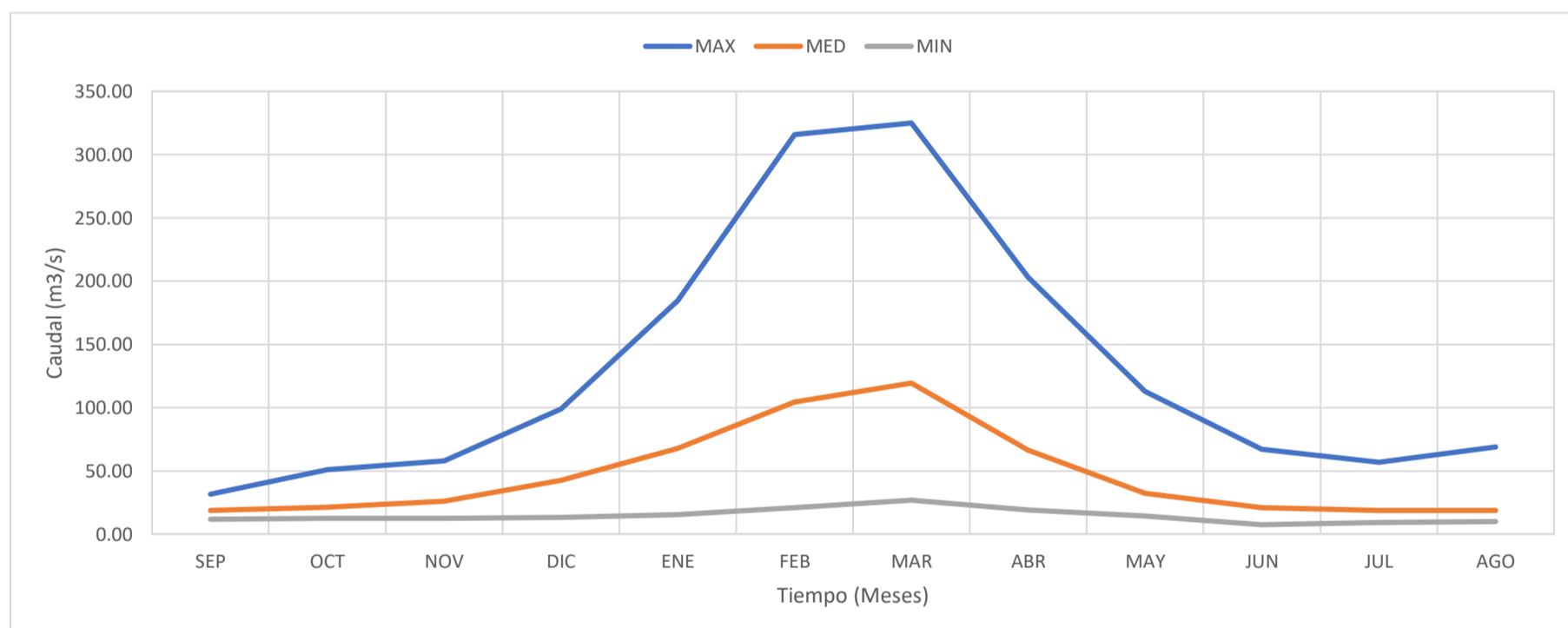
Distrito: Lurigancho

Año	Meses												Qmáx
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
1921	55.20	85.90	95.00	58.10	33.54	18.24	14.36	16.95	20.23	13.07	16.95	36.50	95.00
1922	32.40	63.30	99.00	61.40	45.60	11.20	11.78	10.61	13.07	16.95	20.23	62.60	99.00
1923	68.00	64.00	97.00	69.20	35.80	16.30	13.72	11.20	18.24	19.55	24.85	55.20	97.00
1924	54.50	58.80	90.50	74.00	24.85	16.95	11.20	13.72	16.30	18.90	18.90	23.87	90.50
1925	47.50	56.60	78.00	62.62	27.60	7.40	10.50	11.80	15.80	18.53	18.16	39.88	78.00
1926	59.80	115.80	187.09	90.36	35.20	17.18	11.40	12.19	14.80	14.73	19.70	50.96	187.09
1927	51.60	88.70	137.60	57.40	35.20	25.19	9.10	10.20	15.73	15.76	18.70	37.70	137.60
1928	49.70	111.22	183.49	88.70	40.30	14.00	12.10	12.10	13.19	13.10	14.70	27.50	183.49
1929	99.60	139.80	137.50	50.60	18.90	7.50	10.00	13.00	15.60	18.90	45.00	40.80	139.80
1930	81.75	55.80	320.10	98.40	67.80	35.40	12.90	14.73	11.88	15.80	20.00	18.93	320.10
1931	89.63	53.68	97.63	42.50	25.00	19.50	13.80	9.87	12.83	14.92	21.69	73.00	97.63
1932	84.75	315.00	106.50	62.50	34.00	14.52	12.27	13.45	12.67	19.20	25.69	35.40	315.00
1933	50.70	105.00	225.00	86.00	66.80	20.69	13.84	13.00	12.66	12.66	13.05	42.60	225.00
1934	83.50	160.00	200.00	71.90	41.00	25.69	18.23	12.66	12.27	15.20	14.52	13.84	200.00
1935	105.00	101.20	250.00	55.80	57.50	15.52	13.05	13.05	13.84	13.05	13.84	98.80	250.00
1936	65.50	47.40	60.50	39.60	22.19	15.20	13.05	13.05	13.05	13.05	13.05	16.23	65.50
1937	40.30	35.40	105.00	38.20	25.69	14.18	12.27	13.05	13.05	17.26	17.26	32.38	105.00
1938	96.60	175.00	130.00	65.50	35.40	15.00	13.05	13.05	13.05	13.05	13.05	20.19	175.00
1939	40.30	146.45	205.00	157.80	22.65	15.20	12.66	13.05	13.05	13.05	13.05	53.45	205.00
1940	96.60	57.50	254.50	70.80	23.11	14.18	13.05	13.05	13.05	13.05	16.23	22.27	254.50
1941	62.50	290.10	325.00	28.62	14.18	12.27	12.27	12.27	13.05	17.23	26.48	76.30	325.00
1942	184.60	315.80	125.50	42.60	28.05	14.52	13.84	13.84	13.05	13.05	13.05	27.48	315.80
1943	58.50	261.00	138.00	203.00	26.29	13.05	12.97	13.08	13.48	16.70	25.00	44.50	261.00
1944	71.90	130.00	127.30	38.50	24.70	15.00	13.04	13.05	13.03	14.50	14.30	18.50	130.00
1945	63.50	94.50	83.60	57.50	25.00	15.50	13.08	13.00	12.05	16.00	24.50	73.40	94.50
1946	134.00	105.00	185.00	113.00	35.00	17.50	14.00	13.00	14.00	15.50	32.40	53.60	185.00
1947	64.00	78.50	130.00	43.00	31.00	17.00	12.00	13.50	13.10	22.00	15.40	33.00	130.00
1948	130.00	90.00	128.00	62.00	33.00	23.00	18.00	14.00	13.15	51.00	34.00	22.60	130.00
1949	47.00	55.50	108.00	56.50	21.00	15.00	15.50	15.50	13.50	14.50	21.00	14.00	108.00
1950	80.00	98.50	79.50	55.00	33.00	17.50	14.80	13.00	13.50	13.50	18.00	58.50	98.50
1951	71.00	195.00	316.00	108.00	24.00	20.00	15.50	13.50	14.50	22.64	45.00	70.00	316.00
1952	115.00	132.00	164.00	109.00	24.00	19.00	17.00	14.00	18.00	15.00	33.00	45.00	164.00
1953	70.00	175.00	130.00	79.00	31.00	20.00	17.00	14.50	16.50	21.00	42.00	66.00	175.00
1954	72.00	202.00	180.00	42.00	36.00	20.00	16.00	15.00	14.50	18.00	36.00	28.00	202.00
1955	115.00	164.00	320.00	59.00	24.00	20.50	18.00	14.50	14.50	16.00	13.80	21.00	320.00
1956	39.00	142.00	155.00	68.00	21.00	15.00	12.70	13.20	14.80	13.80	12.40	13.10	155.00
1957	36.50	100.00	71.00	63.00	20.00	11.50	10.50	13.10	13.40	12.60	15.10	19.00	100.00
1958	40.00	99.80	94.80	27.90	16.00	11.25	12.15	11.20	12.50	15.90	16.62	14.30	99.80
1959	15.50	175.00	135.00	106.00	31.00	14.50	13.75	13.50	13.95	21.65	19.90	36.40	175.00
1960	60.90	69.00	77.40	28.10	21.40	14.10	13.85	15.00	14.30	16.80	18.20	16.85	77.40
1961	59.50	70.50	65.40	70.40	26.60	16.40	14.25	13.75	13.80	14.05	30.30	53.90	70.50
1962	84.00	76.60	84.10	49.70	28.15	15.30	15.25	16.00	15.10	14.95	16.30	29.00	84.10
1963	69.40	74.00	92.20	52.80	25.80	17.70	15.60	15.20	15.95	17.65	32.80	63.70	92.20
1964	26.70	78.80	72.50	77.30	31.80	17.70	15.60	16.00	16.45	16.95	18.20	21.74	78.80
1965	26.06	108.10	95.70	27.00	20.80	13.30	12.70	12.50	13.35	15.50	15.20	31.80	108.10
1966	72.00	54.09	100.60	30.20	24.90	15.80	17.70	14.60	15.80	30.60	27.80	42.00	100.60
1967	44.30	91.20	100.50	43.20	26.60	20.10	21.20	19.50	22.90	32.50	24.10	33.10	100.50
1968	39.90	30.10	46.40	35.50	18.90	17.30	15.60	18.90	16.75	21.80	35.80	39.40	46.40
1969	32.30	51.00	81.40	50.20	22.60	18.10	18.10	17.60	18.10	21.20	21.20	81.40	81.40
1970	158.00	58.20	88.00	57.70	41.00	23.70	20.80	19.20	22.80	22.20	19.40	55.80	158.00
1971	71.00	101.00	139.00	53.30	24.30	25.30	22.10	21.70	21.80	21.80	17.70	54.30	139.00
1972	93.00	138.00	210.00	119.00	38.60	19.20	18.20	17.30	15.30	20.40	20.00	45.10	210.00
1973	108.00	115.00	110.00	98.20	33.70	15.60	14.30	14.30	12.20	18.30	18.00	52.60	115.00
1974	59.50	67.70	79.10	49.20	19.80	14.20	11.40	15.10	19.20	17.00	17.00	15.10	79.10
1975	32.30	63.60	144.00	55.50	38.80	27.50	24.40	24.90	23.80	25.50	26.10	33.80	144.00
1976	69.00	116.00	91.10	51.10	26.10	22.80	18.00	18.00	19.00	19.40	21.00	23.40	116.00
1977	28.70	162.00	94.00	60.00	42.60	22.20	22.80	22.80	21.60	21.00	46.20	57.40	162.00
1978	98.80	151.00	61.30	46.20	21.00	20.40	20.40	19.90	18.50	20.40	22.20	51.10	151.00
1979	28.70	140.40	144.00	61.30	20.04	20.04	17.92	19.01	20.00	20.33	19.67	20.33	144.00
1980	91.50	40.11	82.40	85.00	20.51	20.51	18.40	19.05	21.65	23.94	28.56	29.40	91.50
1981	83.00	216.00	200.00	70.48	27.32	24.44	24.00	24.00	28.50	20.40	27.40	57.00	216.00
1982	57.50	72.20	65.20	58.40	41.40	38.50	32.55	35.10	27.00	30.40	47.80	33.60	72.20
1983	48.80	46.60	72.00	108.00	31.50	21.92	33.40	27.52	27.00	30.40	47.80	33.60	108.00
1984	39.00	103.50	82.80	50.70	28.70	38.08	33.60	31.04	27.84	31.92	42.56	72.00	103.50
1985	46.70	74.00	118.00	80.00	50.20	67.12	56.89	68.97	29.19	29.00	36.63	86.59	118.00
1986	164.18	154.51	158.35	98.19	113.00	32.06	29.35	34.10	26.19	26.19	26.43	54.96	164.18
1987	81.82	133.82	168.50	78.57	41.15	24.87	23.91	23.91	31.55	34.17	29.42	34.03	168.50
1988	57.77	67.63	43.40	83.00	35.40	24.52	31.40	36.68	23.60	25.28	22.40	58.56	83.00
1989	43.43	57.12	58.14	53.91	26.41	19.36	18.52	17.70	17.70	19.36	21.43	18.11	58.14
1990	35.12	21.02	26.82	18.92	16.86	15.02	13.90	11.10	13.90	31.95	38.58	39.84	39.84
1991	31.65	32.51	66.98	40.82	33.87	21.33	18.46	15.31	18.06	21.30	24.98	20.82	66.98


 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°1 DATA HIDROMETRICA</b>						UNALM		
							Fecha:		Mar-21
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"							Maetria: Ing. Recursos Hídricos		
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	1	Revisión :	0

1992	27.52	25.57	32.88	24.72	16.29	14.85	16.38	15.18	15.51	17.30	13.63	16.88	32.88
1993	95.46	114.49	88.56	55.40	33.45	18.62	17.43	18.71	18.20	21.38	57.99	88.12	114.49
1994	85.11	133.96	132.45	76.39	47.29	27.13	25.65	24.91	24.79	28.44	25.97	36.11	133.96
1995	40.47	33.92	60.35	41.98	23.15	23.77	20.97	23.25	22.59	23.93	26.87	37.60	60.35
1996	81.32	108.93	80.36	69.79	26.88	28.24	31.50	26.18	25.25	22.91	20.83	30.74	108.93
1997	44.55	76.35	47.69	21.55	19.44	20.54	18.92	19.56	19.60	22.40	26.80	77.37	77.37
1998	109.17	120.61	92.06	74.15	50.94	29.66	27.87	24.53	27.36	31.64	32.13	32.44	120.61
1999	49.47	125.49	107.73	74.72	46.17	25.19	26.43	25.31	29.31	29.78	32.09	50.93	125.49
2000	76.65	93.88	108.58	87.77	49.92	28.91	25.37	23.90	23.70	30.68	26.84	64.59	108.58
2001	91.08	89.14	108.65	88.84	40.20	29.45	28.55	28.11	28.21	27.91	44.11	36.70	108.65
2002	41.67	65.49	76.08	65.83	29.05	21.73	22.70	23.87	29.12	31.95	43.25	45.41	76.08
2003	75.83	82.68	128.61	77.55	41.90	30.16	29.95	31.27	30.57	30.90	34.59	43.18	128.61
2004	34.92	77.95	54.58	45.28	23.90	23.99	23.26	23.11	26.05	26.70	49.79	58.63	77.95
2005	68.67	46.91	64.18	62.14	27.52	26.33	25.20	25.48	25.26	25.62	25.17	33.08	68.67
2006	55.55	80.03	91.61	82.12	34.72	25.73	24.54	24.29	23.45	22.55	22.84	55.85	91.61
2007	69.27	101.57	95.65	107.47	36.46	24.89	19.21	21.86	20.59	21.63	22.00	22.62	107.47
2008	55.90	83.24	61.81	36.20	21.37	26.35	24.77	26.91	22.94	26.01	25.60	51.06	83.24
2009	75.69	87.88	126.72	82.43	25.53	20.67	20.29	20.40	22.03	24.04	55.73	58.73	126.72
2010	78.00	84.79	84.96	65.48	31.92	25.74	24.66	24.17	25.89	23.85	24.13	42.83	84.96
2011	59.35	68.67	72.29	83.36	41.63	28.74	26.02	26.11	26.49	32.47	33.14	48.15	83.36
2012	56.34	104.61	79.95	77.35	52.11	27.06	29.47	29.69	27.49	30.95	51.13	97.25	104.61
2013	61.84	116.74	131.02	71.58	26.45	25.98	25.56	27.09	26.26	27.09	28.89	39.83	131.02
<b>Media</b>	67.73	104.28	119.37	66.42	32.07	20.75	18.75	18.71	18.69	21.22	26.03	42.64	134.50
<b>N° Datos</b>	93.00	93.00	93.00	93.00	93.00	93.00	93.00	93.00	93.00	93.00	93.00	93.00	93.00
<b>Dsv. Est.</b>	31.06	58.38	63.42	28.40	13.60	7.87	7.38	8.20	5.68	6.82	10.91	20.19	68.18
<b>Maxima</b>	184.60	315.80	325.00	203.00	113.00	67.12	56.89	68.97	31.55	51.00	57.99	98.80	325.00
<b>Minima</b>	15.50	21.02	26.82	18.92	14.18	7.40	9.10	9.87	11.88	12.60	12.40	13.10	32.88

Fuente: Evaluación de Recusos Hídricos del Río Rímac - ANA 1921-2008  
 SENAMHI: 2009-2013



## **ANEXO 2: ANÁLISIS DE DATOS DUDOSOS**

 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°2 ANALISIS DE DATOS DUDOSOS</b>			UNALM
				Fecha: Mar-21
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por: SPVB	Revisado por: TOVB	Emitido para: Tesis	Anexo: 2	Revisión : 0

### 1. ANALISIS DE DATOS DUDOSOS DE CAUDALES MAXIMOS

#### CAUDAL MAXIMO MENSUAL (m3/s) - ESTACION CHOSICA

Estación: Chosica

Parámetro: Caudal máximo (m3/s)

Latitud: 11°55' S

Longitud: 76°41' O


Altitud: 863 msnm

Departamento: Lima

Provincia: Lima

Distrito: Lurigancho

N°	Año	Q Max (m3/s)	Orden	Log (P24)
1	1921	95.0	65	1.98
2	1922	99.0	61	2.00
3	1923	97.0	64	1.99
4	1924	90.5	70	1.96
5	1925	78.0	79	1.89
6	1926	187.1	16	2.27
7	1927	137.6	33	2.14
8	1928	183.5	18	2.26
9	1929	139.8	31	2.15
10	1930	320.1	2	2.51
11	1931	97.6	63	1.99
12	1932	315.0	6	2.50
13	1933	225.0	10	2.35
14	1934	200.0	15	2.30
15	1935	250.0	9	2.40
16	1936	65.5	88	1.82
17	1937	105.0	54	2.02
18	1938	175.0	19	2.24
19	1939	205.0	13	2.31
20	1940	254.5	8	2.41
21	1941	325.0	1	2.51
22	1942	315.8	5	2.50
23	1943	261.0	7	2.42
24	1944	130.0	36	2.11
25	1945	94.5	66	1.98
26	1946	185.0	17	2.27
27	1947	130.0	36	2.11
28	1948	130.0	36	2.11
29	1949	108.0	51	2.03
30	1950	98.5	62	1.99
31	1951	316.0	4	2.50
32	1952	164.0	24	2.21
33	1953	175.0	19	2.24
34	1954	202.0	14	2.31
35	1955	320.0	3	2.51
36	1956	155.0	27	2.19
37	1957	100.0	59	2.00
38	1958	99.8	60	2.00
39	1959	175.0	19	2.24
40	1960	77.4	81	1.89
41	1961	70.5	85	1.85
42	1962	84.1	72	1.92
43	1963	92.2	67	1.96
44	1964	78.8	78	1.90
45	1965	108.1	50	2.03
46	1966	100.6	57	2.00
47	1967	100.5	58	2.00
48	1968	46.4	91	1.67
49	1969	81.4	76	1.91
50	1970	158.0	26	2.20
51	1971	139.0	32	2.14
52	1972	210.0	12	2.32
53	1973	115.0	45	2.06
54	1974	79.1	77	1.90
55	1975	144.0	29	2.16
56	1976	116.0	44	2.06
57	1977	162.0	25	2.21
58	1978	151.0	28	2.18
59	1979	144.0	29	2.16
60	1980	91.5	69	1.96
61	1981	216.0	11	2.33

 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°2 ANALISIS DE DATOS DUDOSOS</b>				UNALM
					Fecha: Mar-21
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"					Maetria: Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por: SPVB	Revisado por: TOVB	Emitido para: Tesis	Anexo: 2	Revisión: 0	

62	1982	72.2	84	1.86
63	1983	108.0	51	2.03
64	1984	103.5	56	2.01
65	1985	118.0	43	2.07
66	1986	164.2	23	2.22
67	1987	168.5	22	2.23
68	1988	83.0	75	1.92
69	1989	58.1	90	1.76
70	1990	39.8	92	1.60
71	1991	67.0	87	1.83
72	1992	32.9	93	1.52
73	1993	114.5	46	2.06
74	1994	134.0	34	2.13
75	1995	60.4	89	1.78
76	1996	108.9	47	2.04
77	1997	77.4	82	1.89
78	1998	120.6	42	2.08
79	1999	125.5	41	2.10
80	2000	108.6	49	2.04
81	2001	108.7	48	2.04
82	2002	76.1	83	1.88
83	2003	128.6	39	2.11
84	2004	78.0	80	1.89
85	2005	68.7	86	1.84
86	2006	91.6	68	1.96
87	2007	107.5	53	2.03
88	2008	83.2	74	1.92
89	2009	126.7	40	2.10
90	2010	85.0	71	1.93
91	2011	83.4	73	1.92
92	2012	104.6	55	2.02
93	2013	131.0	35	2.12

Número de datos "n"	93	93
Máximo	325.0	2.5
Mínimo	32.9	1.5
Promedio	134.5	2.1
Desviación Estandar "S"	68.2	0.20
Coficiente de asimetría "Cs"	1.34	0.15
Cs/6	0.22	0.03

**METODO WATER RESOURCES COUNCIL**

n 93  
 Kn 2.9924 (Kn de un lado con un nivel de significancia del 10%)

Limite superior:

XH = 2.692  
 PH = 491.68 mm

Limite inferior:

XL = 1.469  
 PL = 29.42 mm


Resultado:

No hay datos dudosos

Tamaño de muestra n	$K_n$	Tamaño de muestra n	$K_n$	Tamaño de muestra n	$K_n$	Tamaño de muestra n	$K_n$
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

Fuente: U. S. Water Resources Council, 1981. Esta tabla contiene valores de  $K_n$  de un lado con un nivel de significancia del 10% para la distribución normal.

### **ANEXO 3:ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS**

 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°3 ANALISIS DE DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS</b>			UNALM
				Fecha: Mar-21
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por: SPVB	Revisado por: TOVB	Emitido para: Tesis	Anexo: 3	Revisión : 0

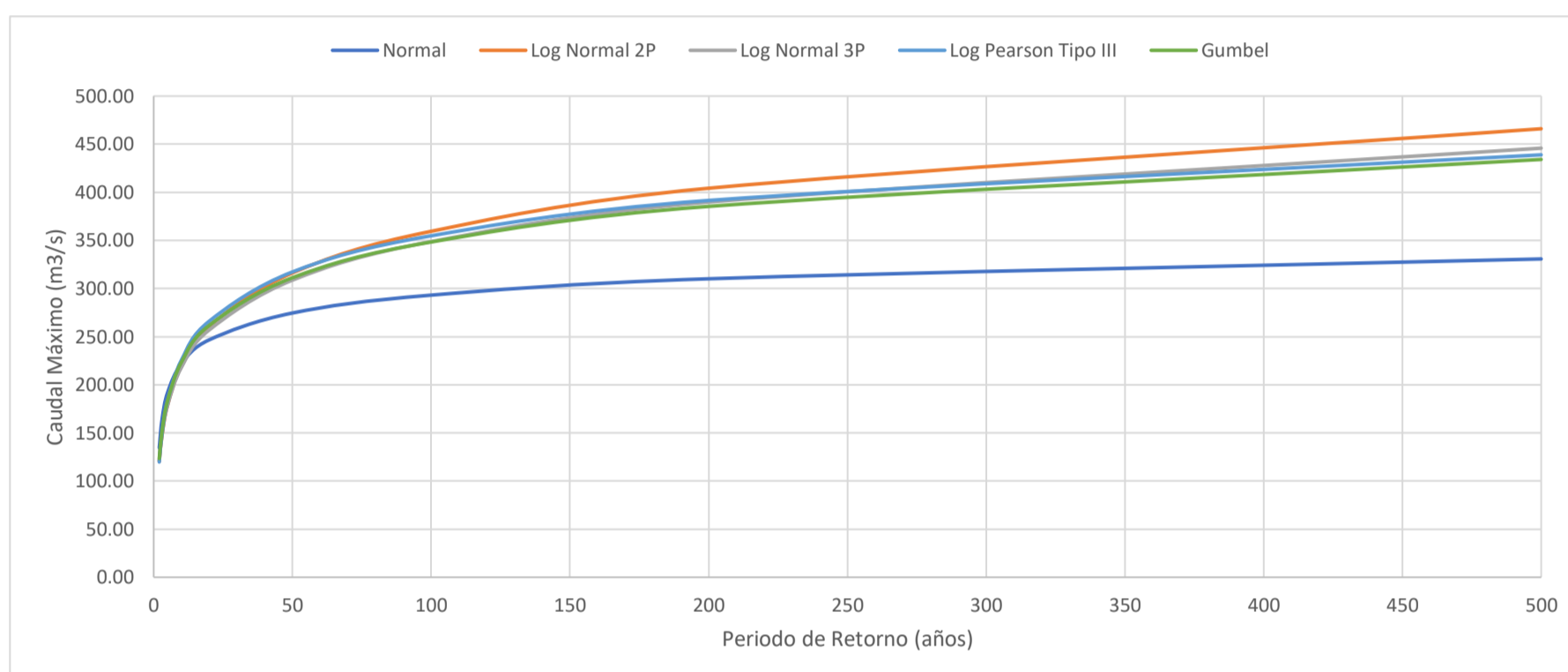
### 1. ANALISIS DE DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS

Resumen de distribuciones calculadas - Estacion Chosica

Periodo de Retorno (años)	Normal	Log Normal 2 P	Log Normal 3 P	Pearson Tipo III	Gumbel
500	330.74	466.01	445.83	438.91	434.11
200	310.14	404.22	389.75	391.54	385.32
100	293.13	359.45	348.73	354.79	348.34
50	274.55	316.18	308.71	317.23	311.23
20	246.66	260.83	256.93	266.04	261.70
10	221.88	219.82	218.06	225.71	223.44
5	191.87	178.69	178.51	183.15	183.55
3	163.84	147.26	147.85	149.35	151.80
2	134.50	120.26	121.13	119.76	123.30

Fuente:Elaboración Propia

Se ajustaron los valores de caudales máximos a la funcion de distribucion Gamma 3 parametros o Pearson Tipo III




Resumen Test de Bondad Smirnov- Kolmogorov

Parametros de las pruebas de bondad de ajuste

Distribucion	$\Delta$ Teorico	$\Delta$ Tabular
Normal	0.1481	0.1410
Log Normal 2P	0.0835	0.1410
Log Normal 3P	0.0900	0.1410
<b>Pearson T III</b>	<b>0.0730</b>	<b>0.1410</b>
Gumbel	0.0970	0.1410

Fuente:Elaboración Propia




 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°3 ANALISIS DE DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS</b>			UNALM					
				Fecha:		Mar-21			
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria:					
				Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	3	Revisión :	0

Analisis de distribución de frecuencias para distribución normal

**TEST DE BONDAD SMIRNOV-KOLMOGOROV - DISTRIBUCION NORMAL**

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	32.9	0.0106	0.0681	0.0549	0.0574
2	39.8	0.0213	0.0824	0.0680	0.0611
3	46.4	0.0319	0.0981	0.0827	0.0662
4	58.1	0.0426	0.1312	0.1145	0.0887
5	60.4	0.0532	0.1385	0.1217	0.0853
6	65.5	0.0638	0.1557	0.1387	0.0919
7	67.0	0.0745	0.1611	0.1440	0.0866
8	68.7	0.0851	0.1672	0.1501	0.0821
9	70.5	0.0957	0.1739	0.1568	0.0782
10	72.2	0.1064	0.1804	0.1633	0.0740
11	76.1	0.1170	0.1958	0.1789	0.0788
12	77.4	0.1277	0.2011	0.1843	0.0735
13	77.4	0.1383	0.2011	0.1843	0.0628
14	78.0	0.1489	0.2036	0.1869	0.0547
15	78.0	0.1596	0.2036	0.1869	0.0440
16	78.8	0.1702	0.2070	0.1903	0.0367
17	79.1	0.1809	0.2082	0.1916	0.0274
18	81.4	0.1915	0.2180	0.2016	0.0265
19	83.0	0.2021	0.2250	0.2087	0.0229
20	83.2	0.2128	0.2259	0.2096	0.0131
21	83.4	0.2234	0.2268	0.2106	0.0034
22	84.1	0.2340	0.2299	0.2137	0.0042
23	85.0	0.2447	0.2339	0.2179	0.0108
24	90.5	0.2553	0.2593	0.2442	0.0040
25	91.5	0.2660	0.2641	0.2492	0.0019
26	91.6	0.2766	0.2646	0.2497	0.0120
27	92.2	0.2872	0.2675	0.2527	0.0198
28	94.5	0.2979	0.2787	0.2644	0.0192
29	95.0	0.3085	0.2812	0.2670	0.0274
30	97.0	0.3191	0.2911	0.2775	0.0280
31	97.6	0.3298	0.2942	0.2806	0.0356
32	98.5	0.3404	0.2987	0.2854	0.0417
33	99.0	0.3511	0.3013	0.2881	0.0498
34	99.8	0.3617	0.3054	0.2924	0.0563
35	100.0	0.3723	0.3064	0.2935	0.0659
36	100.5	0.3830	0.3090	0.2962	0.0740
37	100.6	0.3936	0.3095	0.2968	0.0841
38	103.5	0.4043	0.3247	0.3128	0.0796
39	104.6	0.4149	0.3305	0.3189	0.0844
40	105.0	0.4255	0.3326	0.3212	0.0929
41	107.5	0.4362	0.3460	0.3354	0.0901
42	108.0	0.4468	0.3487	0.3383	0.0981
43	108.0	0.4574	0.3487	0.3383	0.1087
44	108.1	0.4681	0.3493	0.3388	0.1188
45	108.6	0.4787	0.3520	0.3417	0.1267
46	108.7	0.4894	0.3525	0.3423	0.1368
47	108.9	0.5000	0.3536	0.3435	0.1464
48	114.5	0.5106	0.3846	0.3764	0.1260
49	115.0	0.5213	0.3874	0.3794	0.1339
50	116.0	0.5319	0.3931	0.3854	0.1389
51	118.0	0.5426	0.4044	0.3975	0.1382
52	120.6	0.5532	0.4192	0.4134	0.1340
53	125.5	0.5638	0.4475	0.4437	0.1163
54	126.7	0.5745	0.4544	0.4511	0.1200
55	128.6	0.5851	0.4655	0.4630	0.1196
56	130.0	0.5957	0.4737	0.4718	0.1221
57	130.0	0.6064	0.4737	0.4718	0.1327
58	130.0	0.6170	0.4737	0.4718	0.1433
59	131.0	0.6277	0.4795	0.4780	0.1481
60	134.0	0.6383	0.4971	0.4969	0.1412
61	137.6	0.6489	0.5181	0.5195	0.1308
62	139.0	0.6596	0.5263	0.5282	0.1333
63	139.8	0.6702	0.5310	0.5332	0.1392
64	144.0	0.6809	0.5554	0.5594	0.1254
65	144.0	0.6915	0.5554	0.5594	0.1361
66	151.0	0.7021	0.5956	0.6025	0.1065
67	155.0	0.7128	0.6182	0.6265	0.0946
68	158.0	0.7234	0.6348	0.6443	0.0886
69	162.0	0.7340	0.6567	0.6675	0.0774
70	164.0	0.7447	0.6674	0.6788	0.0773
71	164.2	0.7553	0.6684	0.6800	0.0869
72	168.5	0.7660	0.6910	0.7038	0.0750
73	175.0	0.7766	0.7238	0.7381	0.0528
74	175.0	0.7872	0.7238	0.7381	0.0635
75	175.0	0.7979	0.7238	0.7381	0.0741



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>		<b>Anexo N°3 ANALISIS DE DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS</b>					UNALM
							Fecha: Mar-21
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"							Maetria: Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	3
	76	183.5	0.8085	0.7638	0.7798	0.0447	
	77	185.0	0.8191	0.7706	0.7867	0.0486	
	78	187.1	0.8298	0.7798	0.7962	0.0500	
	79	200.0	0.8404	0.8317	0.8488	0.0088	
	80	202.0	0.8511	0.8389	0.8560	0.0121	
	81	205.0	0.8617	0.8495	0.8665	0.0122	
	82	210.0	0.8723	0.8659	0.8827	0.0064	
	83	216.0	0.8830	0.8840	0.9003	0.0011	
	84	225.0	0.8936	0.9078	0.9229	0.0142	
	85	250.0	0.9043	0.9549	0.9655	0.0506	
	86	254.5	0.9149	0.9608	0.9706	0.0459	
	87	261.0	0.9255	0.9682	0.9768	0.0427	
	88	315.0	0.9362	0.9959	0.9978	0.0598	
	89	315.8	0.9468	0.9961	0.9978	0.0493	
	90	316.0	0.9574	0.9961	0.9979	0.0387	
	91	320.0	0.9681	0.9967	0.9983	0.0287	
	92	320.1	0.9787	0.9968	0.9983	0.0180	
	93	325.0	0.9894	0.9974	0.9986	0.0080	


-----  
Ajuste con momentos ordinarios:  
-----

Como el delta teórico 0.1481, es mayor que el delta tabular 0.1410. Los datos no se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5%

-----  
Parámetros de distribución Normal  
-----

Con momentos ordinarios:  
Parámetro de localización (Xm)= 134.5011  
Parámetro de escala (S)= 68.1749


Con momentos lineales:  
Media lineal (XI)= 134.5011  
Desviación estándar lineal (SI)= 63.519

 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°3 ANALISIS DE DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS</b>				UNALM
					Fecha: Mar-21
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"					Maetria: Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por: SPVB	Revisado por: TOVB	Emitido para: Tesis	Anexo: 3	Revisión: 0	

Analisis de distribución de frecuencias para distribución log normal 2 parámetros

**TEST DE BONDAD SMIRNOV-KOLMOGOROV - DISTRIBUCION LOG NORMAL 2 PARAMETROS**

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	32.9	0.0106	0.0029	0.0028	0.0077
2	39.8	0.0213	0.0094	0.0091	0.0119
3	46.4	0.0319	0.0215	0.0209	0.0104
4	58.1	0.0426	0.0610	0.0600	0.0185
5	60.4	0.0532	0.0717	0.0705	0.0185
6	65.5	0.0638	0.0983	0.0970	0.0345
7	67.0	0.0745	0.1069	0.1056	0.0324
8	68.7	0.0851	0.1170	0.1157	0.0319
9	70.5	0.0957	0.1282	0.1268	0.0324
10	72.2	0.1064	0.1391	0.1377	0.0327
11	76.1	0.1170	0.1654	0.1640	0.0484
12	77.4	0.1277	0.1745	0.1731	0.0468
13	77.4	0.1383	0.1745	0.1731	0.0362
14	78.0	0.1489	0.1787	0.1774	0.0298
15	78.0	0.1596	0.1787	0.1774	0.0192
16	78.8	0.1702	0.1845	0.1831	0.0143
17	79.1	0.1809	0.1866	0.1853	0.0058
18	81.4	0.1915	0.2034	0.2021	0.0119
19	83.0	0.2021	0.2153	0.2140	0.0132
20	83.2	0.2128	0.2168	0.2155	0.0040
21	83.4	0.2234	0.2183	0.2170	0.0051
22	84.1	0.2340	0.2236	0.2223	0.0105
23	85.0	0.2447	0.2304	0.2291	0.0143
24	90.5	0.2553	0.2728	0.2717	0.0175
25	91.5	0.2660	0.2806	0.2795	0.0147
26	91.6	0.2766	0.2814	0.2803	0.0048
27	92.2	0.2872	0.2861	0.2850	0.0011
28	94.5	0.2979	0.3042	0.3032	0.0063
29	95.0	0.3085	0.3081	0.3071	0.0004
30	97.0	0.3191	0.3239	0.3229	0.0047
31	97.6	0.3298	0.3286	0.3277	0.0012
32	98.5	0.3404	0.3357	0.3348	0.0047
33	99.0	0.3511	0.3396	0.3388	0.0114
34	99.8	0.3617	0.3459	0.3451	0.0158
35	100.0	0.3723	0.3475	0.3466	0.0249
36	100.5	0.3830	0.3514	0.3506	0.0316
37	100.6	0.3936	0.3522	0.3514	0.0414
38	103.5	0.4043	0.3749	0.3742	0.0294
39	104.6	0.4149	0.3834	0.3828	0.0315
40	105.0	0.4255	0.3865	0.3859	0.0390
41	107.5	0.4362	0.4058	0.4052	0.0304
42	108.0	0.4468	0.4096	0.4091	0.0372
43	108.0	0.4574	0.4096	0.4091	0.0479
44	108.1	0.4681	0.4104	0.4099	0.0577
45	108.6	0.4787	0.4142	0.4137	0.0645
46	108.7	0.4894	0.4149	0.4145	0.0744
47	108.9	0.5000	0.4165	0.4160	0.0835
48	114.5	0.5106	0.4584	0.4582	0.0522
49	115.0	0.5213	0.4621	0.4619	0.0592
50	116.0	0.5319	0.4694	0.4692	0.0625
51	118.0	0.5426	0.4839	0.4838	0.0587
52	120.6	0.5532	0.5024	0.5024	0.0508
53	125.5	0.5638	0.5361	0.5363	0.0278
54	126.7	0.5745	0.5441	0.5444	0.0304
55	128.6	0.5851	0.5566	0.5569	0.0285
56	130.0	0.5957	0.5657	0.5661	0.0301
57	130.0	0.6064	0.5657	0.5661	0.0407
58	130.0	0.6170	0.5657	0.5661	0.0513
59	131.0	0.6277	0.5721	0.5725	0.0556
60	134.0	0.6383	0.5909	0.5914	0.0474
61	137.6	0.6489	0.6126	0.6133	0.0363
62	139.0	0.6596	0.6208	0.6215	0.0387
63	139.8	0.6702	0.6255	0.6262	0.0447
64	144.0	0.6809	0.6491	0.6499	0.0318
65	144.0	0.6915	0.6491	0.6499	0.0424
66	151.0	0.7021	0.6857	0.6867	0.0164
67	155.0	0.7128	0.7051	0.7062	0.0076
68	158.0	0.7234	0.7190	0.7201	0.0044
69	162.0	0.7340	0.7367	0.7378	0.0026
70	164.0	0.7447	0.7451	0.7463	0.0004
71	164.2	0.7553	0.7459	0.7471	0.0094
72	168.5	0.7660	0.7632	0.7645	0.0027
73	175.0	0.7766	0.7873	0.7886	0.0107
74	175.0	0.7872	0.7873	0.7886	0.0001

 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>		<b>Anexo N°3 ANALISIS DE DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS</b>					UNALM		
							Fecha:	Mar-21	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"							Maetria:	Ing. Recursos Hídricos	
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	3	Revisión :	0
	75	175.0	0.7979	0.7873	0.7886	0.0106			
	76	183.5	0.8085	0.8154	0.8168	0.0069			
	77	185.0	0.8191	0.8200	0.8213	0.0008			
	78	187.1	0.8298	0.8262	0.8276	0.0036			
	79	200.0	0.8404	0.8601	0.8615	0.0197			
	80	202.0	0.8511	0.8648	0.8661	0.0137			
	81	205.0	0.8617	0.8715	0.8728	0.0098			
	82	210.0	0.8723	0.8819	0.8832	0.0096			
	83	216.0	0.8830	0.8933	0.8946	0.0104			
	84	225.0	0.8936	0.9084	0.9097	0.0148			
	85	250.0	0.9043	0.9400	0.9411	0.0358			
	86	254.5	0.9149	0.9444	0.9454	0.0295			
	87	261.0	0.9255	0.9502	0.9511	0.0246			
	88	315.0	0.9362	0.9796	0.9802	0.0435			
	89	315.8	0.9468	0.9799	0.9805	0.0331			
	90	316.0	0.9574	0.9800	0.9805	0.0225			
	91	320.0	0.9681	0.9812	0.9818	0.0131			
	92	320.1	0.9787	0.9813	0.9818	0.0025			
	93	325.0	0.9894	0.9827	0.9832	0.0067			

-----  
Ajuste con momentos ordinarios:  
-----

Como el delta teórico 0.0835, es menor que el delta tabular 0.1410. Los datos se ajustan a la distribución logNormal 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%

-----  
Párametros de distribución Log Normal  
-----

Con momentos ordinarios:


Parámetro de escala ( $\mu_y$ )= 4.7897

Parámetro de forma ( $S_y$ )= 0.4706

Con momentos lineales:

Parámetro de escala ( $\mu_l$ )= 4.7897


Parámetro de forma ( $S_l$ )= 0.4679

 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°3 ANALISIS DE DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS</b>			UNALM					
				Fecha:		Mar-21			
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria:					
				Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	3	Revisión :	0

Analisis de distribución de frecuencias para distribución log normal 3 parámetros

**TEST DE BONDAD SMIRNOV-KOLMOGOROV - DISTRIBUCION LOG NORMAL 3 PARAMETROS**

m	X	P(X)	Z	F(Z)	Delta
1	32.9	0.0106	-2.6244	0.0043	0.0063
2	39.8	0.0213	-2.2695	0.0116	0.0097
3	46.4	0.0319	-1.9747	0.0241	0.0078
4	58.1	0.0426	-1.5304	0.0630	0.0204
5	60.4	0.0532	-1.4523	0.0732	0.0200
6	65.5	0.0638	-1.2881	0.0988	0.0350
7	67.0	0.0745	-1.2420	0.1071	0.0326
8	68.7	0.0851	-1.1908	0.1169	0.0318
9	70.5	0.0957	-1.1378	0.1276	0.0318
10	72.2	0.1064	-1.0889	0.1381	0.0317
11	76.1	0.1170	-0.9804	0.1634	0.0464
12	77.4	0.1277	-0.9454	0.1722	0.0446
13	77.4	0.1383	-0.9454	0.1722	0.0339
14	78.0	0.1489	-0.9294	0.1763	0.0274
15	78.0	0.1596	-0.9294	0.1763	0.0168
16	78.8	0.1702	-0.9082	0.1819	0.0117
17	79.1	0.1809	-0.9004	0.1840	0.0031
18	81.4	0.1915	-0.8408	0.2002	0.0087
19	83.0	0.2021	-0.8003	0.2118	0.0097
20	83.2	0.2128	-0.7952	0.2132	0.0005
21	83.4	0.2234	-0.7902	0.2147	0.0087
22	84.1	0.2340	-0.7728	0.2198	0.0142
23	85.0	0.2447	-0.7506	0.2265	0.0182
24	90.5	0.2553	-0.6192	0.2679	0.0126
25	91.5	0.2660	-0.5962	0.2755	0.0096
26	91.6	0.2766	-0.5939	0.2763	0.0003
27	92.2	0.2872	-0.5801	0.2809	0.0063
28	94.5	0.2979	-0.5283	0.2987	0.0008
29	95.0	0.3085	-0.5171	0.3025	0.0060
30	97.0	0.3191	-0.4732	0.3181	0.0011
31	97.6	0.3298	-0.4601	0.3227	0.0071
32	98.5	0.3404	-0.4407	0.3297	0.0107
33	99.0	0.3511	-0.4300	0.3336	0.0175
34	99.8	0.3617	-0.4130	0.3398	0.0219
35	100.0	0.3723	-0.4087	0.3414	0.0310
36	100.5	0.3830	-0.3982	0.3452	0.0377
37	100.6	0.3936	-0.3961	0.3460	0.0476
38	103.5	0.4043	-0.3358	0.3685	0.0358
39	104.6	0.4149	-0.3134	0.3770	0.0379
40	105.0	0.4255	-0.3053	0.3801	0.0454
41	107.5	0.4362	-0.2552	0.3993	0.0369
42	108.0	0.4468	-0.2453	0.4031	0.0437
43	108.0	0.4574	-0.2453	0.4031	0.0543
44	108.1	0.4681	-0.2434	0.4039	0.0642
45	108.6	0.4787	-0.2335	0.4077	0.0710
46	108.7	0.4894	-0.2316	0.4084	0.0809
47	108.9	0.5000	-0.2277	0.4100	0.0900
48	114.5	0.5106	-0.1206	0.4520	0.0586
49	115.0	0.5213	-0.1113	0.4557	0.0656
50	116.0	0.5319	-0.0928	0.4630	0.0689
51	118.0	0.5426	-0.0562	0.4776	0.0650
52	120.6	0.5532	-0.0095	0.4962	0.0570
53	125.5	0.5638	0.0761	0.5303	0.0335
54	126.7	0.5745	0.0966	0.5385	0.0360
55	128.6	0.5851	0.1286	0.5512	0.0339
56	130.0	0.5957	0.1519	0.5604	0.0354
57	130.0	0.6064	0.1519	0.5604	0.0460
58	130.0	0.6170	0.1519	0.5604	0.0566
59	131.0	0.6277	0.1685	0.5669	0.0608
60	134.0	0.6383	0.2173	0.5860	0.0523
61	137.6	0.6489	0.2746	0.6082	0.0407
62	139.0	0.6596	0.2965	0.6166	0.0430
63	139.8	0.6702	0.3089	0.6213	0.0489
64	144.0	0.6809	0.3730	0.6454	0.0354
65	144.0	0.6915	0.3730	0.6454	0.0460
66	151.0	0.7021	0.4761	0.6830	0.0191
67	155.0	0.7128	0.5330	0.7030	0.0098
68	158.0	0.7234	0.5747	0.7173	0.0061
69	162.0	0.7340	0.6292	0.7354	0.0014
70	164.0	0.7447	0.6560	0.7441	0.0006
71	164.2	0.7553	0.6586	0.7449	0.0104
72	168.5	0.7660	0.7151	0.7627	0.0032
73	175.0	0.7766	0.7979	0.7875	0.0109
74	175.0	0.7872	0.7979	0.7875	0.0003
75	175.0	0.7979	0.7979	0.7875	0.0103

 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>		<b>Anexo N°3 ANALISIS DE DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS</b>					UNALM		
							Fecha:		Mar-21
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"							Maetria:		
							Ing. Recursos Hídricos		
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	3	Revisión :	0
	76	183.5	0.8085	0.9018	0.8164	0.0079			
	77	185.0	0.8191	0.9197	0.8211	0.0020			
	78	187.1	0.8298	0.9445	0.8275	0.0022			
	79	200.0	0.8404	1.0911	0.8624	0.0220			
	80	202.0	0.8511	1.1130	0.8671	0.0161			
	81	205.0	0.8617	1.1455	0.8740	0.0123			
	82	210.0	0.8723	1.1986	0.8847	0.0123			
	83	216.0	0.8830	1.2608	0.8963	0.0133			
	84	225.0	0.8936	1.3510	0.9117	0.0180			
	85	250.0	0.9043	1.5845	0.9435	0.0392			
	86	254.5	0.9149	1.6241	0.9478	0.0329			
	87	261.0	0.9255	1.6801	0.9535	0.0280			
	88	315.0	0.9362	2.0992	0.9821	0.0459			
	89	315.8	0.9468	2.1049	0.9823	0.0355			
	90	316.0	0.9574	2.1063	0.9824	0.0250			
	91	320.0	0.9681	2.1344	0.9836	0.0155			
	92	320.1	0.9787	2.1351	0.9836	0.0049			
	93	325.0	0.9894	2.1691	0.9850	0.0044			

-----  
Ajuste con momentos ordinarios:  
-----


Como el delta teórico 0.0900, es menor que el delta tabular 0.1410. Los datos se ajustan a la distribución logNormal 3 parámetros, con un nivel de significación del 5%

-----  
Párametros de distribución lognormal  
-----

Parámetro de posición ( $x_0$ )= -8.3277

Parámetro de escala ( $\mu y$ )= 4.8634

Parámetro de forma ( $Sy$ )= 0.436


 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°3 ANALISIS DE DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS</b>			UNALM					
				Fecha:		Mar-21			
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria:					
				Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	3	Revisión :	0

Analisis de distribución de frecuencias para distribución Pearson tipo 3

**TEST DE BONDAD SMIRNOV-KOLMOGOROV - DISTRIBUCION PEARSON TIPO III**

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	32.9	0.0106	0.0000	0.000	0.0106
2	39.8	0.0213	0.0057	0.000	0.0156
3	46.4	0.0319	0.0223	0.000	0.0096
4	58.1	0.0426	0.0744	0.000	0.0318
5	60.4	0.0532	0.0873	0.000	0.0341
6	65.5	0.0638	0.1182	0.000	0.0544
7	67.0	0.0745	0.1279	0.000	0.0534
8	68.7	0.0851	0.1390	0.000	0.0539
9	70.5	0.0957	0.1511	0.000	0.0553
10	72.2	0.1064	0.1627	0.000	0.0563
11	76.1	0.1170	0.1900	0.000	0.0730
12	77.4	0.1277	0.1993	0.000	0.0716
13	77.4	0.1383	0.1993	0.000	0.0610
14	78.0	0.1489	0.2036	0.000	0.0546
15	78.0	0.1596	0.2036	0.000	0.0440
16	78.8	0.1702	0.2093	0.000	0.0391
17	79.1	0.1809	0.2115	0.000	0.0306
18	81.4	0.1915	0.2282	0.000	0.0367
19	83.0	0.2021	0.2399	0.000	0.0377
20	83.2	0.2128	0.2413	0.000	0.0286
21	83.4	0.2234	0.2428	0.000	0.0194
22	84.1	0.2340	0.2479	0.000	0.0139
23	85.0	0.2447	0.2545	0.000	0.0099
24	90.5	0.2553	0.2951	0.000	0.0397
25	91.5	0.2660	0.3024	0.000	0.0365
26	91.6	0.2766	0.3032	0.000	0.0266
27	92.2	0.2872	0.3076	0.000	0.0203
28	94.5	0.2979	0.3245	0.000	0.0266
29	95.0	0.3085	0.3281	0.000	0.0196
30	97.0	0.3191	0.3427	0.000	0.0236
31	97.6	0.3298	0.3471	0.000	0.0173
32	98.5	0.3404	0.3537	0.000	0.0132
33	99.0	0.3511	0.3573	0.000	0.0062
34	99.8	0.3617	0.3631	0.000	0.0014
35	100.0	0.3723	0.3645	0.000	0.0078
36	100.5	0.3830	0.3681	0.000	0.0149
37	100.6	0.3936	0.3688	0.000	0.0248
38	103.5	0.4043	0.3896	0.000	0.0147
39	104.6	0.4149	0.3974	0.000	0.0175
40	105.0	0.4255	0.4002	0.000	0.0253
41	107.5	0.4362	0.4178	0.000	0.0184
42	108.0	0.4468	0.4213	0.000	0.0256
43	108.0	0.4574	0.4213	0.000	0.0362
44	108.1	0.4681	0.4219	0.000	0.0461
45	108.6	0.4787	0.4254	0.000	0.0533
46	108.7	0.4894	0.4261	0.000	0.0633
47	108.9	0.5000	0.4275	0.000	0.0725
48	114.5	0.5106	0.4656	0.000	0.0451
49	115.0	0.5213	0.4689	0.000	0.0524
50	116.0	0.5319	0.4755	0.000	0.0564
51	118.0	0.5426	0.4887	0.000	0.0539
52	120.6	0.5532	0.5054	0.000	0.0478
53	125.5	0.5638	0.5361	0.000	0.0278
54	126.7	0.5745	0.5434	0.000	0.0311
55	128.6	0.5851	0.5548	0.000	0.0303
56	130.0	0.5957	0.5631	0.000	0.0326
57	130.0	0.6064	0.5631	0.000	0.0433
58	130.0	0.6170	0.5631	0.000	0.0539
59	131.0	0.6277	0.5690	0.000	0.0587
60	134.0	0.6383	0.5862	0.000	0.0521
61	137.6	0.6489	0.6063	0.000	0.0427
62	139.0	0.6596	0.6139	0.000	0.0457
63	139.8	0.6702	0.6181	0.000	0.0521
64	144.0	0.6809	0.6401	0.000	0.0408
65	144.0	0.6915	0.6401	0.000	0.0514
66	151.0	0.7021	0.6745	0.000	0.0276
67	155.0	0.7128	0.6930	0.000	0.0198
68	158.0	0.7234	0.7063	0.000	0.0171
69	162.0	0.7340	0.7233	0.000	0.0108
70	164.0	0.7447	0.7314	0.000	0.0132
71	164.2	0.7553	0.7323	0.000	0.0231
72	168.5	0.7660	0.7491	0.000	0.0168
73	175.0	0.7766	0.7729	0.000	0.0037
74	175.0	0.7872	0.7729	0.000	0.0143
75	175.0	0.7979	0.7729	0.000	0.0250



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>		<b>Anexo N°3 ANALISIS DE DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS</b>					UNALM		
							Fecha:	Mar-21	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"							Maetria:	Ing. Recursos Hídricos	
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	3	Revisión :	0
	76	183.5	0.8085	0.8011	0.000	0.0074			
	77	185.0	0.8191	0.8057	0.000	0.0134			
	78	187.1	0.8298	0.8120	0.000	0.0177			
	79	200.0	0.8404	0.8471	0.000	0.0067			
	80	202.0	0.8511	0.8520	0.000	0.0009			
	81	205.0	0.8617	0.8590	0.000	0.0027			
	82	210.0	0.8723	0.8701	0.000	0.0022			
	83	216.0	0.8830	0.8824	0.000	0.0006			
	84	225.0	0.8936	0.8988	0.000	0.0051			
	85	250.0	0.9043	0.9339	0.000	0.0296			
	86	254.5	0.9149	0.9388	0.000	0.0239			
	87	261.0	0.9255	0.9453	0.000	0.0198			
	88	315.0	0.9362	0.9791	0.000	0.0430			
	89	315.8	0.9468	0.9794	0.000	0.0326			
	90	316.0	0.9574	0.9795	0.000	0.0221			
	91	320.0	0.9681	0.9809	0.000	0.0129			
	92	320.1	0.9787	0.9810	0.000	0.0023			
	93	325.0	0.9894	0.9826	0.000	0.0068			


-----  
Ajuste con momentos ordinarios:  
-----

Como el delta teórico 0.07299, es menor que el delta tabular 0.141. Los datos se ajustan a la distribución Gamma de 3 parámetros, con un nivel de significación del 5%

-----  
Los 3 parámetros de la distribución Pearson tipo 3:  
-----

Con momentos ordinarios:  
Parámetro de localización ( $X_0$ )= 32.6998  
Parámetro de forma ( $\gamma$ )= 2.2298  
Parámetro de escala ( $\beta$ )= 45.6558

Con momentos lineales:  
Parámetro de localización ( $X_{0l}$ )= 54.2168  
Parámetro de forma ( $\gamma_{ml}$ )= 1.3287  
Parámetro de escala ( $\beta_{ml}$ )= 60.4233


 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°3 ANALISIS DE DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS</b>			UNALM					
				Fecha:		Mar-21			
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria:					
				Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	3	Revisión :	0

Analisis de distribución de frecuencias para distribución gumbel

**TEST DE BONDAD SMIRNOV-KOLMOGOROV - DISTRIBUCION GUMBEL**

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	32.9	0.0106	0.0224	0.0182	0.0118
2	39.8	0.0213	0.0356	0.0300	0.0144
3	46.4	0.0319	0.0526	0.0457	0.0207
4	58.1	0.0426	0.0941	0.0854	0.0515
5	60.4	0.0532	0.1040	0.0950	0.0508
6	65.5	0.0638	0.1279	0.1185	0.0641
7	67.0	0.0745	0.1355	0.1260	0.0610
8	68.7	0.0851	0.1443	0.1347	0.0592
9	70.5	0.0957	0.1539	0.1443	0.0581
10	72.2	0.1064	0.1632	0.1536	0.0568
11	76.1	0.1170	0.1855	0.1760	0.0685
12	77.4	0.1277	0.1932	0.1837	0.0656
13	77.4	0.1383	0.1932	0.1837	0.0549
14	78.0	0.1489	0.1968	0.1874	0.0479
15	78.0	0.1596	0.1968	0.1874	0.0373
16	78.8	0.1702	0.2017	0.1923	0.0315
17	79.1	0.1809	0.2035	0.1941	0.0227
18	81.4	0.1915	0.2177	0.2084	0.0262
19	83.0	0.2021	0.2278	0.2186	0.0256
20	83.2	0.2128	0.2290	0.2199	0.0163
21	83.4	0.2234	0.2303	0.2212	0.0069
22	84.1	0.2340	0.2348	0.2258	0.0007
23	85.0	0.2447	0.2406	0.2316	0.0041
24	90.5	0.2553	0.2767	0.2685	0.0214
25	91.5	0.2660	0.2834	0.2753	0.0175
26	91.6	0.2766	0.2841	0.2760	0.0075
27	92.2	0.2872	0.2881	0.2801	0.0009
28	94.5	0.2979	0.3037	0.2961	0.0059
29	95.0	0.3085	0.3071	0.2996	0.0014
30	97.0	0.3191	0.3208	0.3136	0.0017
31	97.6	0.3298	0.3249	0.3178	0.0048
32	98.5	0.3404	0.3311	0.3242	0.0093
33	99.0	0.3511	0.3346	0.3277	0.0165
34	99.8	0.3617	0.3401	0.3334	0.0216
35	100.0	0.3723	0.3415	0.3348	0.0309
36	100.5	0.3830	0.3449	0.3383	0.0381
37	100.6	0.3936	0.3456	0.3390	0.0480
38	103.5	0.4043	0.3657	0.3596	0.0386
39	104.6	0.4149	0.3733	0.3675	0.0416
40	105.0	0.4255	0.3761	0.3703	0.0495
41	107.5	0.4362	0.3933	0.3881	0.0428
42	108.0	0.4468	0.3968	0.3916	0.0500
43	108.0	0.4574	0.3968	0.3916	0.0607
44	108.1	0.4681	0.3975	0.3924	0.0706
45	108.6	0.4787	0.4009	0.3959	0.0778
46	108.7	0.4894	0.4016	0.3966	0.0877
47	108.9	0.5000	0.4030	0.3980	0.0970
48	114.5	0.5106	0.4413	0.4375	0.0693
49	115.0	0.5213	0.4447	0.4410	0.0766
50	116.0	0.5319	0.4515	0.4480	0.0804
51	118.0	0.5426	0.4649	0.4618	0.0776
52	120.6	0.5532	0.4823	0.4797	0.0709
53	125.5	0.5638	0.5142	0.5126	0.0496
54	126.7	0.5745	0.5219	0.5205	0.0525
55	128.6	0.5851	0.5340	0.5329	0.0511
56	130.0	0.5957	0.5428	0.5420	0.0530
57	130.0	0.6064	0.5428	0.5420	0.0636
58	130.0	0.6170	0.5428	0.5420	0.0743
59	131.0	0.6277	0.5490	0.5484	0.0787
60	134.0	0.6383	0.5674	0.5673	0.0709
61	137.6	0.6489	0.5888	0.5893	0.0601
62	139.0	0.6596	0.5970	0.5977	0.0626
63	139.8	0.6702	0.6016	0.6024	0.0686
64	144.0	0.6809	0.6253	0.6267	0.0556
65	144.0	0.6915	0.6253	0.6267	0.0662
66	151.0	0.7021	0.6626	0.6649	0.0396
67	155.0	0.7128	0.6826	0.6854	0.0301
68	158.0	0.7234	0.6971	0.7002	0.0263
69	162.0	0.7340	0.7156	0.7190	0.0185
70	164.0	0.7447	0.7245	0.7281	0.0202
71	164.2	0.7553	0.7253	0.7290	0.0300
72	168.5	0.7660	0.7437	0.7476	0.0223
73	175.0	0.7766	0.7694	0.7737	0.0071
74	175.0	0.7872	0.7694	0.7737	0.0178
75	175.0	0.7979	0.7694	0.7737	0.0284



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>		<b>Anexo N°3 ANALISIS DE DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS</b>					UNALM
							Fecha: Mar-21
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"							Maetria: Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	3
	76	183.5	0.8085	0.7998	0.8044	0.0087	
	77	185.0	0.8191	0.8048	0.8094	0.0143	
	78	187.1	0.8298	0.8116	0.8163	0.0182	
	79	200.0	0.8404	0.8490	0.8537	0.0085	
	80	202.0	0.8511	0.8541	0.8588	0.0030	
	81	205.0	0.8617	0.8615	0.8662	0.0002	
	82	210.0	0.8723	0.8731	0.8778	0.0008	
	83	216.0	0.8830	0.8859	0.8904	0.0029	
	84	225.0	0.8936	0.9027	0.9071	0.0091	
	85	250.0	0.9043	0.9381	0.9416	0.0338	
	86	254.5	0.9149	0.9430	0.9464	0.0281	
	87	261.0	0.9255	0.9494	0.9526	0.0238	
	88	315.0	0.9362	0.9814	0.9830	0.0452	
	89	315.8	0.9468	0.9816	0.9833	0.0348	
	90	316.0	0.9574	0.9817	0.9834	0.0243	
	91	320.0	0.9681	0.9830	0.9846	0.0149	
	92	320.1	0.9787	0.9830	0.9846	0.0043	
	93	325.0	0.9894	0.9845	0.9860	0.0048	

-----  
Ajuste con momentos ordinarios:  
-----


Como el delta teórico 0.0970, es menor que el delta tabular 0.1410. Los datos se ajustan a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5%

-----  
Parámetros de la distribución Gumbel:  
-----

Con momentos ordinarios:  
Parámetro de posición ( $\mu$ )= 103.8187  
Parámetro de escala (alfa)= 53.1558

Con momentos lineales:  
Parámetro de posición ( $\mu$ )= 104.6582  
Parámetro de escala (alfal)= 51.7015

## **ANEXO 4: CÁLCULO DEL CAUDAL MÁXIMO INSTANTÁNEO**

 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°4 CAUDALES MAXIMOS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO</b>			UNALM
				Fecha: Mar-21
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por: SPVB	Revisado por: TOVB	Emitido para: Tesis	Anexo: 4	Revisión: 0

### 1. CAUDALES MAXIMOS - ESTACION CHOSICA

De la distribución elegida: Pearson Tipo III se obtuvieron los siguientes valores de caudales

Prob. de No Exced (%)	Periodo de Retorno	Caudal Máximo (m3/s)
99.8	500	438.9
99.5	200	391.5
99.0	100	354.8
98.0	50	317.2
95.0	20	266.0
90.0	10	225.7
80.0	5	183.2
66.7	3	149.4
50.0	2	119.8

Fuente:Elaboración Propia

Área de la cuenca en Estación Chosica (Km2)	2317.48
Área de la cuenca en Puente Moron (Km2)	2410.20
Factor de corrección por área:	1.04

### 2. CAUDALES MAXIMOS - PUENTE MORON

Prob. de No Exced (%)	Periodo de Retorno	Caudal Máximo (m3/s)
99.8	500	456.5
99.5	200	407.2
99.0	100	369.0
98.0	50	329.9
95.0	20	276.7
90.0	10	234.7
80.0	5	190.5
66.7	3	155.3
50.0	2	124.6

Fuente:Elaboración Propia

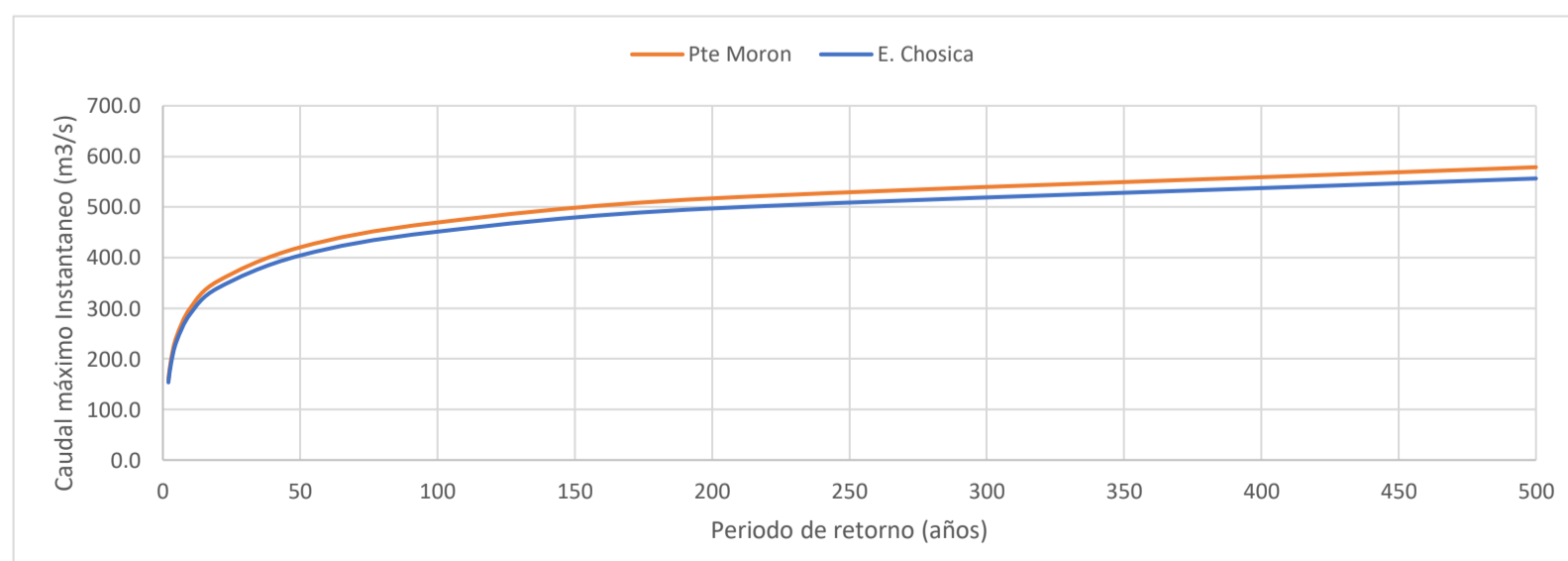
### 3. CAUDALES MAXIMOS INSTANTANEOS - ESTACION CHOSICA Y PUENTE MORON

Para determinar el caudal instantaneo aplicamos la formulación de Fuller


Ecuación de Fuller

$$Q_{ist} = Q_{max} \left( 1 + \frac{2.66}{A^{0.33}} \right)$$

Periodo de Retorno	Factor de Fuller	E. Chosica	Pte Moron
		Q Máx. Inst (m3/s)	Q Máx. Inst (m3/s)
500	1.26	556.4	578.6
200	1.26	497.3	517.2
100	1.26	451.3	469.4
50	1.26	404.2	420.4
20	1.26	339.9	353.5
10	1.26	289.0	300.5
5	1.26	234.9	244.3
3	1.26	191.7	199.3
2	1.26	153.5	159.6



## **ANEXO 5: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°4 GRANULOMETRIA DEL MATERIAL DE LECHO DE RIO</b>				UNALM	
					Fecha:	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"					Maetria: Ing. Recursos Hídricos	
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo: 5
						Revisión : 0

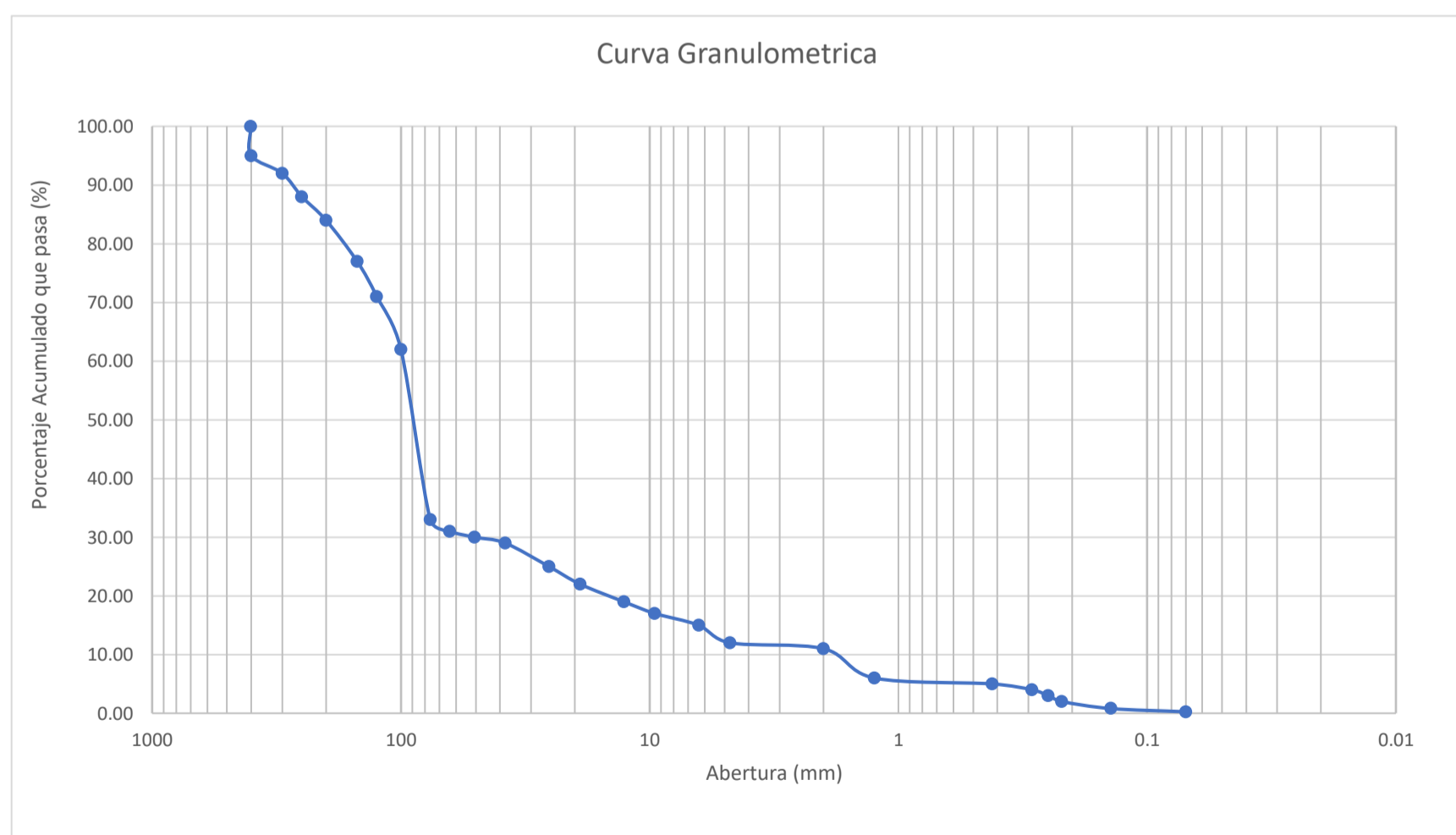
### 1. GRANULOMETRIA EN EL PUENTE MORON - PROENGE


Muestra con: cantos rodados, guijarros, gravas, arenas y algunos finos, cuyos diámetros varían entre los 450 mm y 0.074 mm; indicándose que para diámetros mayores a 2" se determinó en campo sus porcentajes, en relación a sus diámetros

GRANULOMETRIA DEL MATERIAL EN EL LECHO  
INGENIERIA DE DETALLE: AUTOPISTA RAMIRO PRIALÉ - PROENGE (CONSULTORIA Y PROYECTOS DE INGENIERIA) 2011

Abertura	mm	%Acum que pasa	Δ% Pasa	D50 (mm)	D90 (mm)	DX(mm)
N°200	0.07	0.25	0.25			85
N°100	0.14	0.80	0.55	*	*	*
	0.22	2.00	1.20	*	*	*
N°60	0.25	3.00	1.00	*	*	*
	0.29	4.00	1.00	*	*	*
N°40	0.42	5.00	1.00	*	*	*
N°30	1.25	6.00	1.00	*	*	*
N°10	2.00	11.00	5.00	*	*	*
N°4	4.76	12.00	1.00	*	*	*
	6.35	15.00	3.00	*	*	*
3/5	9.53	17.00	2.00	*	*	*
1/2	12.7	19.00	2.00	*	*	*
3/4	19.05	22.00	3.00	*	*	*
1	25.4	25.00	3.00	*	*	*
1 1/2	38.1	29.00	4.00	*	*	*
	2	50.6	30.00	1.00	*	*
3	63.5	31.00	1.00	*	*	*
	76.2	33.00	2.00	*	*	*
	100	62.00	29.00	90	*	*
	125	71.00	9.00	*	*	*
	150	77.00	6.00	*	*	*
	200	84.00	7.00	*	*	*
	250	88.00	4.00	*	*	212.5
	300	92.00	4.00	*	275	*
	400	95.00	3.00	*	*	*
	401	100.00	5.00	*	*	*

Dm (mm)	123.63
---------	--------



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°4 GRANULOMETRIA DEL MATERIAL DE LECHO DE RIO</b>				UNALM		
					Fecha:		Mar-21
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"					Maetria: Ing. Recursos Hídricos		
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo: 5	Revisión: 0

## 2. GRANULOMETRIA EN EL PUENTE MORON - AYESA

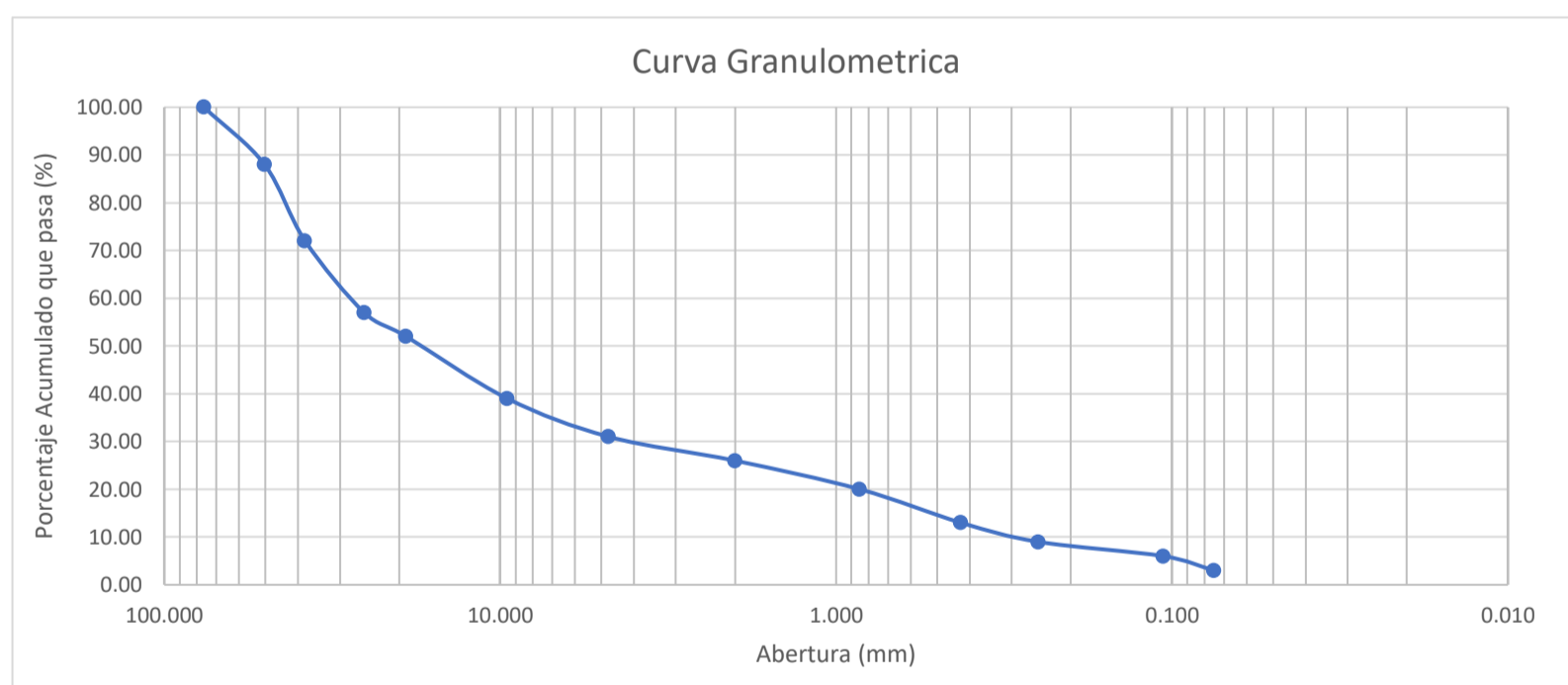
RESUMEN DE DIAMETROS MEDIOS Y D50 CALCULADOS DE LAS CALICATAS  
 PROYECTO "VIAS NUEVAS DE LIMA" - TRAMO: RAMIRO PRIALÉ - PUENTE MORON  
 ESTUDIO DEFINITIVO DE INGENIERIA - OBRA OBLIGATORIA: RAMIRO PRIALE - AYESA 2013

Ubicación	Codigo	Coordenadas UTM WGS84		Dm (mm)	D50 (mm)	D90 (mm)	Profundidad (m)
		Este (m)	Norte (m)				
Aguas arriba	C-14+600-I	305,705	8'675,445	27.86	17.58	54.62	3.30 - 7.10
	C-CG-03	305,833	8'675,388	18.62	7.76	42.71	0.00 - 0.40
	S 14+500 D	305,651	8'675,371	28.27	0.78	63.05	2.00 - 3.00
	C 14+500 D (C59)	305,651	8'675,371	7.29	0.99	19.30	0.00 - 1.20
Aguas Abajo	C-GS-04	305,574	8'675,304	20.81	9.29	46.19	0.00 - 0.30
	C-GS-01	305,626	8'675,422	18.92	12.25	40.62	0.00 - 7.00
	C-14+400-I	305,532	8'675,423	29.35	20.96	57.70	1.50 - 7.00
	C-14+400-D	305,569	8'675,388	1.24	0.29	2.07	0.40 - 1.40

### 2.1 GRANULOMETRIA EN CALICATA 14+600-I

Abertura	mm	%Acum que pasa	Δ% Pasa	D50 (mm)	D90 (mm)	DX(mm)
N°200	0.075	3.00	3.00	*	*	85
N°140	0.106	6.00	3.00	*	*	*
N°60	0.250	9.00	3.00	*	*	*
N°40	0.425	13.00	4.00	*	*	*
N°20	0.850	20.00	7.00	*	*	*
N°10	2.000	26.00	6.00	*	*	*
N°4	4.750	31.00	5.00	*	*	*
3/8	9.525	39.00	8.00	*	*	*
3/4	19.05	52.00	13.00	17.58	*	*
1	25.40	57.00	5.00	*	*	*
1 1/2	38.10	72.00	15.00	*	*	*
2	50.30	88.00	16.00	*	*	48.01
3	76.20	100.00	12.00	*	54.62	*

Dm (mm)      27.86

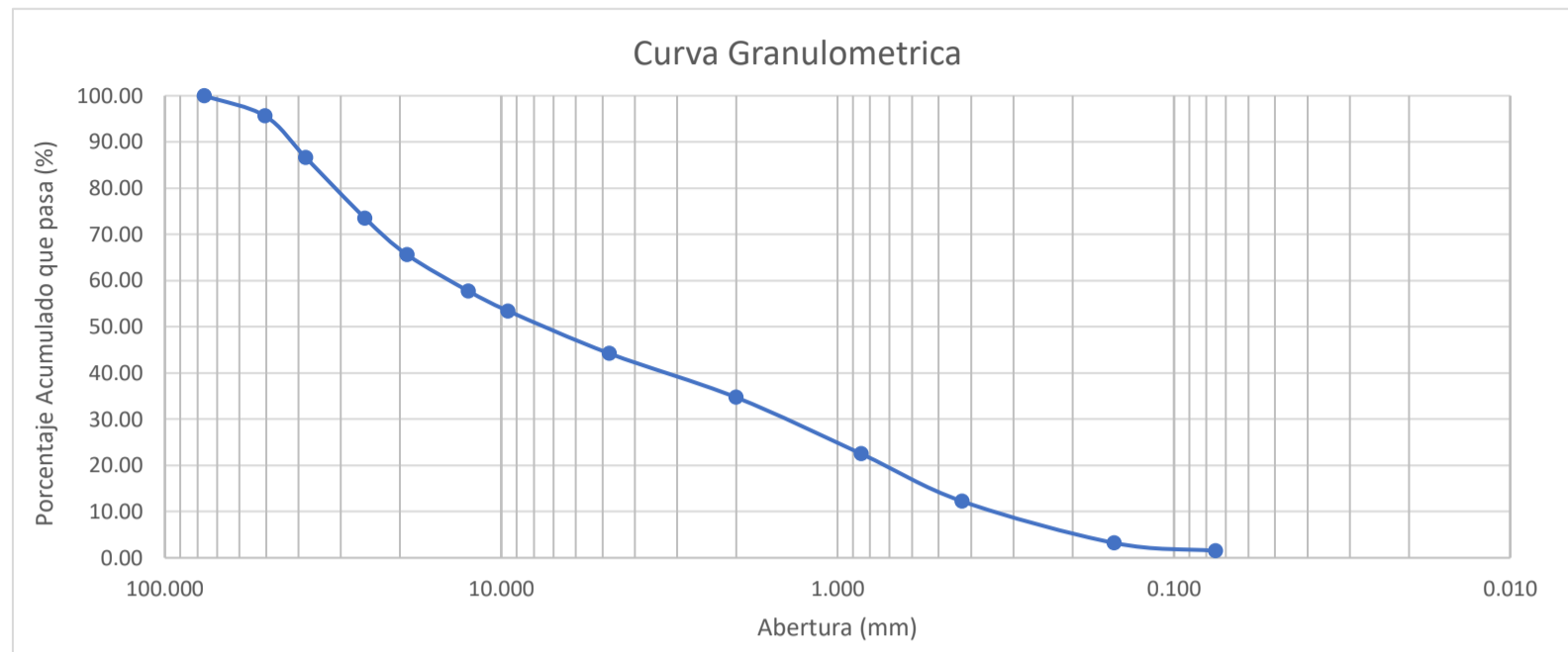


### 2.2 GRANULOMETRIA EN CALICATA C-CG-03

Abertura	mm	%Acum que pasa	Δ% Pasa	D50 (mm)	D90 (mm)	DX(mm)
N°200	0.075	1.50	1.50	*	*	85
N°100	0.150	3.20	1.70	*	*	*
N°40	0.425	12.20	9.00	*	*	*
N°20	0.850	22.50	10.30	*	*	*
N°10	2.000	34.70	12.20	*	*	*
N°4	4.760	44.20	9.50	*	*	*
3/8	9.525	53.40	9.20	7.76	*	*
1/2	12.500	57.70	4.30	*	*	*
3/4	19.050	65.60	7.90	*	*	*
1	25.400	73.50	7.90	*	*	*
1 1/2	38.100	86.60	13.10	*	*	36.55
2	50.300	95.60	9.00	*	42.71	*
3	76.200	100.00	4.40	*	*	*

Dm (mm)      18.62

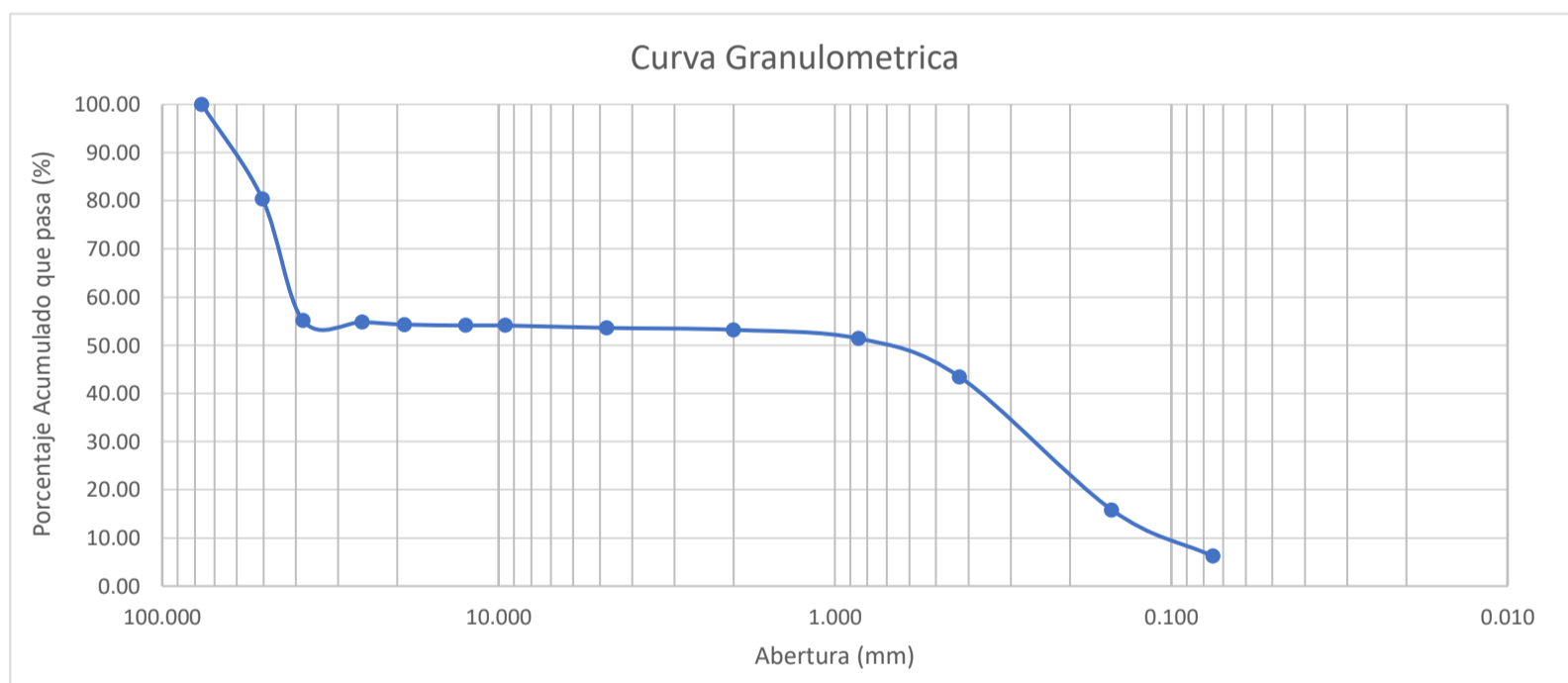
 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°4 GRANULOMETRIA DEL MATERIAL DE LECHO DE RIO</b>				UNALM
					Fecha:
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"					Maetria: Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis Anexo: 5 Revisión: 0



### 2.3 GRANULOMETRIA EN CALICATA S 14+500-D

Abertura	mm	%Acum que pasa	Δ% Pasa	D50 (mm)	D90 (mm)	DX(mm)
N°200	0.075	6.20	6.20	*	*	85
N°100	0.150	15.80	9.60	*	*	*
N°40	0.425	43.40	27.60	*	*	*
N°20	0.850	51.40	8.00	0.78	*	*
N°10	2.000	53.20	1.80	*	*	*
N°4	4.760	53.60	0.40	*	*	*
3/8	9.525	54.10	0.50	*	*	*
1/2	12.500	54.10	0.00	*	*	*
3/4	19.050	54.30	0.20	*	*	*
1	25.400	54.80	0.50	*	*	*
1 1/2	38.100	55.10	0.30	*	*	*
2	50.300	80.30	25.20	*	*	*
3	76.200	100.00	19.70	*	63.05	56.48

Dm (mm)      28.27

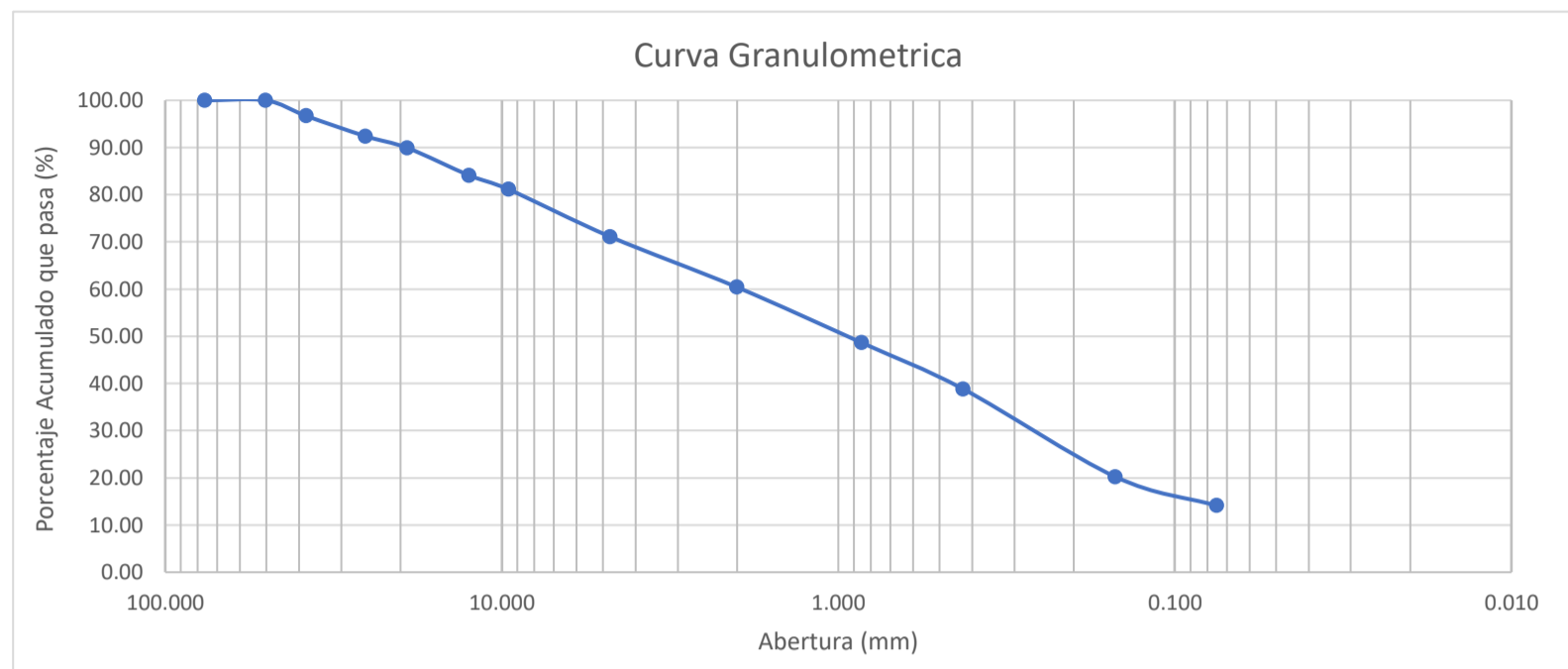


### 2.4 GRANULOMETRIA EN CALICATA C59

Abertura	mm	%Acum que pasa	Δ% Pasa	D50 (mm)	D90 (mm)	DX(mm)
N°200	0.075	14.10	14.10	*	*	85
N°100	0.150	20.20	6.10	*	*	*
N°40	0.425	38.80	18.60	*	*	*
N°20	0.850	48.60	9.80	*	*	*
N°10	2.000	60.40	11.80	0.99	*	*
N°4	4.760	71.10	10.70	*	*	*
3/8	9.525	81.10	10.00	*	*	*
1/2	12.500	84.10	3.00	*	*	*
3/4	19.050	89.90	5.80	*	*	13.52
1	25.400	92.40	2.50	*	19.30	*
1 1/2	38.100	96.70	4.30	*	*	*
2	50.300	100.00	3.30	*	*	*
3	76.200	100.00	0.00	*	*	*

Dm (mm)      7.29

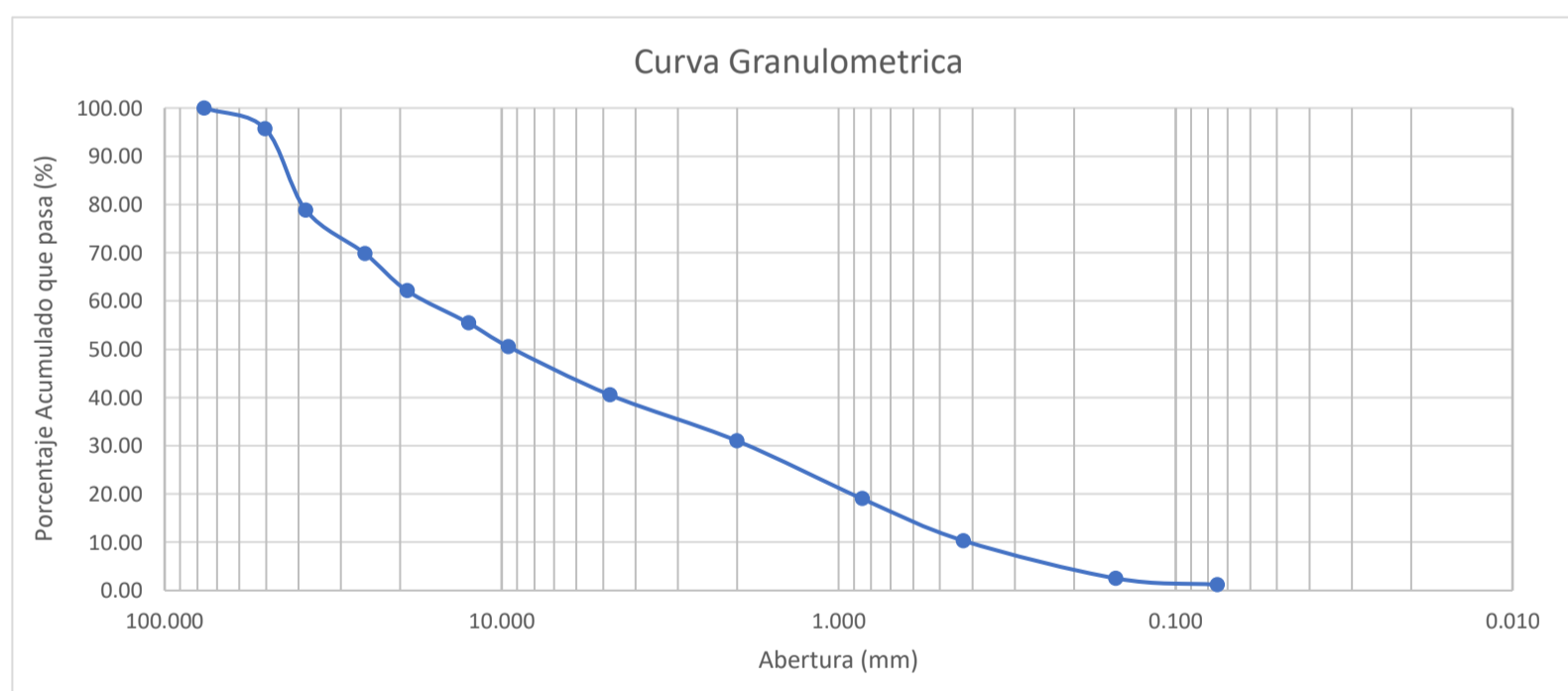
 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°4 GRANULOMETRIA DEL MATERIAL DE LECHO DE RIO</b>			UNALM
				Fecha: Mar-21
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por: SPVB	Revisado por: TOVB	Emitido para: Tesis	Anexo: 5	Revisión: 0



**2.5 GRANULOMETRIA EN CALICATA C-GS-04**

Abertura	mm	%Acum que pasa	Δ% Pasa	D50 (mm)	D90 (mm)	DX(mm)
N°200	0.075	1.20	1.20	*	*	88
N°100	0.150	2.50	1.30	*	*	*
N°40	0.425	10.30	7.80	*	*	*
N°20	0.850	19.00	8.70	*	*	*
N°10	2.000	31.00	12.00	*	*	*
N°4	4.760	40.50	9.50	*	*	*
3/8	9.525	50.50	10.00	9.29	*	*
1/2	12.500	55.40	4.90	*	*	*
3/4	19.050	62.10	6.70	*	*	*
1	25.400	69.80	7.70	*	*	*
1 1/2	38.100	78.80	9.00	*	*	*
2	50.300	95.70	16.90	*	46.19	44.74
3	76.200	100.00	4.30	*	*	*

Dm (mm) | 20.81




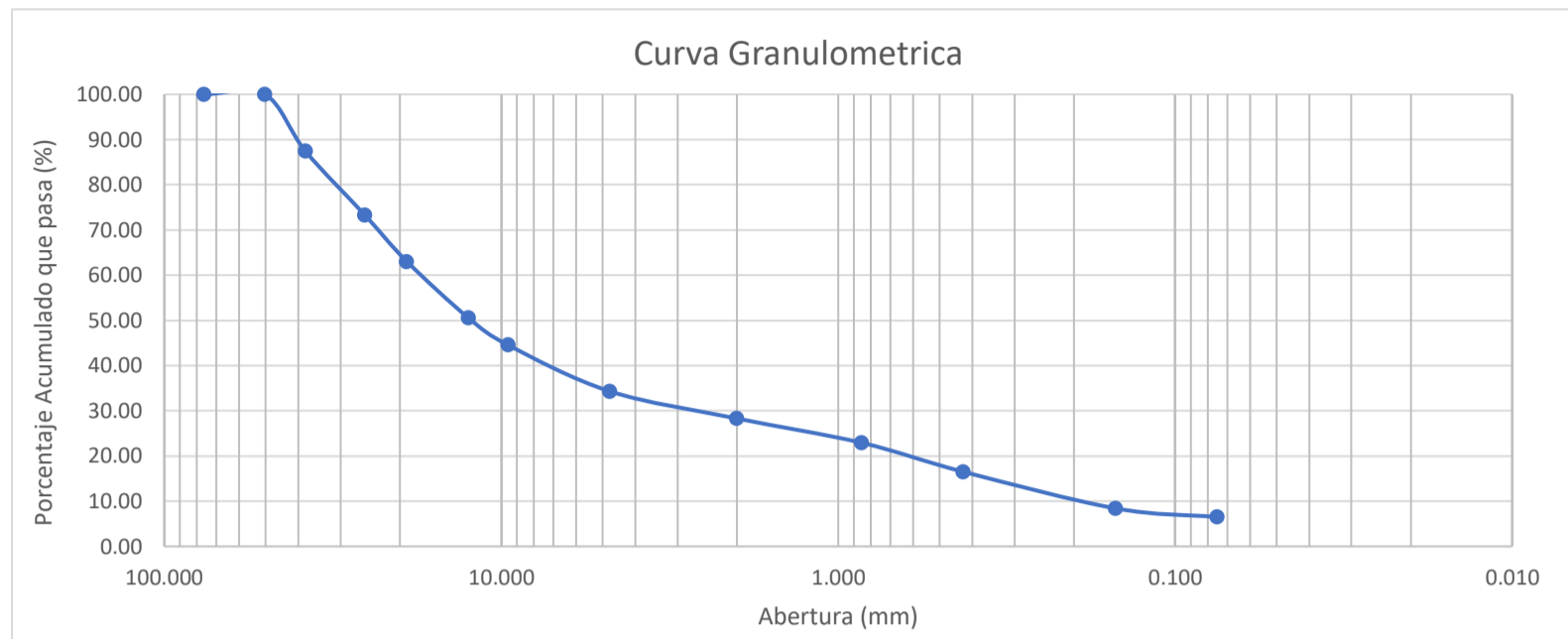
**2.6 GRANULOMETRIA EN CALICATA C-GS-01**

Abertura	mm	%Acum que pasa	Δ% Pasa	D50 (mm)	D90 (mm)	DX(mm)
N°200	0.075	6.50	6.50	*	*	85
N°100	0.150	8.40	1.90	*	*	*
N°40	0.425	16.50	8.10	*	*	*
N°20	0.850	22.90	6.40	*	*	*
N°10	2.000	28.30	5.40	*	*	*
N°4	4.760	34.30	6.00	*	*	*
3/8	9.525	44.50	10.20	*	*	*
1/2	12.500	50.50	6.00	12.25	*	*
3/4	19.050	63.00	12.50	*	*	*
1	25.400	73.30	10.30	*	*	*
1 1/2	38.100	87.40	14.10	*	*	35.94
2	50.300	100.00	12.60	*	40.62	*
3	76.200	100.00	0.00	*	*	*

Dm (mm) | 18.92



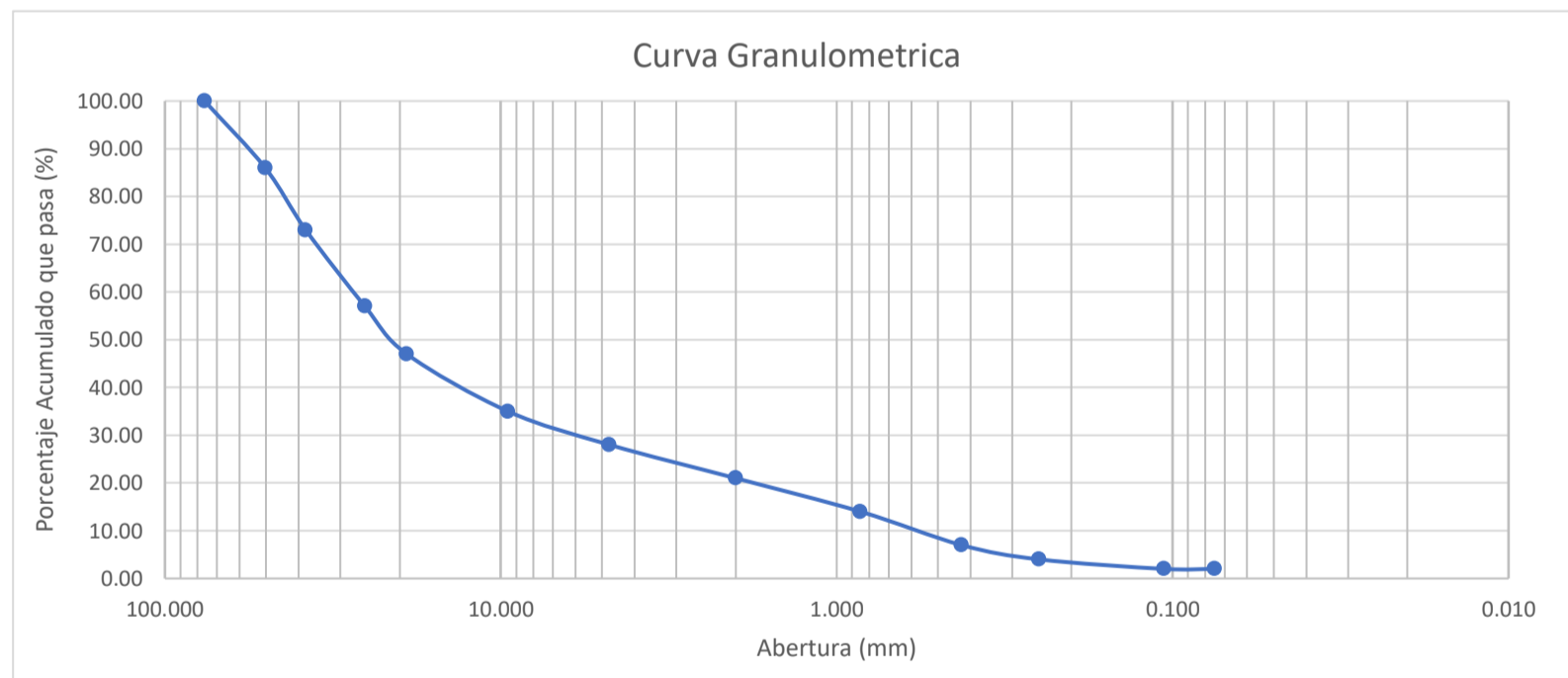
 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°4 GRANULOMETRIA DEL MATERIAL DE LECHO DE RIO</b>			UNALM	
				Fecha:	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos	
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis
				Anexo:	5
				Revisión :	0



**2.7 GRANULOMETRIA EN CALICATA C-14+400-I**

Abertura	mm	%Acum que pasa	Δ% Pasa	D50 (mm)	D90 (mm)	DX(mm)
N°200	0.075	2.00	2.00	*	*	85
N°140	0.106	2.00	0.00	*	*	*
N°60	0.25	4.00	2.00	*	*	*
N°40	0.425	7.00	3.00	*	*	*
N°20	0.850	14.00	7.00	*	*	*
N°10	2.000	21.00	7.00	*	*	*
N°4	4.75	28.00	7.00	*	*	*
3/8	9.525	35.00	7.00	*	*	*
3/4	19.050	47.00	12.00	*	*	*
1	25.400	57.00	10.00	20.96	*	*
1 1/2	38.100	73.00	16.00	*	*	*
2	50.300	86.00	13.00	*	*	49.36
3	76.200	100.00	14.00	*	57.70	*

Dm (mm)    29.35

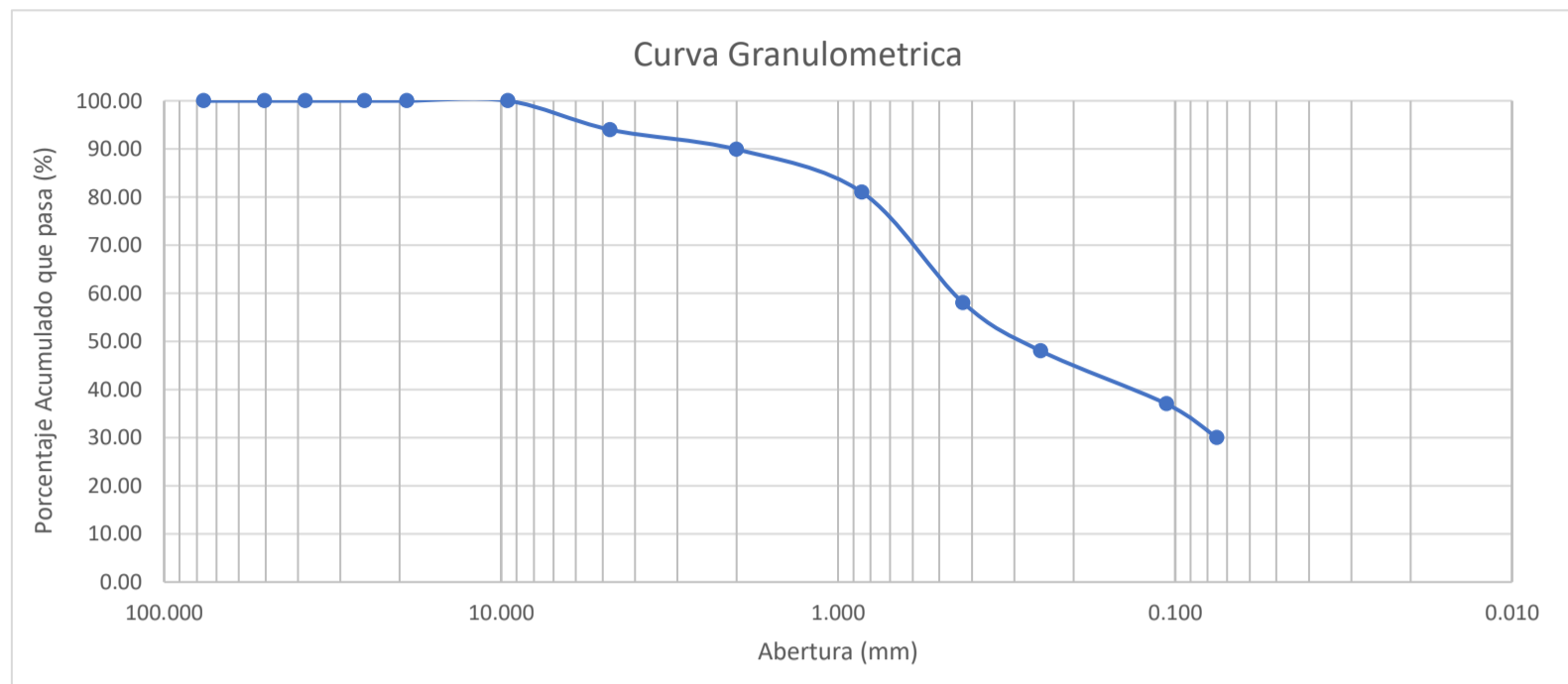


**2.8 GRANULOMETRIA EN CALICATA C-14+400-D**


Abertura	mm	%Acum que pasa	Δ% Pasa	D50 (mm)	D90 (mm)	DX(mm)
N°200	0.075	30.00	30.00	*	*	85
N°140	0.106	37.00	7.00	*	*	*
N°60	0.25	48.00	11.00	*	*	*
N°40	0.425	58.00	10.00	0.29	*	*
N°20	0.850	81.00	23.00	*	*	*
N°10	2.000	89.90	8.90	*	*	1.37
N°4	4.75	94.00	4.10	*	2.07	*
3/8	9.525	100.00	6.00	*	*	*
3/4	19.050	100.00	0.00	*	*	*
1	25.400	100.00	0.00	*	*	*
1 1/2	38.100	100.00	0.00	*	*	*
2	50.300	100.00	0.00	*	*	*
3	76.200	100.00	0.00	*	*	*

Dm (mm)    1.24

 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°4 GRANULOMETRIA DEL MATERIAL DE LECHO DE RIO</b>			UNALM
				Fecha: Mar-21
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por: SPVB	Revisado por: TOVB	Emitido para: Tesis	Anexo: 5	Revisión: 0



## **ANEXO 6: CÁLCULO DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS**

 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°6 CALCULO DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS</b>				UNALM		
					Fecha:		Mar-21
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"					Maetria: Ing. Recursos Hídricos		
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo: 6	Revisión: 0

### 1. CALCULO DE LA CAPACIDAD DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS DE FONDO

#### 1.1 METODO DE MEYER-PETER Y MULLER

$$g_{bb} = 8\gamma_s(g\Delta D_m^3)^{1/2} \left[ \left( \frac{n'}{n} \right)^{3/2} \tau_* - 0.047 \right]^{3/2} \quad n' = \frac{D_{90}^{1/6}}{26} \quad n = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{V} \quad \Delta = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \quad \tau_* = \frac{\tau_o}{(\gamma_s - \gamma) D_m} \quad \tau_o = \gamma R S \quad \tau_* = \frac{\gamma R S}{(\gamma_s - \gamma) D_m} = \frac{RS}{\Delta D_m}$$

Para canales muy anchos, B>40y , se tiene:

$$\tau_* = \frac{hS}{\Delta D_m}$$

- $g_{bb}$  = Transporte unitario de lecho en el fondo o carga de fondo expresado en peso
- $q_{bb}$  = Transporte unitario de lecho en el fondo o carga de fondo expresado en volumen
- $D_m$  = Diámetro medio
- $g$  = Aceleración debida a la fuerza de la gravedad
- $n'$  = Rugosidad debida a las partículas de sedimento en fondo plano.
- $n$  = Coeficiente de rugosidad de Manning
- $\Delta$  = Densidad relativa de las partículas sumergidas
- $\gamma$  = Peso específico del agua
- $\gamma_s$  = Peso específico del sedimento
- $\tau_*$  = Parámetro de Shields

Datos:

Cálculos Preliminares:

- Caudal Q = 300.5 m3/s
- Ancho B = 67.17 m
- Pendiente S = 0.018 m/m
- P.E Agua  $\gamma$  = 1000 kgf/m3
- $\gamma$  = 9810 N/m3
- Densidad  $\rho$  = 1000 kgm/m3
- Viscosidad  $\nu$  = 1E-06 m2/s
- M.lecho  $\gamma_s$  = 2670 kgf/m3
- D.lecho  $\rho_s$  = 2670 kgm/m3
- D10 = 0.41 mm
- D30 = 1.90 mm
- D50 = 9.29 mm
- D60 = 17.00 mm
- D70 = 25.68 mm
- D80 = 38.97 mm
- D90 = 46.19 mm

- Caudal unitario q = 4.47 m3/s.m
- Velocidad V = 2.87 m/s
- Radio hidráulico R = 1.57 m
- Tirante y = 1.59 m
- Dm = 0.02081 m
- Relacion B/y = 42.25
- Radio hidráulico R = 1.57 m
- Tirante y = 1.59 m
- n = 0.063
- n' = 0.023

Cálculos de arrastre de fondo:

- $\Delta$  = 1.67
- $\tau_*$  = 0.82
- gbb** = 12.80 kgf/s.m (Carga unitaria en peso)
- Gbb** = 859.68 kgf/s (Carga en toda la seccion en peso)
- qb** = 0.005 m3/s.m (Carga unitaria en volumen)
- Qb** = 0.322 m3/s (Carga en toda la seccion en volumen)

Tr (años)	Q (m3/s)	y max(m)	V (m/s)	A (m2)	B (m)	Rh (m)	y (m)
500	578.6	3.14	3.31	180.77	71.13	2.49	2.54
200	517.2	2.78	3.43	155.16	69.78	2.19	2.22
100	469.4	2.63	3.32	145.09	69.24	2.06	2.10
10	300.5	2.07	2.87	106.85	67.17	1.57	1.59
-	121	1.32	2.13	57.47	64.41	0.89	0.89

Fuente: HEC-RAS :PteMoron\_SP - Seccion 588+03 aguas arriba del Puente

### RESULTADOS DEL CALCULO DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTO AGUAS ARRIBA DEL PUENTE MORON

Tr (años)= 500	Q (m3/s) = 578.6	gbb (kgf/s.m) = 18.99	Gbb (kgf/s) = 1350.80
Tr (años)= 200	Q (m3/s) = 517.2	gbb (kgf/s.m) = 21.01	Gbb (kgf/s) = 1465.91
Tr (años)= 100	Q (m3/s) = 469.4	gbb (kgf/s.m) = 19.15	Gbb (kgf/s) = 1326.27
Tr (años)= 10	Q (m3/s) = 300.5	gbb (kgf/s.m) = 12.80	Gbb (kgf/s) = 859.68
	Q (m3/s) = 121.0	gbb (kgf/s.m) = 4.56	Gbb (kgf/s) = 293.61

qb (m3/s.m) = 0.007	Qb (m3/s) = 0.506
qb (m3/s.m) = 0.008	Qb (m3/s) = 0.549
qb (m3/s.m) = 0.007	Qb (m3/s) = 0.497
qb (m3/s.m) = 0.005	Qb (m3/s) = 0.322
qb (m3/s.m) = 0.002	Qb (m3/s) = 0.110

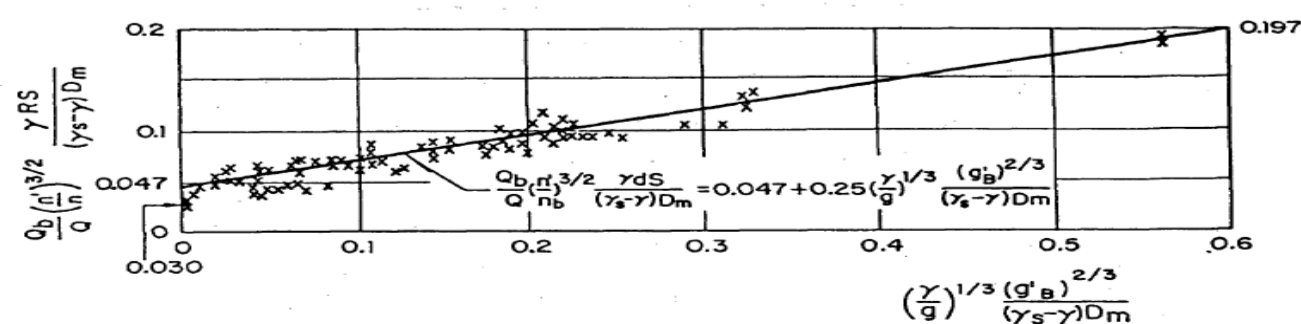



Fig 10.3.7 Ecuación general de Meyer-Peter y Müller (1948)

 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°6 CALCULO DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS</b>				UNALM
					Fecha:
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"					Maetria: Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis
Anexo: 6					Revisión: 0

## 1.2 METODO DE SCHOKLITSCH

$$g_{bb} = 2500S^{1/3}(qS^{7/6} - 0.26\Delta^{5/3}D^{3/2}) \quad \Delta = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}$$

- $g_{bb}$  = Transporte unitario de lecho en el fondo o carga de fondo expresado en peso  
 $q_b$  = Transporte unitario de lecho en el fondo o carga de fondo expresado en volumen  
 $D$  = Diámetro representativo

Cuando el tamaño de las partículas no es uniforme, Schoklitsch recomienda que se utilice como diámetro representativo de la mezcla  $D_{40}$

- $D$  =  $D_{40}$   
 $S$  = Pendiente hidráulica del río  
 $q$  = Caudal unitario  
 $\Delta$  = Densidad relativa de las partículas sumergidas  
 $\gamma_s$  = Peso específico del sedimento

Datos:

Cálculos Preliminares:

Caudal Q =	<b>300.5</b> m <sup>3</sup> /s
Ancho B =	<b>67.17</b> m
Pendiente S =	0.018 m/m
P.E Agua Y =	1000 kgf/m <sup>3</sup>
Y =	9810 N/m <sup>3</sup>
Densidad $\rho$ =	1000 kgm/m <sup>3</sup>
Viscosidad $\nu$ =	1E-06 m <sup>2</sup> /s
M.lecho $\gamma_s$ =	2670 kgf/m <sup>3</sup>
D.lecho $\rho_s$ =	2670 kgm/m <sup>3</sup>
D10 =	0.41 mm      0.0004
D40 =	4.61 mm      0.0046
D50 =	9.29 mm      0.0093
D60 =	17.00 mm     0.0170
D70 =	25.68 mm     0.0257
D80 =	38.97 mm     0.0390
D90 =	46.19 mm     0.0462

Caudal unitario q =	4.47 m <sup>3</sup> /s.m
Velocidad V =	<b>2.87</b> m/s
Radio hidráulico R =	<b>1.57</b> m
Tirante y =	<b>1.59</b> m
Dm =	0.02081 m

Cálculos de arrastre de fondo:

$$\Delta = 1.67$$


<b>gbb</b> =	<b>26.88 kgf/s.m</b>	(Carga unitaria en peso)
<b>Gbb</b> =	<b>1805.81 kgf/s</b>	(Carga en toda la sección en peso)
<b>qb</b> =	<b>0.010 m<sup>3</sup>/s.m</b>	(Carga unitaria en volumen)
<b>Qb</b> =	<b>0.676 m<sup>3</sup>/s</b>	(Carga en toda la sección en volumen)

Tr (años)	Q (m <sup>3</sup> /s)	y max(m)	V (m/s)	A (m <sup>2</sup> )	B (m)	Rh (m)	y (m)
500	578.6	3.14	3.31	180.77	71.13	2.49	2.54
200	517.2	2.78	3.43	155.16	69.78	2.19	2.22
100	469.4	2.63	3.32	145.09	69.24	2.06	2.10
10	300.5	2.07	2.87	106.85	67.17	1.57	1.59
-	121	1.32	2.13	57.47	64.41	0.89	0.89

Fuente: HEC-RAS :PteMoron\_SP - Seccion 588+03 aguas arriba del Puente

## RESULTADOS DEL CALCULO DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTO AGUAS ARRIBA DEL PUENTE MORON

Tr (años)= 500	Q (m <sup>3</sup> /s) = 578.6	gbb (kgf/s.m) = 48.99	Gbb (kgf/s) = 3484.31
Tr (años)= 200	Q (m <sup>3</sup> /s) = 517.2	gbb (kgf/s.m) = 44.62	Gbb (kgf/s) = 3113.79
Tr (años)= 100	Q (m <sup>3</sup> /s) = 469.4	gbb (kgf/s.m) = 40.80	Gbb (kgf/s) = 2825.27
Tr (años)= 10	Q (m <sup>3</sup> /s) = 300.5	gbb (kgf/s.m) = 26.88	Gbb (kgf/s) = 1805.81
	Q (m <sup>3</sup> /s) = 121.0	gbb (kgf/s.m) = 11.22	Gbb (kgf/s) = 722.45
	qb (m <sup>3</sup> /s.m) = 0.018	Qb (m <sup>3</sup> /s) = 1.305	
	qb (m <sup>3</sup> /s.m) = 0.017	Qb (m <sup>3</sup> /s) = 1.166	
	qb (m <sup>3</sup> /s.m) = 0.015	Qb (m <sup>3</sup> /s) = 1.058	
	qb (m <sup>3</sup> /s.m) = 0.010	Qb (m <sup>3</sup> /s) = 0.676	
	qb (m <sup>3</sup> /s.m) = 0.004	Qb (m <sup>3</sup> /s) = 0.271	

 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°6 CALCULO DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS</b>				UNALM	
					Fecha:	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"					Maetria: Ing. Recursos Hídricos	
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo: 6
						Revisión: 0

## 2. CALCULO DE LA CAPACIDAD DE TRANSPORTE TOTAL DE SEDIMENTOS DE FONDO

### 2.1 METODO DE ENGELUND Y HANSEN

$$g_{bb} = 0.05\gamma_s U^2 \tau_*^{3/2} \left(\frac{D_{50}}{g\Delta}\right)^{1/2} \quad \tau_o = \gamma RS \quad \tau_* = \frac{\gamma RS}{(\gamma_s - \gamma) D_{50}} = \frac{RS}{\Delta D_{50}}$$

Para cauces anchos,  $B > 40$  m, se tiene :

$g_{bb}$ =	Transporte unitario total del fondo expresado en peso
$q_b$ =	Transporte unitario total del fondo expresado en volumen
$D_{50}$ =	Diámetro de las partículas de la mezcla, tal que el 50% en peso son menores que esos valores
$y$ =	Tirante o profundidad de la corriente
$R$ =	Radio hidráulico
$S$ =	Pendiente hidráulica
$U$ =	Velocidad media del flujo
$\Delta$ =	Densidad relativa de las partículas sumergidas
$\tau_o$ =	Esfuerzo cortante que el flujo ejerce sobre el fondo
$\tau_*$ =	Parámetro de Shields
$\gamma_s$ =	Peso específico del sedimento

Tr (años)	Q (m3/s)	y max(m)	V (m/s)	A (m2)	B (m)	Rh (m)	y (m)
500	578.6	3.14	3.31	180.77	71.13	2.49	2.54
10	300.5	2.07	2.87	106.85	67.17	1.57	1.59
-	121	1.32	2.13	57.47	64.41	0.89	0.89

Fuente: HEC-RAS :PteMoron\_SP - Seccion 588+03 aguas arriba del Puente

Datos:

Ancho B =	64.41 m
Pendiente S =	0.018 m/m
P.E Agua $\gamma$ =	1000 kgf/m <sup>3</sup>
$\gamma$ =	9810 N/m <sup>3</sup>
Densidad $\rho$ =	1000 kgm/m <sup>3</sup>
Viscosidad $\nu$ =	1E-06 m <sup>2</sup> /s
M.lecho $\gamma_s$ =	2670 kgf/m <sup>3</sup>
D.lecho $\rho_s$ =	2670 kgm/m <sup>3</sup>
D10 =	0.41 mm
D40 =	4.61 mm
D50 =	9.29 mm
D60 =	17.00 mm
D70 =	25.68 mm
D80 =	38.97 mm
D90 =	46.19 mm

Cálculos Preliminares:

Velocidad Media U =	3.57 m/s
Radio hidráulico R =	0.89 m
Tirante y =	0.89 m
Dm =	0.02081 m

Si  $B > 40$  m,  $R = y = 0.89$  m  $g_{bb} = 0.05\gamma_s U^2 \tau_*^{3/2} \left(\frac{D_{50}}{g\Delta}\right)^{1/2}$

Cálculos de arrastre de fondo:

$\Delta$ =	1.67	
$\tau_*$ =	1.03	
$g_{bb}$ =	42.63 kgf/s.m	(Carga unitaria en peso)
$G_{bb}$ =	2745.9 kgf/s	(Carga en toda la seccion en peso)
$q_b$ =	0.016 m <sup>3</sup> /s.m	(Carga unitaria en volumen)
$Q_b$ =	1.028 m <sup>3</sup> /s	(Carga en toda la seccion en volumen)

### CALCULO DE LA VELOCIDAD MEDIA

1. Asumimos R, para obtener el valor del esfuerzo cortante adimensional total según Engelund

Si $R = y =$	0.89 m
$\Delta =$	1.67
D35 =	3.16 mm
D65 =	21.44 mm
$\theta =$	3.03

2. Como  $\theta$  no se encuentra en la zona de transición ( $0.4 \leq \theta \leq 1.533$ ) de la siguiente figura se asume el tipo de régimen:

Suponemos = Régimen superior asociada a antidunas

3. Calculamos el valor de  $\theta'$  como regimen superior

$$\theta' = 1.68 > 0.6$$

4. Obtenemos el valor de R'

$$R' = 0.49 \text{ m}$$

$$\theta' = \frac{R'S}{\Delta D_{35}}$$

5. Calculamos U'

$$U' = 0.29 \text{ m/s}$$

$$U' = \sqrt{gR'S}$$

6. Se determina la velocidad media con la siguiente ecuación:

$$U = 3.57 \text{ m/s}$$

$$U = 2.5U' \ln \left( \frac{11.1R'}{2D_{65}} \right)^1$$

7. Verificamos el régimen con la siguiente figura:

$$\begin{aligned} U/U' &= 12.12 \\ U/(gh^{0.5}) &= 1.21 \end{aligned}$$

Entonces se encuentra en la zona de antidunas correspondiendo al Régimen superior

Para regimen superior (según Brownlie)

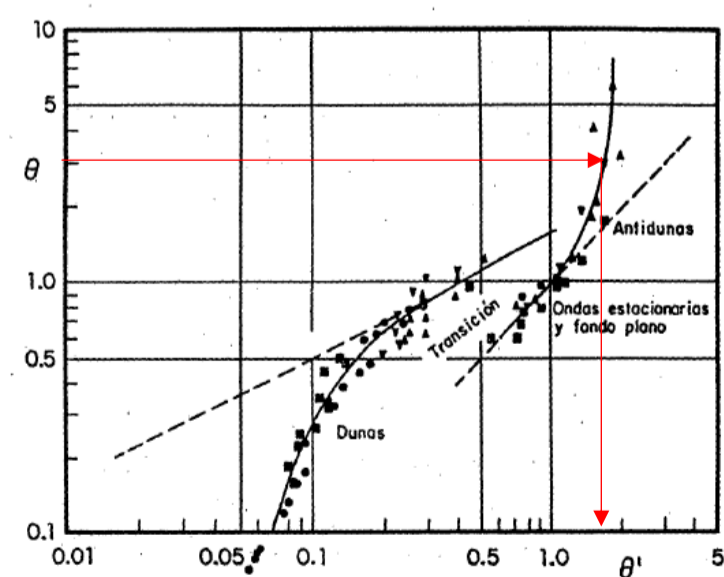



Fig 2.5 Relación entre  $\theta$  y  $\theta'$ , según Engelund



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°6 CALCULO DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS</b>				UNALM	
					Fecha:	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"					Maetria: Ing. Recursos Hídricos	
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo: 6
						Revisión: 0

$$\theta' = 1.218\theta \left( \frac{1}{1+0.425\theta^{1.8}} \right)^{0.556}$$

$$\text{Solo si } \theta' > 0.6$$

### RESULTADOS DEL CALCULO DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTO AGUAS ARRIBA DEL PUENTE MORON

Tr=500	gbb (kgf/s.m) = 238.22 Gbb (kgf/s) = 16944.33 qb (m3/s.m) = 0.089 Qb (m3/s) = 6.35			
Tr=10	gbb (kgf/s.m) = 116.06 Gbb (kgf/s) = 7796.03 qb (m3/s.m) = 0.043 Qb (m3/s) = 2.92	121 m3/s	gbb (kgf/s.m) = 42.63 Gbb (kgf/s) = 2745.92 qb (m3/s.m) = 0.016 Qb (m3/s) = 1.03	

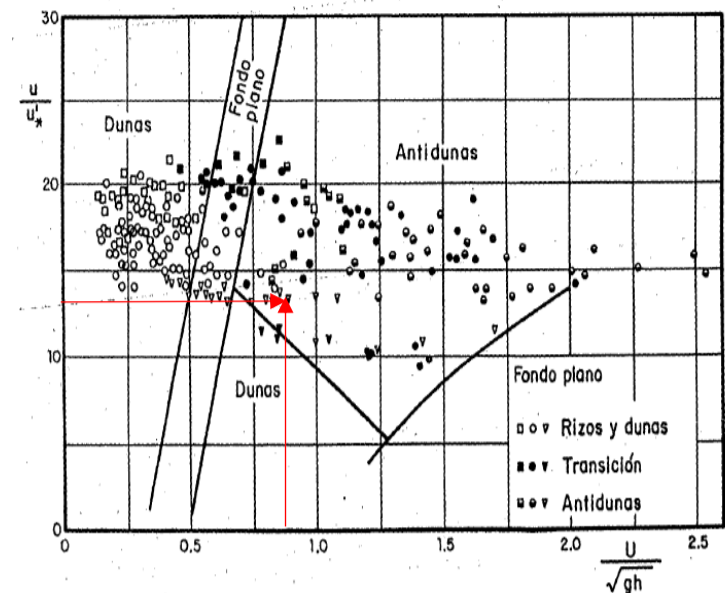


Fig 2.6 Criterio de Engelund y Hansen para definir el tipo de configuración del fondo

### 2.2 METODO DE EINSTEIN

$$g_{bb} = \phi_* \gamma_s (g \Delta D_{35}^3)^{1/2} \quad \Delta = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \quad \delta'_0 = \frac{11.64\nu}{U'_*} \quad \psi_* = Y\xi \left[ \frac{\log 10.6}{\log 10.6 \frac{xX}{D_{65}}} \right]^2 \frac{\Delta D_{35}}{R'S}$$

$$U = 5.75 U'_* \text{Log} \left( 12.27 \frac{R'x}{D_{65}} \right) \quad U'_* = \sqrt{gR'S} \quad \psi' = \frac{\Delta D_{35}}{R'S}$$

Donde:

- $g_{bb}$  = Transporte unitario total del fondo expresado en peso
- $q_b$  = Transporte unitario total del fondo expresado en volumen
- $D_m$  = Diámetro medio representativo
- $\Delta$  = Densidad relativa de las partículas sumergidas
- $y$  = Tirante o profundidad de la corriente
- $R$  = Radio hidráulico de la sección del cauce
- $R'$  = Radio hidráulico asociado a las partículas de fondo
- $R''$  = Radio hidráulico asociado a las ondulaciones
- $S$  = Pendiente hidráulica
- $U$  = Velocidad media del flujo
- $U'$  = Velocidad de corte en función de  $R'$

Tr (años)	Q (m3/s)	y max(m)	V (m/s)	A (m2)	B (m)	Rh (m)	y (m)
500	578.6	3.14	3.31	180.77	71.13	2.49	2.54
10	300.5	2.07	2.87	106.85	67.17	1.57	1.59
-	121	1.32	2.13	57.47	64.41	0.89	0.89

Fuente: HEC-RAS :PteMoron\_SP - Seccion 588+03 aguas arriba del Puente

Cálculos Preliminares:

Datos:		Velocidad Media U =	6.17 m/s
Ancho B =	64.41 m	Tirante y =	0.89 m
Pendiente S =	0.018 m/m	Dm =	0.02081 m
P.E Agua Y =	1000 kgf/m3		
Y =	9810 N/m3		
Densidad $\rho$ =	1000 kgm/m3	Si B>40 m, R = y =	0.89 m
Viscosidad $\nu$ =	1E-06 m2/s	Cálculos de arrastre de fondo:	
M.lecho Ys =	2670 kgf/m3	$\Delta$ =	1.67
D.lecho ps =	2670 kgm/m3	$\tau^*$ =	1.03
D10 =	0.41 mm	<b>gbb</b> =	<b>0.77 kgf/s.m</b>
D40 =	4.61 mm	<b>Gbb</b> =	<b>49.51 kgf/s</b>
D50 =	9.29 mm	<b>qb</b> =	<b>0.000 m3/s.m</b>
D60 =	17.00 mm	<b>Qb</b> =	<b>0.02 m3/s</b>
D70 =	25.68 mm		
D80 =	38.97 mm		
D90 =	46.19 mm		

### CALCULO DE LA VELOCIDAD MEDIA

1. Asumimos  $R'$ , para obtener el valor del esfuerzo cortante adimensional total

$$\text{Si } R' = y = 0.89 \text{ m} \quad U = 5.75 U'_* \text{Log} \left( 12.27 \frac{R'x}{D_{65}} \right) \quad U'_* = \sqrt{gR'S} \quad \delta'_0 = \frac{11.64\nu}{U'_*}$$

$$\Delta = 1.67$$

$$D_{35} = 3.16 \text{ mm}$$

$$D_{50} = 9.29 \text{ mm}$$

$$D_{65} = 21.44 \text{ mm}$$

$$\nu = 1E-06 \text{ m}^2/\text{s}$$

2. Determinamos el valor de  $U'$  y obtenemos  $\delta'$

$$U' = 0.40 \text{ m/s}$$

$$\delta'_0 = 0.000029 \text{ m}$$



3. Obtenemos la relacion  $D_{65}/\delta'$

$$D_{65}/\delta'o = 730.19$$

De la figura 10.6.2 se obtiene el valor de x

$$x = 1.0$$

4. Calculamos el valor de U

$$U = 6.17 \text{ m/s}$$

5. Calculamos  $\psi'$

$$\psi' = 0.33 \quad \psi' = \frac{\Delta D_{35}}{R'S}$$

De la figura 10.6.3 se obtiene el valor de:

$$U/U'' = 100.0$$

6. Calculamos  $U''$  despejando

$$U'' = 0.062 \text{ m/s}$$

7. Obtenemos el nuevo  $R''$

$$R'' = 0.02 \text{ m}$$

8. Verificamos que  $R'+R''$

$$R'+R'' = 0.91 \text{ m}$$

9. Conociendo el valor de la velocidad de U, verificamos  $R'$

$$U = 6.17 \text{ m/s} = 6.17 \quad U = 5.75 \sqrt{gR'S} \text{Log} \left( 12.27 \frac{R'x}{D_{65}} \right)$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$S = 0.018 \text{ m/m} \quad 12.27 \frac{x}{D_{65}} = 572.29$$

$$x = 1.0$$

$$D_{65} = 0.02144 \text{ m}$$

$$R' = 0.89 \text{ m}$$

10. Como  $D_{65}/x\delta'o = 730.19 > 1.8$

$$X = 0.02$$

$$Y = 0.5 \text{ De la fig 10.7.1}$$

$$X = 0.77 \frac{D_{65}}{x} \quad \text{Si } \frac{D_{65}}{x\delta'o} > 1.8$$

11. Tomando como diámetro representativo  $D_i$

$$D_i = D_{35} = 0.0032 \text{ m}$$

$$D_{65} = 0.0214 \text{ m}$$

$$D_i/X = 0.2$$

$$\xi = 36 \text{ De la fig 10.7.1}$$

12. Calculamos  $\psi$  con la siguiente ecuación:

$$\psi_* = Y\xi \left[ \frac{\log 10.6}{\log 10.6 \frac{xX}{D_{65}}} \right]^2 \frac{\Delta D_{35}}{R'S}$$

$$\beta = 1.025$$

$$\beta x = 0.912$$

$$\psi_* = 7.5$$

13. De la figura 10.7.2 obtenemos la variable  $\phi^*$

$$\phi^* = 0.4$$

14. Transporte en suspensión de fondo

$$U^* = 0.40 \text{ m/s}$$

De la siguiente ecuacion obtenemos el valor de P

$$P = 2.303 \log \frac{30.2xd}{D_{65}} \quad A = 2D_{35}/y$$

$$P = 7.14$$

$$A = 0.007$$

Calculamos la velocidad de caída  $\omega$  con  $D_i = D_{35}$

$$\omega_i = F_1 \sqrt{\Delta g D_i} \quad F_1 = \sqrt{\frac{2}{3} + \frac{36v^2}{\Delta g D_i^3}} - \sqrt{\frac{36v^2}{\Delta g D_i^3}}$$

$$F_1 = 0.81 \quad z_i = 2.5\omega_i/U_*$$

$$\omega_i = 0.18$$

$$z = 1.15$$

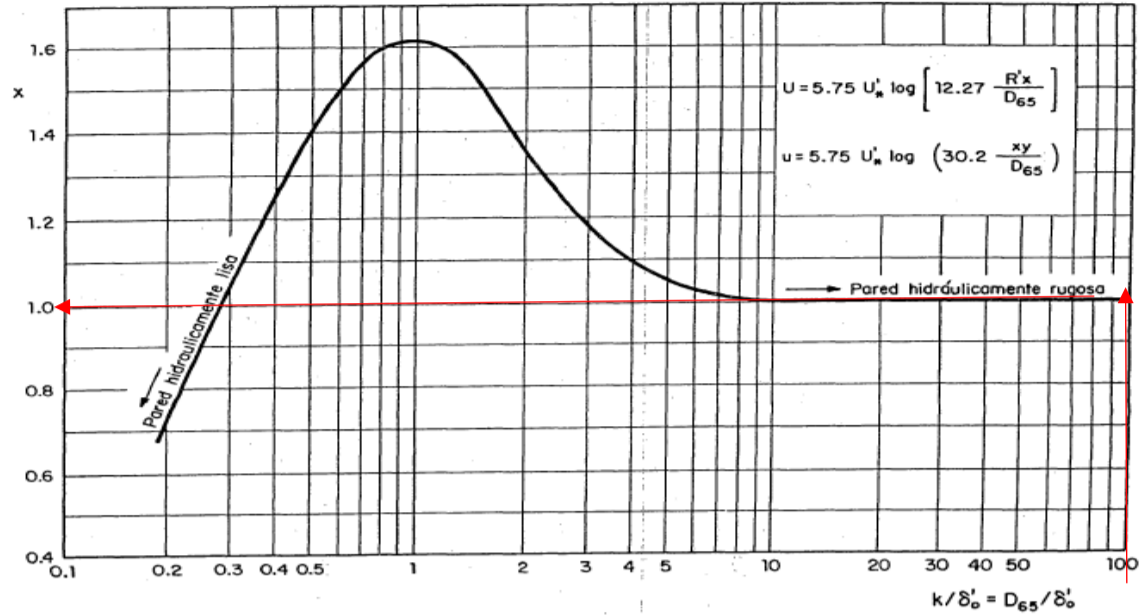


Fig 10.6.2 Factor de corrección x en las fórmulas de velocidad media y distribución de velocidades, en función de  $k/\delta'_0$ , según Einstein (1950)

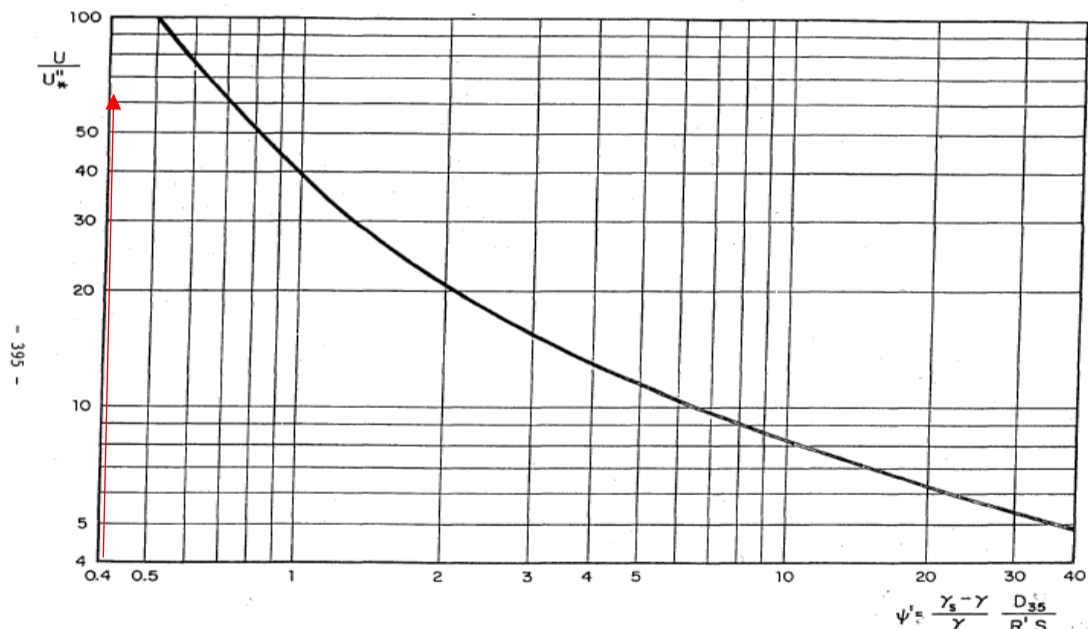


Fig 10.6.3 Velocidad  $U_*''$ , asociada a las ondulaciones en el fondo, según Einstein (1950)

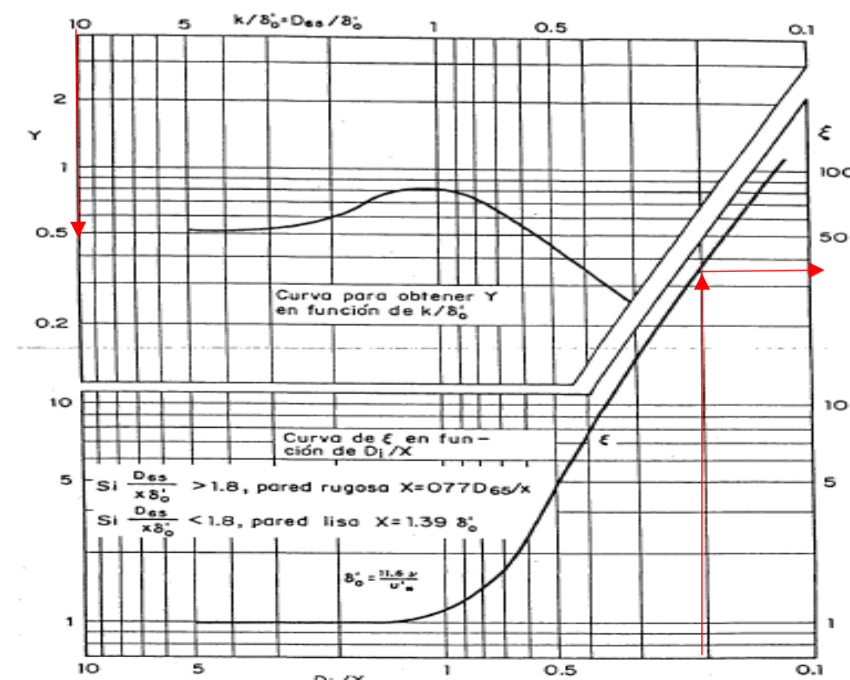


Fig 10.7.1 Factores de corrección Y y  $\xi$ , según Einstein (1950)





I1= 0.95 De la fig 10.6.4  
I2= -2.50 De la fig 10.6.5

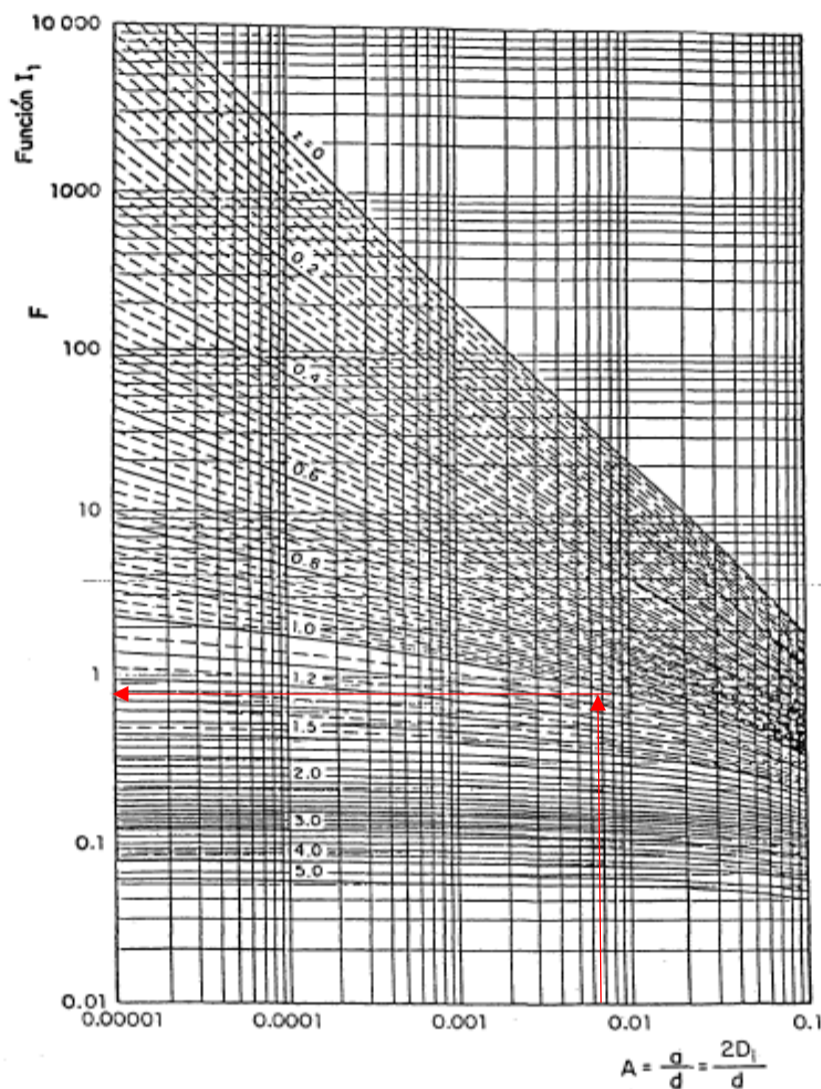
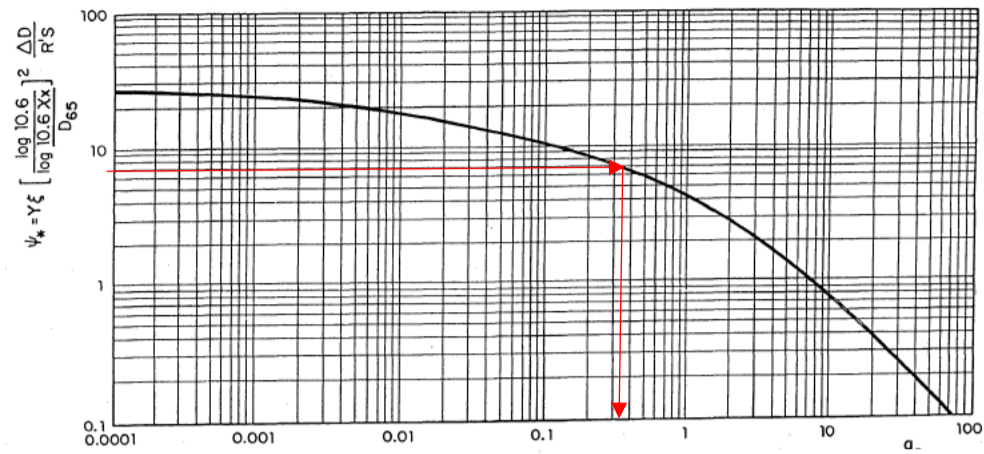


Fig 10.6.4 Valores de  $I_1$  en función de los parámetros A y z, según Einstein (1950)

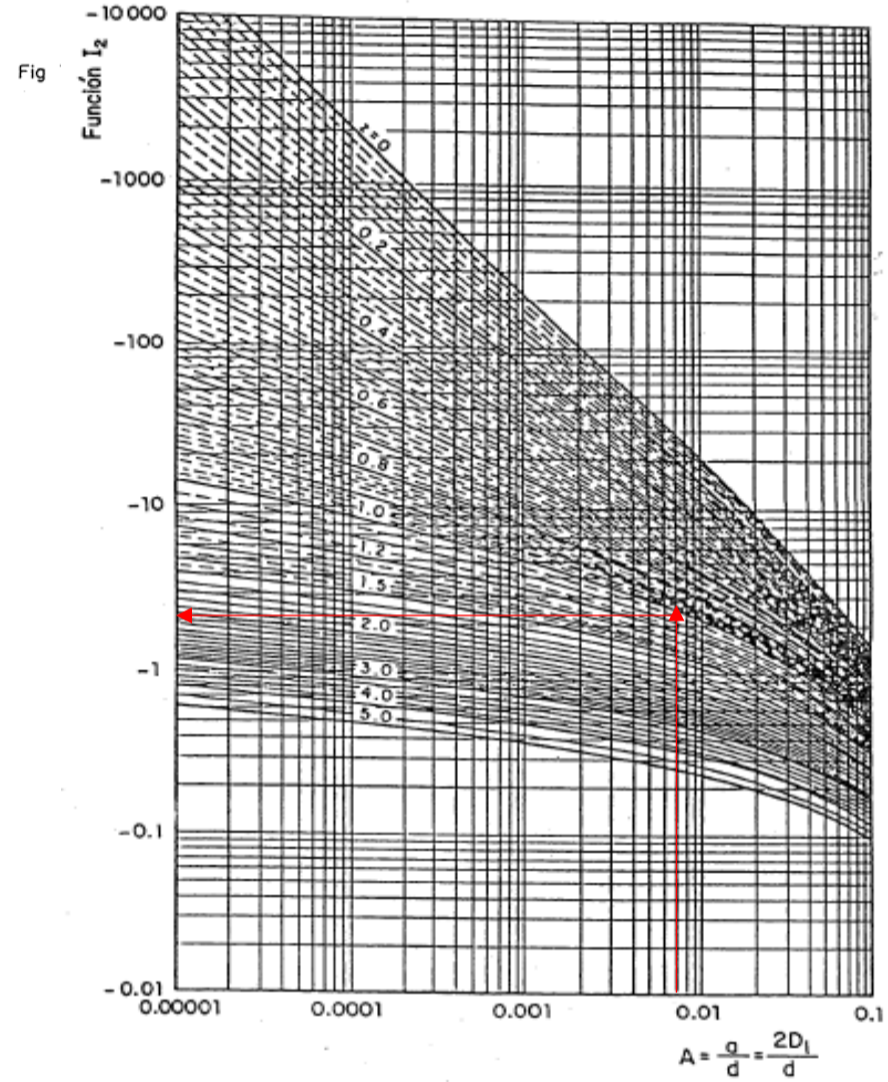


Fig 10.6.5 Valores de  $I_2$  en función de los parámetros A y z, según Einstein (1950)


Finalmente se obtiene  $g_{bbT} = g_{bb}(PI_1 + I_2)$

Tr=500	$g_{bbT} = 150.32 \text{ kgf/s.m}$	Tr=10	$g_{bbT} = 8.92 \text{ kgf/s.m}$	121 m3/s	$g_{bbT} = 3.29 \text{ kgf/s.m}$
	$G_{bbT} = 10692.13 \text{ kgf/s}$		$G_{bbT} = 599.47 \text{ kgf/s}$		$G_{bbT} = 211.81 \text{ kgf/s}$
	$q_{bbT} = 0.056 \text{ m}^3/\text{s.m}$		$q_{bbT} = 0.003 \text{ m}^3/\text{s.m}$		$q_{bbT} = 0.001 \text{ m}^3/\text{s.m}$
	$Q_{bbT} = 4.00 \text{ m}^3/\text{s}$		$Q_{bbT} = 0.22 \text{ m}^3/\text{s}$		$Q_{bbT} = 0.08 \text{ m}^3/\text{s}$

15. Transporte total de fondo  $g_{bbT} = g_{bb} + g_{bbT}$

Tr=500	$g_{bbT} = 154.55 \text{ kgf/s.m}$	Tr=10	$g_{bbT} = 10.85 \text{ kgf/s.m}$	121 m3/s	$g_{bbT} = 4.06 \text{ kgf/s.m}$
	$G_{bbT} = 10992.83 \text{ kgf/s}$		$G_{bbT} = 728.54 \text{ kgf/s}$		$G_{bbT} = 261.32 \text{ kgf/s}$
	$q_{bbT} = 0.058 \text{ m}^3/\text{s.m}$		$q_{bbT} = 0.004 \text{ m}^3/\text{s.m}$		$q_{bbT} = 0.002 \text{ m}^3/\text{s.m}$
	$Q_{bbT} = 4.12 \text{ m}^3/\text{s}$		$Q_{bbT} = 0.27 \text{ m}^3/\text{s}$		$Q_{bbT} = 0.10 \text{ m}^3/\text{s}$

## **ANEXO 7: CÁLCULO DEL ANCHO ESTABLE**

 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°7 CALCULO DEL ANCHO ESTABLE</b>				UNALM
					Fecha:
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"					Maetria: Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis
Anexo: 7					Revisión: 0

### 1. METODO DE BLENCH

Factor de fondo (Fb):

$$Fb_o = 60.1\sqrt{D_m} \quad Fb_o = 8.67$$

$$Fb = Fb_o(1 + 0.012C) \quad \text{Formula aplicable a fondos arenosos}$$

Blench recomendó utilizar para Fb los siguientes valores cuando existe poca informacion:

$$Fb = 0.8 \quad \text{Material Fino, } D_m \leq 0.5 \text{ mm}$$

$$Fb = 1.2 \quad \text{Material Grueso, } D_m > 0.5 \text{ mm}$$

$$b_m = 1.81 \left( \frac{Fb Q}{F_s} \right)^{1/2} \quad d = \left( \frac{F_s Q}{Fb^2} \right)^{1/3}$$

D10 =	0.41
D30 =	1.90
D50 =	9.29
D60 =	17.00
D70 =	25.68
D80 =	38.97
D90 =	46.19
Dm =	0.02081

Factor de orilla:

Blench recomendó los siguientes valores para el factor de orilla

$$F_s = 0.1 \quad \text{Material poco cohesivo, como arena}$$

$$F_s = 0.2 \quad \text{Material medianamente cohesivo}$$

$$F_s = 0.3 \quad \text{Material muy cohesivo, como arcilla}$$

$$S = \frac{Fb^{5/6} F_s^{1/12}}{3.28 K Q^{1/6} \left( 1 + \frac{C}{2330} \right)} \quad K = 3.63 g / v^{1/4}$$

$$Fb = 3.28 U^2 / d$$

Datos Tr 10 años:

Caudal Q =	300.5 m3/s
Tirante d =	2.75 m
Ancho bm =	108.69 m
Velocidad U =	1.00 m/s
Viscosidad v =	1.0E-06 m2/s
Concentracion C =	0 ppm
K =	1.1E+03
Pendiente S =	0.00010

Datos Tr 500 años:

Caudal Q =	578.6 m3/s
Tirante d =	3.43 m
Ancho bm =	150.82 m
Velocidad U =	1.12 m/s
Viscosidad v =	1.0E-06 m2/s
Concentracion C =	0 ppm
K =	1.1E+03
Pendiente S =	0.00009

Tr (años)	Q (m3/s)	y max(m)	V (m/s)	A (m2)	B (m)	Rh (m)	y (m)
500	578.6	3.14	3.31	180.77	71.13	2.49	2.54
100	300.5	2.07	2.87	106.85	67.17	1.57	1.59

Fuente: HEC-RAS :PteMoron\_SP - Seccion 588+03 aguas arriba del Puente

### 2. METODO DE SIMONS & ALBERTSON

Fondo de orillas con material grueso no cohesivo

$$K_1 = 3.16 \quad P = K_1 Q^{0.512} \quad R = K_2 Q^{0.361} \quad A = K_1 K_2 Q^{0.873} \quad b_m = 0.9 P$$

$$K_2 = 0.27$$

$$K_3 = 10.76 \quad b_m = 0.92 B - 0.61 \quad d = 1.21 K_2 Q^{0.361}$$

$$K_4 = 0.85$$

$$m' = 0.286$$

$$\text{Si } \frac{Ud}{v} < 2 \times 10^7 \quad S = \left[ \frac{1}{K_1 K_3 K_2^{1+2m'} Q^{0.722m' - 0.127}} \right]^{1/m'}$$

$$\text{Si } \frac{Ud}{v} > 2 \times 10^7 \quad S = \frac{U^2}{gd K_4 \left( \frac{U b_m}{v} \right)^{0.37}}$$

Datos Tr 100 años:

Caudal Q =	300.5 m3/s
P =	58.66 m
R =	2.12 m
bm =	52.79 m
B =	58.05 m
A =	124.23 m2
U =	2.42 m/s
d =	2.56 m
v =	1.0E-06 m2/s
S =	0.0012 m/m
n =	0.027

Datos Tr 500 años:

Caudal Q =	578.6 m3/s
P =	82.04 m
R =	2.68 m
bm =	73.84 m
B =	80.92 m
A =	220.09 m2
U =	2.63 m/s
d =	3.10 m
v =	1.0E-06 m2/s
S =	0.0010 m/m
n =	0.026


### 3. METODO DE ALTUNIN

Coefficiente de forma:

K (8 : 12) =	10	Cauce formado en material aluvial
K (3 : 5) =	4	Ríos con orillas muy difícilmente erosionables
K (16 : 20) =	18	Cauces con orillas muy fácilmente erosionables

Coefficiente de ubicación del río en la cuenca:

a =	1	Río en zona montañosa
a =	1	Río en zona intermedia
a (1.1 : 1.15) =	1.1	Río en zona de planicie

 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°7 CALCULO DEL ANCHO ESTABLE</b>			UNALM
				Fecha:
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para: Tesis
			Anexo:	7
				Revisión : 0

Exponente  $\alpha$ :

$\alpha =$	0.2	Si $Y_m > 2.5$ m
$\alpha =$	0.25	Si $2.5$ m $> Y_m > 1.5$ m
$\alpha =$	0.33	Si $Y_m < 1.5$ m

Para materiales gruesos:

k =	1.1
z =	0.5
x =	0.33

Velocidad de formación:

i) Para  $0.0003$  m  $\leq D_m \leq 0.00263$  m (con datos de Levediev)

$$U_\phi = 113.6 D_m + 0.466 = 2.36 \text{ m/s}$$

ii) Para  $0.00263$  m  $\leq D_m \leq 0.0303$  m (con datos de Altunin y Levediev)

$$U_\phi = \frac{1}{1.341 - 12.5 D_m} = 0.93 \text{ m/s}$$

iii) Para  $0.0303$  m  $\leq D_m \leq 0.0865$  m (con datos de Altunin)

$$U_\phi = 2.248 - \frac{0.0366}{D_m} = 0.49 \text{ m/s}$$

iv) Para  $D_m \geq 0.0865$  m (con datos de Altunin)

$$U_\phi = \frac{D_m}{0.259 D_m + 0.0247} = 0.69 \text{ m/s}$$

Método cuando se conoce Q, S y E

Datos Tr 10 años:  $m = 0.72 \left[ \frac{\Delta D_m}{d_m S} \right]^{0.1}$      $\Delta = \frac{Y_s - Y}{\gamma}$      $E = (nK^{5/3})^{3+5m}$

Pendiente S =	0.018 m/m			
Caudal Q =	300.5 m <sup>3</sup> /s	Si $d_m > 2.5$ m		
M.lecho $Y_s =$	2670 kgf/m <sup>3</sup>	$U_\phi = \frac{0.817 Q^{0.1} (1000 S)^{0.307}}{\alpha E^{0.2}}$	$B = \frac{EQ^{0.5}}{S^{0.2}}$	$d_m = \left( \frac{q}{\alpha U_\phi} \right)^{5/6}$
P.E Agua $Y =$	1000 kgf/m <sup>3</sup>			
$\Delta =$	1.67			
$D_m =$	0.02081 m	Si $2.5$ m $> d_m > 1.5$ m		
$d_m =$	1.59 m	$U_\phi = \frac{0.855 Q^{0.083} (1000 S)^{0.312}}{\alpha E^{0.176}}$	$B = \frac{EQ^{0.5}}{S^{0.2}}$	$d_m = \left( \frac{q}{\alpha U_\phi} \right)^{4/5}$
$\alpha =$	0.25			
$m =$	0.73			
$n =$	0.027			
$E =$	1.11	Si $d_m < 1.5$ m		
$U_\phi =$	13.30	$U_\phi = \frac{0.943 Q^{0.049} (1000 S)^{0.317}}{\alpha E^{0.1}}$	$B = \frac{EQ^{0.5}}{S^{0.2}}$	$d_m = \left( \frac{q}{\alpha U_\phi} \right)^{3/4}$
$B =$	42.78 m			
$q =$	7.02 m <sup>2</sup> /s			
$d_m =$	1.75 m			
$V =$	3.82 m/s			

Datos Tr 500 años:


Pendiente S =	0.018 m/m
Caudal Q =	578.6 m <sup>3</sup> /s
M.lecho $Y_s =$	2670 kgf/m <sup>3</sup>
P.E Agua $Y =$	1000 kgf/m <sup>3</sup>
$\Delta =$	1.67
$D_m =$	0.02081 m
$d_m =$	2.15 m
$\alpha =$	0.25
$m =$	0.71
$n =$	0.027
$E =$	1.11
$U_\phi =$	14.03
$B =$	59.46 m
$q =$	9.73 m <sup>2</sup> /s
$d_m =$	2.15 m
$V =$	4.25 m/s

**4. RESULTADOS**

Metodo	Ancho Estable (m)	
	Tr=10 años	Tr=500 años
Blench	108.69	150.82
Simons - Albertson	58.05	80.92
Altunin	42.78	59.46

## **ANEXO 8: CÁLCULO DE LA RUGOSIDAD DE MANNING**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°8 CALCULO DE LA RUGOSIDAD DE MANNING</b>			UNALM	
				Fecha:	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos	
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis
				Anexo:	8
				Revisión :	0

### 1. CALCULO DE LA MICRORUGOSIDAD

Para los calculos de los tirantes de flujo y de las velocidades medias se determinó la rugosidad del cauce, el cual comprende la rugosidad asociada a la partícula o micro rugosidad y la macro rugosidad correspondiente al acomodo del material del lecho del cauce.

La microrugosidad se cuantifica con el coeficiente de Manning (n) a partir de los diámetros representativos del material del cauce, ensayandose diferentes formulaciones para su estimacion, entre ellas las siguientes:

#### STRICKLER:

$$n = 0.047 D_m^{1/6} \quad \text{Dm: Diametro medio (m)}$$

#### RAUDKIVI (1976):

$$n = 0.034 D_{65}^{1/6} \quad \text{D65: Diametro 65 % (m)}$$

#### GARDE Y RAJU (1978):

$$n = 0.039 D_{50}^{1/6} \quad \text{D50: Diametro 50% (pies)}$$

#### SUBRAMANYA (1982):

$$n = 0.047 D_{50}^{1/6} \quad \text{D50: Diametro 50% (m)}$$

#### MEYER - PETER (1948):

$$n = 0.038 D_{90}^{1/6} \quad \text{D90: Diametro 90% (m)}$$

#### LANE & CARLSON (1953):

$$n = 0.026 D_{75}^{1/6} \quad \text{D75: Diametro 75% (m)}$$

#### MARION (1998):

$$n = 0.038 D_{90}^{1/6} \quad \text{D90: Diametro 90% (m)}$$

#### CALCULO DE LA MICRORUGOSIDAD:

Diámetros	
D50 (mm)	9.29
D65 (mm)	21.44
D75(mm)	32.74
D90 (mm)	46.19
Dm (mm)	20.81

Microrugosidad n0	
Strickler	0.025
Raudkivi	0.018
Garde y Raju	0.022
Subramanya	0.022
Meyer-Peter	0.023
Lane & Carlson	0.027
Marion	0.023
n	0.023

### 2. CALCULO DE LA MACRORUGOSIDAD

Para determinar el valor de macrorugosidad del cauce se aplica la formula de Cowan (1956). Plantea para el cálculo del coeficiente "n", la aplicación de cinco correcciones sobre el valor basico, n0, en la forma siguiente:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m_5$$

Donde :

- n : Coeficiente de rugosidad de Manning
- n0 : Valor básico de rugosidad (micro rugosidad)
- n1 : Corrección por efecto de irregularidades
- n2 : Corrección por variaciones en forma y tamaño de las secciones
- n3 : Corrección por obstrucciones
- n4 : Corrección por vegetación y condiciones de flujo
- m5 : Factor de corrección por meandros

Condición del canal		Valores	
Grado de irregularidad	Suave	n1	0
	Menor		0.005
	Moderado		0.01
	Severo		0.02
Variaciones de la sección transversa	Gradual	n2	0
	Ocasionalmente		0.005
	Frecuentemente		0.010-0.015
Efecto relativo de las obstrucciones	Insignificante	n3	0
	Menor		0.010-0.015
	Apreciable		0.020-0.030
Vegetación	Severo	n4	0.040-0.060
	Baja		0.005-0.010
	Media		0.010-0.025
	Alta		0.025-0.050
	Muy Alta		0.050-0.100

Macrorugosidad n0	
n0	0.023
n1	0.005
n2	0.005
n3	0.005
n4	0.005
m5	1.0
n	0.040

 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°8 CALCULO DE LA RUGOSIDAD DE MANNING</b>				UNALM
					Fecha: Mar-21
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"					Maetria: Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por: SPVB	Revisado por: TOVB	Emitido para: Tesis	Anexo: 8	Revisión: 0	


Cantidad de meandros	Menor	m5	1
	Apreciable		1.15
	Severo		1.3

### 3. CALCULO DE LA RUGOSIDAD GENERAL

Coefficiente de rugosidad del cauce central :	0.040
Coefficiente de rugosidad de llanuras :	0.045
Coefficiente de arbustos :	0.050
Coefficiente de vegetacion dispersa :	0.080
Coefficiente de residencial :	0.150


**ANEXO 9: SALIDA DEL PROGRAMA HEC-RAS**




 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°9 SALIDA PROGRAMA HEC-RAS</b>				UNALM	
					Fecha:	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"					Maetria: Ing. Recursos Hídricos	
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo: 9
						Revisión : 0

### 1. SALIDA DEL PROGRAMA HEC-RAS

PARAMETROS HIDRAULICOS - Manning nlli=0.045 nc=0.040 nllr=0.045									
River Sta	Perfil	Q Total	Min Ch E	W.S. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude
		(m3/s)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m2)	
1525	Tr=2 años	159.6	630.32	632.01	0.018005	3.79	50.59	64.9	1.09
1525	Tr=3 años	199.3	630.32	632.14	0.018006	4.06	59.42	66.01	1.11
1525	Tr=5 años	244.3	630.32	632.28	0.018005	4.33	68.59	67.15	1.13
1525	Tr=10 años	300.5	630.32	632.44	0.018002	4.62	79.16	68.44	1.14
1525	Tr=20 años	353.5	630.32	632.57	0.018004	4.87	88.46	69.55	1.16
1525	Tr=50 años	420.4	630.32	632.73	0.018004	5.15	99.52	70.86	1.18
1525	Tr=100 año	469.4	630.32	632.84	0.018032	5.34	107.18	71.74	1.19
1525	Tr=200 año	517.2	630.32	632.94	0.017989	5.51	114.53	72.58	1.2
1525	Tr=500 año	578.6	630.32	633.06	0.017995	5.72	123.8	74.2	1.21
1525	01/03/213	121	630.32	631.86	0.018011	3.47	40.91	62.74	1.07
1500	Tr=2 años	159.6	629.87	631.44	0.025913	3.95	49.17	71.43	1.27
1500	Tr=3 años	199.3	629.87	631.55	0.026493	4.27	56.66	72.02	1.3
1500	Tr=5 años	244.3	629.87	631.66	0.026676	4.57	64.67	72.65	1.33
1500	Tr=10 años	300.5	629.87	631.79	0.026794	4.9	73.95	73.37	1.35
1500	Tr=20 años	353.5	629.87	631.9	0.026908	5.17	82.07	74	1.37
1500	Tr=50 años	420.4	629.87	632.03	0.026881	5.48	91.84	74.76	1.39
1500	Tr=100 año	469.4	629.87	632.12	0.026859	5.69	98.65	75.28	1.41
1500	Tr=200 año	517.2	629.87	632.2	0.026691	5.87	105.23	75.78	1.41
1500	Tr=500 año	578.6	629.87	632.31	0.026681	6.09	113.14	76.37	1.43
1500	01/03/213	121	629.87	631.33	0.024785	3.57	41.28	70.8	1.21
1475	Tr=2 años	159.6	629.45	630.91	0.022784	3.73	53.49	76	1.19
1475	Tr=3 años	199.3	629.45	631.01	0.023216	4.02	61.46	76.5	1.23
1475	Tr=5 años	244.3	629.45	631.12	0.023645	4.32	69.68	77.01	1.26
1475	Tr=10 años	300.5	629.45	631.24	0.024264	4.66	78.93	77.59	1.29
1475	Tr=20 años	353.5	629.45	631.34	0.024723	4.95	87.03	78.09	1.32
1475	Tr=50 años	420.4	629.45	631.46	0.025141	5.27	96.68	78.68	1.35
1475	Tr=100 año	469.4	629.45	631.55	0.025502	5.5	103.24	79.07	1.37
1475	Tr=200 año	517.2	629.45	631.62	0.025852	5.71	109.33	79.44	1.39
1475	Tr=500 año	578.6	629.45	631.72	0.026201	5.96	116.91	79.9	1.42
1475	01/03/213	121	629.45	630.78	0.023232	3.44	44.08	74.52	1.18
1450	Tr=2 años	159.6	629.42	630.89	0.006566	2.04	80.97	79.83	0.65
1450	Tr=3 años	199.3	629.42	631.03	0.006707	2.25	92.19	80.4	0.67
1450	Tr=5 años	244.3	629.42	631.19	0.006681	2.44	105.07	82.27	0.68
1450	Tr=10 años	300.5	629.42	631.35	0.00724	2.74	118.5	89.56	0.72
1450	Tr=20 años	353.5	629.42	631.45	0.007903	3	128.02	91.07	0.76
1450	Tr=50 años	420.4	629.42	631.59	0.008346	3.26	140.89	93.17	0.8
1450	Tr=100 año	469.4	629.42	631.68	0.008717	3.45	149.34	94.52	0.82
1450	Tr=200 año	517.2	629.42	631.76	0.009142	3.63	156.8	95.91	0.85
1450	Tr=500 año	578.6	629.42	631.85	0.009871	3.89	165.16	98.93	0.89
1450	01/03/213	121	629.42	630.74	0.006484	1.81	68.6	79.21	0.62
1425	Tr=2 años	159.6	629.21	630.44	0.016771	2.82	58.31	76.49	1
1425	Tr=3 años	199.3	629.21	630.58	0.015364	3	69.15	80.96	0.98
1425	Tr=5 años	244.3	629.21	630.69	0.015829	3.27	78.28	84.54	1.01
1425	Tr=10 años	300.5	629.21	630.84	0.01476	3.47	92.02	89.39	1
1425	Tr=20 años	353.5	629.21	631.04	0.011999	3.46	111.11	99.87	0.93
1425	Tr=50 años	420.4	629.21	631.2	0.011667	3.65	126.56	102.72	0.93
1425	Tr=100 año	469.4	629.21	631.3	0.011452	3.77	137.45	104.57	0.93
1425	Tr=200 año	517.2	629.21	631.4	0.011302	3.89	147.61	106.27	0.93
1425	Tr=500 año	578.6	629.21	631.51	0.011219	4.04	159.85	108.27	0.94
1425	01/03/213	121	629.21	630.3	0.018186	2.59	47.91	73.54	1.01
1400	Tr=2 años	159.6	628.1	629.62	0.032082	3.53	45.98	68.22	1.34
1400	Tr=3 años	199.3	628.1	629.72	0.031426	3.83	53.06	68.78	1.36
1400	Tr=5 años	244.3	628.1	629.85	0.02848	4.03	62.04	69.75	1.33
1400	Tr=10 años	300.5	628.1	629.99	0.026818	4.29	71.91	70.83	1.32
1400	Tr=20 años	353.5	628.1	630.09	0.02709	4.58	79.27	71.15	1.35
1400	Tr=50 años	420.4	628.1	630.27	0.023953	4.72	91.85	79.13	1.3
1400	Tr=100 año	469.4	628.1	630.4	0.021731	4.79	103.43	87.23	1.25
1400	Tr=200 año	517.2	628.1	630.51	0.020711	4.9	112.57	89.08	1.24
1400	Tr=500 año	578.6	628.1	630.64	0.019537	5.01	124.26	91.39	1.22
1400	01/03/213	121	628.1	629.51	0.032643	3.18	38.57	67.35	1.32
1375	Tr=2 años	159.6	627.85	629.27	0.016193	3.04	53.87	59.65	1
1375	Tr=3 años	199.3	627.85	629.43	0.014999	3.24	63.32	60.75	0.99
1375	Tr=5 años	244.3	627.85	629.58	0.014511	3.48	72.68	61.99	0.99
1375	Tr=10 años	300.5	627.85	629.77	0.013593	3.7	84.59	63.8	0.99


 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°9 SALIDA PROGRAMA HEC-RAS</b>						UNALM		
							Fecha:	Mar-21	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"						Maetria:		Ing. Recursos Hídricos	
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	9	Revisión :	0

1375	Tr=20 años	353.5	627.85	629.93	0.013127	3.9	94.9	65.33	0.99
1375	Tr=50 años	420.4	627.85	630.12	0.012542	4.11	107.68	67.17	0.98
1375	Tr=100 años	469.4	627.85	630.27	0.011822	4.21	117.82	68.12	0.97
1375	Tr=200 años	517.2	627.85	630.39	0.011621	4.35	126.03	68.49	0.97
1375	Tr=500 años	578.6	627.85	630.61	0.010157	4.35	143.82	95.14	0.92
1375	01/03/213	121	627.85	629.11	0.017343	2.78	44.45	58.52	1
1350	Tr=2 años	159.6	627.47	628.99	0.006962	2.39	67.6	56.92	0.69
1350	Tr=3 años	199.3	627.47	629.17	0.00688	2.6	77.79	57.58	0.7
1350	Tr=5 años	244.3	627.47	629.34	0.006901	2.82	88.14	58.25	0.71
1350	Tr=10 años	300.5	627.47	629.55	0.006895	3.06	100.25	59.03	0.73
1350	Tr=20 años	353.5	627.47	629.74	0.006853	3.25	111.14	59.71	0.74
1350	Tr=50 años	420.4	627.47	629.95	0.006835	3.48	123.98	60.52	0.75
1350	Tr=100 años	469.4	627.47	630.1	0.006795	3.62	133.15	62.21	0.76
1350	Tr=200 años	517.2	627.47	630.24	0.006765	3.76	141.95	63.6	0.76
1350	Tr=500 años	578.6	627.47	630.4	0.00679	3.93	152.51	64.91	0.77
1350	01/03/213	121	627.47	628.8	0.007066	2.15	56.8	56.2	0.67
1325	Tr=2 años	159.6	627.05	628.52	0.015206	3.13	52.59	54.49	0.99
1325	Tr=3 años	199.3	627.05	628.68	0.014649	3.37	61.17	55.52	0.99
1325	Tr=5 años	244.3	627.05	628.86	0.013661	3.57	71.1	56.7	0.98
1325	Tr=10 años	300.5	627.05	629.05	0.012982	3.81	82.31	57.58	0.98
1325	Tr=20 años	353.5	627.05	629.22	0.012589	4.02	92.09	58.28	0.98
1325	Tr=50 años	420.4	627.05	629.42	0.012144	4.25	103.93	59.11	0.98
1325	Tr=100 años	469.4	627.05	629.56	0.011906	4.41	112.16	59.68	0.98
1325	Tr=200 años	517.2	627.05	629.7	0.011622	4.54	120.21	60.17	0.98
1325	Tr=500 años	578.6	627.05	629.87	0.011083	4.67	131.65	69.11	0.97
1325	01/03/213	121	627.05	628.36	0.015805	2.84	43.73	53.4	0.98
1300	Tr=2 años	159.6	626.37	628.09	0.01676	3.2	50.08	50.96	1.02
1300	Tr=3 años	199.3	626.37	628.24	0.016487	3.48	57.59	51.2	1.04
1300	Tr=5 años	244.3	626.37	628.39	0.016209	3.75	65.53	51.76	1.05
1300	Tr=10 años	300.5	626.37	628.58	0.015439	4.01	75.65	53.61	1.05
1300	Tr=20 años	353.5	626.37	628.75	0.014767	4.22	85.01	55.26	1.05
1300	Tr=50 años	420.4	626.37	628.95	0.014317	4.48	95.98	57.13	1.05
1300	Tr=100 años	469.4	626.37	629.09	0.013869	4.63	104.19	58.49	1.05
1300	Tr=200 años	517.2	626.37	629.22	0.013671	4.79	112	69.07	1.05
1300	Tr=500 años	578.6	626.37	629.36	0.013671	4.99	122	73.61	1.06
1300	01/03/213	121	626.37	627.94	0.016579	2.85	42.49	50.71	0.99
1275	Tr=2 años	159.6	625.56	627.22	0.036488	3.89	41.42	56.85	1.44
1275	Tr=3 años	199.3	625.56	627.33	0.035848	4.22	47.65	57.11	1.46
1275	Tr=5 años	244.3	625.56	627.45	0.035118	4.55	54.26	57.39	1.48
1275	Tr=10 años	300.5	625.56	627.58	0.034689	4.92	61.78	57.7	1.5
1275	Tr=20 años	353.5	625.56	627.7	0.034036	5.22	68.61	57.98	1.51
1275	Tr=50 años	420.4	625.56	627.84	0.032852	5.53	77.11	58.32	1.52
1275	Tr=100 años	469.4	625.56	627.95	0.03205	5.74	83.13	58.71	1.52
1275	Tr=200 años	517.2	625.56	628.05	0.031113	5.91	89.13	59.71	1.51
1275	Tr=500 años	578.6	625.56	628.18	0.029704	6.1	97.02	60.98	1.5
1275	01/03/213	121	625.56	627.1	0.037998	3.52	34.61	56.56	1.43
1250	Tr=2 años	159.6	625.54	627.04	0.017094	3.03	53.78	59.59	1.02
1250	Tr=3 años	199.3	625.54	627.19	0.016412	3.28	62.32	59.86	1.03
1250	Tr=5 años	244.3	625.54	627.35	0.015367	3.49	71.97	60.15	1.02
1250	Tr=10 años	300.5	625.54	627.51	0.015456	3.81	81.61	60.71	1.04
1250	Tr=20 años	353.5	625.54	627.68	0.014475	4	92.43	62.63	1.03
1250	Tr=50 años	420.4	625.54	627.87	0.014055	4.25	104.25	64.74	1.03
1250	Tr=100 años	469.4	625.54	628.03	0.013088	4.35	114.77	69.32	1.01
1250	Tr=200 años	517.2	625.54	628.25	0.01132	4.35	132.1	81.63	0.96
1250	Tr=500 años	578.6	625.54	628.36	0.011626	4.57	141.69	85.58	0.98
1250	01/03/213	121	625.54	626.9	0.01713	2.71	45.43	59.34	1
1225	Tr=2 años	159.6	624.66	626.6	0.018005	3.05	55.3	74.36	1.04
1225	Tr=3 años	199.3	624.66	626.69	0.019786	3.41	62.17	76.78	1.11
1225	Tr=5 años	244.3	624.66	626.78	0.021825	3.8	69	79.85	1.18
1225	Tr=10 años	300.5	624.66	626.89	0.023321	4.19	77.92	86.96	1.24
1225	Tr=20 años	353.5	624.66	626.97	0.025139	4.56	85.65	91.63	1.31
1225	Tr=50 años	420.4	624.66	627.07	0.027022	4.97	94.61	95.42	1.37
1225	Tr=100 años	469.4	624.66	627.13	0.028788	5.27	100.06	96.91	1.42
1225	Tr=200 años	517.2	624.66	627.16	0.031704	5.63	103.58	97.86	1.5
1225	Tr=500 años	578.6	624.66	627.25	0.031787	5.85	111.94	99.2	1.52
1225	01/03/213	121	624.66	626.5	0.016045	2.65	47.82	71.64	0.96
1200	Tr=2 años	159.6	624.1	626	0.025157	3.24	49.98	71.02	1.2
1200	Tr=3 años	199.3	624.1	626.12	0.023544	3.46	58.63	72.66	1.19
1200	Tr=5 años	244.3	624.1	626.25	0.02187	3.67	68.35	75.82	1.18
1200	Tr=10 años	300.5	624.1	626.4	0.020566	3.91	80.48	86.81	1.17
1200	Tr=20 años	353.5	624.1	626.51	0.020389	4.15	90.77	94.75	1.18
1200	Tr=50 años	420.4	624.1	626.63	0.020479	4.42	102.4	95.88	1.2
1200	Tr=100 años	469.4	624.1	626.71	0.020619	4.61	110.23	96.41	1.22
1200	Tr=200 años	517.2	624.1	626.78	0.021023	4.8	116.99	96.8	1.24


 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°9 SALIDA PROGRAMA HEC-RAS</b>						UNALM		
							Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"						Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	9	Revisión :	0

1200	Tr=500 año	578.6	624.1	626.87	0.021264	5.02	125.71	97.31	1.26
1200	01/03/213	121	624.1	625.87	0.027721	2.99	40.86	69.25	1.22
1175	Tr=2 años	159.6	623.98	625.6	0.013414	2.57	63.5	83.44	0.9
1175	Tr=3 años	199.3	623.98	625.59	0.022402	3.28	62.12	83.09	1.15
1175	Tr=5 años	244.3	623.98	625.66	0.025234	3.68	68.16	84.4	1.24
1175	Tr=10 años	300.5	623.98	625.76	0.026271	4.04	76.89	85.99	1.29
1175	Tr=20 años	353.5	623.98	625.86	0.026306	4.3	85.36	87.5	1.31
1175	Tr=50 años	420.4	623.98	625.98	0.025494	4.55	96.5	89.45	1.31
1175	Tr=100 año	469.4	623.98	626.07	0.025117	4.72	104.18	90.76	1.32
1175	Tr=200 año	517.2	623.98	626.15	0.024831	4.89	111.43	92.24	1.32
1175	Tr=500 año	578.6	623.98	626.25	0.02436	5.07	120.78	94.35	1.33
1175	01/03/213	121	623.98	625.49	0.012677	2.27	54.13	81	0.85
1150	Tr=2 años	159.6	623.72	625.2	0.016986	2.67	60.53	85.28	0.99
1150	Tr=3 años	199.3	623.72	625.32	0.015938	2.86	70.9	86.76	0.98
1150	Tr=5 años	244.3	623.72	625.44	0.015267	3.06	81.65	88.58	0.98
1150	Tr=10 años	300.5	623.72	625.58	0.014555	3.27	94.56	91.24	0.98
1150	Tr=20 años	353.5	623.72	625.72	0.013486	3.4	107.73	96.54	0.96
1150	Tr=50 años	420.4	623.72	625.88	0.012862	3.58	122.81	100.74	0.96
1150	Tr=100 año	469.4	623.72	625.98	0.012602	3.71	133.12	102.82	0.96
1150	Tr=200 año	517.2	623.72	626.05	0.013038	3.89	140.54	105.5	0.98
1150	Tr=500 año	578.6	623.72	626.2	0.011961	3.95	156.4	111.03	0.96
1150	01/03/213	121	623.72	625.08	0.017685	2.43	50.37	83.78	0.98
1125	Tr=2 años	159.6	623.41	624.62	0.026192	2.87	56.83	101.57	1.18
1125	Tr=3 años	199.3	623.41	624.69	0.028414	3.21	63.7	102.79	1.26
1125	Tr=5 años	244.3	623.41	624.76	0.029652	3.52	71.44	104.15	1.31
1125	Tr=10 años	300.5	623.41	624.85	0.030775	3.85	80.47	105.71	1.35
1125	Tr=20 años	353.5	623.41	624.92	0.03211	4.16	88	106.99	1.4
1125	Tr=50 años	420.4	623.41	625.01	0.032245	4.45	98.11	108.69	1.43
1125	Tr=100 año	469.4	623.41	625.08	0.032278	4.65	105.22	109.87	1.44
1125	Tr=200 año	517.2	623.41	625.15	0.031465	4.79	112.9	111.41	1.44
1125	Tr=500 año	578.6	623.41	625.22	0.031884	5.02	120.86	113.02	1.47
1125	01/03/213	121	623.41	624.53	0.024015	2.56	48.12	93.98	1.11
1100	Tr=2 años	159.6	622.59	624.06	0.00662	1.93	87.85	115.9	0.64
1100	Tr=3 años	199.3	622.59	624.22	0.005811	2.01	106.49	118.78	0.62
1100	Tr=5 años	244.3	622.59	624.37	0.005509	2.13	124.6	124.98	0.61
1100	Tr=10 años	300.5	622.59	624.54	0.00523	2.26	145.86	129.01	0.61
1100	Tr=20 años	353.5	622.59	624.67	0.005118	2.38	163.58	130.53	0.61
1100	Tr=50 años	420.4	622.59	624.82	0.00521	2.55	182.28	132.39	0.63
1100	Tr=100 año	469.4	622.59	624.92	0.005255	2.66	195.43	133.68	0.64
1100	Tr=200 año	517.2	622.59	625	0.005332	2.77	207.26	134.63	0.65
1100	Tr=500 año	578.6	622.59	624.34	0.03361	5.19	121.05	123.74	1.51
1100	01/03/213	121	622.59	623.58	0.039847	3.13	38.73	81.02	1.42
1075	Tr=2 años	159.6	622.3	623.6	0.015735	2.75	58.3	75.2	0.97
1075	Tr=3 años	199.3	622.3	623.72	0.015137	2.97	68.12	80.46	0.97
1075	Tr=5 años	244.3	622.3	623.89	0.012997	3.06	83.39	102.38	0.93
1075	Tr=10 años	300.5	622.3	624.06	0.011786	3.2	101.58	113.93	0.9
1075	Tr=20 años	353.5	622.3	624.21	0.010818	3.3	119.31	124.99	0.88
1075	Tr=50 años	420.4	622.3	624.39	0.009651	3.37	142.76	134.73	0.85
1075	Tr=100 año	469.4	622.3	624.48	0.009651	3.5	155.02	139.66	0.86
1075	Tr=200 año	517.2	622.3	624.58	0.009323	3.57	169.26	145.12	0.85
1075	Tr=500 año	578.6	622.3	624.68	0.009294	3.7	184.19	147.57	0.86
1075	01/03/213	121	622.3	623.5	0.013849	2.37	51.09	71.39	0.89
1050	Tr=2 años	159.6	621.58	623.21	0.014415	2.8	59.2	86.74	0.94
1050	Tr=3 años	199.3	621.58	623.31	0.015224	3.1	68.87	98.95	0.98
1050	Tr=5 años	244.3	621.58	623.4	0.016986	3.45	77.56	106.41	1.05
1050	Tr=10 años	300.5	621.58	623.51	0.017886	3.77	89.26	110.94	1.1
1050	Tr=20 años	353.5	621.58	623.6	0.018424	4.02	99.95	115.52	1.13
1050	Tr=50 años	420.4	621.58	623.72	0.01854	4.27	113.82	121.68	1.15
1050	Tr=100 año	469.4	621.58	623.81	0.018035	4.4	125.3	127.84	1.14
1050	Tr=200 año	517.2	621.58	623.89	0.017701	4.51	136.36	134.78	1.14
1050	Tr=500 año	578.6	621.58	623.98	0.017632	4.67	148.3	136.27	1.15
1050	01/03/213	121	621.58	623.03	0.017163	2.66	45.83	66.48	0.99
1025	Tr=2 años	159.6	621.04	622.51	0.030041	3.47	51.81	111.1	1.3
1025	Tr=3 años	199.3	621.04	622.59	0.030609	3.76	60.85	113.48	1.34
1025	Tr=5 años	244.3	621.04	622.67	0.030463	4.01	70.72	116.01	1.36
1025	Tr=10 años	300.5	621.04	622.77	0.030787	4.31	81.67	118.76	1.39
1025	Tr=20 años	353.5	621.04	622.85	0.0308	4.55	91.59	121.64	1.41
1025	Tr=50 años	420.4	621.04	622.94	0.031115	4.83	102.84	123.33	1.44
1025	Tr=100 año	469.4	621.04	623	0.031335	5.02	110.58	124.33	1.45
1025	Tr=200 año	517.2	621.04	623.06	0.031262	5.18	118.16	125.31	1.46
1025	Tr=500 año	578.6	621.04	623.15	0.030608	5.34	128.32	126.61	1.46
1025	01/03/213	121	621.04	622.44	0.024786	2.96	44.87	107.59	1.17
1000	Tr=2 años	159.6	620.53	621.96	0.023459	2.94	59.06	105.37	1.14




 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°9 SALIDA PROGRAMA HEC-RAS</b>						UNALM		
							Fecha:	Mar-21	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"						Maetria:		Ing. Recursos Hídricos	
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	9	Revisión :	0

1000	Tr=3 años	199.3	620.53	622.05	0.023325	3.18	68.38	106.66	1.16
1000	Tr=5 años	244.3	620.53	622.14	0.02351	3.43	77.85	108.22	1.19
1000	Tr=10 años	300.5	620.53	622.25	0.023044	3.68	89.62	110.2	1.2
1000	Tr=20 años	353.5	620.53	622.34	0.022787	3.89	100.06	112.55	1.21
1000	Tr=50 años	420.4	620.53	622.45	0.022266	4.12	113.02	115.41	1.22
1000	Tr=100 año	469.4	620.53	622.53	0.021989	4.27	122.08	117.37	1.22
1000	Tr=200 año	517.2	620.53	622.6	0.021804	4.42	130.55	119.18	1.23
1000	Tr=500 año	578.6	620.53	622.69	0.02162	4.59	141.06	121.38	1.24
1000	01/03/213	121	620.53	621.84	0.02687	2.76	46.79	100.01	1.18
975	Tr=2 años	159.6	619.9	621.51	0.018662	2.71	60.33	90.02	1.03
975	Tr=3 años	199.3	619.9	621.61	0.018619	2.95	69.38	91.55	1.05
975	Tr=5 años	244.3	619.9	621.74	0.017007	3.11	81.15	93.5	1.03
975	Tr=10 años	300.5	619.9	621.88	0.016136	3.32	94.07	95.6	1.02
975	Tr=20 años	353.5	619.9	622	0.015182	3.47	106.68	103.06	1.01
975	Tr=50 años	420.4	619.9	622.2	0.012956	3.54	128.12	116.63	0.96
975	Tr=100 año	469.4	619.9	622.3	0.0125	3.64	140	118.83	0.95
975	Tr=200 año	517.2	619.9	622.38	0.012348	3.76	150.31	120.71	0.95
975	Tr=500 año	578.6	619.9	622.49	0.012071	3.88	163.64	123.06	0.95
975	01/03/213	121	619.9	621.41	0.018108	2.41	51.26	88.45	0.98
950	Tr=2 años	159.6	619.1	620.96	0.019939	2.94	55.69	77.71	1.07
950	Tr=3 años	199.3	619.1	621.09	0.019381	3.08	66.55	84.84	1.07
950	Tr=5 años	244.3	619.1	621.19	0.019859	3.36	75.07	86.28	1.11
950	Tr=10 años	300.5	619.1	621.32	0.019556	3.63	86.43	96.58	1.12
950	Tr=20 años	353.5	619.1	621.43	0.01926	3.85	97.5	99.86	1.13
950	Tr=50 años	420.4	619.1	621.52	0.020572	4.19	107	100.45	1.19
950	Tr=100 año	469.4	619.1	621.61	0.020071	4.33	115.97	101.01	1.18
950	Tr=200 año	517.2	619.1	621.7	0.019427	4.44	124.86	101.56	1.18
950	Tr=500 año	578.6	619.1	621.81	0.018675	4.57	136.02	102.25	1.17
950	01/03/213	121	619.1	620.79	0.021651	2.83	43.53	67.91	1.1
925	Tr=2 años	159.6	619.17	620.62	0.016167	2.71	61.49	88.55	0.97
925	Tr=3 años	199.3	619.17	620.73	0.016061	2.94	71.63	93.14	0.99
925	Tr=5 años	244.3	619.17	620.86	0.015254	3.12	83.09	93.76	0.99
925	Tr=10 años	300.5	619.17	621.01	0.013935	3.28	97.64	94.54	0.96
925	Tr=20 años	353.5	619.17	621.11	0.0144	3.52	107.13	95.05	0.99
925	Tr=50 años	420.4	619.17	621.28	0.013201	3.65	122.9	95.88	0.97
925	Tr=100 año	469.4	619.17	621.38	0.012905	3.78	132.71	96.4	0.97
925	Tr=200 año	517.2	619.17	621.46	0.012947	3.93	140.94	96.83	0.98
925	Tr=500 año	578.6	619.17	621.55	0.01351	4.15	149.25	97.26	1.01
925	01/03/213	121	619.17	620.5	0.015654	2.44	51.18	79.63	0.94
900	Tr=2 años	159.6	618.4	620.23	0.01563	2.68	62.05	86.95	0.96
900	Tr=3 años	199.3	618.4	620.33	0.016141	2.95	70.77	87.66	0.99
900	Tr=5 años	244.3	618.4	620.44	0.01602	3.17	80.72	88.46	1.01
900	Tr=10 años	300.5	618.4	620.56	0.016504	3.47	91.16	89.29	1.04
900	Tr=20 años	353.5	618.4	620.69	0.01562	3.62	102.8	90.23	1.03
900	Tr=50 años	420.4	618.4	620.82	0.015644	3.87	114.65	91.18	1.05
900	Tr=100 año	469.4	618.4	620.91	0.015484	4.03	123.33	91.87	1.05
900	Tr=200 año	517.2	618.4	621.01	0.015095	4.15	132.21	92.56	1.05
900	Tr=500 año	578.6	618.4	621.14	0.014455	4.27	143.93	93.48	1.04
900	01/03/213	121	618.4	620.08	0.015826	2.52	49.66	79.5	0.94
875	Tr=2 años	159.6	618.49	619.55	0.029069	3.19	51.67	83	1.26
875	Tr=3 años	199.3	618.49	619.66	0.027283	3.42	60.44	83.96	1.25
875	Tr=5 años	244.3	618.49	619.76	0.026283	3.66	69.36	84.93	1.26
875	Tr=10 años	300.5	618.49	619.89	0.02482	3.9	80.31	86.11	1.25
875	Tr=20 años	353.5	618.49	619.99	0.024603	4.14	89.1	86.93	1.27
875	Tr=50 años	420.4	618.49	620.12	0.023664	4.38	100.47	87.92	1.27
875	Tr=100 año	469.4	618.49	620.21	0.023213	4.55	108.29	88.59	1.27
875	Tr=200 año	517.2	618.49	620.29	0.022755	4.69	115.79	89.22	1.27
875	Tr=500 año	578.6	618.49	620.4	0.022366	4.88	124.91	89.99	1.27
875	01/03/213	121	618.49	619.45	0.029945	2.9	42.99	81.2	1.25
850	Tr=2 años	159.6	617.71	618.89	0.024175	3.16	52	76.37	1.18
850	Tr=3 años	199.3	617.71	618.99	0.024279	3.45	59.74	77.77	1.21
850	Tr=5 años	244.3	617.71	619.1	0.024007	3.72	68.22	79.28	1.22
850	Tr=10 años	300.5	617.71	619.22	0.023689	4.01	78.17	81.02	1.24
850	Tr=20 años	353.5	617.71	619.33	0.023251	4.25	87.27	82.57	1.25
850	Tr=50 años	420.4	617.71	619.46	0.02289	4.52	98.07	84.38	1.26
850	Tr=100 año	469.4	617.71	619.55	0.022628	4.69	105.72	85.64	1.27
850	Tr=200 año	517.2	617.71	619.64	0.022414	4.86	112.94	86.81	1.27
850	Tr=500 año	578.6	617.71	619.74	0.022073	5.05	122.12	88.27	1.28
850	01/03/213	121	617.71	618.95	0.010841	2.22	56.23	77.14	0.8
825	Tr=2 años	159.6	617.77	618.65	0.017134	2.76	59.28	80.71	1
825	Tr=3 años	199.3	617.77	618.77	0.016107	2.96	69.45	81.98	0.99
825	Tr=5 años	244.3	617.77	618.9	0.015488	3.16	79.79	82.42	1
825	Tr=10 años	300.5	617.77	619.05	0.014905	3.39	91.81	82.93	1
825	Tr=20 años	353.5	617.77	619.18	0.014226	3.56	103.01	83.41	0.99


 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°9 SALIDA PROGRAMA HEC-RAS</b>						UNALM		
							Fecha:	Mar-21	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"						Maetria:	Ing. Recursos Hídricos		
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	9	Revisión :	0

825	Tr=50 años	420.4	617.77	619.33	0.013962	3.79	115.35	83.93	1
825	Tr=100 año	469.4	617.77	619.44	0.013469	3.91	124.89	84.33	1
825	Tr=200 año	517.2	617.77	619.54	0.013278	4.05	133.22	84.67	1
825	Tr=500 año	578.6	617.77	619.66	0.013084	4.21	143.49	85.1	1.01
825	01/03/213	121	617.77	618.52	0.018337	2.52	48.84	79.04	1
800	Tr=2 años	159.6	616.67	617.98	0.026115	3.21	50.94	73.43	1.22
800	Tr=3 años	199.3	616.67	618.09	0.025738	3.49	58.55	73.65	1.23
800	Tr=5 años	244.3	616.67	618.2	0.0248	3.74	67.01	73.89	1.24
800	Tr=10 años	300.5	616.67	618.34	0.023517	4	77.24	74.17	1.23
800	Tr=20 años	353.5	616.67	618.46	0.022594	4.21	86.32	74.43	1.23
800	Tr=50 años	420.4	616.67	618.62	0.021196	4.42	97.83	74.75	1.22
800	Tr=100 año	469.4	616.67	618.72	0.020499	4.57	105.71	74.96	1.21
800	Tr=200 año	517.2	616.67	618.83	0.019703	4.7	113.53	75.18	1.2
800	Tr=500 año	578.6	616.67	618.96	0.018772	4.84	123.41	75.45	1.19
800	01/03/213	121	616.67	617.87	0.0263	2.88	42.98	73.21	1.19
775	Tr=2 años	159.6	616.24	617.64	0.017901	2.79	57.83	74.61	1.02
775	Tr=3 años	199.3	616.24	617.76	0.017362	3.03	66.8	74.95	1.03
775	Tr=5 años	244.3	616.24	617.9	0.016308	3.23	77.07	75.34	1.02
775	Tr=10 años	300.5	616.24	618.04	0.015863	3.49	88.17	75.77	1.03
775	Tr=20 años	353.5	616.24	618.15	0.016288	3.76	96.58	76.08	1.06
775	Tr=50 años	420.4	616.24	618.34	0.014798	3.91	110.59	76.61	1.03
775	Tr=100 año	469.4	616.24	618.45	0.014451	4.06	119.18	76.93	1.03
775	Tr=200 año	517.2	616.24	618.5	0.015917	4.35	122.79	77.06	1.09
775	Tr=500 año	578.6	616.24	618.57	0.017254	4.66	128.33	77.27	1.14
775	01/03/213	121	616.24	617.5	0.019637	2.56	47.53	74.22	1.03
750	Tr=2 años	159.6	616.12	616.99	0.025897	3.15	51.36	73.94	1.21
750	Tr=3 años	199.3	616.12	617.1	0.025432	3.43	59.07	74.17	1.23
750	Tr=5 años	244.3	616.12	617.2	0.025857	3.74	66.49	74.39	1.26
750	Tr=10 años	300.5	616.12	617.33	0.025087	4.03	76.09	74.67	1.27
750	Tr=20 años	353.5	616.12	617.45	0.024015	4.25	85.11	74.94	1.27
750	Tr=50 años	420.4	616.12	617.57	0.024078	4.56	94.5	75.22	1.29
750	Tr=100 año	469.4	616.12	617.67	0.023635	4.73	101.64	75.43	1.29
750	Tr=200 año	517.2	616.12	617.77	0.022378	4.84	109.65	75.66	1.27
750	Tr=500 año	578.6	616.12	617.89	0.021614	5.01	118.68	75.92	1.27
750	01/03/213	121	616.12	616.89	0.024842	2.78	43.99	73.72	1.15
725	Tr=2 años	159.6	614.75	616.75	0.002336	1.63	101.42	68.32	0.42
725	Tr=3 años	199.3	614.75	616.92	0.00253	1.82	113.52	68.72	0.44
725	Tr=5 años	244.3	614.75	617.11	0.002698	2.01	126.22	69.13	0.46
725	Tr=10 años	300.5	614.75	617.32	0.002866	2.22	140.84	69.6	0.48
725	Tr=20 años	353.5	614.75	617.5	0.002987	2.4	153.79	70.01	0.5
725	Tr=50 años	420.4	614.75	617.72	0.003124	2.6	168.91	70.49	0.52
725	Tr=100 año	469.4	614.75	617.87	0.003203	2.74	179.52	70.83	0.53
725	Tr=200 año	517.2	614.75	618.01	0.003265	2.86	189.56	71.15	0.54
725	Tr=500 año	578.6	614.75	618.18	0.003345	3.01	201.79	71.53	0.55
725	01/03/213	121	614.75	616.55	0.002105	1.42	88.27	67.89	0.39
700	Tr=2 años	159.6	615.01	616.3	0.016691	2.93	55.98	67.12	1.01
700	Tr=3 años	199.3	615.01	616.44	0.015701	3.14	65.33	67.43	1
700	Tr=5 años	244.3	615.01	616.58	0.015117	3.36	74.86	67.75	1
700	Tr=10 años	300.5	615.01	616.74	0.014444	3.6	86.17	68.13	1
700	Tr=20 años	353.5	615.01	616.89	0.014167	3.81	95.76	68.45	1.01
700	Tr=50 años	420.4	615.01	617.07	0.013451	4.02	108.22	68.9	1
700	Tr=100 año	469.4	615.01	617.19	0.013163	4.17	116.59	69.23	1
700	Tr=200 año	517.2	615.01	617.3	0.013023	4.32	124.19	69.53	1.01
700	Tr=500 año	578.6	615.01	617.44	0.012638	4.47	134.33	69.94	1.01
700	01/03/213	121	615.01	616.16	0.017311	2.66	46.74	66.8	0.99
675	Tr=2 años	159.6	614.19	615.48	0.034893	3.58	45.33	68.83	1.39
675	Tr=3 años	199.3	614.19	615.57	0.034722	3.91	51.97	69.13	1.42
675	Tr=5 años	244.3	614.19	615.68	0.034041	4.21	59.19	69.46	1.44
675	Tr=10 años	300.5	614.19	615.8	0.032809	4.52	67.92	69.85	1.44
675	Tr=20 años	353.5	614.19	615.91	0.031828	4.78	75.71	70.19	1.45
675	Tr=50 años	420.4	614.19	616.05	0.030924	5.07	84.93	70.6	1.45
675	Tr=100 año	469.4	614.19	616.14	0.030126	5.26	91.61	70.9	1.45
675	Tr=200 año	517.2	614.19	616.23	0.029521	5.43	97.84	71.21	1.45
675	Tr=500 año	578.6	614.19	616.34	0.028816	5.63	105.62	71.62	1.45
675	01/03/213	121	614.19	615.37	0.035519	3.23	38.11	68.51	1.37
650	Tr=2 años	159.6	614.39	615.29	0.017051	2.83	57.68	73.69	1.01
650	Tr=3 años	199.3	614.39	615.41	0.016279	3.05	67.01	74.19	1.01
650	Tr=5 años	244.3	614.39	615.55	0.015559	3.26	76.97	74.72	1.01
650	Tr=10 años	300.5	614.39	615.7	0.014861	3.49	88.65	75.34	1.01
650	Tr=20 años	353.5	614.39	615.84	0.014176	3.66	99.41	75.9	1
650	Tr=50 años	420.4	614.39	616.01	0.013686	3.88	111.84	76.55	1
650	Tr=100 año	469.4	614.39	616.12	0.013316	4.02	120.75	77.01	1
650	Tr=200 año	517.2	614.39	616.23	0.013158	4.16	128.69	77.4	1
650	Tr=500 año	578.6	614.39	616.33	0.013435	4.38	137.07	77.79	1.03


 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°9 SALIDA PROGRAMA HEC-RAS</b>						UNALM		
							Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"						Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	9	Revisión :	0

650	01/03/213	121	614.39	615.15	0.018001	2.58	47.92	73.21	1
625	Tr=2 años	159.6	613.87	614.8	0.018846	2.95	55.24	72.87	1.05
625	Tr=3 años	199.3	613.87	614.9	0.019153	3.23	63.02	73.12	1.09
625	Tr=5 años	244.3	613.87	615.01	0.019379	3.51	71.16	73.38	1.11
625	Tr=10 años	300.5	613.87	615.15	0.019234	3.8	80.99	73.7	1.13
625	Tr=20 años	353.5	613.87	615.26	0.019246	4.05	89.46	73.97	1.15
625	Tr=50 años	420.4	613.87	615.41	0.018872	4.31	100.1	74.29	1.16
625	Tr=100 años	469.4	613.87	615.51	0.018591	4.48	107.61	74.51	1.17
625	Tr=200 años	517.2	613.87	615.96	0.00919	3.76	141.87	75.53	0.86
625	Tr=500 años	578.6	613.87	616.29	0.006807	3.59	166.78	76.26	0.76
625	01/03/213	121	613.87	614.68	0.018412	2.63	46.88	71.79	1.02
600.01	Tr=2 años	159.6	613.2	614.59	0.008114	2.34	69.05	66.94	0.72
600.01	Tr=3 años	199.3	613.2	614.76	0.007565	2.5	80.82	67.59	0.72
600.01	Tr=5 años	244.3	613.2	614.95	0.007071	2.65	93.51	68.28	0.71
600.01	Tr=10 años	300.5	613.2	615.16	0.006651	2.83	108.28	69.07	0.7
600.01	Tr=20 años	353.5	613.2	615.36	0.006313	2.96	121.69	69.78	0.7
600.01	Tr=50 años	420.4	613.2	615.58	0.006031	3.13	137.46	70.61	0.7
600.01	Tr=100 años	469.4	613.2	615.74	0.005866	3.24	148.53	71.18	0.7
600.01	Tr=200 años	517.2	613.2	615.88	0.005718	3.34	159.06	71.68	0.69
600.01	Tr=500 años	578.6	613.2	616.24	0.004465	3.24	184.4	72.85	0.63
600.01	01/03/213	121	613.2	614.4	0.008867	2.15	56.73	66.26	0.73
588.03	Tr=2 años	159.6	613.06	614.56	0.000935	2.33	69.36	65.07	0.71
588.03	Tr=3 años	199.3	613.06	614.74	0.000892	2.51	80.65	65.7	0.71
588.03	Tr=5 años	244.3	613.06	614.92	0.000851	2.68	92.77	66.38	0.71
588.03	Tr=10 años	300.5	613.06	615.13	0.000815	2.87	106.85	67.17	0.71
588.03	Tr=20 años	353.5	613.06	615.32	0.000787	3.03	119.44	67.86	0.71
588.03	Tr=50 años	420.4	613.06	615.54	0.00076	3.21	134.51	68.67	0.71
588.03	Tr=100 años	469.4	613.06	615.69	0.000743	3.32	145.09	69.24	0.71
588.03	Tr=200 años	517.2	613.06	615.84	0.000728	3.43	155.16	69.78	0.71
588.03	Tr=500 años	578.6	613.06	616.2	0.00056	3.31	180.77	71.13	0.64
588.03	01/03/213	121	613.06	614.38	0.000993	2.13	57.47	64.41	0.71
588		Bridge							
584.83	Tr=2 años	159.6	613	614.22	0.00277	3.26	50.08	65.43	1.16
584.83	Tr=3 años	199.3	613	614.35	0.002621	3.49	58.4	65.83	1.15
584.83	Tr=5 años	244.3	613	614.48	0.00249	3.72	67.24	66.24	1.15
584.83	Tr=10 años	300.5	613	614.63	0.002387	3.98	77.38	66.75	1.15
584.83	Tr=20 años	353.5	613	614.77	0.0023	4.19	86.52	67.22	1.15
584.83	Tr=50 años	420.4	613	614.93	0.002201	4.43	97.63	67.8	1.15
584.83	Tr=100 años	469.4	613	615.05	0.002141	4.58	105.41	68.2	1.14
584.83	Tr=200 años	517.2	613	615.15	0.002101	4.73	112.61	68.57	1.15
584.83	Tr=500 años	578.6	613	615.2	0.002403	5.15	115.8	68.73	1.23
584.83	01/03/213	121	613	614.09	0.002838	2.94	41.92	65.04	1.14
582.16	Tr=2 años	159.6	612.97	614.26	0.015937	2.91	56.29	66.93	0.99
582.16	Tr=3 años	199.3	612.97	614.39	0.015576	3.15	65.01	67.31	1
582.16	Tr=5 años	244.3	612.97	614.53	0.015165	3.39	74.32	67.72	1.01
582.16	Tr=10 años	300.5	612.97	614.68	0.014842	3.65	85.02	68.18	1.02
582.16	Tr=20 años	353.5	612.97	614.82	0.014543	3.86	94.59	68.59	1.02
582.16	Tr=50 años	420.4	612.97	614.99	0.014175	4.1	106.13	69.08	1.03
582.16	Tr=100 años	469.4	612.97	615.11	0.013949	4.26	114.2	69.42	1.03
582.16	Tr=200 años	517.2	612.97	615.21	0.013804	4.41	121.67	69.73	1.04
582.16	Tr=500 años	578.6	612.97	615.28	0.015208	4.75	126.58	69.94	1.1
582.16	01/03/213	121	612.97	614.01	0.027957	3.1	39.86	66.31	1.24
570.46	Tr=2 años	159.6	612.68	613.69	0.036675	3.73	43.82	66.09	1.44
570.46	Tr=3 años	199.3	612.68	613.8	0.034563	4	51.13	66.57	1.43
570.46	Tr=5 años	244.3	612.68	613.92	0.032496	4.25	59.03	67.08	1.42
570.46	Tr=10 años	300.5	612.68	614.06	0.030459	4.52	68.4	67.68	1.4
570.46	Tr=20 años	353.5	612.68	614.18	0.028944	4.75	76.8	68.22	1.39
570.46	Tr=50 años	420.4	612.68	614.33	0.027439	5	86.91	68.86	1.39
570.46	Tr=100 años	469.4	612.68	614.43	0.026516	5.17	94.05	69.31	1.38
570.46	Tr=200 años	517.2	612.68	614.53	0.025731	5.32	100.82	69.73	1.37
570.46	Tr=500 años	578.6	612.68	614.65	0.024998	5.51	109.08	70.21	1.37
570.46	01/03/213	121	612.68	613.6	0.033831	3.27	37.93	65.7	1.35
550	Tr=2 años	159.6	612.32	613.57	0.016631	2.96	55.9	65.86	1.01
550	Tr=3 años	199.3	612.32	613.7	0.016195	3.2	64.61	66.46	1.02
550	Tr=5 años	244.3	612.32	613.85	0.015109	3.4	74.85	67.15	1.01
550	Tr=10 años	300.5	612.32	614.02	0.014543	3.64	86.11	67.9	1.01
550	Tr=20 años	353.5	612.32	614.17	0.014097	3.85	96.17	68.57	1.01
550	Tr=50 años	420.4	612.32	614.35	0.013443	4.06	108.75	69.39	1.01
550	Tr=100 años	469.4	612.32	614.47	0.013183	4.22	117.22	69.94	1.01
550	Tr=200 años	517.2	612.32	614.59	0.012906	4.35	125.4	70.47	1.01
550	Tr=500 años	578.6	612.32	614.72	0.012826	4.54	134.81	71.07	1.02
550	01/03/213	121	612.32	613.42	0.017983	2.71	46.05	65.18	1.01




 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°9 SALIDA PROGRAMA HEC-RAS</b>						UNALM		
							Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"						Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	9	Revisión :	0

525	Tr=2 años	159.6	611.32	612.43	0.047631	4.15	38.97	59.7	1.63
525	Tr=3 años	199.3	611.32	612.54	0.043884	4.43	45.74	60.06	1.6
525	Tr=5 años	244.3	611.32	612.65	0.041369	4.71	52.72	60.38	1.59
525	Tr=10 años	300.5	611.32	612.8	0.038029	4.99	61.37	60.77	1.56
525	Tr=20 años	353.5	611.32	612.93	0.035452	5.21	69.25	61.13	1.54
525	Tr=50 años	420.4	611.32	613.08	0.032955	5.46	78.74	61.52	1.52
525	Tr=100 años	469.4	611.32	613.19	0.031313	5.61	85.57	61.73	1.5
525	Tr=200 años	517.2	611.32	613.3	0.029904	5.75	92.1	61.94	1.48
525	Tr=500 años	578.6	611.32	613.43	0.028156	5.91	100.51	62.2	1.46
525	01/03/213	121	611.32	612.31	0.050544	3.78	32.35	59.3	1.62
500	Tr=2 años	159.6	611.14	612.7	0.006687	2.39	69.6	58.24	0.68
500	Tr=3 años	199.3	611.14	612.89	0.006511	2.58	80.52	58.76	0.68
500	Tr=5 años	244.3	611.14	613.09	0.00633	2.77	92.16	59.3	0.69
500	Tr=10 años	300.5	611.14	613.31	0.006325	3.01	105.72	66.59	0.7
500	Tr=20 años	353.5	611.14	613.49	0.006324	3.2	118.76	77.45	0.71
500	Tr=50 años	420.4	611.14	613.67	0.006584	3.46	133.64	85.48	0.74
500	Tr=100 años	469.4	611.14	613.8	0.006667	3.62	144.92	89.87	0.75
500	Tr=200 años	517.2	611.14	613.93	0.006624	3.73	156.57	92.62	0.76
500	Tr=500 años	578.6	611.14	614.08	0.006568	3.87	171.22	95.97	0.76
500	01/03/213	121	611.14	612.51	0.006843	2.16	58.25	57.7	0.67
475	Tr=2 años	159.6	610.83	612.22	0.015565	3.13	51.5	51.92	1
475	Tr=3 años	199.3	610.83	612.38	0.014852	3.38	59.8	52.25	1
475	Tr=5 años	244.3	610.83	612.55	0.014137	3.61	68.73	52.61	0.99
475	Tr=10 años	300.5	610.83	612.75	0.013216	3.84	80.05	58.65	0.99
475	Tr=20 años	353.5	610.83	612.96	0.01187	3.95	93.09	69.23	0.95
475	Tr=50 años	420.4	610.83	613.23	0.010138	4.01	113.27	80.75	0.9
475	Tr=100 años	469.4	610.83	613.37	0.009697	4.11	125.44	83.51	0.89
475	Tr=200 años	517.2	610.83	613.5	0.009505	4.23	136.14	86.22	0.89
475	Tr=500 años	578.6	610.83	613.65	0.009285	4.37	149.65	89.6	0.89
475	01/03/213	121	610.83	612.05	0.01657	2.86	42.71	51.57	1
450	Tr=2 años	159.6	610.43	611.45	0.026605	3.83	42.21	47.81	1.28
450	Tr=3 años	199.3	610.43	611.59	0.025276	4.11	49.14	48.25	1.28
450	Tr=5 años	244.3	610.43	611.75	0.024019	4.39	56.58	48.73	1.28
450	Tr=10 años	300.5	610.43	611.93	0.022741	4.69	65.37	49.19	1.27
450	Tr=20 años	353.5	610.43	612.09	0.021643	4.92	73.39	49.6	1.26
450	Tr=50 años	420.4	610.43	612.3	0.019875	5.13	84.01	54.35	1.24
450	Tr=100 años	469.4	610.43	612.47	0.018171	5.21	94.02	65.71	1.2
450	Tr=200 años	517.2	610.43	612.64	0.016445	5.25	106.05	72.84	1.16
450	Tr=500 años	578.6	610.43	612.8	0.015592	5.37	118.15	76.56	1.14
450	01/03/213	121	610.43	611.6	0.0093	2.5	49.17	48.25	0.78
425	Tr=2 años	159.6	610.05	611.34	0.015359	3.17	51.25	51.26	0.99
425	Tr=3 años	199.3	610.05	611.5	0.014803	3.42	59.42	51.74	1
425	Tr=5 años	244.3	610.05	611.68	0.014007	3.65	68.53	52.27	1
425	Tr=10 años	300.5	610.05	611.87	0.013507	3.91	78.78	52.86	1
425	Tr=20 años	353.5	610.05	612.09	0.011903	4.01	92.07	66.26	0.96
425	Tr=50 años	420.4	610.05	612.33	0.010789	4.15	108.95	75.76	0.93
425	Tr=100 años	469.4	610.05	612.49	0.010255	4.25	121.21	81.84	0.92
425	Tr=200 años	517.2	610.05	612.46	0.012972	4.75	119.27	81.18	1.03
425	Tr=500 años	578.6	610.05	612.54	0.014271	5.1	125.48	83.27	1.09
425	01/03/213	121	610.05	611.17	0.016589	2.91	42.23	50.73	1
400	Tr=2 años	159.6	609.43	610.57	0.031573	3.93	43.7	59.06	1.37
400	Tr=3 años	199.3	609.43	610.68	0.032171	4.3	49.99	59.88	1.42
400	Tr=5 años	244.3	609.43	610.78	0.032939	4.67	56.45	60.71	1.46
400	Tr=10 años	300.5	609.43	610.92	0.03281	5.05	64.47	61.73	1.48
400	Tr=20 años	353.5	609.43	611.02	0.033612	5.4	70.95	62.54	1.52
400	Tr=50 años	420.4	609.43	611.16	0.032843	5.73	79.97	64.43	1.53
400	Tr=100 años	469.4	609.43	611.27	0.031816	5.92	86.85	65.92	1.53
400	Tr=200 años	517.2	609.43	611.39	0.029654	6	94.76	67.58	1.49
400	Tr=500 años	578.6	609.43	611.51	0.028592	6.19	103.28	68.97	1.48
400	01/03/213	121	609.43	610.46	0.029924	3.49	37.31	58.21	1.31
375	Tr=2 años	159.6	608.86	610.11	0.020706	3.11	52.75	67.99	1.11
375	Tr=3 años	199.3	608.86	610.21	0.022009	3.46	59.34	68.55	1.16
375	Tr=5 años	244.3	608.86	610.31	0.023405	3.82	66.01	69.11	1.22
375	Tr=10 años	300.5	608.86	610.41	0.025041	4.23	73.47	69.74	1.28
375	Tr=20 años	353.5	608.86	610.51	0.026212	4.57	80.11	70.29	1.33
375	Tr=50 años	420.4	608.86	610.61	0.027873	4.98	87.53	70.9	1.39
375	Tr=100 años	469.4	608.86	610.68	0.029056	5.27	92.55	71.31	1.43
375	Tr=200 años	517.2	608.86	610.75	0.03003	5.53	97.32	71.7	1.47
375	Tr=500 años	578.6	608.86	610.84	0.030651	5.81	103.73	72.22	1.5
375	01/03/213	121	608.86	610	0.01969	2.75	45.23	67.34	1.05
350	Tr=2 años	159.6	608.58	609.44	0.028863	3.3	49.54	72.12	1.27
350	Tr=3 años	199.3	608.58	609.55	0.027977	3.58	57.24	72.46	1.28
350	Tr=5 años	244.3	608.58	609.66	0.027368	3.86	65.22	72.82	1.3
350	Tr=10 años	300.5	608.58	609.78	0.02702	4.18	74.29	73.22	1.32


 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°9 SALIDA PROGRAMA HEC-RAS</b>						UNALM			
							Fecha:	Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"						Maetria:		Ing. Recursos Hídricos		
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	9		Revisión :	0

350	Tr=20 años	353.5	608.58	609.9	0.026474	4.43	82.56	73.59	1.33
350	Tr=50 años	420.4	608.58	610.02	0.026274	4.74	92.02	74.01	1.35
350	Tr=100 años	469.4	608.58	610.11	0.026199	4.95	98.54	74.3	1.36
350	Tr=200 años	517.2	608.58	610.19	0.026429	5.16	104.31	74.56	1.38
350	Tr=500 años	578.6	608.58	610.28	0.026859	5.43	111.21	74.86	1.4
350	01/03/213	121	608.58	609.33	0.029733	2.97	41.51	71.76	1.25
325	Tr=2 años	159.6	607.63	608.73	0.027732	3.35	50.81	79.13	1.26
325	Tr=3 años	199.3	607.63	608.82	0.028633	3.67	57.82	79.47	1.3
325	Tr=5 años	244.3	607.63	608.91	0.029332	4	65.16	79.82	1.34
325	Tr=10 años	300.5	607.63	609.01	0.029986	4.35	73.61	80.23	1.38
325	Tr=20 años	353.5	607.63	609.11	0.030408	4.64	81.07	80.59	1.41
325	Tr=50 años	420.4	607.63	609.22	0.030769	4.98	89.95	81.01	1.44
325	Tr=100 años	469.4	607.63	609.29	0.030966	5.2	96.14	81.32	1.46
325	Tr=200 años	517.2	607.63	609.36	0.031103	5.4	101.97	81.6	1.48
325	Tr=500 años	578.6	607.63	609.45	0.031358	5.65	109.05	81.95	1.5
325	01/03/213	121	607.63	608.63	0.026658	2.99	43.2	78.75	1.2
300	Tr=2 años	159.6	606.75	608.71	0.004025	1.99	87.54	69.93	0.53
300	Tr=3 años	199.3	606.75	608.91	0.003887	2.14	101.77	70.76	0.54
300	Tr=5 años	244.3	606.75	609.1	0.003954	2.32	115.07	71.53	0.55
300	Tr=10 años	300.5	606.75	609.31	0.004025	2.53	130.38	72.41	0.57
300	Tr=20 años	353.5	606.75	609.49	0.004105	2.7	143.59	73.19	0.58
300	Tr=50 años	420.4	606.75	609.7	0.004186	2.9	159.28	74.14	0.6
300	Tr=100 años	469.4	606.75	609.85	0.004224	3.03	170.37	74.8	0.6
300	Tr=200 años	517.2	606.75	609.99	0.004275	3.16	180.53	75.4	0.61
300	Tr=500 años	578.6	606.75	610.15	0.004333	3.31	193.11	76.14	0.62
300	01/03/213	121	606.75	608.48	0.004321	1.84	71.91	68.94	0.54
275	Tr=2 años	159.6	606.37	608.18	0.013663	3.18	52.11	57.13	0.95
275	Tr=3 años	199.3	606.37	608.37	0.01239	3.35	63.56	65.36	0.93
275	Tr=5 años	244.3	606.37	608.56	0.011238	3.49	76.6	68.59	0.9
275	Tr=10 años	300.5	606.37	608.75	0.010912	3.71	89.62	69.87	0.91
275	Tr=20 años	353.5	606.37	608.91	0.010576	3.89	101.4	70.94	0.91
275	Tr=50 años	420.4	606.37	609.09	0.010507	4.12	114.3	71.68	0.92
275	Tr=100 años	469.4	606.37	609.21	0.010611	4.3	122.68	72.15	0.93
275	Tr=200 años	517.2	606.37	609.33	0.010496	4.43	131.36	72.64	0.93
275	Tr=500 años	578.6	606.37	609.48	0.010353	4.59	142.16	73.24	0.94
275	01/03/213	121	606.37	607.97	0.015783	2.98	40.96	49.2	0.98
250	Tr=2 años	159.6	605.63	607.28	0.030602	4.15	39.01	47.34	1.37
250	Tr=3 años	199.3	605.63	607.43	0.028881	4.44	46.27	51.56	1.36
250	Tr=5 años	244.3	605.63	607.59	0.026707	4.68	54.89	56.17	1.34
250	Tr=10 años	300.5	605.63	607.78	0.024271	4.91	66.01	61.61	1.31
250	Tr=20 años	353.5	605.63	607.94	0.022733	5.1	76.24	66.22	1.29
250	Tr=50 años	420.4	605.63	608.12	0.021422	5.32	88.76	71.45	1.28
250	Tr=100 años	469.4	605.63	608.23	0.021002	5.48	96.73	71.92	1.28
250	Tr=200 años	517.2	605.63	608.33	0.020758	5.64	103.98	72.29	1.28
250	Tr=500 años	578.6	605.63	608.46	0.02048	5.84	112.92	72.74	1.28
250	01/03/213	121	605.63	607.13	0.031668	3.76	32.25	43.03	1.35
225	Tr=2 años	159.6	605.15	607.3	0.006281	2.58	68.38	63.52	0.67
225	Tr=3 años	199.3	605.15	607.41	0.007636	2.98	75.74	72.33	0.75
225	Tr=5 años	244.3	605.15	607.23	0.017403	4.17	64.24	61.57	1.11
225	Tr=10 años	300.5	605.15	607.4	0.017925	4.55	74.82	72.29	1.15
225	Tr=20 años	353.5	605.15	607.5	0.019353	4.92	82.14	72.62	1.21
225	Tr=50 años	420.4	605.15	607.62	0.020587	5.32	91.13	73.03	1.26
225	Tr=100 años	469.4	605.15	607.72	0.020767	5.53	98.26	73.35	1.27
225	Tr=200 años	517.2	605.15	607.81	0.020966	5.73	104.83	73.65	1.29
225	Tr=500 años	578.6	605.15	607.92	0.020897	5.94	113.42	74.03	1.3
225	01/03/213	121	605.15	607.16	0.005175	2.2	59.83	59.41	0.6
200	Tr=2 años	159.6	604.84	606.99	0.013602	3.03	61.23	73.38	0.93
200	Tr=3 años	199.3	604.84	607.12	0.013678	3.28	70.5	73.65	0.95
200	Tr=5 años	244.3	604.84	607.26	0.013396	3.49	80.79	73.95	0.96
200	Tr=10 años	300.5	604.84	607.41	0.013363	3.74	92.16	74.27	0.98
200	Tr=20 años	353.5	604.84	607.55	0.013352	3.96	102.11	74.57	0.99
200	Tr=50 años	420.4	604.84	607.7	0.013462	4.22	113.55	74.92	1.01
200	Tr=100 años	469.4	604.84	607.83	0.013078	4.36	123.03	75.8	1.01
200	Tr=200 años	517.2	604.84	607.94	0.012914	4.5	131.47	76.53	1.01
200	Tr=500 años	578.6	604.84	608.08	0.012647	4.65	142.27	77.44	1.01
200	01/03/213	121	604.84	606.86	0.013309	2.75	51.45	73.09	0.9
175	Tr=2 años	159.6	604.37	605.97	0.033003	4.42	43.77	73.81	1.43
175	Tr=3 años	199.3	604.37	606.08	0.032353	4.7	51.78	74.11	1.44
175	Tr=5 años	244.3	604.37	606.19	0.031964	4.98	59.9	74.42	1.46
175	Tr=10 años	300.5	604.37	606.32	0.031288	5.27	69.4	74.77	1.47
175	Tr=20 años	353.5	604.37	606.43	0.03069	5.51	77.78	75.08	1.47
175	Tr=50 años	420.4	604.37	606.56	0.029876	5.78	87.88	75.44	1.48
175	Tr=100 años	469.4	604.37	606.65	0.029672	5.97	94.6	75.69	1.48
175	Tr=200 años	517.2	604.37	606.74	0.029238	6.14	101.18	75.92	1.49



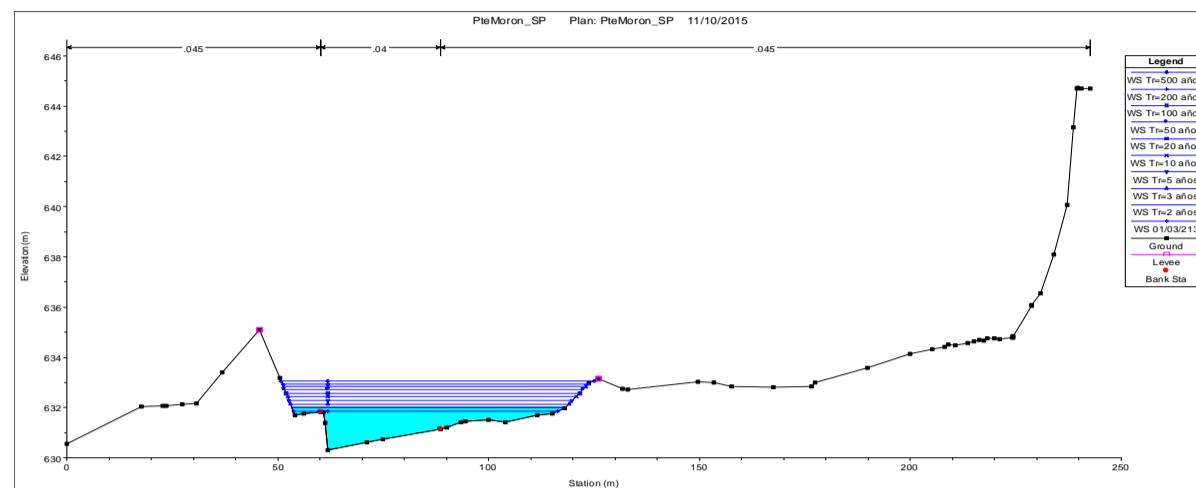
 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°9 SALIDA PROGRAMA HEC-RAS</b>						UNALM			
							Fecha:	Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"						Maetria:		Ing. Recursos Hídricos		
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	9		Revisión :	0

175	Tr=500 años	578.6	604.37	606.84	0.028843	6.34	109.2	76.21	1.49
175	01/03/213	121	604.37	605.85	0.034337	4.12	34.71	71.87	1.43
150	Tr=2 años	159.6	604.11	605.85	0.005512	2.43	81.96	75.63	0.63
150	Tr=3 años	199.3	604.11	606.09	0.004606	2.45	100.25	76.38	0.59
150	Tr=5 años	244.3	604.11	606.18	0.005685	2.81	106.76	76.65	0.66
150	Tr=10 años	300.5	604.11	606.36	0.005849	3.03	120.74	77.23	0.68
150	Tr=20 años	353.5	604.11	606.52	0.005963	3.22	133.06	77.74	0.7
150	Tr=50 años	420.4	604.11	606.7	0.006102	3.44	147.45	78.33	0.72
150	Tr=100 años	469.4	604.11	606.83	0.006204	3.59	157.37	78.84	0.73
150	Tr=200 años	517.2	604.11	606.94	0.006397	3.76	166.27	80	0.74
150	Tr=500 años	578.6	604.11	607.08	0.006625	3.96	177.25	81.41	0.76
150	01/03/213	121	604.11	605.65	0.005897	2.28	66.83	75	0.64
125	Tr=2 años	159.6	603.77	605.76	0.004543	2.23	90.15	78.74	0.57
125	Tr=3 años	199.3	603.77	606.03	0.003658	2.22	111.15	79.75	0.53
125	Tr=5 años	244.3	603.77	606.09	0.004816	2.61	115.89	79.97	0.61
125	Tr=10 años	300.5	603.77	606.27	0.00502	2.83	130.35	80.65	0.63
125	Tr=20 años	353.5	603.77	606.42	0.005213	3.03	143.08	81.87	0.65
125	Tr=50 años	420.4	603.77	606.6	0.005458	3.27	158.14	83.79	0.68
125	Tr=100 años	469.4	603.77	606.73	0.005598	3.43	168.78	85.12	0.69
125	Tr=200 años	517.2	603.77	606.84	0.005756	3.58	178.44	86.31	0.71
125	Tr=500 años	578.6	603.77	606.98	0.00594	3.76	190.39	87.76	0.72
125	01/03/213	121	603.77	605.55	0.004982	2.11	73.34	77.93	0.59
100	Tr=2 años	159.6	603.37	605.26	0.01289	3.41	57.91	72.64	0.94
100	Tr=3 años	199.3	603.37	605.29	0.018413	4.14	60.17	75.31	1.13
100	Tr=5 años	244.3	603.37	605.65	0.010407	3.63	88.75	82.13	0.88
100	Tr=10 años	300.5	603.37	605.79	0.010933	3.92	100.36	82.67	0.92
100	Tr=20 años	353.5	603.37	605.92	0.011228	4.15	110.97	83.6	0.94
100	Tr=50 años	420.4	603.37	606.08	0.011298	4.39	124.56	85.26	0.95
100	Tr=100 años	469.4	603.37	606.18	0.011489	4.56	133.46	86.33	0.97
100	Tr=200 años	517.2	603.37	606.29	0.011375	4.69	142.99	87.47	0.97
100	Tr=500 años	578.6	603.37	606.43	0.011229	4.83	154.93	88.87	0.98
100	01/03/213	121	603.37	605.03	0.014976	3.24	43.54	53.67	0.98
75	Tr=2 años	159.6	602.96	603.88	0.112365	4.25	34.97	77.22	2.25
75	Tr=3 años	199.3	602.96	603.99	0.086904	4.44	43.3	77.63	2.07
75	Tr=5 años	244.3	602.96	604.03	0.103658	5.12	46.45	77.79	2.29
75	Tr=10 años	300.5	602.96	604.14	0.0892	5.42	55.15	78.22	2.19
75	Tr=20 años	353.5	602.96	604.24	0.079881	5.66	62.97	78.61	2.13
75	Tr=50 años	420.4	602.96	604.36	0.071818	5.94	72.31	79.07	2.07
75	Tr=100 años	469.4	602.96	604.45	0.066836	6.11	79.06	79.4	2.03
75	Tr=200 años	517.2	602.96	604.53	0.063236	6.28	85.33	79.7	2
75	Tr=500 años	578.6	602.96	604.62	0.059274	6.47	93.23	80.09	1.97
75	01/03/213	121	602.96	603.81	0.09749	4.44	29.74	69.35	2.15
50	Tr=2 años	159.6	602.62	603.66	0.015314	3.02	63.07	78.63	0.98
50	Tr=3 años	199.3	602.62	603.78	0.015232	3.26	72.52	79.12	1
50	Tr=5 años	244.3	602.62	603.9	0.01515	3.49	82.42	79.64	1.01
50	Tr=10 años	300.5	602.62	604.05	0.015087	3.76	93.84	80.23	1.03
50	Tr=20 años	353.5	602.62	604.17	0.015059	3.98	103.86	80.74	1.04
50	Tr=50 años	420.4	602.62	604.26	0.017252	4.42	110.88	81.1	1.13
50	Tr=100 años	469.4	602.62	604.34	0.017798	4.65	117.61	81.44	1.16
50	Tr=200 años	517.2	602.62	604.42	0.018353	4.86	123.74	81.75	1.18
50	Tr=500 años	578.6	602.62	604.51	0.018983	5.12	131.36	82.22	1.21
50	01/03/213	121	602.62	603.53	0.015428	2.76	52.97	78.1	0.96
25	Tr=2 años	159.6	602.44	603.37	0.012014	2.57	68.46	79.52	0.86
25	Tr=3 años	199.3	602.44	603.5	0.011941	2.8	78.59	80.05	0.88
25	Tr=5 años	244.3	602.44	603.62	0.012073	3.04	88.75	80.59	0.9
25	Tr=10 años	300.5	602.44	603.76	0.012443	3.32	99.9	81.2	0.93
25	Tr=20 años	353.5	602.44	603.88	0.012833	3.57	109.44	81.81	0.96
25	Tr=50 años	420.4	602.44	604.01	0.01351	3.88	119.97	82.48	1
25	Tr=100 años	469.4	602.44	604.09	0.013999	4.1	127.09	82.94	1.02
25	Tr=200 años	517.2	602.44	604.17	0.014632	4.31	133.18	83.32	1.05
25	Tr=500 años	578.6	602.44	604.28	0.014695	4.51	142.67	83.92	1.07
25	01/03/213	121	602.44	603.23	0.012027	2.32	57.78	78.96	0.84
0	Tr=2 años	159.6	602.14	602.92	0.018003	2.74	60.18	79.94	1.02
0	Tr=3 años	199.3	602.14	603.03	0.018028	3.01	68.91	80.5	1.04
0	Tr=5 años	244.3	602.14	603.15	0.017566	3.25	78.85	81.54	1.05
0	Tr=10 años	300.5	602.14	603.3	0.016731	3.49	91.11	82.81	1.05
0	Tr=20 años	353.5	602.14	603.43	0.016113	3.69	102.09	83.93	1.05
0	Tr=50 años	420.4	602.14	603.59	0.015436	3.91	115.42	85.26	1.05
0	Tr=100 años	469.4	602.14	603.7	0.014989	4.05	124.92	86.2	1.05
0	Tr=200 años	517.2	602.14	603.8	0.014673	4.18	133.81	87.19	1.05
0	Tr=500 años	578.6	602.14	603.9	0.015105	4.41	142.47	88.17	1.07
0	01/03/213	121	602.14	602.8	0.018007	2.45	50.84	79.4	0.99

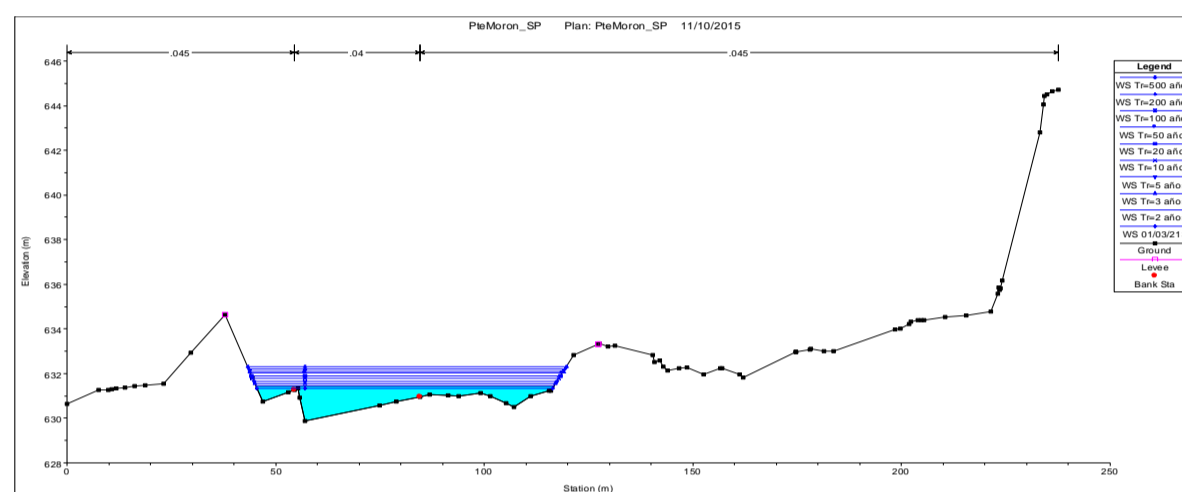
 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA	<b>Anexo N°9 SALIDA PROGRAMA HEC-RAS</b>			UNALM
				Fecha: Mar-21
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por: SPVB	Revisado por: TOVB	Emitido para: Tesis	Anexo: 9	Revisión: 0

## 2. SALIDA DEL PROGRAMA HEC-RAS (SECCIONES TRANSVERSALES)

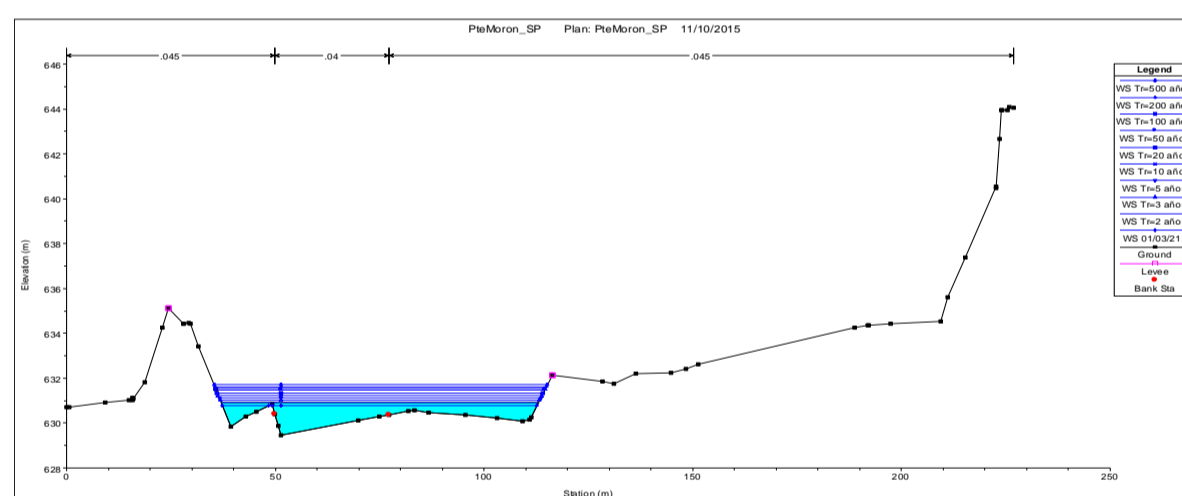
SECCION 1+525



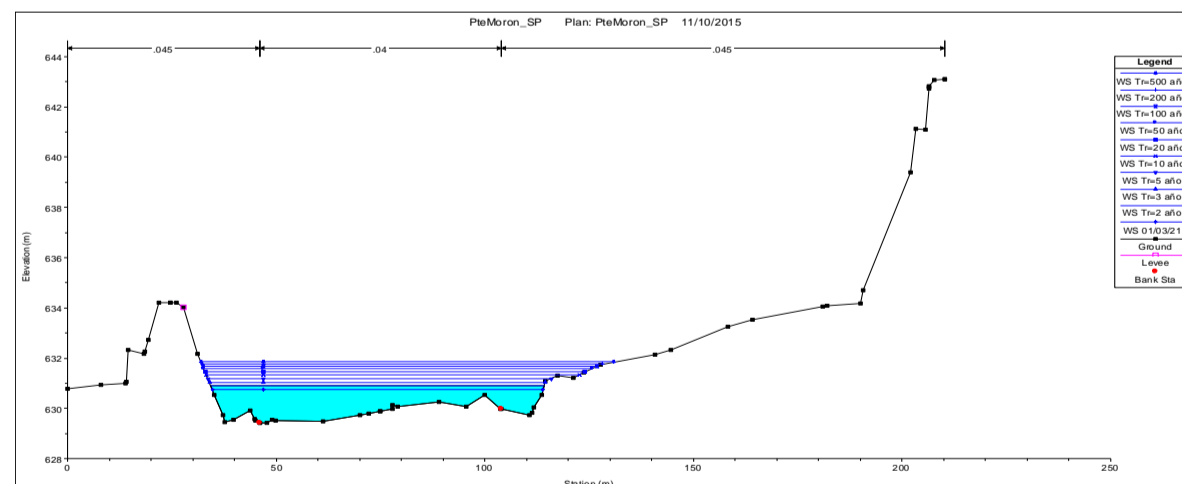
SECCION 1+500



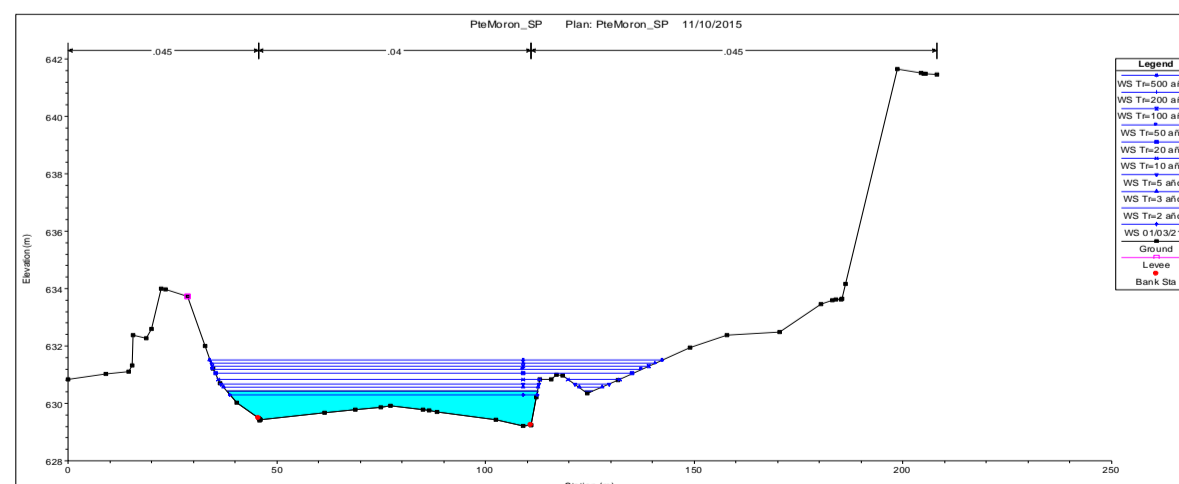
SECCION 1+475



SECCION 1+450

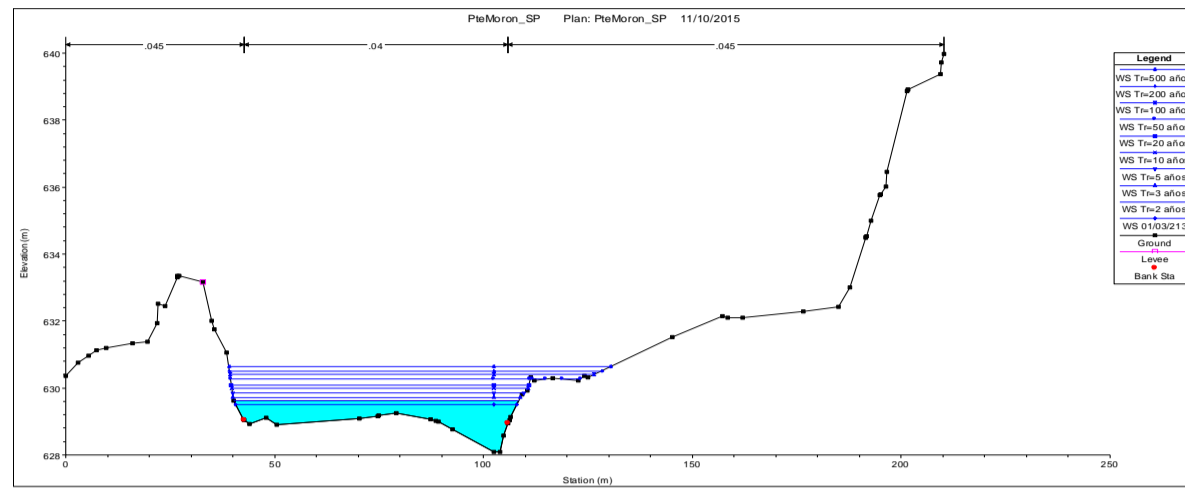


SECCION 1+425

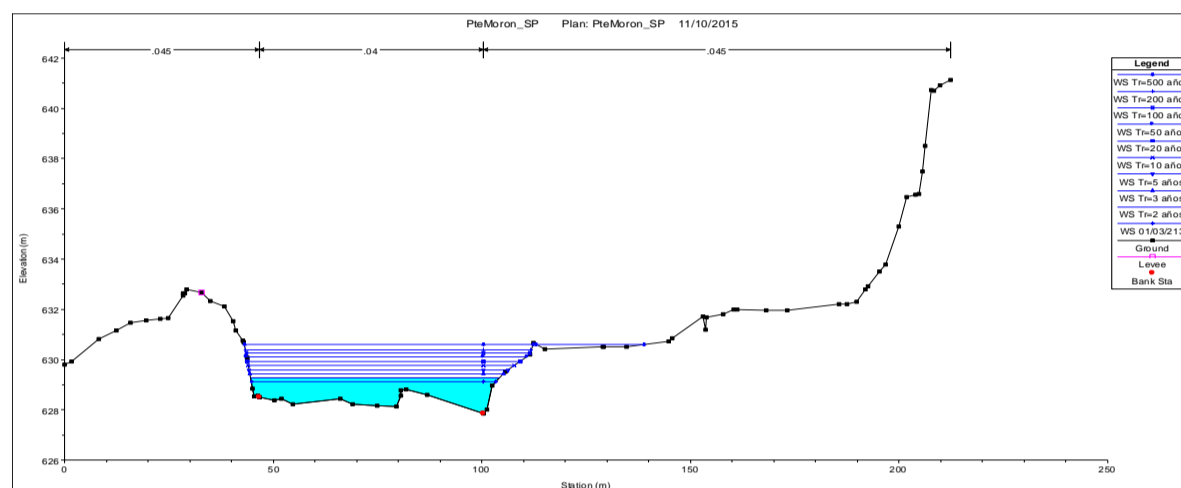




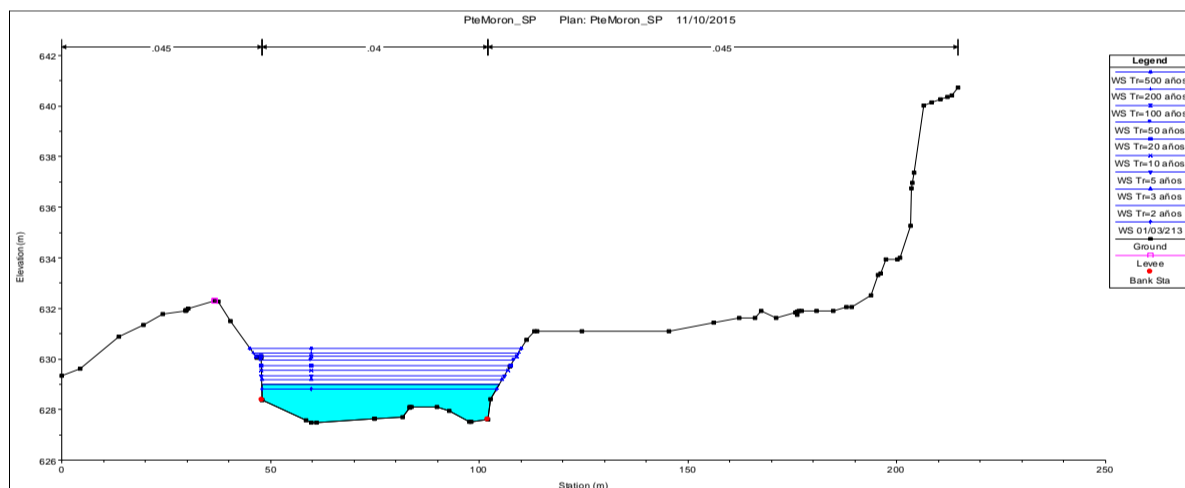
SECCION 1+400



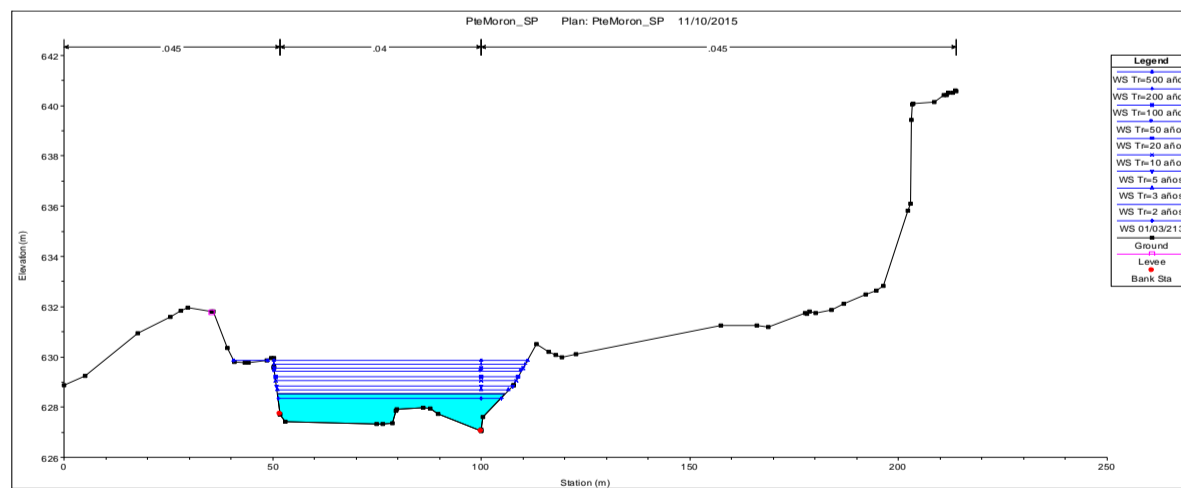
SECCION 1+375



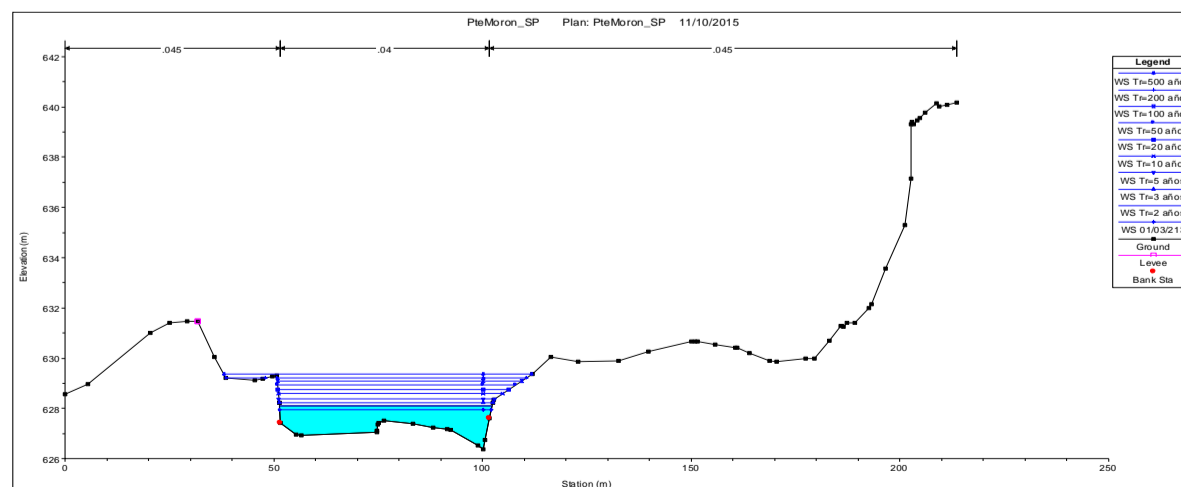
SECCION 1+350



SECCION 1+325

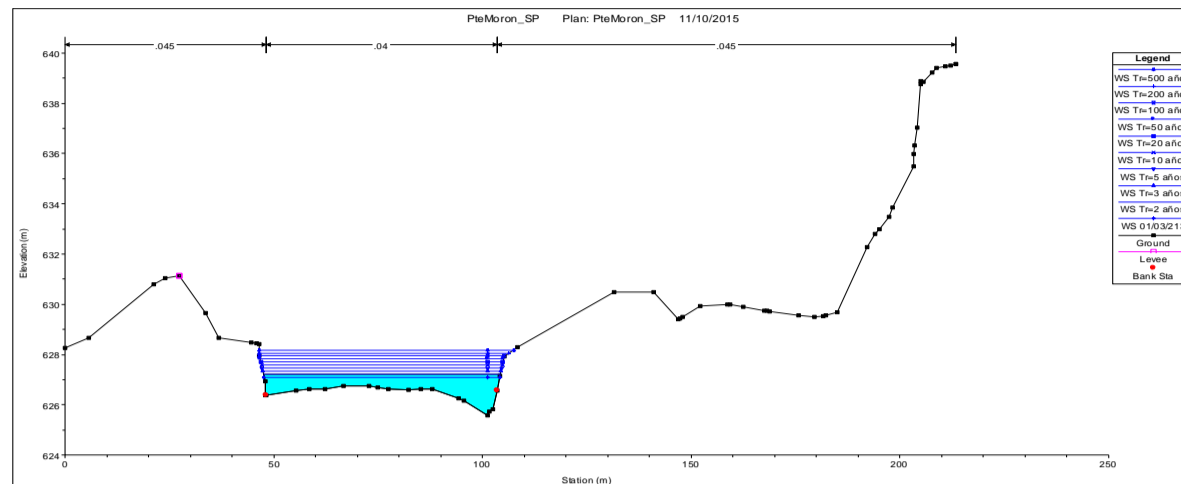


SECCION 1+300

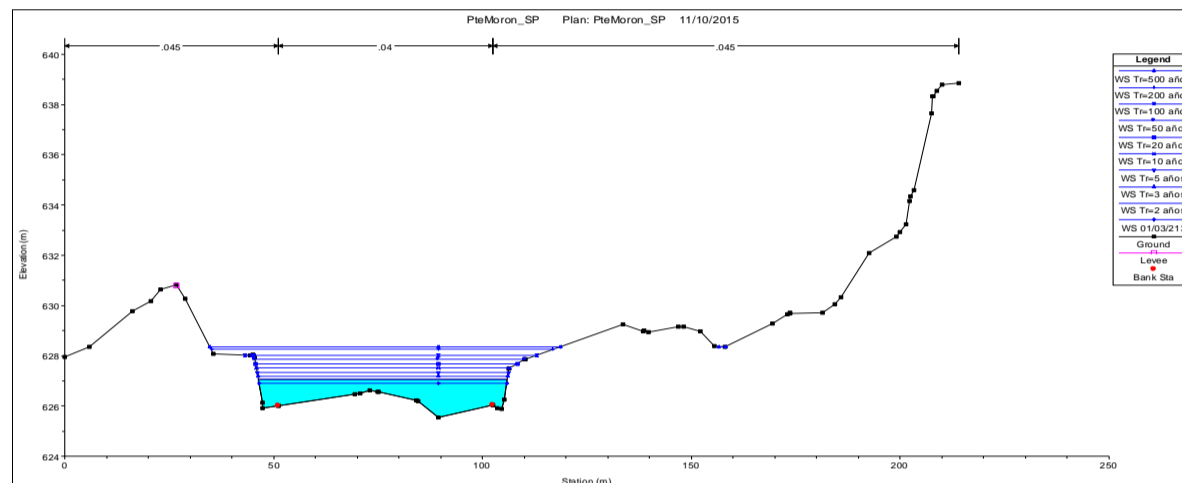




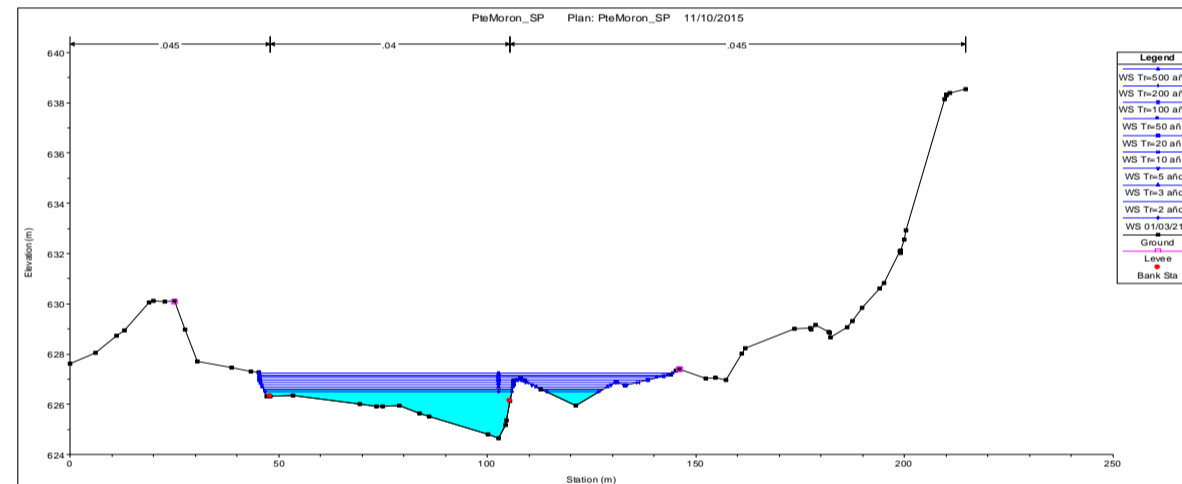
SECCION 1+275



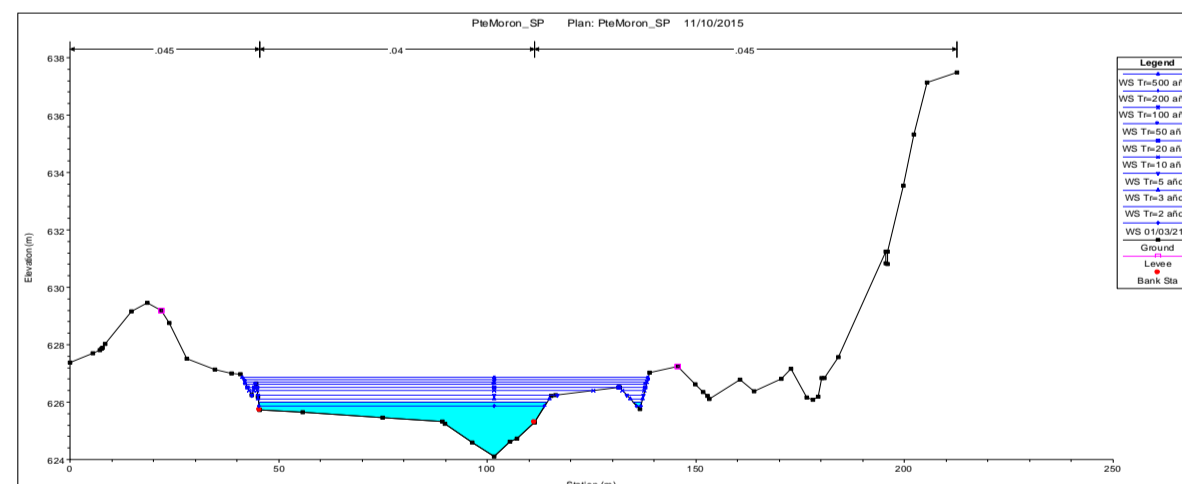
SECCION 1+250



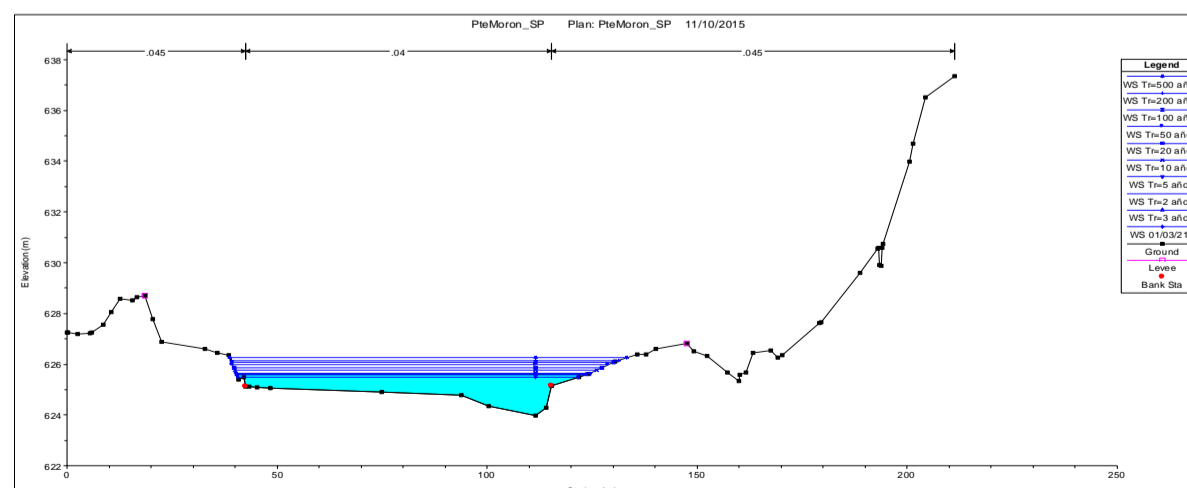
SECCION 1+225



SECCION 1+200

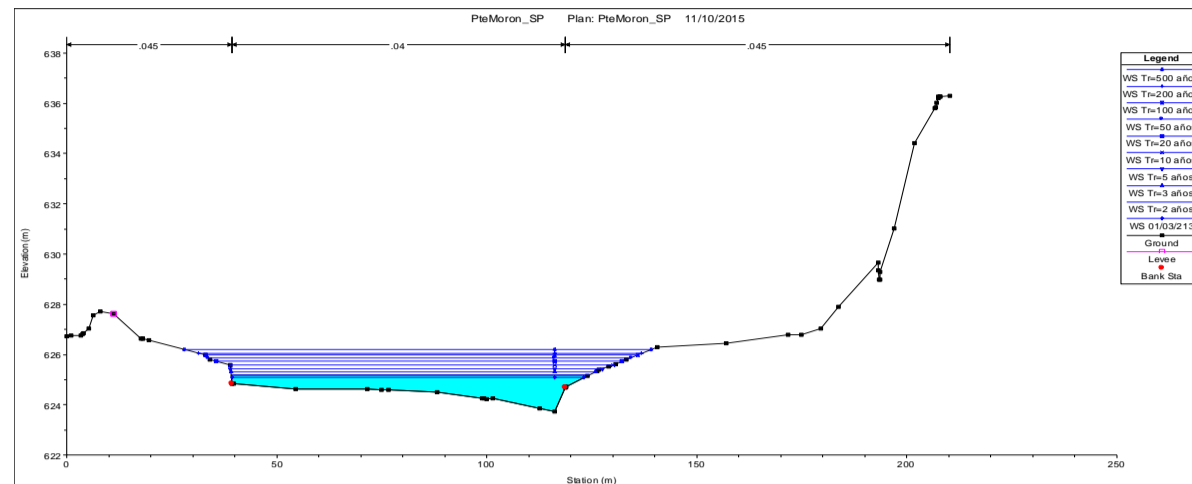


SECCION 1+175

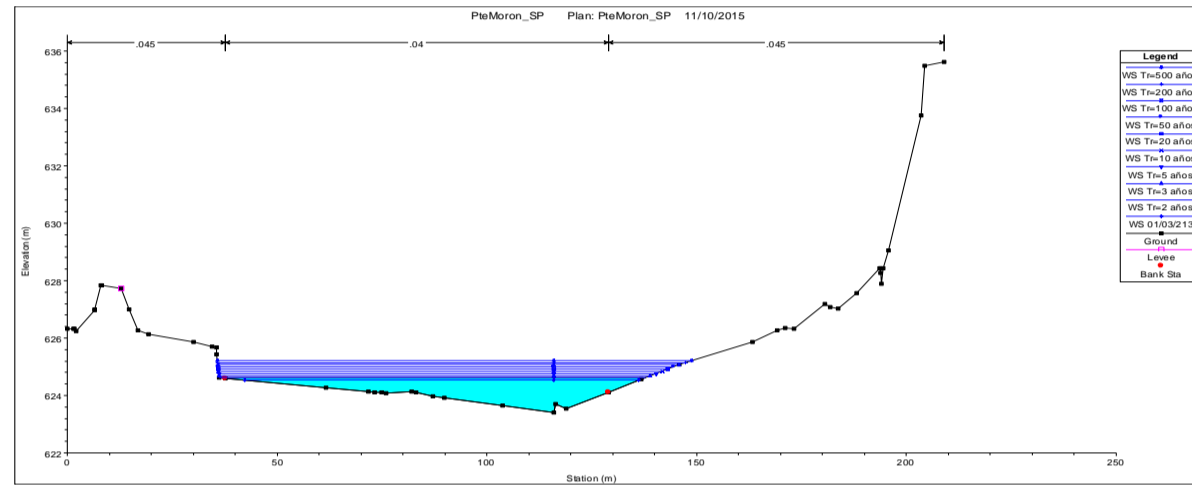




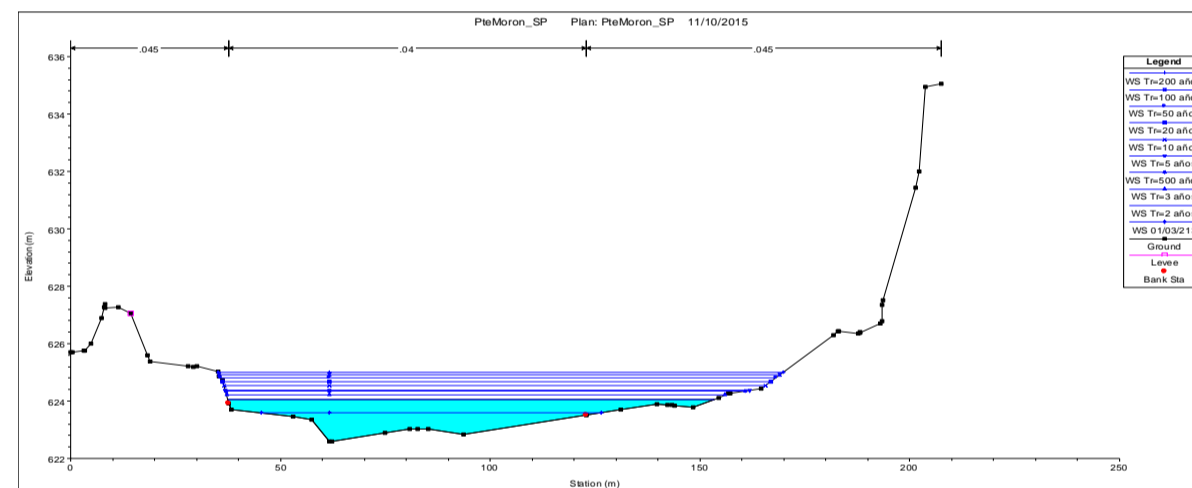
SECCION 1+150



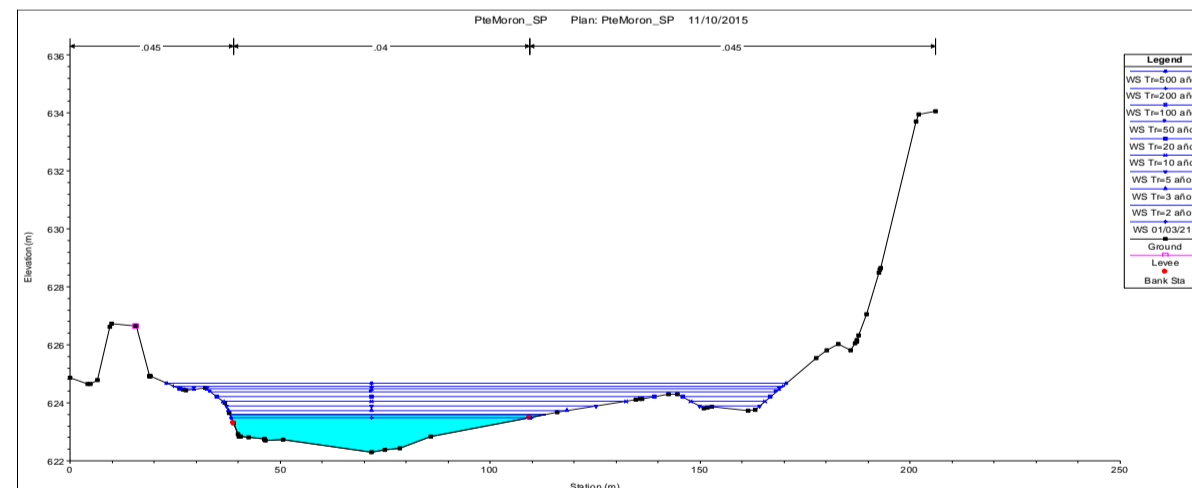
SECCION 1+125



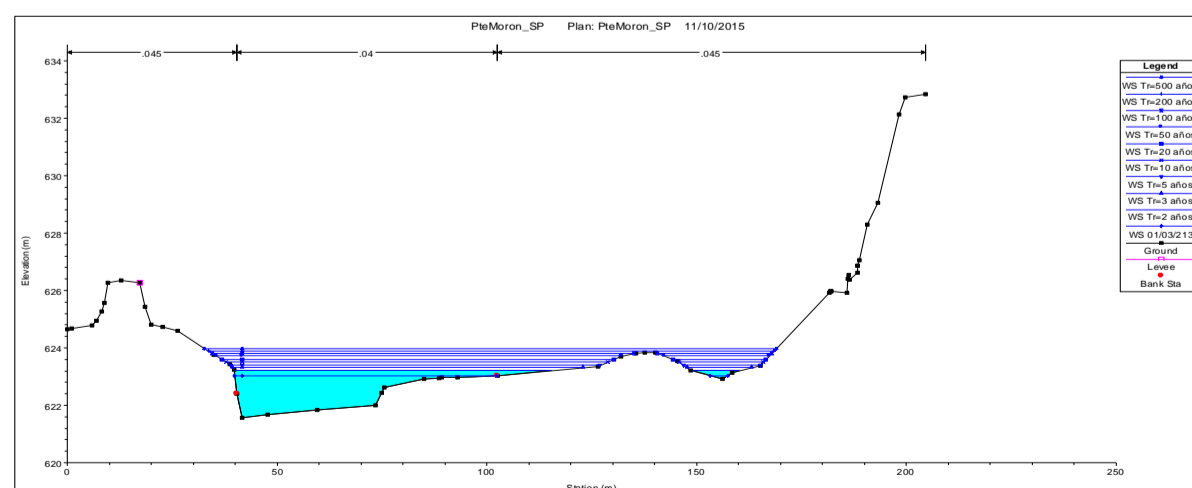
SECCION 1+100



SECCION 1+075

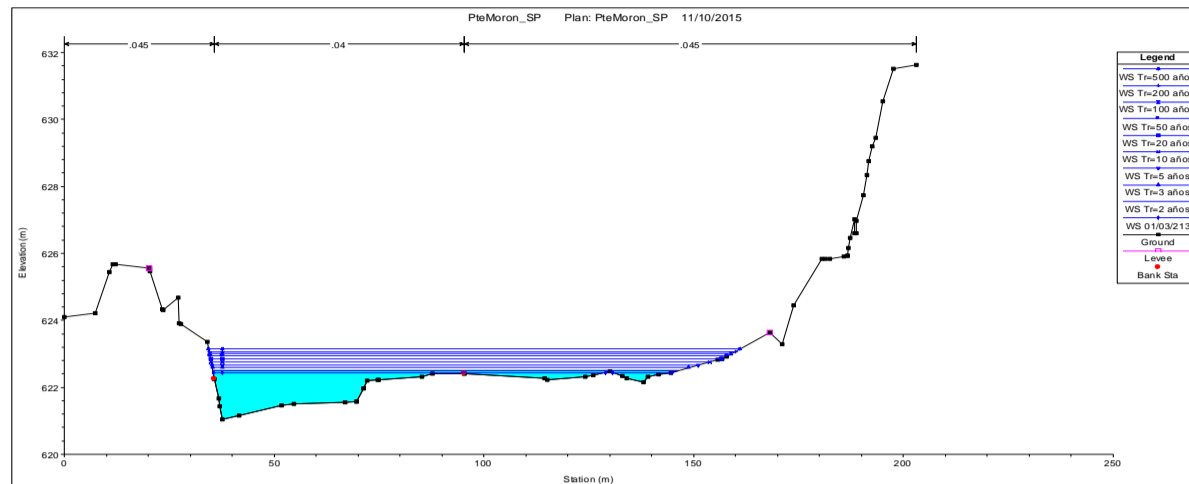


SECCION 1+050

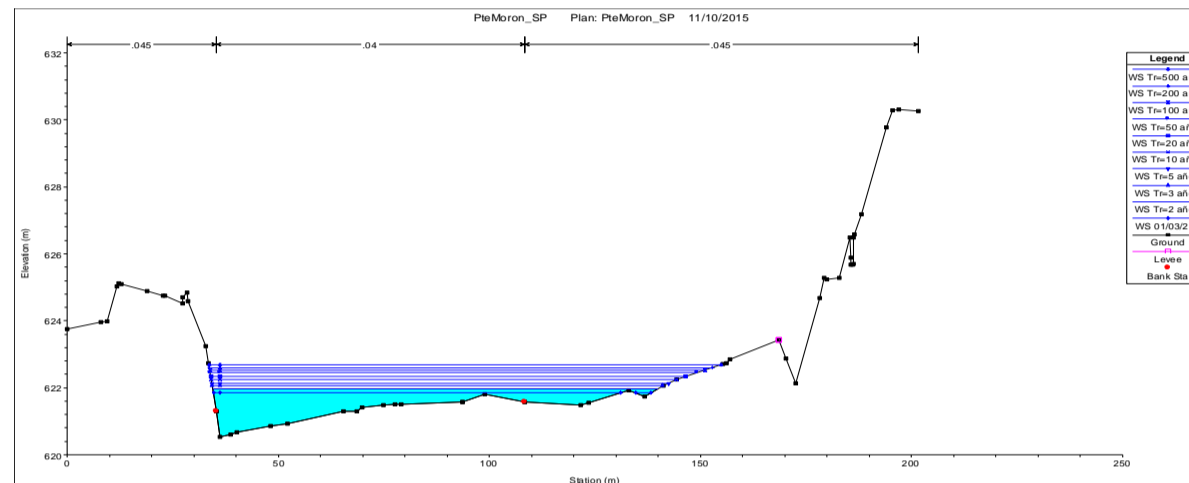




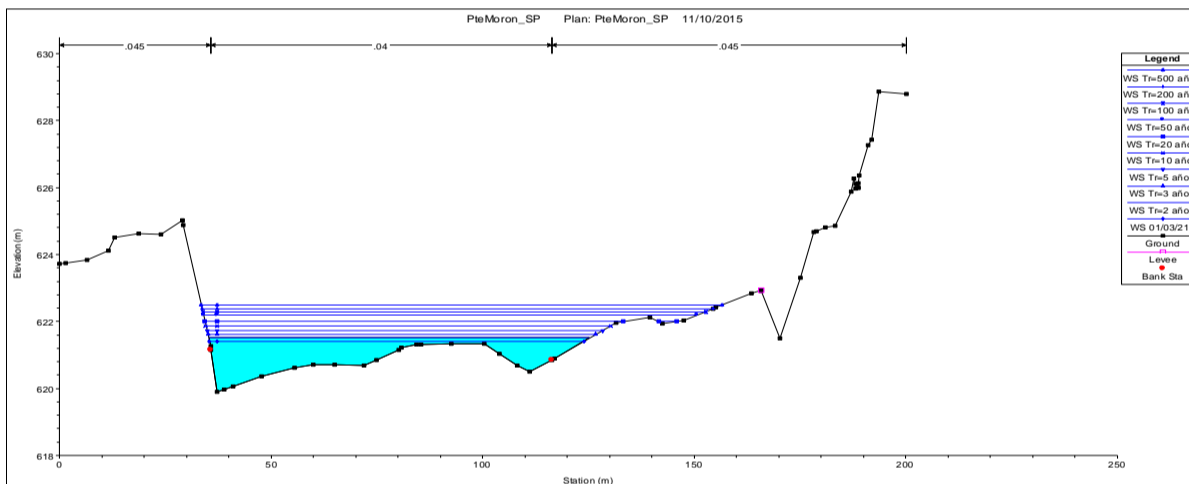
SECCION 1+025



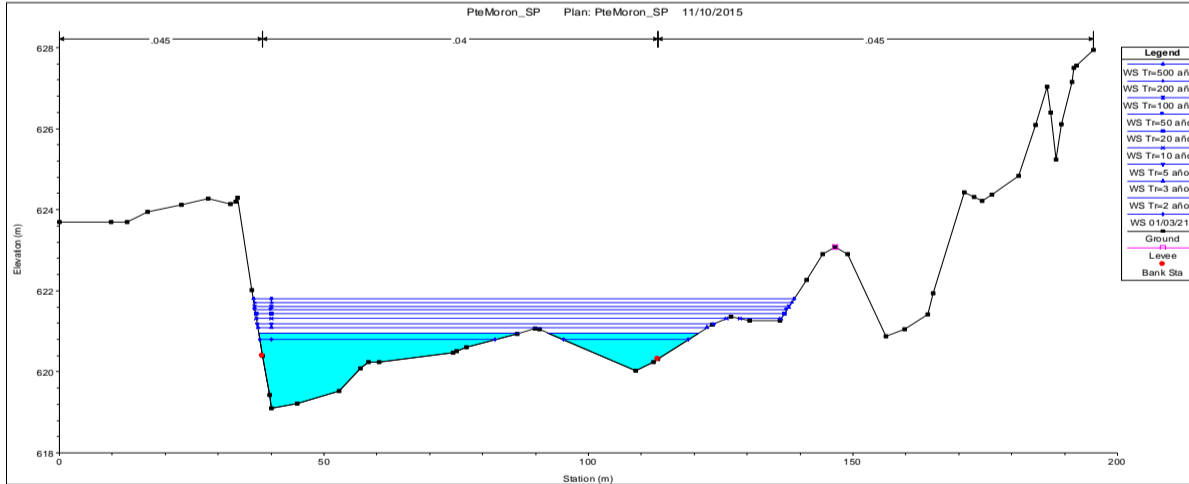
SECCION 1+000



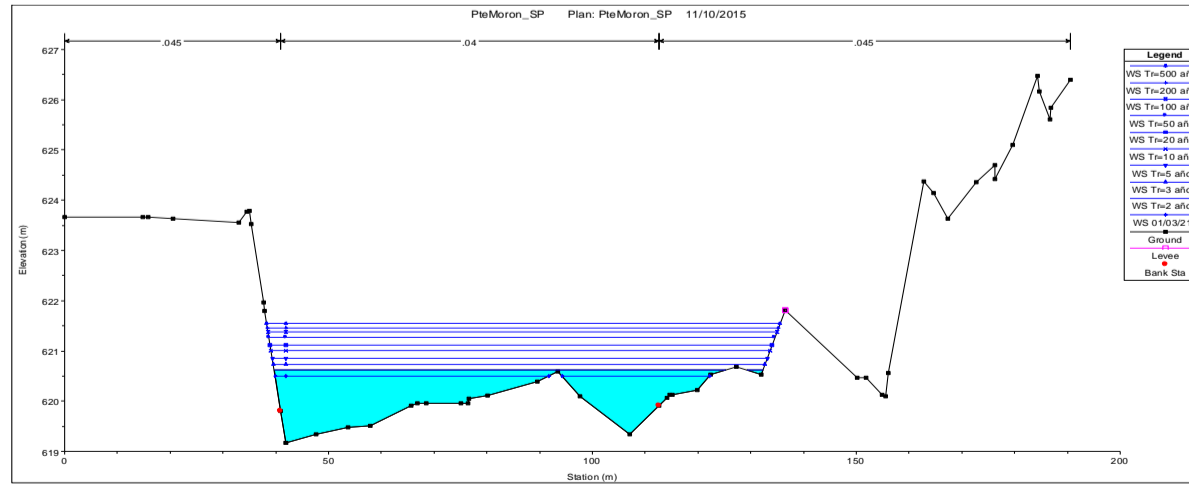
SECCION 0+975



SECCION 0+950

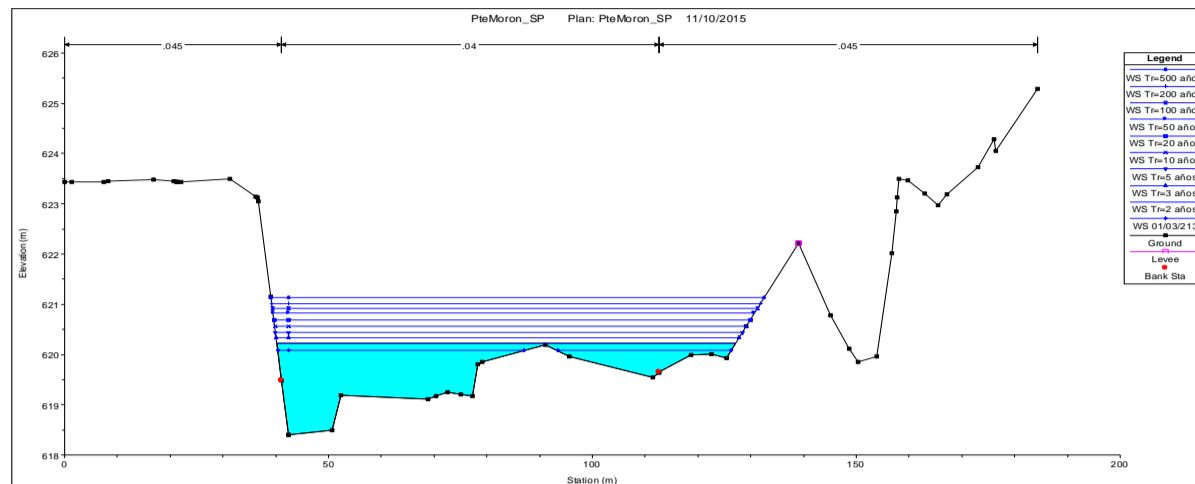


SECCION 0+925

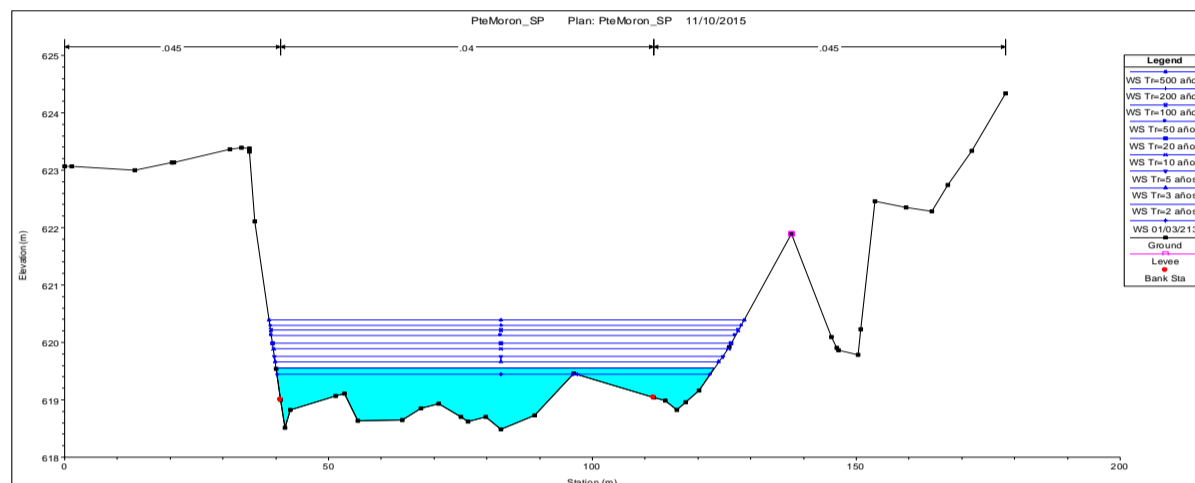




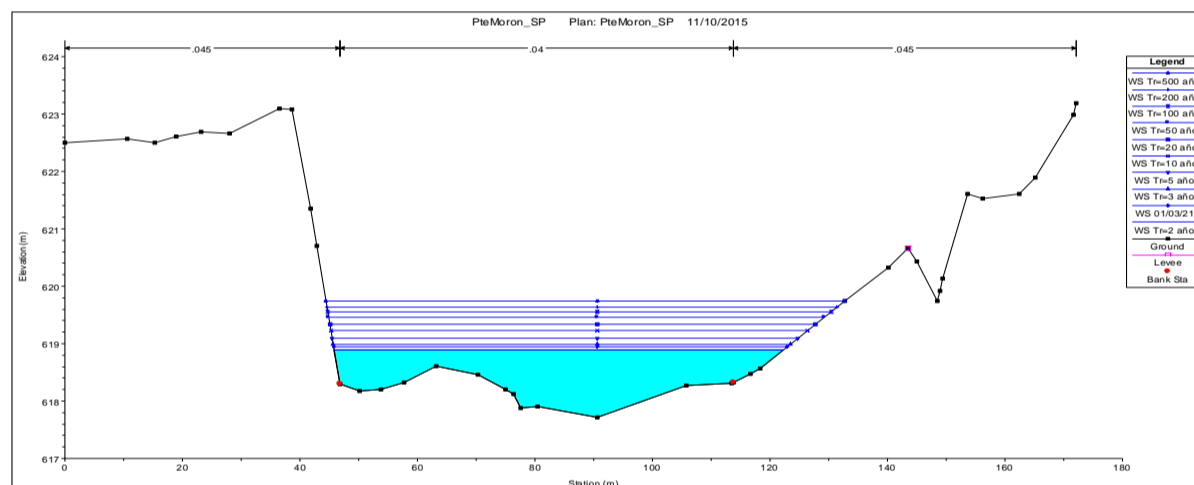
**SECCION 0+900**



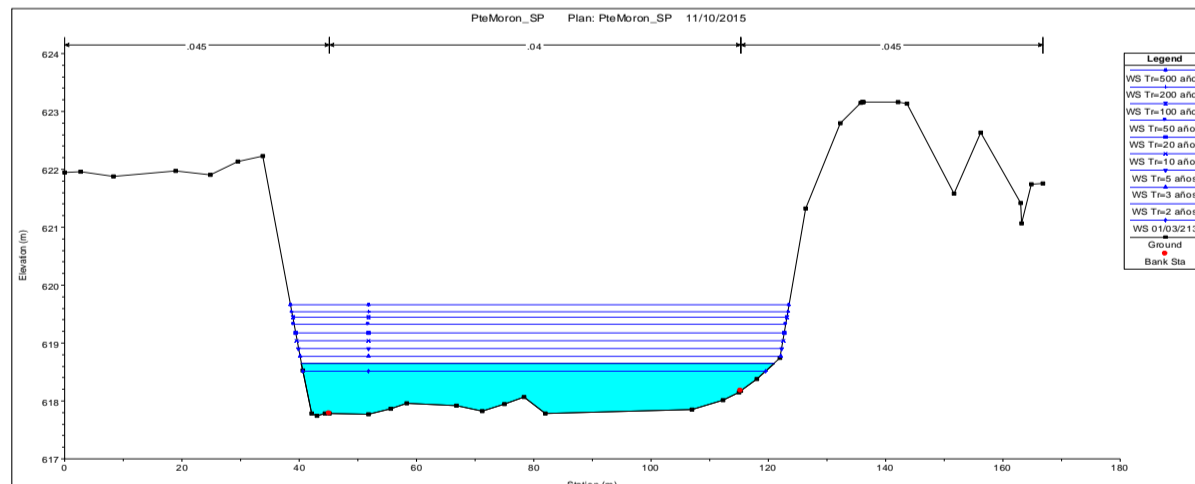
**SECCION 0+875**



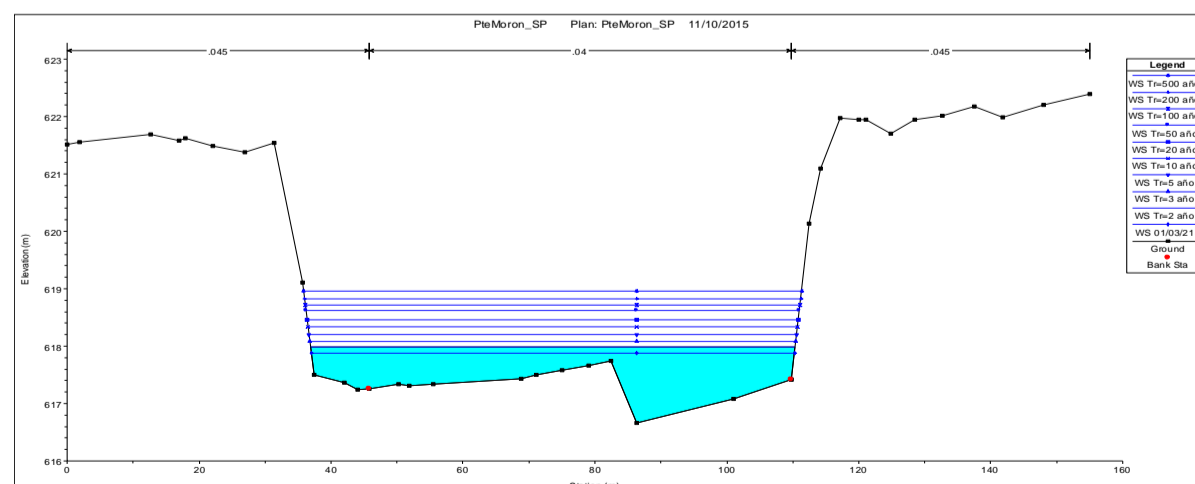
**SECCION 0+850**



**SECCION 0+825**



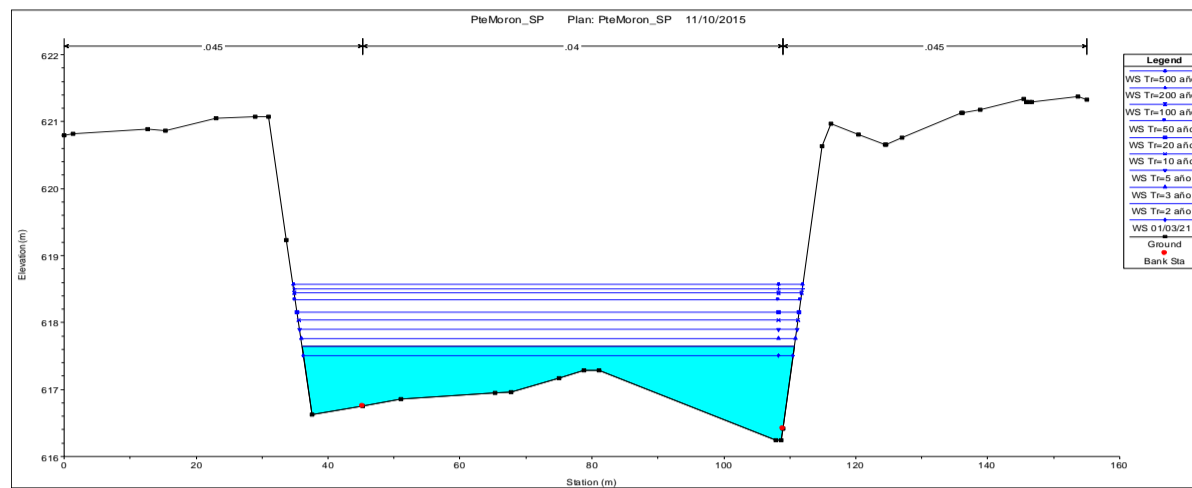
**SECCION 0+800**



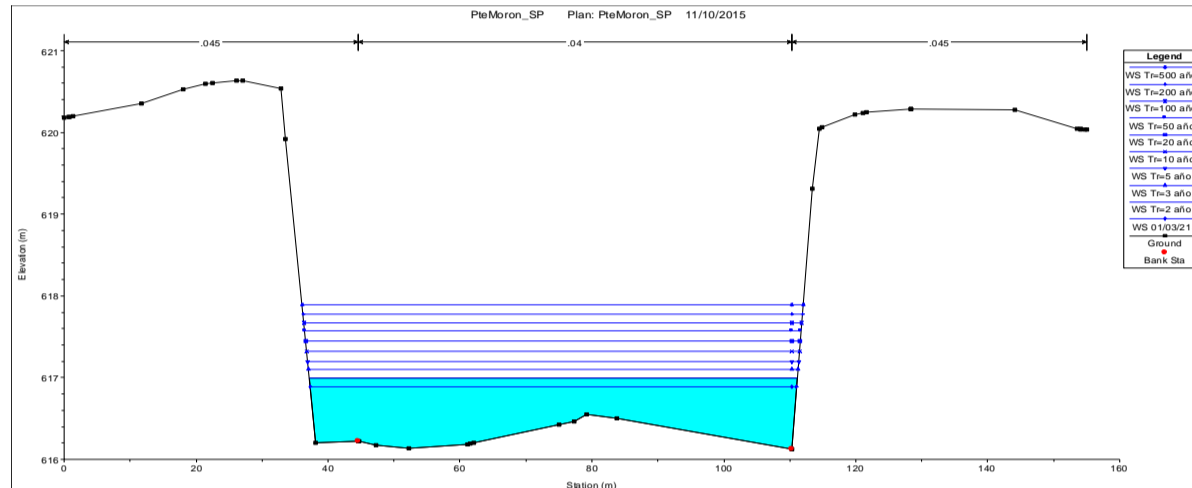




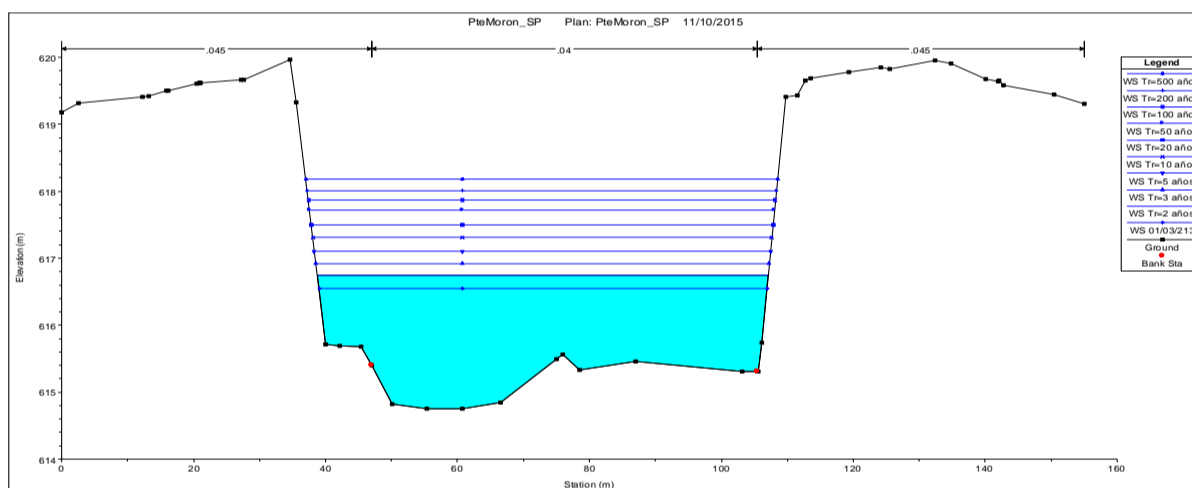
SECCION 0+775



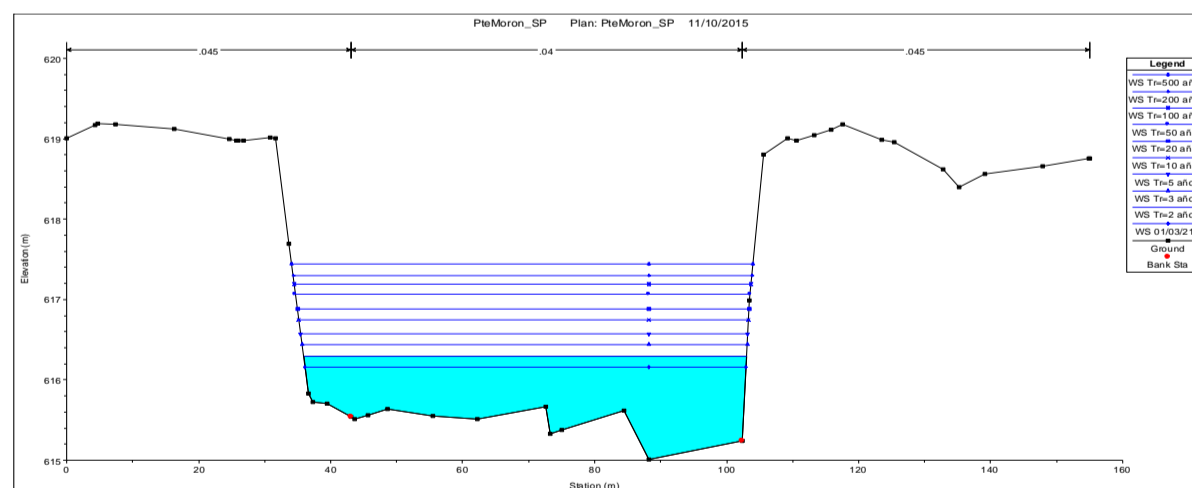
SECCION 0+750



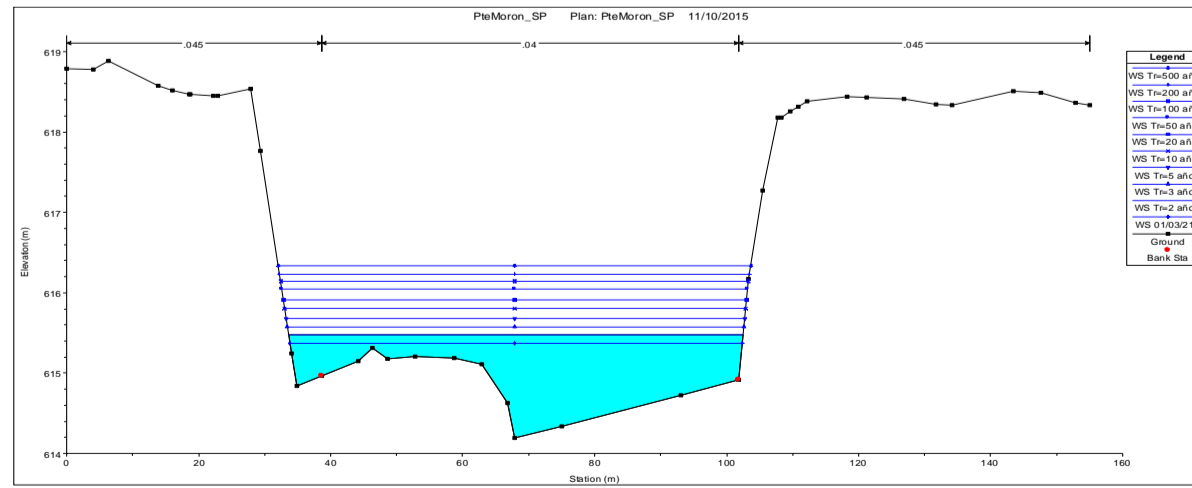
SECCION 0+725



SECCION 0+700



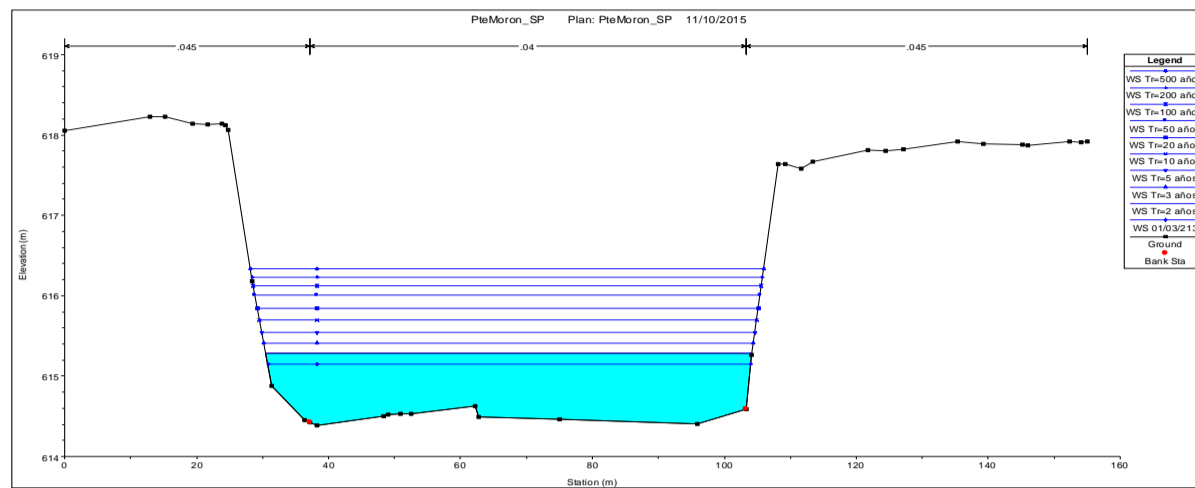
SECCION 0+675



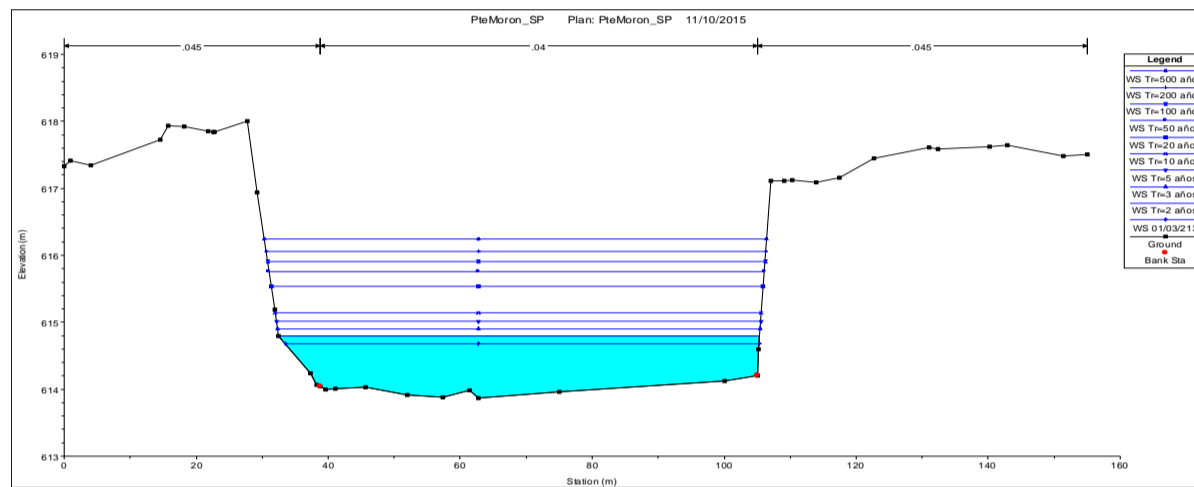




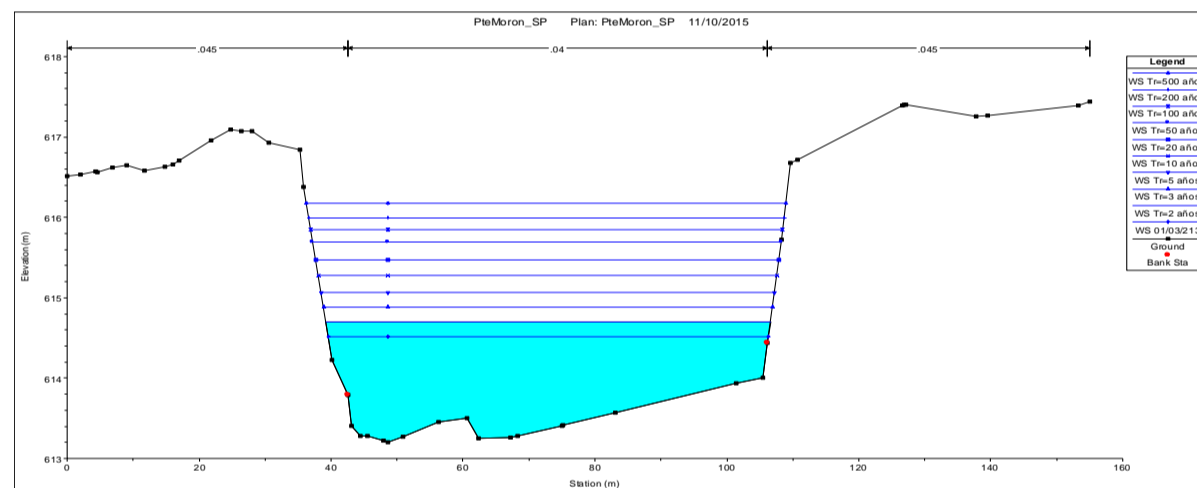
SECCION 0+650



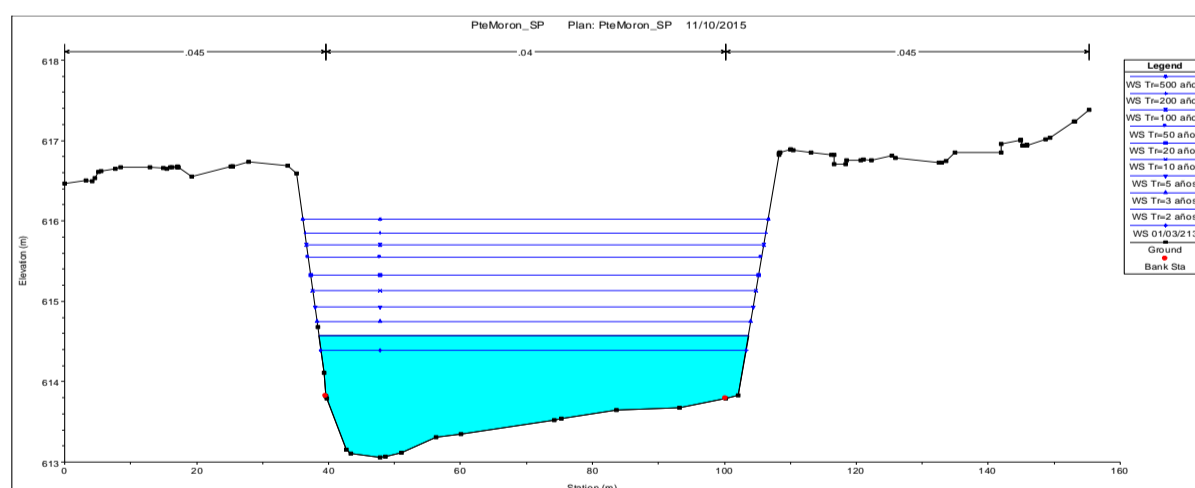
SECCION 0+625



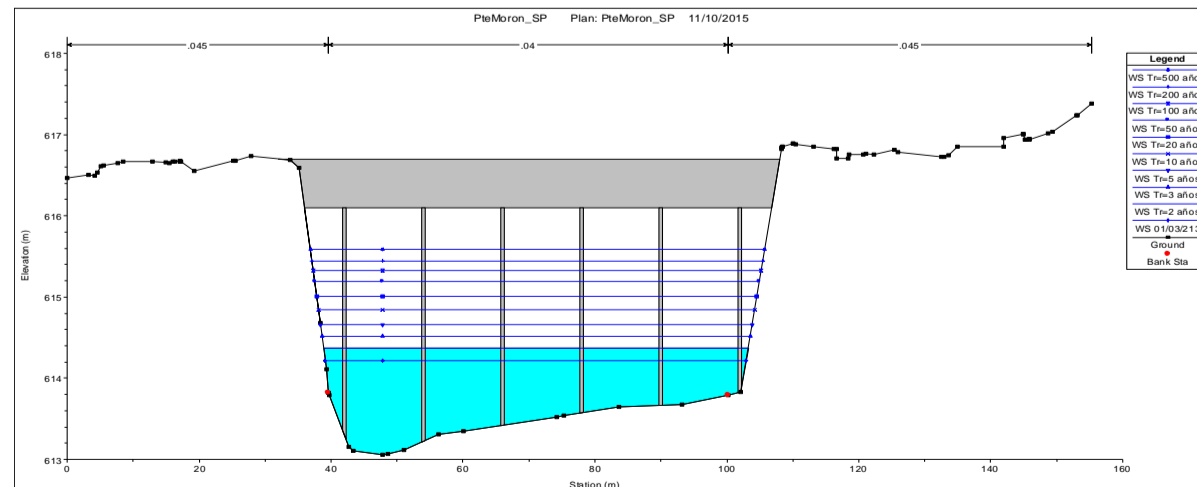
SECCION 0+600



SECCION 0+588

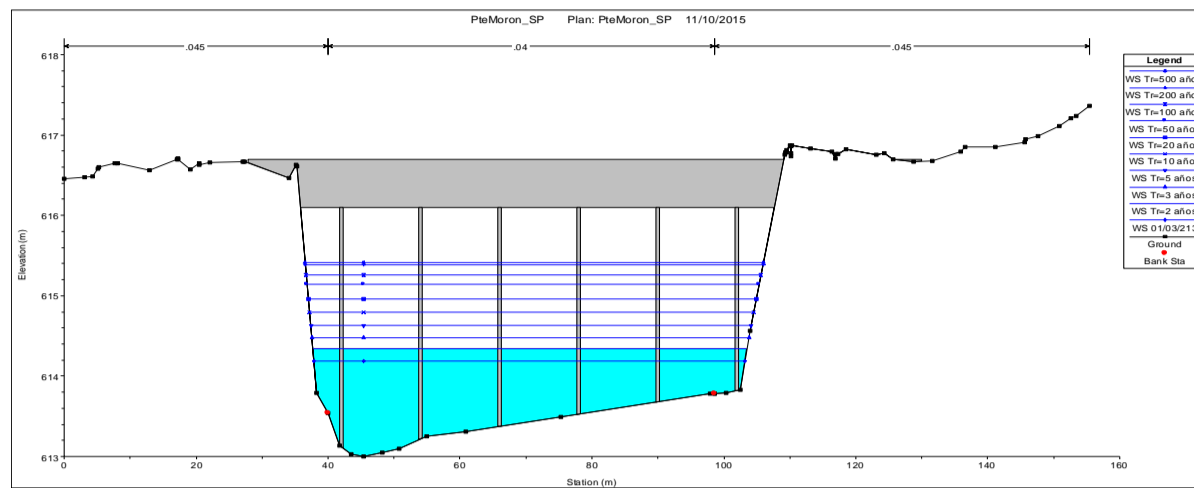


SECCION 0+588 PUENTE MORON AGUAS ARRIBA

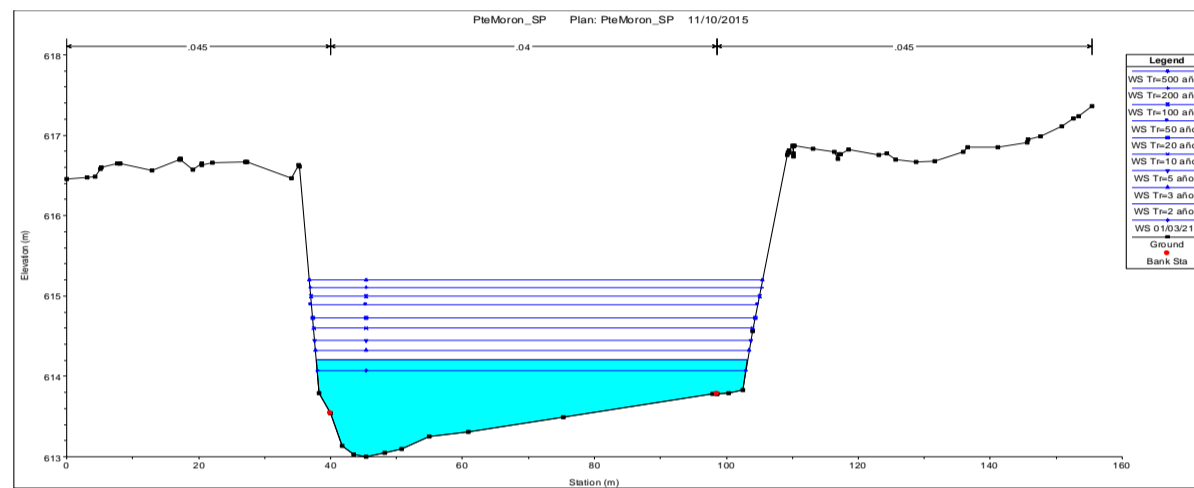




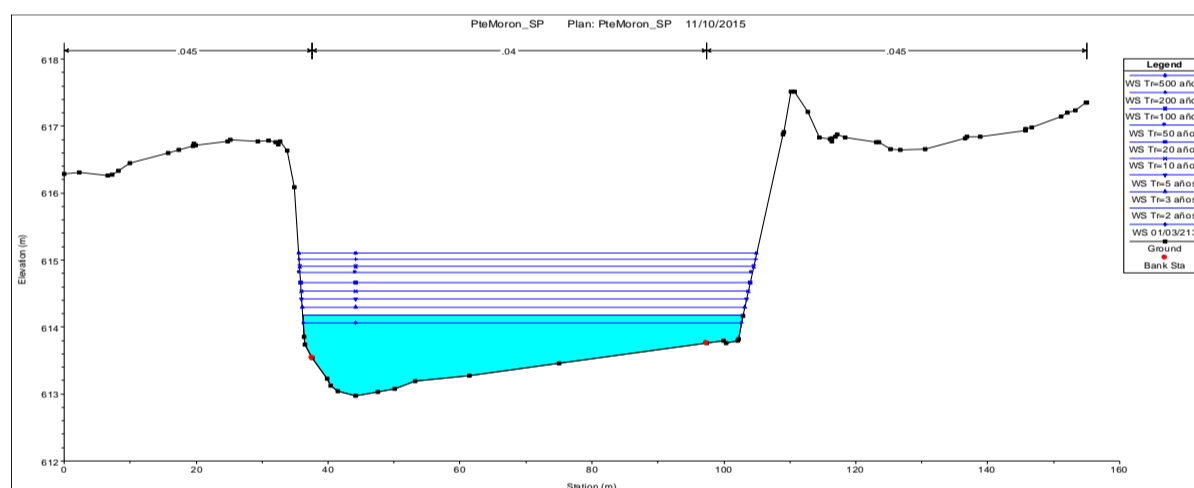
SECCION 0+588 PUENTE MORON AGUAS ABAJO



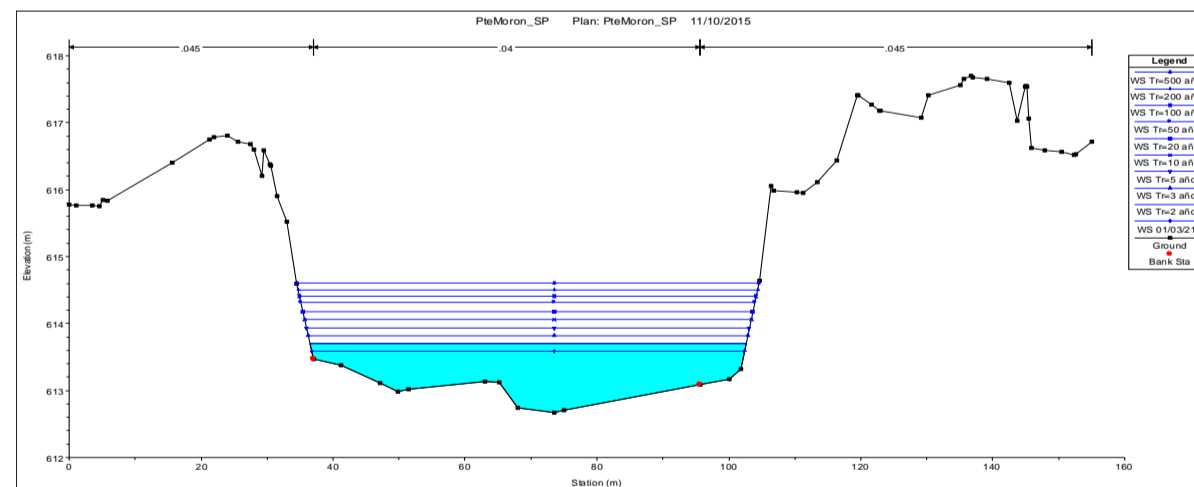
SECCION 0+584.83



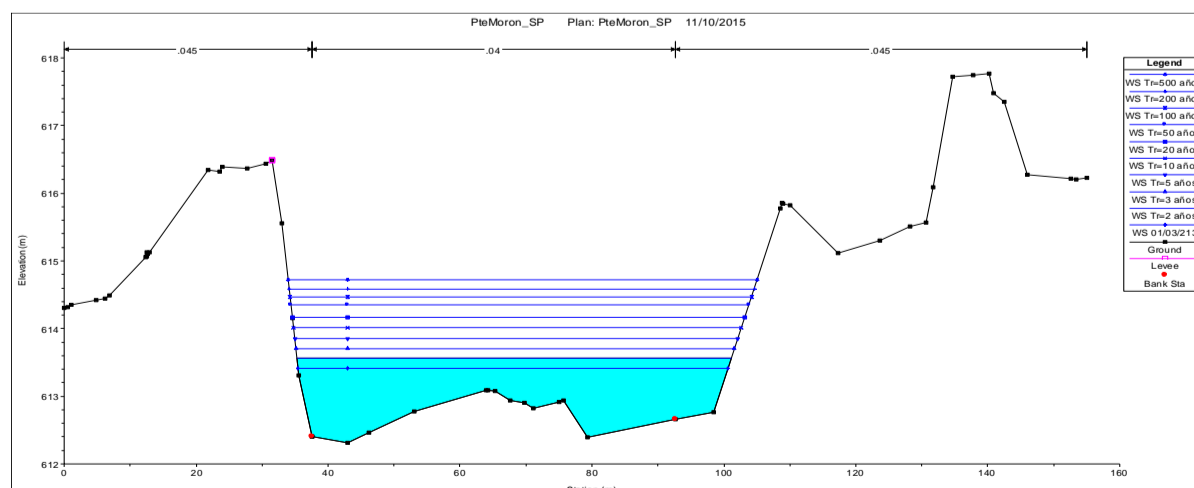
SECCION 0+582.16



SECCION 0+570.46

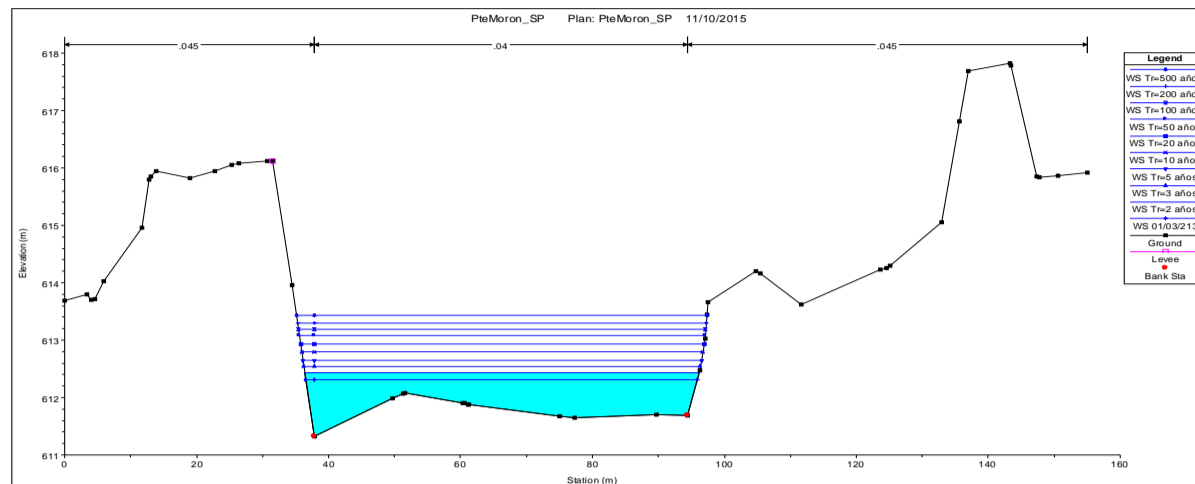


SECCION 0+550

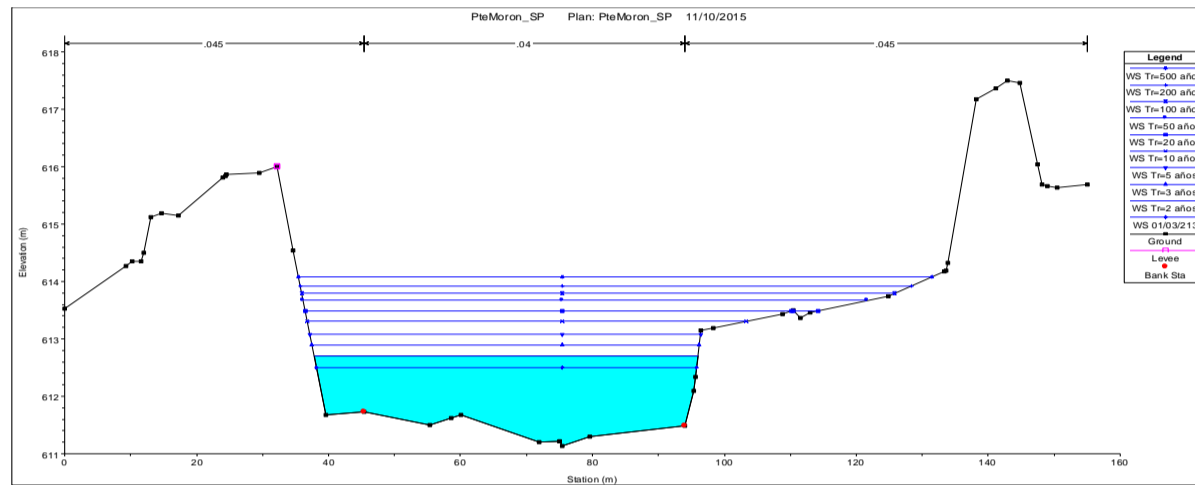




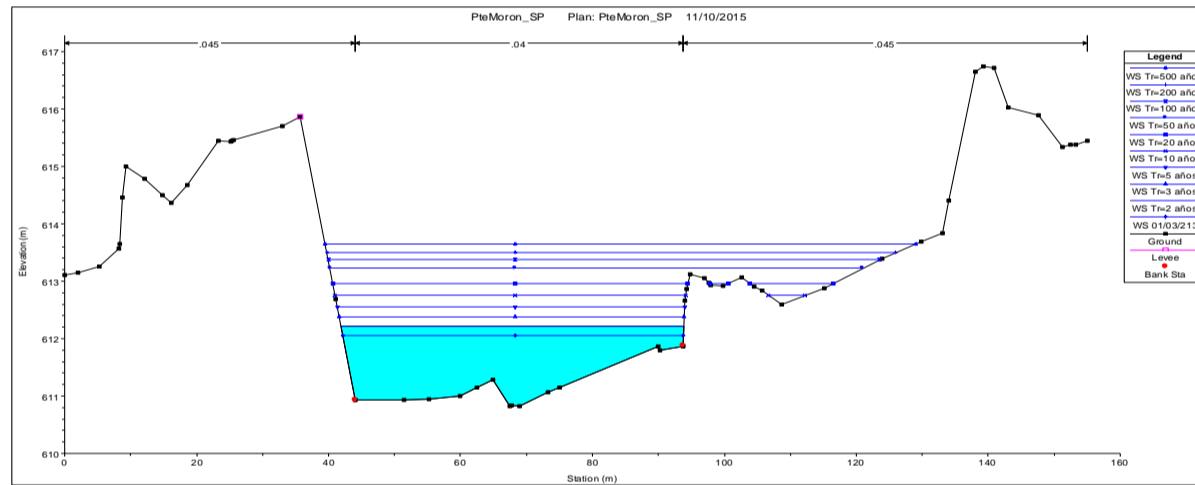
SECCION 0+525



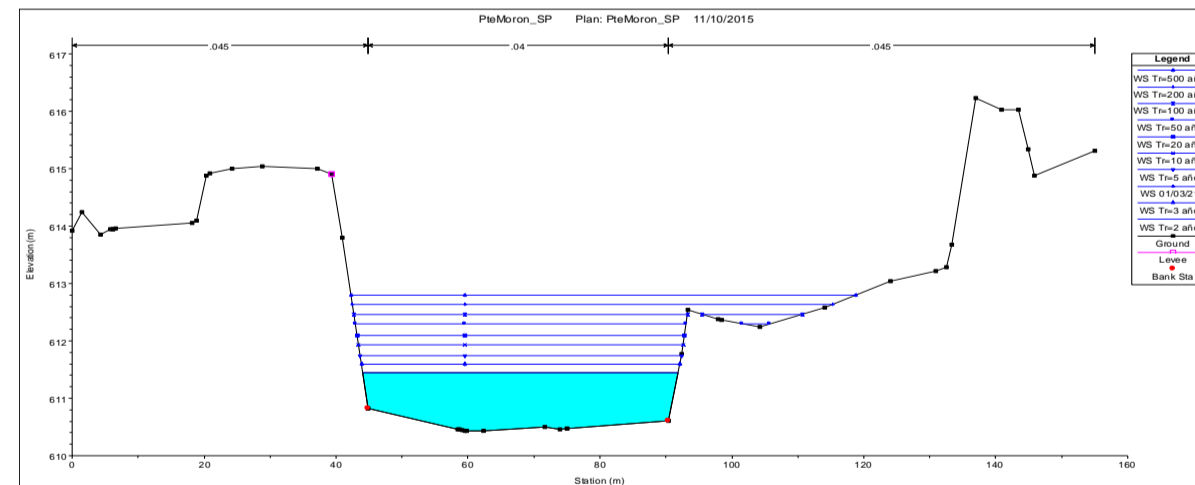
SECCION 0+500



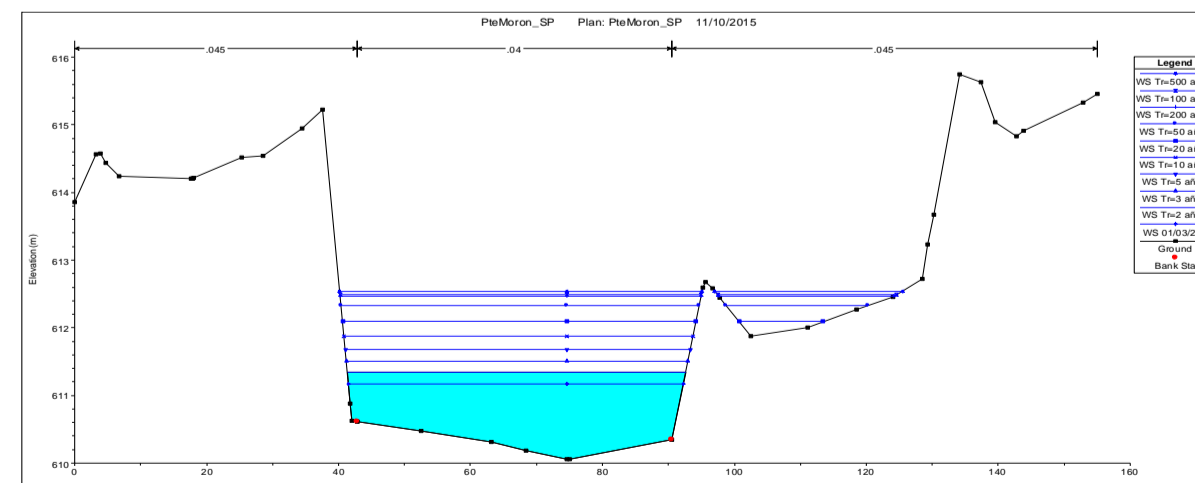
SECCION 0+475



SECCION 0+450

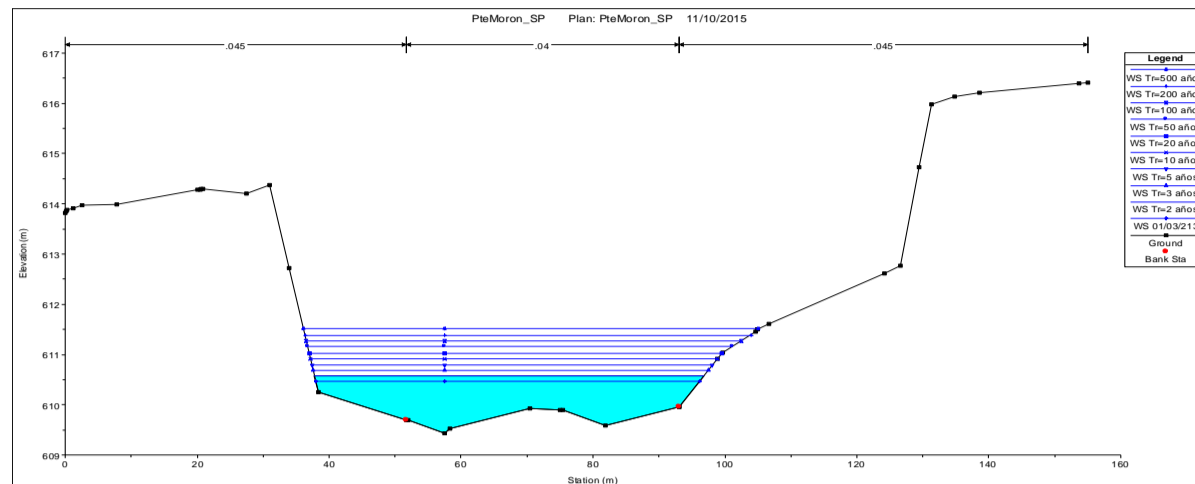


SECCION 0+425

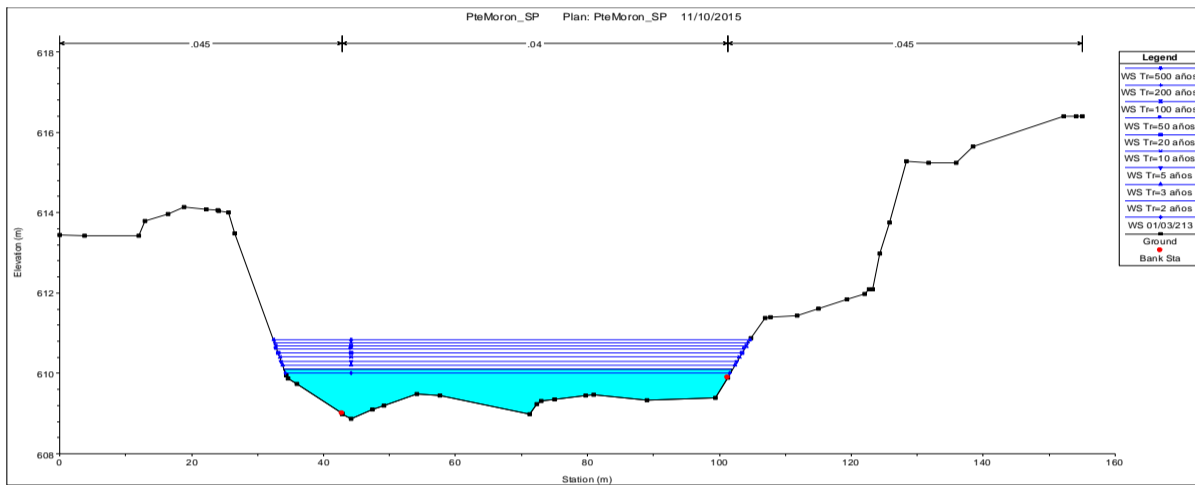




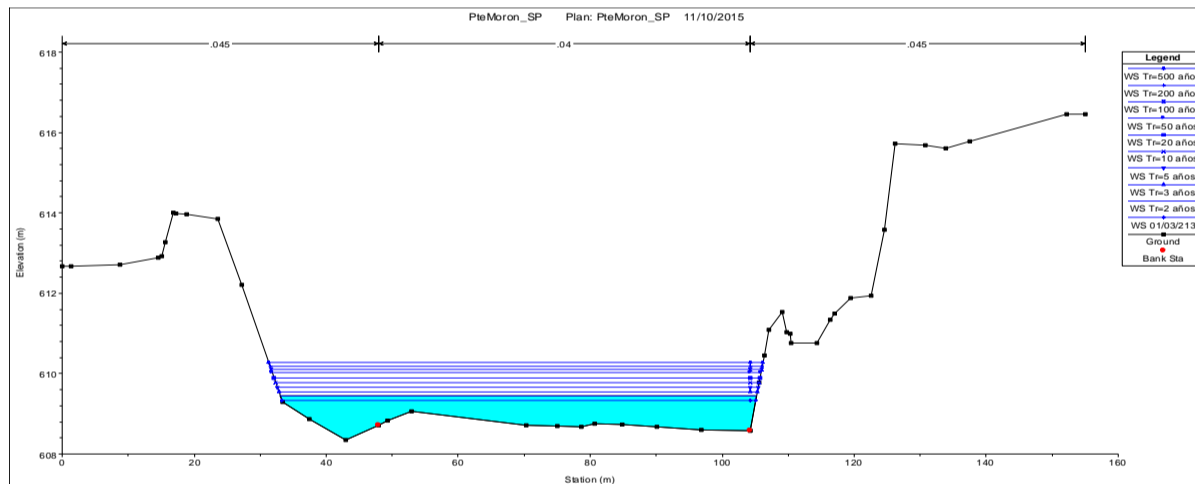
SECCION 0+400



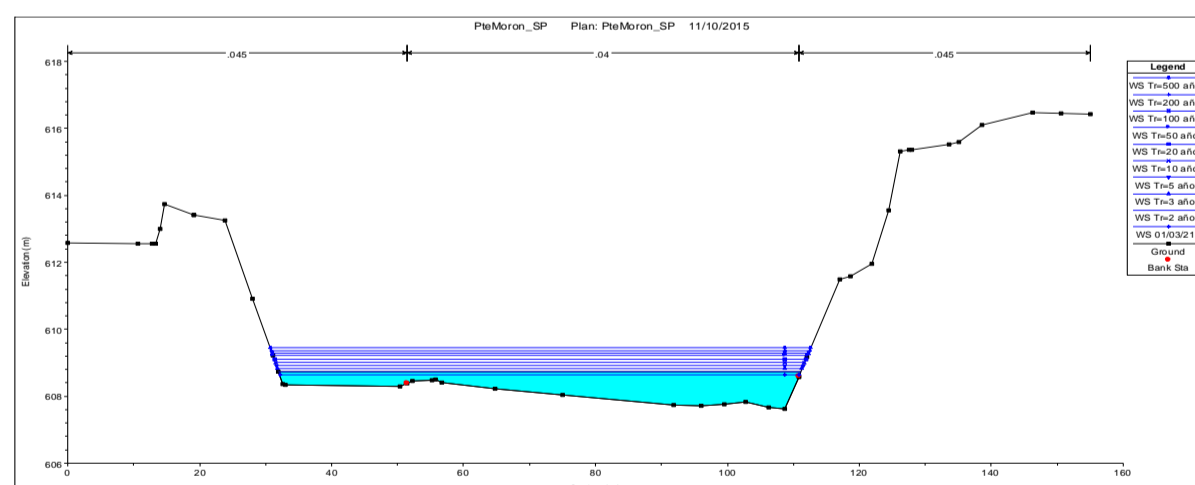
SECCION 0+375



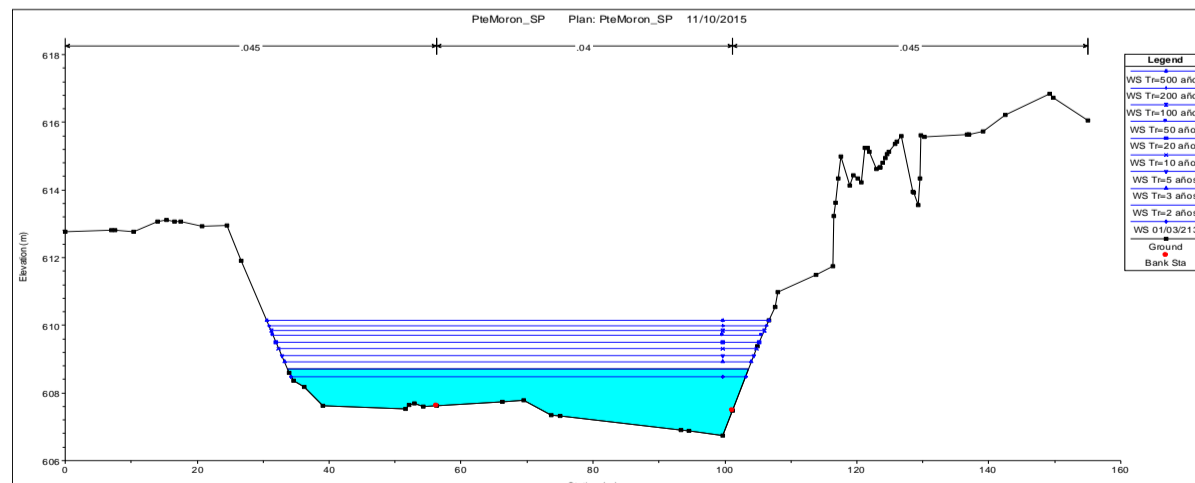
SECCION 0+350



SECCION 0+325

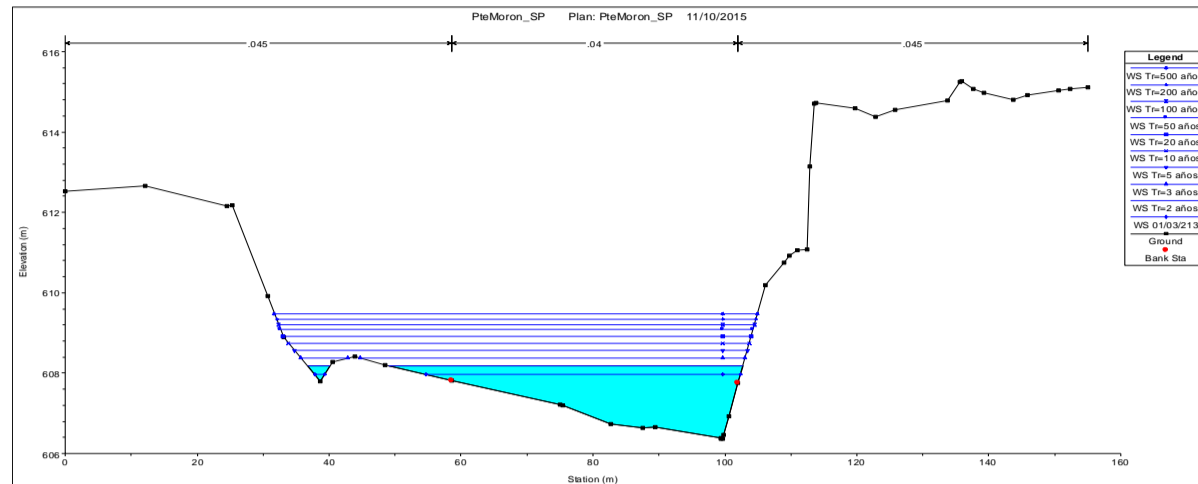


SECCION 0+300

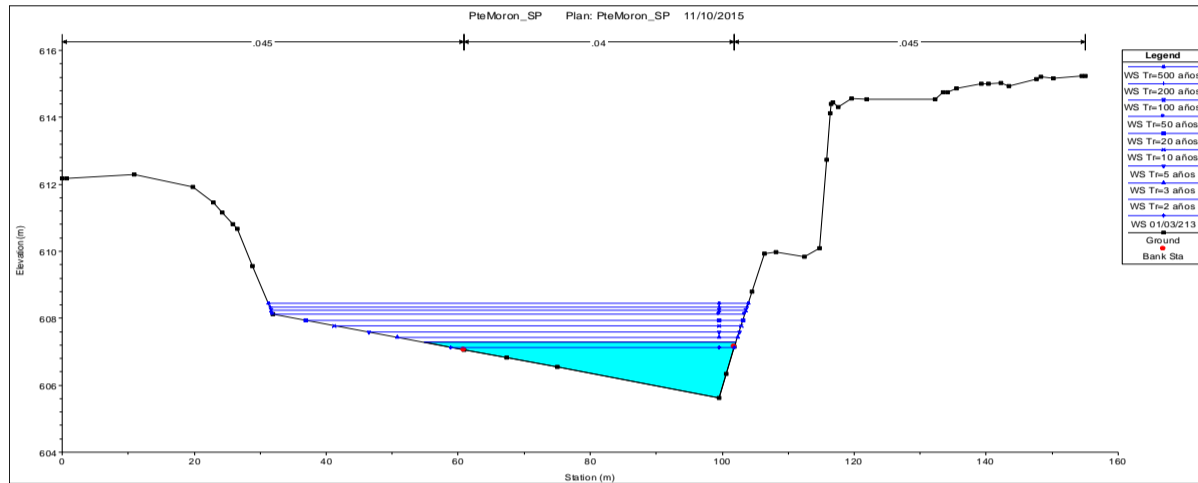




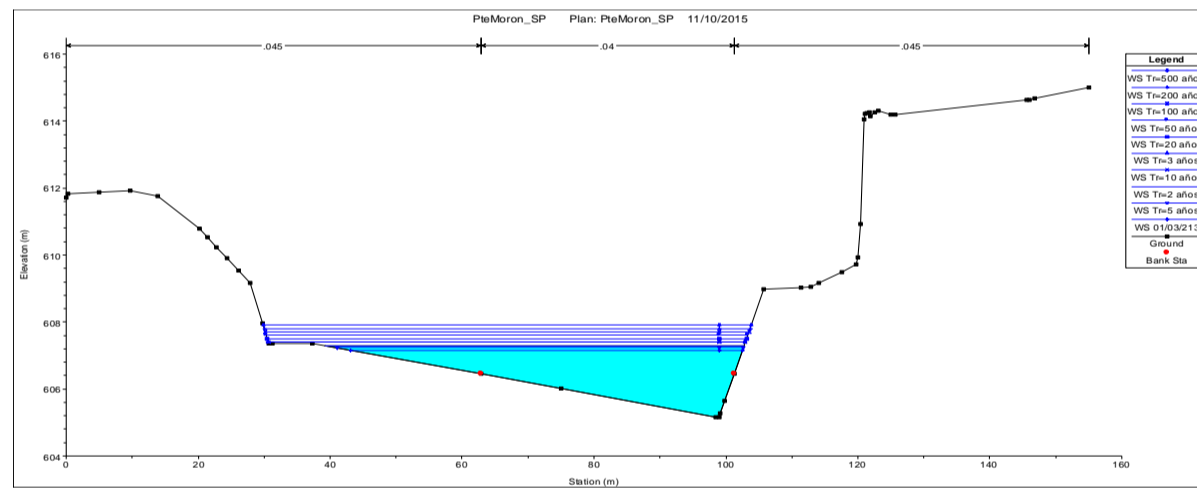
SECCION 0+275



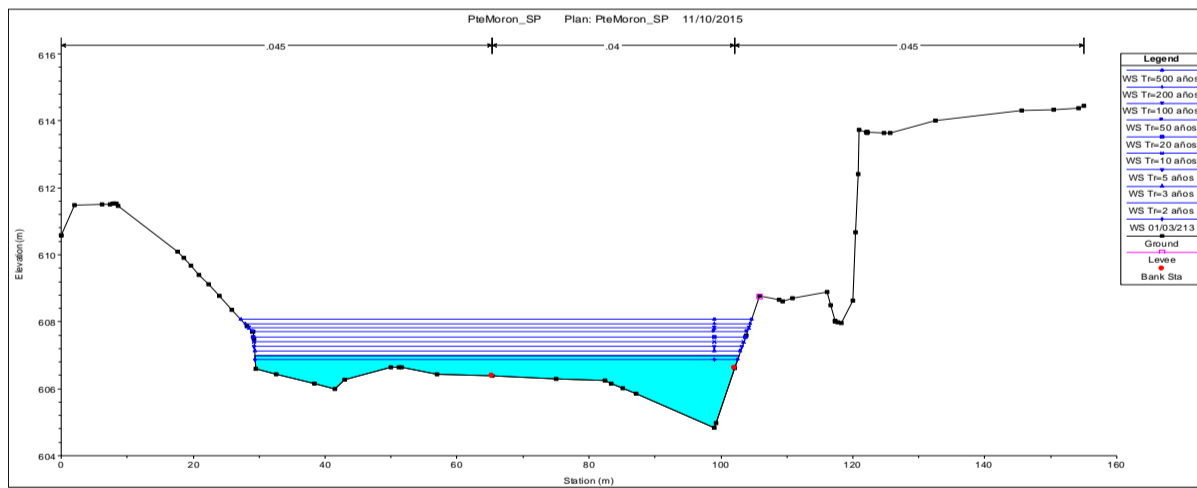
SECCION 0+250



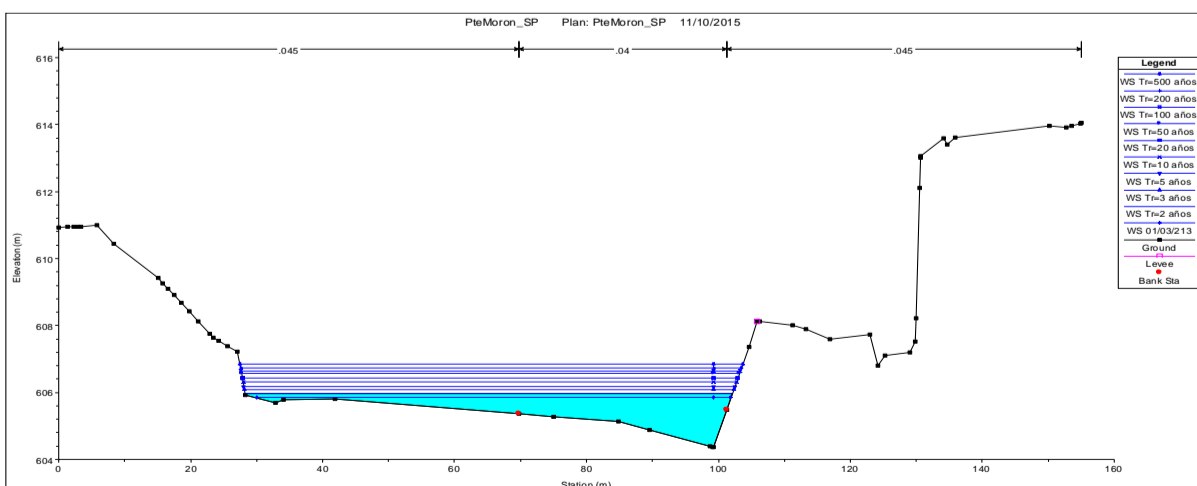
SECCION 0+225



SECCION 0+200

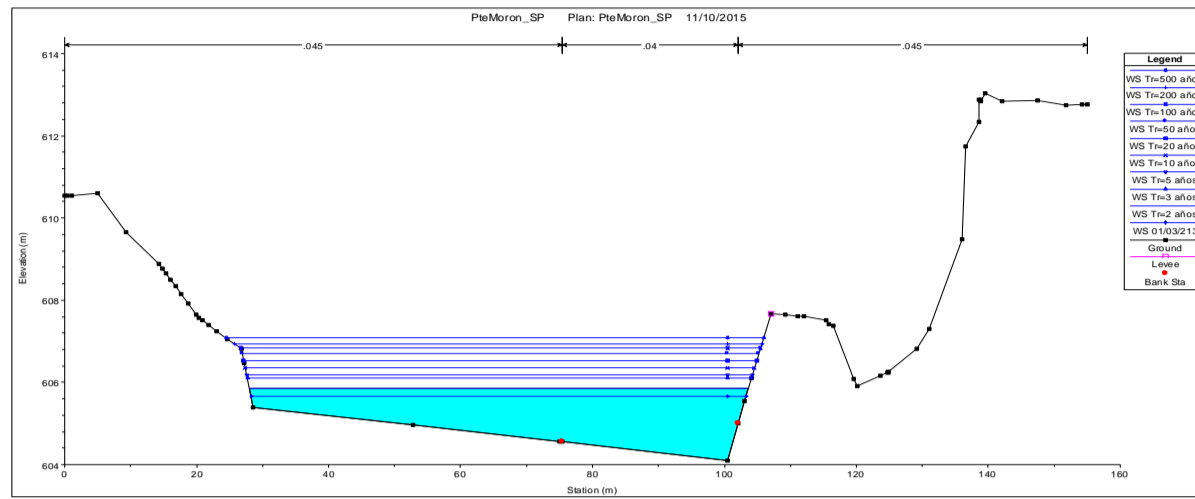


SECCION 0+175

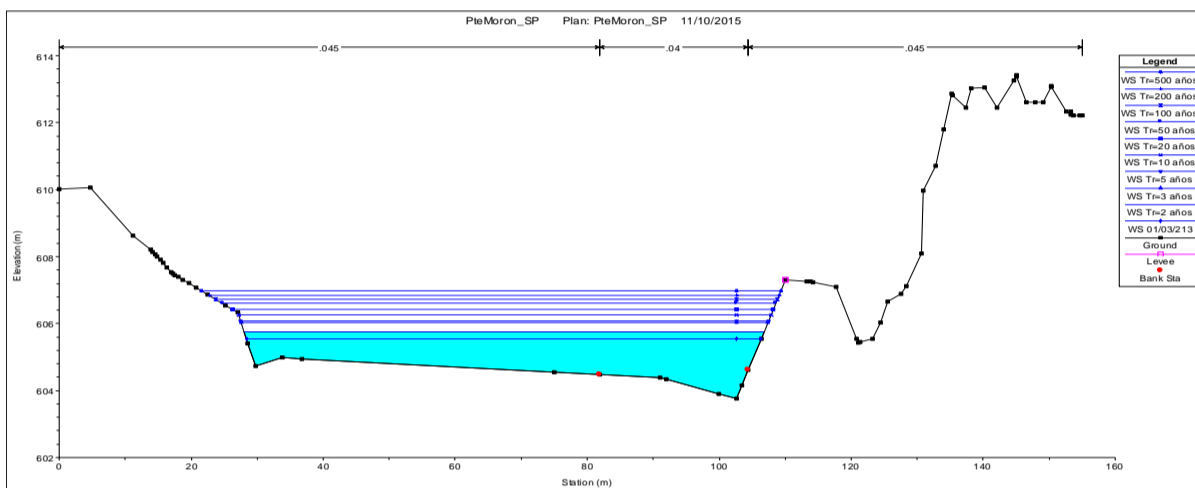




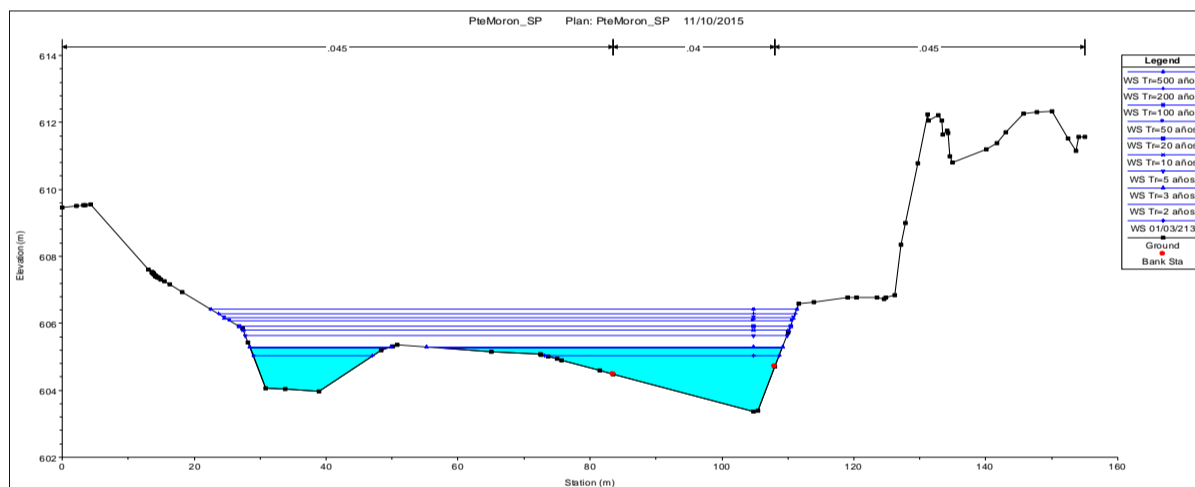
SECCION 0+150



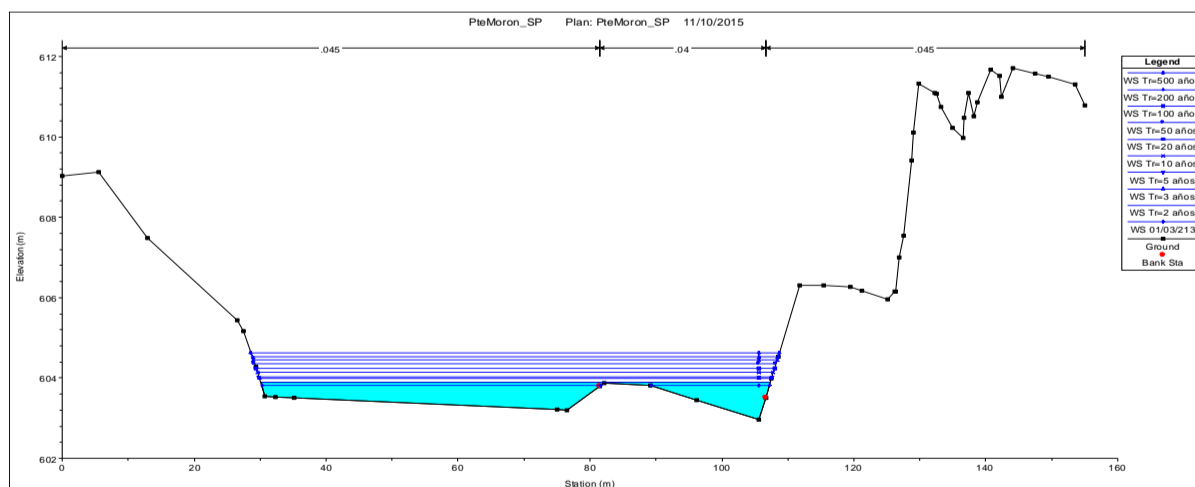
SECCION 0+125



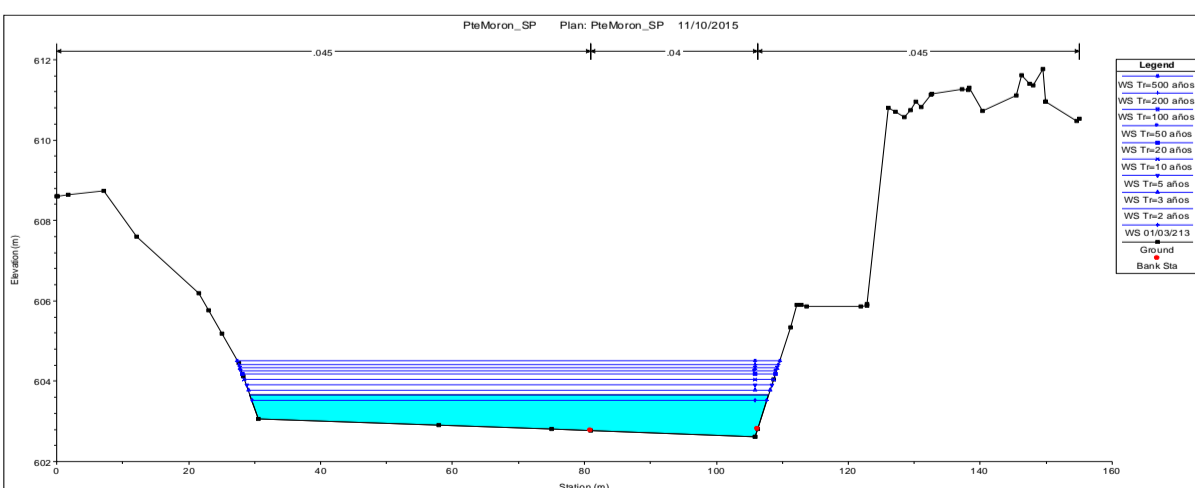
SECCION 0+100




SECCION 0+075

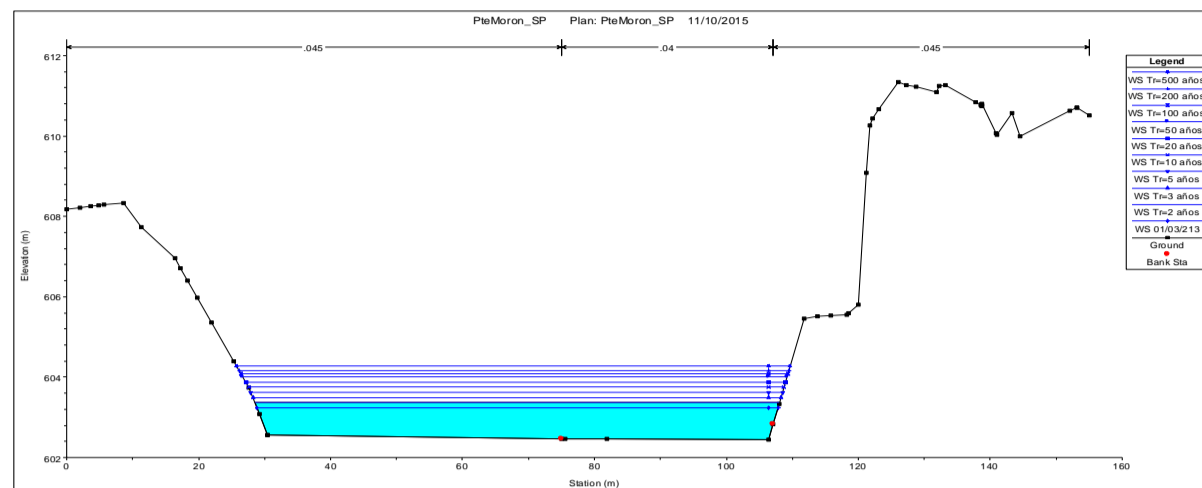


SECCION 0+050

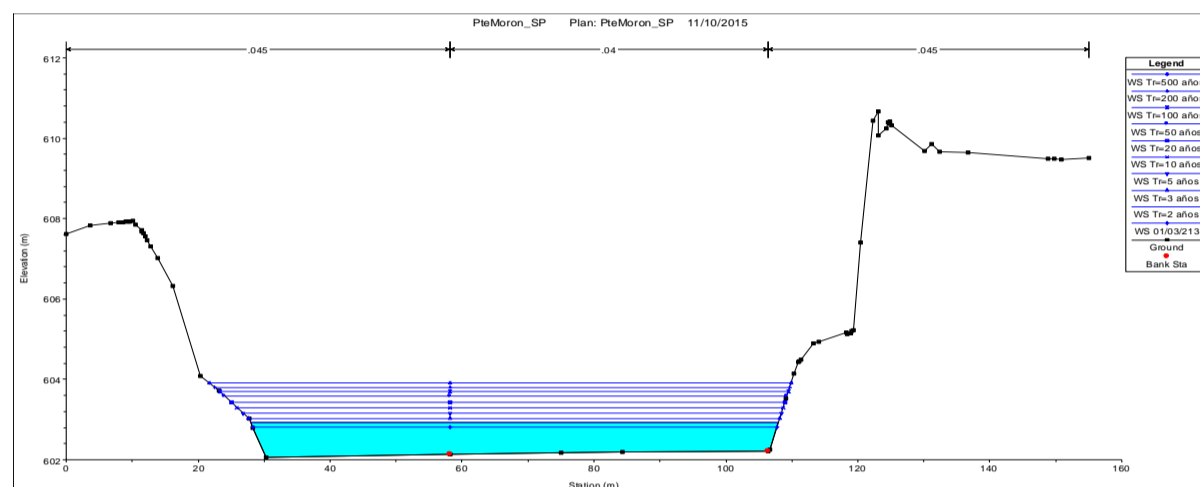


 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA	<b>Anexo N°9 SALIDA PROGRAMA HEC-RAS</b>			UNALM
				Fecha: Mar-21
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por: SPVB	Revisado por: TOVB	Emitido para: Tesis	Anexo: 9	Revisión: 0

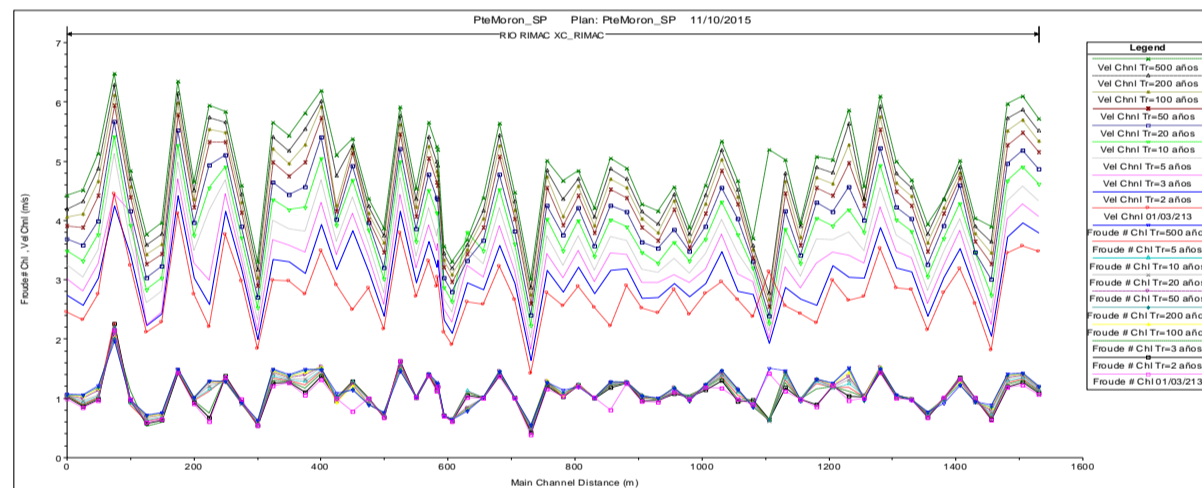
SECCION 0+025



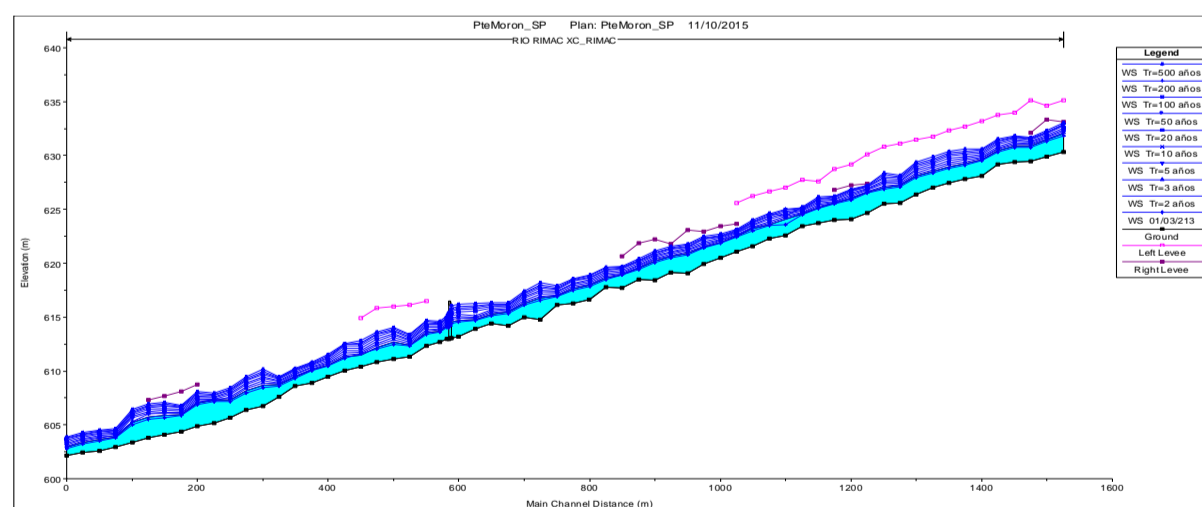
SECCION 0+000



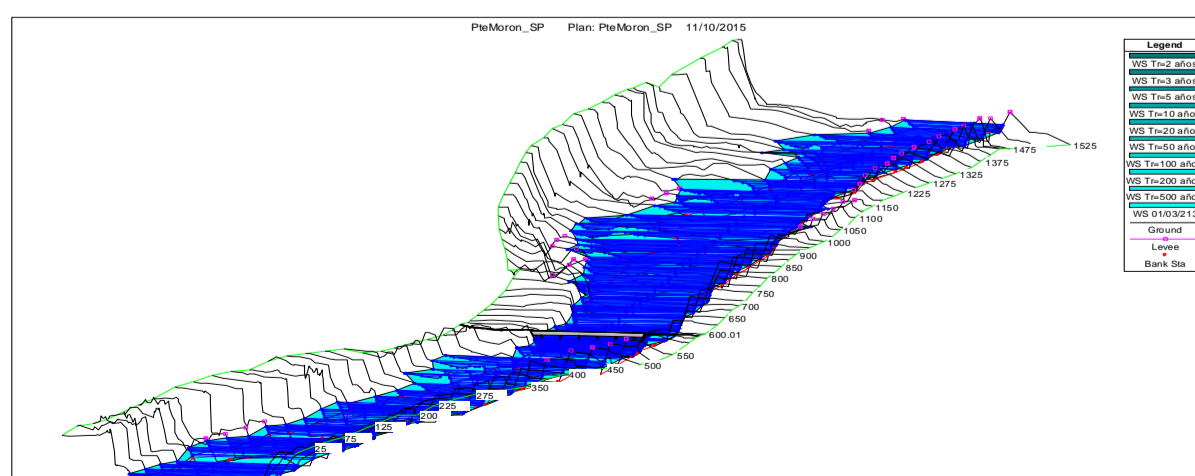
### 3. SALIDA DEL PROGRAMA HEC-RAS (VELOCIDAD Y NUMERO DE FROUDE)



### 4. SALIDA DEL PROGRAMA HEC-RAS (PERFIL LONGITUDINAL)




### 5. SALIDA DEL PROGRAMA HEC-RAS (PLANTA 3D)



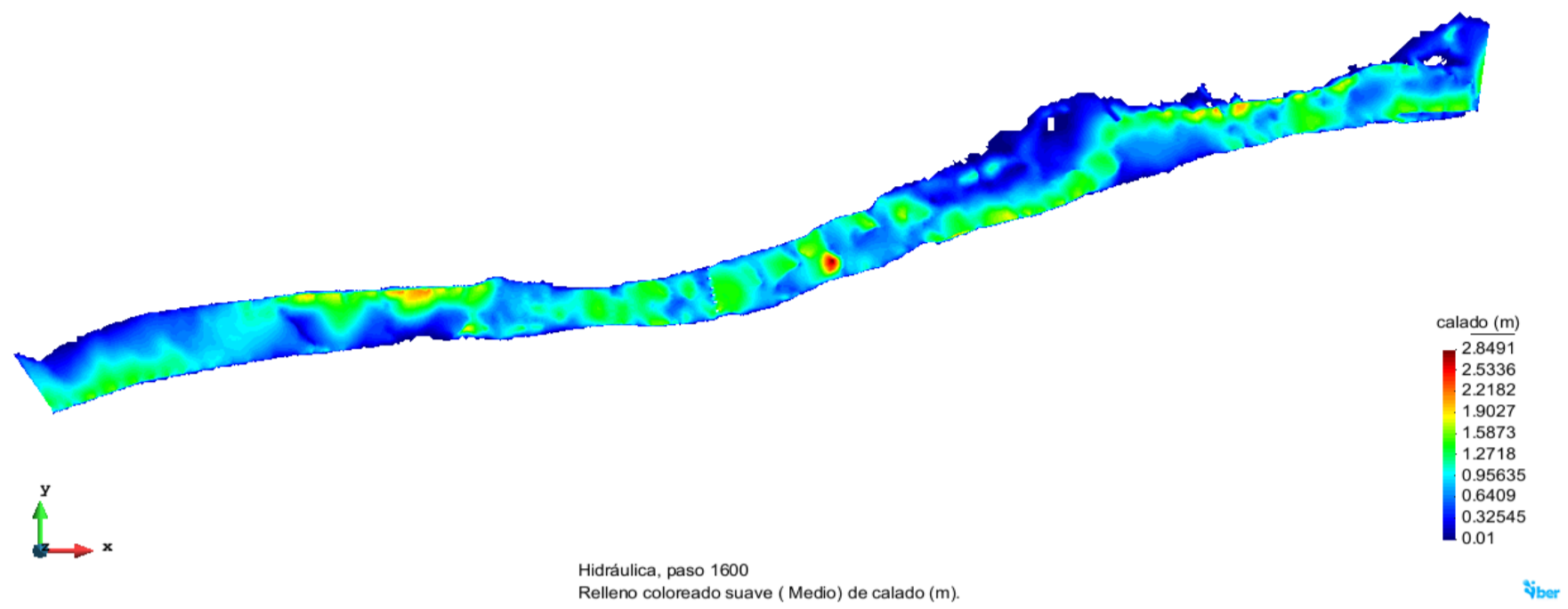
**ANEXO 10: SALIDA DEL PROGRAMA IBER**



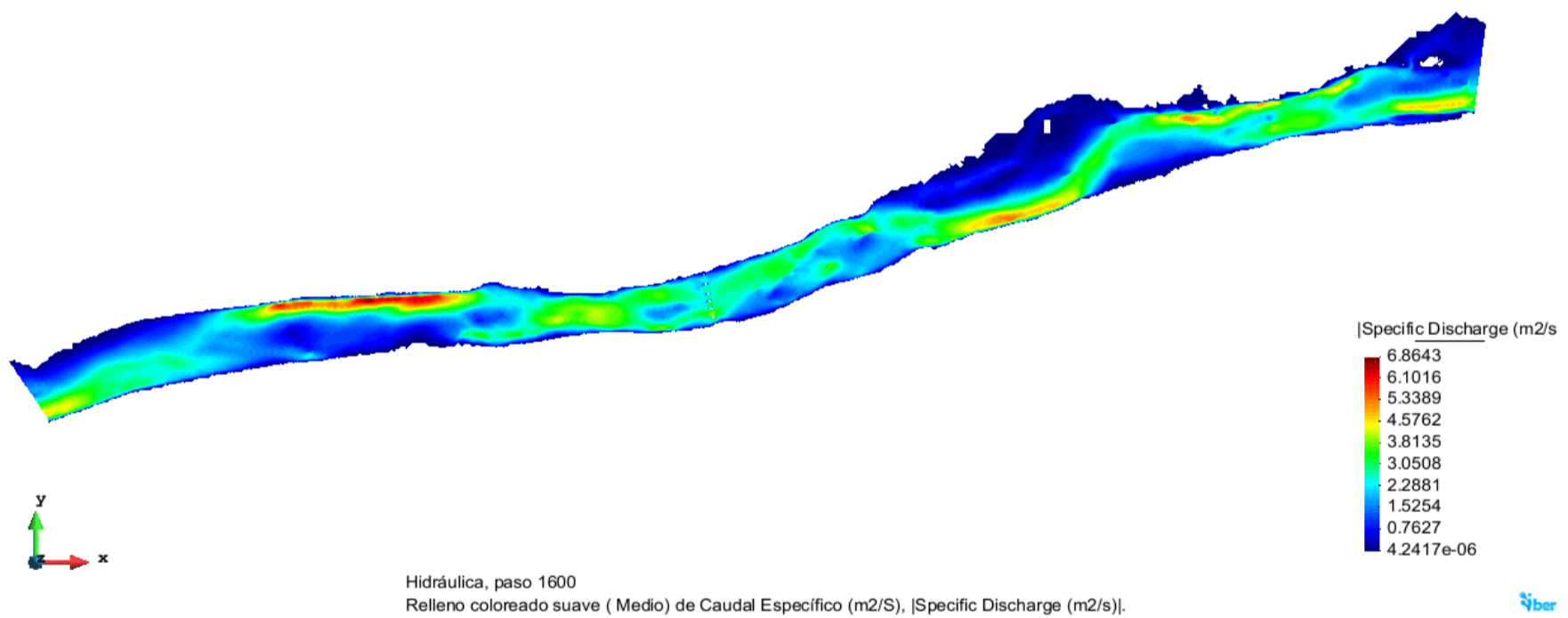
 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>			UNALM					
				Fecha:	Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	10	Revisión :	0

**1. SALIDA PROGRAMA IBER (TR=2 AÑOS, Q=159.6 M3/S)**

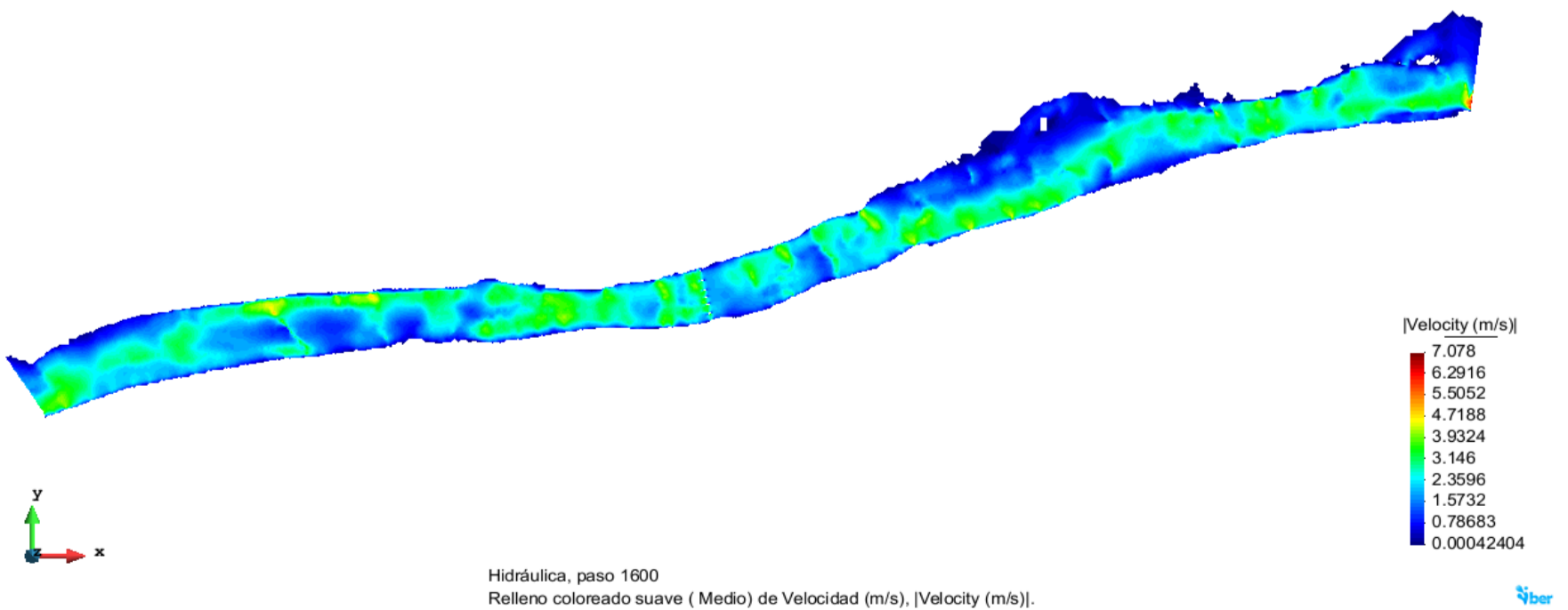
MAPA DE CALADOS




MAPA DE DESCARGA ESPECIFICA

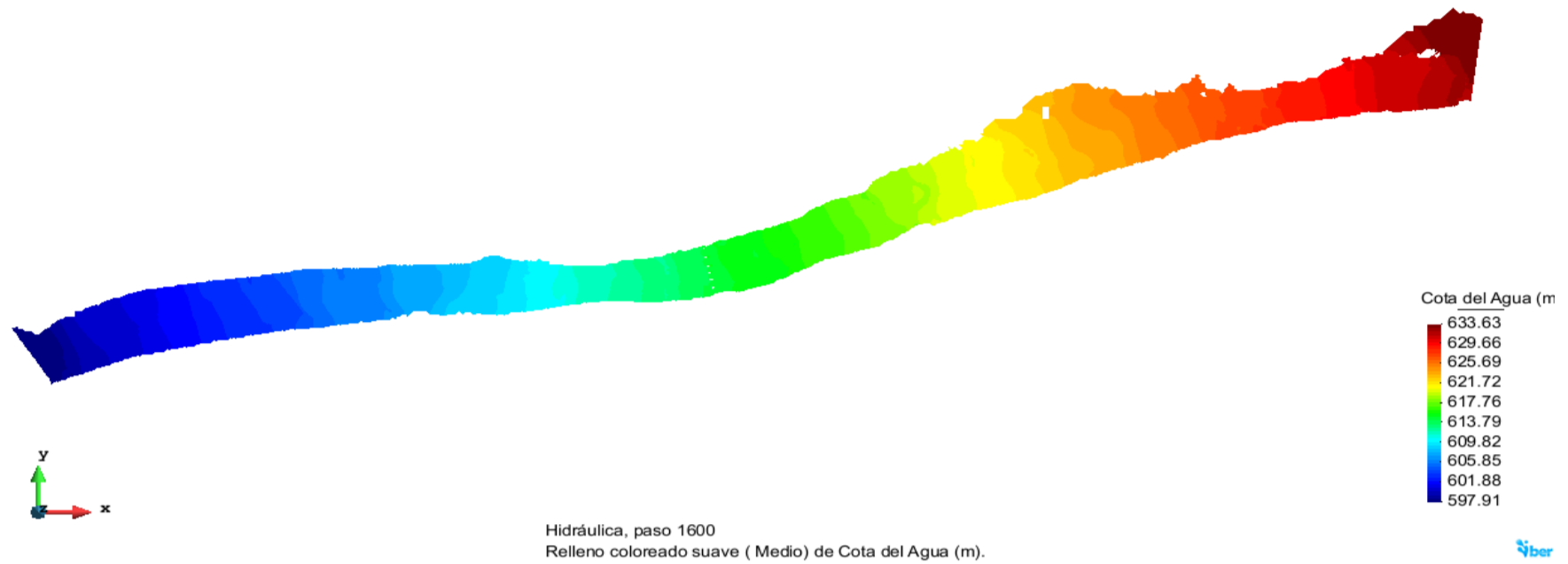


MAPA DE VELOCIDADES

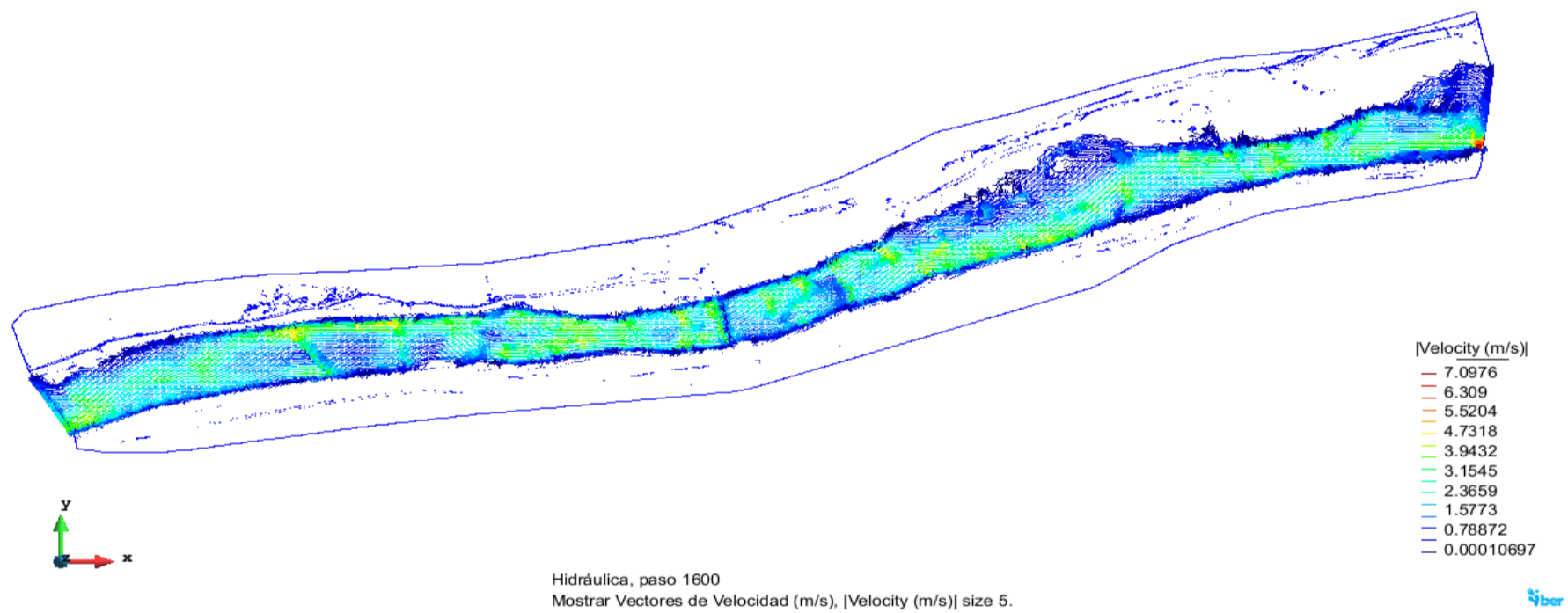


 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>			UNALM					
				Fecha:		Mar-21			
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	10	Revisión :	0

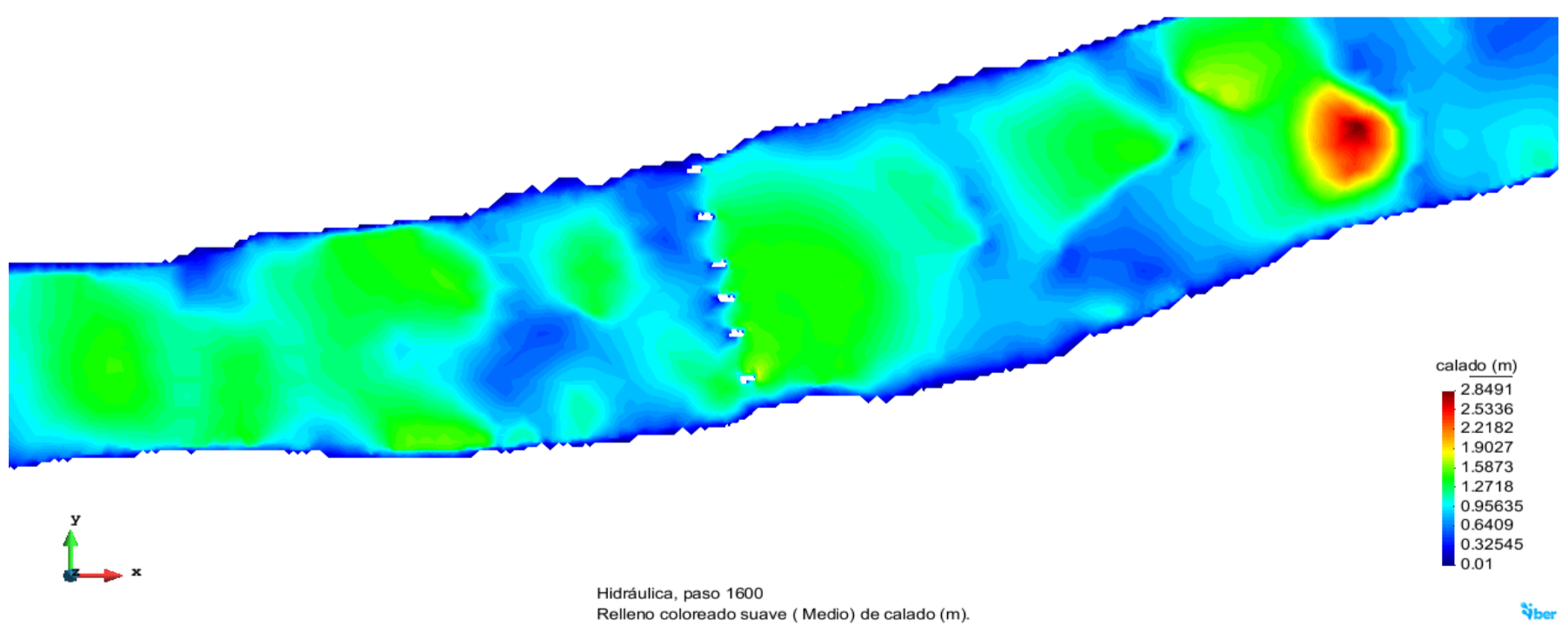
MAPA DE COTA DE AGUA




MAPA DE VECTORES DE VELOCIDAD

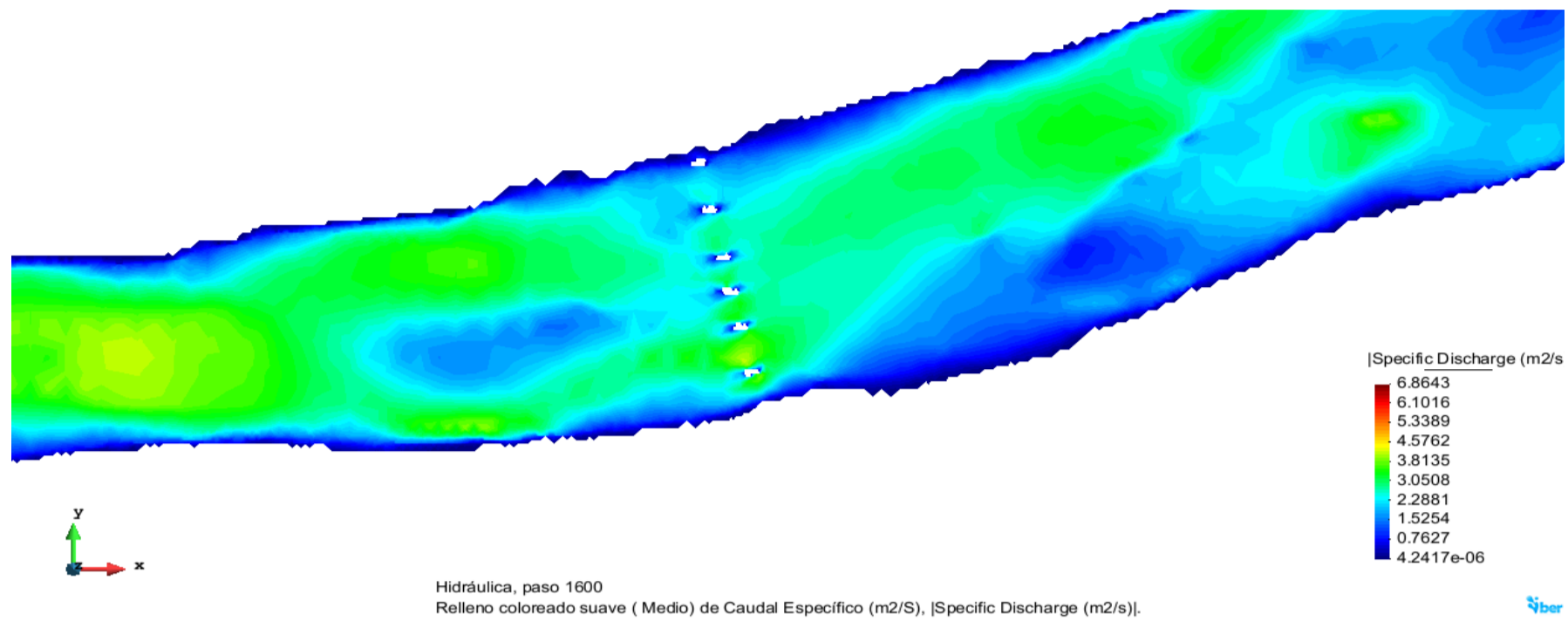


MAPA DE CALADO EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE

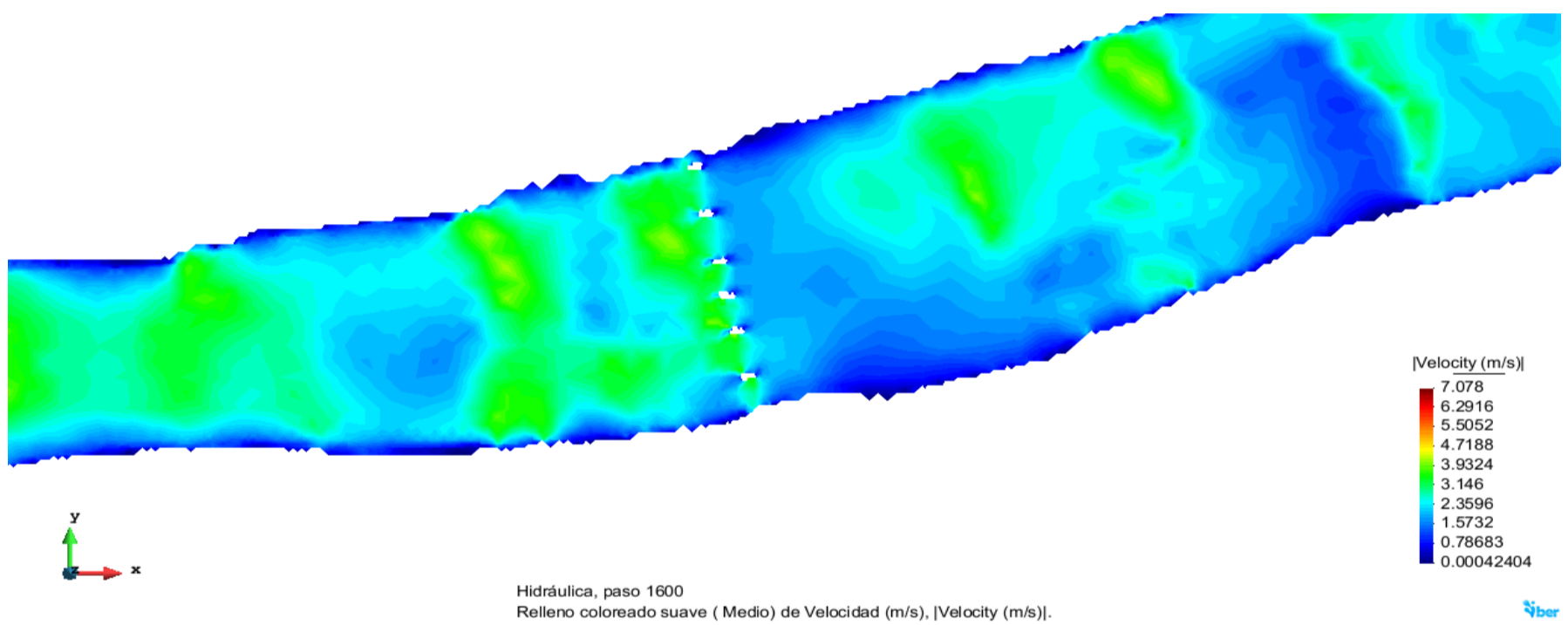


 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>			UNALM					
				Fecha:	Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	10	Revisión :	0

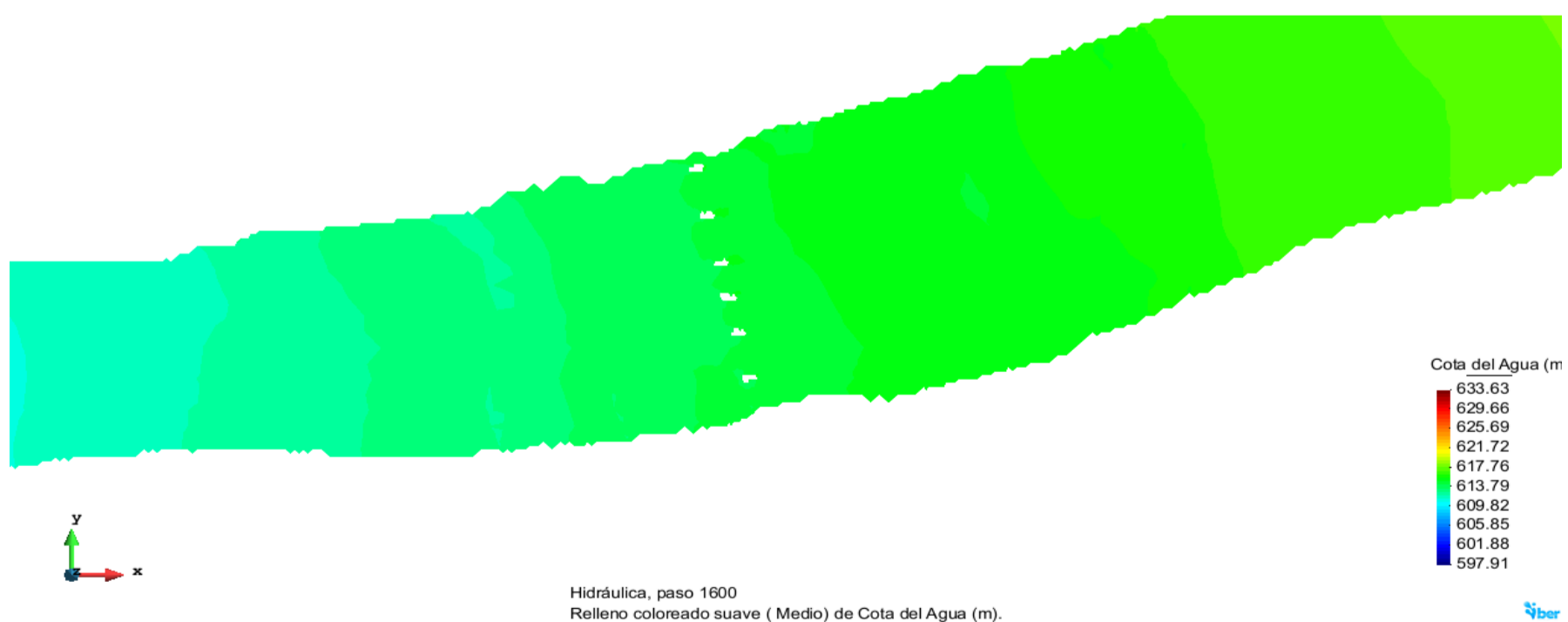
MAPA DE DESCARGA ESPECIFICA EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE




MAPA DE VELOCIDADES EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE

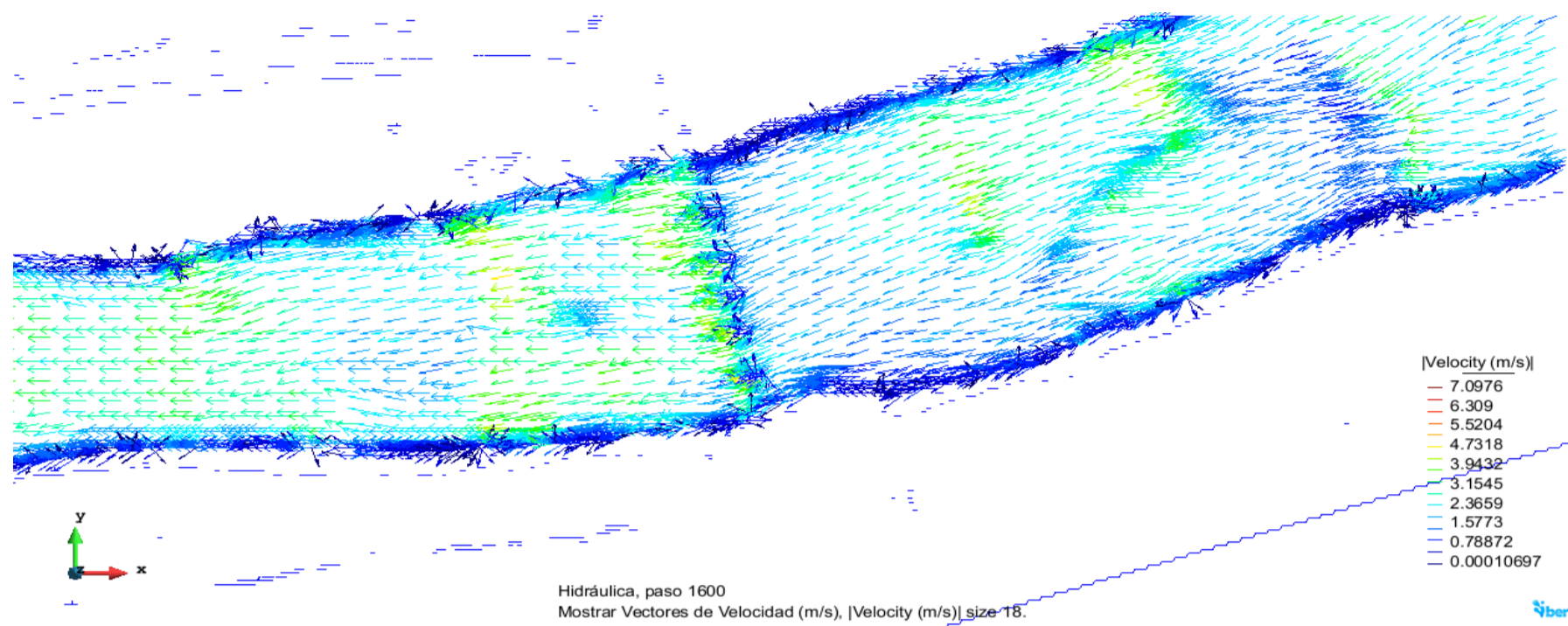


MAPA DE COTA DE AGUA EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE

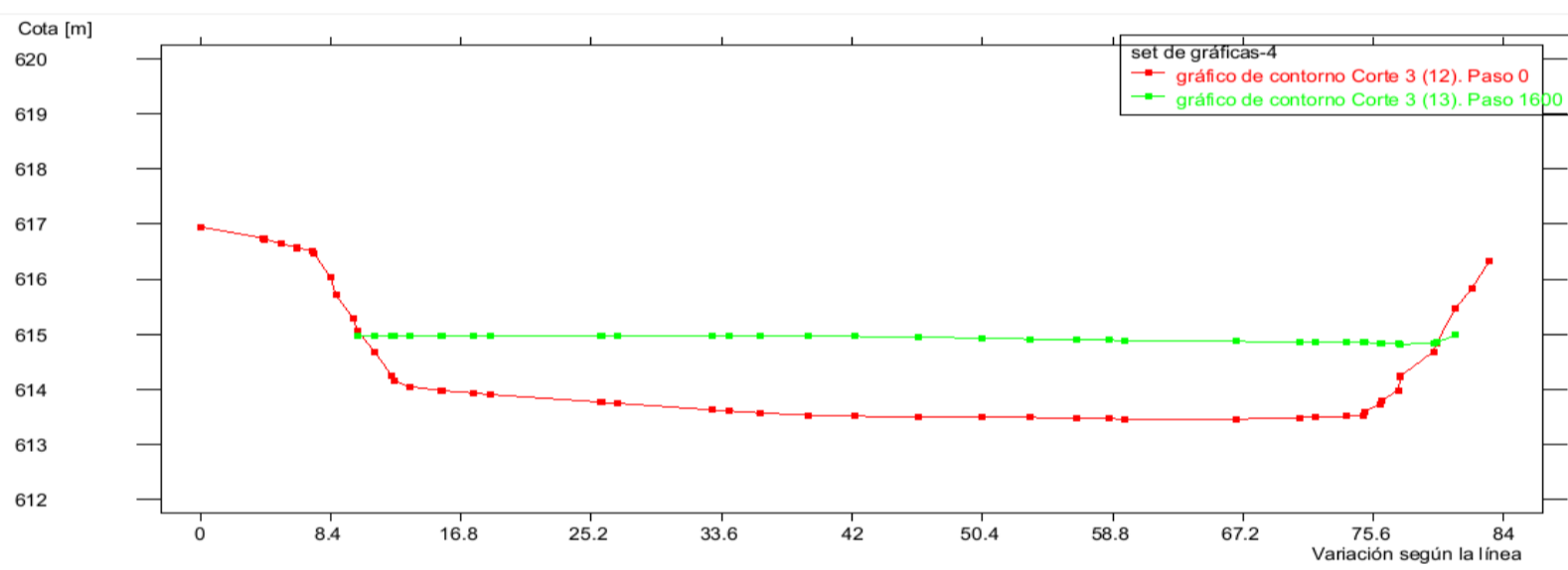


 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>			UNALM	
				Fecha:	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos	
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis
				Anexo:	10
				Revisión :	0

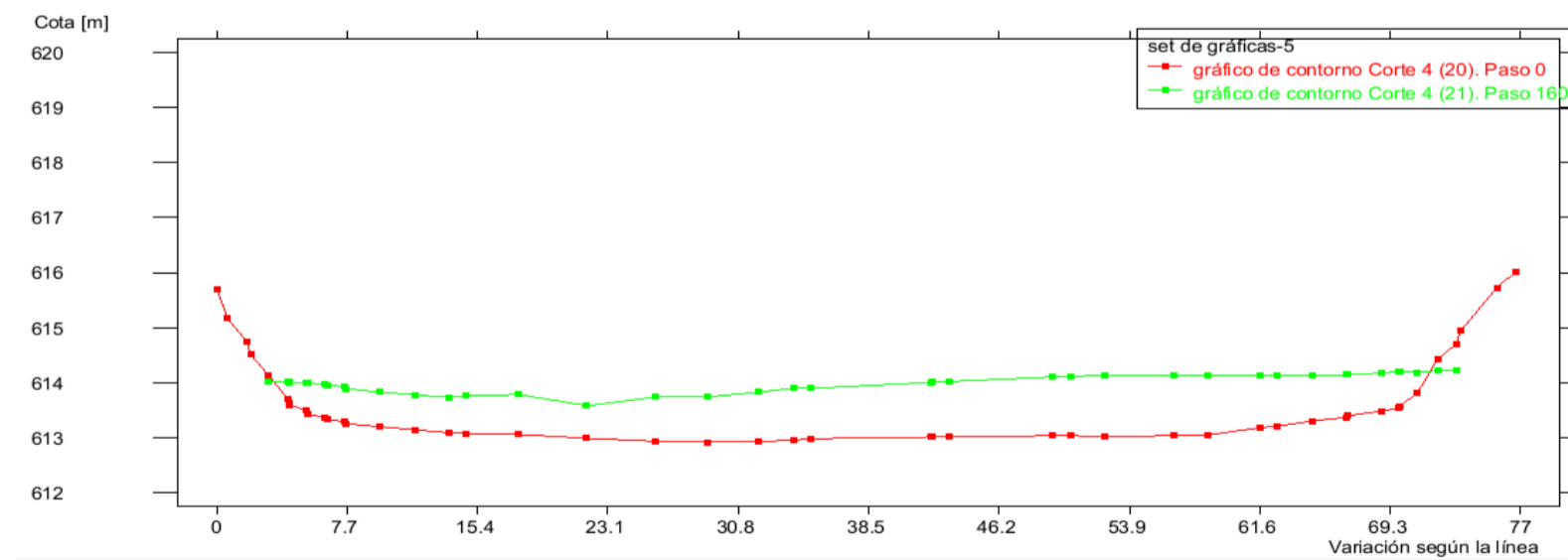
MAPA DE VECTORES DE VELOCIDAD EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE




SECCION TRANSVERSAL AGUAS ARRIBA DEL PUENTE



SECCION TRANSVERSAL AGUAS ABAJO DEL PUENTE

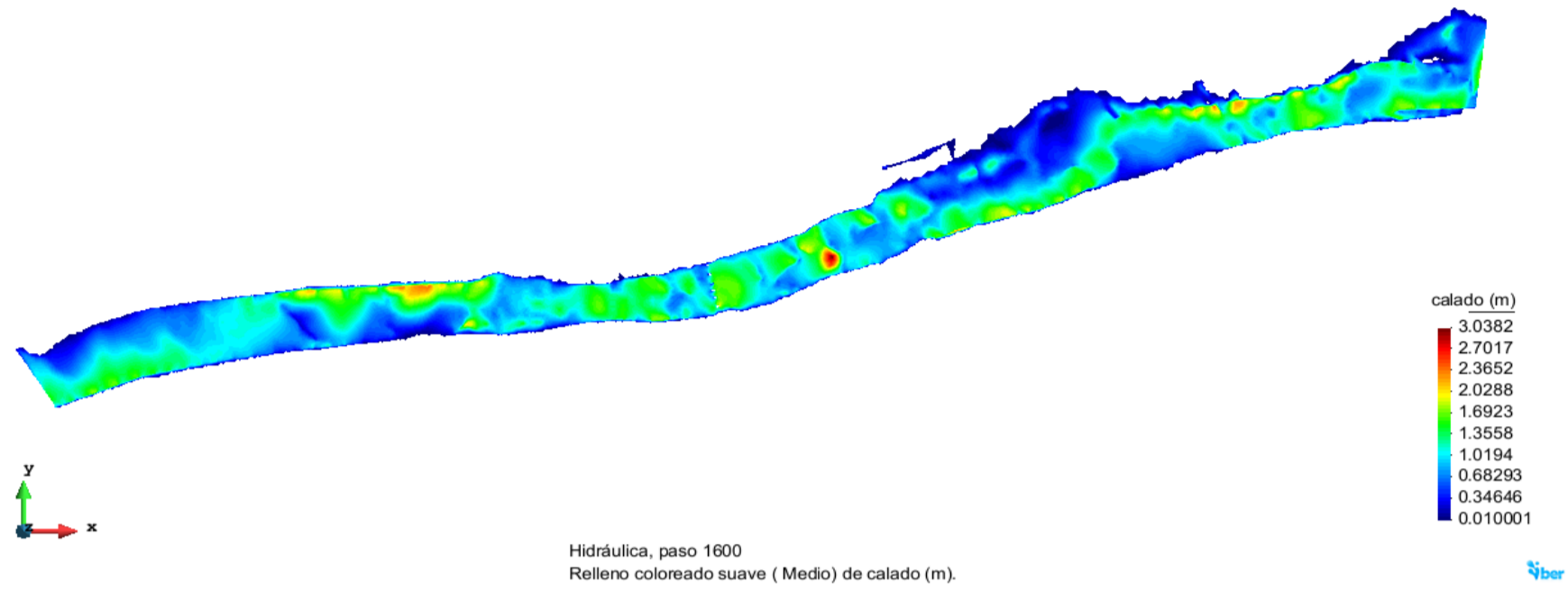




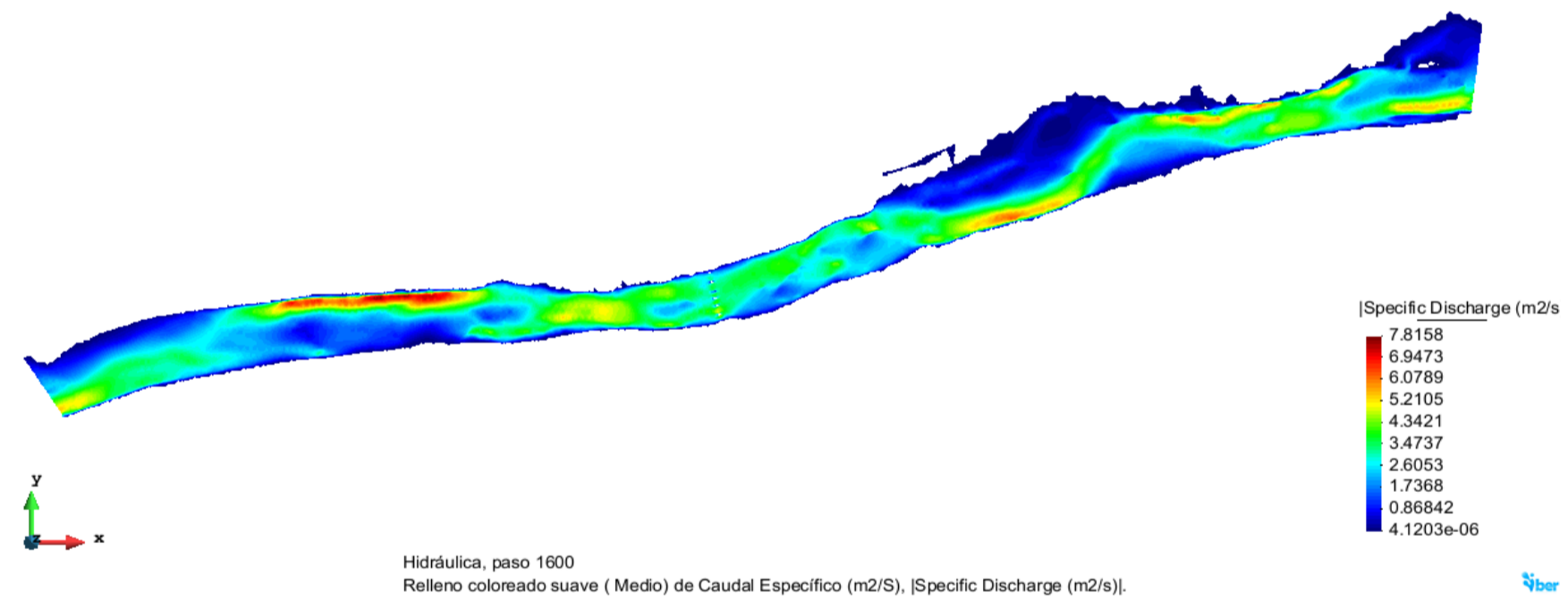
 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>			UNALM					
				Fecha:		Mar-21			
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	10	Revisión :	0

**2. SALIDA PROGRAMA IBER (TR=3 AÑOS, Q=199.3 M3/S)**

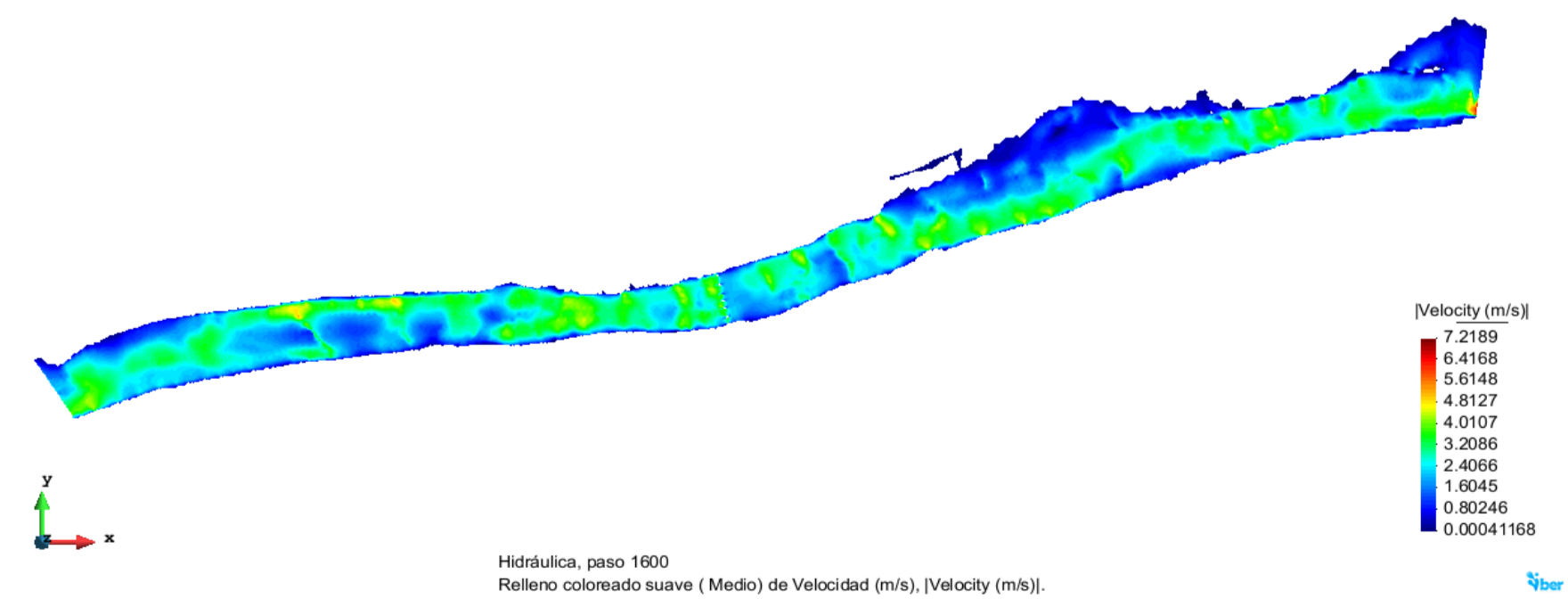
**MAPA DE CALADOS**




**MAPA DE DESCARGA ESPECIFICA**

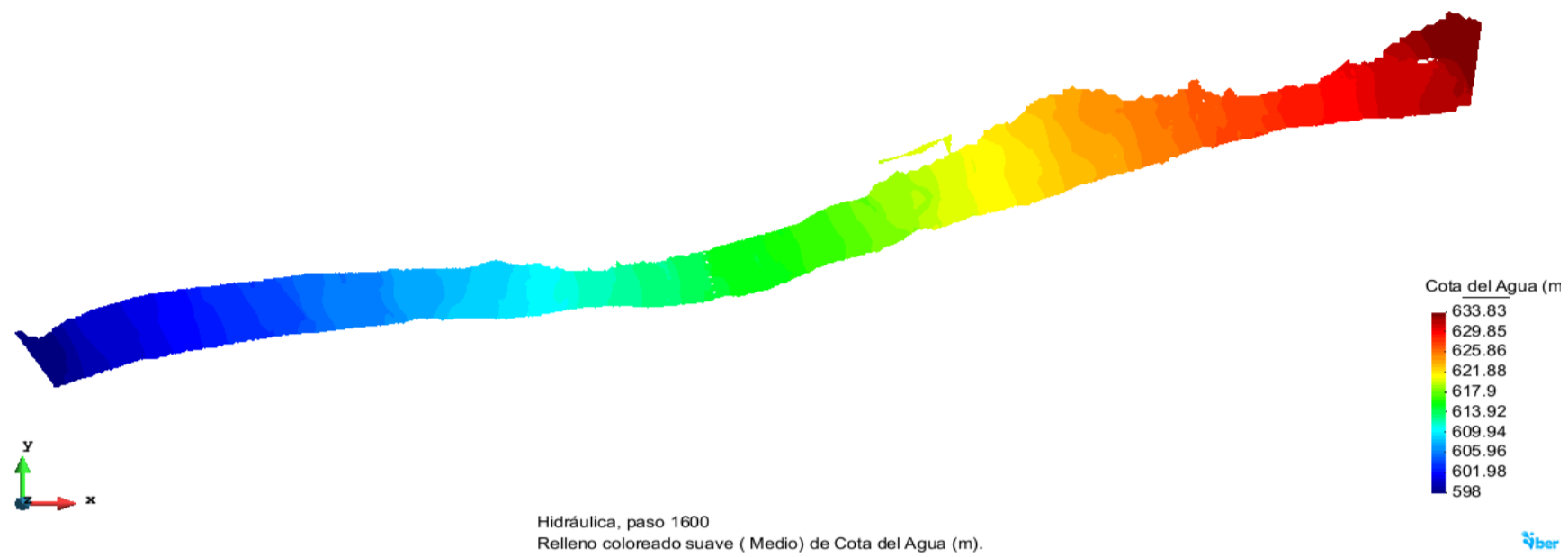


**MAPA DE VELOCIDADES**

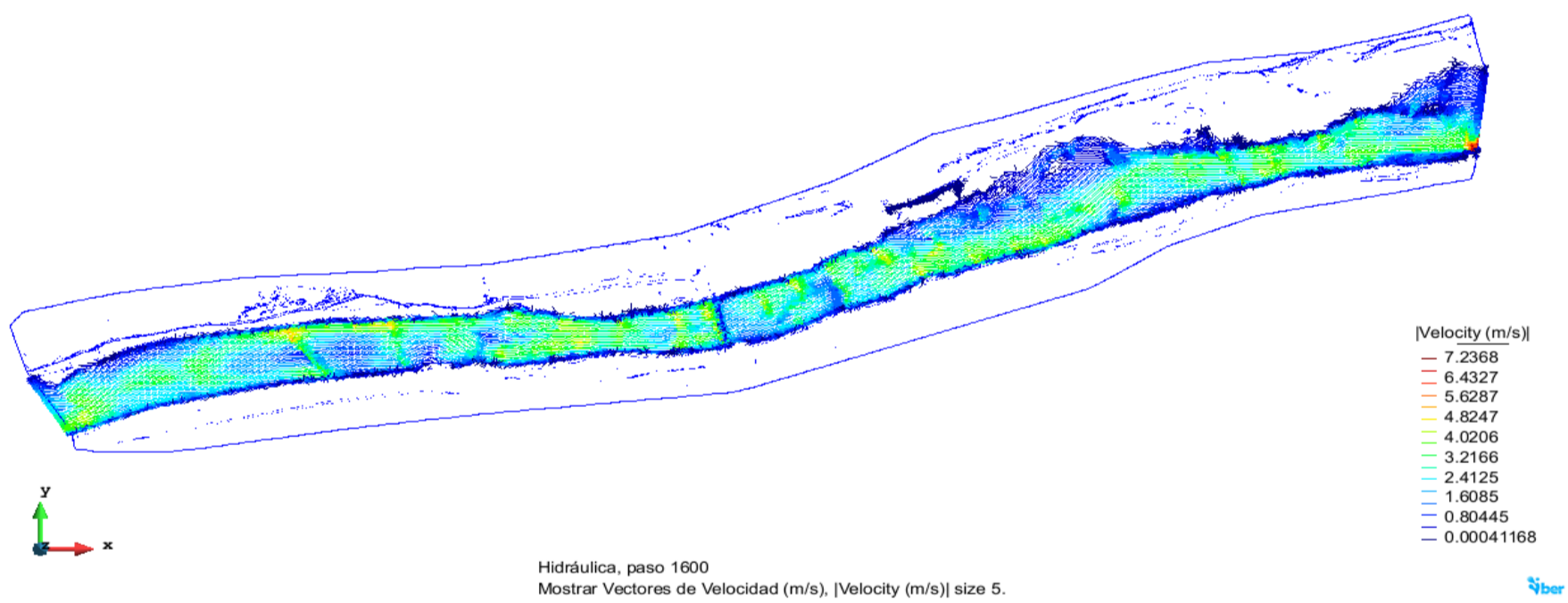


 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>			UNALM	
				Fecha:	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos	
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis
				Anexo:	10
				Revisión :	0

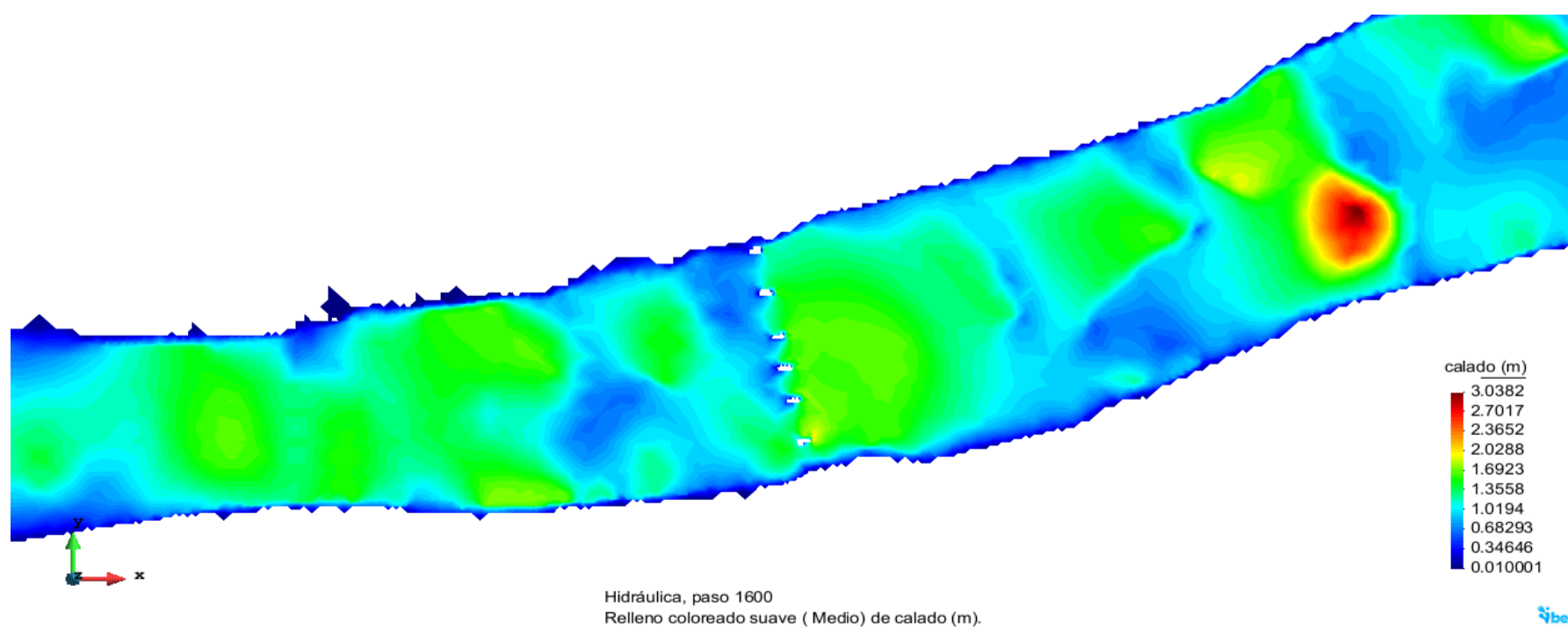
MAPA DE COTA DE AGUA




MAPA DE VECTORES DE VELOCIDAD

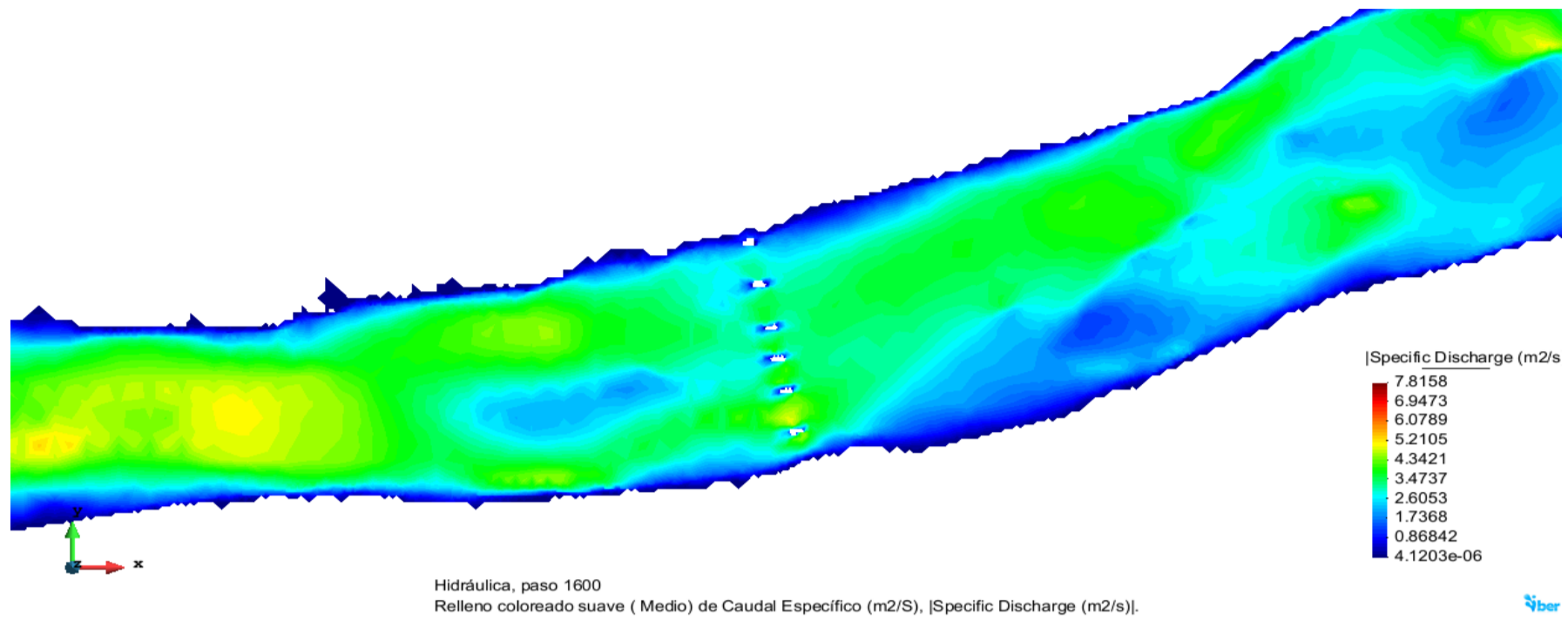


MAPA DE CALADO EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE

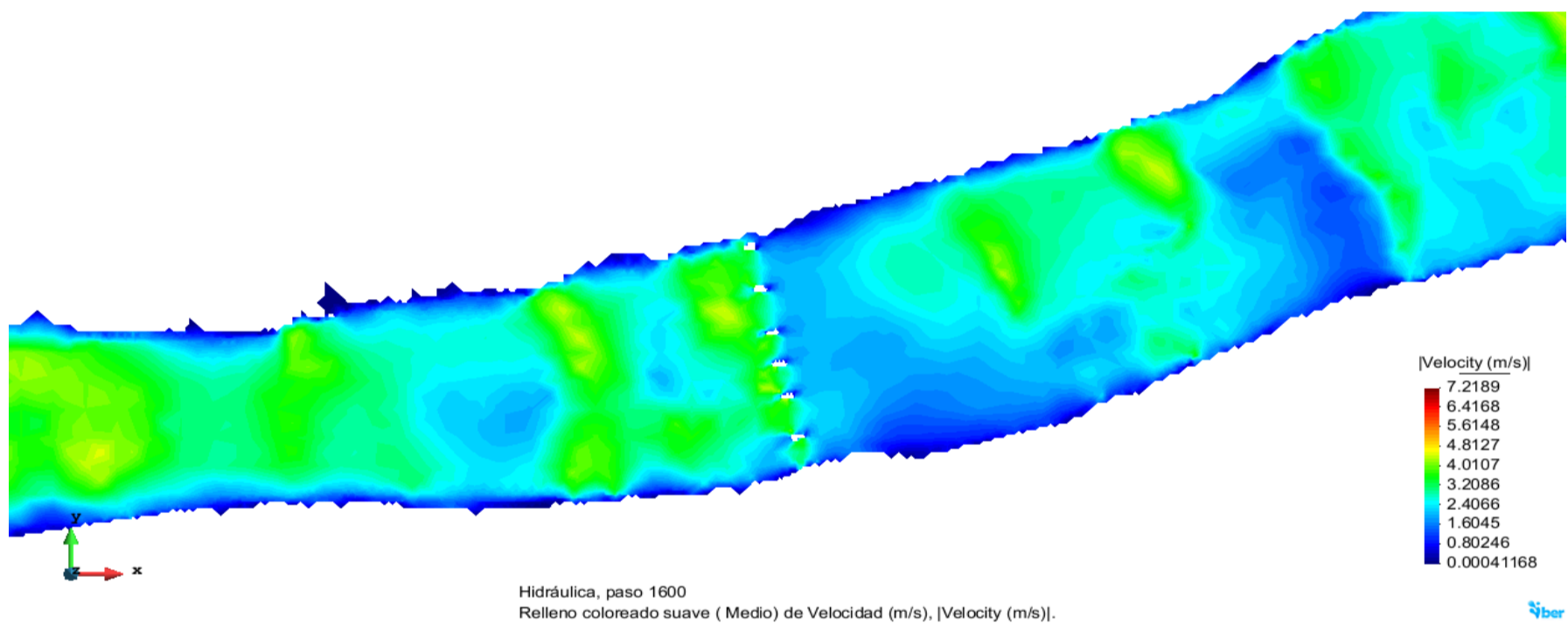


 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>			UNALM					
				Fecha:	Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	10	Revisión :	0

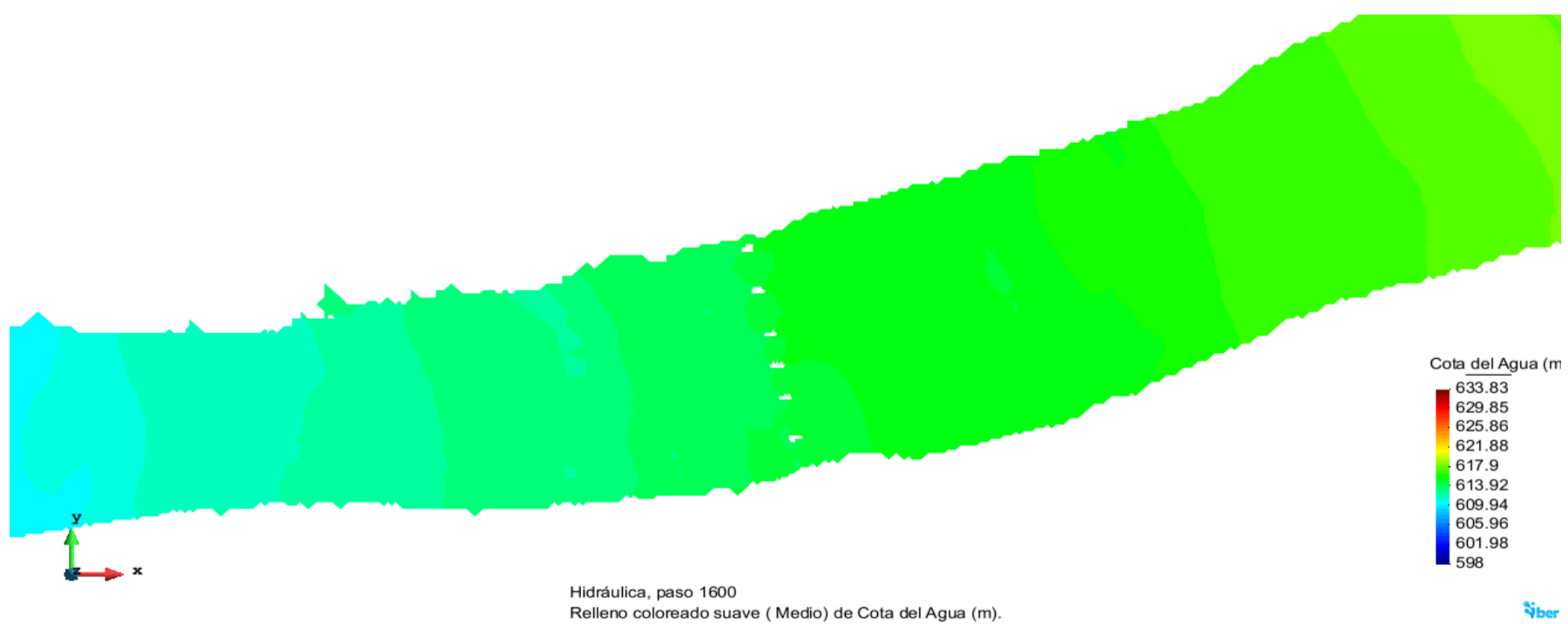
MAPA DE DESCARGA ESPECIFICA EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE




MAPA DE VELOCIDADES EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE

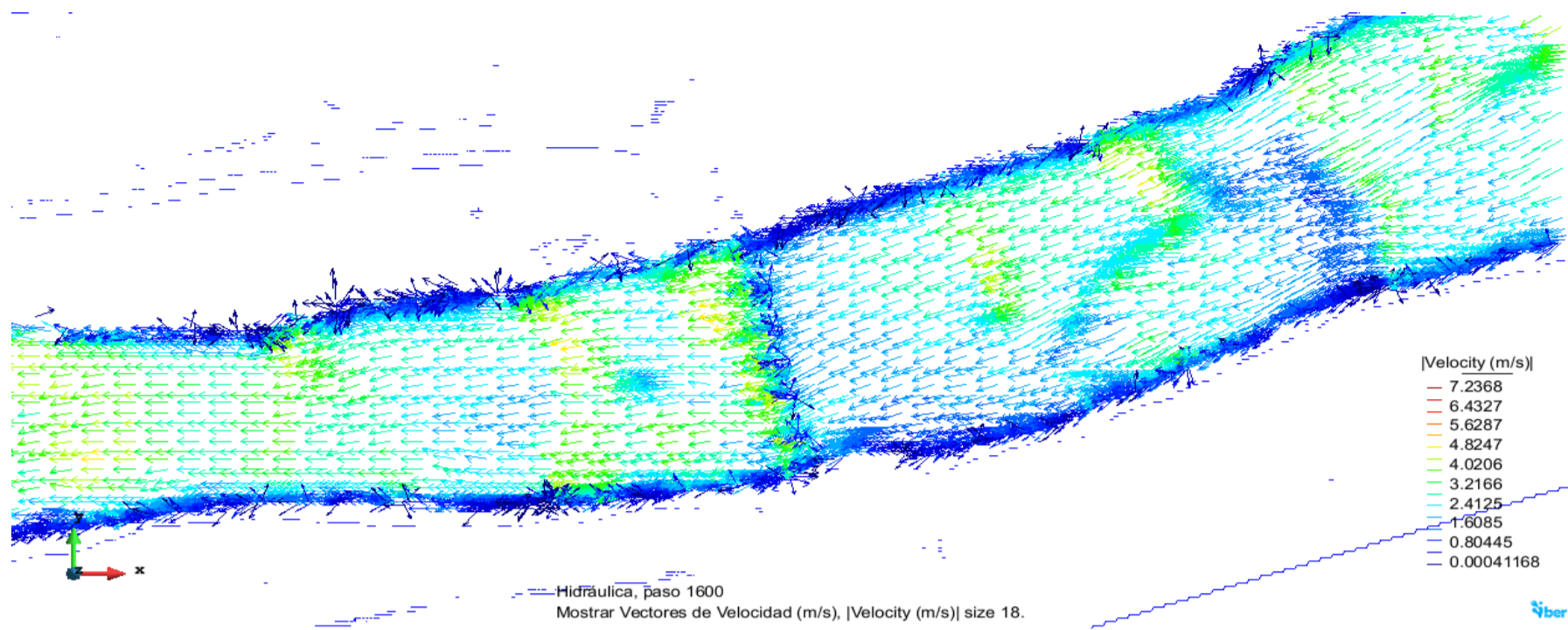


MAPA DE COTA DE AGUA EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE

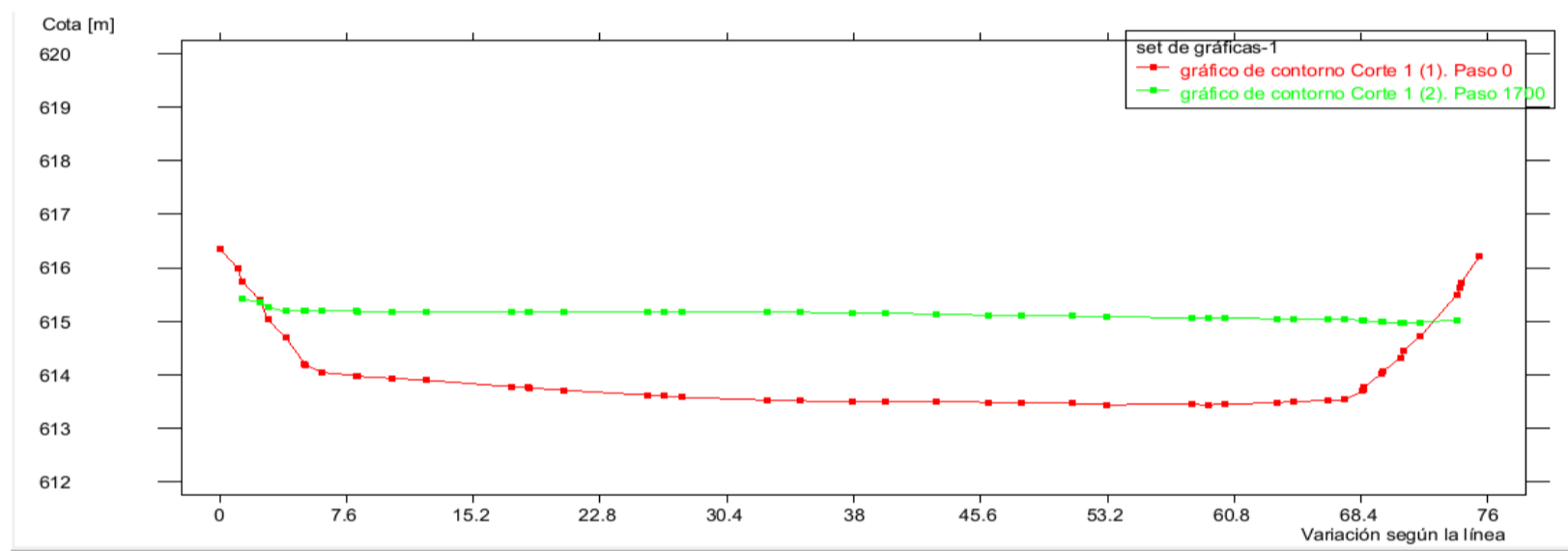


 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>				UNALM
					Fecha:
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"					Maetria: Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis
					Anexo: 10
					Revisión : 0

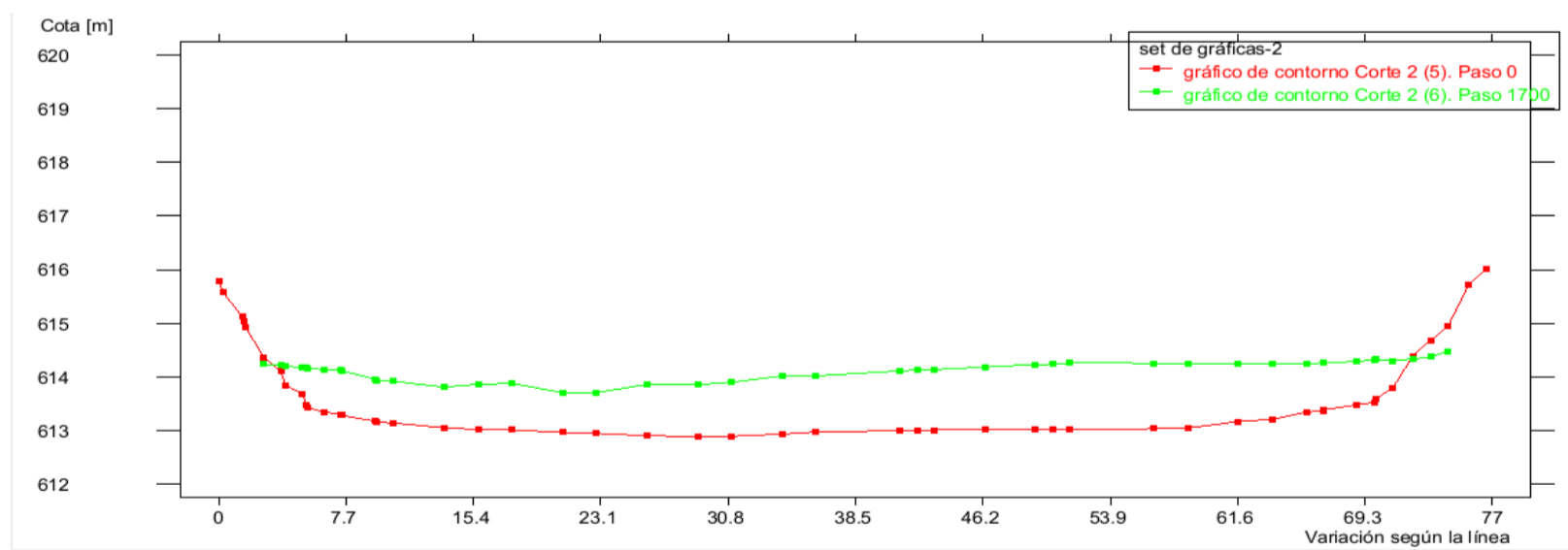
MAPA DE VECTORES DE VELOCIDAD EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE




SECCION TRANSVERSAL AGUAS ARRIBA DEL PUENTE



SECCION TRANSVERSAL AGUAS ABAJO DEL PUENTE

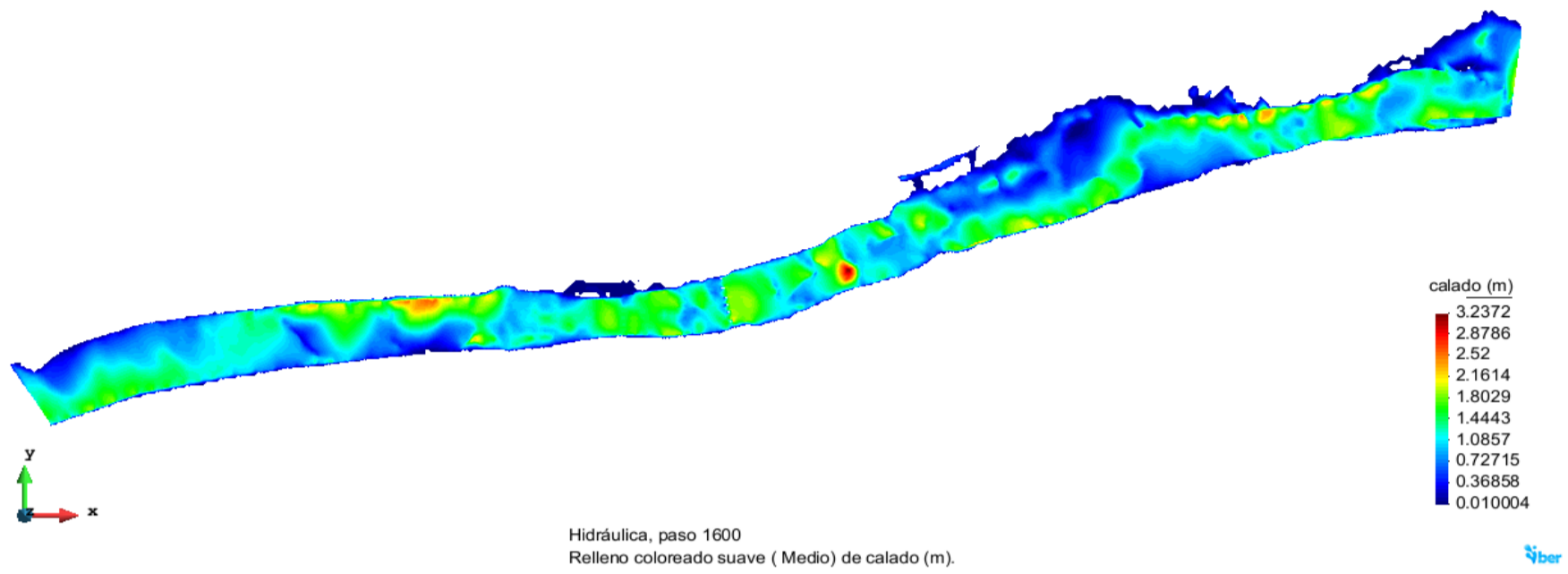




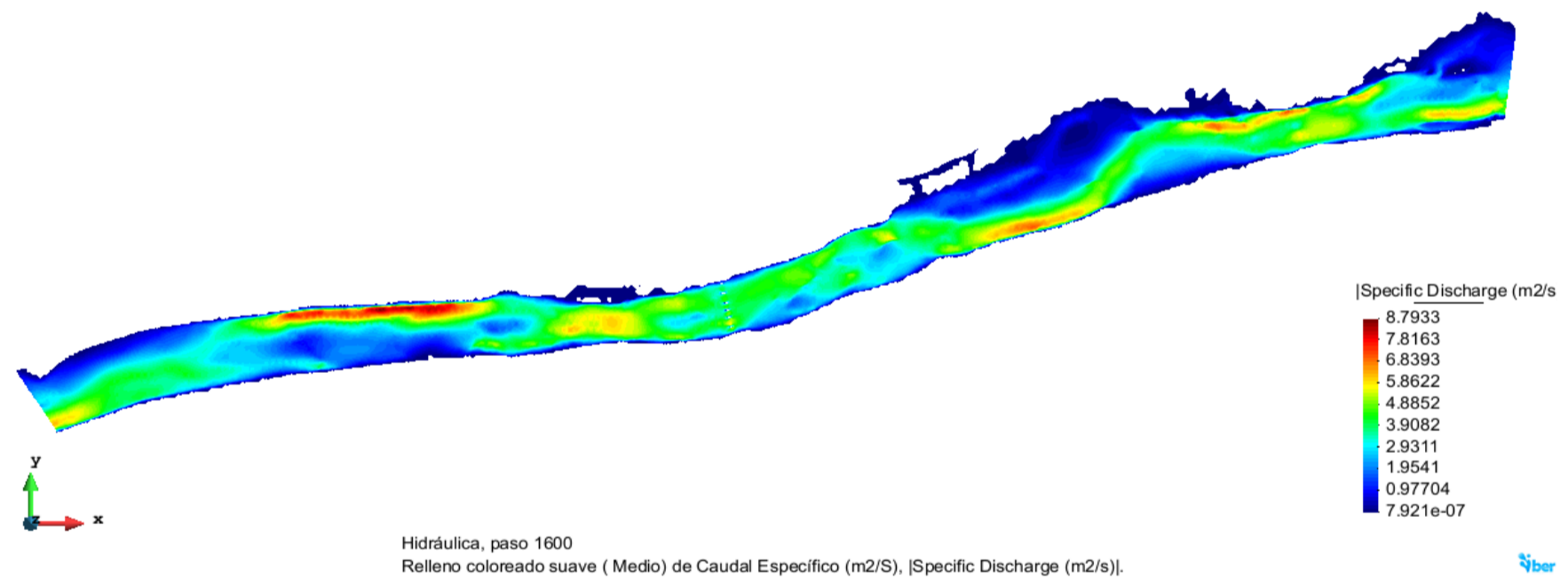
 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>			UNALM	
				Fecha:	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos	
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis
				Anexo:	10
				Revisión :	0

**3. SALIDA PROGRAMA IBER (TR=5 AÑOS, Q=244.3 M3/S)**

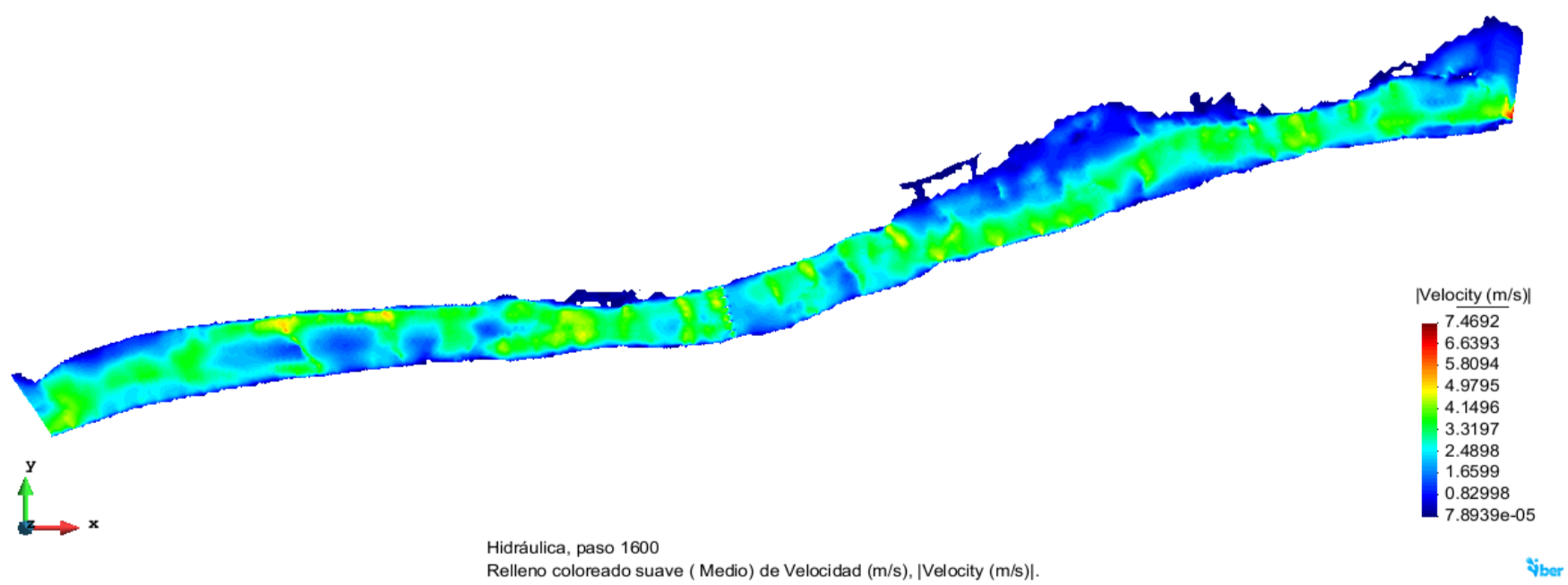
MAPA DE CALADOS




MAPA DE DESCARGA ESPECIFICA

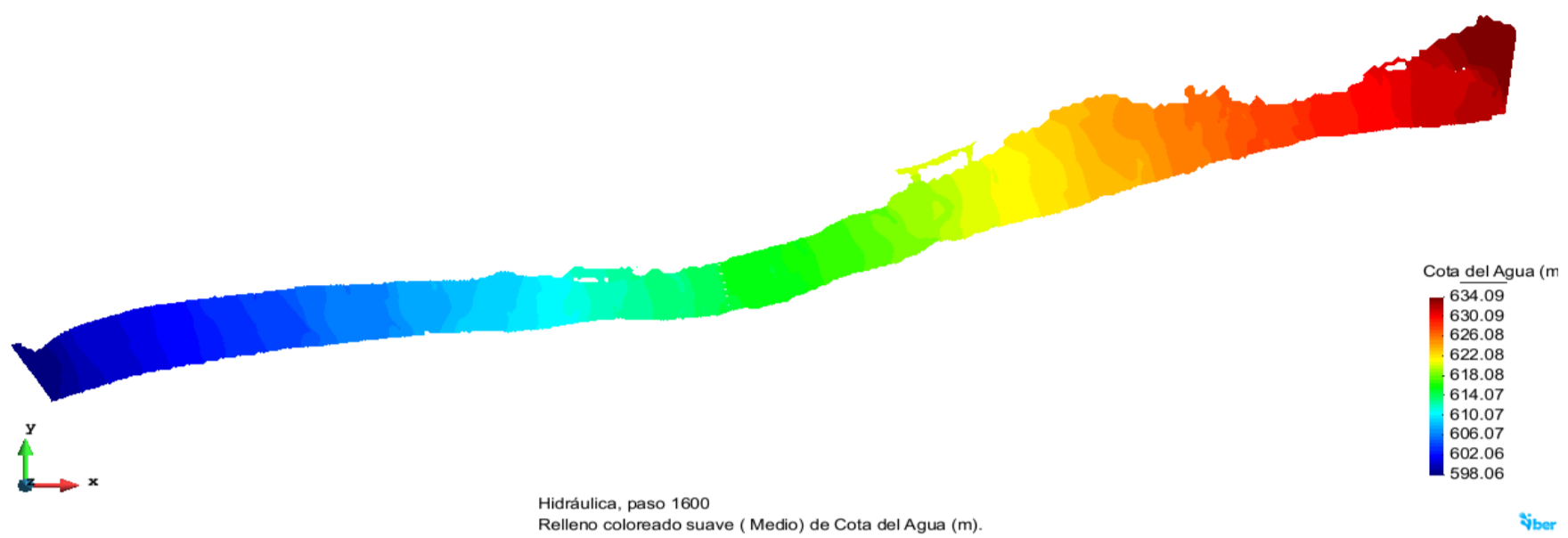


MAPA DE VELOCIDADES

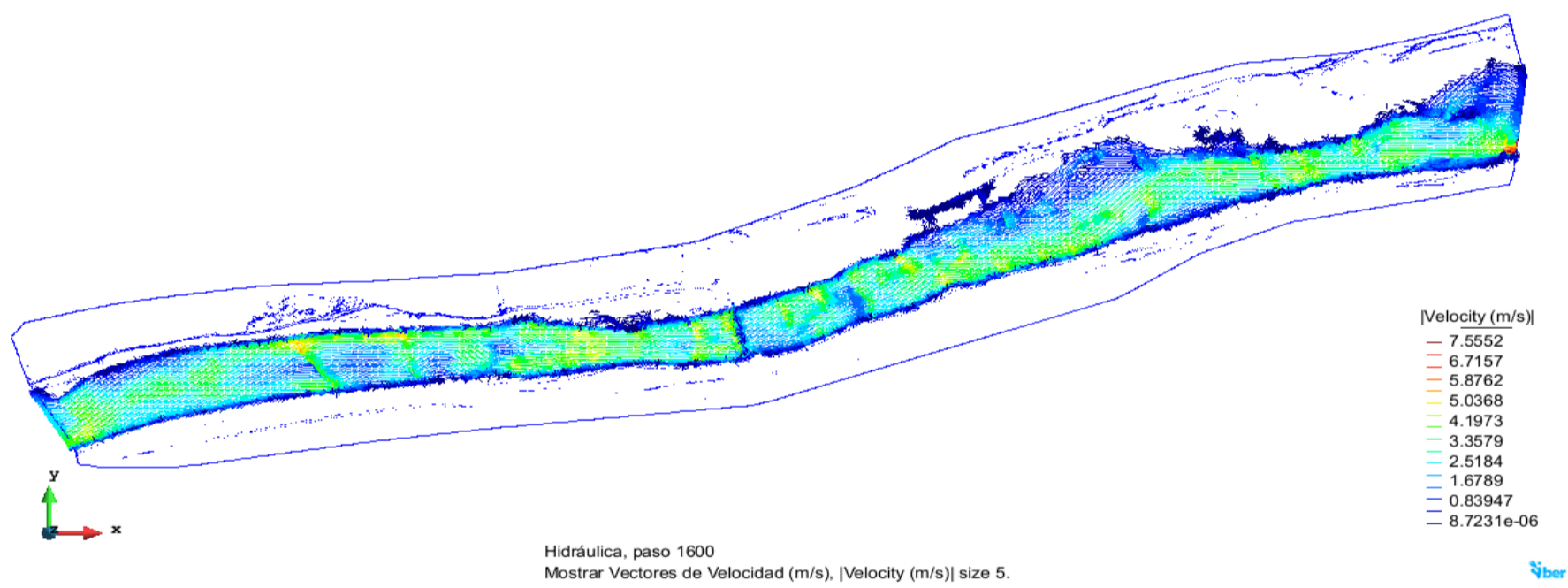


 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUOLA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>			UNALM					
				Fecha:		Mar-21			
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	10	Revisión :	0

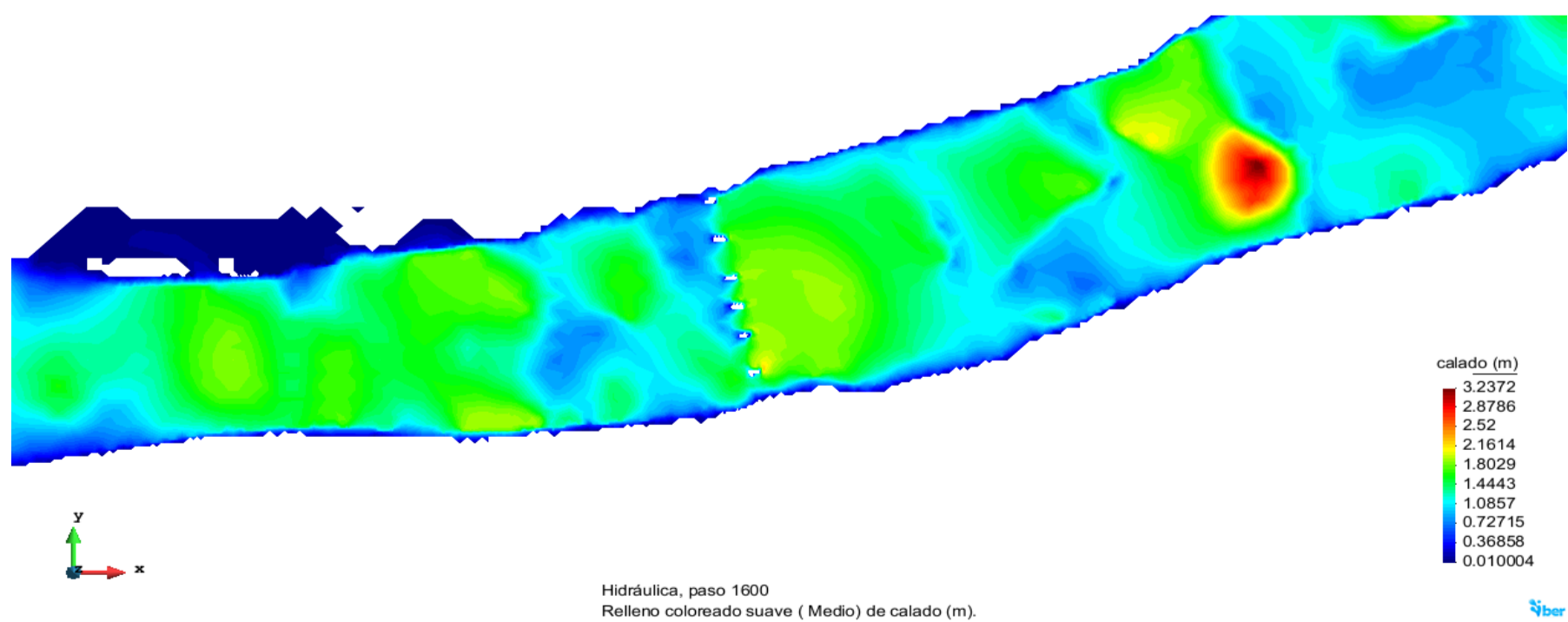
MAPA DE COTA DE AGUA




MAPA DE VECTORES DE VELOCIDAD

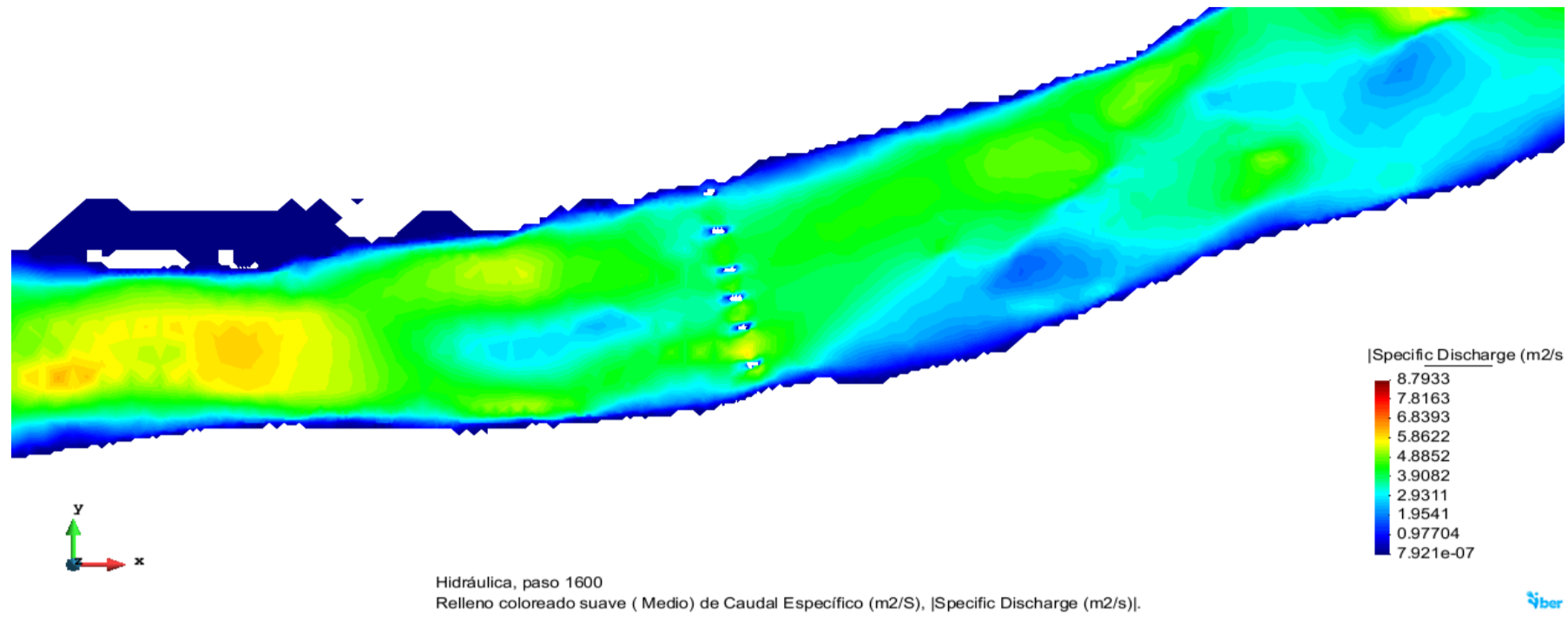


MAPA DE CALADO EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE

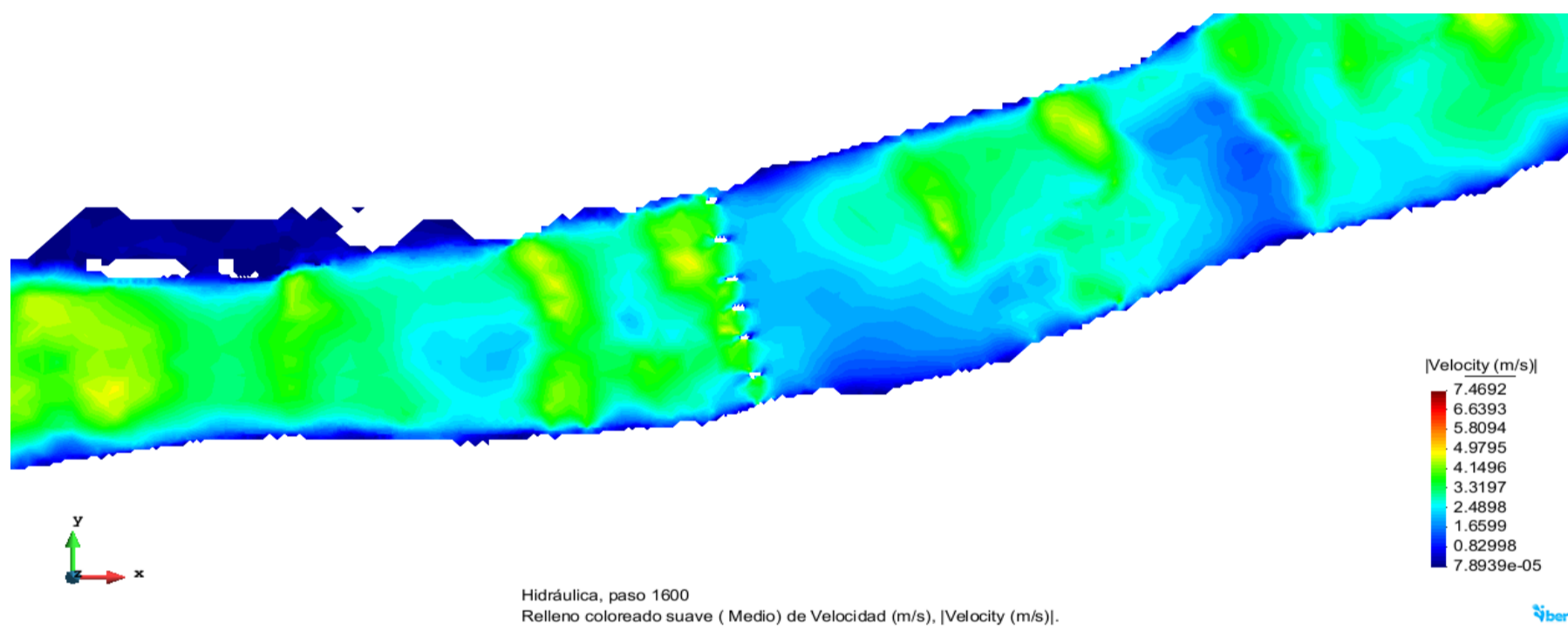


 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>				UNALM
					Fecha:
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"					Maetria: Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis
				Anexo:	10
					Revisión : 0

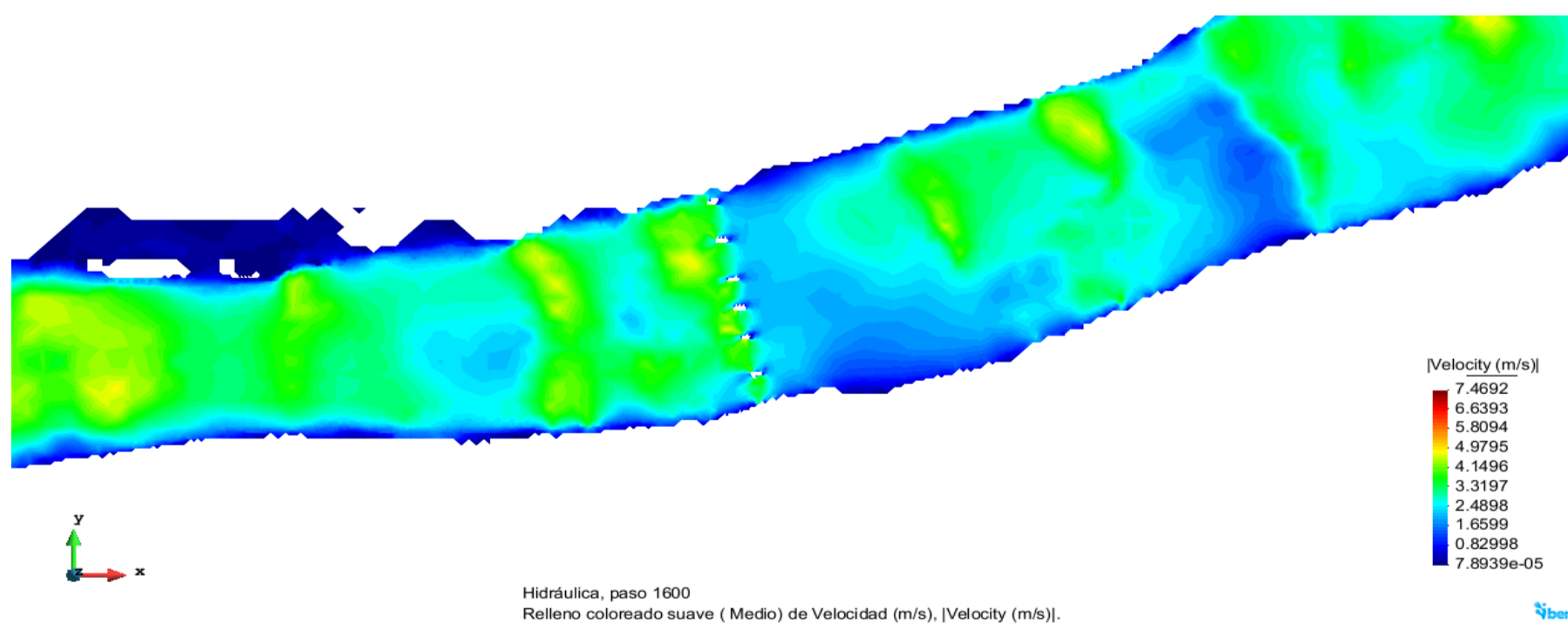
MAPA DE DESCARGA ESPECIFICA EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE




MAPA DE VELOCIDADES EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE

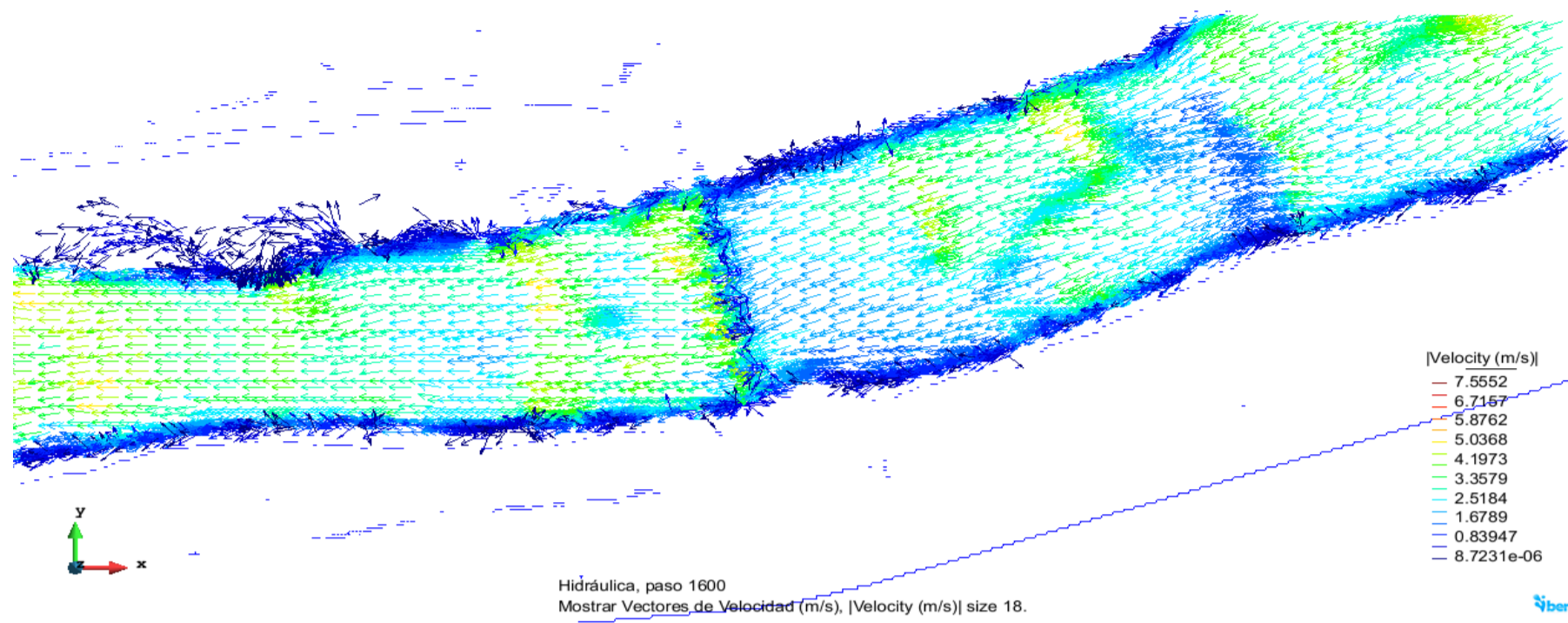


MAPA DE COTA DE AGUA EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE

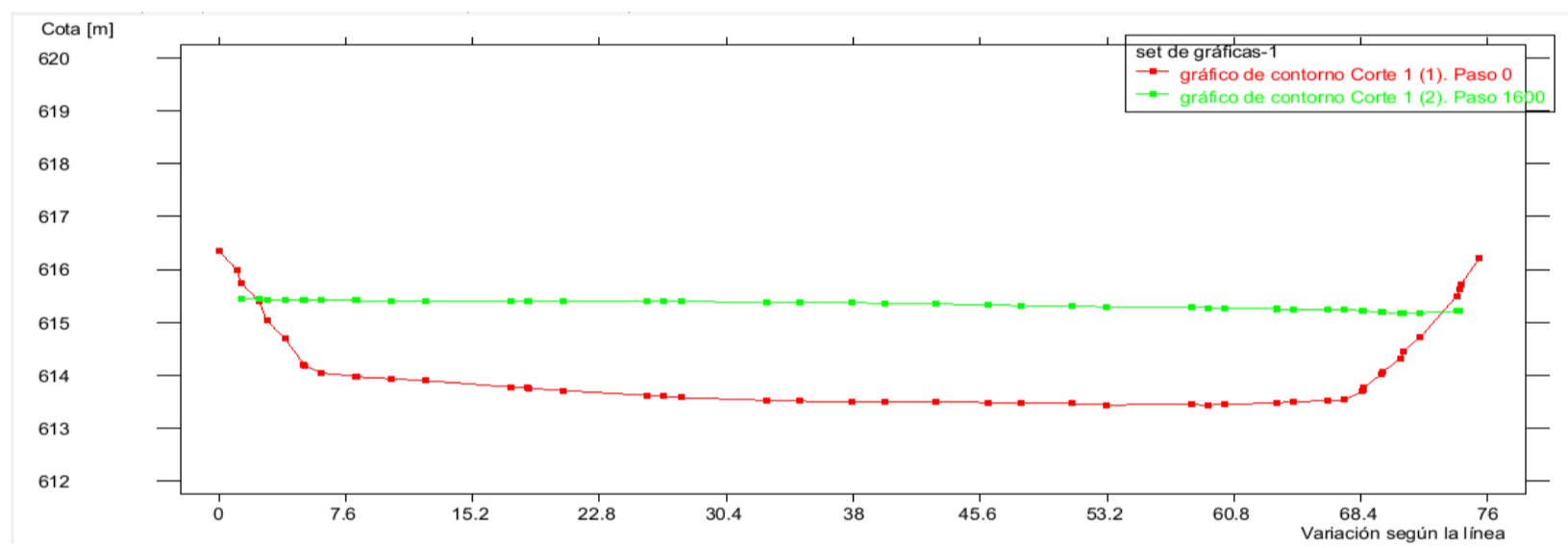


 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>			UNALM					
				Fecha:	Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	10	Revisión :	0

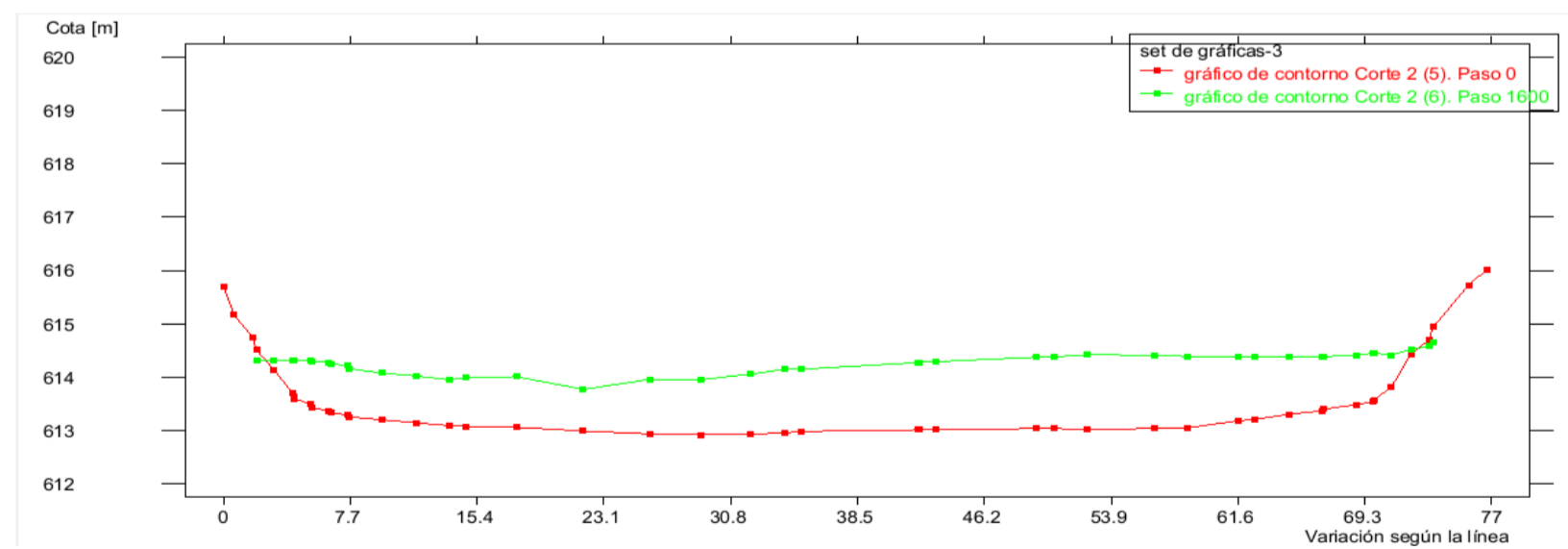
MAPA DE VECTORES DE VELOCIDAD EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE




SECCION TRANSVERSAL AGUAS ARRIBA DEL PUENTE



SECCION TRANSVERSAL AGUAS ABAJO DEL PUENTE

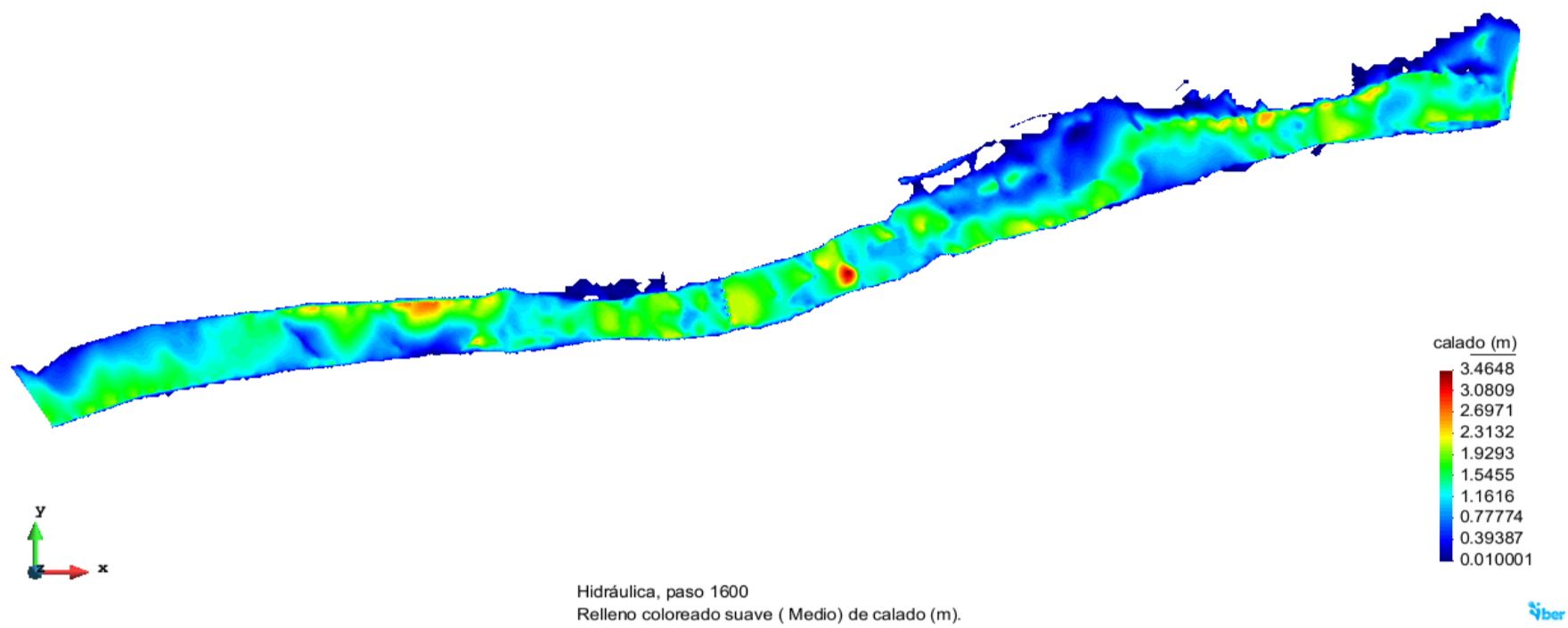




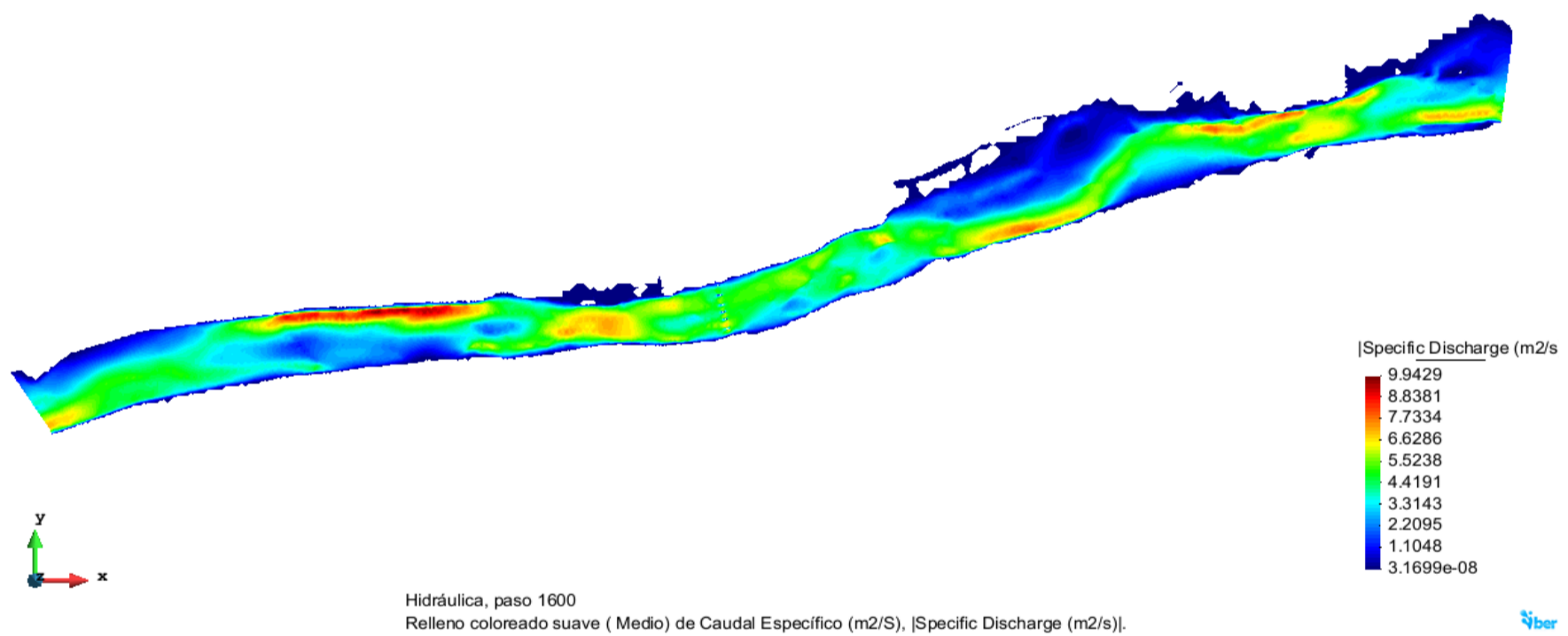
 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>			UNALM
				Fecha:
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por: SPVB	Revisado por: TOVB	Emitido para: Tesis	Anexo: 10	Revisión : 0

**4. SALIDA PROGRAMA IBER (TR=10 AÑOS, Q=300.5 M3/S)**

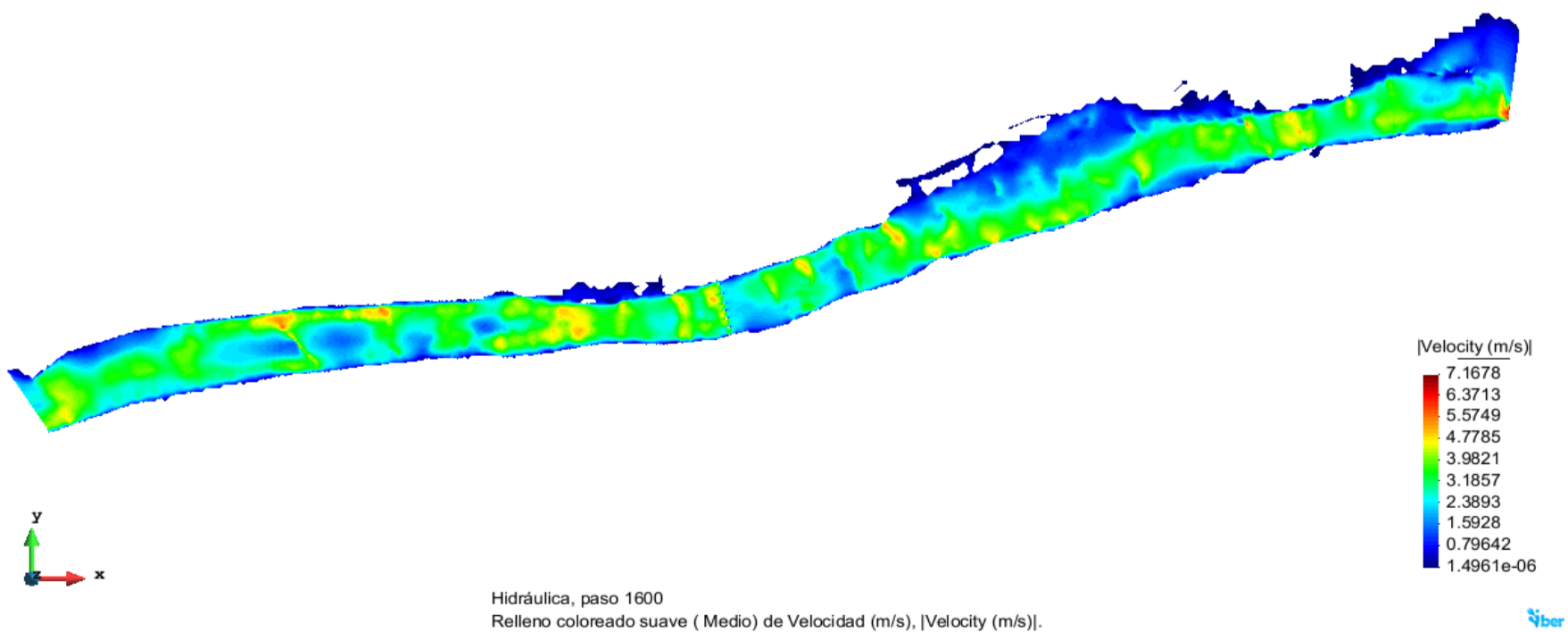
MAPA DE CALADOS




MAPA DE DESCARGA ESPECIFICA

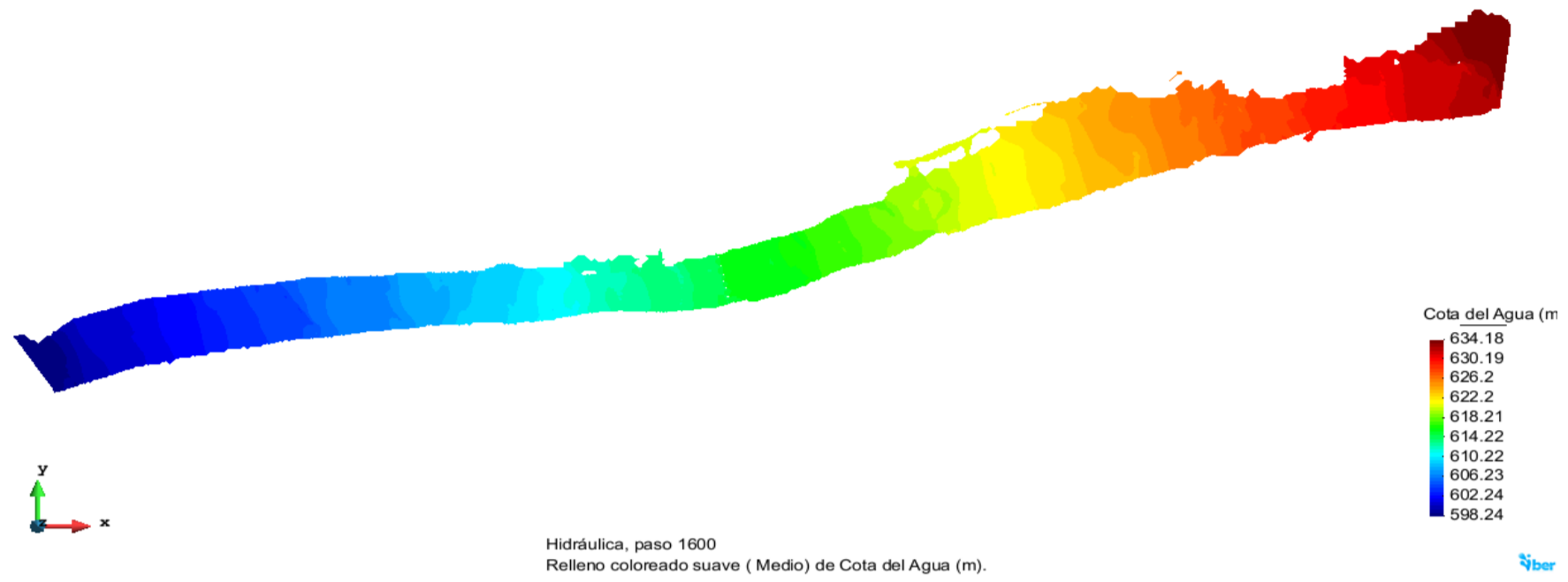


MAPA DE VELOCIDADES

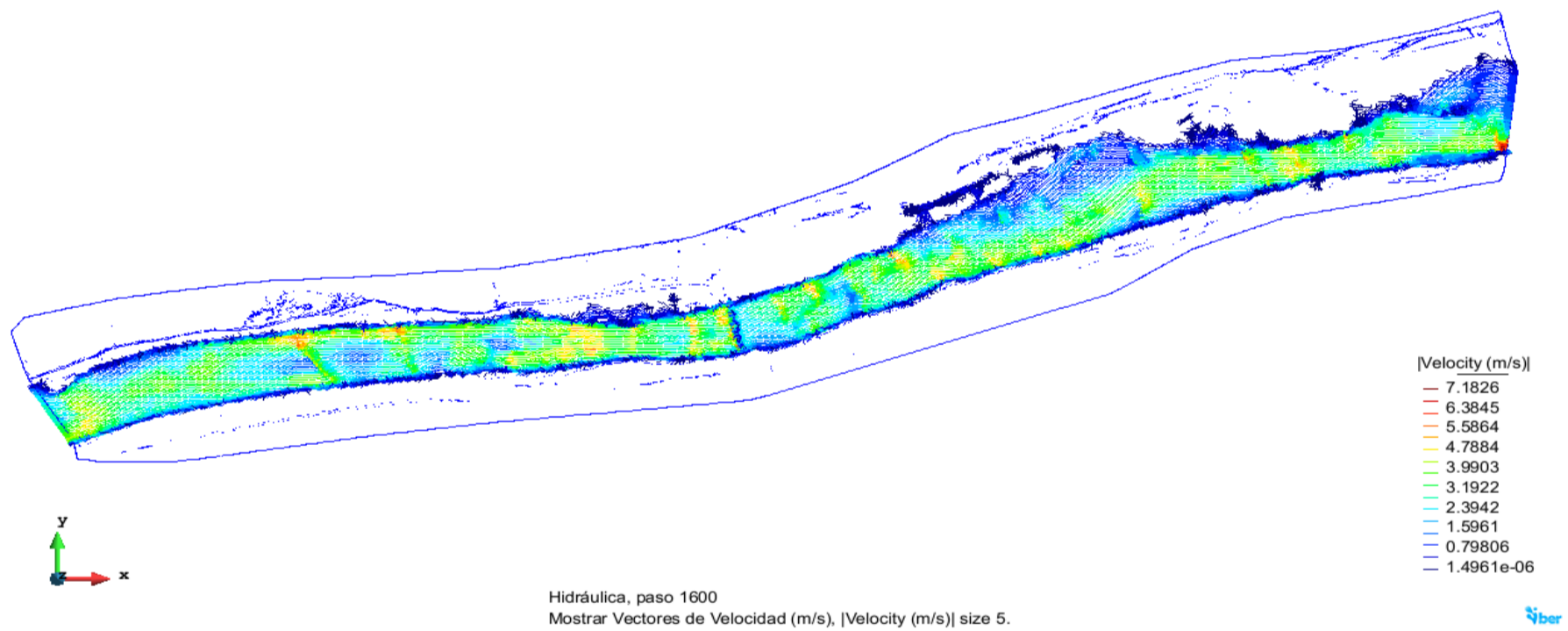


 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>			UNALM	
				Fecha:	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos	
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis
				Anexo:	10
				Revisión :	0

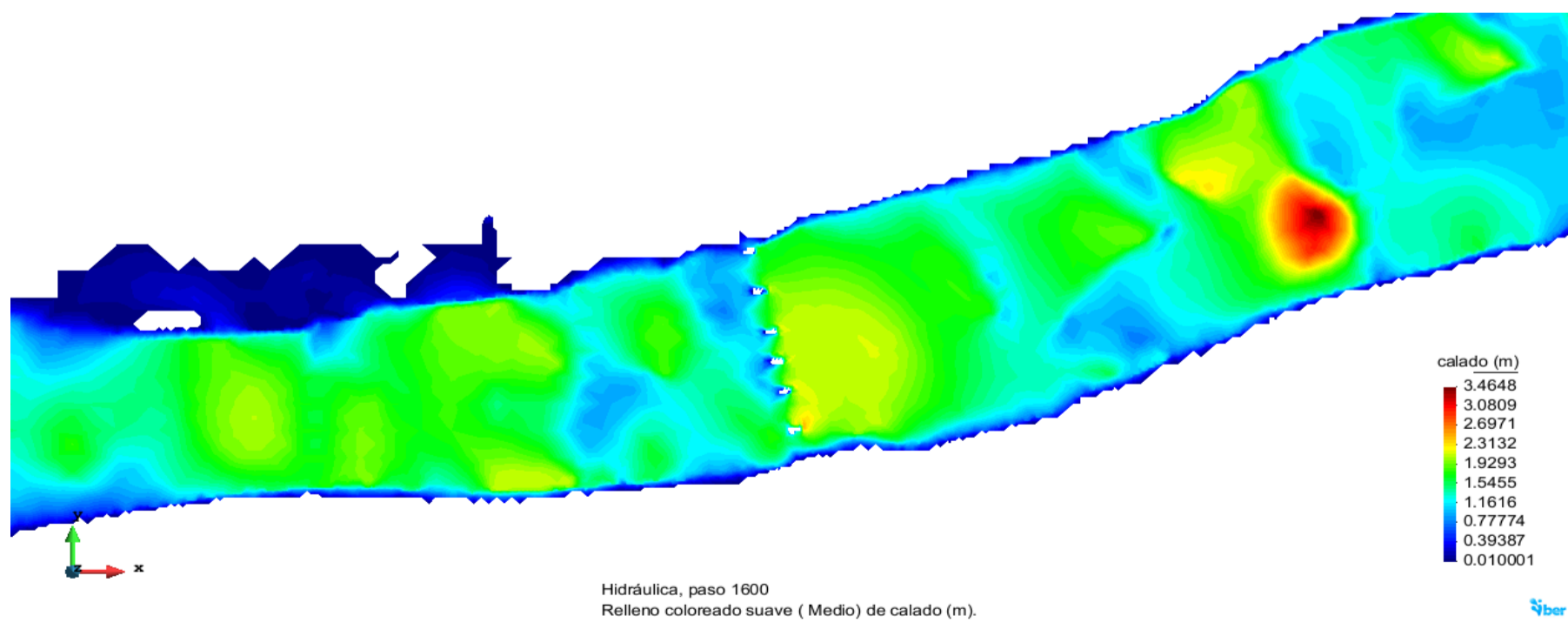
MAPA DE COTA DE AGUA




MAPA DE VECTORES DE VELOCIDAD

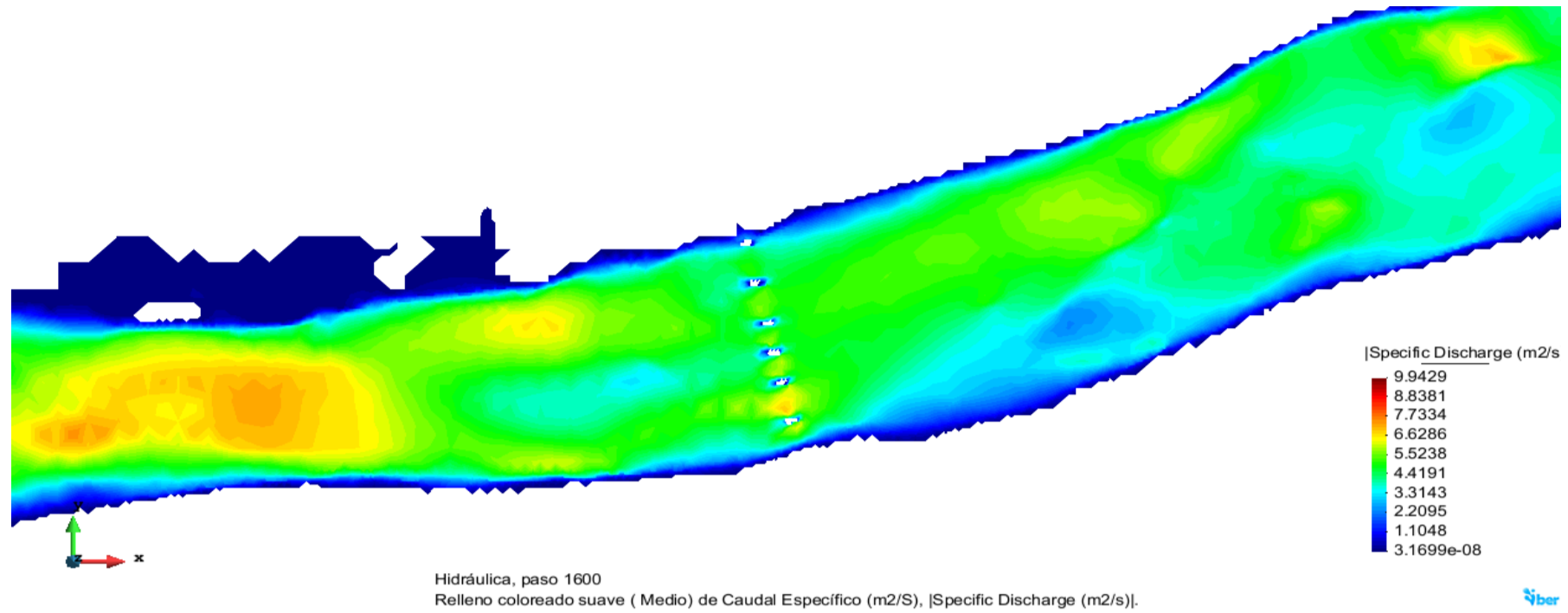


MAPA DE CALADO EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE

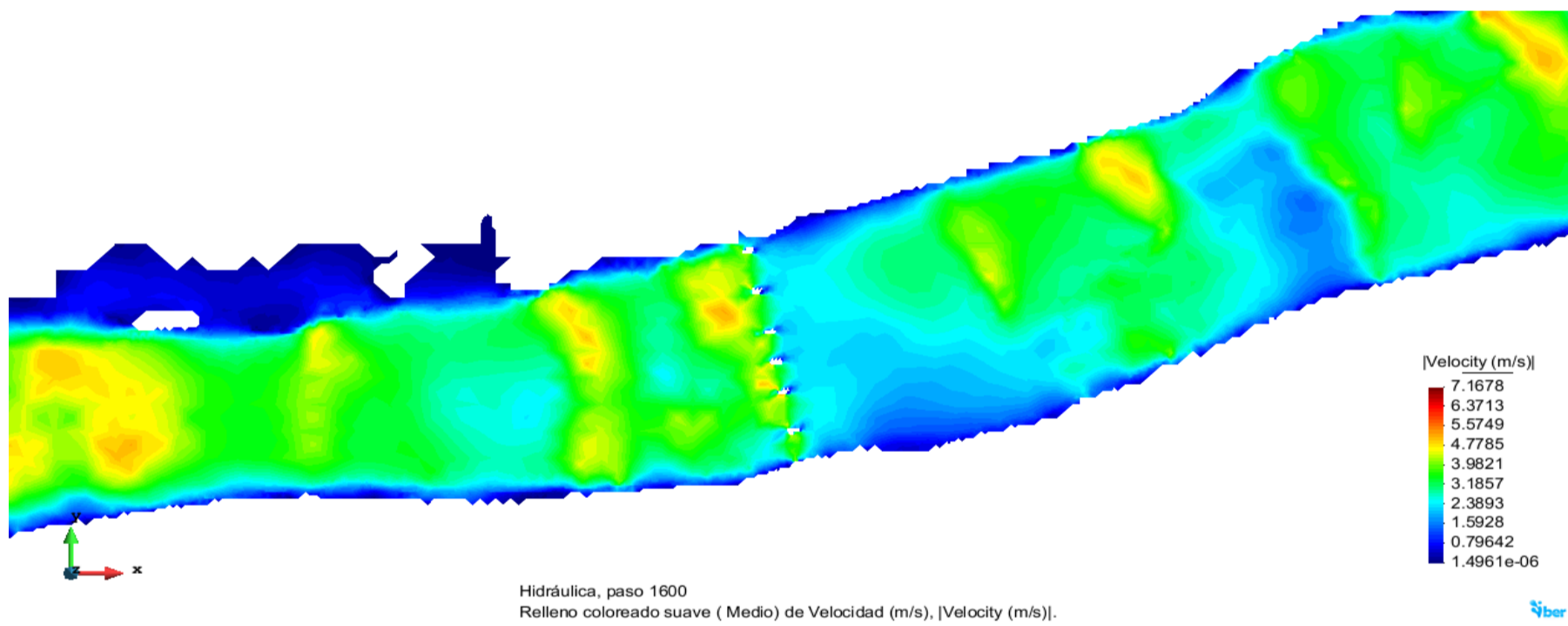


 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>			UNALM					
				Fecha:	Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	10	Revisión :	0

MAPA DE DESCARGA ESPECIFICA EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE




MAPA DE VELOCIDADES EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE

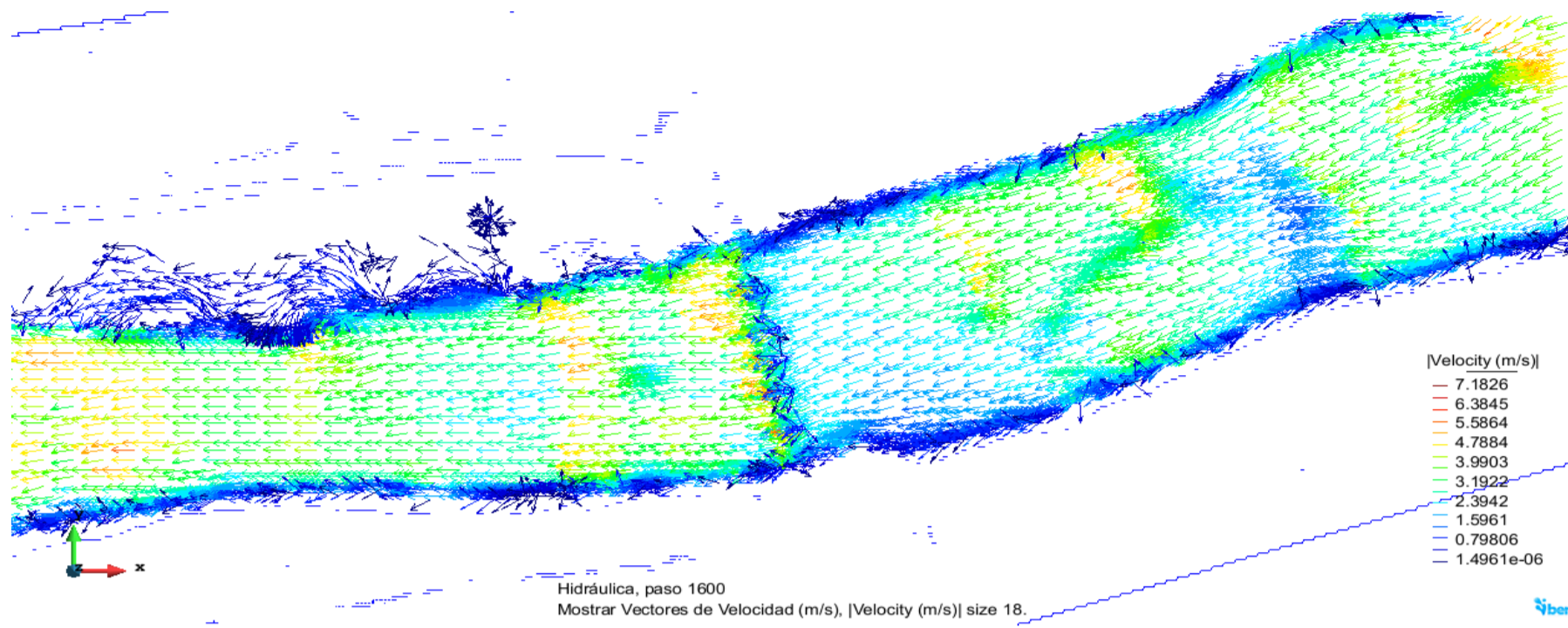


MAPA DE COTA DE AGUA EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE

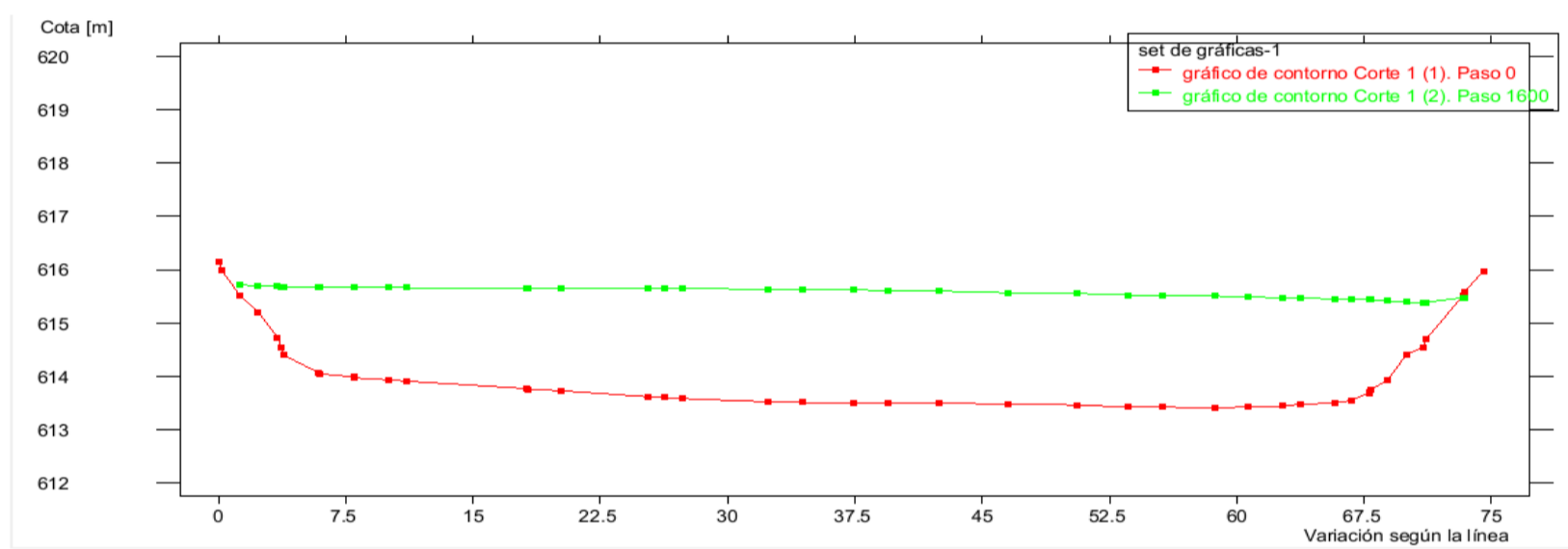


 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>			UNALM					
				Fecha:	Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	10	Revisión :	0

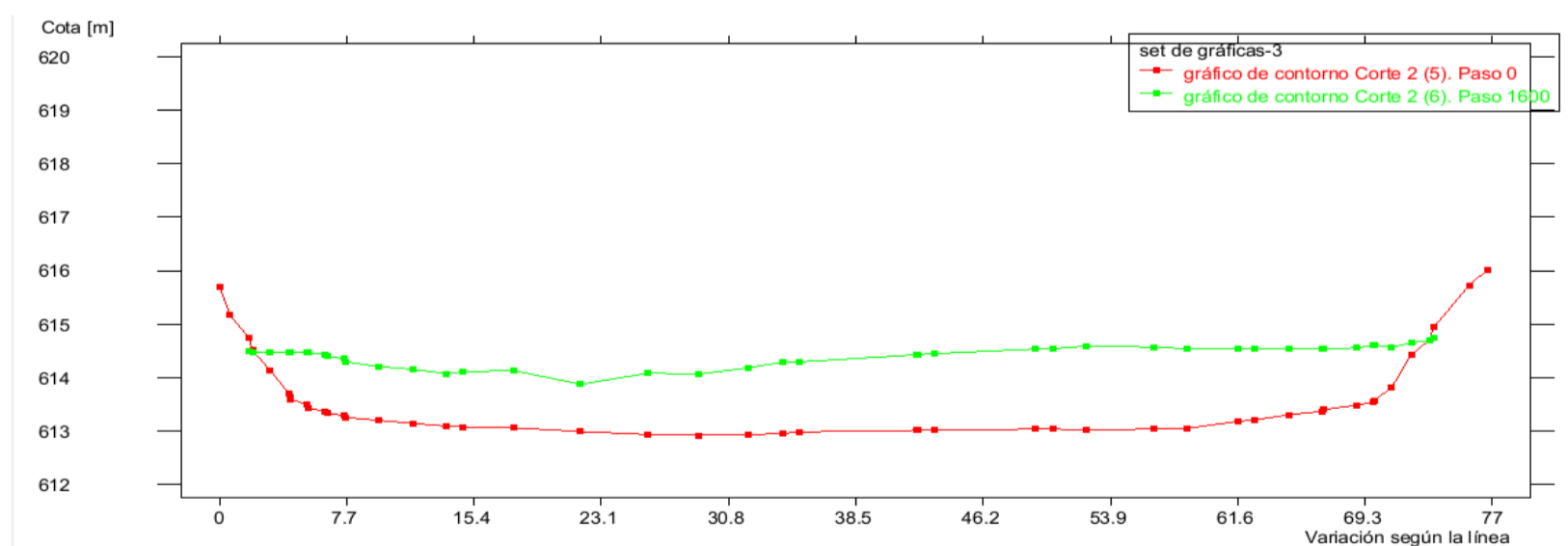
MAPA DE VECTORES DE VELOCIDAD EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE




SECCION TRANSVERSAL AGUAS ARRIBA DEL PUENTE



SECCION TRANSVERSAL AGUAS ABAJO DEL PUENTE

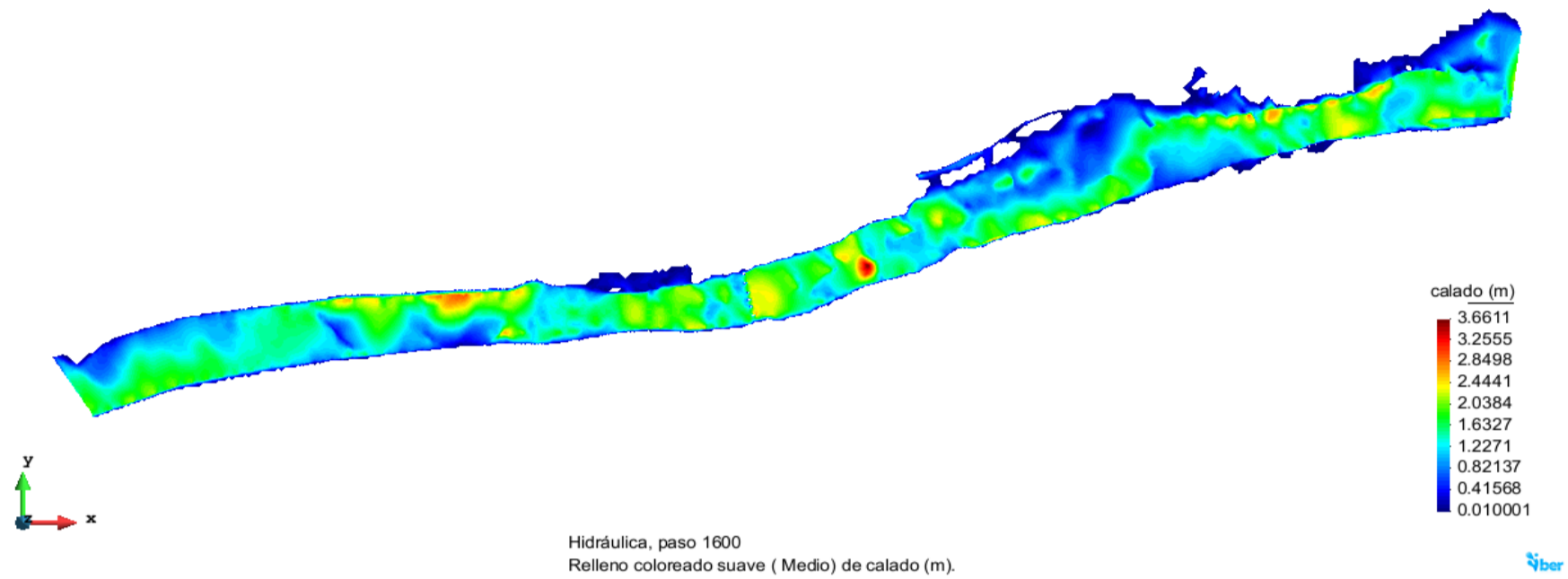




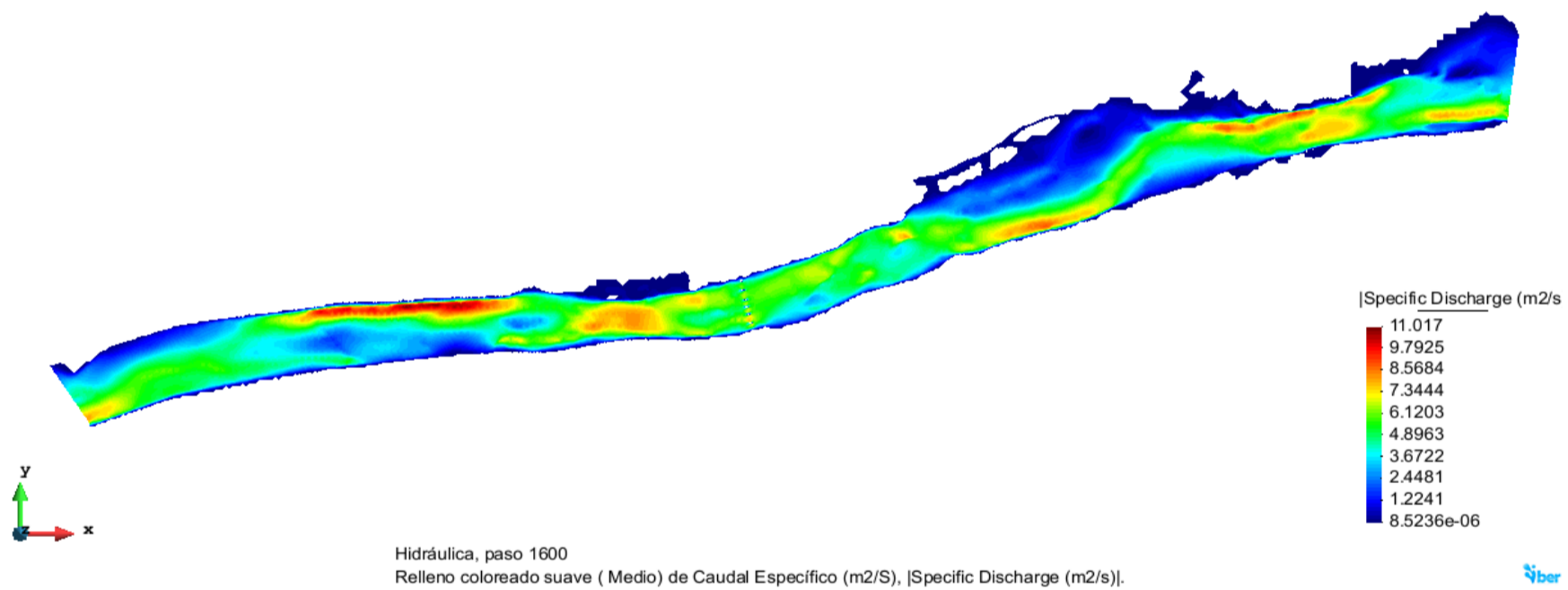
 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>			UNALM					
				Fecha:	Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	10	Revisión :	0

**5. SALIDA PROGRAMA IBER (TR=20 AÑOS, Q=353.5 M3/S)**

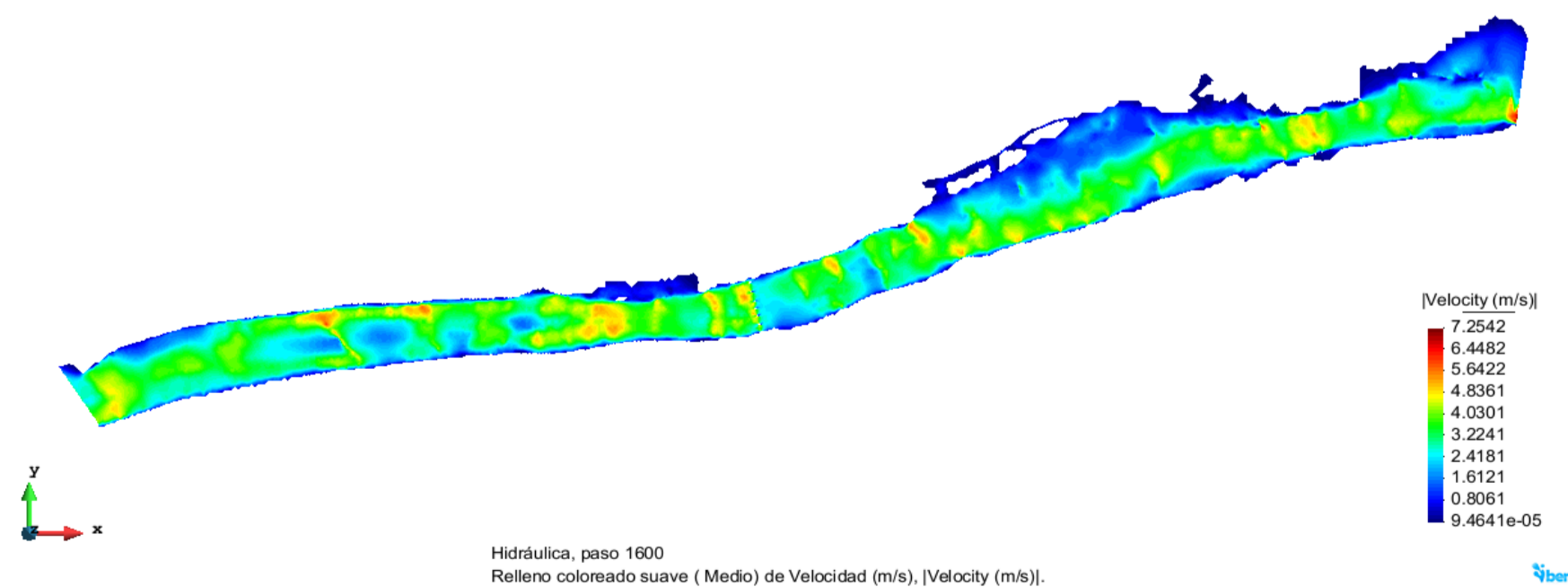
MAPA DE CALADOS




MAPA DE DESCARGA ESPECIFICA

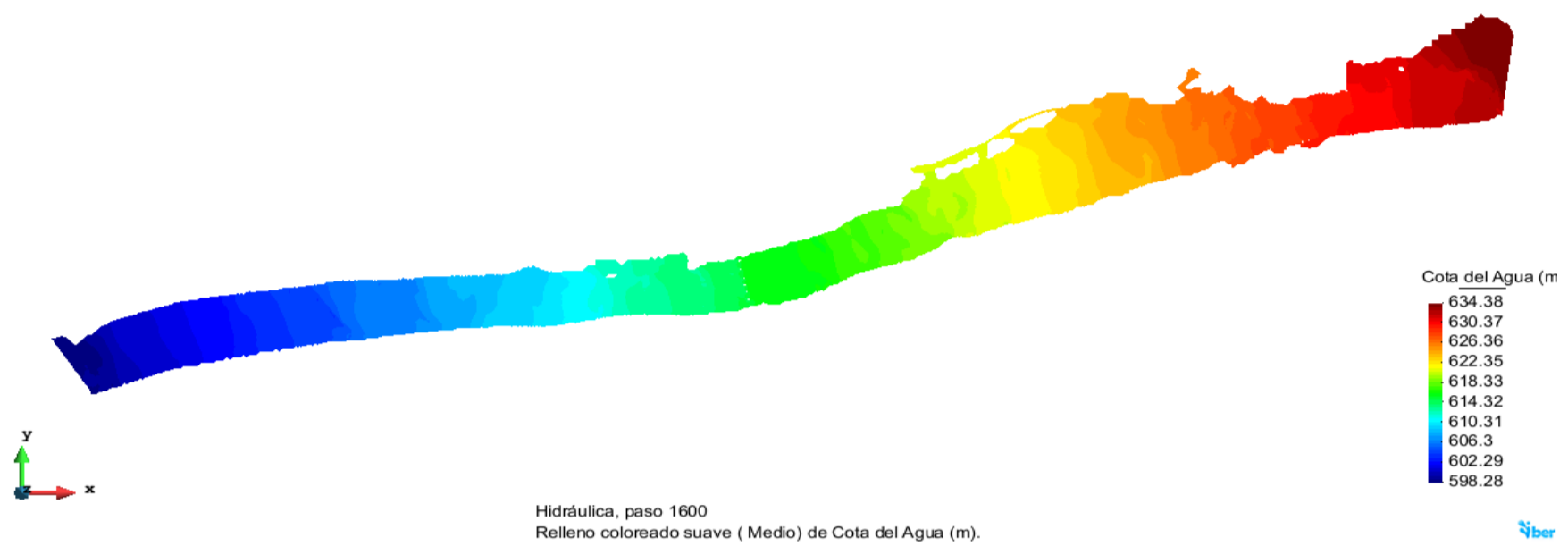


MAPA DE VELOCIDADES

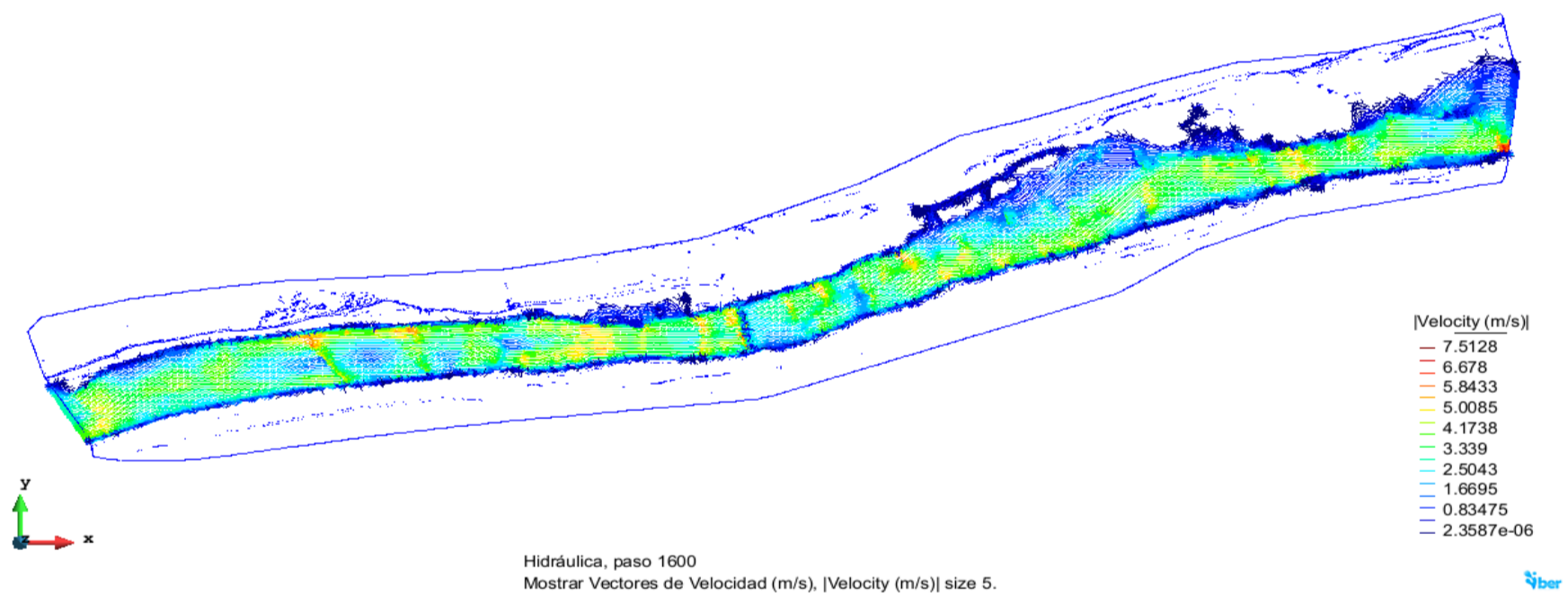


 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUOLA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>			UNALM	
				Fecha:	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos	
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis
				Anexo:	10
				Revisión :	0

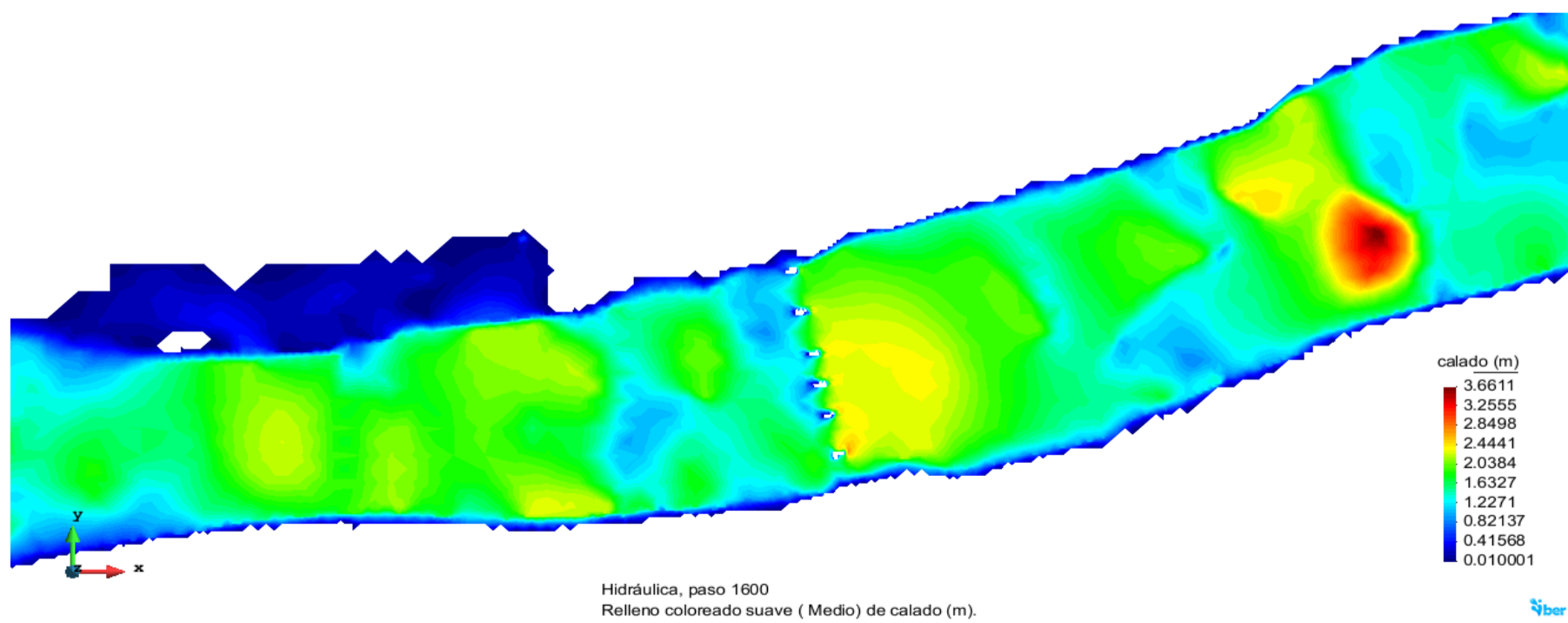
MAPA DE COTA DE AGUA




MAPA DE VECTORES DE VELOCIDAD

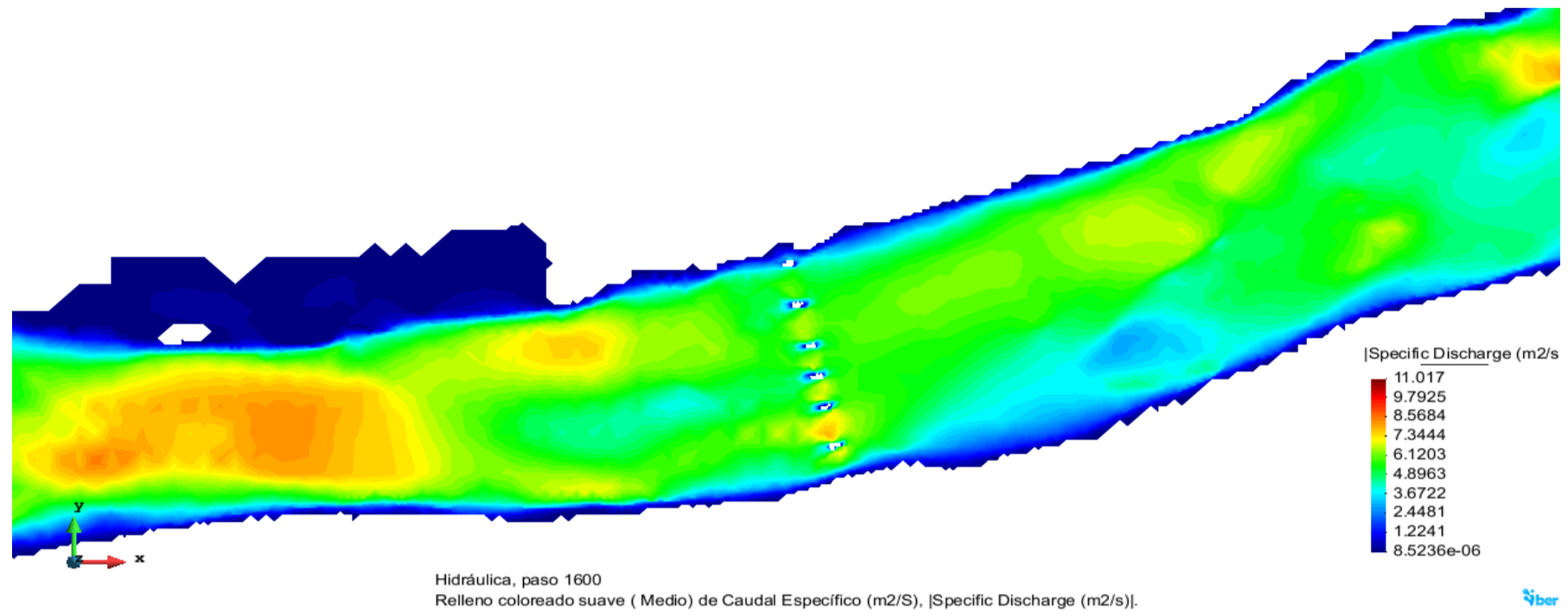


MAPA DE CALADO EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE

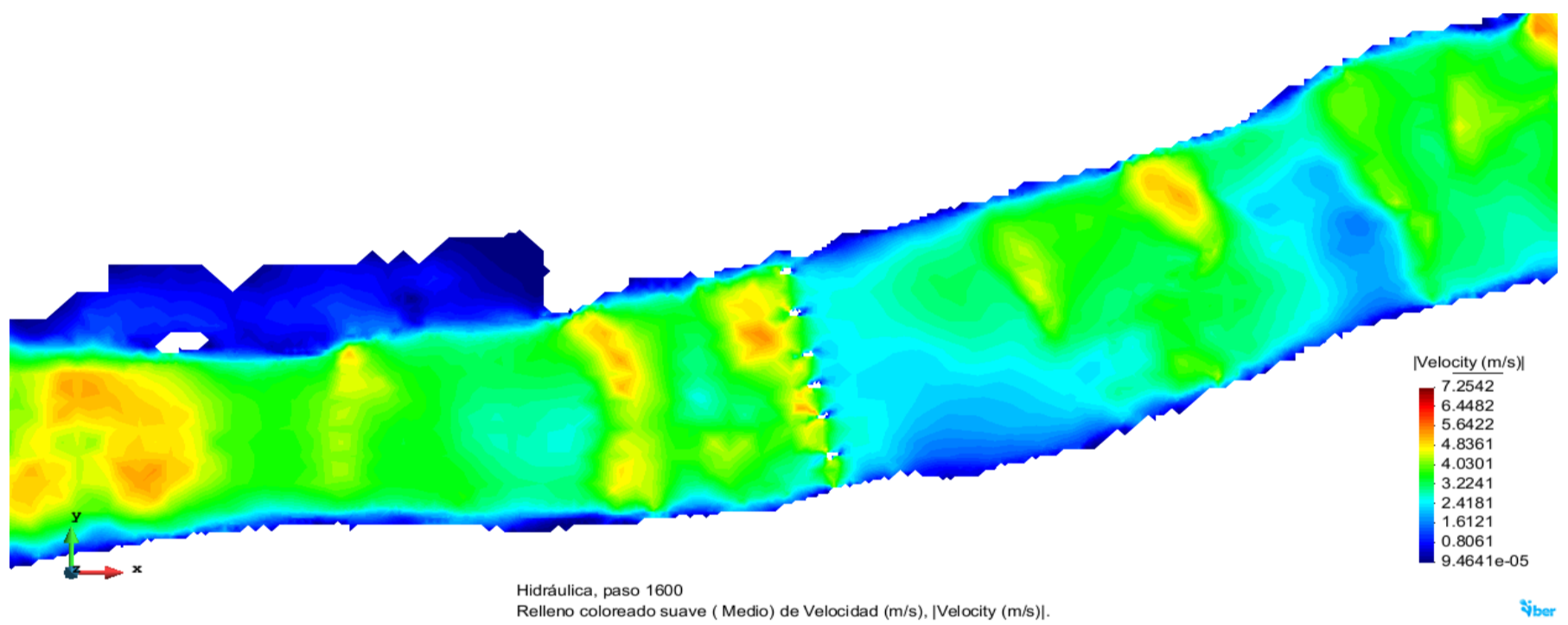


 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>			UNALM	
				Fecha:	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos	
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis
				Anexo:	10
				Revisión:	0

MAPA DE DESCARGA ESPECIFICA EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE




MAPA DE VELOCIDADES EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE

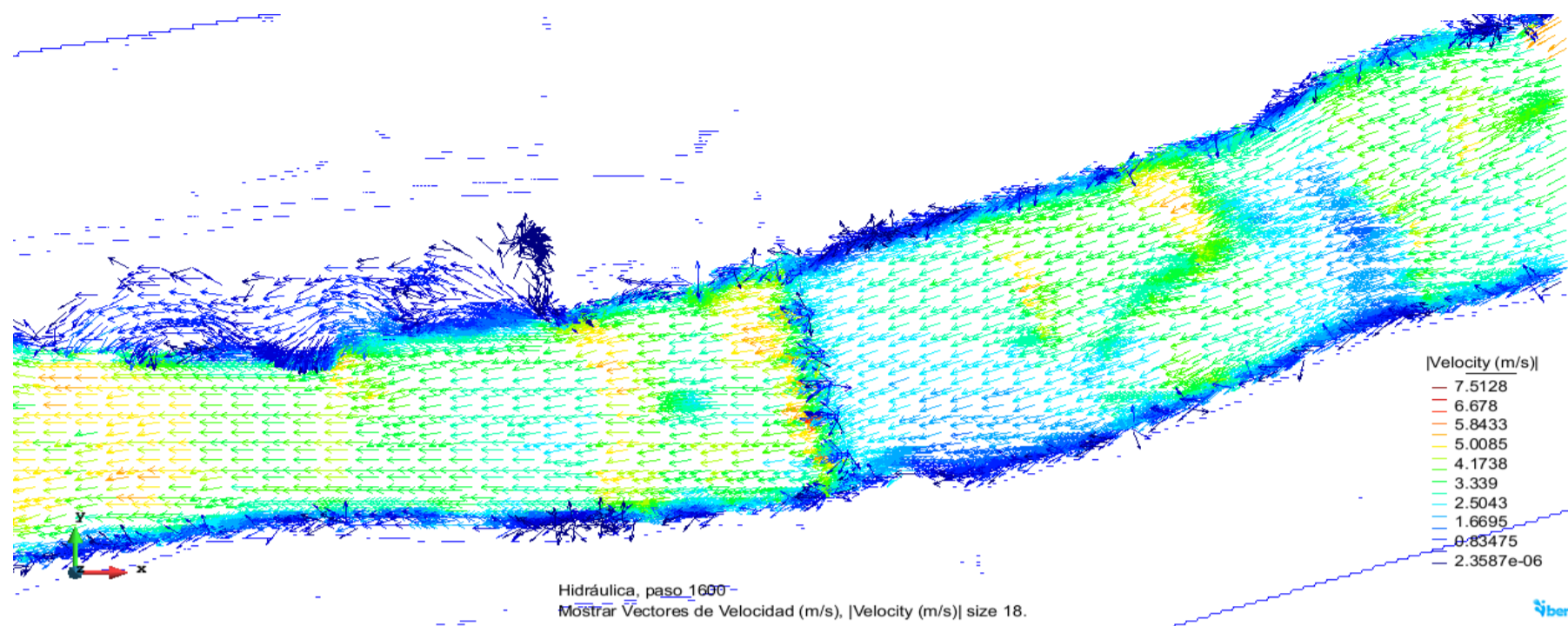


MAPA DE COTA DE AGUA EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE

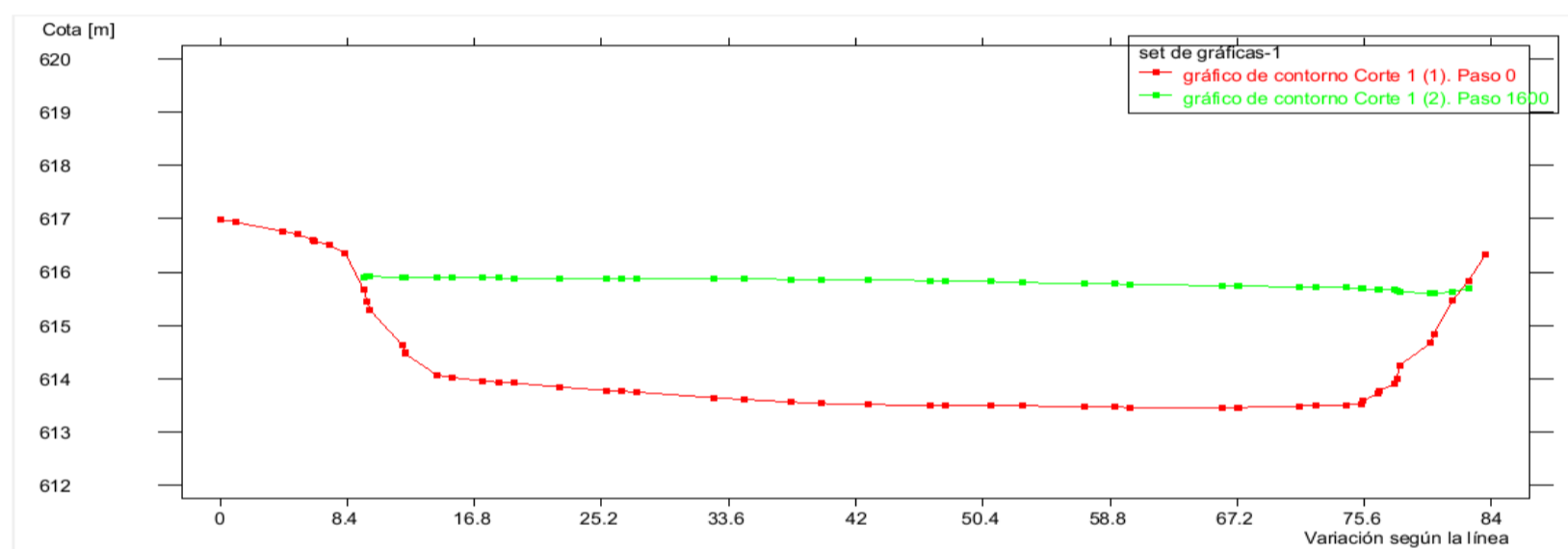


 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>			UNALM					
				Fecha:	Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	10	Revisión :	0

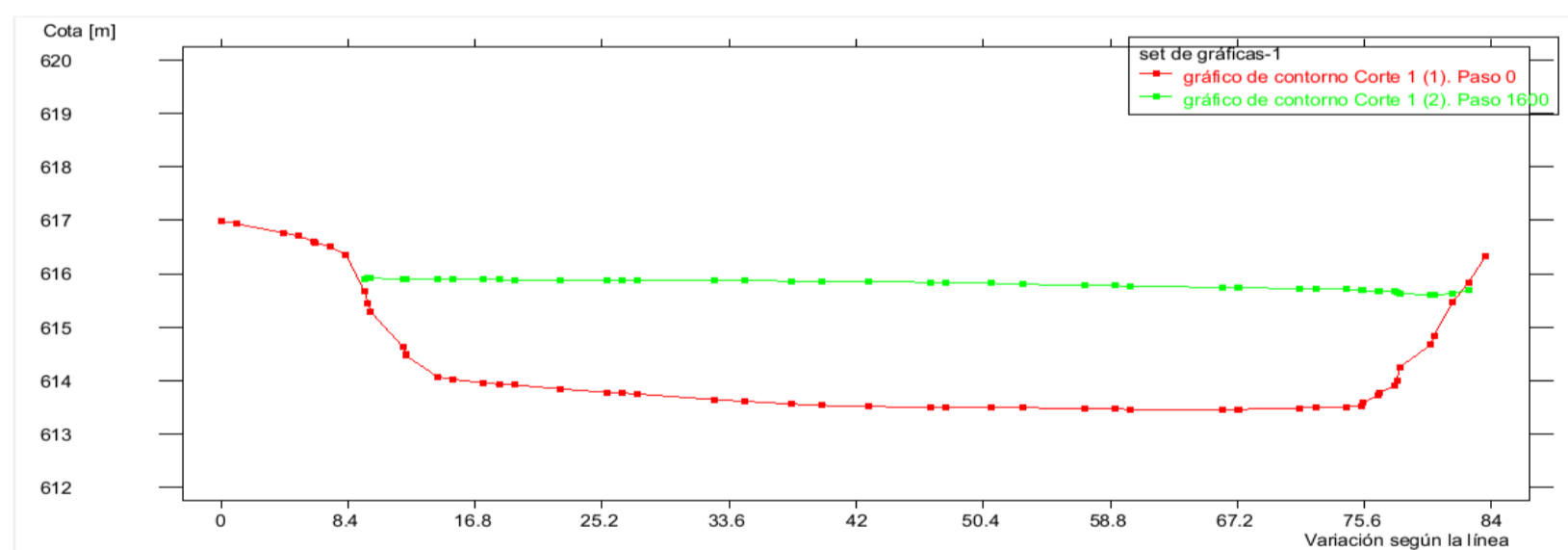
MAPA DE VECTORES DE VELOCIDAD EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE




SECCION TRANSVERSAL AGUAS ARRIBA DEL PUENTE



SECCION TRANSVERSAL AGUAS ABAJO DEL PUENTE

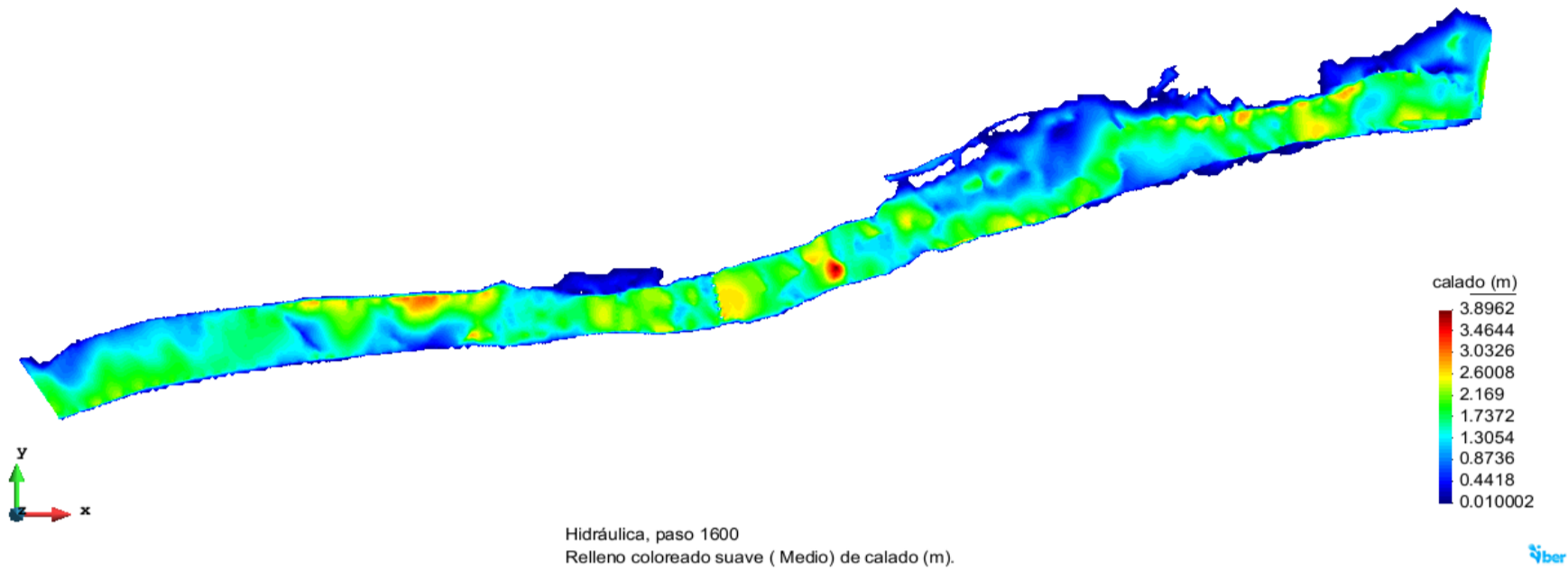




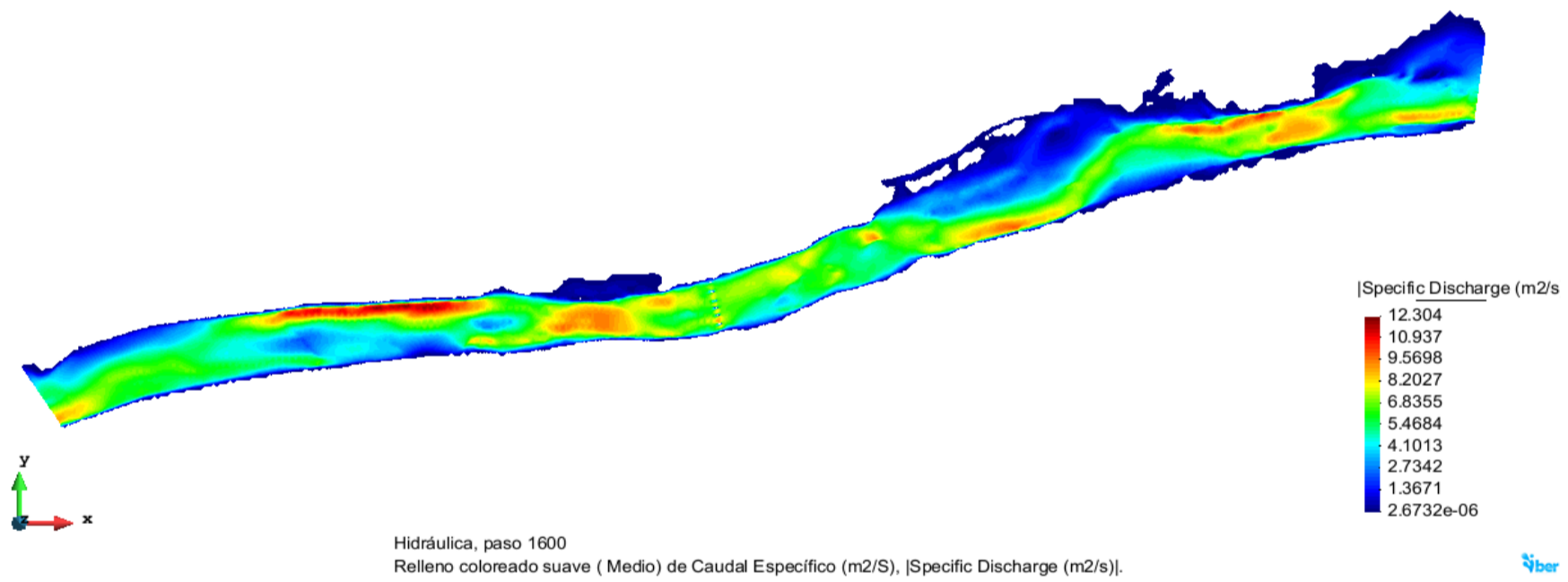
 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>			UNALM					
				Fecha:	Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	10	Revisión :	0

**6. SALIDA PROGRAMA IBER (TR=50 AÑOS, Q=420.4 M3/S)**

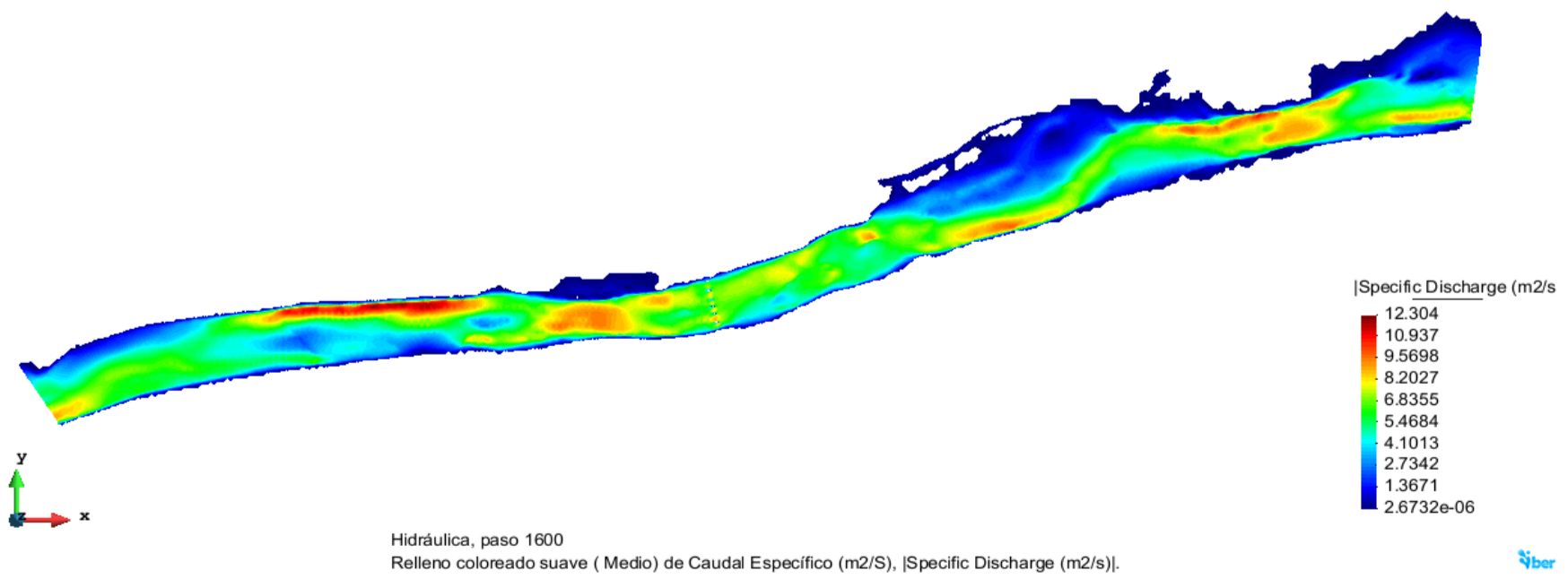
MAPA DE CALADOS




MAPA DE DESCARGA ESPECIFICA

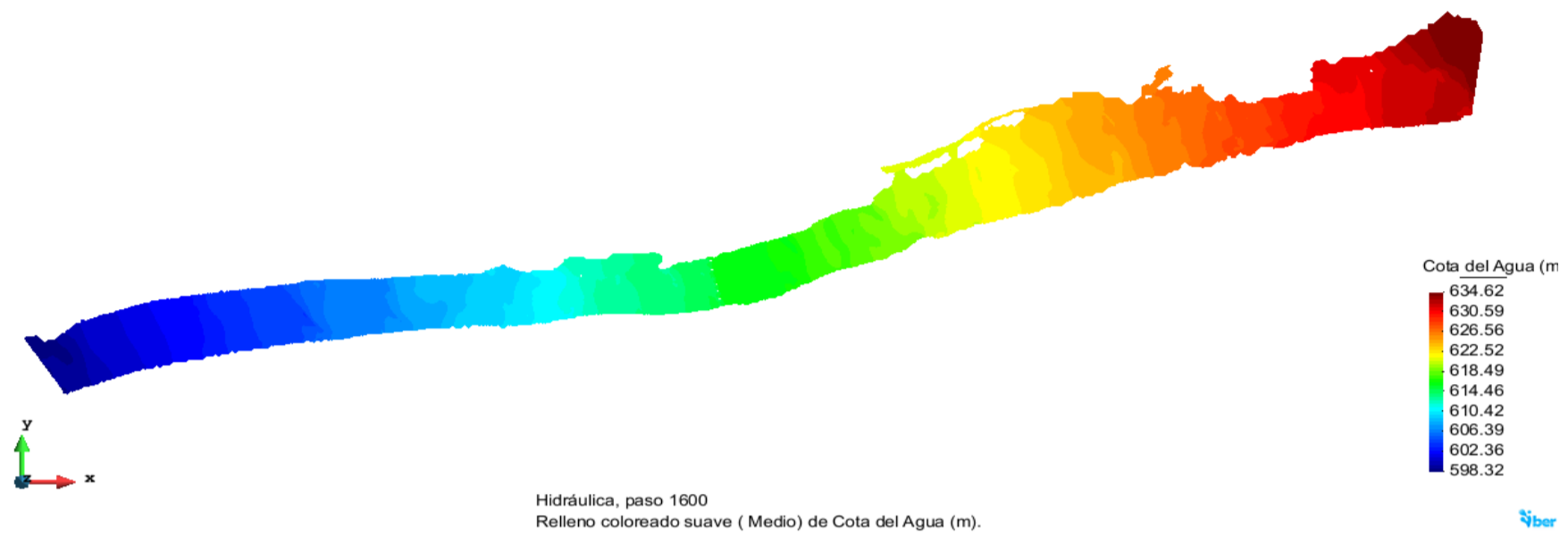


MAPA DE VELOCIDADES

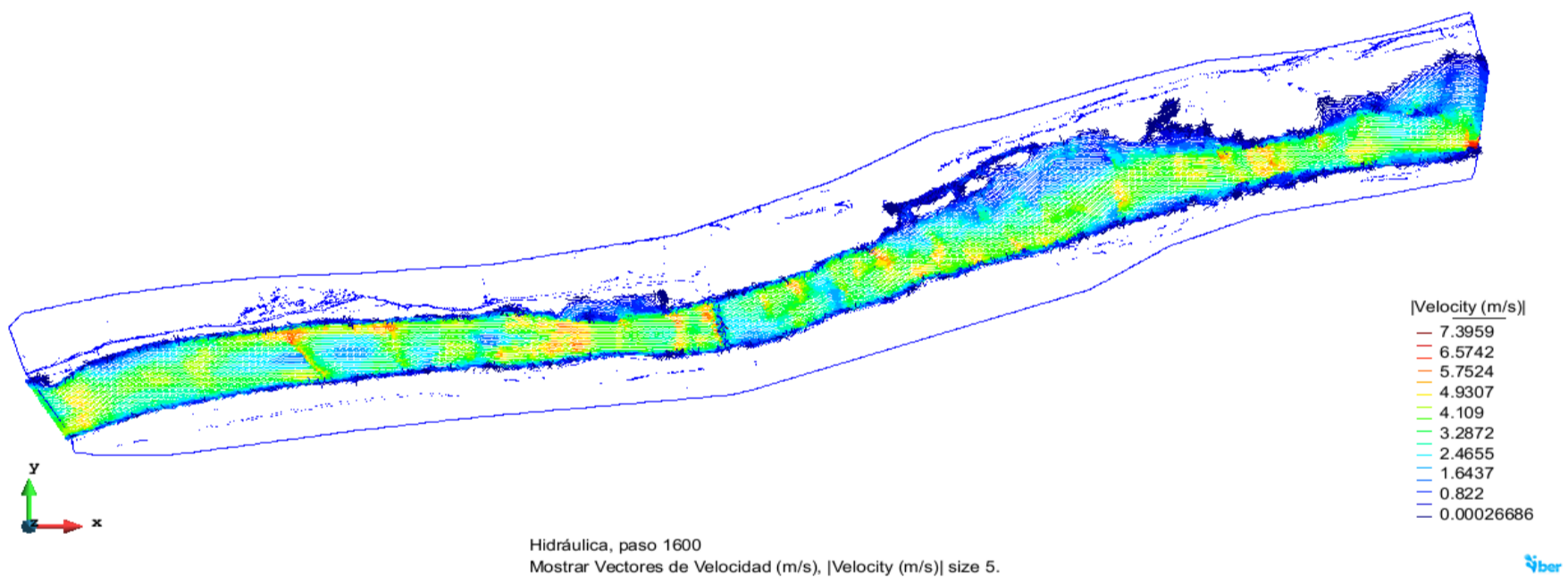


 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>			UNALM					
				Fecha:		Mar-21			
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	10	Revisión :	0

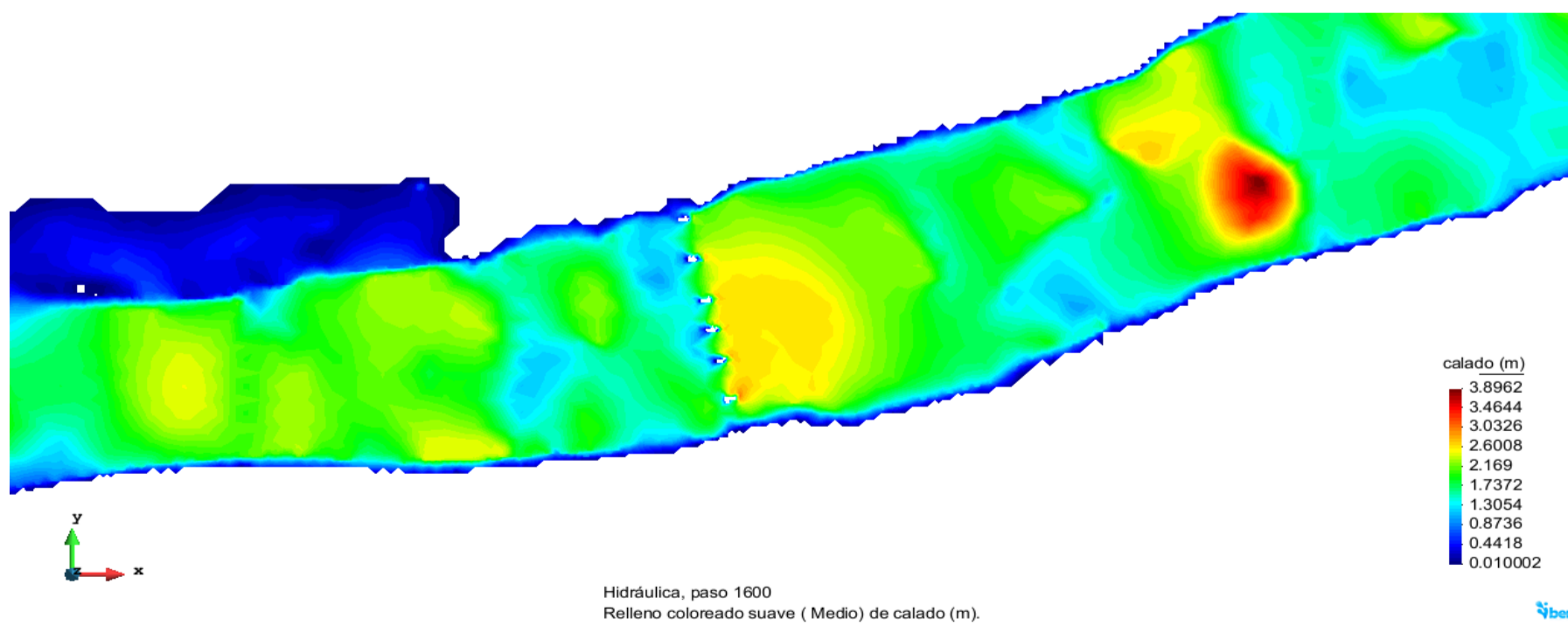
MAPA DE COTA DE AGUA




MAPA DE VECTORES DE VELOCIDAD

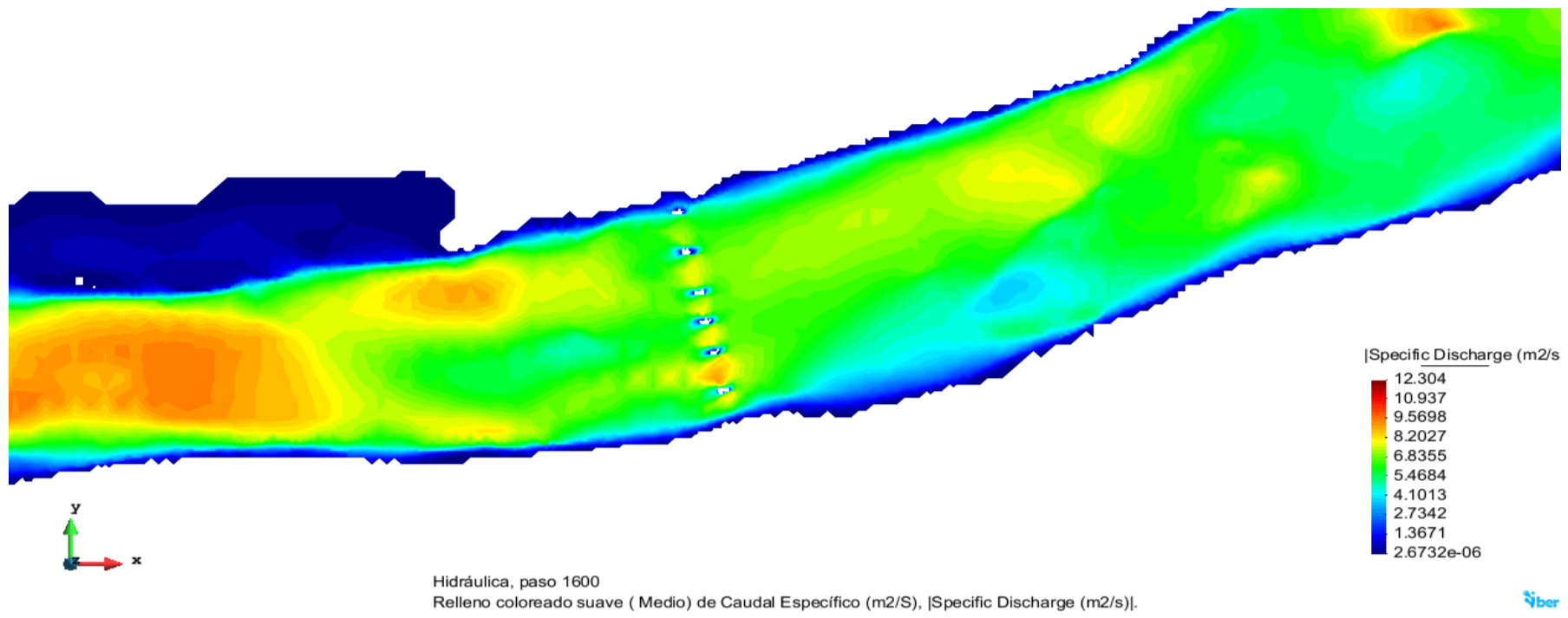


MAPA DE CALADO EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE

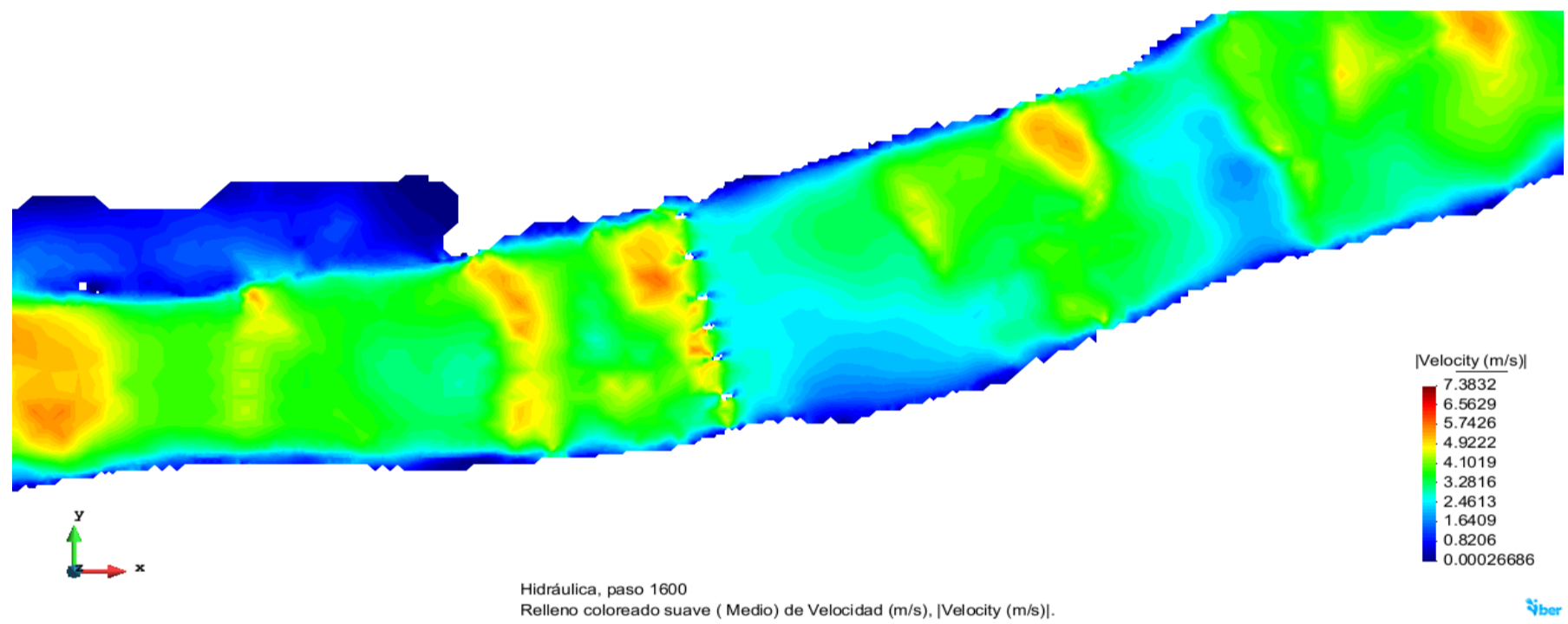


 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>			UNALM					
				Fecha:	Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	10	Revisión :	0

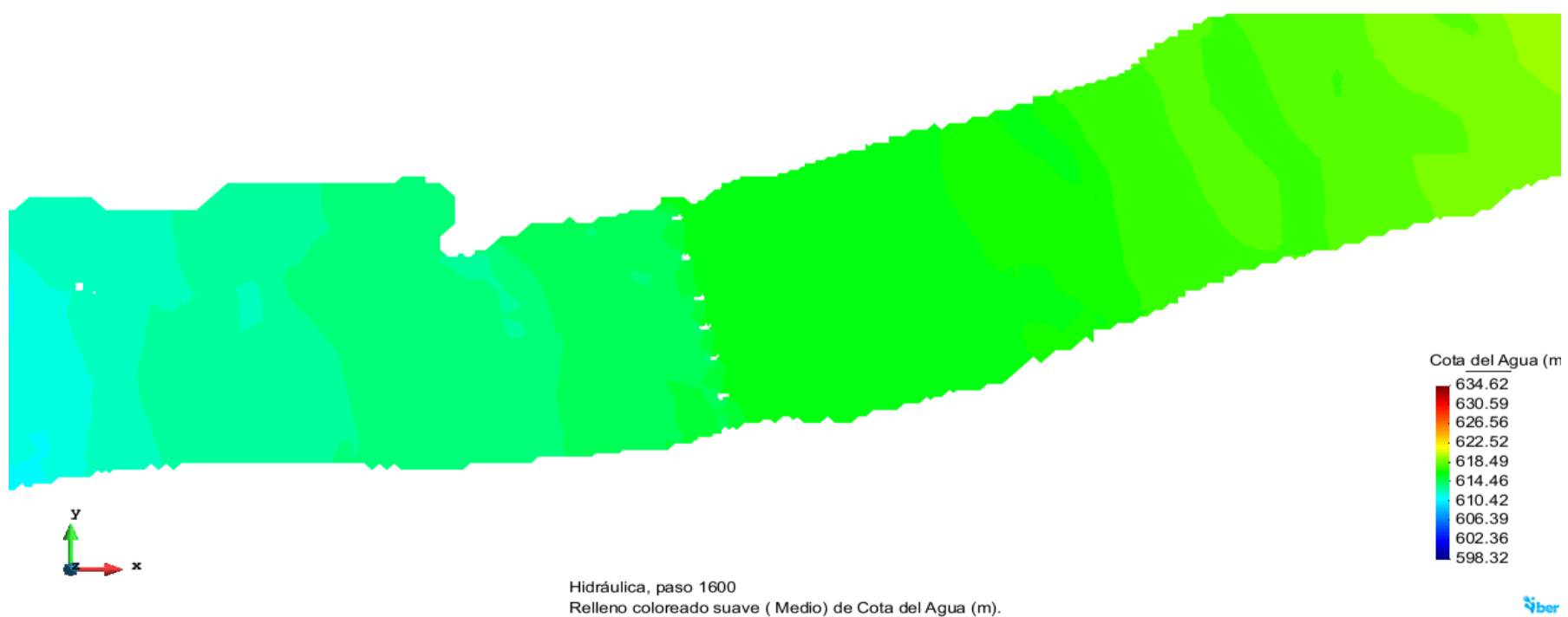
MAPA DE DESCARGA ESPECIFICA EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE




MAPA DE VELOCIDADES EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE

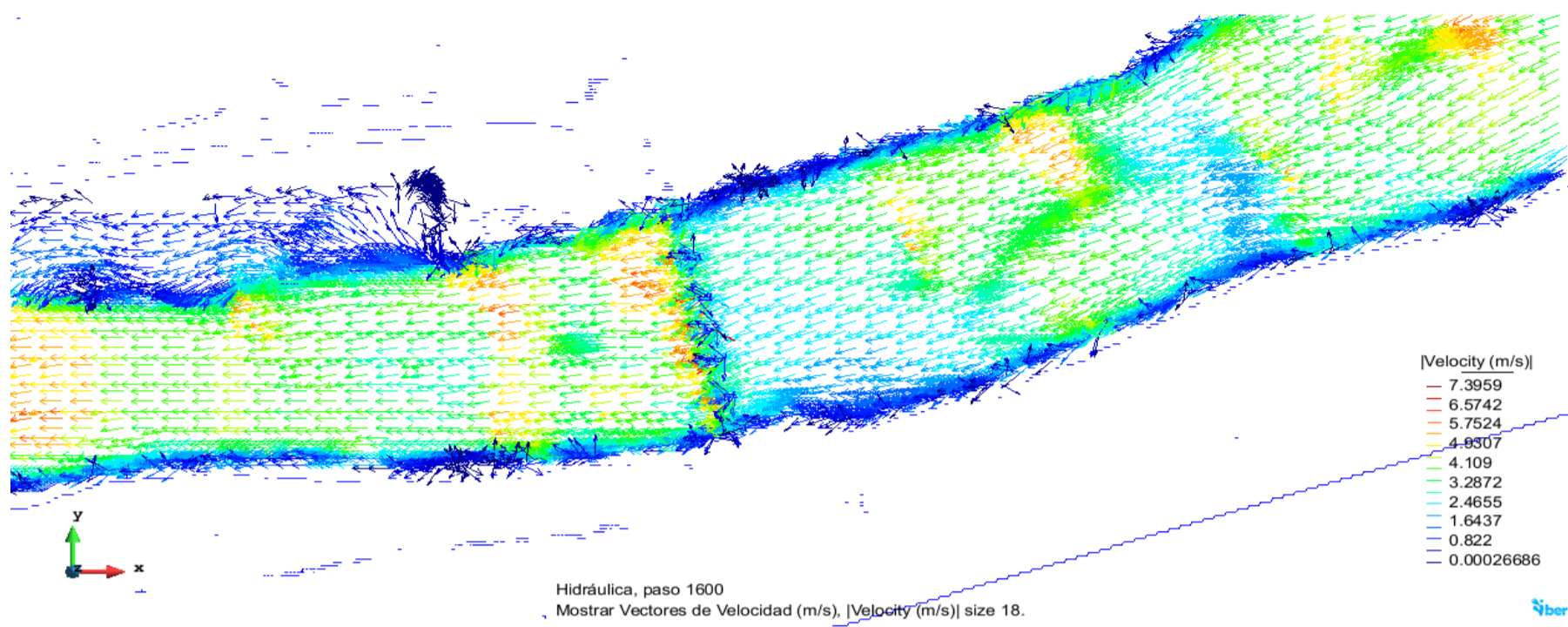


MAPA DE COTA DE AGUA EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE

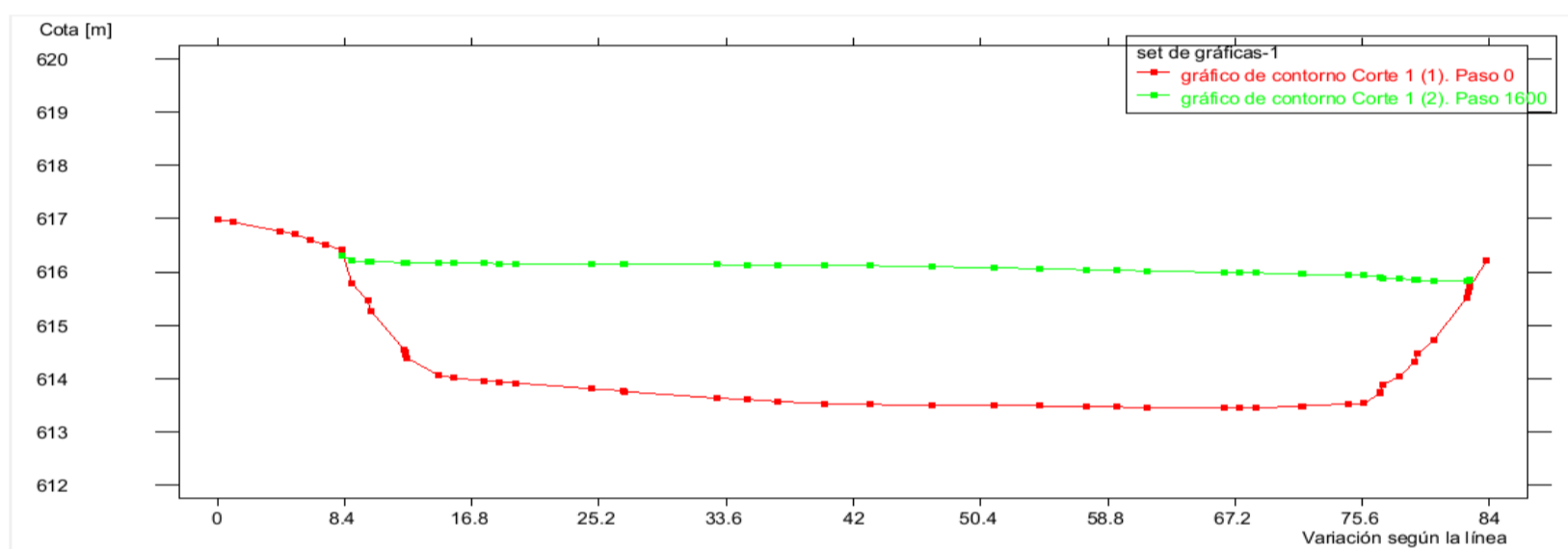


 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>			UNALM	
				Fecha:	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos	
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis
				Anexo:	10
				Revisión :	0

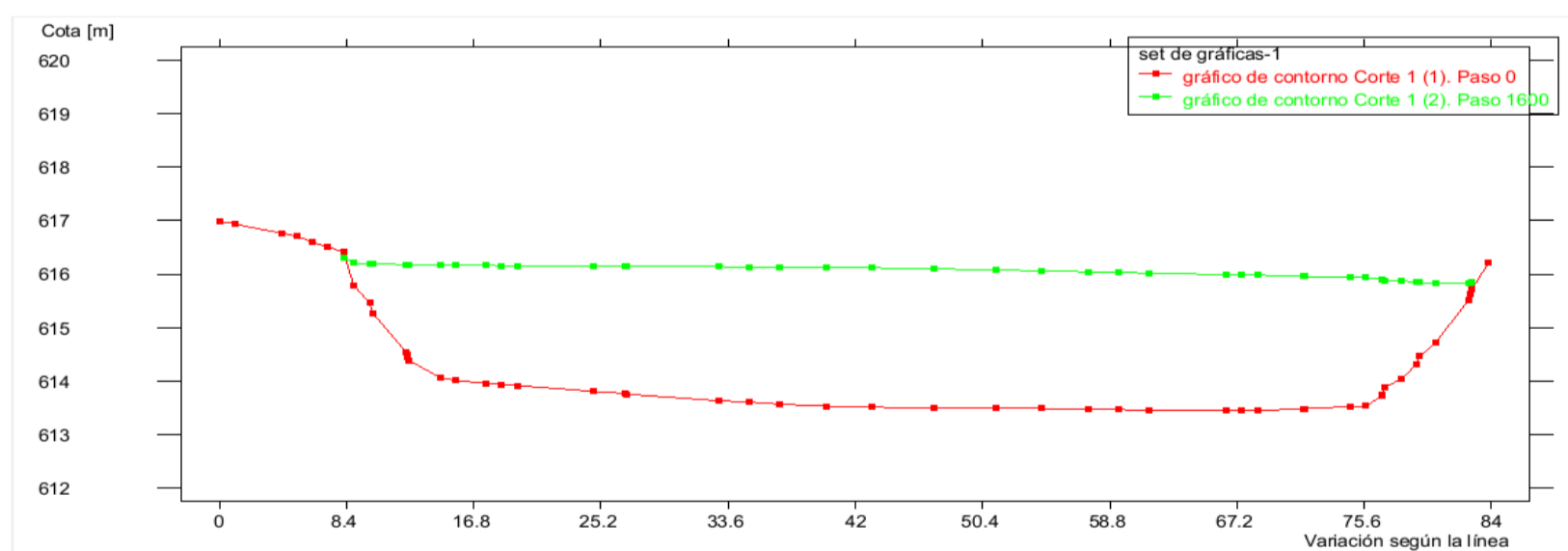
MAPA DE VECTORES DE VELOCIDAD EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE




SECCION TRANSVERSAL AGUAS ARRIBA DEL PUENTE



SECCION TRANSVERSAL AGUAS ABAJO DEL PUENTE

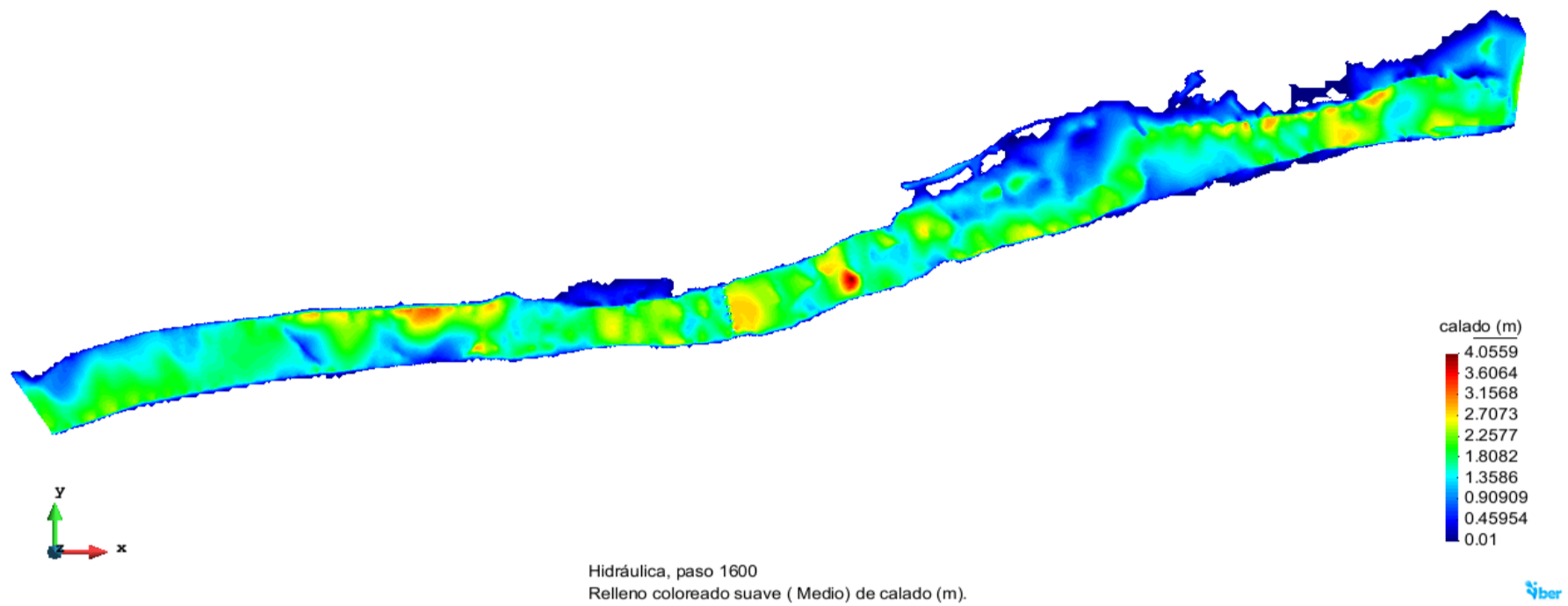




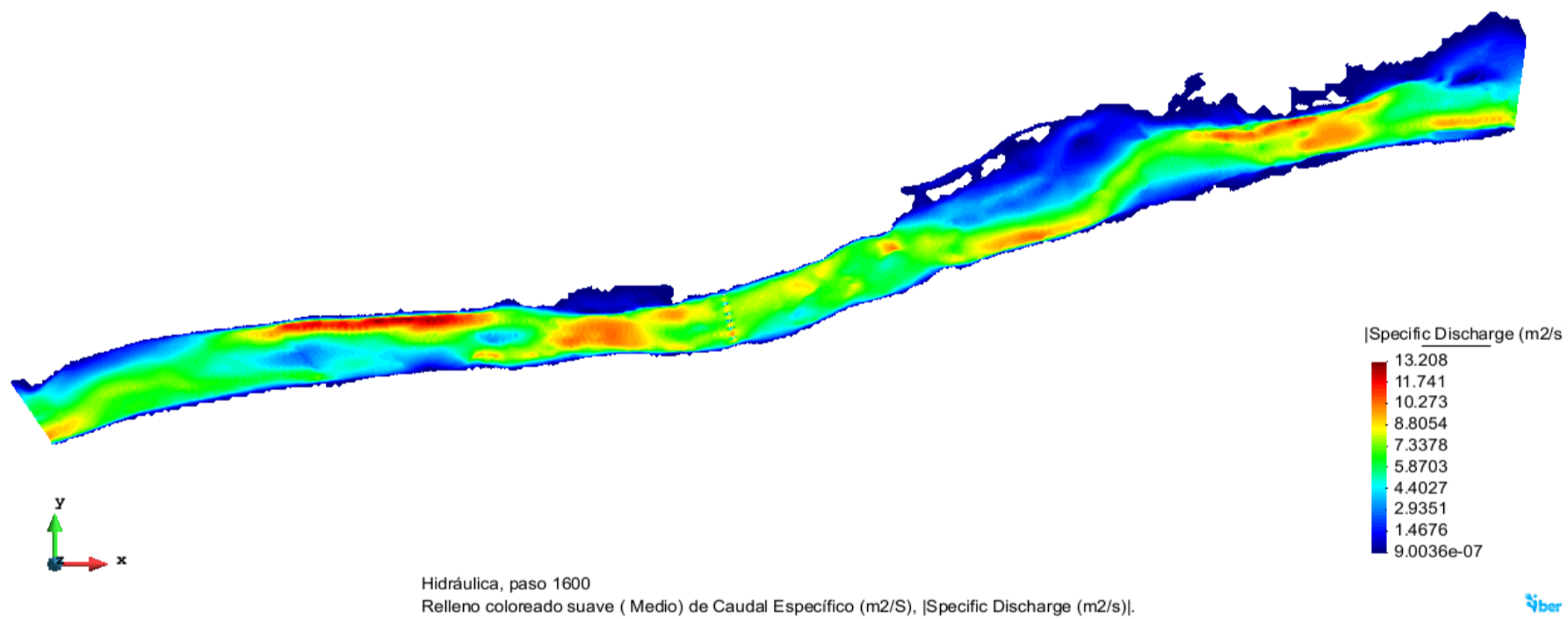
 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>			UNALM					
				Fecha:	Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	10	Revisión :	0

**7. SALIDA PROGRAMA IBER (TR=100 AÑOS, Q=469.4 M3/S)**

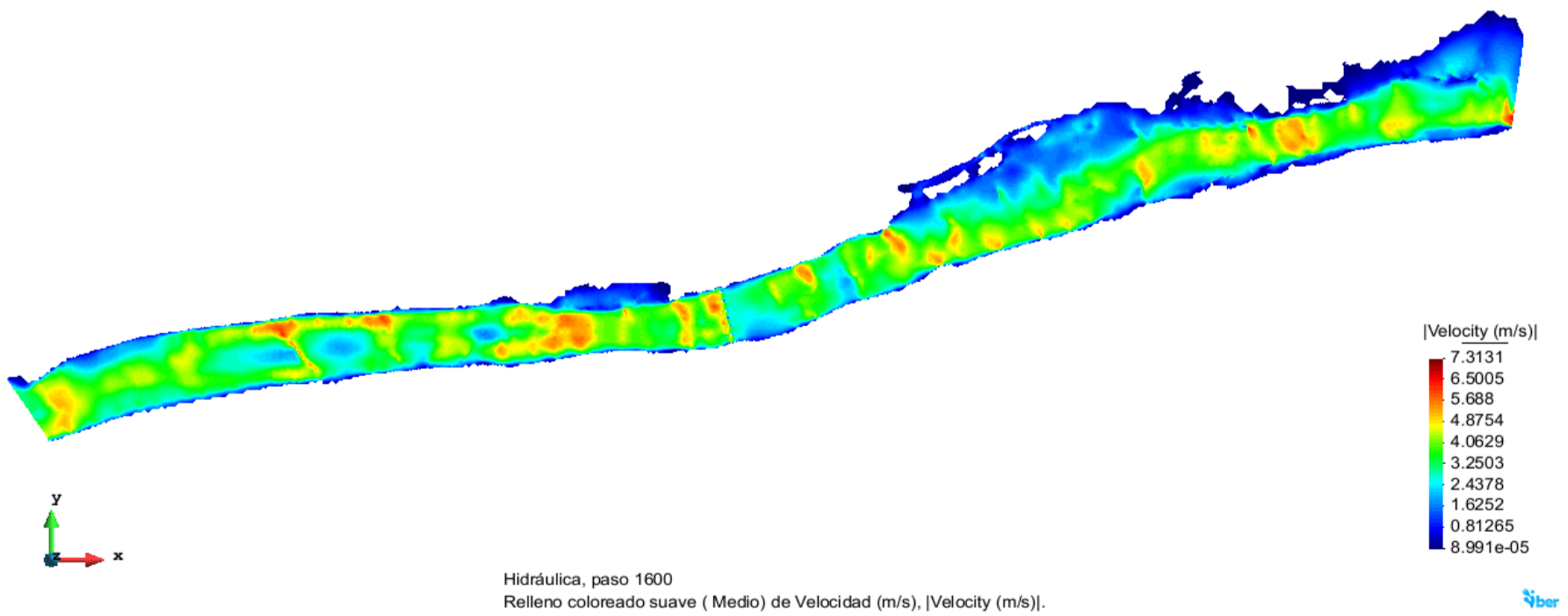
MAPA DE CALADOS




MAPA DE DESCARGA ESPECIFICA

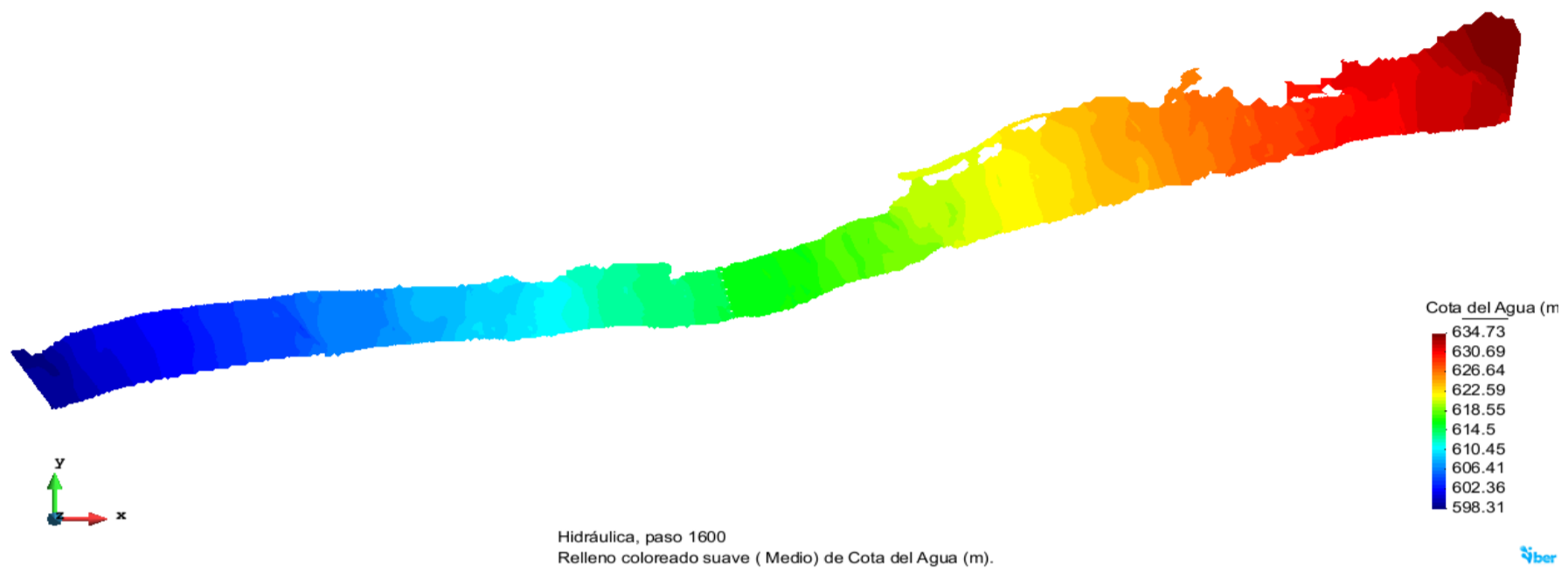


MAPA DE VELOCIDADES

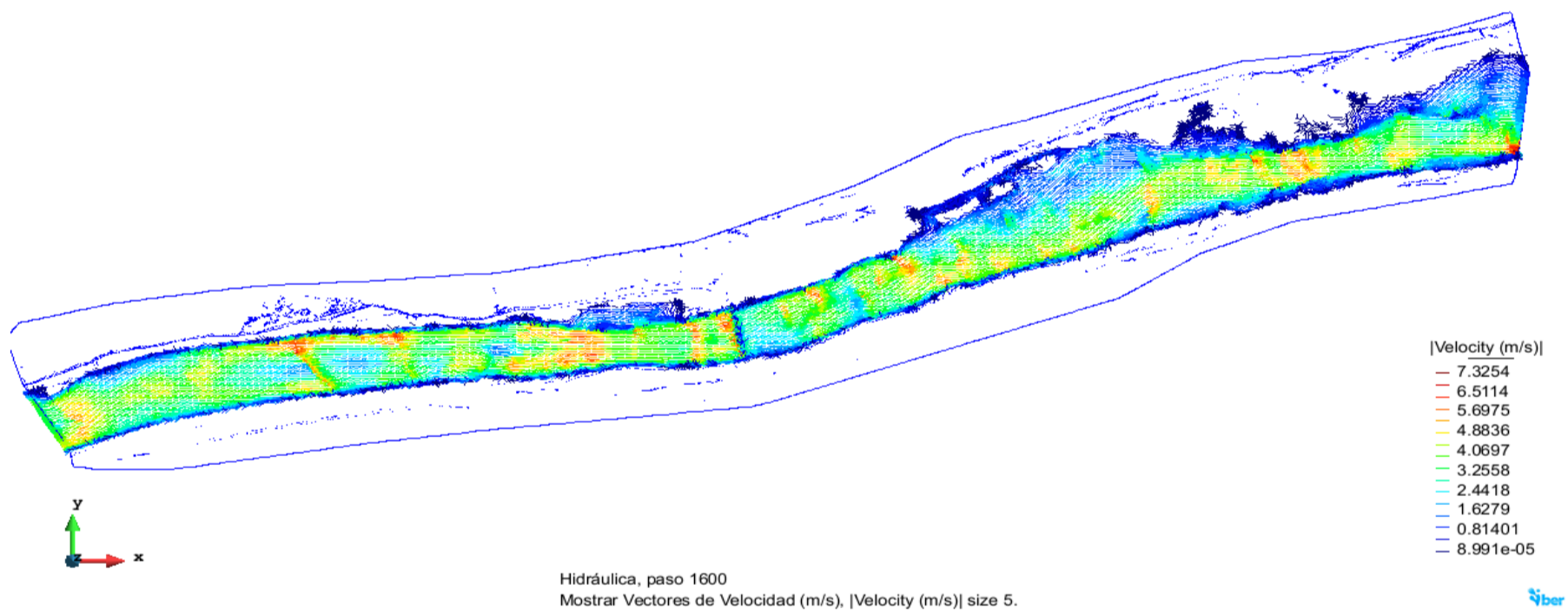


 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>			UNALM	
				Fecha:	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos	
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis
				Anexo:	10
				Revisión :	0

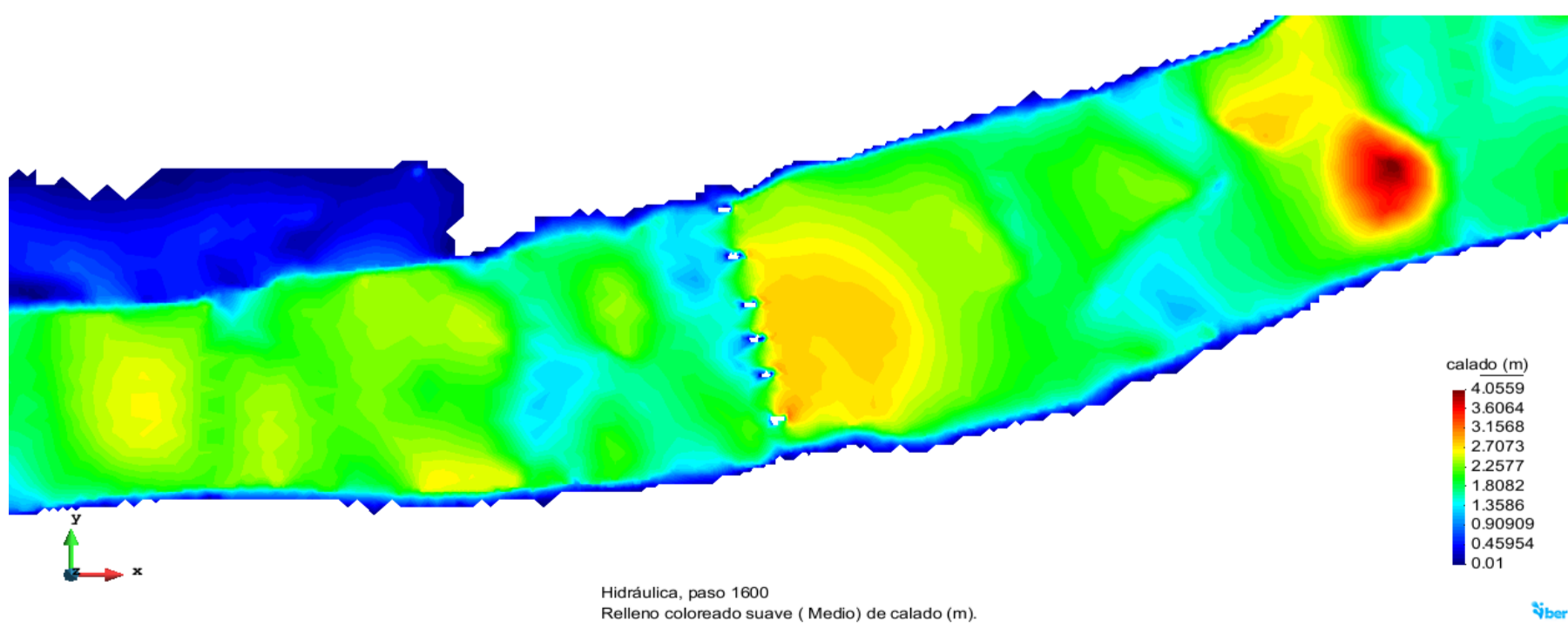
MAPA DE COTA DE AGUA




MAPA DE VECTORES DE VELOCIDAD

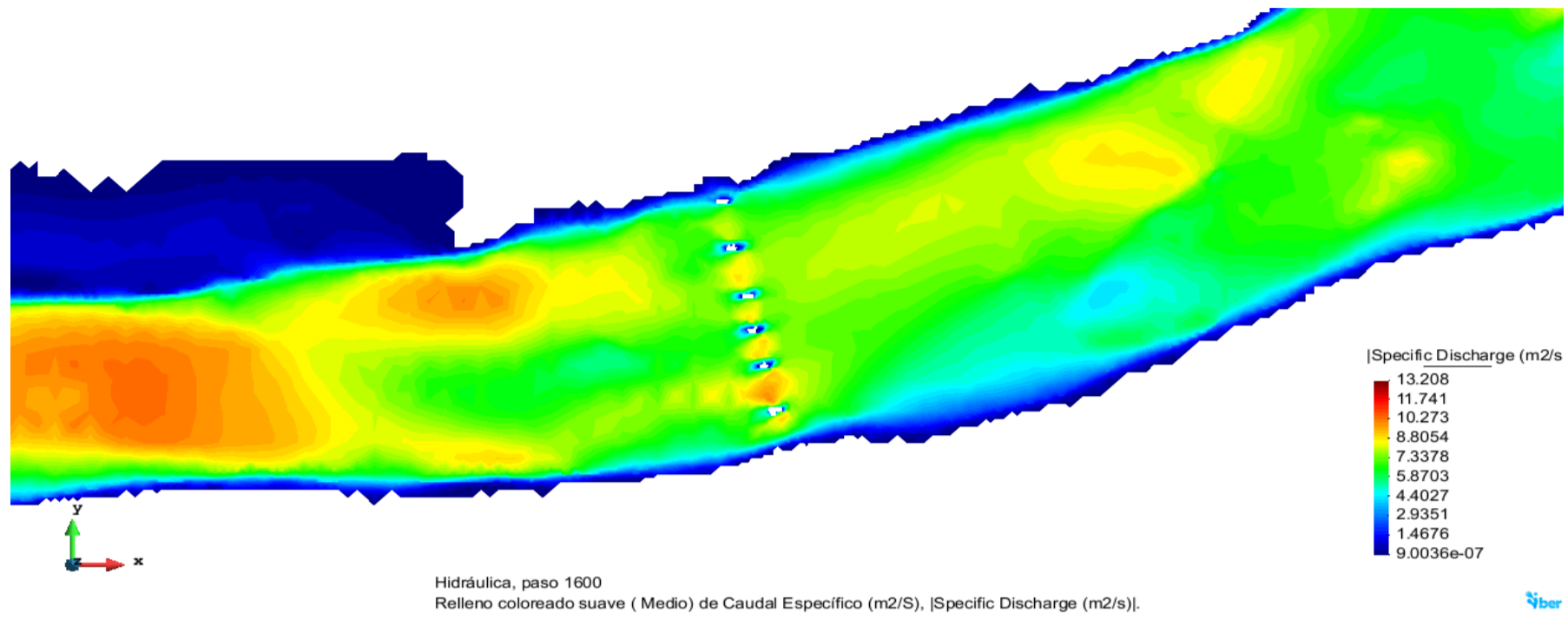


MAPA DE CALADO EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE

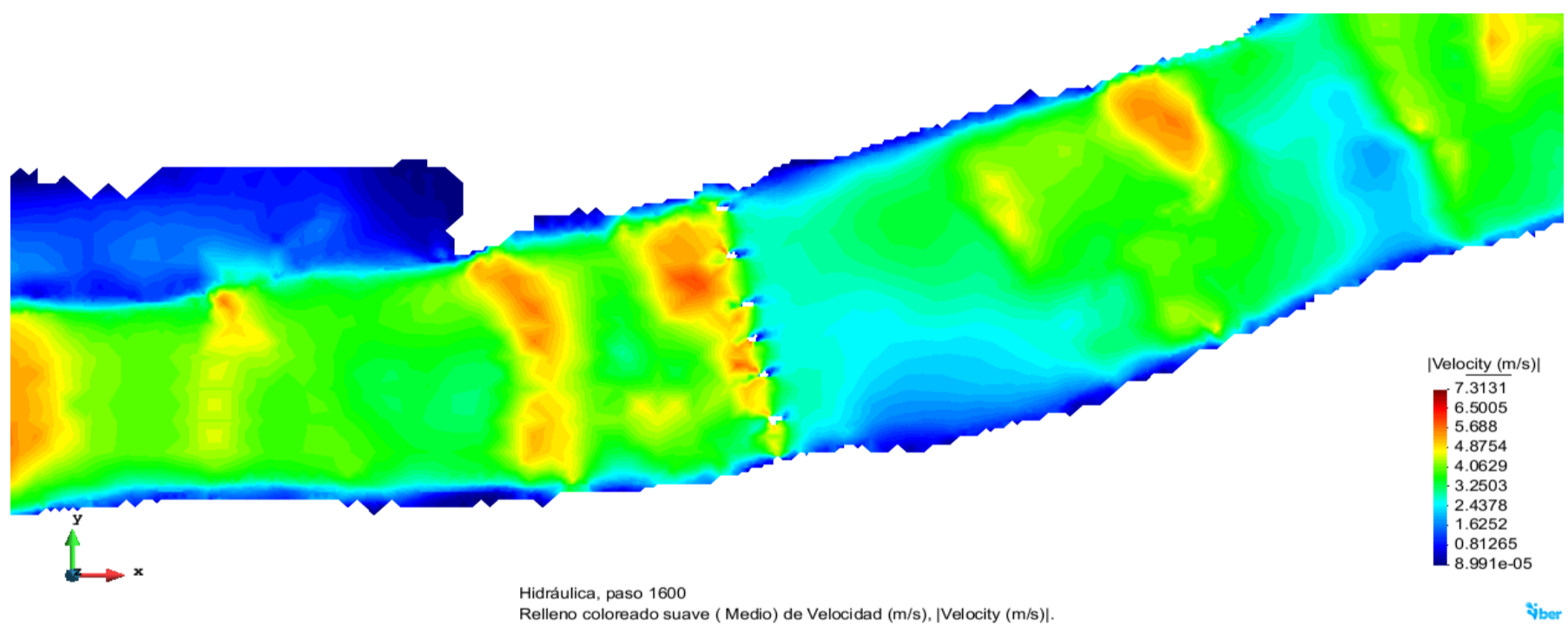


 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>				UNALM
					Fecha:
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"					Maetria: Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis Anexo: 10
					Revisión : 0

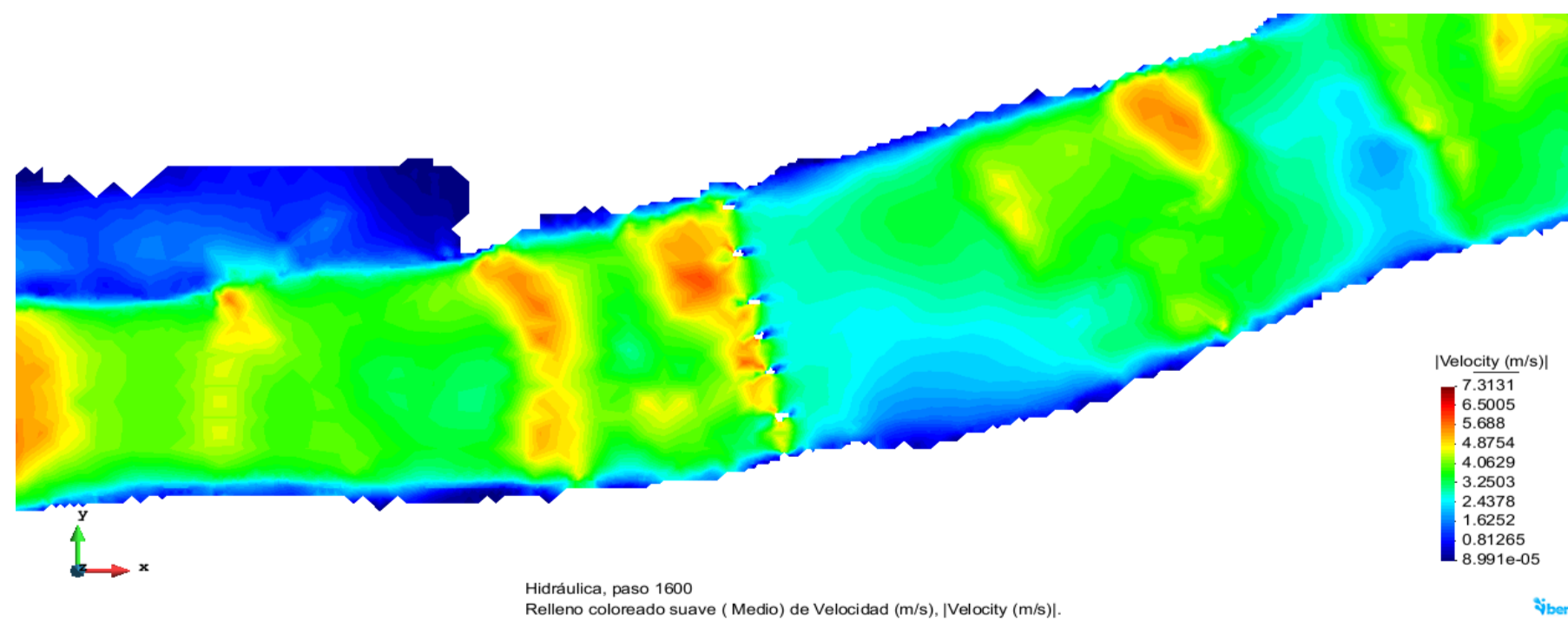
MAPA DE DESCARGA ESPECIFICA EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE




MAPA DE VELOCIDADES EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE

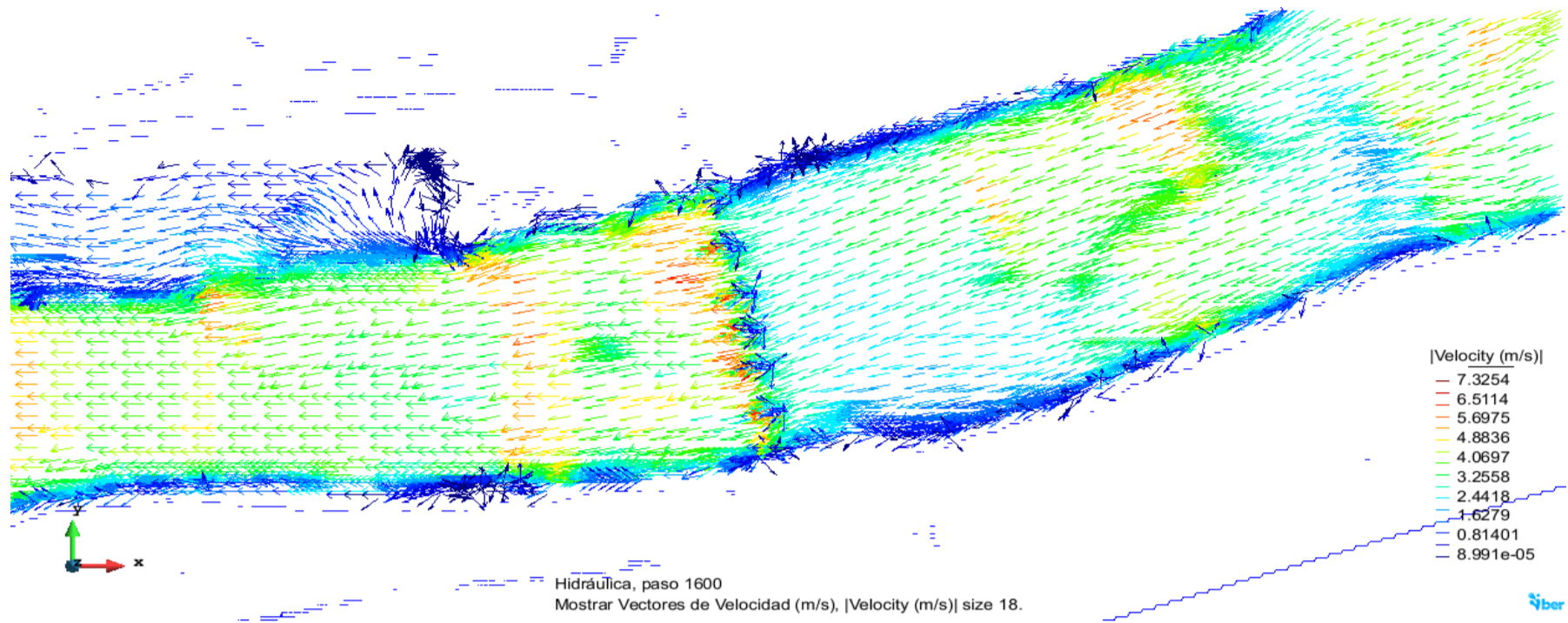


MAPA DE COTA DE AGUA EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE

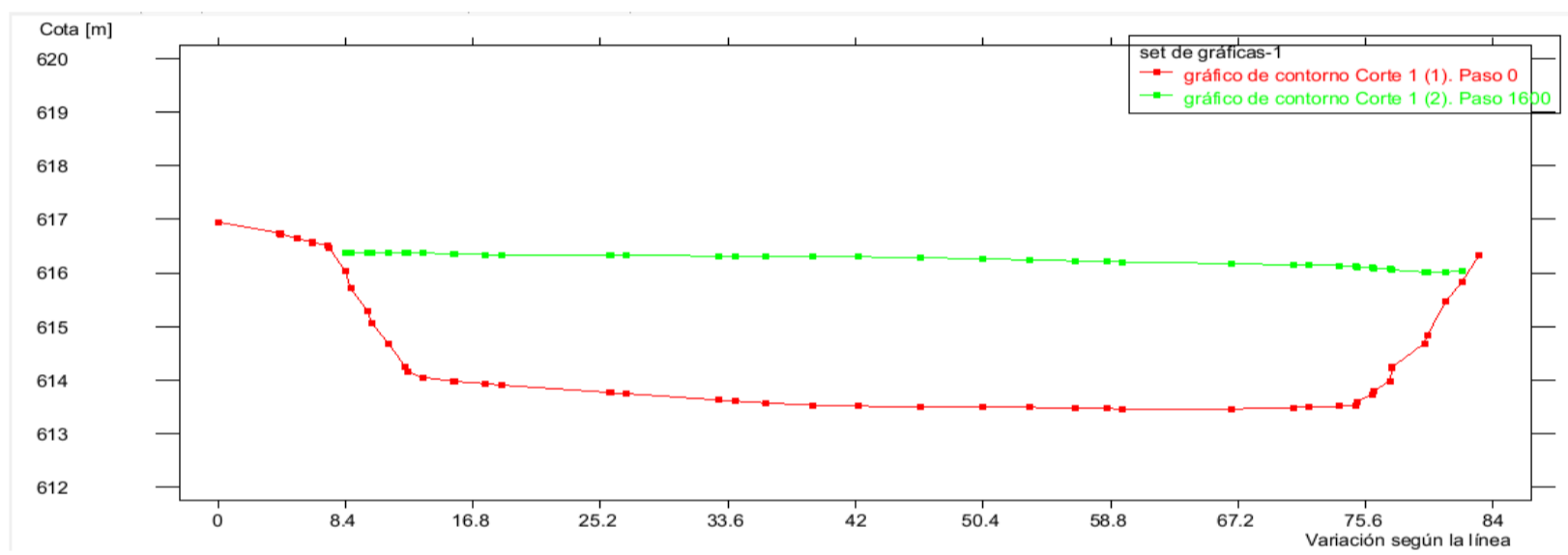


 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>			UNALM	
				Fecha:	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos	
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis
				Anexo:	10
				Revisión :	0

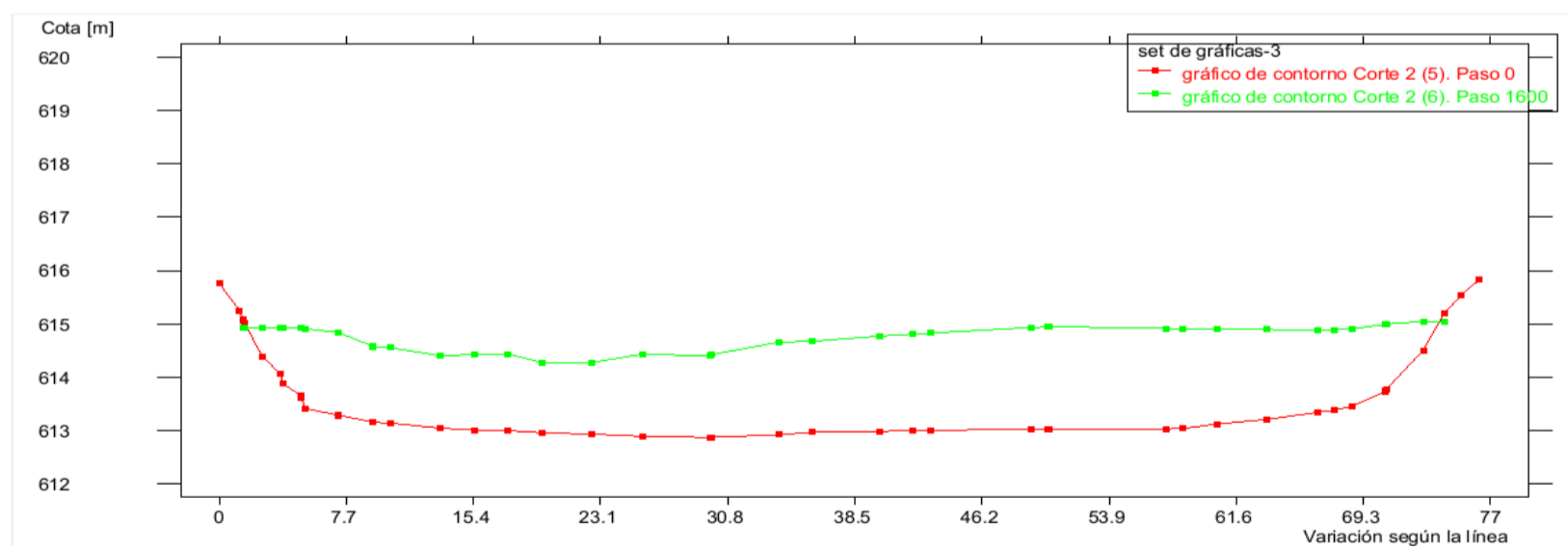
MAPA DE VECTORES DE VELOCIDAD EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE




SECCION TRANSVERSAL AGUAS ARRIBA DEL PUENTE



SECCION TRANSVERSAL AGUAS ABAJO DEL PUENTE

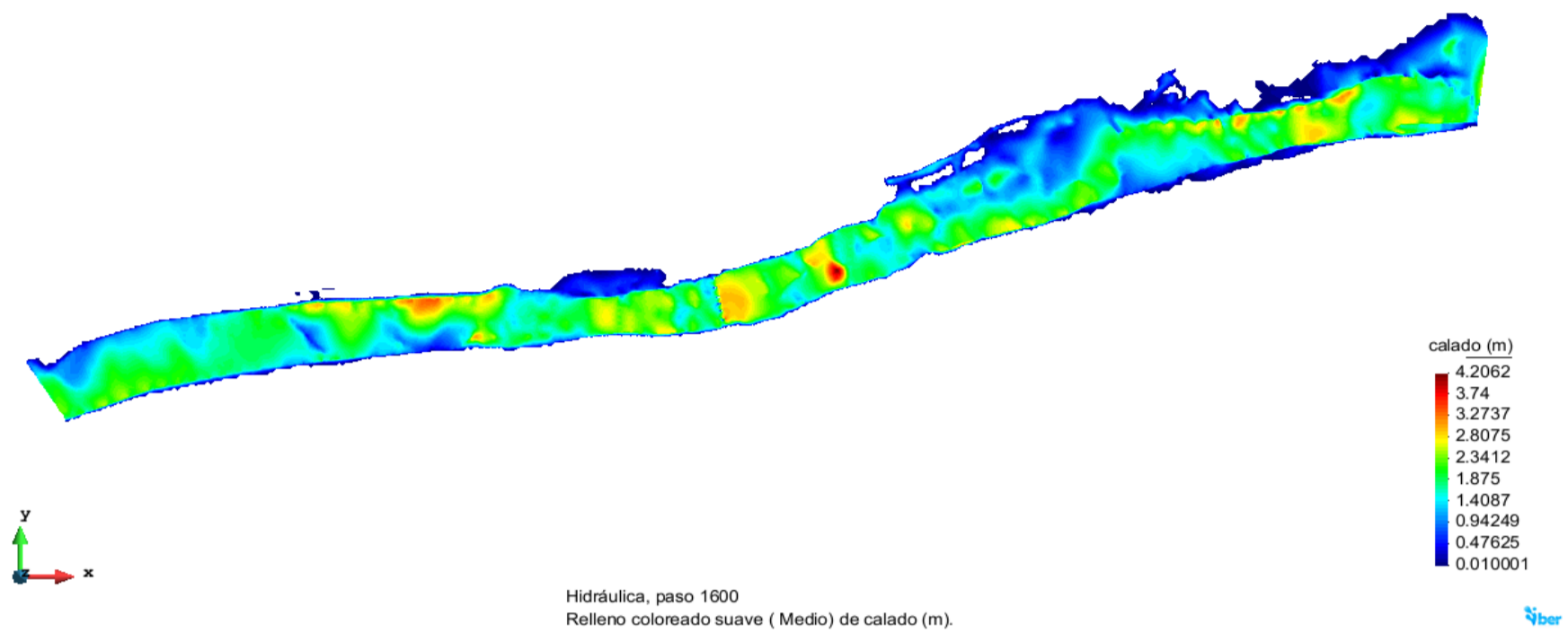




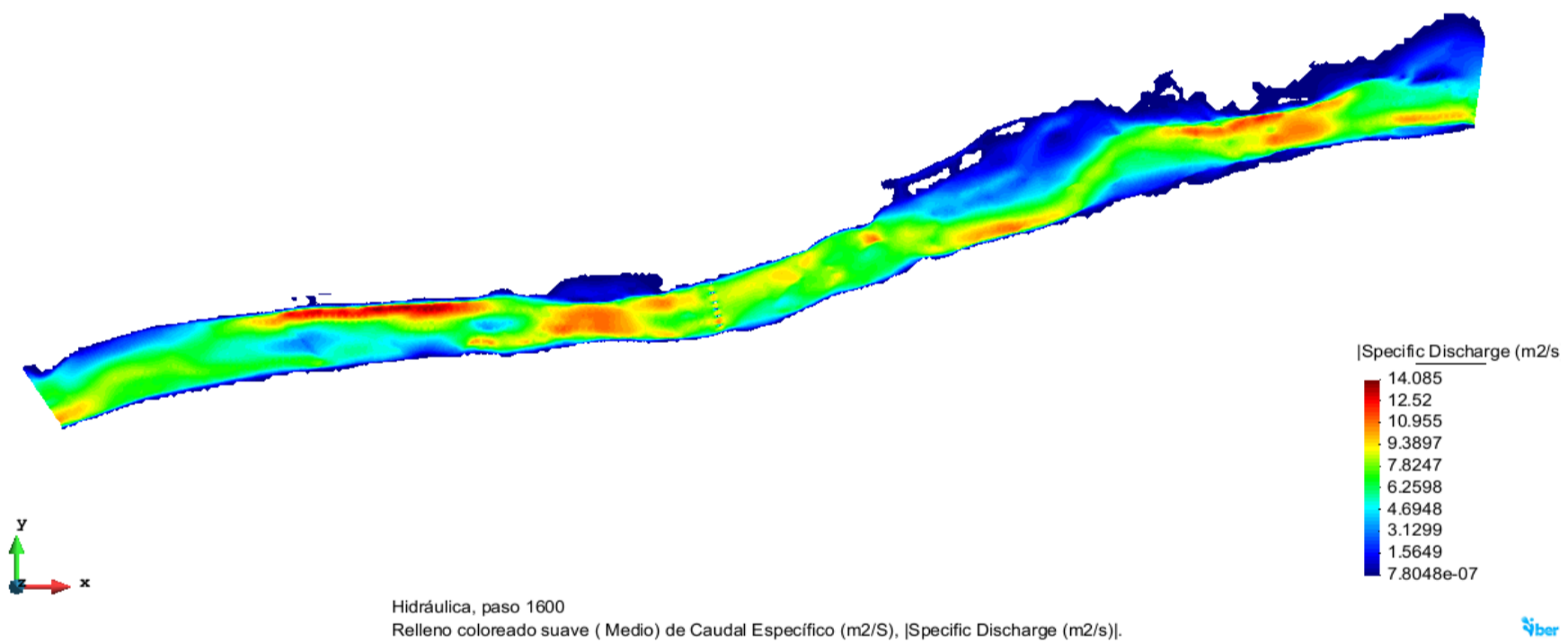
 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>			UNALM
				Fecha:
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por: SPVB	Revisado por: TOVB	Emitido para: Tesis	Anexo: 10	Revisión: 0

**8. SALIDA PROGRAMA IBER (TR=200 AÑOS, Q=517.2 M3/S)**

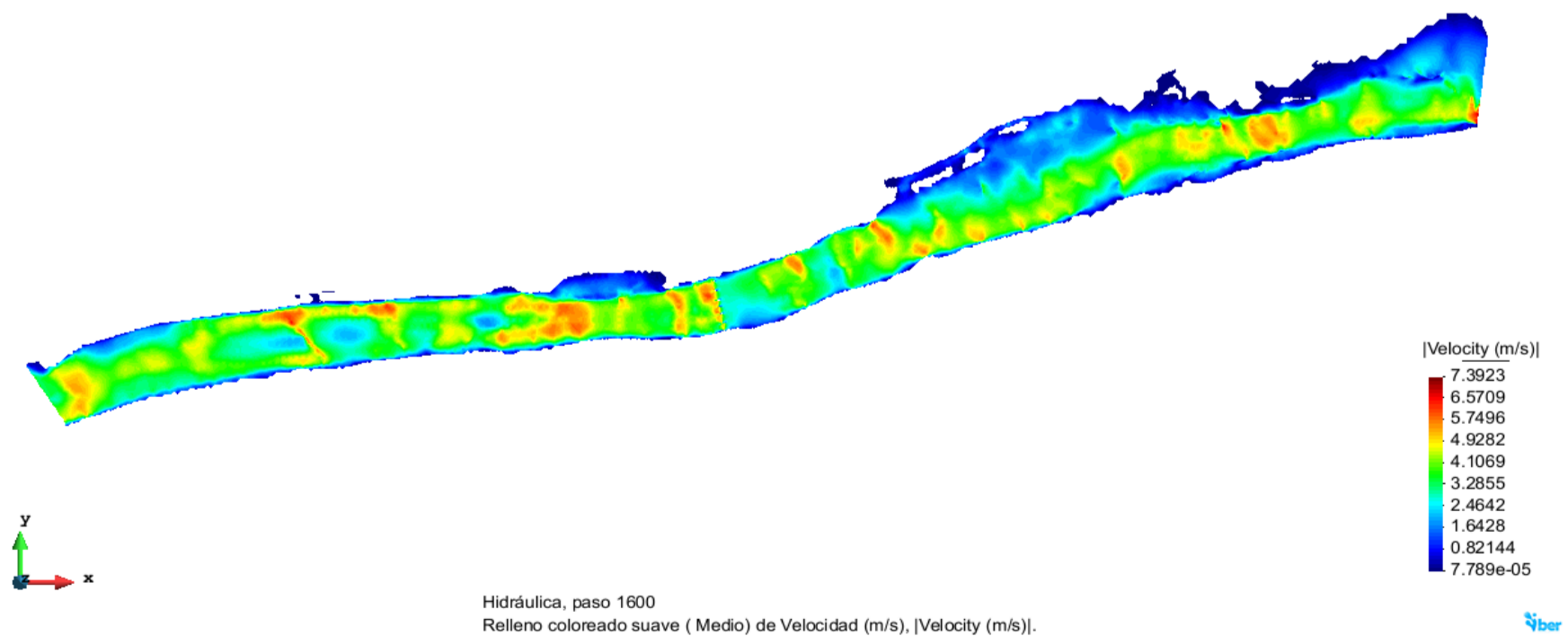
MAPA DE CALADOS




MAPA DE DESCARGA ESPECIFICA

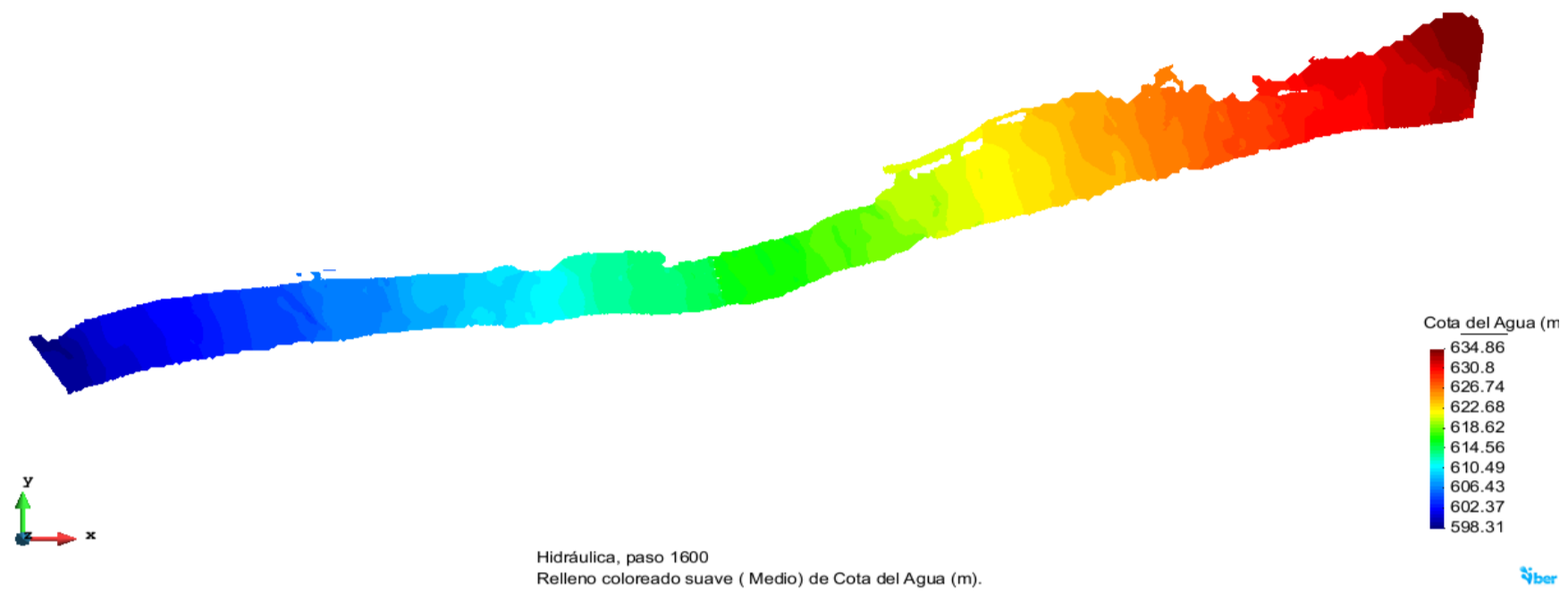


MAPA DE VELOCIDADES

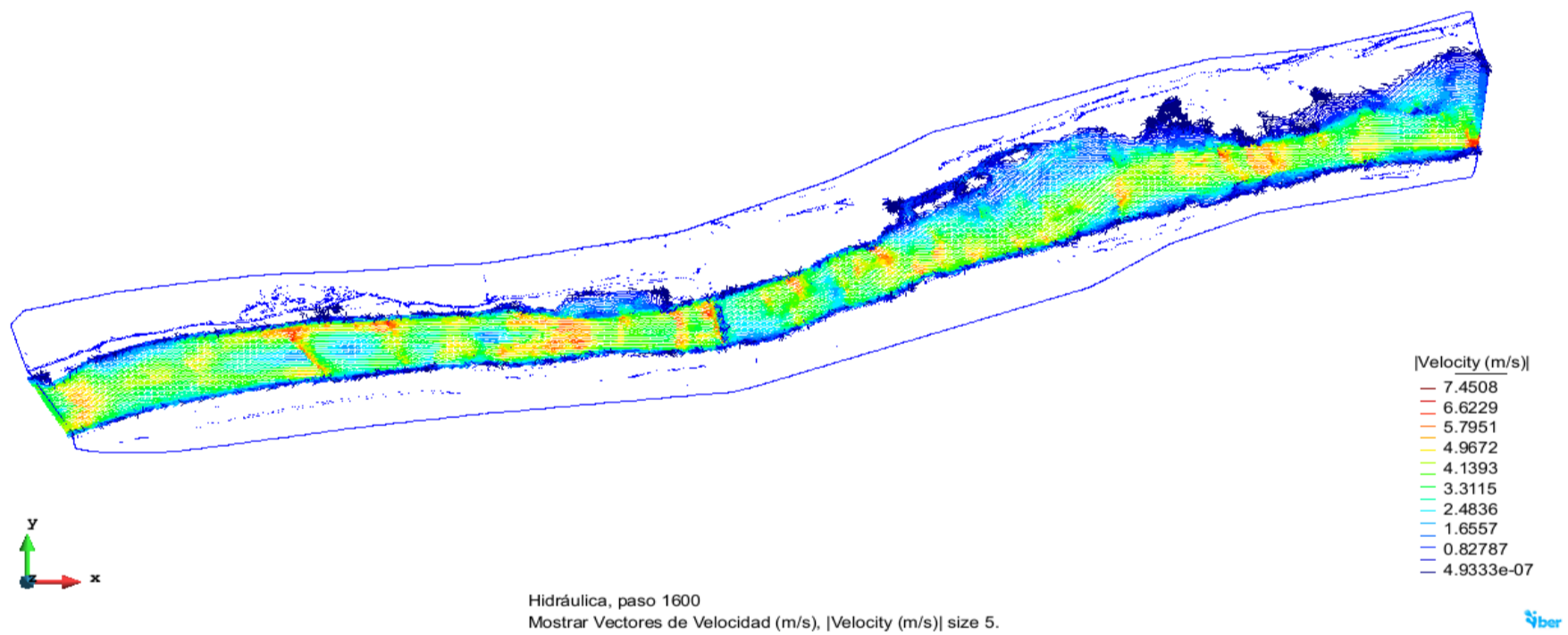


 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUOLA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>				UNALM		
					Fecha:		Mar-21
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"					Maetria: Ing. Recursos Hídricos		
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo: 10	Revisión : 0

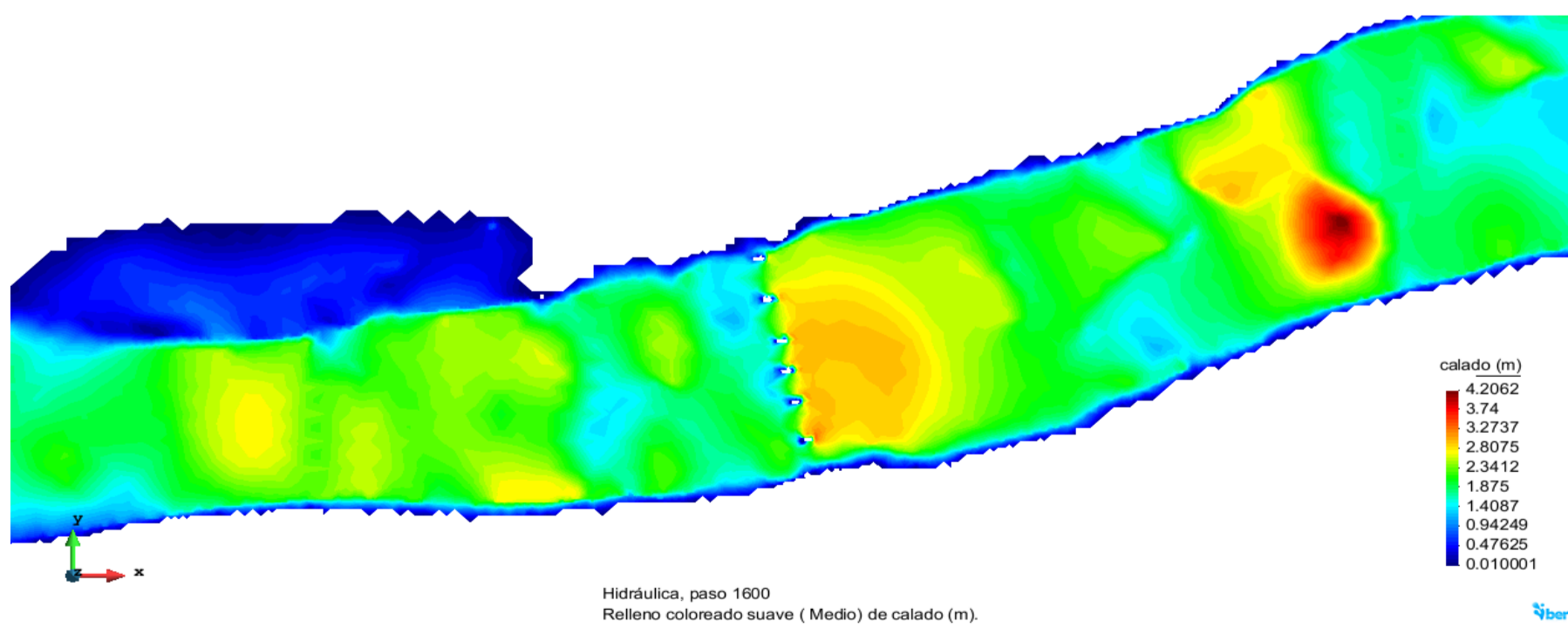
MAPA DE COTA DE AGUA




MAPA DE VECTORES DE VELOCIDAD

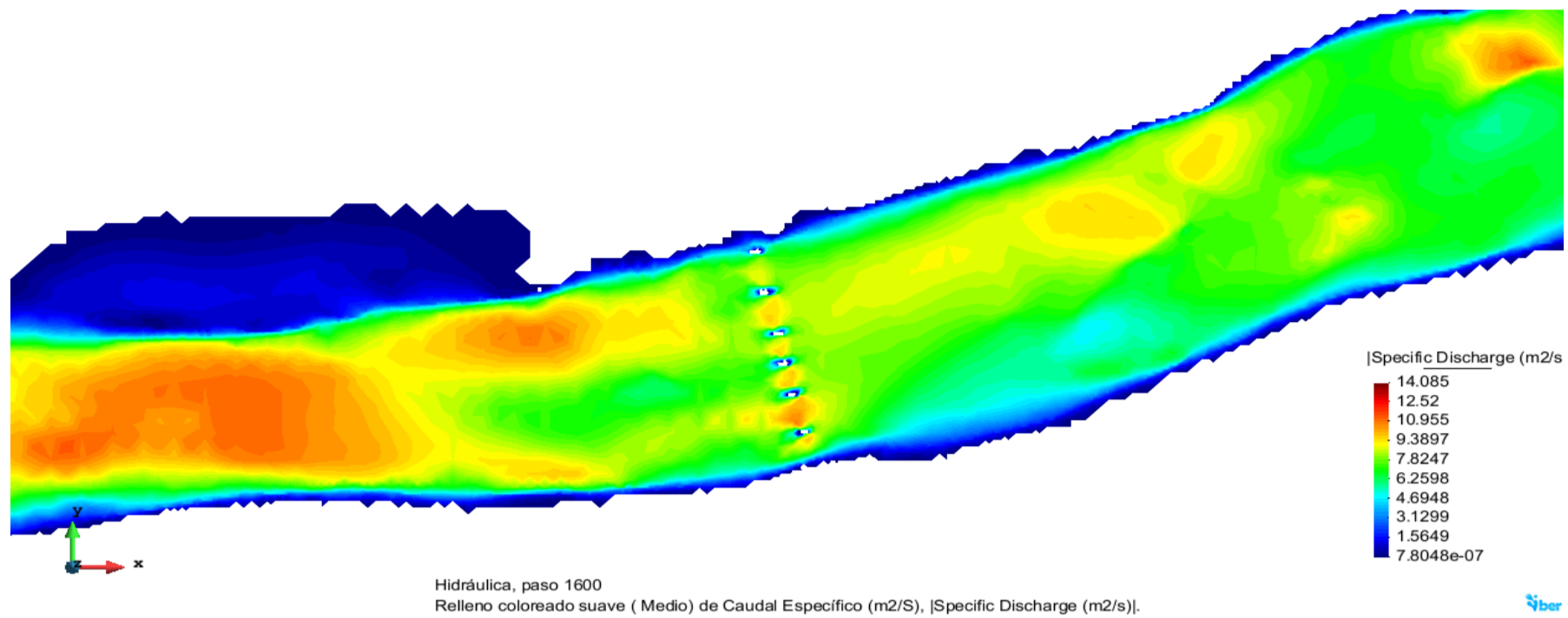


MAPA DE CALADO EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE

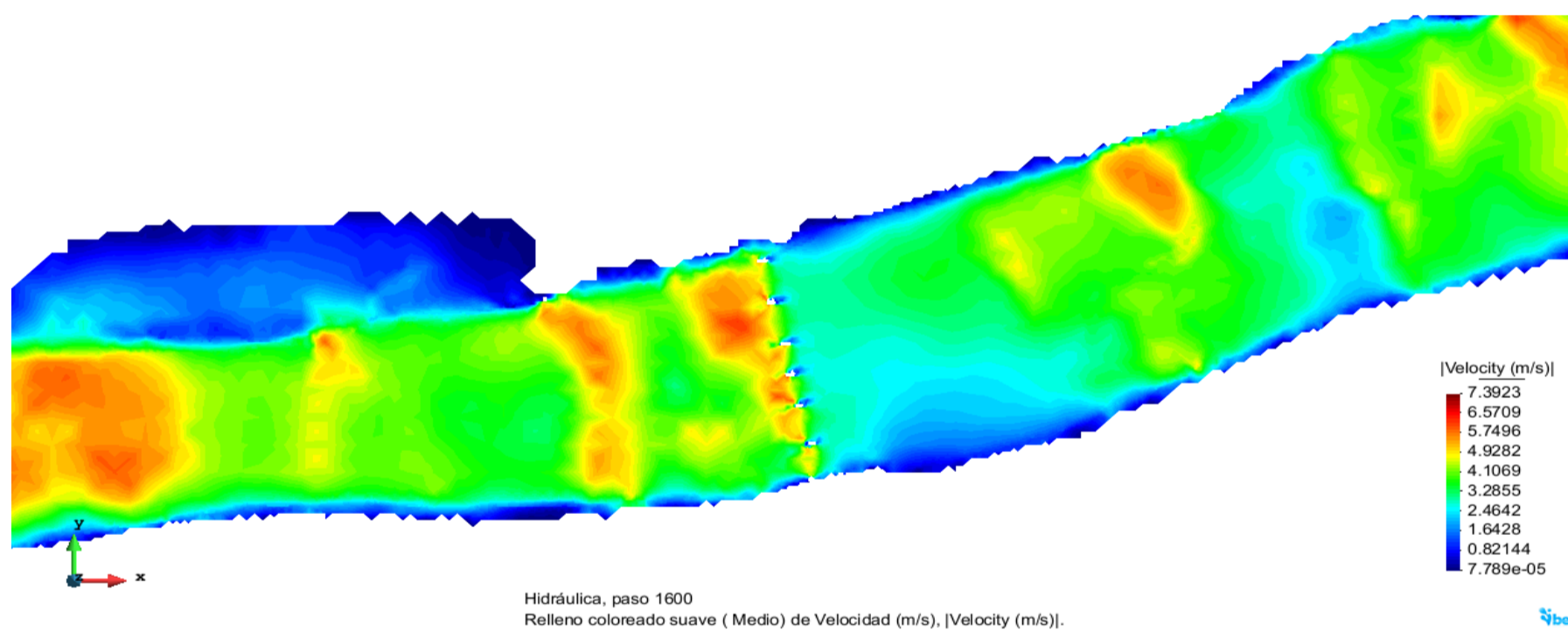


 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>			UNALM	
				Fecha:	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos	
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis
				Anexo:	10
				Revisión :	0

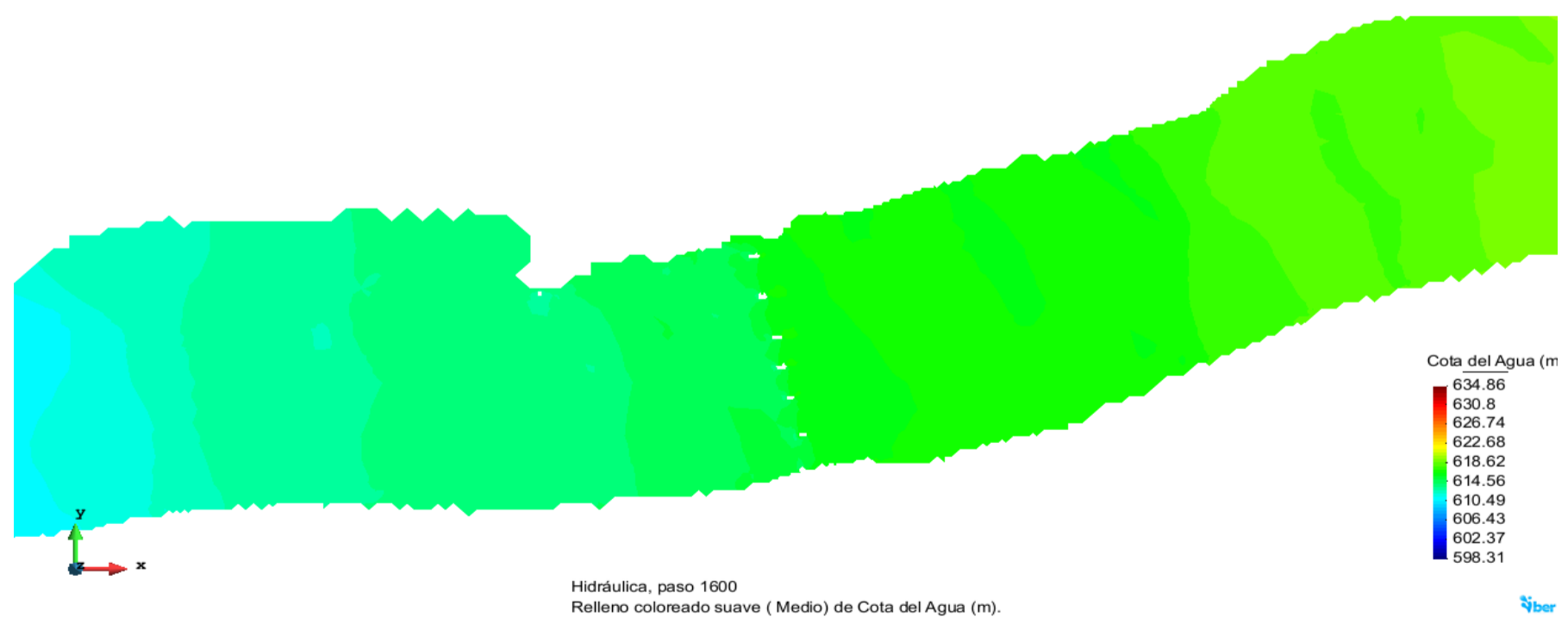
MAPA DE DESCARGA ESPECIFICA EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE




MAPA DE VELOCIDADES EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE

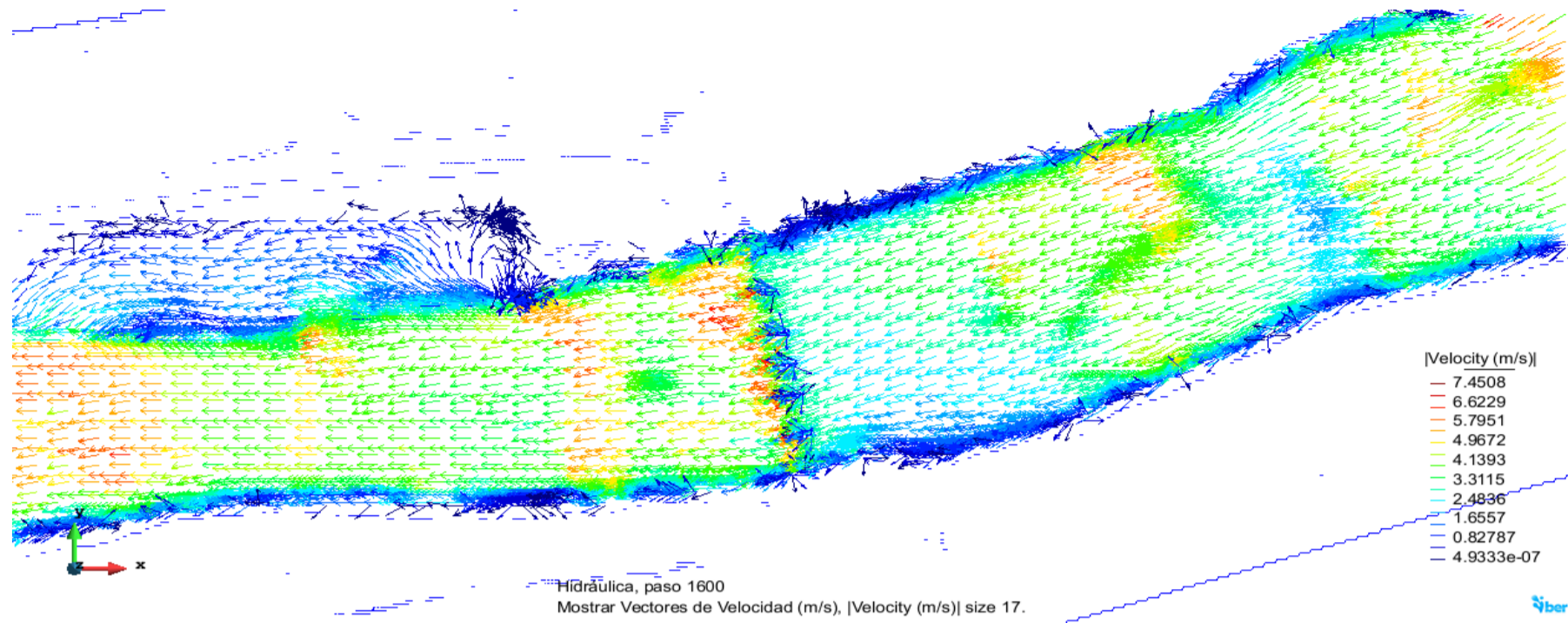


MAPA DE COTA DE AGUA EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE

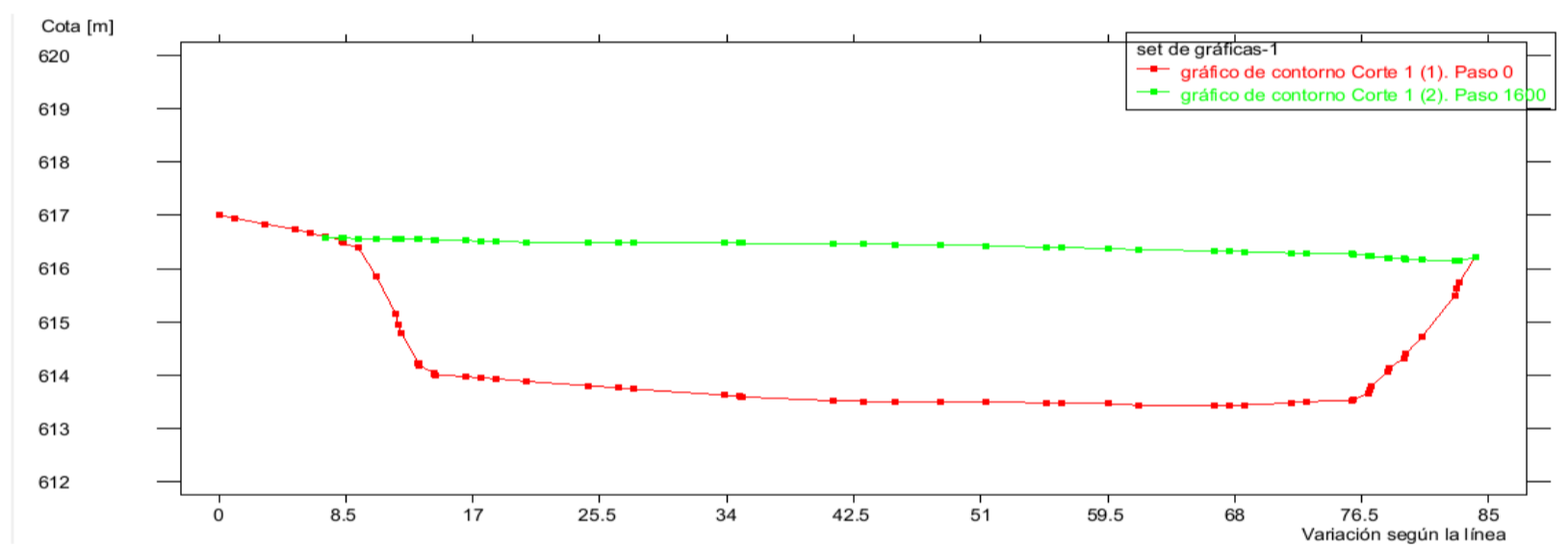


 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>			UNALM	
				Fecha:	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos	
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis
				Anexo:	10
				Revisión :	0

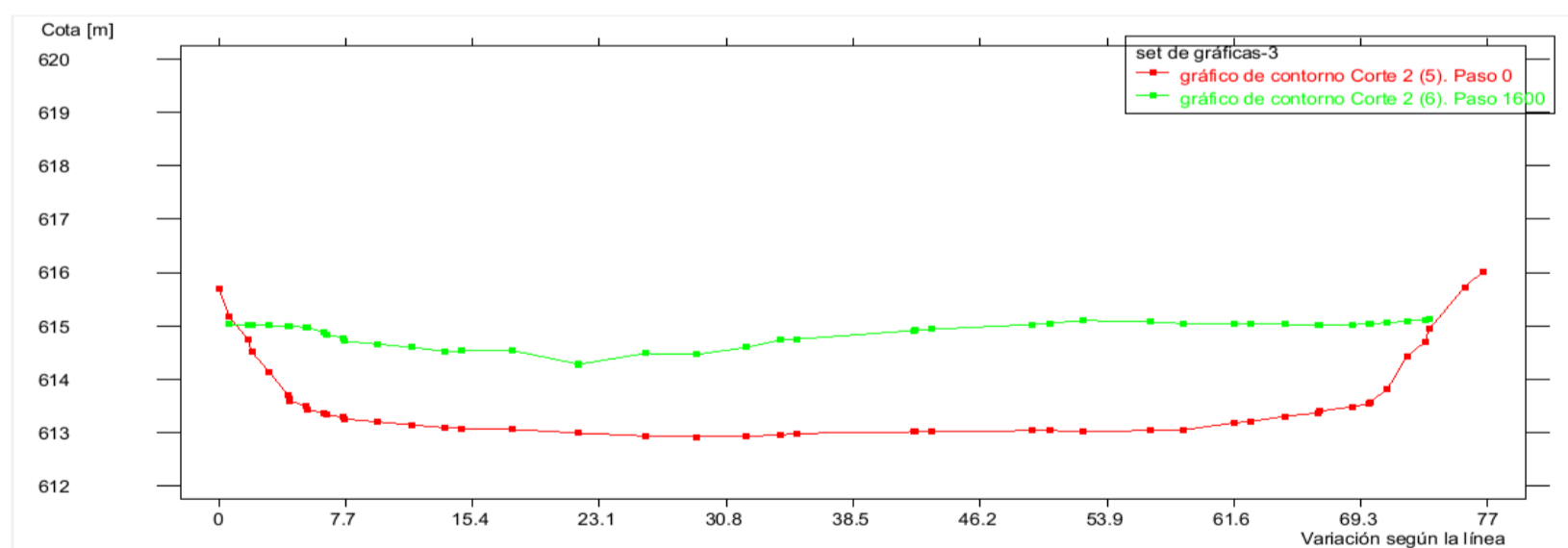
MAPA DE VECTORES DE VELOCIDAD EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE




SECCION TRANSVERSAL AGUAS ARRIBA DEL PUENTE



SECCION TRANSVERSAL AGUAS ABAJO DEL PUENTE

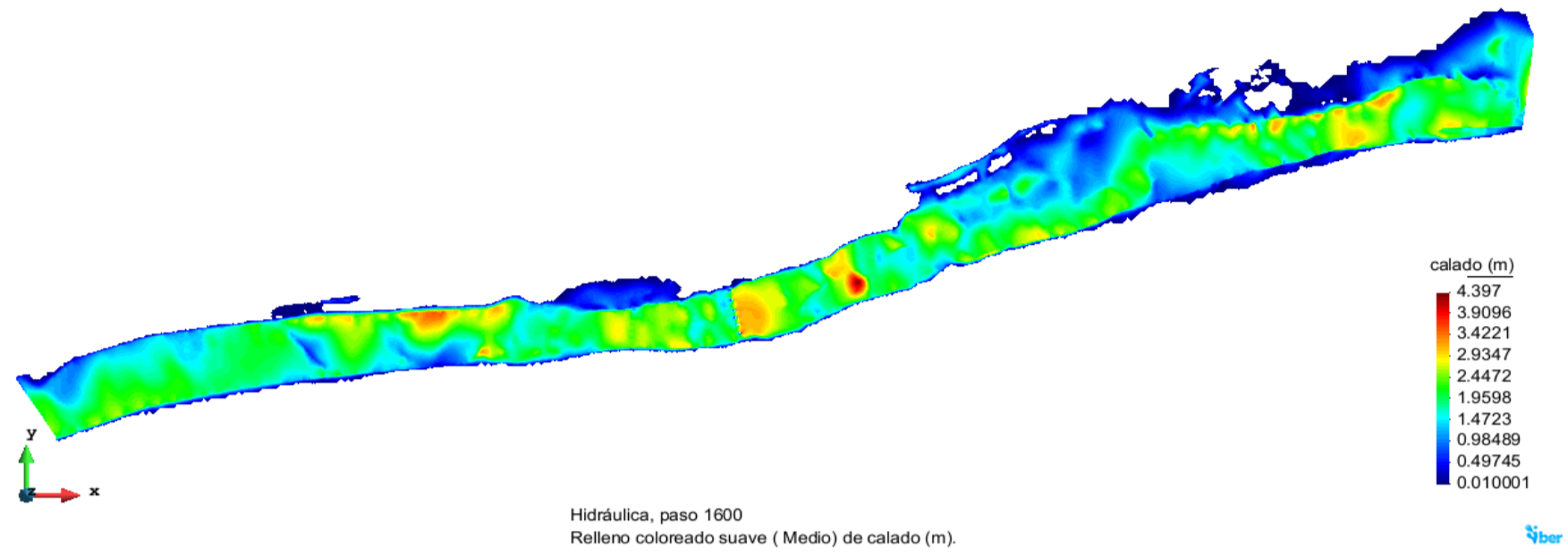




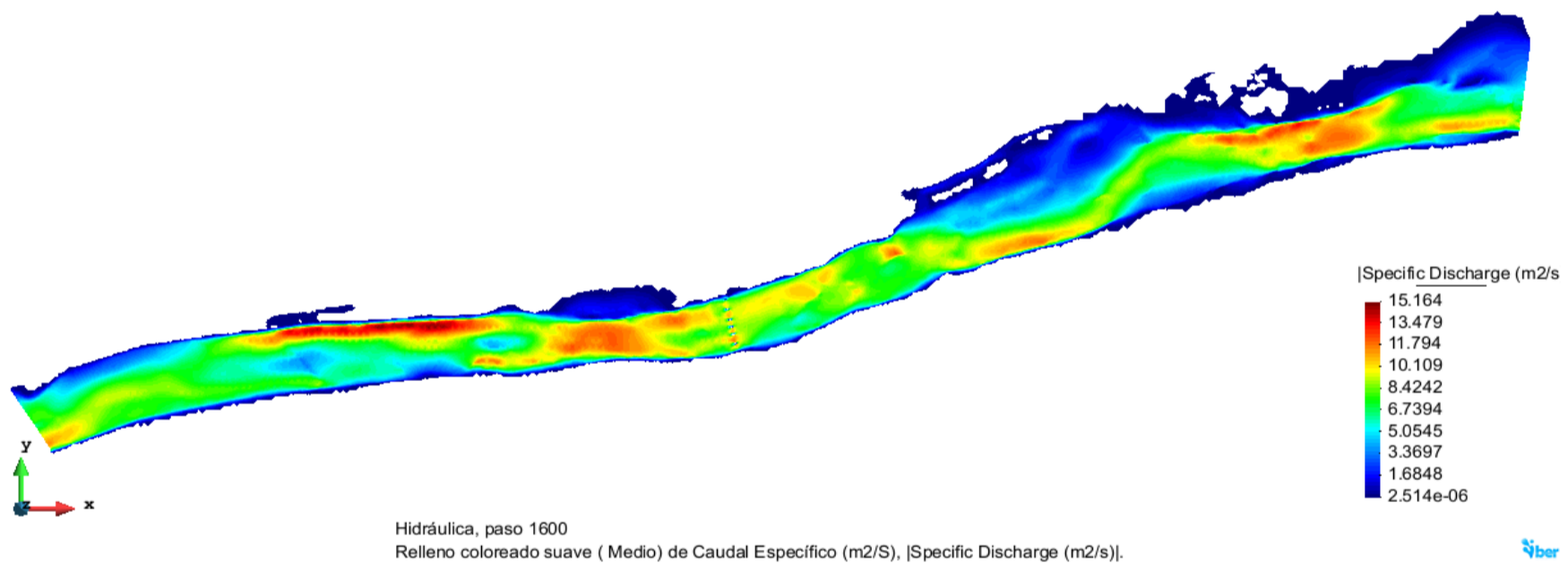
 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>			UNALM
				Fecha:
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por: SPVB	Revisado por: TOVB	Emitido para: Tesis	Anexo: 10	Revisión: 0

**9. SALIDA PROGRAMA IBER (TR=500 AÑOS, Q=578.6 M3/S)**

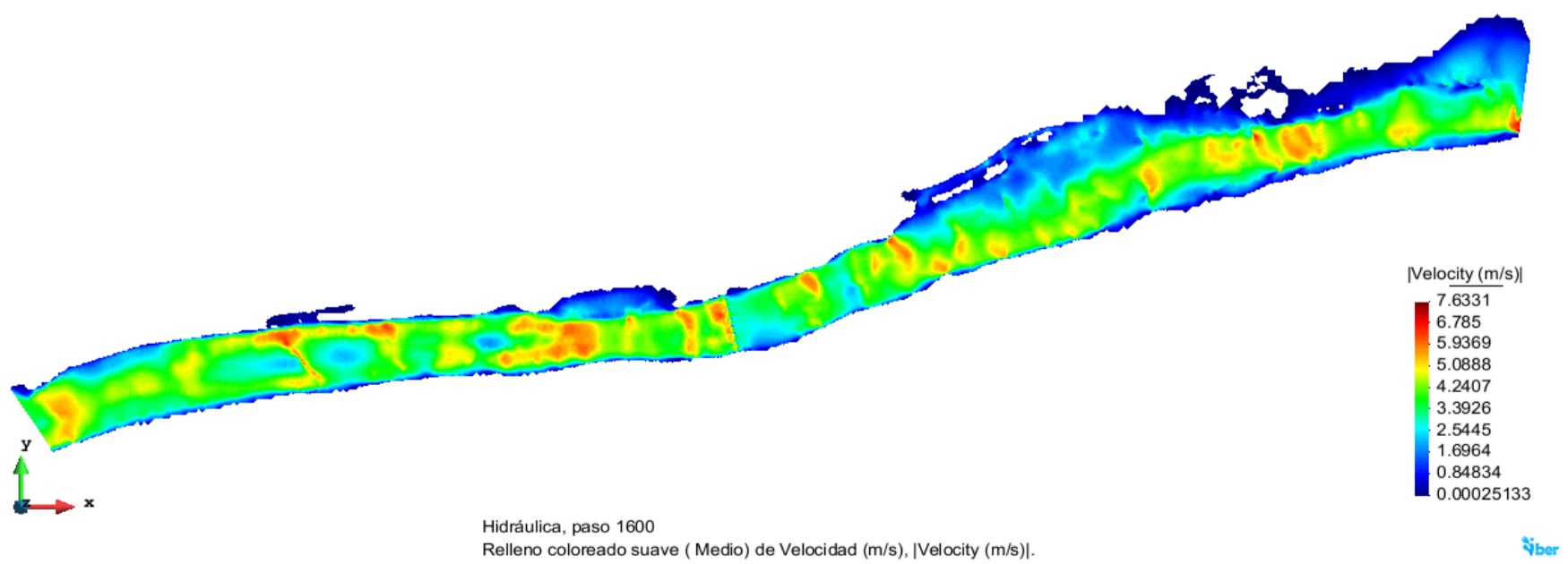
MAPA DE CALADOS




MAPA DE DESCARGA ESPECIFICA

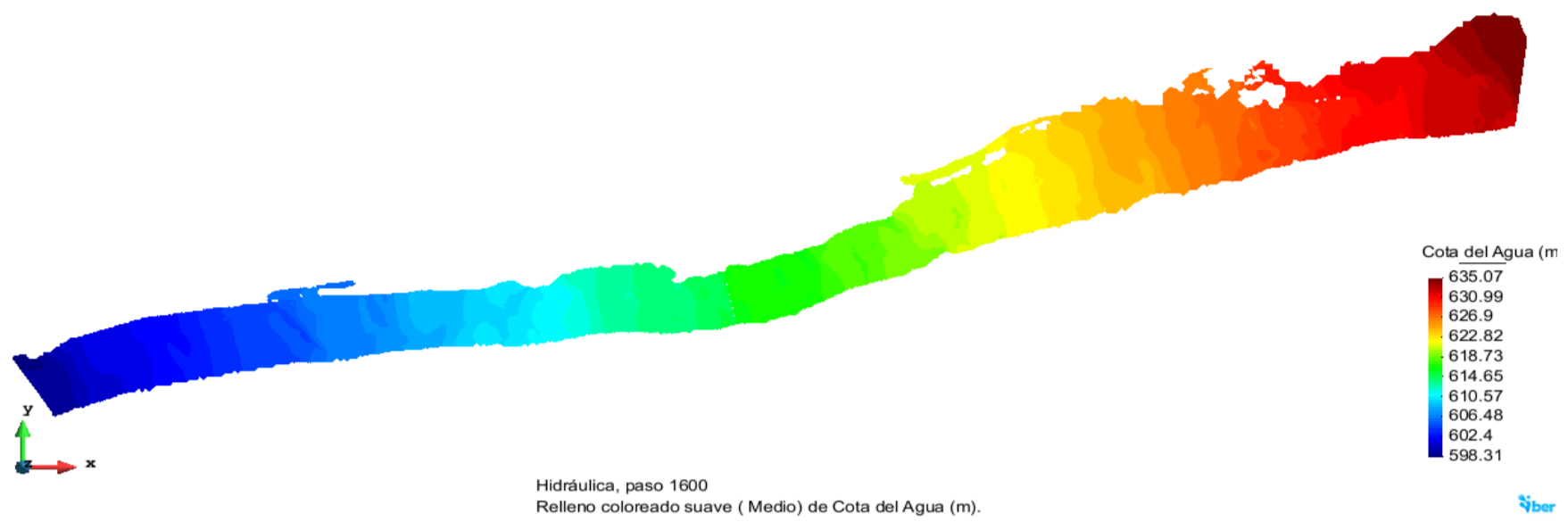


MAPA DE VELOCIDADES

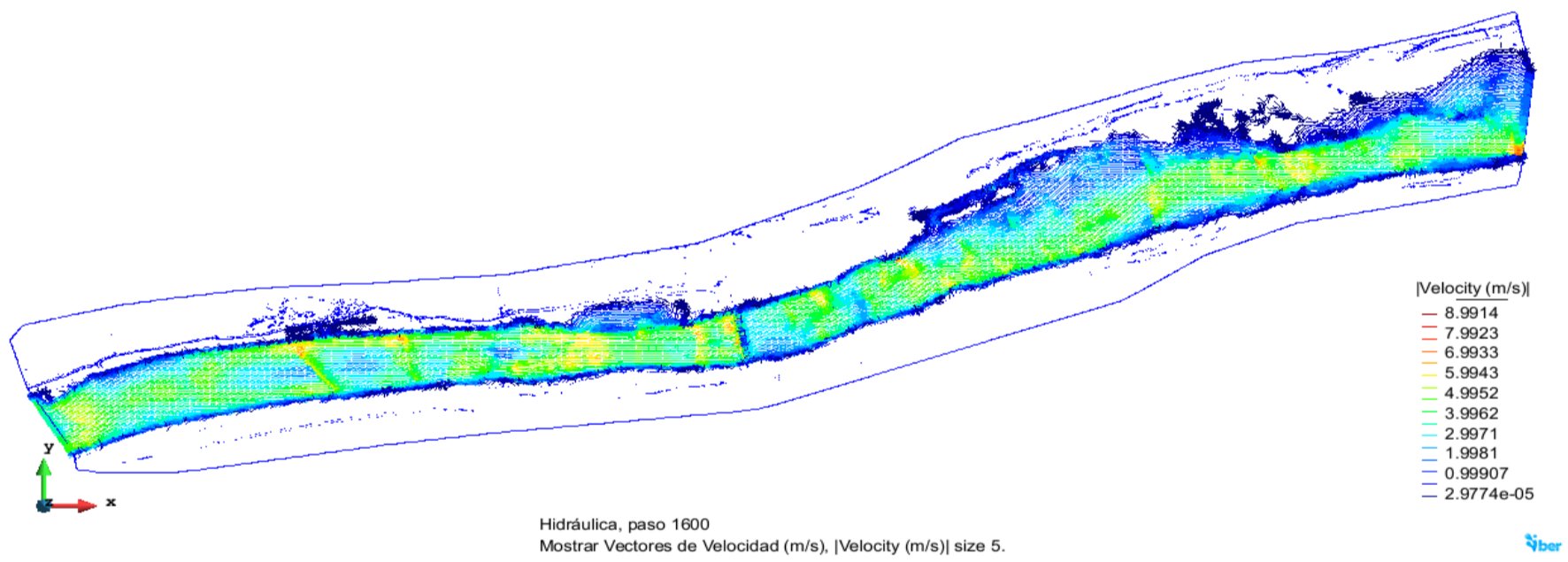


 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>			UNALM					
				Fecha:		Mar-21			
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	10	Revisión :	0

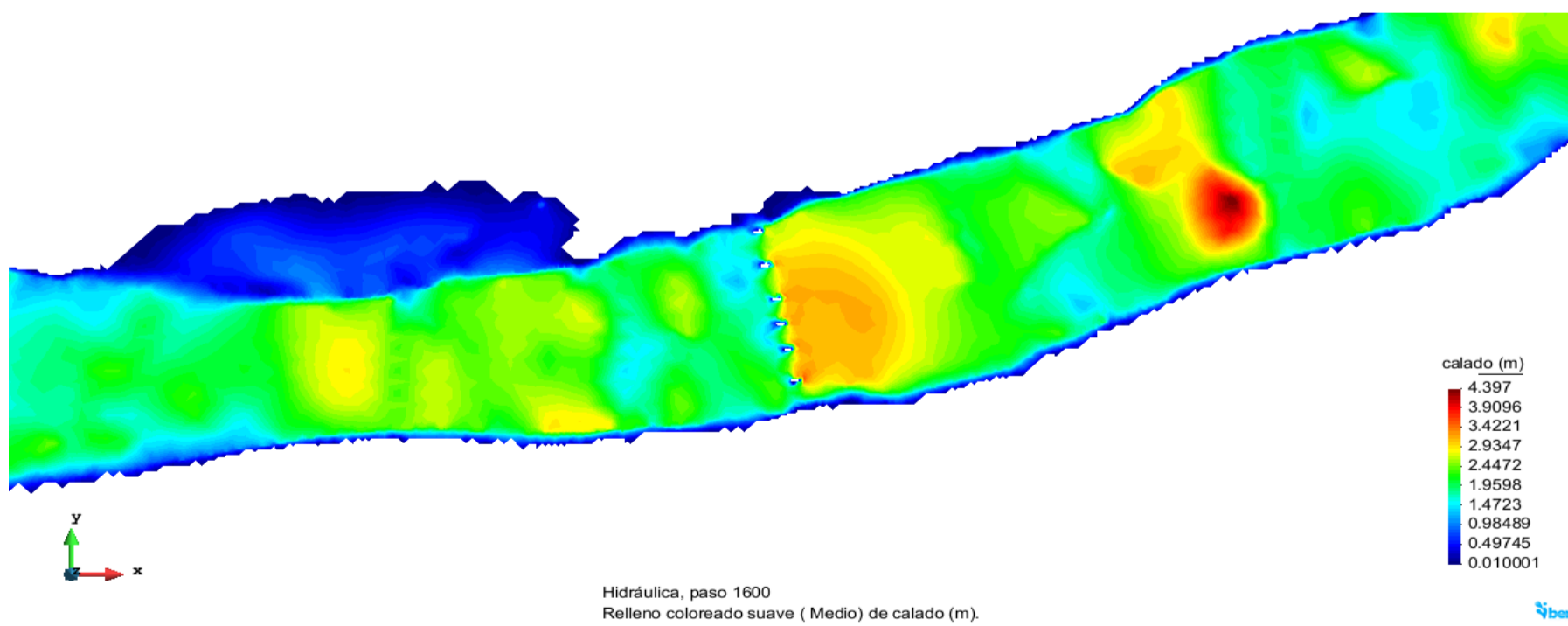
MAPA DE COTA DE AGUA




MAPA DE VECTORES DE VELOCIDAD

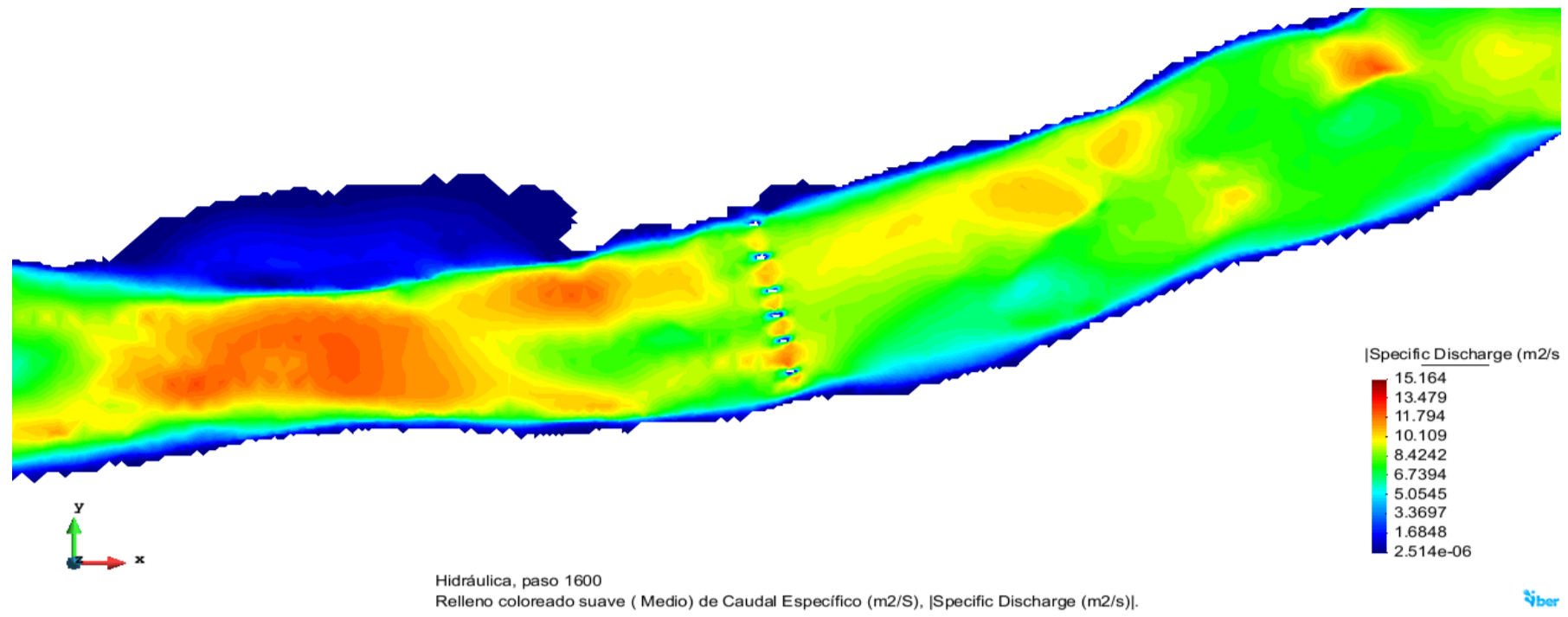


MAPA DE CALADO EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE

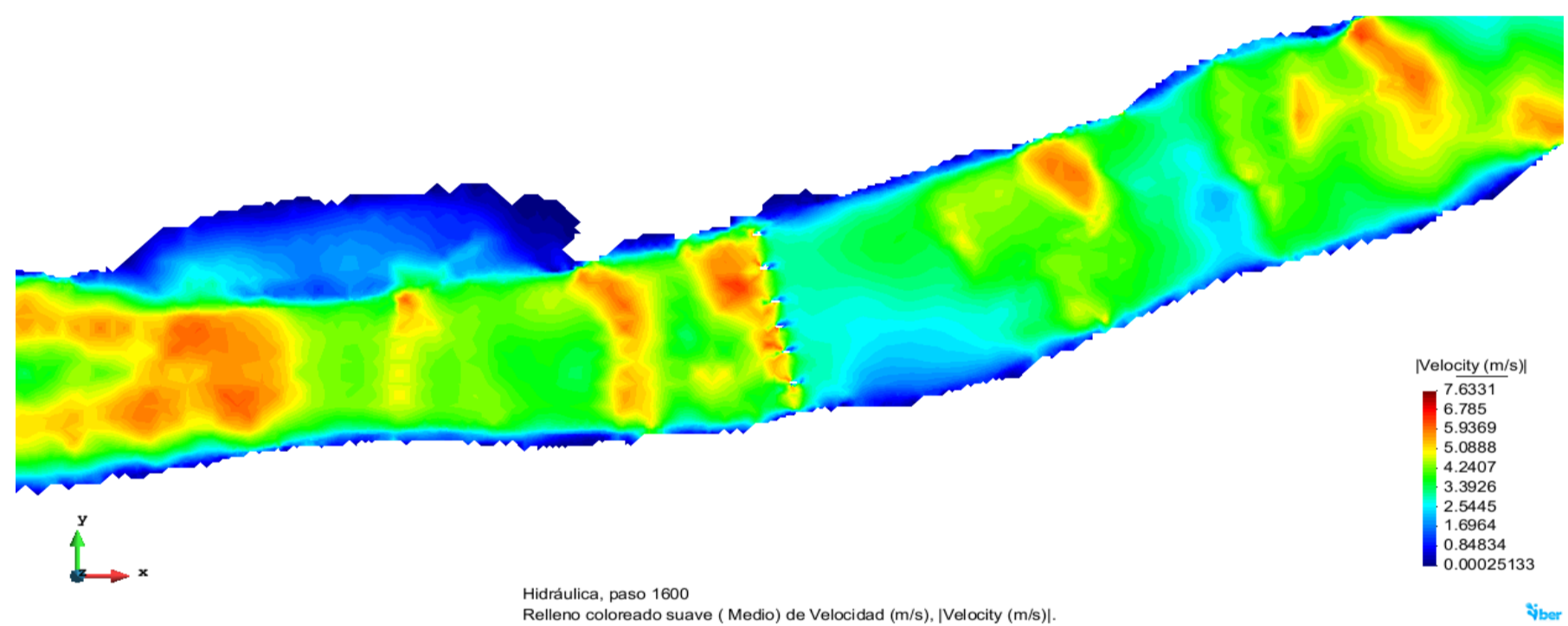


 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>			UNALM	
				Fecha:	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos	
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis
				Anexo:	10
				Revisión :	0

MAPA DE DESCARGA ESPECIFICA EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE




MAPA DE VELOCIDADES EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE

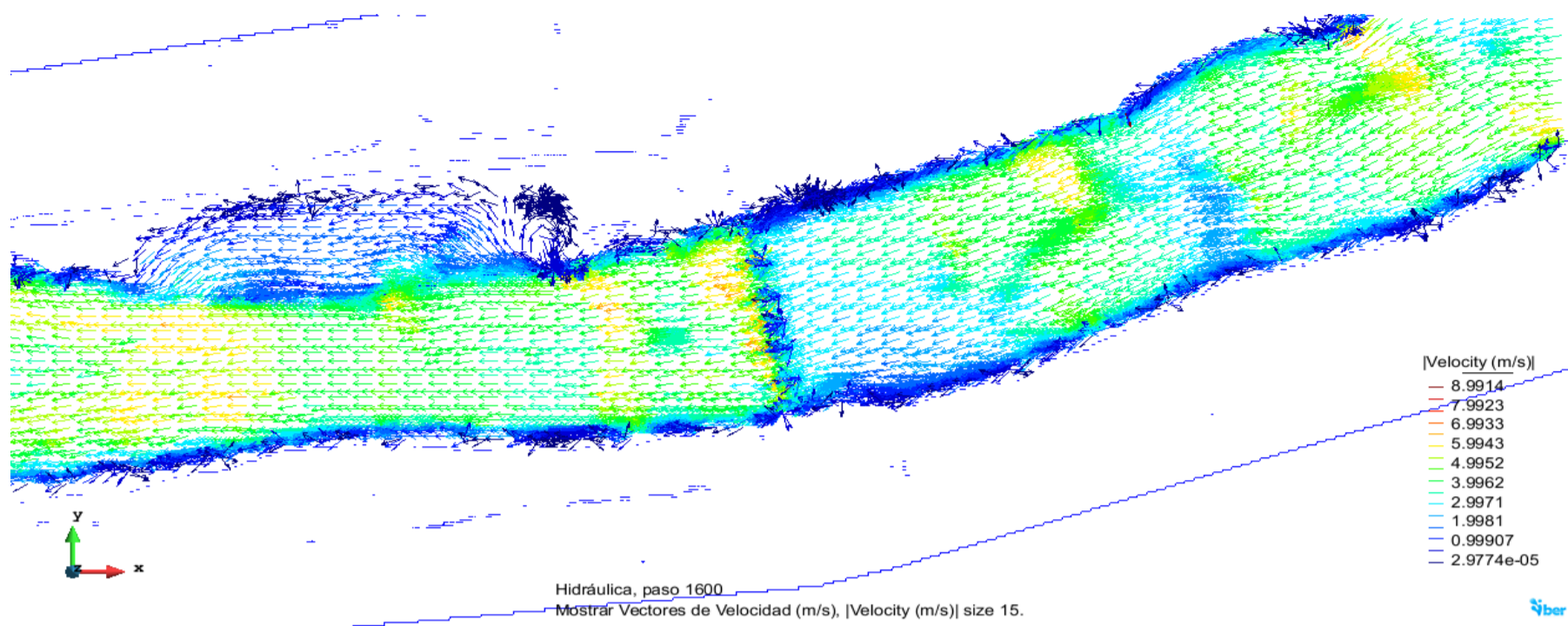


MAPA DE COTA DE AGUA EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE

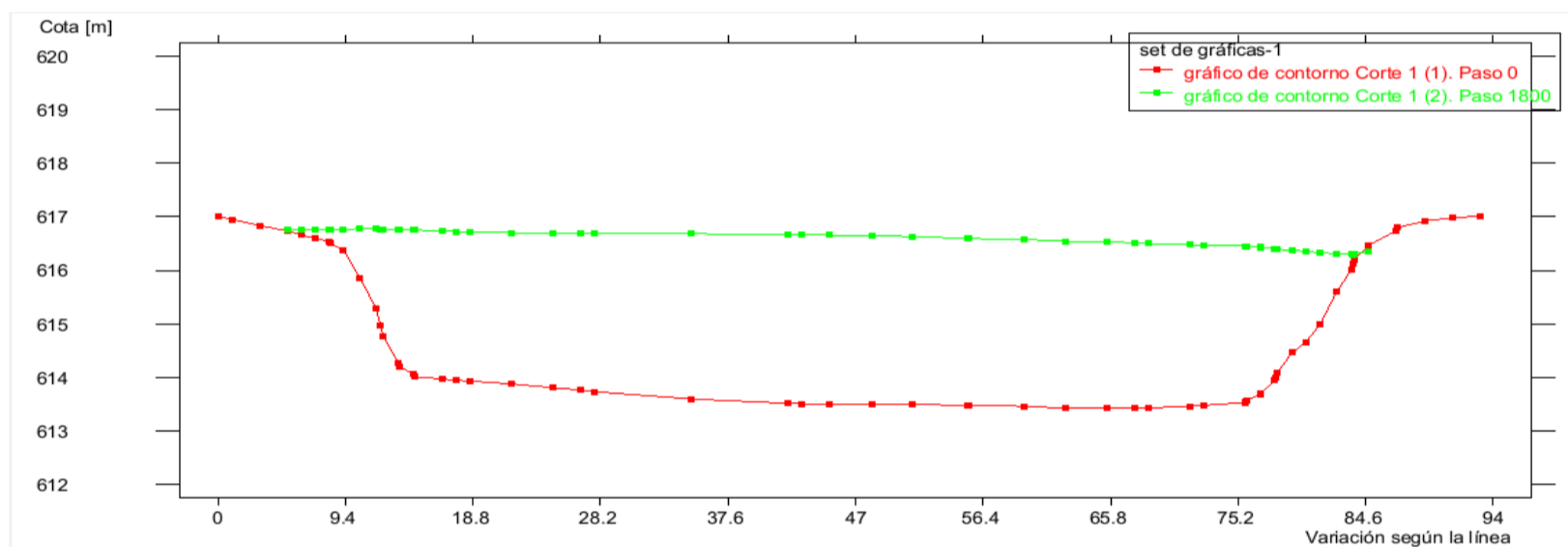


 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>				UNALM	
					Fecha:	Mar-21
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"					Maetria: Ing. Recursos Hídricos	
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	
				Anexo:	10	
					Revisión :	0

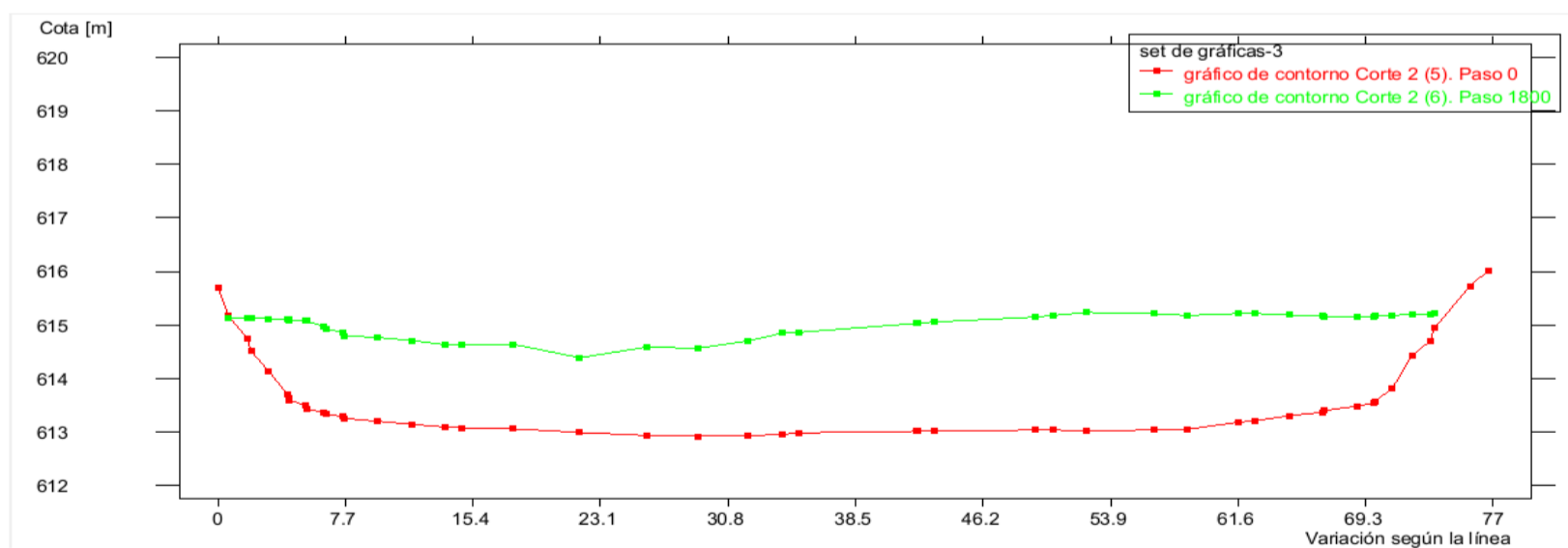
MAPA DE VECTORES DE VELOCIDAD EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE




SECCION TRANSVERSAL AGUAS ARRIBA DEL PUENTE



SECCION TRANSVERSAL AGUAS ABAJO DEL PUENTE

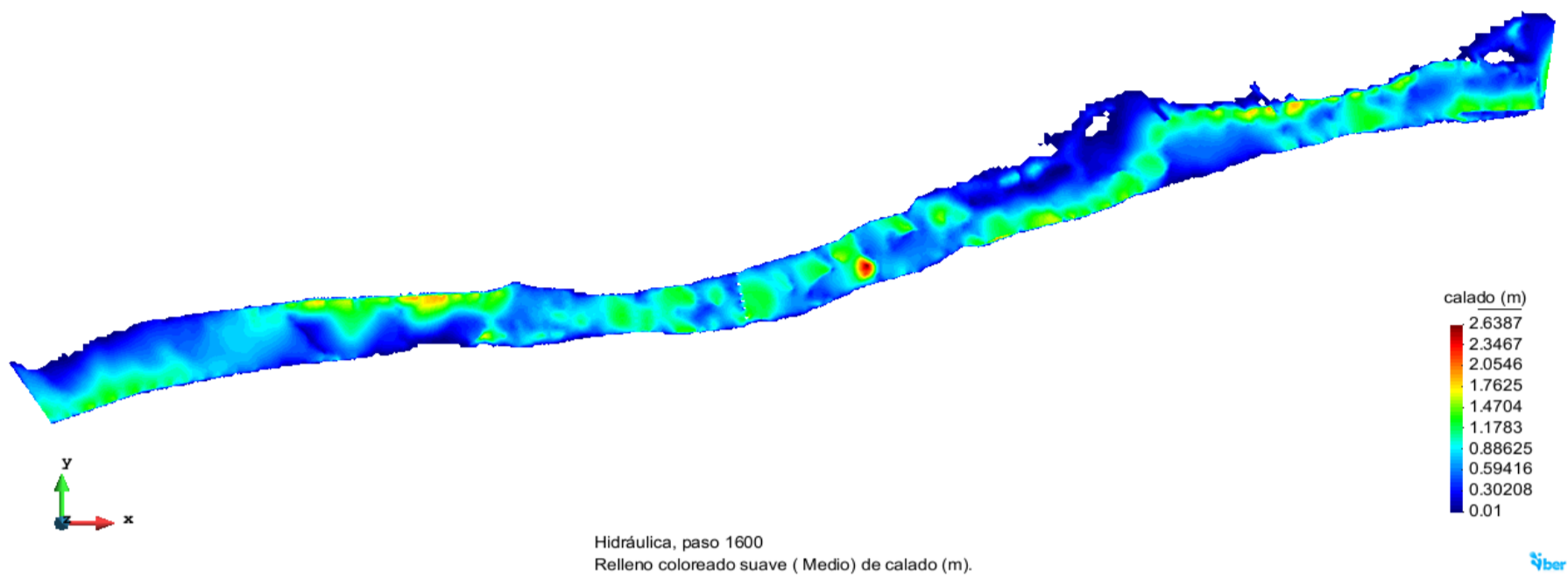




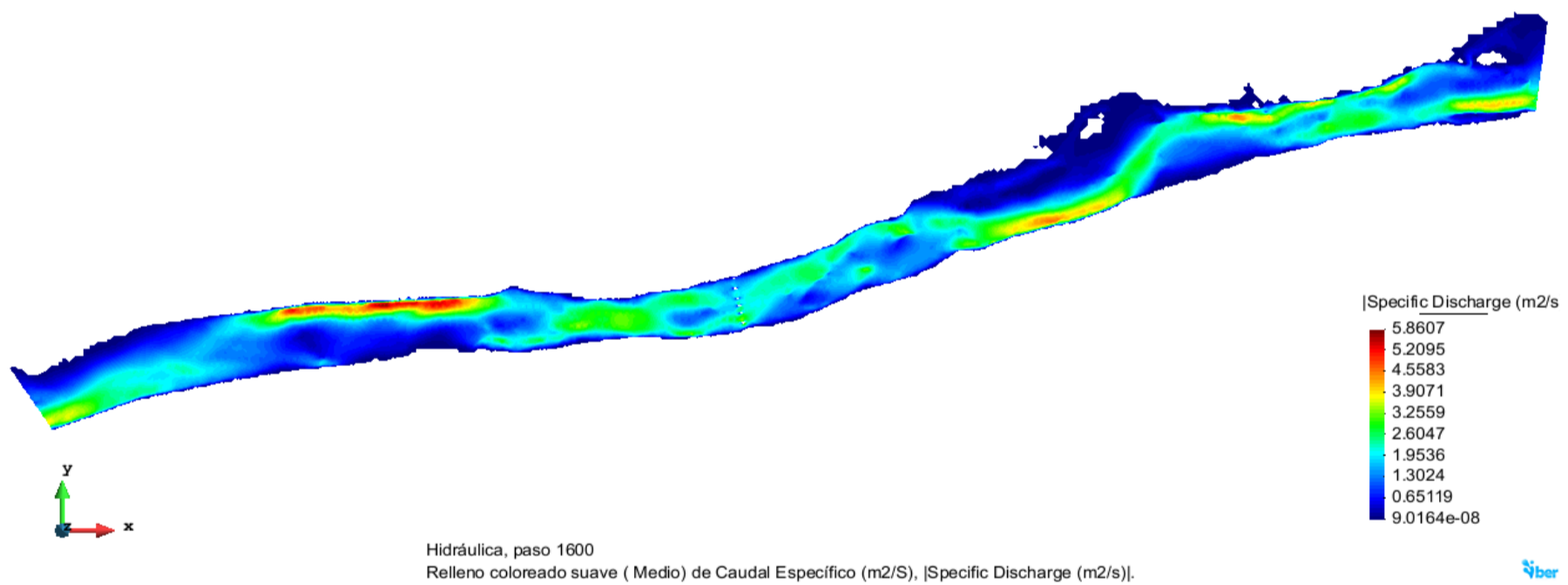
 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>			UNALM
				Fecha:
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por: SPVB	Revisado por: TOVB	Emitido para: Tesis	Anexo: 10	Revisión : 0

**10. SALIDA PROGRAMA IBER (EVENTO 01/03/2013, Q=121.0 M3/S)**

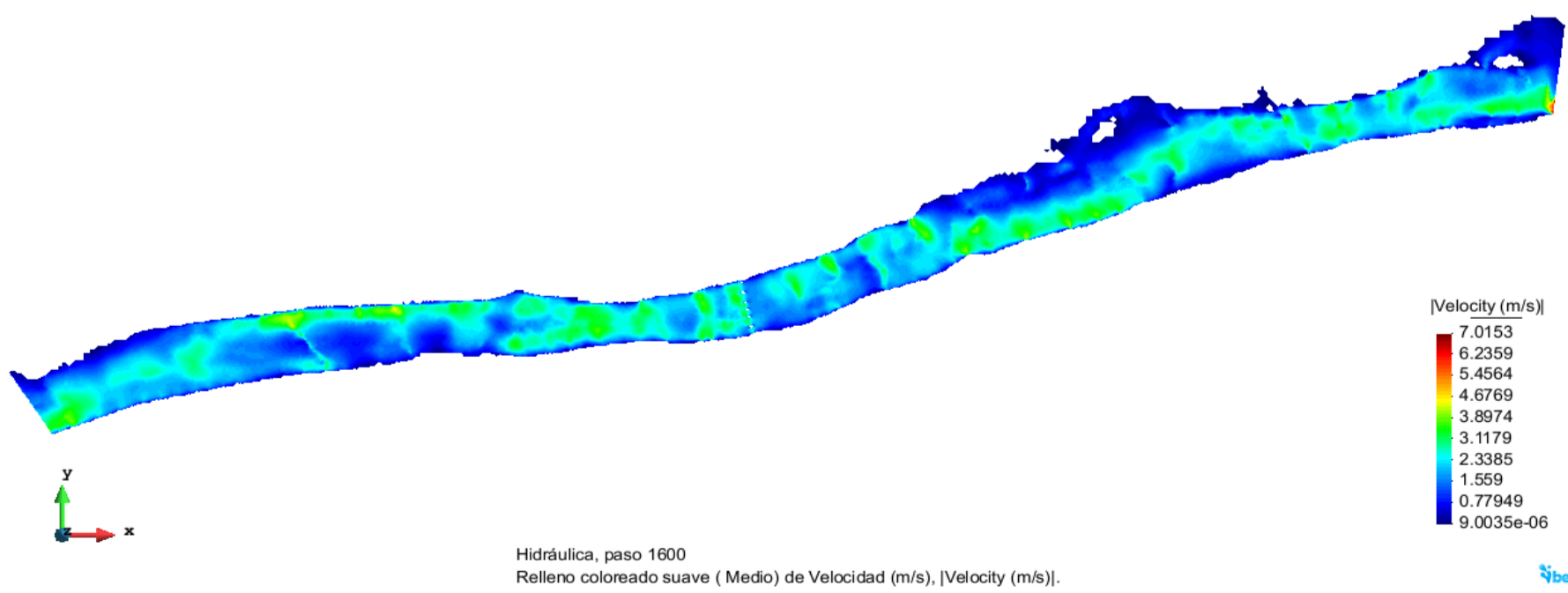
MAPA DE CALADOS




MAPA DE DESCARGA ESPECIFICA

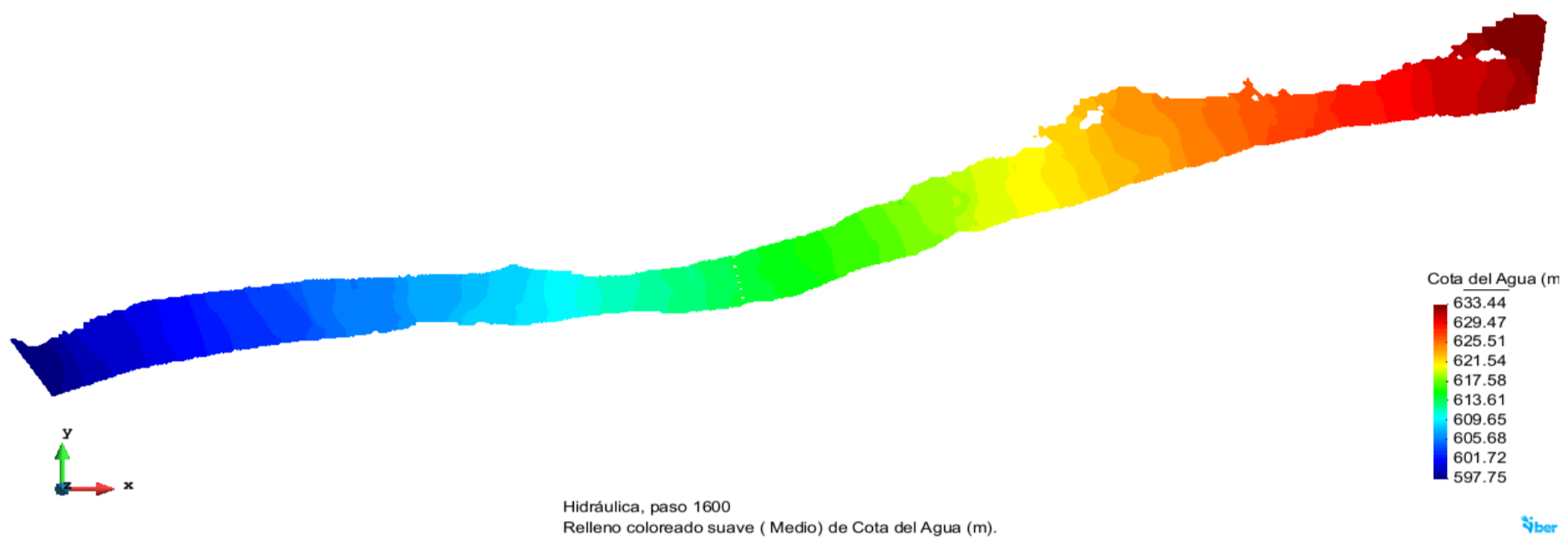


MAPA DE VELOCIDADES

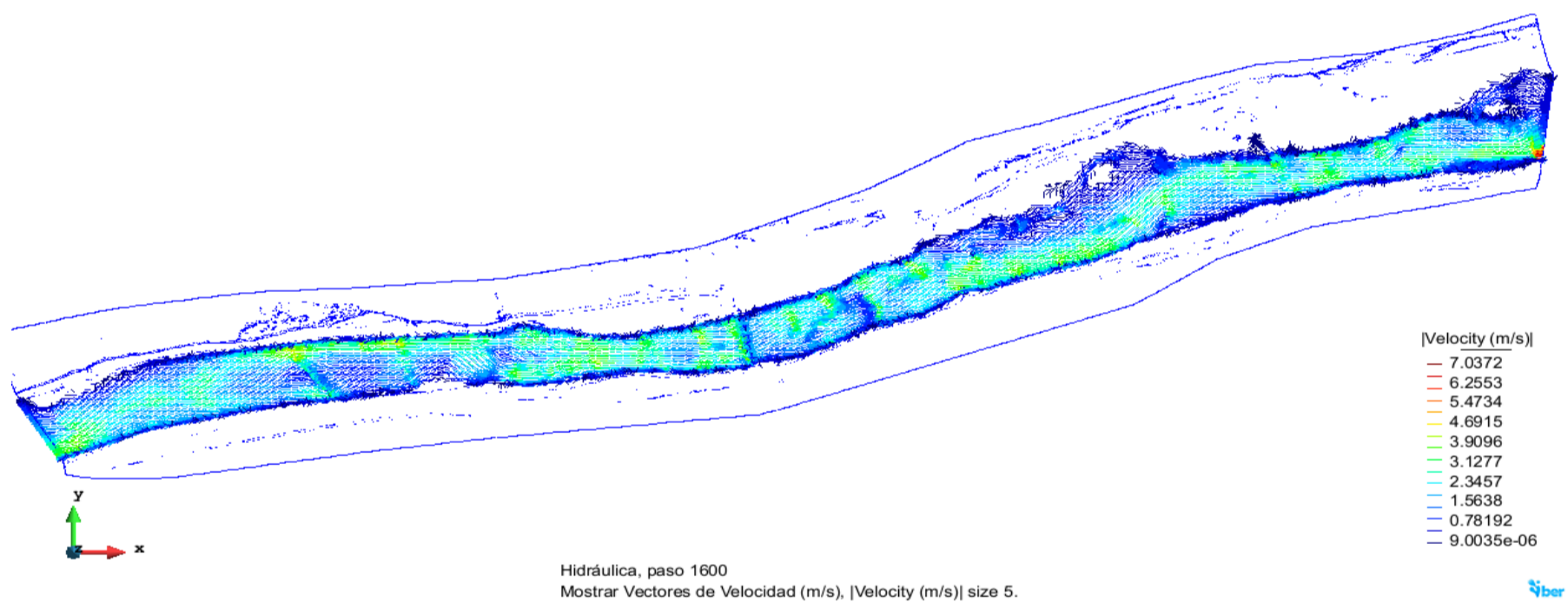


 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>			UNALM	
				Fecha:	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos	
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis
				Anexo:	10
				Revisión :	0

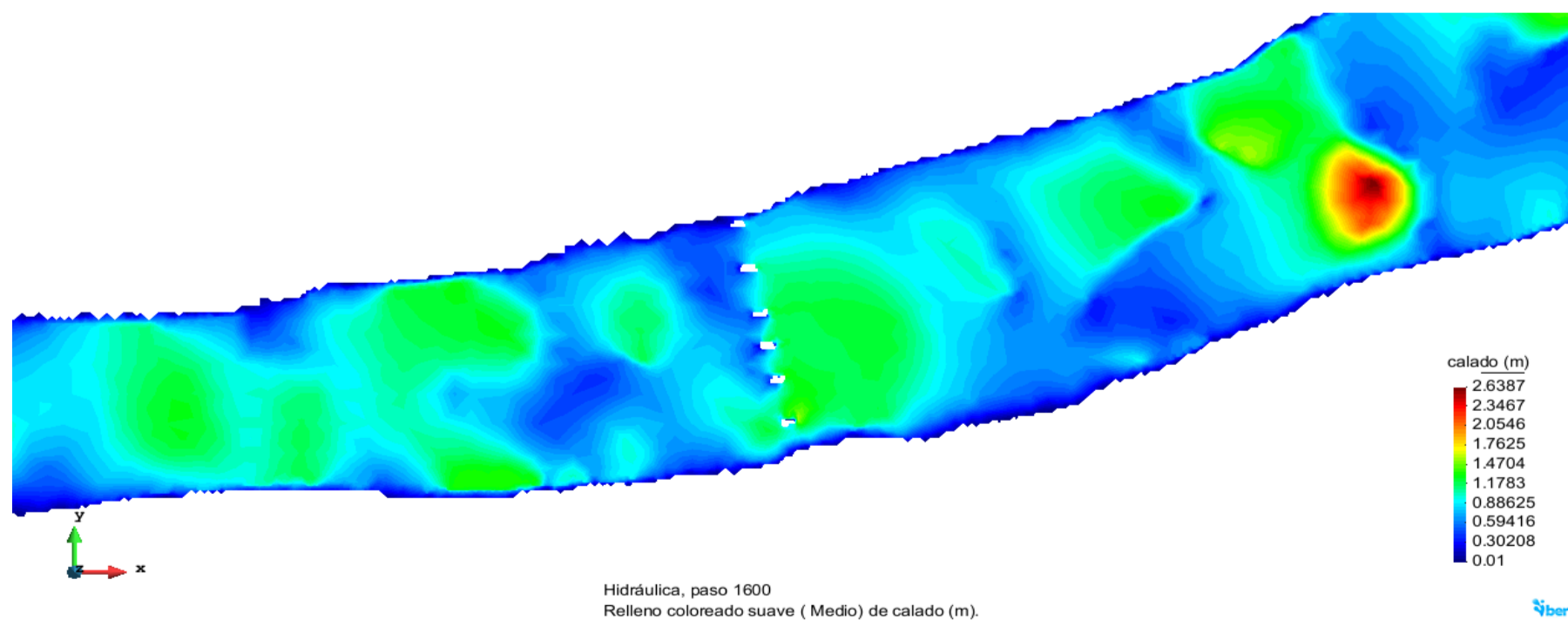
MAPA DE COTA DE AGUA




MAPA DE VECTORES DE VELOCIDAD

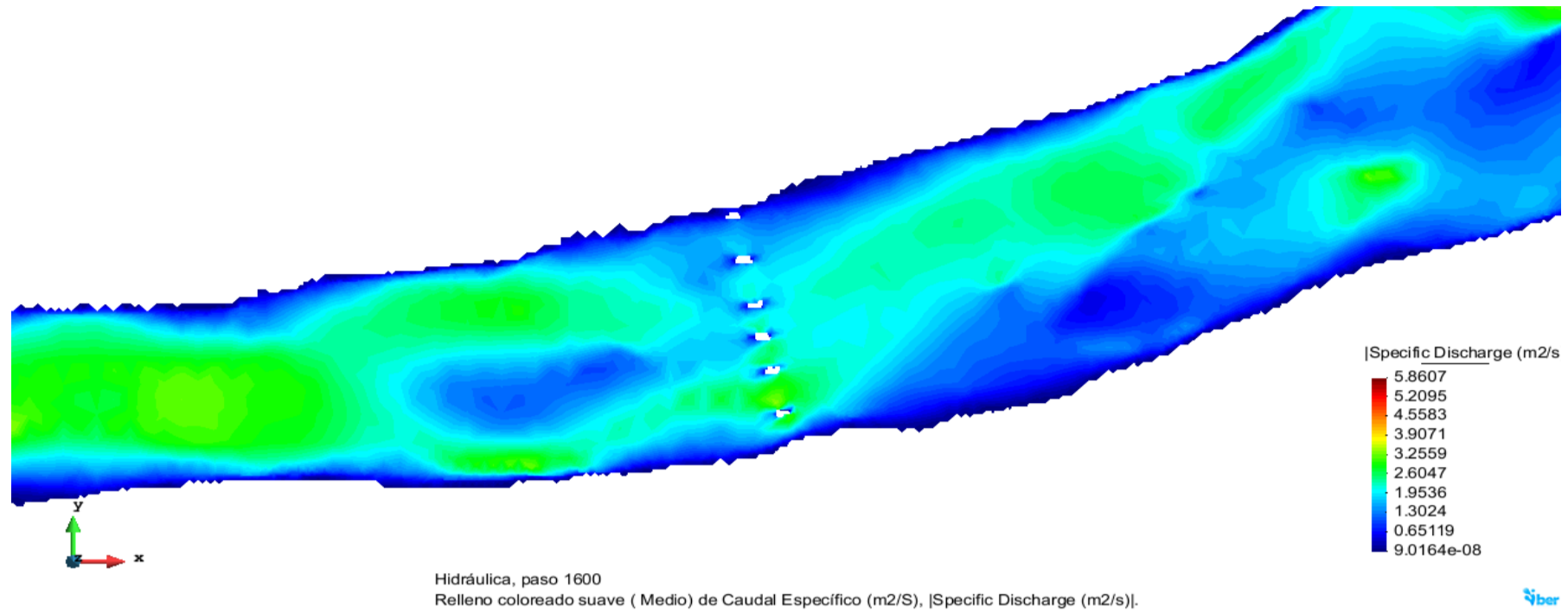


MAPA DE CALADO EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE

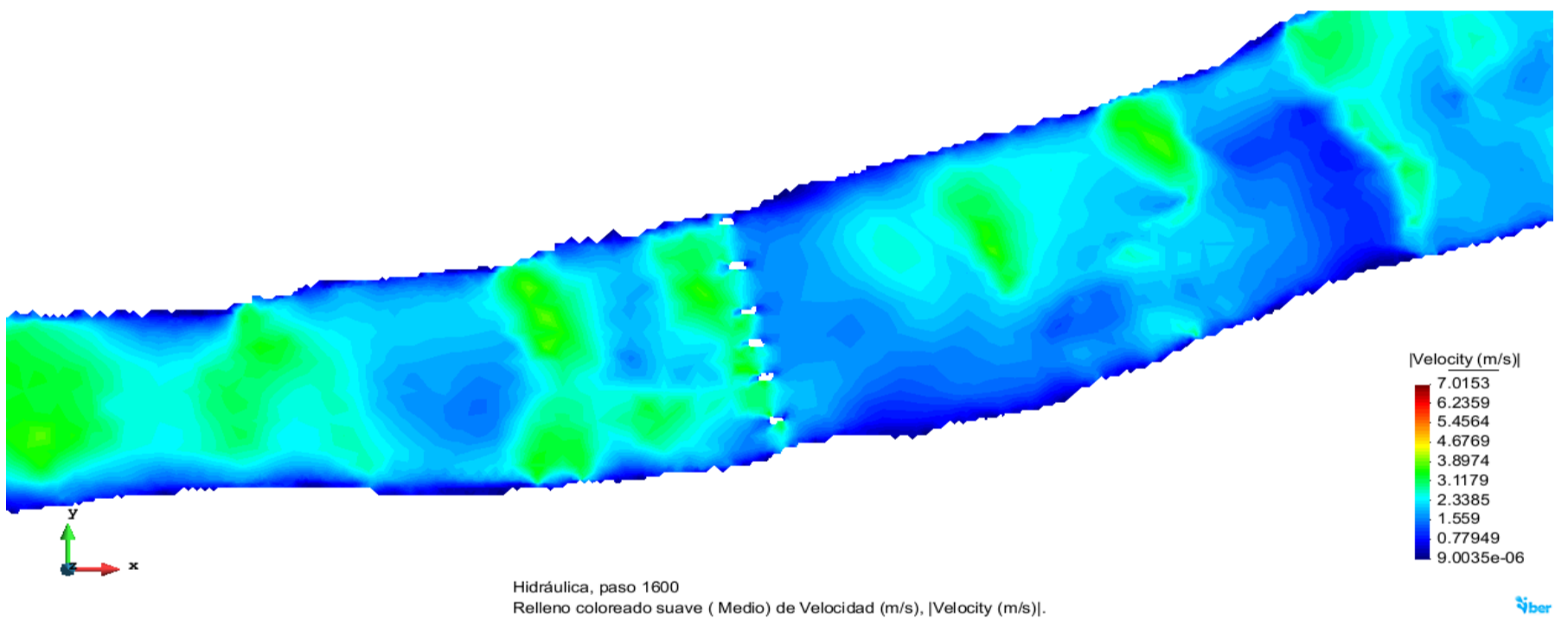


 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>			UNALM	
				Fecha:	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos	
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis
				Anexo:	10
				Revisión :	0

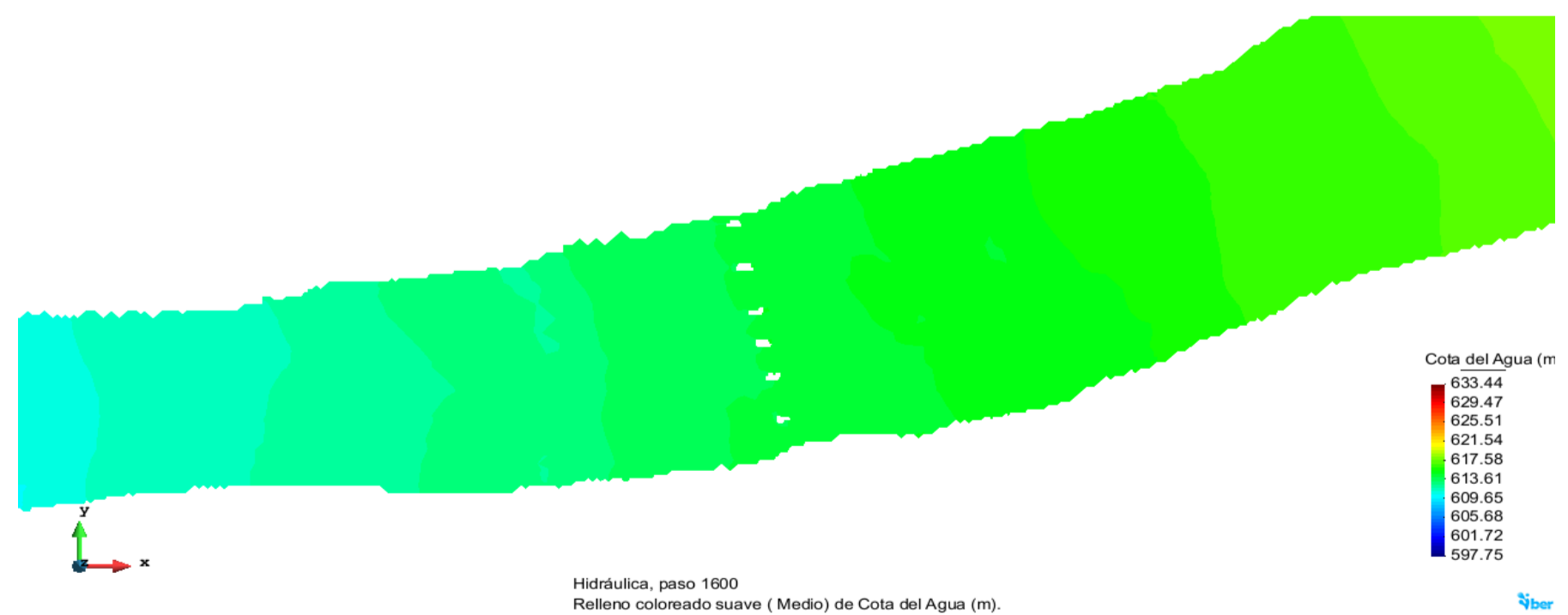
MAPA DE DESCARGA ESPECIFICA EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE




MAPA DE VELOCIDADES EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE

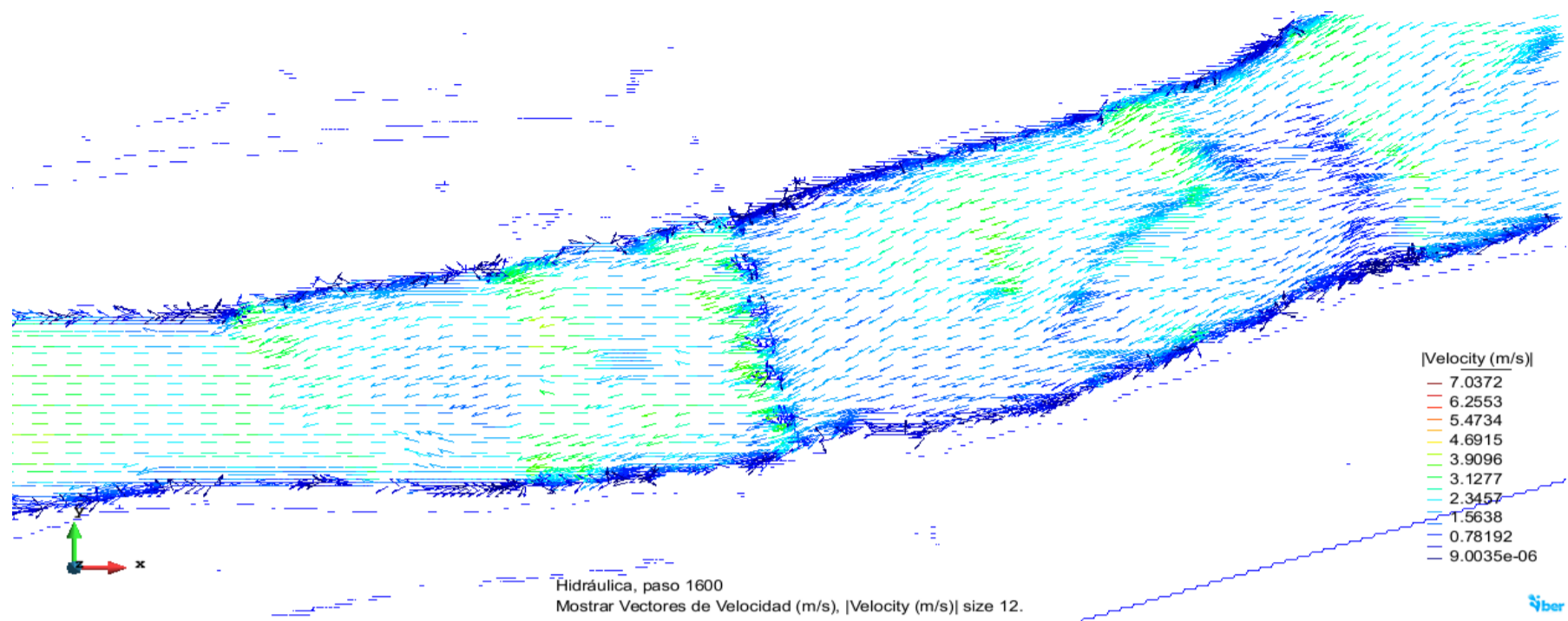


MAPA DE COTA DE AGUA EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE

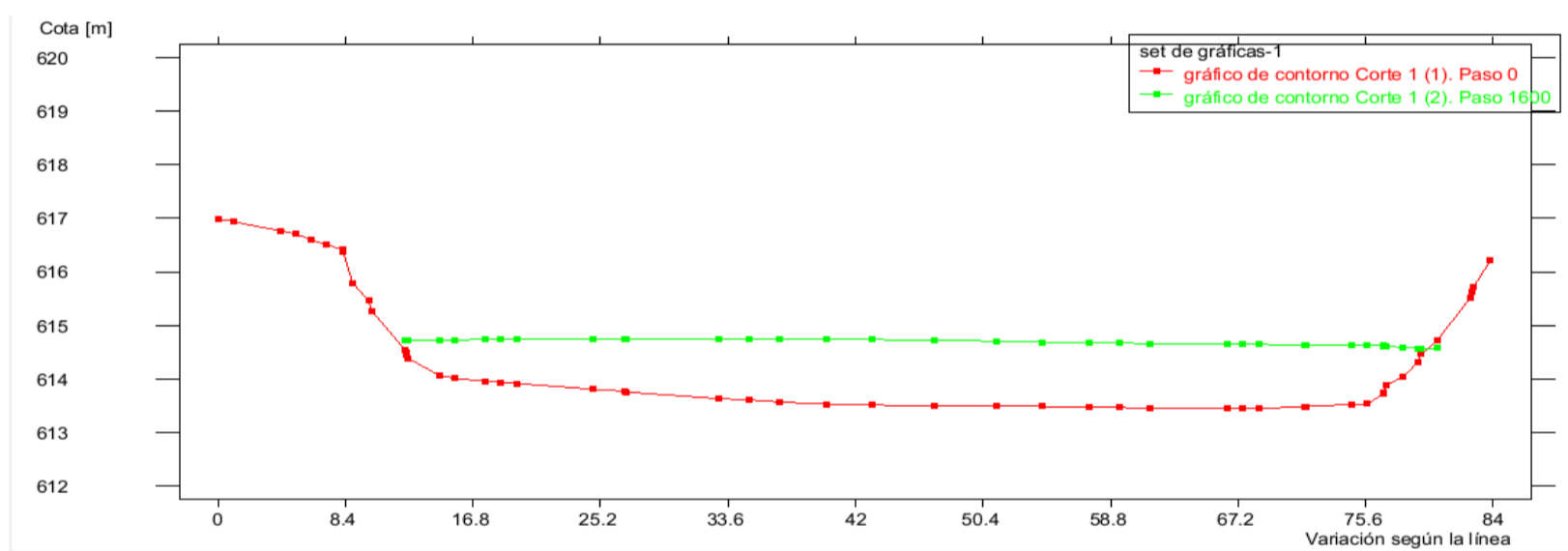


 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°10 SALIDA PROGRAMA IBER</b>			UNALM					
				Fecha:	Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	10	Revisión :	0

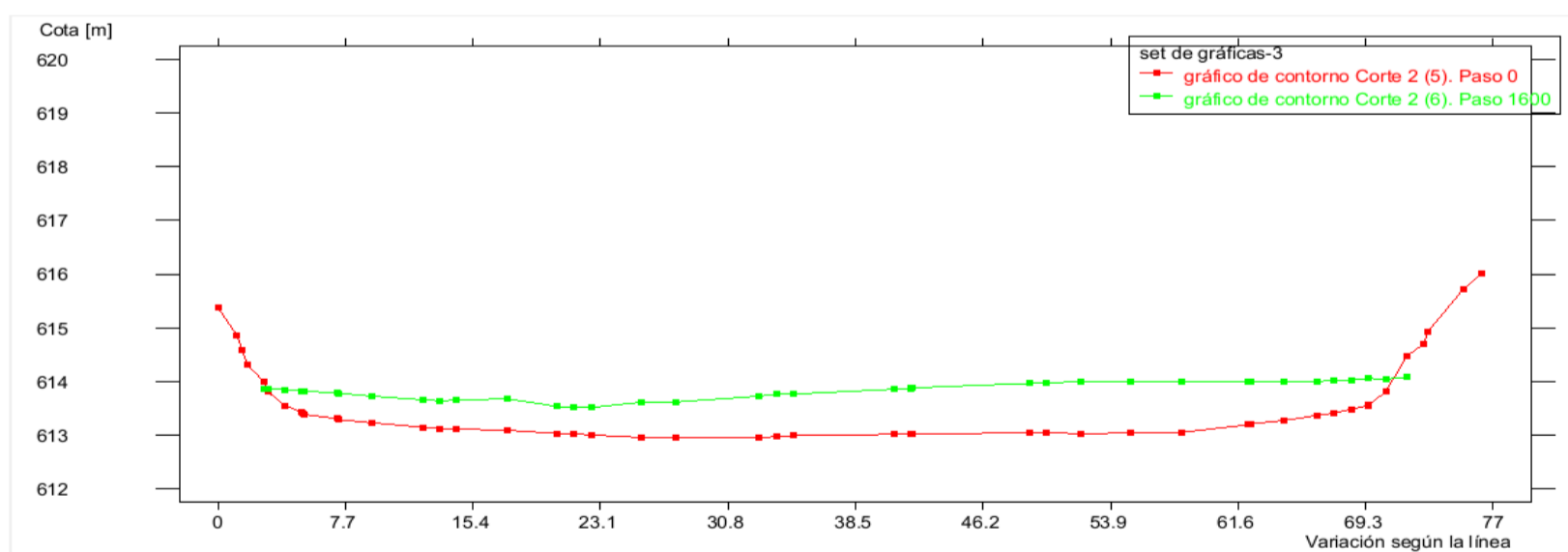
MAPA DE VECTORES DE VELOCIDAD EN LAS CERCANIAS DEL PUENTE



SECCION TRANSVERSAL AGUAS ARRIBA DEL PUENTE




SECCION TRANSVERSAL AGUAS ABAJO DEL PUENTE






**ANEXO 11: CÁLCULO DE LA SOCAVACIÓN GENERAL TR=10 AÑOS**

 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUOLA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS			UNALM
				Fecha: Mar-21
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por: SPVB	Revisado por: TOVB	Emitido para: Tesis	Anexo: 11	Revisión : 0

### 1. RESUMEN DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN CADA SECCION TRANSVERSAL

Item	Sección (Km)	Minima (m)	Media (m)	Maxima (m)
1	1+525	0.00	0.25	1.04
2	1+500	0.00	0.26	1.10
3	1+475	0.00	0.18	0.98
4	1+450	0.00	0.24	0.87
5	1+425	0.00	0.53	0.97
6	1+400	0.00	0.61	1.00
7	1+375	0.00	0.46	1.35
8	1+350	0.00	1.06	1.52
9	1+325	0.00	1.03	1.49
10	1+300	0.00	1.33	2.20
11	1+275	0.00	1.22	2.12
12	1+250	0.00	0.85	1.86
13	1+225	0.00	0.49	1.58
14	1+200	0.00	0.55	1.61
15	1+175	0.00	0.32	1.20
16	1+150	0.00	0.45	1.14
17	1+125	0.00	0.30	1.83
18	1+100	0.00	0.26	0.92
19	1+075	0.00	0.20	0.77
20	1+050	0.00	0.33	1.18
21	1+025	0.00	0.33	1.09
22	1+000	0.00	0.39	1.87
23	0+975	0.00	0.33	1.17
24	0+950	0.00	0.40	1.31
25	0+925	0.00	0.37	1.19
26	0+900	0.00	0.33	0.99
27	0+875	0.00	0.44	1.04
28	0+850	0.00	0.38	1.02
29	0+825	0.00	0.50	0.87
30	0+800	0.31	1.02	1.68
31	0+775	0.00	0.69	1.15
32	0+750	0.40	0.78	1.01
33	0+725	0.00	0.42	0.72
34	0+700	0.23	0.98	1.56
35	0+675	0.00	0.80	1.14
36	0+650	0.00	0.72	1.30
37	0+625	0.00	0.48	0.86
38	0+600	0.00	0.55	0.81
39	0+588.03	0.15	0.72	1.41
40	0+584.83	0.47	1.39	2.45
41	0+582.16	0.08	1.12	1.68
42	0+570.46	0.00	0.96	1.40
43	0+550	0.08	0.91	1.27
44	0+525	0.00	0.83	1.41
45	0+500	0.00	0.57	0.98
46	0+475	0.00	0.78	1.56
47	0+450	0.00	0.86	1.63
48	0+425	0.00	0.85	1.69
49	0+400	0.00	0.94	1.77
50	0+375	0.00	0.91	1.40
51	0+350	0.04	0.81	1.16
52	0+325	0.00	0.59	1.05
53	0+300	0.00	0.60	1.26
54	0+275	0.00	0.82	1.77
55	0+250	0.00	0.97	2.27
56	0+225	0.00	0.71	1.94
57	0+200	0.00	0.84	2.21
58	0+175	0.05	0.83	2.40
59	0+150	0.00	0.45	1.69
60	0+125	0.00	0.37	1.53
61	0+100	0.00	0.65	1.75
62	0+075	0.00	0.84	2.34
63	0+050	0.00	0.57	1.50
64	0+025	0.00	0.46	1.01
65	0+000	0.00	0.52	0.79
<b>Min</b>		<b>0.00</b>	<b>0.18</b>	<b>0.72</b>
<b>Max</b>		<b>0.47</b>	<b>1.39</b>	<b>2.45</b>
<b>Media</b>		<b>0.03</b>	<b>0.64</b>	<b>1.40</b>
<b>Percentil 95</b>		0.21	1.11	2.25
<b>Percentil 90</b>		0.07	1.00	2.05
<b>Percentil 75</b>		0.00	0.84	1.68
<b>Percentil 50</b>		0.00	0.59	1.31

 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>							UNALM	
								Fecha: Mar-21	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"							Maetria: Ing. Recursos Hídricos		
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0

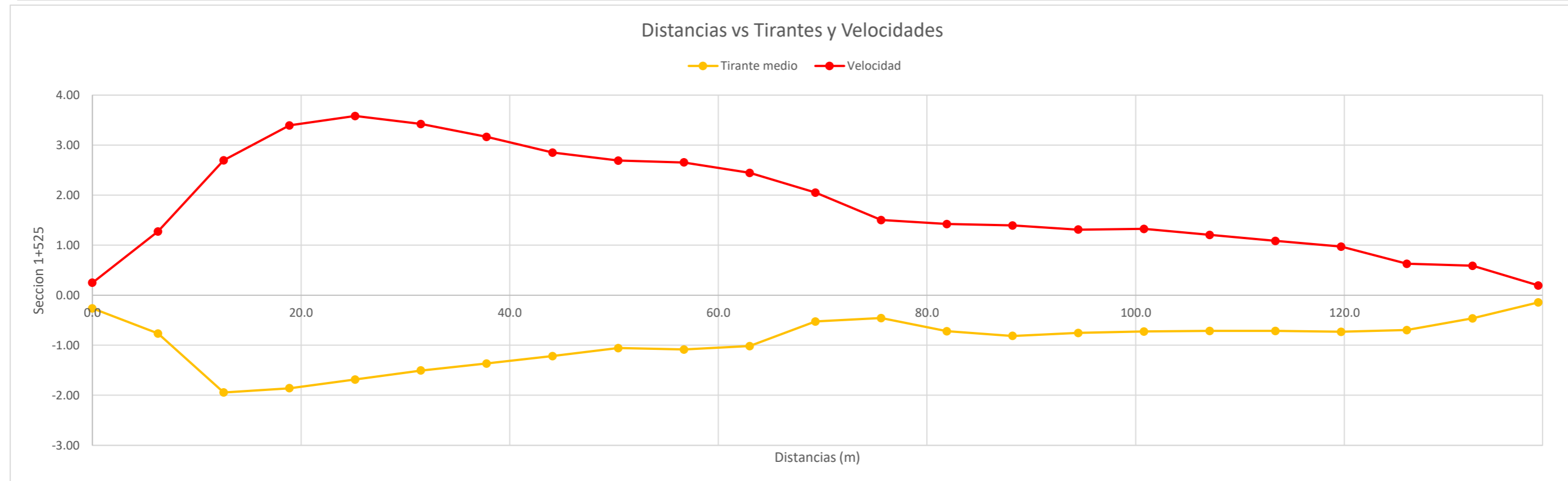
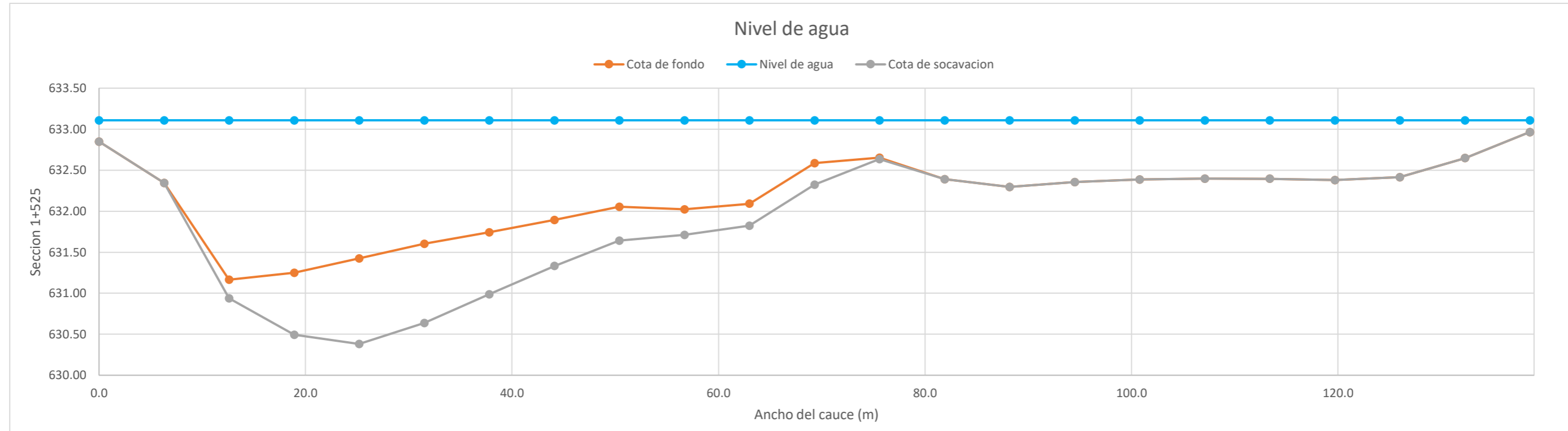
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+525
Coefficiente que depende del Tr:	$\beta$	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	$1/(1+X)$	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	138.60 m
Coefficiente de contracción:	$\mu$	1.00 ( $\mu = 1$ , si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	$\alpha$ (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de soc (msnm)
1	0.0	0.26	633.11	632.85	0.25	0.00											632.85
2	6.3	0.76	633.11	632.35	1.28	6.30	0.76	0.76	6.30	0.51	3.22	2.45	1.32	0.45	0.76	0.00	632.35
3	12.6	1.94	633.11	631.16	2.70	6.30	1.94	1.99	6.30	1.35	8.52	16.93	2.06	2.17	1.94	0.23	630.94
4	18.9	1.86	633.11	631.25	3.40	6.30	1.94	3.05	6.30	1.90	11.97	36.48	2.72	2.70	1.94	0.76	630.49
5	25.2	1.68	633.11	631.42	3.58	6.30	1.86	3.49	6.30	1.77	11.16	38.93	3.21	2.90	1.86	1.04	630.38
6	31.5	1.50	633.11	631.60	3.43	6.30	1.68	3.50	6.30	1.59	10.04	35.19	3.37	2.65	1.68	0.97	630.64
7	37.8	1.37	633.11	631.74	3.16	6.30	1.50	3.30	6.30	1.43	9.04	29.78	3.33	2.26	1.50	0.76	630.99
8	44.1	1.21	633.11	631.89	2.85	6.30	1.37	3.01	6.30	1.29	8.13	24.45	3.19	1.93	1.37	0.56	631.33
9	50.4	1.05	633.11	632.05	2.69	6.30	1.21	2.77	6.30	1.13	7.14	19.81	3.13	1.63	1.21	0.41	631.64
10	56.7	1.09	633.11	632.02	2.66	6.30	1.09	2.67	6.30	1.07	6.74	18.02	3.11	1.40	1.09	0.31	631.71
11	63.0	1.02	633.11	632.09	2.45	6.30	1.09	2.55	6.30	1.05	6.62	16.90	2.99	1.35	1.09	0.27	631.82
12	69.3	0.52	633.11	632.59	2.05	6.30	1.02	2.25	6.30	0.77	4.85	10.92	3.10	1.28	1.02	0.26	632.32
13	75.6	0.45	633.11	632.65	1.50	6.30	0.52	1.78	6.30	0.49	3.08	5.47	3.16	0.54	0.52	0.02	632.64
14	81.9	0.72	633.11	632.39	1.43	6.30	0.72	1.46	6.30	0.59	3.69	5.40	2.34	0.65	0.72	0.00	632.39
15	88.2	0.81	633.11	632.30	1.39	6.30	0.81	1.41	6.30	0.76	4.82	6.79	1.95	0.66	0.81	0.00	632.30
16	94.5	0.75	633.11	632.36	1.31	6.30	0.81	1.35	6.30	0.78	4.93	6.67	1.85	0.63	0.81	0.00	632.36
17	100.8	0.72	633.11	632.39	1.33	6.30	0.75	1.32	6.30	0.74	4.65	6.13	1.86	0.58	0.75	0.00	632.39
18	107.1	0.71	633.11	632.40	1.21	6.30	0.72	1.27	6.30	0.72	4.52	5.72	1.81	0.53	0.72	0.00	632.40
19	113.4	0.71	633.11	632.40	1.09	6.30	0.71	1.15	6.30	0.71	4.49	5.15	1.65	0.49	0.71	0.00	632.40
20	119.7	0.73	633.11	632.38	0.97	6.30	0.73	1.03	6.30	0.72	4.54	4.68	1.47	0.46	0.73	0.00	632.38
21	126.0	0.69	633.11	632.41	0.63	6.30	0.73	0.80	6.30	0.71	4.49	3.59	1.15	0.38	0.73	0.00	632.41
22	132.3	0.46	633.11	632.65	0.59	6.30	0.69	0.61	6.30	0.58	3.64	2.23	0.99	0.31	0.69	0.00	632.65
23	138.6	0.14	633.11	632.97	0.20	6.30	0.46	0.39	6.30	0.30	1.90	0.75	0.93	0.18	0.46	0.00	632.97
<b>Min</b>		<b>0.14</b>	<b>633.11</b>	<b>631.16</b>	<b>0.20</b>	<b>0.00</b>	<b>0.46</b>	<b>0.39</b>	<b>6.30</b>	<b>0.30</b>	<b>1.90</b>	<b>0.75</b>	<b>0.93</b>	<b>0.18</b>	<b>0.46</b>	<b>0.00</b>	<b>630.38</b>
<b>Max</b>		<b>1.94</b>	<b>633.11</b>	<b>632.97</b>	<b>3.58</b>	<b>6.30</b>	<b>1.94</b>	<b>3.50</b>	<b>6.30</b>	<b>1.90</b>	<b>11.97</b>	<b>38.93</b>	<b>3.37</b>	<b>2.90</b>	<b>1.94</b>	<b>1.04</b>	<b>632.97</b>
<b>Media</b>		<b>0.92</b>	<b>633.11</b>	<b>632.19</b>	<b>1.83</b>	<b>6.03</b>	<b>1.05</b>	<b>1.91</b>	<b>6.30</b>	<b>0.95</b>	<b>6.01</b>	<b>13.75</b>	<b>2.30</b>	<b>1.19</b>	<b>1.05</b>	<b>0.25</b>	<b>631.94</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>							UNALM	
								Fecha: Mar-21	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"							Maetria: Ing. Recursos Hídricos		
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0

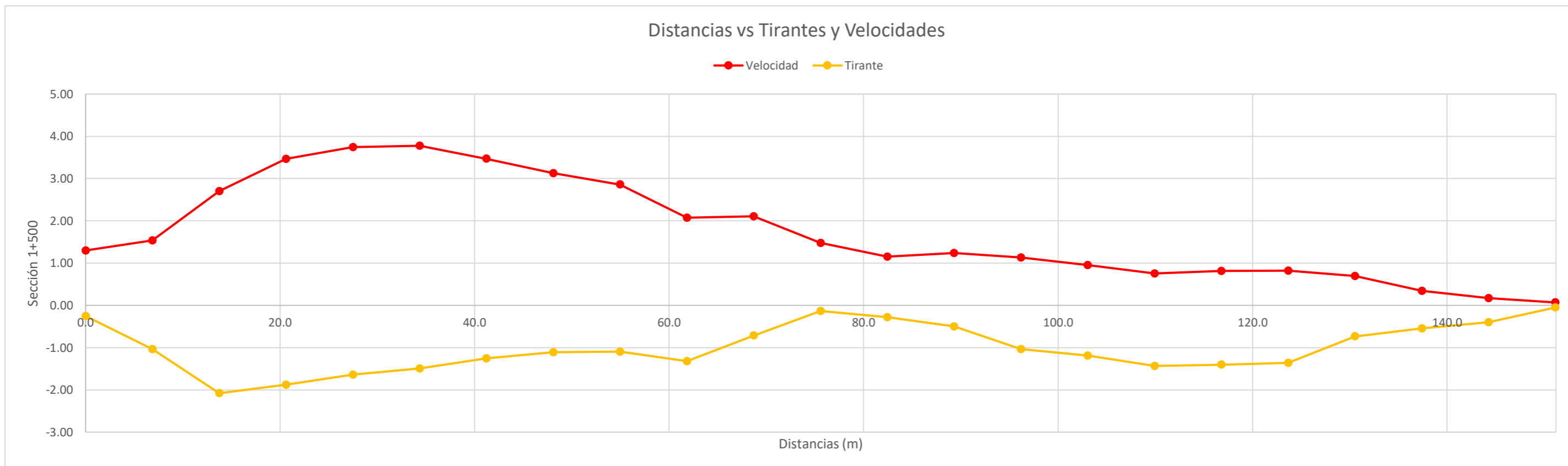
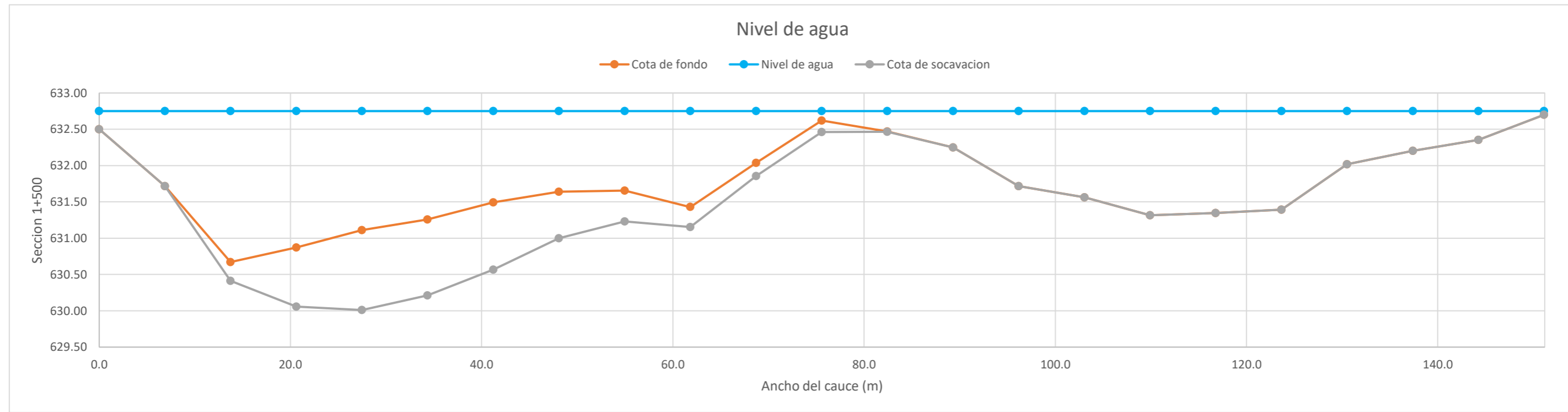
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+500
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	151.14 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de soc. (msnm)
1	0.0	0.25	632.75	632.50	1.30	0.00											632.50
2	6.9	1.03	632.75	631.72	1.53	6.87	1.03	1.42	6.87	0.64	4.41	6.25	2.13	0.97	1.03	0.00	631.72
3	13.7	2.08	632.75	630.67	2.70	6.87	2.08	2.12	6.87	1.56	10.69	22.66	2.02	2.34	2.08	0.26	630.41
4	20.6	1.88	632.75	630.87	3.47	6.87	2.08	3.08	6.87	1.98	13.59	41.93	2.65	2.89	2.08	0.81	630.06
5	27.5	1.64	632.75	631.11	3.75	6.87	1.88	3.61	6.87	1.76	12.08	43.57	3.26	2.98	1.88	1.10	630.01
6	34.4	1.49	632.75	631.26	3.78	6.87	1.64	3.76	6.87	1.57	10.76	40.47	3.58	2.68	1.64	1.04	630.21
7	41.2	1.26	632.75	631.49	3.47	6.87	1.49	3.62	6.87	1.38	9.45	34.22	3.67	2.42	1.49	0.93	630.57
8	48.1	1.11	632.75	631.64	3.13	6.87	1.26	3.30	6.87	1.18	8.13	26.81	3.59	1.90	1.26	0.64	631.00
9	55.0	1.10	632.75	631.66	2.86	6.87	1.11	2.99	6.87	1.10	7.57	22.68	3.38	1.53	1.11	0.42	631.23
10	61.8	1.32	632.75	631.43	2.07	6.87	1.32	2.47	6.87	1.21	8.30	20.48	2.66	1.60	1.32	0.28	631.15
11	68.7	0.71	632.75	632.04	2.11	6.87	1.32	2.09	6.87	1.02	6.99	14.61	2.46	1.50	1.32	0.18	631.86
12	75.6	0.13	632.75	632.62	1.48	6.87	0.71	1.79	6.87	0.42	2.91	5.21	3.43	0.87	0.71	0.16	632.46
13	82.4	0.28	632.75	632.47	1.15	6.87	0.28	1.31	6.87	0.21	1.42	1.87	3.91	0.28	0.28	0.00	632.47
14	89.3	0.50	632.75	632.25	1.24	6.87	0.50	1.20	6.87	0.39	2.68	3.21	2.40	0.41	0.50	0.00	632.25
15	96.2	1.03	632.75	631.72	1.13	6.87	1.03	1.19	6.87	0.77	5.26	6.24	1.62	0.78	1.03	0.00	631.72
16	103.1	1.19	632.75	631.56	0.95	6.87	1.19	1.04	6.87	1.11	7.62	7.95	1.17	0.73	1.19	0.00	631.56
17	109.9	1.43	632.75	631.32	0.75	6.87	1.43	0.85	6.87	1.31	9.00	7.68	0.88	0.75	1.43	0.00	631.32
18	116.8	1.40	632.75	631.35	0.82	6.87	1.43	0.79	6.87	1.42	9.75	7.66	0.78	0.68	1.43	0.00	631.35
19	123.7	1.36	632.75	631.39	0.82	6.87	1.40	0.82	6.87	1.38	9.49	7.77	0.83	0.69	1.40	0.00	631.39
20	130.5	0.73	632.75	632.02	0.70	6.87	1.36	0.76	6.87	1.05	7.19	5.46	0.88	0.69	1.36	0.00	632.02
21	137.4	0.55	632.75	632.20	0.34	6.87	0.73	0.52	6.87	0.64	4.40	2.28	0.78	0.28	0.73	0.00	632.20
22	144.3	0.40	632.75	632.35	0.17	6.87	0.55	0.26	6.87	0.47	3.24	0.83	0.46	0.13	0.55	0.00	632.35
23	151.1	0.05	632.75	632.70	0.07	6.87	0.40	0.12	6.87	0.22	1.54	0.19	0.34	0.07	0.40	0.00	632.70
<b>Min</b>		<b>0.05</b>	<b>632.75</b>	<b>630.67</b>	<b>0.07</b>	<b>0.00</b>	<b>0.28</b>	<b>0.12</b>	<b>6.87</b>	<b>0.21</b>	<b>1.42</b>	<b>0.19</b>	<b>0.34</b>	<b>0.07</b>	<b>0.28</b>	<b>0.00</b>	<b>630.01</b>
<b>Max</b>		<b>2.08</b>	<b>632.75</b>	<b>632.70</b>	<b>3.78</b>	<b>6.87</b>	<b>2.08</b>	<b>3.76</b>	<b>6.87</b>	<b>1.98</b>	<b>13.59</b>	<b>43.57</b>	<b>3.91</b>	<b>2.98</b>	<b>2.08</b>	<b>1.10</b>	<b>632.70</b>
<b>Media</b>		<b>1.00</b>	<b>632.75</b>	<b>631.75</b>	<b>1.73</b>	<b>6.57</b>	<b>1.19</b>	<b>1.78</b>	<b>6.87</b>	<b>1.04</b>	<b>7.11</b>	<b>15.00</b>	<b>2.13</b>	<b>1.24</b>	<b>1.19</b>	<b>0.26</b>	<b>631.50</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM	
	Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Fecha: Mar-21	
Elaborado por: SPVB      Revisado por: TOVB      Emitido para: Tesis      Anexo: 11											Maetria: Ing. Recursos Hídricos		
											Revisión : 0		

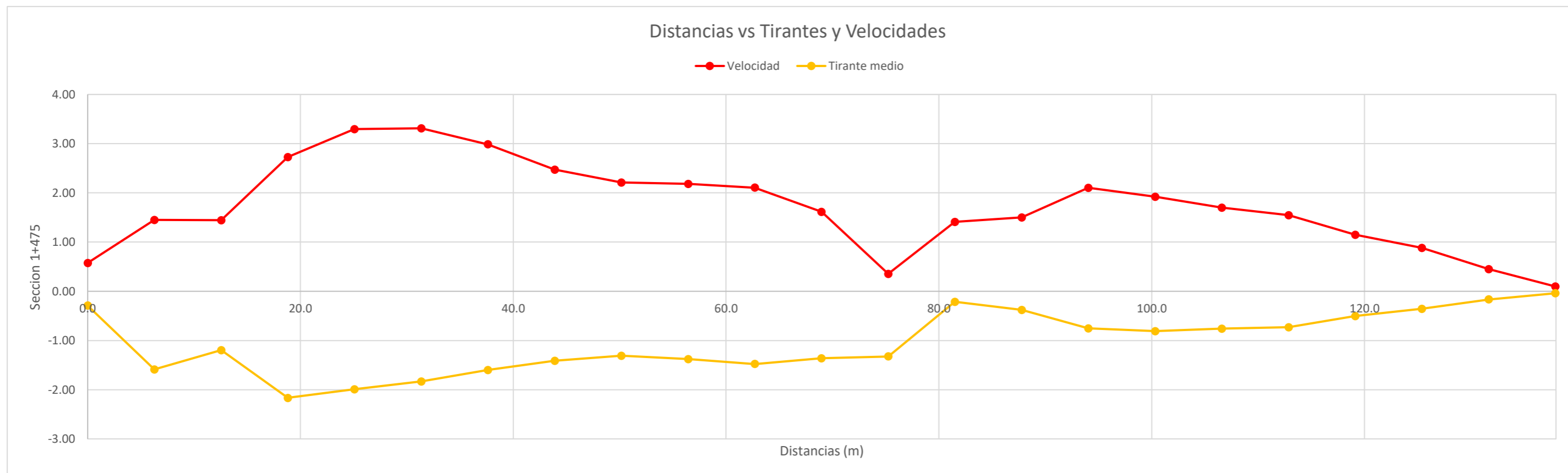
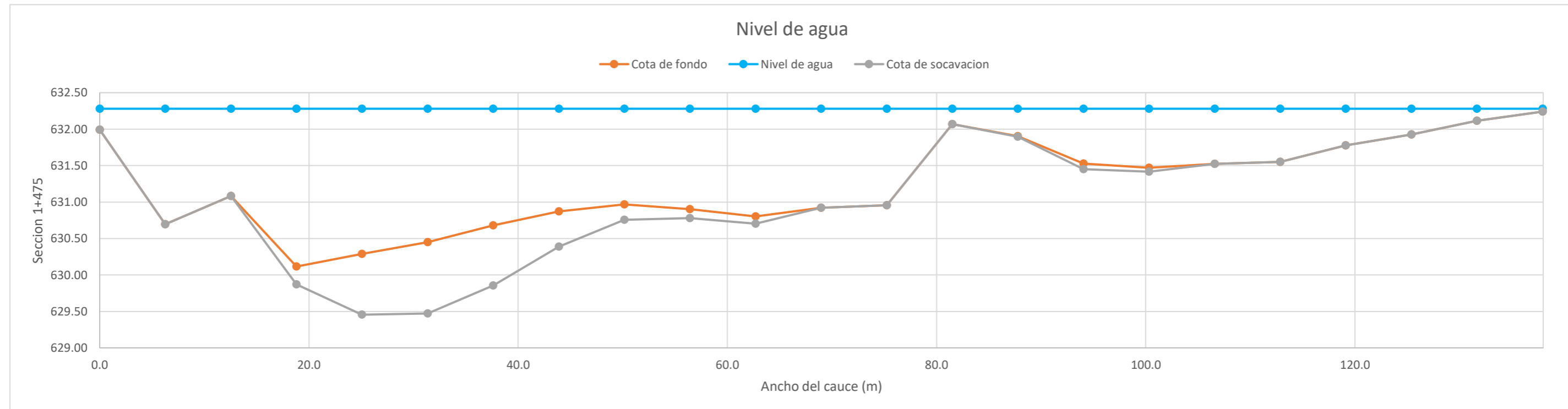
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**


Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+475
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	137.94 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.29	632.28	631.99	0.58	0.00											631.99
2	6.3	1.59	632.28	630.69	1.45	6.27	1.59	1.02	6.27	0.94	5.88	5.97	1.26	1.13	1.59	0.00	630.69
3	12.5	1.20	632.28	631.08	1.45	6.27	1.59	1.45	6.27	1.39	8.72	12.64	1.49	1.28	1.59	0.00	631.08
4	18.8	2.16	632.28	630.12	2.73	6.27	2.16	2.09	6.27	1.68	10.54	21.99	1.97	2.41	2.16	0.24	629.87
5	25.1	1.99	632.28	630.29	3.29	6.27	2.16	3.01	6.27	2.08	13.02	39.21	2.60	3.00	2.16	0.83	629.46
6	31.4	1.83	632.28	630.45	3.31	6.27	1.99	3.30	6.27	1.91	11.98	39.57	2.95	2.97	1.99	0.98	629.47
7	37.6	1.60	632.28	630.68	2.99	6.27	1.83	3.15	6.27	1.72	10.76	33.88	2.94	2.66	1.83	0.82	629.85
8	43.9	1.41	632.28	630.87	2.47	6.27	1.60	2.73	6.27	1.51	9.44	25.77	2.70	2.08	1.60	0.48	630.39
9	50.2	1.31	632.28	630.97	2.21	6.27	1.41	2.34	6.27	1.36	8.53	20.00	2.43	1.62	1.41	0.21	630.76
10	56.4	1.38	632.28	630.90	2.18	6.27	1.38	2.20	6.27	1.35	8.43	18.53	2.29	1.50	1.38	0.12	630.78
11	62.7	1.48	632.28	630.80	2.11	6.27	1.48	2.14	6.27	1.43	8.95	19.19	2.17	1.58	1.48	0.10	630.70
12	69.0	1.36	632.28	630.92	1.61	6.27	1.48	1.86	6.27	1.42	8.89	16.54	1.89	1.41	1.48	0.00	630.92
13	75.2	1.32	632.28	630.96	0.36	6.27	1.36	0.99	6.27	1.34	8.41	8.28	1.03	0.78	1.36	0.00	630.96
14	81.5	0.21	632.28	632.07	1.41	6.27	1.32	0.88	6.27	0.77	4.81	4.25	1.22	0.87	1.32	0.00	632.07
15	87.8	0.38	632.28	631.90	1.50	6.27	0.38	1.46	6.27	0.29	1.85	2.69	3.50	0.38	0.38	0.01	631.90
16	94.1	0.75	632.28	631.53	2.11	6.27	0.75	1.80	6.27	0.57	3.55	6.41	2.95	0.83	0.75	0.08	631.45
17	100.3	0.81	632.28	631.47	1.92	6.27	0.81	2.02	6.27	0.78	4.90	9.88	2.75	0.86	0.81	0.05	631.42
18	106.6	0.76	632.28	631.52	1.70	6.27	0.81	1.81	6.27	0.78	4.91	8.90	2.48	0.79	0.81	0.00	631.52
19	112.9	0.73	632.28	631.55	1.55	6.27	0.76	1.62	6.27	0.74	4.66	7.56	2.28	0.68	0.76	0.00	631.55
20	119.1	0.50	632.28	631.78	1.15	6.27	0.73	1.35	6.27	0.62	3.86	5.20	2.10	0.61	0.73	0.00	631.78
21	125.4	0.35	632.28	631.93	0.89	6.27	0.50	1.02	6.27	0.43	2.69	2.73	1.95	0.35	0.50	0.00	631.93
22	131.7	0.16	632.28	632.12	0.45	6.27	0.35	0.67	6.27	0.26	1.63	1.09	1.73	0.20	0.35	0.00	632.12
23	137.9	0.04	632.28	632.24	0.10	6.27	0.16	0.28	6.27	0.10	0.64	0.18	1.29	0.06	0.16	0.00	632.24
<b>Min</b>		<b>0.04</b>	<b>632.28</b>	<b>630.12</b>	<b>0.10</b>	<b>0.00</b>	<b>0.16</b>	<b>0.28</b>	<b>6.27</b>	<b>0.10</b>	<b>0.64</b>	<b>0.18</b>	<b>1.03</b>	<b>0.06</b>	<b>0.16</b>	<b>0.00</b>	<b>629.46</b>
<b>Max</b>		<b>2.16</b>	<b>632.28</b>	<b>632.24</b>	<b>3.31</b>	<b>6.27</b>	<b>2.16</b>	<b>3.30</b>	<b>6.27</b>	<b>2.08</b>	<b>13.02</b>	<b>39.57</b>	<b>3.50</b>	<b>3.00</b>	<b>2.16</b>	<b>0.98</b>	<b>632.24</b>
<b>Media</b>		<b>1.03</b>	<b>632.28</b>	<b>631.25</b>	<b>1.72</b>	<b>6.00</b>	<b>1.21</b>	<b>1.78</b>	<b>6.27</b>	<b>1.07</b>	<b>6.68</b>	<b>14.11</b>	<b>2.18</b>	<b>1.28</b>	<b>1.21</b>	<b>0.18</b>	<b>631.08</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**





 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>										UNALM	
											Fecha: Mar-21	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"										Maetria: Ing. Recursos Hídricos		
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0			

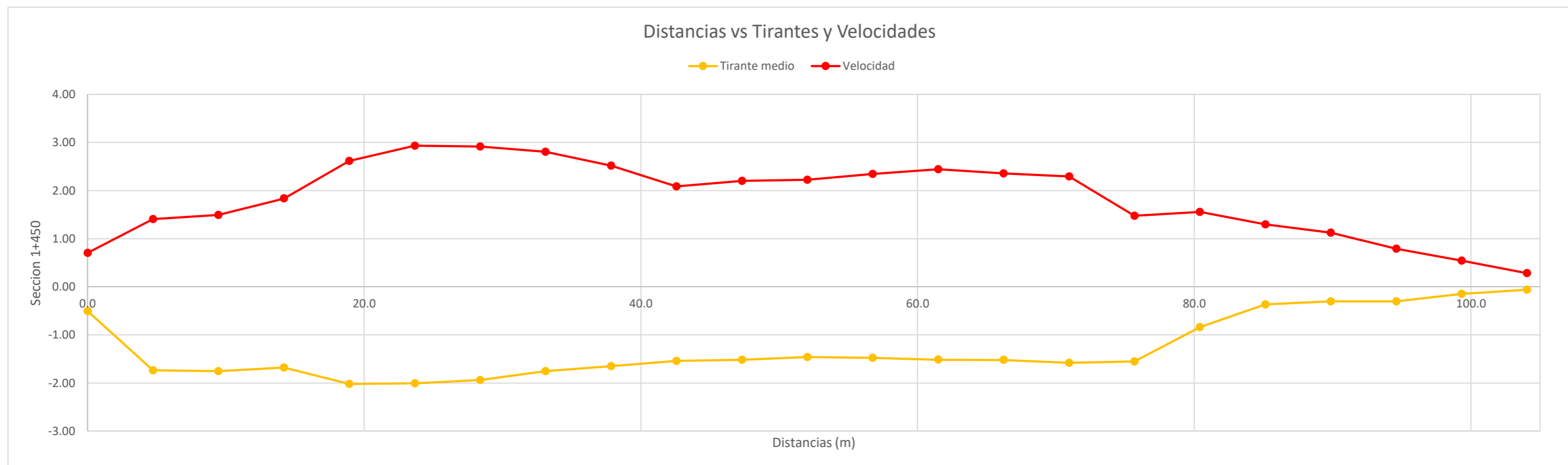
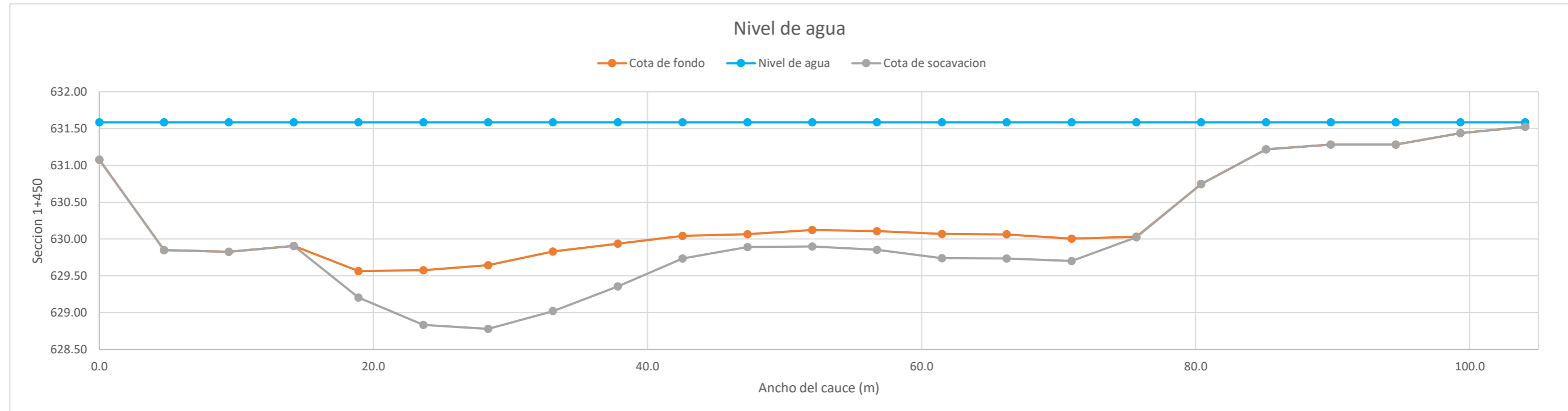
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+450
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	104.06 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.51	631.59	631.08	0.70	0.00											631.08
2	4.7	1.74	631.59	629.85	1.40	4.73	1.74	1.05	4.73	1.12	5.31	5.59	1.26	1.27	1.74	0.00	629.85
3	9.5	1.76	631.59	629.83	1.49	4.73	1.76	1.45	4.73	1.75	8.27	11.97	1.44	1.44	1.76	0.00	629.83
4	14.2	1.68	631.59	629.91	1.83	4.73	1.76	1.66	4.73	1.72	8.13	13.52	1.67	1.61	1.76	0.00	629.91
5	18.9	2.02	631.59	629.57	2.61	4.73	2.02	2.22	4.73	1.85	8.75	19.46	2.17	2.38	2.02	0.36	629.21
6	23.7	2.01	631.59	629.58	2.93	4.73	2.02	2.77	4.73	2.02	9.54	26.44	2.62	2.76	2.02	0.74	628.83
7	28.4	1.94	631.59	629.65	2.91	4.73	2.01	2.92	4.73	1.98	9.34	27.32	2.78	2.88	2.01	0.87	628.78
8	33.1	1.75	631.59	629.83	2.81	4.73	1.94	2.86	4.73	1.85	8.74	24.99	2.79	2.75	1.94	0.81	629.02
9	37.8	1.65	631.59	629.94	2.52	4.73	1.75	2.66	4.73	1.70	8.05	21.42	2.68	2.33	1.75	0.58	629.36
10	42.6	1.54	631.59	630.04	2.08	4.73	1.65	2.30	4.73	1.60	7.55	17.36	2.37	1.96	1.65	0.31	629.74
11	47.3	1.52	631.59	630.07	2.20	4.73	1.54	2.14	4.73	1.53	7.24	15.51	2.25	1.72	1.54	0.17	629.89
12	52.0	1.46	631.59	630.12	2.23	4.73	1.52	2.21	4.73	1.49	7.06	15.61	2.35	1.74	1.52	0.22	629.90
13	56.8	1.48	631.59	630.11	2.35	4.73	1.48	2.29	4.73	1.47	6.96	15.92	2.44	1.73	1.48	0.25	629.85
14	61.5	1.52	631.59	630.07	2.44	4.73	1.52	2.39	4.73	1.50	7.09	16.96	2.54	1.85	1.52	0.33	629.74
15	66.2	1.52	631.59	630.06	2.36	4.73	1.52	2.40	4.73	1.52	7.19	17.23	2.53	1.85	1.52	0.33	629.74
16	71.0	1.58	631.59	630.00	2.29	4.73	1.58	2.32	4.73	1.55	7.34	17.06	2.43	1.88	1.58	0.30	629.70
17	75.7	1.55	631.59	630.03	1.47	4.73	1.58	1.88	4.73	1.57	7.42	13.96	1.96	1.59	1.58	0.01	630.02
18	80.4	0.84	631.59	630.75	1.56	4.73	1.55	1.52	4.73	1.20	5.66	8.57	1.77	1.43	1.55	0.00	630.75
19	85.1	0.37	631.59	631.22	1.30	4.73	0.84	1.43	4.73	0.60	2.85	4.07	2.33	0.79	0.84	0.00	631.22
20	89.9	0.30	631.59	631.28	1.12	4.73	0.37	1.21	4.73	0.33	1.58	1.92	2.74	0.30	0.37	0.00	631.28
21	94.6	0.30	631.59	631.28	0.79	4.73	0.30	0.96	4.73	0.30	1.43	1.37	2.29	0.21	0.30	0.00	631.28
22	99.3	0.15	631.59	631.44	0.54	4.73	0.30	0.66	4.73	0.23	1.06	0.71	1.91	0.18	0.30	0.00	631.44
23	104.1	0.06	631.59	631.52	0.28	4.73	0.15	0.41	4.73	0.10	0.49	0.20	1.91	0.07	0.15	0.00	631.52
<b>Min</b>		<b>0.06</b>	<b>631.59</b>	<b>629.57</b>	<b>0.28</b>	<b>0.00</b>	<b>0.15</b>	<b>0.41</b>	<b>4.73</b>	<b>0.10</b>	<b>0.49</b>	<b>0.20</b>	<b>1.26</b>	<b>0.07</b>	<b>0.15</b>	<b>0.00</b>	<b>628.78</b>
<b>Max</b>		<b>2.02</b>	<b>631.59</b>	<b>631.52</b>	<b>2.93</b>	<b>4.73</b>	<b>2.02</b>	<b>2.92</b>	<b>4.73</b>	<b>2.02</b>	<b>9.54</b>	<b>27.32</b>	<b>2.79</b>	<b>2.88</b>	<b>2.02</b>	<b>0.87</b>	<b>631.52</b>
<b>Media</b>		<b>1.27</b>	<b>631.59</b>	<b>630.31</b>	<b>1.84</b>	<b>4.52</b>	<b>1.40</b>	<b>1.90</b>	<b>4.73</b>	<b>1.32</b>	<b>6.23</b>	<b>13.51</b>	<b>2.24</b>	<b>1.58</b>	<b>1.40</b>	<b>0.24</b>	<b>630.08</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM	
	Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Fecha: Mar-21	
Elaborado por: SPVB      Revisado por: TOVB      Emitido para: Tesis      Anexo: 11											Maetria: Ing. Recursos Hídricos		
											Revisión : 0		

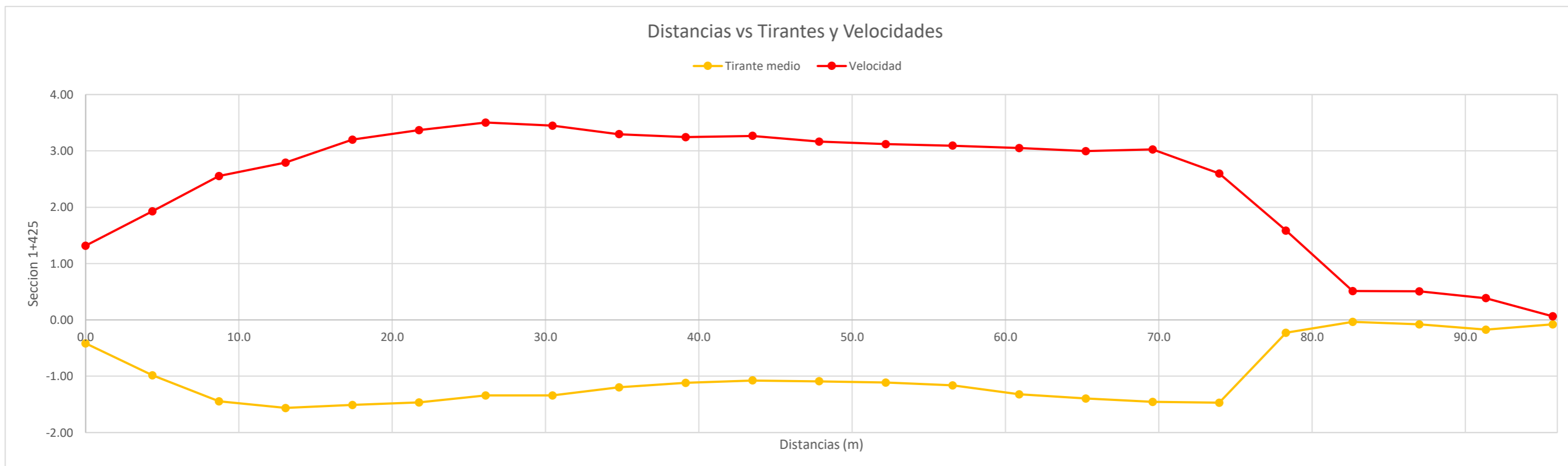
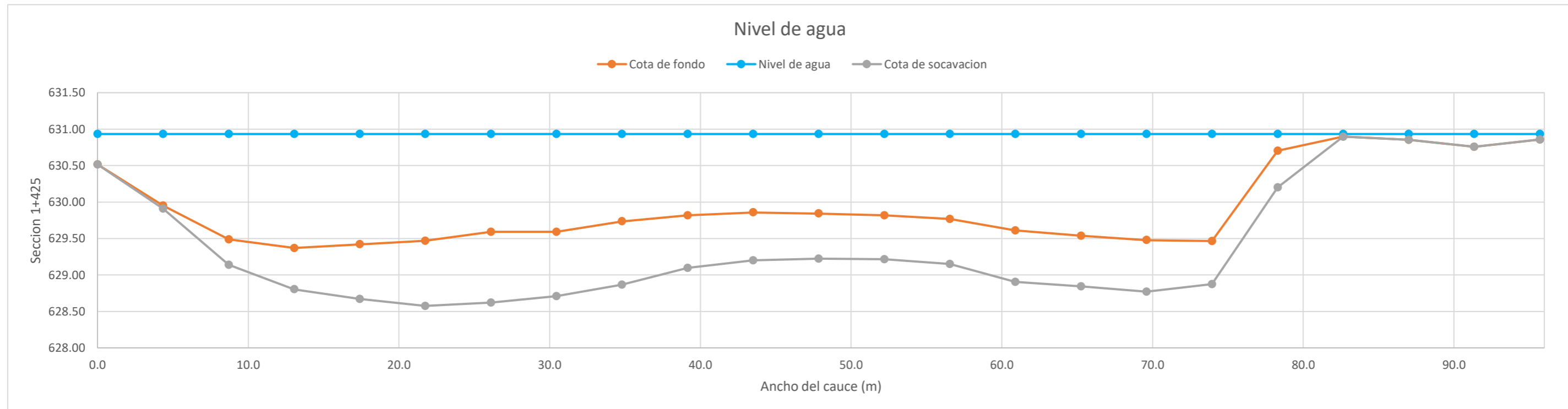
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+425
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	95.70 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.42	630.93	630.52	1.32	0.00											630.52
2	4.4	0.98	630.93	629.95	1.93	4.35	0.98	1.62	4.35	0.70	3.04	4.94	2.48	1.02	0.98	0.04	629.91
3	8.7	1.45	630.93	629.49	2.56	4.35	1.45	2.24	4.35	1.21	5.28	11.84	2.65	1.79	1.45	0.35	629.14
4	13.1	1.56	630.93	629.37	2.79	4.35	1.56	2.67	4.35	1.50	6.54	17.50	2.89	2.13	1.56	0.57	628.80
5	17.4	1.51	630.93	629.42	3.20	4.35	1.56	3.00	4.35	1.54	6.69	20.04	3.21	2.31	1.56	0.75	628.67
6	21.8	1.46	630.93	629.47	3.37	4.35	1.51	3.28	4.35	1.49	6.47	21.26	3.57	2.41	1.51	0.89	628.58
7	26.1	1.34	630.93	629.59	3.50	4.35	1.46	3.44	4.35	1.40	6.10	20.98	3.82	2.43	1.46	0.97	628.62
8	30.5	1.34	630.93	629.59	3.45	4.35	1.34	3.48	4.35	1.34	5.84	20.30	3.94	2.22	1.34	0.88	628.71
9	34.8	1.20	630.93	629.74	3.30	4.35	1.34	3.37	4.35	1.27	5.52	18.63	3.91	2.21	1.34	0.87	628.87
10	39.2	1.12	630.93	629.82	3.25	4.35	1.20	3.27	4.35	1.16	5.03	16.46	3.95	1.92	1.20	0.72	629.10
11	43.5	1.07	630.93	629.86	3.27	4.35	1.12	3.26	4.35	1.10	4.76	15.52	4.02	1.77	1.12	0.66	629.20
12	47.9	1.09	630.93	629.84	3.17	4.35	1.09	3.22	4.35	1.08	4.71	15.15	3.99	1.71	1.09	0.62	629.22
13	52.2	1.11	630.93	629.82	3.12	4.35	1.11	3.14	4.35	1.10	4.79	15.07	3.87	1.72	1.11	0.60	629.21
14	56.6	1.16	630.93	629.77	3.09	4.35	1.16	3.11	4.35	1.14	4.95	15.39	3.77	1.78	1.16	0.62	629.15
15	60.9	1.32	630.93	629.61	3.05	4.35	1.32	3.07	4.35	1.24	5.41	16.61	3.59	2.03	1.32	0.71	628.90
16	65.3	1.40	630.93	629.54	2.99	4.35	1.40	3.02	4.35	1.36	5.91	17.88	3.41	2.09	1.40	0.69	628.84
17	69.6	1.45	630.93	629.48	3.03	4.35	1.45	3.01	4.35	1.43	6.20	18.66	3.33	2.16	1.45	0.71	628.77
18	74.0	1.47	630.93	629.46	2.60	4.35	1.47	2.81	4.35	1.46	6.36	17.88	3.08	2.06	1.47	0.59	628.87
19	78.3	0.23	630.93	630.70	1.59	4.35	1.47	2.09	4.35	0.85	3.69	7.73	2.91	1.97	1.47	0.50	630.20
20	82.7	0.03	630.93	630.90	0.51	4.35	0.23	1.05	4.35	0.13	0.58	0.60	4.21	0.23	0.23	0.00	630.90
21	87.0	0.08	630.93	630.85	0.51	4.35	0.08	0.51	4.35	0.06	0.25	0.13	3.49	0.05	0.08	0.00	630.85
22	91.4	0.17	630.93	630.76	0.39	4.35	0.17	0.45	4.35	0.13	0.55	0.25	1.83	0.08	0.17	0.00	630.76
23	95.7	0.08	630.93	630.86	0.06	4.35	0.17	0.22	4.35	0.13	0.55	0.12	0.93	0.05	0.17	0.00	630.86
<b>Min</b>		<b>0.03</b>	<b>630.93</b>	<b>629.37</b>	<b>0.06</b>	<b>0.00</b>	<b>0.08</b>	<b>0.22</b>	<b>4.35</b>	<b>0.06</b>	<b>0.25</b>	<b>0.12</b>	<b>0.93</b>	<b>0.05</b>	<b>0.08</b>	<b>0.00</b>	<b>628.58</b>
<b>Max</b>		<b>1.56</b>	<b>630.93</b>	<b>630.90</b>	<b>3.50</b>	<b>4.35</b>	<b>1.56</b>	<b>3.48</b>	<b>4.35</b>	<b>1.54</b>	<b>6.69</b>	<b>21.26</b>	<b>4.21</b>	<b>2.43</b>	<b>1.56</b>	<b>0.97</b>	<b>630.90</b>
<b>Media</b>		<b>1.00</b>	<b>630.93</b>	<b>629.93</b>	<b>2.44</b>	<b>4.16</b>	<b>1.12</b>	<b>2.52</b>	<b>4.35</b>	<b>1.04</b>	<b>4.51</b>	<b>13.32</b>	<b>3.31</b>	<b>1.64</b>	<b>1.12</b>	<b>0.53</b>	<b>629.42</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>										UNALM	
											Fecha: Mar-21	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"										Maetria: Ing. Recursos Hídricos		
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0			

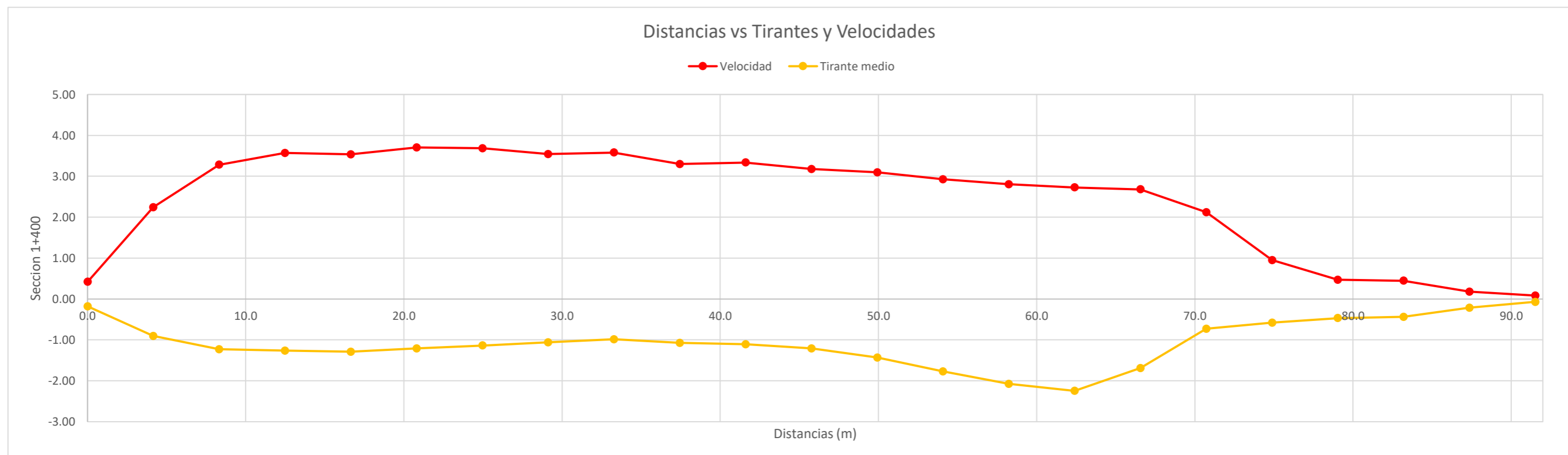
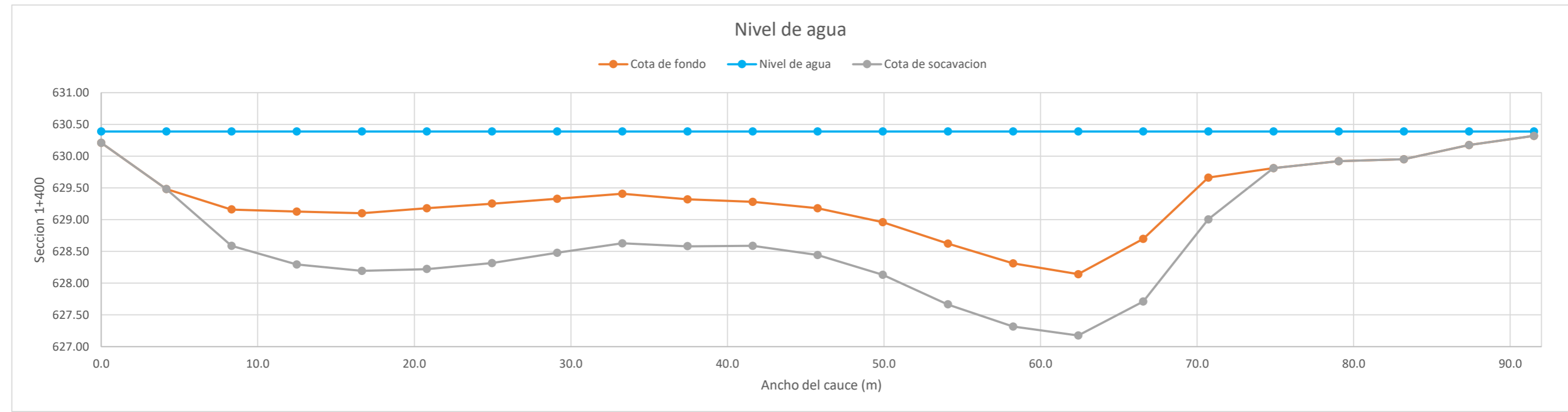
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+400
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	91.52 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.18	630.39	630.21	0.42	0.00											630.21
2	4.2	0.90	630.39	629.48	2.25	4.16	0.90	1.33	4.16	0.54	2.25	3.00	2.34	0.88	0.90	0.00	629.48
3	8.3	1.23	630.39	629.16	3.28	4.16	1.23	2.76	4.16	1.07	4.43	12.26	3.49	1.80	1.23	0.57	628.59
4	12.5	1.26	630.39	629.13	3.57	4.16	1.26	3.43	4.16	1.24	5.18	17.74	4.05	2.09	1.26	0.83	628.29
5	16.6	1.29	630.39	629.10	3.54	4.16	1.29	3.55	4.16	1.27	5.30	18.83	4.16	2.20	1.29	0.91	628.19
6	20.8	1.21	630.39	629.18	3.71	4.16	1.29	3.62	4.16	1.25	5.19	18.80	4.28	2.24	1.29	0.96	628.22
7	25.0	1.14	630.39	629.25	3.69	4.16	1.21	3.70	4.16	1.17	4.88	18.03	4.48	2.15	1.21	0.94	628.32
8	29.1	1.06	630.39	629.33	3.55	4.16	1.14	3.62	4.16	1.10	4.56	16.50	4.51	1.99	1.14	0.85	628.48
9	33.3	0.98	630.39	629.41	3.58	4.16	1.06	3.56	4.16	1.02	4.24	15.12	4.59	1.84	1.06	0.78	628.63
10	37.4	1.07	630.39	629.32	3.30	4.16	1.07	3.44	4.16	1.03	4.27	14.68	4.42	1.81	1.07	0.74	628.58
11	41.6	1.11	630.39	629.28	3.34	4.16	1.11	3.32	4.16	1.09	4.52	15.01	4.15	1.80	1.11	0.69	628.59
12	45.8	1.21	630.39	629.18	3.18	4.16	1.21	3.26	4.16	1.16	4.81	15.66	3.97	1.95	1.21	0.74	628.44
13	49.9	1.43	630.39	628.96	3.10	4.16	1.43	3.14	4.16	1.32	5.48	17.18	3.62	2.26	1.43	0.83	628.13
14	54.1	1.77	630.39	628.62	2.93	4.16	1.77	3.01	4.16	1.60	6.64	20.01	3.22	2.72	1.77	0.96	627.67
15	58.2	2.07	630.39	628.31	2.81	4.16	2.07	2.87	4.16	1.92	7.99	22.90	2.87	3.07	2.07	1.00	627.32
16	62.4	2.25	630.39	628.14	2.73	4.16	2.25	2.77	4.16	2.16	8.99	24.87	2.66	3.21	2.25	0.97	627.18
17	66.6	1.69	630.39	628.70	2.68	4.16	2.25	2.70	4.16	1.97	8.19	22.14	2.69	3.23	2.25	0.99	627.71
18	70.7	0.72	630.39	629.66	2.12	4.16	1.69	2.40	4.16	1.21	5.02	12.06	2.87	2.35	1.69	0.66	629.01
19	74.9	0.58	630.39	629.81	0.95	4.16	0.72	1.54	4.16	0.65	2.71	4.16	2.45	0.68	0.72	0.00	629.81
20	79.0	0.47	630.39	629.92	0.47	4.16	0.58	0.71	4.16	0.52	2.17	1.54	1.27	0.30	0.58	0.00	629.92
21	83.2	0.44	630.39	629.95	0.45	4.16	0.47	0.46	4.16	0.45	1.87	0.86	0.89	0.17	0.47	0.00	629.95
22	87.4	0.21	630.39	630.17	0.18	4.16	0.44	0.31	4.16	0.32	1.35	0.42	0.73	0.13	0.44	0.00	630.17
23	91.5	0.07	630.39	630.32	0.08	4.16	0.21	0.13	4.16	0.14	0.59	0.08	0.51	0.04	0.21	0.00	630.32
<b>Min</b>		<b>0.07</b>	<b>630.39</b>	<b>628.14</b>	<b>0.08</b>	<b>0.00</b>	<b>0.21</b>	<b>0.13</b>	<b>4.16</b>	<b>0.14</b>	<b>0.59</b>	<b>0.08</b>	<b>0.51</b>	<b>0.04</b>	<b>0.21</b>	<b>0.00</b>	<b>627.18</b>
<b>Max</b>		<b>2.25</b>	<b>630.39</b>	<b>630.32</b>	<b>3.71</b>	<b>4.16</b>	<b>2.25</b>	<b>3.70</b>	<b>4.16</b>	<b>2.16</b>	<b>8.99</b>	<b>24.87</b>	<b>4.59</b>	<b>3.23</b>	<b>2.25</b>	<b>1.00</b>	<b>630.32</b>
<b>Media</b>		<b>1.06</b>	<b>630.39</b>	<b>629.33</b>	<b>2.43</b>	<b>3.98</b>	<b>1.21</b>	<b>2.53</b>	<b>4.16</b>	<b>1.10</b>	<b>4.57</b>	<b>13.26</b>	<b>3.10</b>	<b>1.77</b>	<b>1.21</b>	<b>0.61</b>	<b>628.75</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>										UNALM	
											Fecha: Mar-21	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"										Maetria: Ing. Recursos Hídricos		
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0			

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

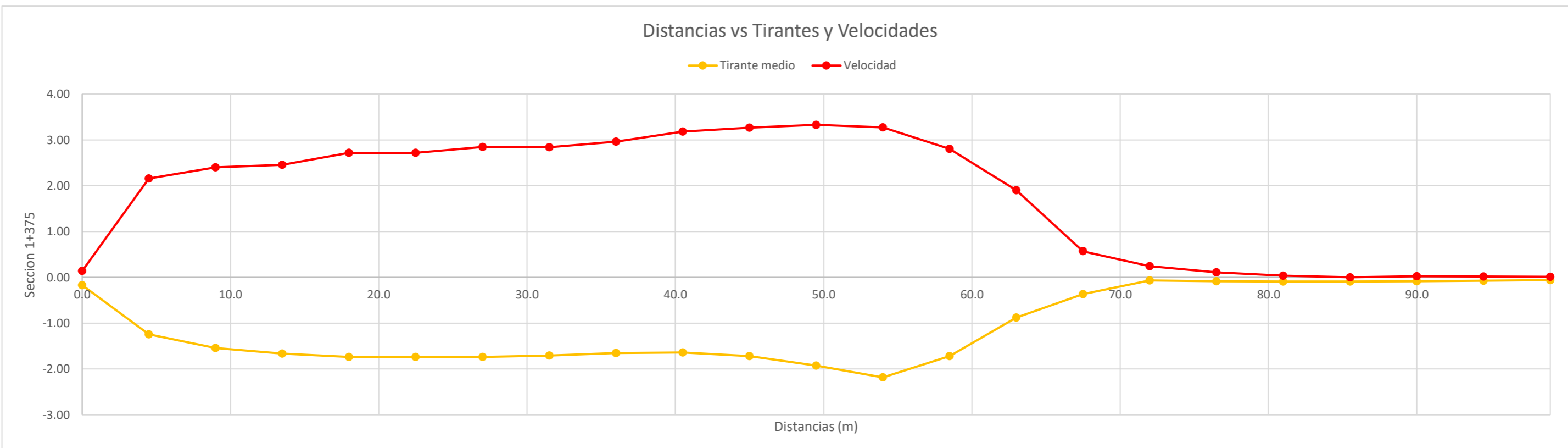
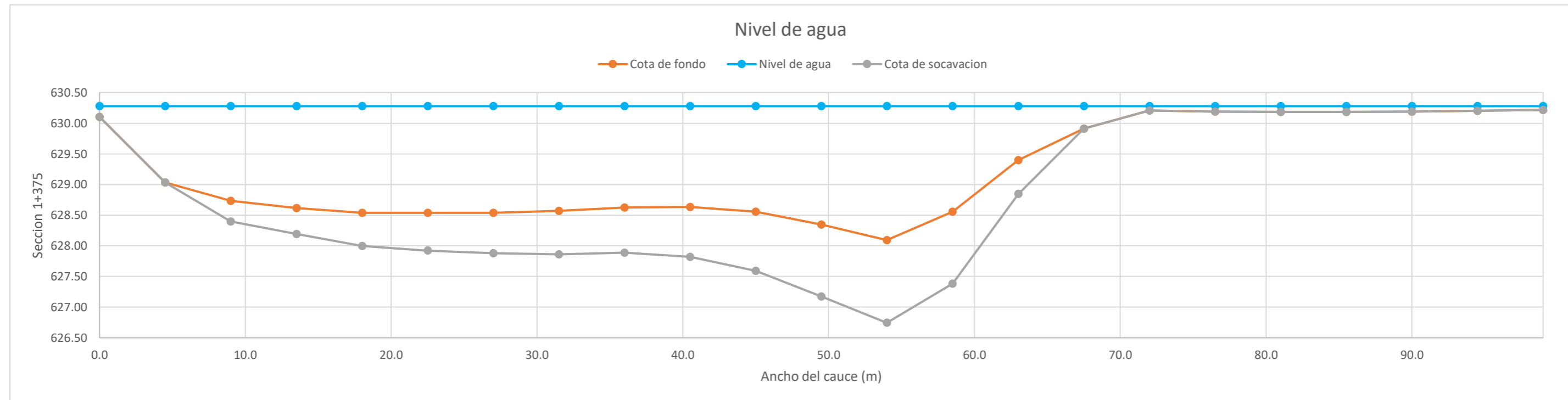
**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+375
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	99.00 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, si no hay obstaculos como estribos o pilares)


ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.17	630.28	630.10	0.14	0.00											630.10
2	4.5	1.25	630.28	629.03	2.16	4.50	1.25	1.15	4.50	0.71	3.20	3.67	1.73	1.06	1.25	0.00	629.03
3	9.0	1.55	630.28	628.73	2.40	4.50	1.55	2.28	4.50	1.40	6.28	14.32	2.52	1.88	1.55	0.34	628.40
4	13.5	1.66	630.28	628.61	2.46	4.50	1.66	2.43	4.50	1.61	7.22	17.55	2.54	2.09	1.66	0.42	628.19
5	18.0	1.74	630.28	628.54	2.72	4.50	1.74	2.59	4.50	1.70	7.66	19.81	2.64	2.28	1.74	0.54	628.00
6	22.5	1.74	630.28	628.54	2.72	4.50	1.74	2.72	4.50	1.74	7.83	21.26	2.75	2.36	1.74	0.62	627.92
7	27.0	1.74	630.28	628.54	2.84	4.50	1.74	2.78	4.50	1.74	7.83	21.76	2.82	2.40	1.74	0.66	627.88
8	31.5	1.71	630.28	628.57	2.84	4.50	1.74	2.84	4.50	1.72	7.76	22.03	2.89	2.45	1.74	0.71	627.86
9	36.0	1.65	630.28	628.63	2.96	4.50	1.71	2.90	4.50	1.68	7.56	21.93	2.97	2.45	1.71	0.74	627.89
10	40.5	1.64	630.28	628.63	3.18	4.50	1.65	3.07	4.50	1.65	7.42	22.78	3.17	2.47	1.65	0.81	627.82
11	45.0	1.72	630.28	628.56	3.27	4.50	1.72	3.22	4.50	1.68	7.57	24.41	3.31	2.69	1.72	0.96	627.59
12	49.5	1.93	630.28	628.35	3.33	4.50	1.93	3.30	4.50	1.83	8.22	27.10	3.28	3.10	1.93	1.17	627.17
13	54.0	2.19	630.28	628.09	3.27	4.50	2.19	3.30	4.50	2.06	9.26	30.58	3.15	3.54	2.19	1.35	626.74
14	58.5	1.72	630.28	628.56	2.80	4.50	2.19	3.04	4.50	1.95	8.79	26.72	2.95	3.36	2.19	1.17	627.38
15	63.0	0.88	630.28	629.40	1.90	4.50	1.72	2.35	4.50	1.30	5.86	13.77	2.67	2.27	1.72	0.55	628.85
16	67.5	0.37	630.28	629.91	0.57	4.50	0.88	1.23	4.50	0.62	2.81	3.47	1.99	0.75	0.88	0.00	629.91
17	72.0	0.07	630.28	630.21	0.24	4.50	0.37	0.40	4.50	0.22	0.99	0.40	1.19	0.16	0.37	0.00	630.21
18	76.5	0.09	630.28	630.19	0.11	4.50	0.09	0.17	4.50	0.08	0.36	0.06	0.97	0.02	0.09	0.00	630.19
19	81.0	0.09	630.28	630.19	0.04	4.50	0.09	0.07	4.50	0.09	0.41	0.03	0.36	0.01	0.09	0.00	630.19
20	85.5	0.09	630.28	630.19	0.00	4.50	0.09	0.02	4.50	0.09	0.42	0.01	0.09	0.00	0.09	0.00	630.19
21	90.0	0.09	630.28	630.19	0.02	4.50	0.09	0.01	4.50	0.09	0.41	0.00	0.06	0.00	0.09	0.00	630.19
22	94.5	0.08	630.28	630.20	0.02	4.50	0.09	0.02	4.50	0.08	0.37	0.01	0.11	0.00	0.09	0.00	630.20
23	99.0	0.06	630.28	630.22	0.01	4.50	0.08	0.01	4.50	0.07	0.31	0.00	0.08	0.00	0.08	0.00	630.22
<b>Min</b>		<b>0.06</b>	<b>630.28</b>	<b>628.09</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.08</b>	<b>0.01</b>	<b>4.50</b>	<b>0.07</b>	<b>0.31</b>	<b>0.00</b>	<b>0.06</b>	<b>0.00</b>	<b>0.08</b>	<b>0.00</b>	<b>626.74</b>
<b>Max</b>		<b>2.19</b>	<b>630.28</b>	<b>630.22</b>	<b>3.33</b>	<b>4.50</b>	<b>2.19</b>	<b>3.30</b>	<b>4.50</b>	<b>2.06</b>	<b>9.26</b>	<b>30.58</b>	<b>3.31</b>	<b>3.54</b>	<b>2.19</b>	<b>1.35</b>	<b>630.22</b>
<b>Media</b>		<b>1.05</b>	<b>630.28</b>	<b>629.23</b>	<b>1.74</b>	<b>4.30</b>	<b>1.20</b>	<b>1.81</b>	<b>4.50</b>	<b>1.10</b>	<b>4.93</b>	<b>13.26</b>	<b>2.01</b>	<b>1.61</b>	<b>1.20</b>	<b>0.46</b>	<b>628.79</b>



**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**





 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

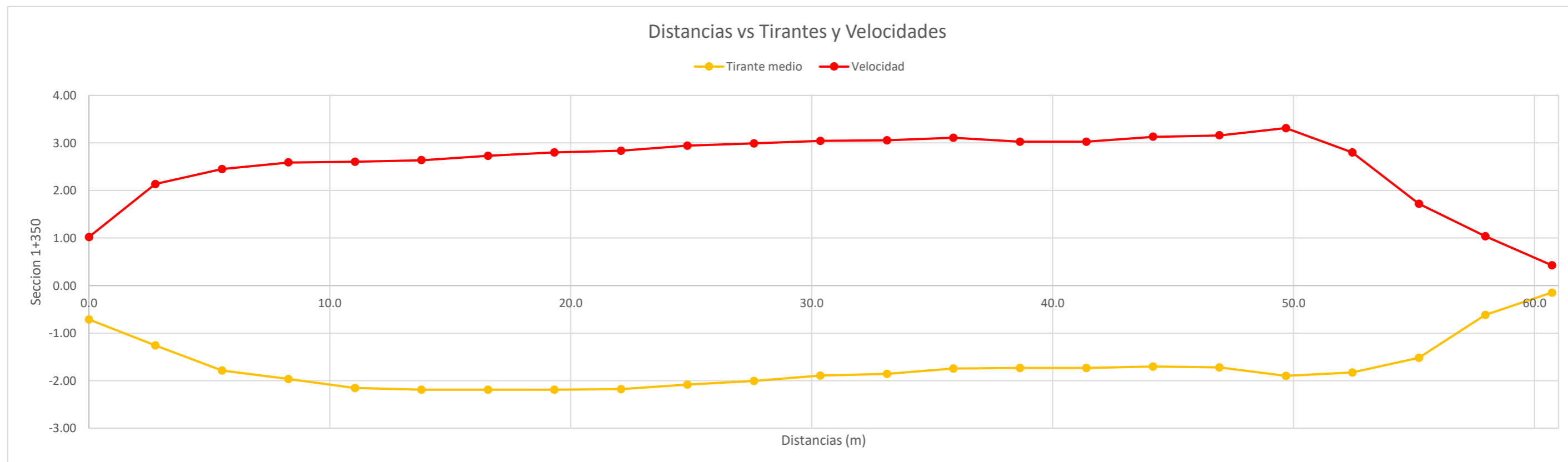
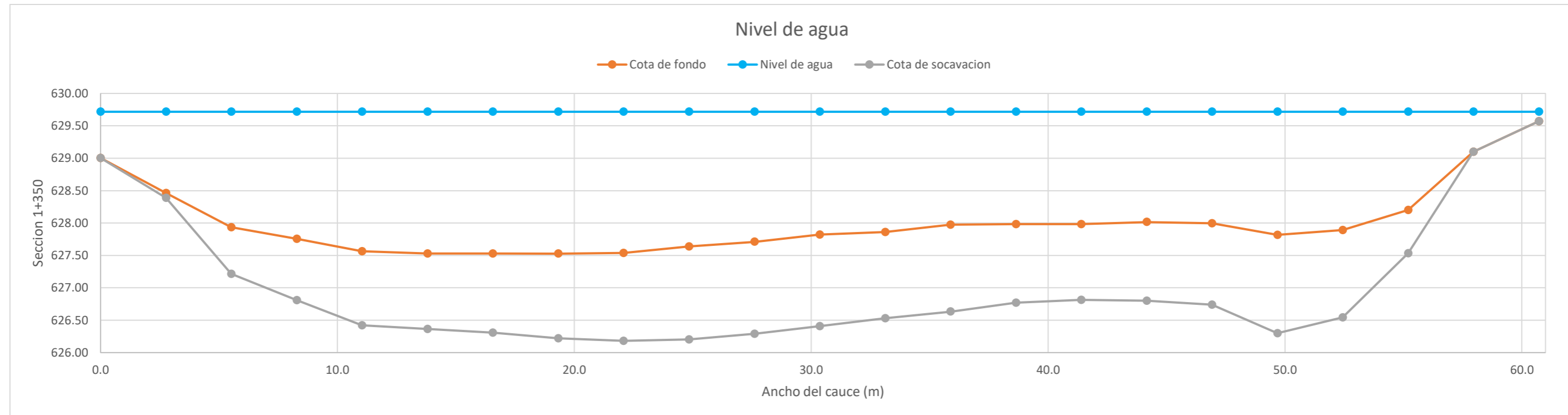
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+350
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	60.72 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.71	629.72	629.00	1.02	0.00											629.00
2	2.8	1.26	629.72	628.46	2.14	2.76	1.26	1.58	2.76	0.98	2.72	4.29	2.28	1.33	1.26	0.07	628.39
3	5.5	1.78	629.72	627.93	2.45	2.76	1.78	2.29	2.76	1.52	4.20	9.62	2.85	2.50	1.78	0.72	627.22
4	8.3	1.96	629.72	627.75	2.59	2.76	1.96	2.52	2.76	1.87	5.17	13.02	2.94	2.91	1.96	0.94	626.81
5	11.0	2.15	629.72	627.56	2.60	2.76	2.15	2.60	2.76	2.06	5.68	14.75	2.95	3.30	2.15	1.14	626.42
6	13.8	2.19	629.72	627.53	2.64	2.76	2.19	2.62	2.76	2.17	5.99	15.70	2.93	3.35	2.19	1.16	626.37
7	16.6	2.19	629.72	627.53	2.73	2.76	2.19	2.68	2.76	2.19	6.04	16.21	3.00	3.41	2.19	1.22	626.31
8	19.3	2.19	629.72	627.53	2.80	2.76	2.19	2.76	2.76	2.19	6.04	16.70	3.09	3.49	2.19	1.30	626.22
9	22.1	2.18	629.72	627.54	2.84	2.76	2.19	2.82	2.76	2.18	6.03	16.98	3.15	3.55	2.19	1.36	626.18
10	24.8	2.08	629.72	627.64	2.94	2.76	2.18	2.89	2.76	2.13	5.88	16.97	3.25	3.61	2.18	1.43	626.20
11	27.6	2.01	629.72	627.71	2.99	2.76	2.08	2.97	2.76	2.04	5.64	16.73	3.37	3.50	2.08	1.42	626.29
12	30.4	1.90	629.72	627.82	3.04	2.76	2.01	3.02	2.76	1.95	5.38	16.25	3.48	3.42	2.01	1.41	626.41
13	33.1	1.86	629.72	627.86	3.06	2.76	1.90	3.05	2.76	1.88	5.18	15.79	3.55	3.23	1.90	1.33	626.53
14	35.9	1.74	629.72	627.97	3.11	2.76	1.86	3.08	2.76	1.80	4.97	15.32	3.63	3.20	1.86	1.34	626.63
15	38.6	1.73	629.72	627.98	3.02	2.76	1.74	3.07	2.76	1.74	4.80	14.72	3.65	2.96	1.74	1.21	626.77
16	41.4	1.73	629.72	627.98	3.02	2.76	1.73	3.02	2.76	1.73	4.78	14.47	3.61	2.90	1.73	1.17	626.81
17	44.2	1.70	629.72	628.02	3.13	2.76	1.73	3.08	2.76	1.72	4.74	14.59	3.68	2.95	1.73	1.22	626.80
18	46.9	1.72	629.72	627.99	3.16	2.76	1.72	3.14	2.76	1.71	4.73	14.86	3.76	2.98	1.72	1.25	626.74
19	49.7	1.90	629.72	627.82	3.31	2.76	1.90	3.24	2.76	1.81	5.00	16.18	3.81	3.42	1.90	1.52	626.30
20	52.4	1.83	629.72	627.89	2.80	2.76	1.90	3.06	2.76	1.86	5.14	15.71	3.57	3.25	1.90	1.35	626.54
21	55.2	1.52	629.72	628.20	1.72	2.76	1.83	2.26	2.76	1.67	4.61	10.43	2.72	2.49	1.83	0.67	627.53
22	58.0	0.62	629.72	629.10	1.04	2.76	1.52	1.38	2.76	1.07	2.94	4.06	1.93	1.49	1.52	0.00	629.10
23	60.7	0.15	629.72	629.57	0.43	2.76	0.62	0.73	2.76	0.38	1.05	0.77	1.64	0.40	0.62	0.00	629.57
<b>Min</b>		<b>0.15</b>	<b>629.72</b>	<b>627.53</b>	<b>0.43</b>	<b>0.00</b>	<b>0.62</b>	<b>0.73</b>	<b>2.76</b>	<b>0.38</b>	<b>1.05</b>	<b>0.77</b>	<b>1.64</b>	<b>0.40</b>	<b>0.62</b>	<b>0.00</b>	<b>626.18</b>
<b>Max</b>		<b>2.19</b>	<b>629.72</b>	<b>629.57</b>	<b>3.31</b>	<b>2.76</b>	<b>2.19</b>	<b>3.24</b>	<b>2.76</b>	<b>2.19</b>	<b>6.04</b>	<b>16.98</b>	<b>3.81</b>	<b>3.61</b>	<b>2.19</b>	<b>1.52</b>	<b>629.57</b>
<b>Media</b>		<b>1.70</b>	<b>629.72</b>	<b>628.02</b>	<b>2.55</b>	<b>2.64</b>	<b>1.85</b>	<b>2.63</b>	<b>2.76</b>	<b>1.76</b>	<b>4.85</b>	<b>13.37</b>	<b>3.13</b>	<b>2.89</b>	<b>1.85</b>	<b>1.06</b>	<b>627.01</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

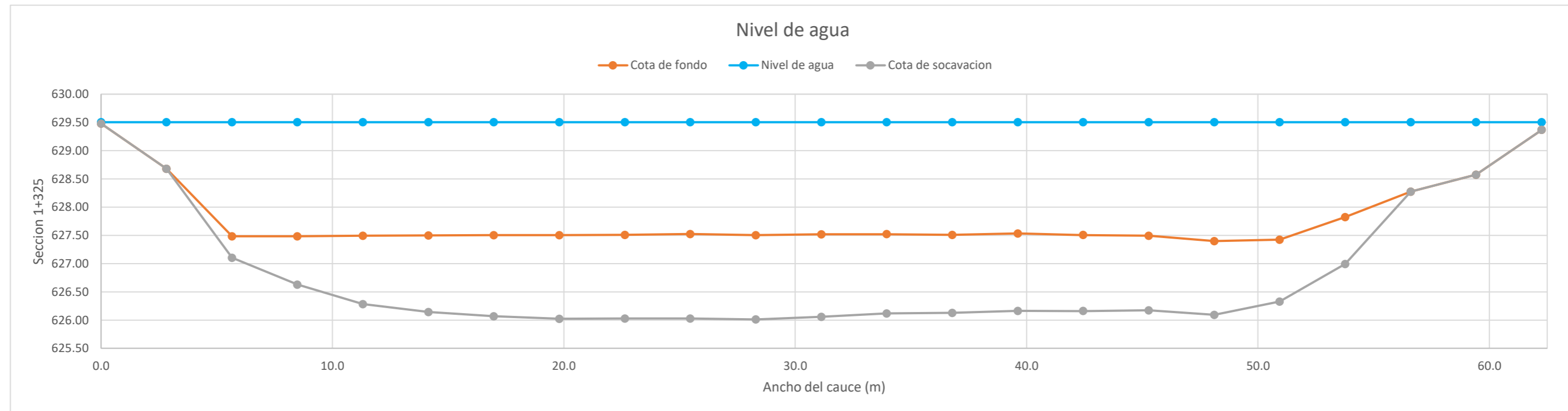
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+325
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	62.26 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.02	629.50	629.48	0.31	0.00											629.48
2	2.8	0.83	629.50	628.68	1.32	2.83	0.83	0.81	2.83	0.42	1.20	0.98	1.71	0.61	0.83	0.00	628.68
3	5.7	2.02	629.50	627.48	2.18	2.83	2.02	1.75	2.83	1.42	4.03	7.04	2.20	2.40	2.02	0.38	627.10
4	8.5	2.02	629.50	627.48	2.71	2.83	2.02	2.44	2.83	2.02	5.72	13.97	2.76	2.88	2.02	0.86	626.63
5	11.3	2.01	629.50	627.49	2.96	2.83	2.02	2.83	2.83	2.02	5.70	16.15	3.20	3.23	2.02	1.21	626.28
6	14.2	2.00	629.50	627.50	3.05	2.83	2.01	3.00	2.83	2.01	5.68	17.05	3.40	3.37	2.01	1.36	626.14
7	17.0	2.00	629.50	627.50	3.15	2.83	2.00	3.10	2.83	2.00	5.66	17.56	3.51	3.44	2.00	1.44	626.07
8	19.8	2.00	629.50	627.50	3.16	2.83	2.00	3.15	2.83	2.00	5.66	17.85	3.58	3.48	2.00	1.48	626.02
9	22.6	2.00	629.50	627.51	3.16	2.83	2.00	3.16	2.83	2.00	5.65	17.84	3.58	3.48	2.00	1.48	626.03
10	25.5	1.98	629.50	627.52	3.19	2.83	2.00	3.17	2.83	1.99	5.63	17.84	3.60	3.49	2.00	1.49	626.03
11	28.3	2.00	629.50	627.50	3.14	2.83	2.00	3.16	2.83	1.99	5.63	17.83	3.59	3.49	2.00	1.49	626.01
12	31.1	1.99	629.50	627.52	3.11	2.83	2.00	3.13	2.83	1.99	5.64	17.65	3.55	3.46	2.00	1.46	626.06
13	34.0	1.98	629.50	627.52	3.04	2.83	1.99	3.08	2.83	1.98	5.61	17.29	3.50	3.39	1.99	1.40	626.12
14	36.8	1.99	629.50	627.51	3.04	2.83	1.99	3.04	2.83	1.99	5.63	17.13	3.46	3.38	1.99	1.38	626.13
15	39.6	1.97	629.50	627.53	3.01	2.83	1.99	3.03	2.83	1.98	5.61	16.98	3.44	3.36	1.99	1.37	626.16
16	42.5	2.00	629.50	627.51	2.99	2.83	2.00	3.00	2.83	1.98	5.62	16.84	3.41	3.34	2.00	1.35	626.16
17	45.3	2.01	629.50	627.49	2.93	2.83	2.01	2.96	2.83	2.00	5.67	16.79	3.35	3.33	2.01	1.32	626.17
18	48.1	2.11	629.50	627.40	2.76	2.83	2.11	2.85	2.83	2.06	5.82	16.58	3.20	3.41	2.11	1.31	626.09
19	50.9	2.08	629.50	627.42	2.51	2.83	2.11	2.64	2.83	2.09	5.92	15.62	2.95	3.20	2.11	1.10	626.33
20	53.8	1.68	629.50	627.82	2.12	2.83	2.08	2.32	2.83	1.88	5.32	12.32	2.67	2.91	2.08	0.83	626.99
21	56.6	1.23	629.50	628.28	0.89	2.83	1.68	1.51	2.83	1.45	4.11	6.20	1.88	1.67	1.68	0.00	628.28
22	59.4	0.93	629.50	628.57	0.38	2.83	1.23	0.63	2.83	1.08	3.05	1.94	0.88	0.61	1.23	0.00	628.57
23	62.3	0.14	629.50	629.37	0.05	2.83	0.93	0.21	2.83	0.53	1.51	0.32	0.40	0.23	0.93	0.00	629.37
<b>Min</b>		<b>0.02</b>	<b>629.50</b>	<b>627.40</b>	<b>0.05</b>	<b>0.00</b>	<b>0.83</b>	<b>0.21</b>	<b>2.83</b>	<b>0.42</b>	<b>1.20</b>	<b>0.32</b>	<b>0.40</b>	<b>0.23</b>	<b>0.83</b>	<b>0.00</b>	<b>626.01</b>
<b>Max</b>		<b>2.11</b>	<b>629.50</b>	<b>629.48</b>	<b>3.19</b>	<b>2.83</b>	<b>2.11</b>	<b>3.17</b>	<b>2.83</b>	<b>2.09</b>	<b>5.92</b>	<b>17.85</b>	<b>3.60</b>	<b>3.49</b>	<b>2.11</b>	<b>1.49</b>	<b>629.48</b>
<b>Media</b>		<b>1.69</b>	<b>629.50</b>	<b>627.81</b>	<b>2.40</b>	<b>2.71</b>	<b>1.86</b>	<b>2.50</b>	<b>2.83</b>	<b>1.77</b>	<b>5.00</b>	<b>13.63</b>	<b>2.90</b>	<b>2.83</b>	<b>1.86</b>	<b>1.03</b>	<b>626.82</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

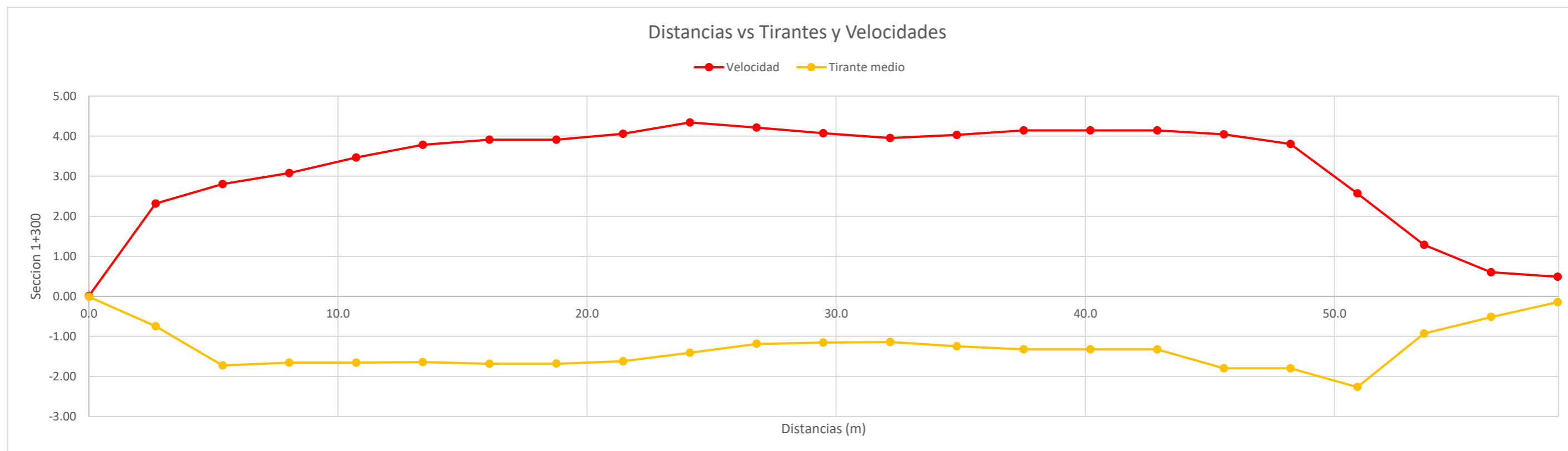
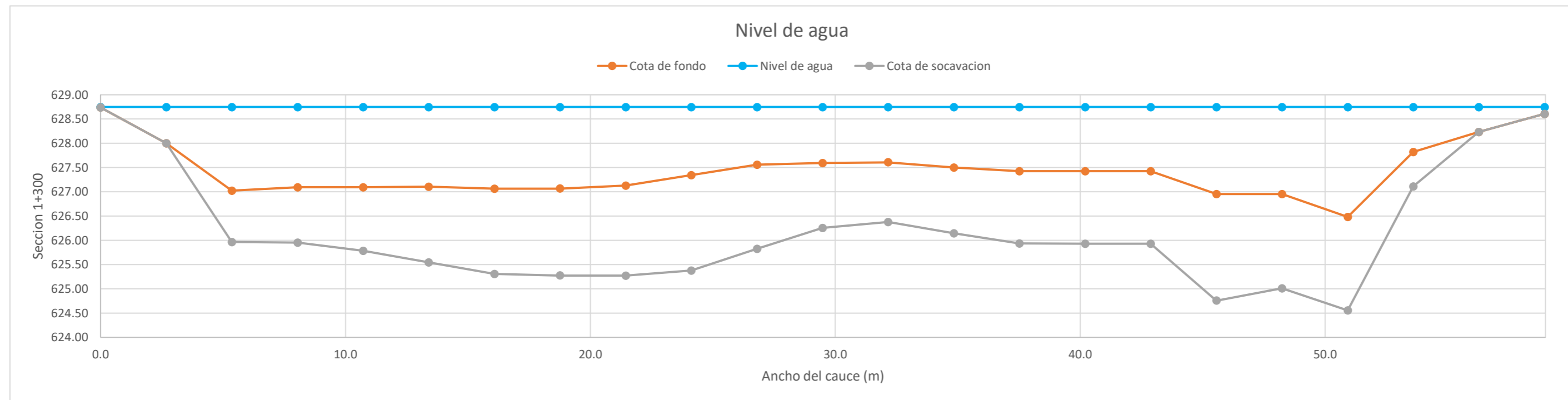
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+300
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	58.96 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.01	628.75	628.74	0.01	0.00											628.74
2	2.7	0.75	628.75	628.00	2.32	2.68	0.75	1.16	2.68	0.38	1.01	1.18	2.62	0.75	0.75	0.00	628.00
3	5.4	1.73	628.75	627.02	2.80	2.68	1.73	2.56	2.68	1.24	3.31	8.49	3.44	2.78	1.73	1.06	625.97
4	8.0	1.66	628.75	627.09	3.07	2.68	1.73	2.94	2.68	1.69	4.53	13.33	3.57	2.87	1.73	1.14	625.95
5	10.7	1.66	628.75	627.09	3.46	2.68	1.66	3.27	2.68	1.66	4.44	14.52	3.99	2.97	1.66	1.31	625.78
6	13.4	1.64	628.75	627.11	3.78	2.68	1.66	3.62	2.68	1.65	4.42	16.02	4.43	3.22	1.66	1.56	625.54
7	16.1	1.68	628.75	627.06	3.91	2.68	1.68	3.85	2.68	1.66	4.46	17.14	4.69	3.44	1.68	1.76	625.31
8	18.8	1.68	628.75	627.07	3.91	2.68	1.68	3.91	2.68	1.68	4.51	17.64	4.76	3.48	1.68	1.79	625.27
9	21.4	1.62	628.75	627.13	4.06	2.68	1.68	3.99	2.68	1.65	4.42	17.63	4.87	3.53	1.68	1.85	625.27
10	24.1	1.41	628.75	627.34	4.34	2.68	1.62	4.20	2.68	1.51	4.06	17.05	5.27	3.59	1.62	1.97	625.37
11	26.8	1.19	628.75	627.56	4.22	2.68	1.41	4.28	2.68	1.30	3.48	14.88	5.65	3.14	1.41	1.74	625.82
12	29.5	1.16	628.75	627.59	4.07	2.68	1.19	4.14	2.68	1.17	3.14	13.01	5.67	2.52	1.19	1.33	626.26
13	32.2	1.14	628.75	627.61	3.96	2.68	1.16	4.01	2.68	1.15	3.08	12.35	5.53	2.39	1.16	1.23	626.37
14	34.8	1.25	628.75	627.50	4.03	2.68	1.25	3.99	2.68	1.19	3.20	12.78	5.43	2.60	1.25	1.35	626.15
15	37.5	1.33	628.75	627.42	4.14	2.68	1.33	4.09	2.68	1.29	3.45	14.10	5.41	2.81	1.33	1.49	625.94
16	40.2	1.33	628.75	627.42	4.14	2.68	1.33	4.14	2.68	1.33	3.55	14.72	5.43	2.82	1.33	1.49	625.93
17	42.9	1.33	628.75	627.42	4.14	2.68	1.33	4.14	2.68	1.33	3.55	14.72	5.43	2.82	1.33	1.49	625.93
18	45.6	1.80	628.75	626.95	4.05	2.68	1.80	4.10	2.68	1.56	4.18	17.13	5.09	3.99	1.80	2.20	624.76
19	48.2	1.80	628.75	626.95	3.81	2.68	1.80	3.93	2.68	1.80	4.81	18.89	4.68	3.74	1.80	1.94	625.01
20	50.9	2.27	628.75	626.48	2.57	2.68	2.27	3.19	2.68	2.03	5.44	17.36	3.68	4.19	2.27	1.93	624.55
21	53.6	0.93	628.75	627.82	1.28	2.68	2.27	1.93	2.68	1.60	4.28	8.25	2.38	2.98	2.27	0.71	627.11
22	56.3	0.52	628.75	628.23	0.60	2.68	0.93	0.94	2.68	0.72	1.94	1.82	1.56	0.66	0.93	0.00	628.23
23	59.0	0.14	628.75	628.60	0.49	2.68	0.52	0.54	2.68	0.33	0.88	0.48	1.32	0.27	0.52	0.00	628.60
<b>Min</b>		<b>0.01</b>	<b>628.75</b>	<b>626.48</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.52</b>	<b>0.54</b>	<b>2.68</b>	<b>0.33</b>	<b>0.88</b>	<b>0.48</b>	<b>1.32</b>	<b>0.27</b>	<b>0.52</b>	<b>0.00</b>	<b>624.55</b>
<b>Max</b>		<b>2.27</b>	<b>628.75</b>	<b>628.74</b>	<b>4.34</b>	<b>2.68</b>	<b>2.27</b>	<b>4.28</b>	<b>2.68</b>	<b>2.03</b>	<b>5.44</b>	<b>18.89</b>	<b>5.67</b>	<b>4.19</b>	<b>2.27</b>	<b>2.20</b>	<b>628.74</b>
<b>Media</b>		<b>1.30</b>	<b>628.75</b>	<b>627.44</b>	<b>3.18</b>	<b>2.56</b>	<b>1.49</b>	<b>3.32</b>	<b>2.68</b>	<b>1.36</b>	<b>3.64</b>	<b>12.89</b>	<b>4.31</b>	<b>2.80</b>	<b>1.49</b>	<b>1.33</b>	<b>626.17</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

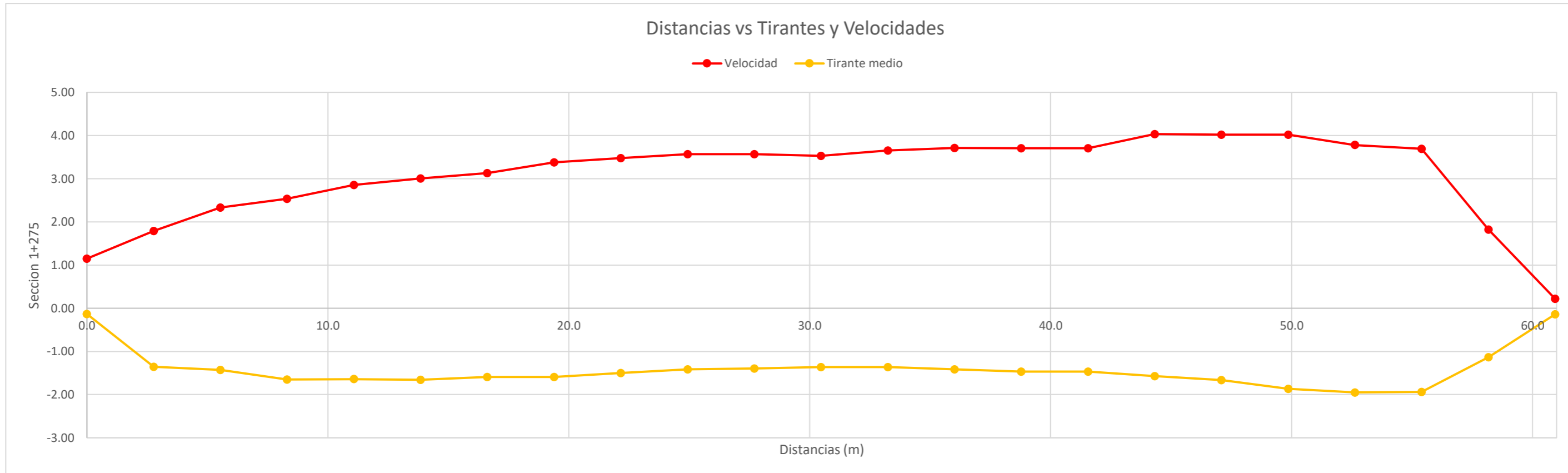
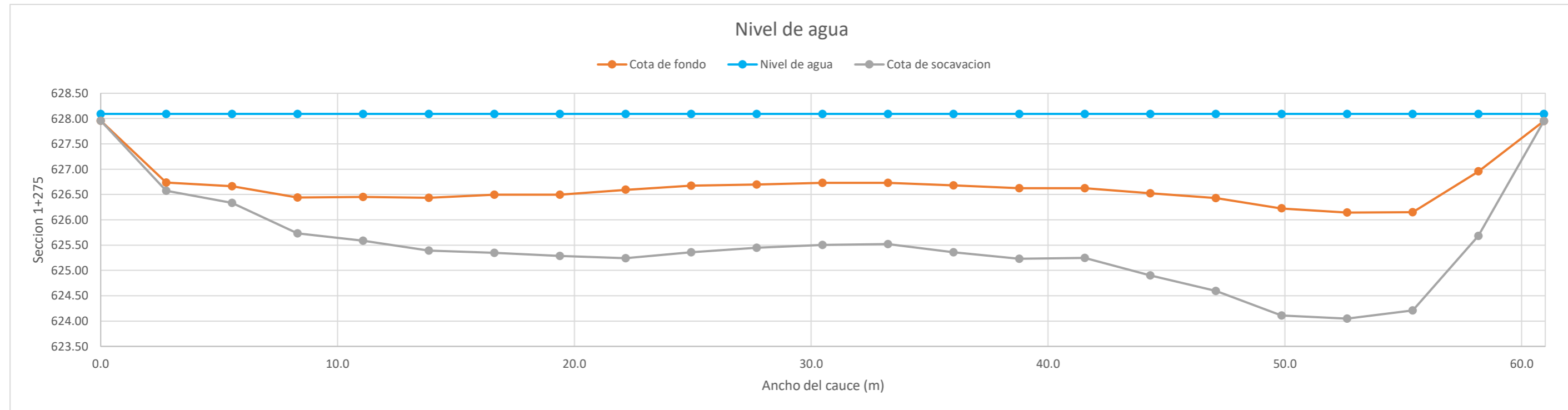
**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+275
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	60.94 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)


ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.13	628.09	627.96	1.15	0.00											627.96
2	2.8	1.36	628.09	626.74	1.79	2.77	1.36	1.47	2.77	0.75	2.06	3.03	2.38	1.52	1.36	0.16	626.57
3	5.5	1.43	628.09	626.66	2.33	2.77	1.43	2.06	2.77	1.39	3.86	7.96	2.63	1.76	1.43	0.33	626.33
4	8.3	1.65	628.09	626.44	2.53	2.77	1.65	2.43	2.77	1.54	4.27	10.39	3.00	2.36	1.65	0.71	625.73
5	11.1	1.64	628.09	626.45	2.85	2.77	1.65	2.69	2.77	1.65	4.56	12.28	3.25	2.51	1.65	0.86	625.59
6	13.9	1.66	628.09	626.43	3.00	2.77	1.66	2.93	2.77	1.65	4.57	13.38	3.54	2.70	1.66	1.04	625.39
7	16.6	1.59	628.09	626.50	3.13	2.77	1.66	3.07	2.77	1.63	4.51	13.81	3.72	2.81	1.66	1.15	625.35
8	19.4	1.59	628.09	626.50	3.38	2.77	1.59	3.25	2.77	1.59	4.41	14.36	3.97	2.81	1.59	1.21	625.29
9	22.2	1.50	628.09	626.59	3.47	2.77	1.59	3.43	2.77	1.55	4.28	14.67	4.22	2.94	1.59	1.35	625.24
10	24.9	1.42	628.09	626.68	3.57	2.77	1.50	3.52	2.77	1.46	4.04	14.21	4.42	2.82	1.50	1.32	625.36
11	27.7	1.40	628.09	626.70	3.57	2.77	1.42	3.57	2.77	1.41	3.89	13.89	4.53	2.66	1.42	1.25	625.45
12	30.5	1.36	628.09	626.73	3.53	2.77	1.40	3.55	2.77	1.38	3.82	13.56	4.54	2.62	1.40	1.22	625.51
13	33.2	1.36	628.09	626.73	3.65	2.77	1.36	3.59	2.77	1.36	3.78	13.56	4.61	2.57	1.36	1.21	625.52
14	36.0	1.41	628.09	626.68	3.71	2.77	1.41	3.68	2.77	1.39	3.84	14.16	4.70	2.74	1.41	1.32	625.36
15	38.8	1.47	628.09	626.63	3.70	2.77	1.47	3.71	2.77	1.44	3.99	14.80	4.68	2.86	1.47	1.40	625.23
16	41.6	1.47	628.09	626.63	3.70	2.77	1.47	3.70	2.77	1.47	4.06	15.06	4.64	2.85	1.47	1.38	625.25
17	44.3	1.57	628.09	626.52	4.03	2.77	1.57	3.87	2.77	1.52	4.21	16.27	4.80	3.19	1.57	1.62	624.90
18	47.1	1.66	628.09	626.43	4.02	2.77	1.66	4.03	2.77	1.62	4.48	18.02	4.90	3.50	1.66	1.83	624.60
19	49.9	1.87	628.09	626.23	4.02	2.77	1.87	4.02	2.77	1.76	4.89	19.64	4.76	3.98	1.87	2.12	624.11
20	52.6	1.95	628.09	626.14	3.78	2.77	1.95	3.90	2.77	1.91	5.28	20.61	4.52	4.04	1.95	2.09	624.05
21	55.4	1.94	628.09	626.15	3.69	2.77	1.95	3.74	2.77	1.94	5.39	20.12	4.30	3.89	1.95	1.94	624.21
22	58.2	1.14	628.09	626.96	1.82	2.77	1.94	2.76	2.77	1.54	4.26	11.75	3.40	3.22	1.94	1.28	625.68
23	60.9	0.14	628.09	627.95	0.22	2.77	1.14	1.02	2.77	0.64	1.77	1.80	1.77	0.95	1.14	0.00	627.95
<b>Min</b>		<b>0.13</b>	<b>628.09</b>	<b>626.14</b>	<b>0.22</b>	<b>0.00</b>	<b>1.14</b>	<b>1.02</b>	<b>2.77</b>	<b>0.64</b>	<b>1.77</b>	<b>1.80</b>	<b>1.77</b>	<b>0.95</b>	<b>1.14</b>	<b>0.00</b>	<b>624.05</b>
<b>Max</b>		<b>1.95</b>	<b>628.09</b>	<b>627.96</b>	<b>4.03</b>	<b>2.77</b>	<b>1.95</b>	<b>4.03</b>	<b>2.77</b>	<b>1.94</b>	<b>5.39</b>	<b>20.61</b>	<b>4.90</b>	<b>4.04</b>	<b>1.95</b>	<b>2.12</b>	<b>627.96</b>
<b>Media</b>		<b>1.42</b>	<b>628.09</b>	<b>626.67</b>	<b>3.07</b>	<b>2.65</b>	<b>1.58</b>	<b>3.18</b>	<b>2.77</b>	<b>1.48</b>	<b>4.10</b>	<b>13.52</b>	<b>3.97</b>	<b>2.79</b>	<b>1.58</b>	<b>1.22</b>	<b>625.51</b>



**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**





 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

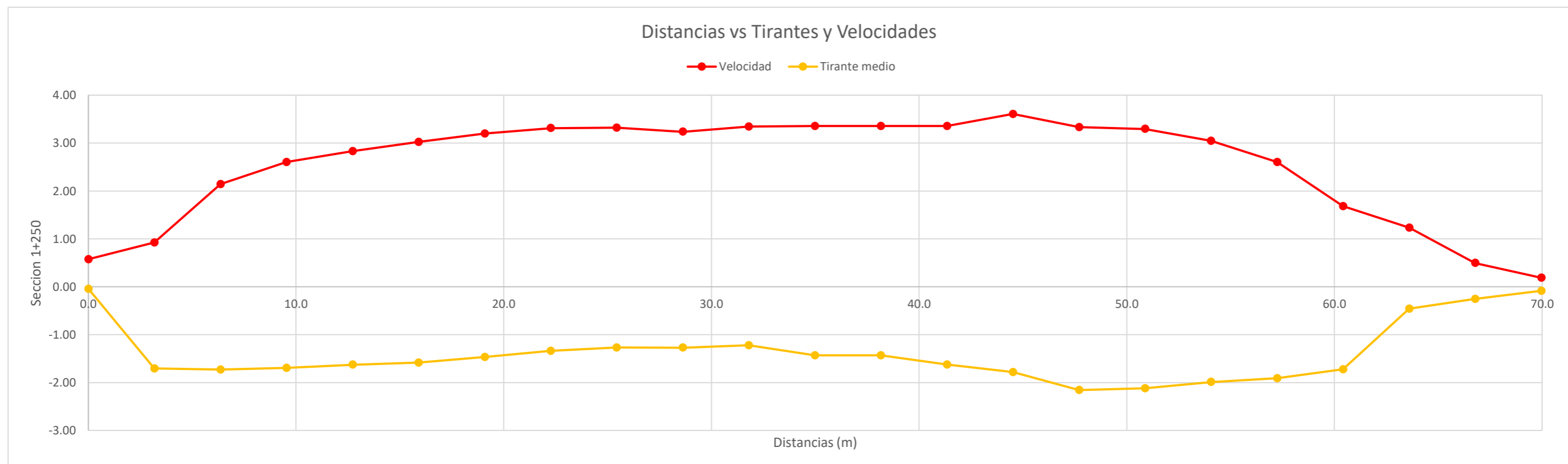
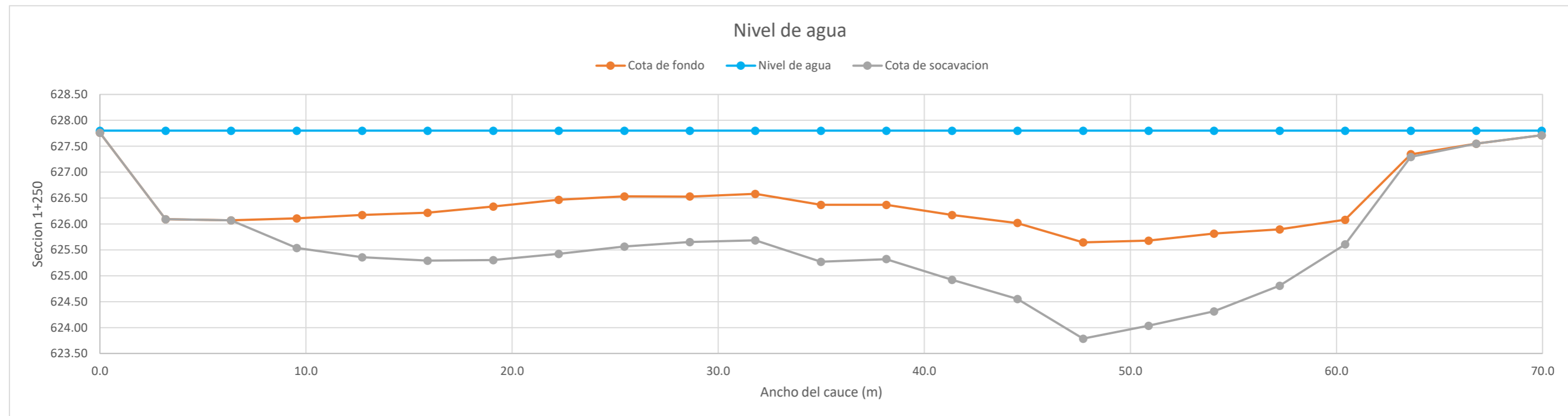
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+250
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	69.96 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.04	627.80	627.76	0.57	0.00											627.76
2	3.2	1.71	627.80	626.09	0.92	3.18	1.71	0.75	3.18	0.87	2.78	2.08	1.09	1.11	1.71	0.00	626.09
3	6.4	1.73	627.80	626.07	2.14	3.18	1.73	1.53	3.18	1.72	5.46	8.37	1.74	1.63	1.73	0.00	626.07
4	9.5	1.69	627.80	626.11	2.60	3.18	1.73	2.37	3.18	1.71	5.44	12.91	2.70	2.30	1.73	0.57	625.53
5	12.7	1.63	627.80	626.17	2.83	3.18	1.69	2.72	3.18	1.66	5.28	14.34	3.12	2.51	1.69	0.82	625.36
6	15.9	1.58	627.80	626.22	3.02	3.18	1.63	2.93	3.18	1.61	5.11	14.95	3.40	2.55	1.63	0.92	625.29
7	19.1	1.47	627.80	626.34	3.20	3.18	1.58	3.11	3.18	1.52	4.85	15.08	3.68	2.62	1.58	1.03	625.30
8	22.3	1.34	627.80	626.46	3.31	3.18	1.47	3.25	3.18	1.40	4.46	14.50	3.96	2.51	1.47	1.04	625.42
9	25.4	1.27	627.80	626.53	3.32	3.18	1.34	3.32	3.18	1.30	4.15	13.75	4.14	2.30	1.34	0.97	625.56
10	28.6	1.27	627.80	626.53	3.24	3.18	1.27	3.28	3.18	1.27	4.04	13.26	4.13	2.15	1.27	0.88	625.65
11	31.8	1.22	627.80	626.58	3.34	3.18	1.27	3.29	3.18	1.25	3.96	13.03	4.18	2.17	1.27	0.90	625.68
12	35.0	1.43	627.80	626.37	3.36	3.18	1.43	3.35	3.18	1.33	4.22	14.13	4.16	2.53	1.43	1.10	625.27
13	38.2	1.43	627.80	626.37	3.36	3.18	1.43	3.36	3.18	1.43	4.56	15.30	4.05	2.48	1.43	1.05	625.32
14	41.3	1.63	627.80	626.17	3.36	3.18	1.63	3.36	3.18	1.53	4.86	16.33	3.96	2.88	1.63	1.25	624.92
15	44.5	1.78	627.80	626.02	3.61	3.18	1.78	3.48	3.18	1.70	5.42	18.88	3.97	3.25	1.78	1.47	624.55
16	47.7	2.16	627.80	625.64	3.33	3.18	2.16	3.47	3.18	1.97	6.27	21.74	3.78	4.01	2.16	1.86	623.79
17	50.9	2.12	627.80	625.68	3.29	3.18	2.16	3.31	3.18	2.14	6.80	22.55	3.52	3.80	2.16	1.64	624.04
18	54.1	1.99	627.80	625.81	3.05	3.18	2.12	3.17	3.18	2.06	6.54	20.72	3.41	3.62	2.12	1.50	624.31
19	57.2	1.91	627.80	625.89	2.60	3.18	1.99	2.83	3.18	1.95	6.19	17.51	3.09	3.08	1.99	1.09	624.81
20	60.4	1.72	627.80	626.08	1.68	3.18	1.91	2.14	3.18	1.81	5.77	12.36	2.39	2.38	1.91	0.48	625.61
21	63.6	0.46	627.80	627.35	1.23	3.18	1.72	1.46	3.18	1.09	3.46	5.04	1.95	1.77	1.72	0.05	627.30
22	66.8	0.25	627.80	627.55	0.50	3.18	0.46	0.86	3.18	0.35	1.12	0.97	1.97	0.31	0.46	0.00	627.55
23	70.0	0.09	627.80	627.71	0.19	3.18	0.25	0.34	3.18	0.17	0.54	0.18	1.19	0.10	0.25	0.00	627.71
<b>Min</b>		<b>0.04</b>	<b>627.80</b>	<b>625.64</b>	<b>0.19</b>	<b>0.00</b>	<b>0.25</b>	<b>0.34</b>	<b>3.18</b>	<b>0.17</b>	<b>0.54</b>	<b>0.18</b>	<b>1.09</b>	<b>0.10</b>	<b>0.25</b>	<b>0.00</b>	<b>623.79</b>
<b>Max</b>		<b>2.16</b>	<b>627.80</b>	<b>627.76</b>	<b>3.61</b>	<b>3.18</b>	<b>2.16</b>	<b>3.48</b>	<b>3.18</b>	<b>2.14</b>	<b>6.80</b>	<b>22.55</b>	<b>4.18</b>	<b>4.01</b>	<b>2.16</b>	<b>1.86</b>	<b>627.76</b>
<b>Media</b>		<b>1.39</b>	<b>627.80</b>	<b>626.41</b>	<b>2.52</b>	<b>3.04</b>	<b>1.57</b>	<b>2.62</b>	<b>3.18</b>	<b>1.45</b>	<b>4.60</b>	<b>13.09</b>	<b>3.16</b>	<b>2.37</b>	<b>1.57</b>	<b>0.85</b>	<b>625.60</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

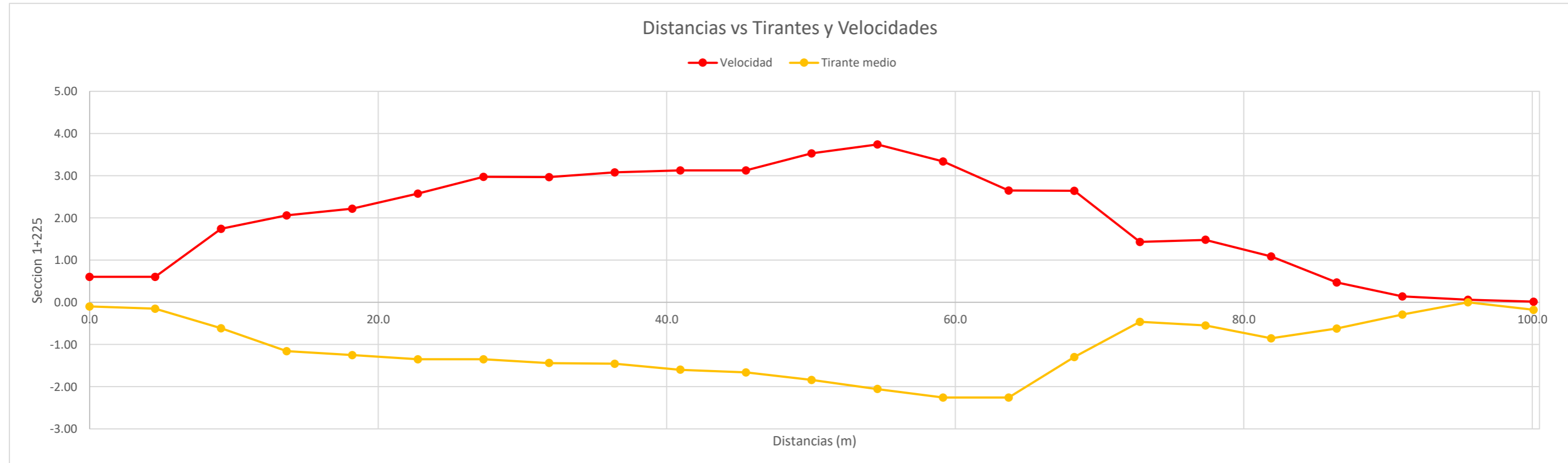
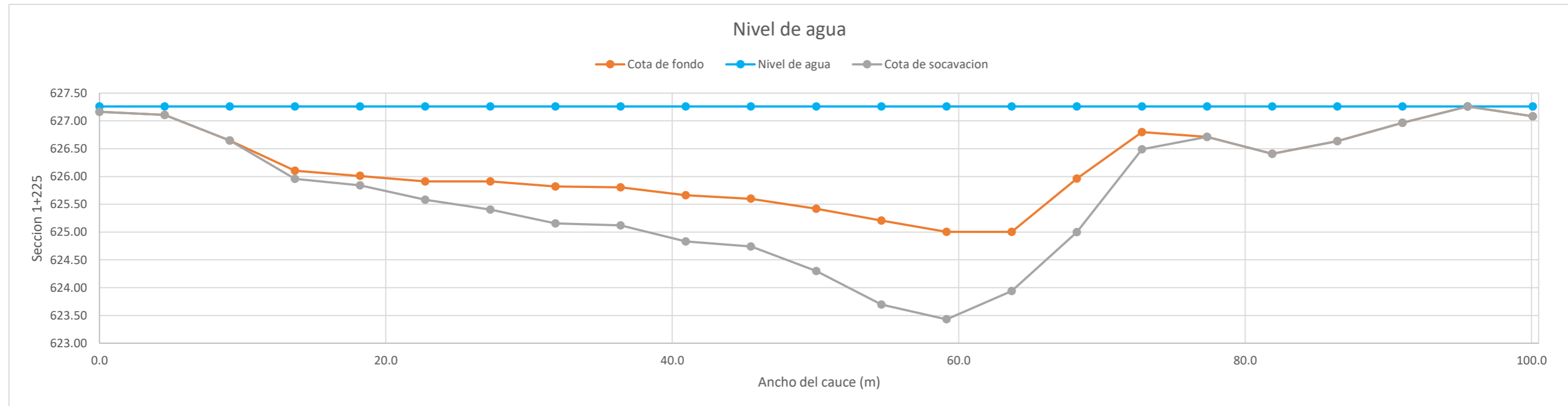
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+225
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	100.10 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.10	627.26	627.16	0.61	0.00											627.16
2	4.6	0.15	627.26	627.11	0.61	4.55	0.15	0.61	4.55	0.12	0.57	0.34	2.51	0.09	0.15	0.00	627.11
3	9.1	0.61	627.26	626.65	1.74	4.55	0.61	1.17	4.55	0.38	1.74	2.04	2.47	0.55	0.61	0.00	626.65
4	13.7	1.16	627.26	626.10	2.06	4.55	1.16	1.90	4.55	0.88	4.02	7.64	2.57	1.30	1.16	0.15	625.96
5	18.2	1.25	627.26	626.01	2.22	4.55	1.25	2.14	4.55	1.20	5.47	11.70	2.51	1.42	1.25	0.17	625.84
6	22.8	1.35	627.26	625.91	2.58	4.55	1.35	2.40	4.55	1.30	5.92	14.19	2.72	1.68	1.35	0.33	625.58
7	27.3	1.35	627.26	625.91	2.97	4.55	1.35	2.78	4.55	1.35	6.15	17.06	3.10	1.86	1.35	0.51	625.40
8	31.9	1.44	627.26	625.82	2.97	4.55	1.44	2.97	4.55	1.39	6.35	18.86	3.27	2.11	1.44	0.67	625.15
9	36.4	1.45	627.26	625.81	3.08	4.55	1.45	3.02	4.55	1.45	6.58	19.89	3.28	2.14	1.45	0.69	625.12
10	41.0	1.60	627.26	625.66	3.13	4.55	1.60	3.10	4.55	1.53	6.94	21.53	3.30	2.43	1.60	0.83	624.83
11	45.5	1.66	627.26	625.60	3.13	4.55	1.66	3.13	4.55	1.63	7.41	23.18	3.24	2.52	1.66	0.86	624.74
12	50.1	1.84	627.26	625.42	3.53	4.55	1.84	3.33	4.55	1.75	7.96	26.50	3.35	2.96	1.84	1.12	624.30
13	54.6	2.06	627.26	625.20	3.74	4.55	2.06	3.64	4.55	1.95	8.86	32.21	3.52	3.56	2.06	1.51	623.70
14	59.2	2.25	627.26	625.01	3.34	4.55	2.25	3.54	4.55	2.15	9.80	34.70	3.31	3.83	2.25	1.58	623.43
15	63.7	2.26	627.26	625.00	2.65	4.55	2.26	2.99	4.55	2.26	10.26	30.71	2.75	3.32	2.26	1.06	623.94
16	68.3	1.30	627.26	625.96	2.64	4.55	2.26	2.65	4.55	1.78	8.09	21.40	2.65	3.22	2.26	0.96	625.00
17	72.8	0.46	627.26	626.80	1.43	4.55	1.30	2.04	4.55	0.88	4.01	8.17	2.76	1.61	1.30	0.31	626.49
18	77.4	0.55	627.26	626.71	1.48	4.55	0.55	1.46	4.55	0.51	2.30	3.35	2.62	0.50	0.55	0.00	626.71
19	81.9	0.85	627.26	626.41	1.09	4.55	0.85	1.28	4.55	0.70	3.18	4.09	1.95	0.70	0.85	0.00	626.41
20	86.5	0.62	627.26	626.64	0.47	4.55	0.85	0.78	4.55	0.74	3.35	2.61	1.15	0.46	0.85	0.00	626.64
21	91.0	0.29	627.26	626.97	0.14	4.55	0.62	0.31	4.55	0.46	2.08	0.64	0.58	0.18	0.62	0.00	626.97
22	95.6	0.00	627.26	627.26	0.06	4.55	0.29	0.10	4.55	0.15	0.66	0.07	0.38	0.05	0.29	0.00	627.26
23	100.1	0.18	627.26	627.08	0.02	4.55	0.18	0.04	4.55	0.09	0.40	0.02	0.20	0.01	0.18	0.00	627.08
<b>Min</b>		<b>0.00</b>	<b>627.26</b>	<b>625.00</b>	<b>0.02</b>	<b>0.00</b>	<b>0.15</b>	<b>0.04</b>	<b>4.55</b>	<b>0.09</b>	<b>0.40</b>	<b>0.02</b>	<b>0.20</b>	<b>0.01</b>	<b>0.15</b>	<b>0.00</b>	<b>623.43</b>
<b>Max</b>		<b>2.26</b>	<b>627.26</b>	<b>627.26</b>	<b>3.74</b>	<b>4.55</b>	<b>2.26</b>	<b>3.64</b>	<b>4.55</b>	<b>2.26</b>	<b>10.26</b>	<b>34.70</b>	<b>3.52</b>	<b>3.83</b>	<b>2.26</b>	<b>1.58</b>	<b>627.26</b>
<b>Media</b>		<b>1.08</b>	<b>627.26</b>	<b>626.18</b>	<b>1.99</b>	<b>4.35</b>	<b>1.24</b>	<b>2.06</b>	<b>4.55</b>	<b>1.12</b>	<b>5.10</b>	<b>13.68</b>	<b>2.46</b>	<b>1.66</b>	<b>1.24</b>	<b>0.49</b>	<b>625.72</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

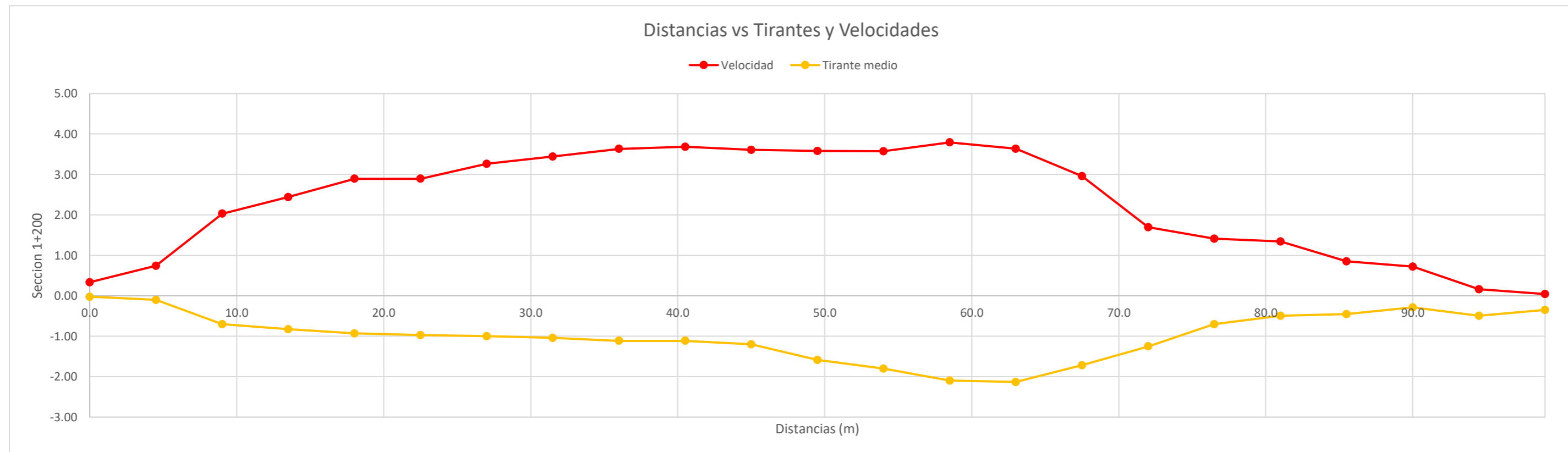
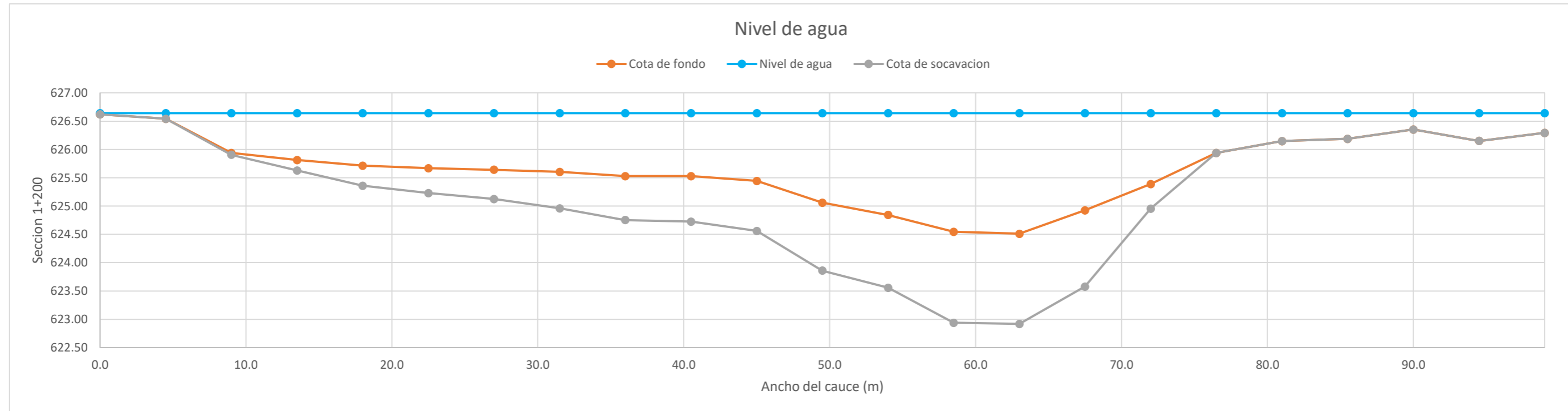
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+200
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	99.00 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.02	626.64	626.62	0.34	0.00											626.62
2	4.5	0.10	626.64	626.54	0.74	4.50	0.10	0.54	4.50	0.06	0.27	0.15	3.57	0.07	0.10	0.00	626.54
3	9.0	0.70	626.64	625.94	2.03	4.50	0.70	1.39	4.50	0.40	1.80	2.50	2.85	0.73	0.70	0.03	625.91
4	13.5	0.83	626.64	625.81	2.44	4.50	0.83	2.24	4.50	0.76	3.44	7.69	3.25	1.01	0.83	0.19	625.63
5	18.0	0.93	626.64	625.71	2.89	4.50	0.93	2.67	4.50	0.88	3.95	10.53	3.63	1.28	0.93	0.36	625.36
6	22.5	0.97	626.64	625.67	2.89	4.50	0.97	2.89	4.50	0.95	4.27	12.37	3.79	1.41	0.97	0.44	625.23
7	27.0	1.00	626.64	625.64	3.27	4.50	1.00	3.08	4.50	0.99	4.43	13.66	3.96	1.52	1.00	0.52	625.12
8	31.5	1.04	626.64	625.60	3.44	4.50	1.04	3.36	4.50	1.02	4.58	15.37	4.25	1.68	1.04	0.65	624.96
9	36.0	1.11	626.64	625.53	3.63	4.50	1.11	3.54	4.50	1.07	4.83	17.11	4.38	1.89	1.11	0.78	624.75
10	40.5	1.11	626.64	625.53	3.68	4.50	1.11	3.66	4.50	1.11	5.00	18.31	4.45	1.91	1.11	0.80	624.73
11	45.0	1.20	626.64	625.44	3.61	4.50	1.20	3.64	4.50	1.16	5.20	18.95	4.36	2.08	1.20	0.88	624.56
12	49.5	1.58	626.64	625.06	3.58	4.50	1.58	3.59	4.50	1.39	6.26	22.49	3.98	2.78	1.58	1.20	623.86
13	54.0	1.80	626.64	624.84	3.57	4.50	1.80	3.58	4.50	1.69	7.61	27.21	3.66	3.08	1.80	1.29	623.56
14	58.5	2.09	626.64	624.55	3.79	4.50	2.09	3.68	4.50	1.95	8.76	32.26	3.58	3.70	2.09	1.61	622.94
15	63.0	2.13	626.64	624.51	3.64	4.50	2.13	3.72	4.50	2.11	9.50	35.31	3.51	3.72	2.13	1.59	622.92
16	67.5	1.71	626.64	624.93	2.96	4.50	2.13	3.30	4.50	1.92	8.65	28.53	3.22	3.48	2.13	1.35	623.58
17	72.0	1.25	626.64	625.39	1.70	4.50	1.71	2.33	4.50	1.48	6.67	15.52	2.51	2.15	1.71	0.44	624.96
18	76.5	0.70	626.64	625.94	1.41	4.50	1.25	1.55	4.50	0.98	4.39	6.82	2.01	1.19	1.25	0.00	625.94
19	81.0	0.49	626.64	626.15	1.34	4.50	0.70	1.38	4.50	0.60	2.69	3.70	2.27	0.61	0.70	0.00	626.15
20	85.5	0.45	626.64	626.19	0.85	4.50	0.49	1.10	4.50	0.47	2.12	2.33	2.06	0.36	0.49	0.00	626.19
21	90.0	0.29	626.64	626.35	0.72	4.50	0.45	0.79	4.50	0.37	1.66	1.31	1.70	0.27	0.45	0.00	626.35
22	94.5	0.49	626.64	626.15	0.16	4.50	0.49	0.44	4.50	0.39	1.75	0.77	0.92	0.19	0.49	0.00	626.15
23	99.0	0.35	626.64	626.29	0.04	4.50	0.49	0.10	4.50	0.42	1.89	0.19	0.21	0.06	0.49	0.00	626.29
<b>Min</b>		<b>0.02</b>	<b>626.64</b>	<b>624.51</b>	<b>0.04</b>	<b>0.00</b>	<b>0.10</b>	<b>0.10</b>	<b>4.50</b>	<b>0.06</b>	<b>0.27</b>	<b>0.15</b>	<b>0.21</b>	<b>0.06</b>	<b>0.10</b>	<b>0.00</b>	<b>622.92</b>
<b>Max</b>		<b>2.13</b>	<b>626.64</b>	<b>626.62</b>	<b>3.79</b>	<b>4.50</b>	<b>2.13</b>	<b>3.72</b>	<b>4.50</b>	<b>2.11</b>	<b>9.50</b>	<b>35.31</b>	<b>4.45</b>	<b>3.72</b>	<b>2.13</b>	<b>1.61</b>	<b>626.62</b>
<b>Media</b>		<b>0.97</b>	<b>626.64</b>	<b>625.67</b>	<b>2.29</b>	<b>4.30</b>	<b>1.10</b>	<b>2.39</b>	<b>4.50</b>	<b>1.01</b>	<b>4.53</b>	<b>13.32</b>	<b>3.10</b>	<b>1.60</b>	<b>1.10</b>	<b>0.55</b>	<b>625.14</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

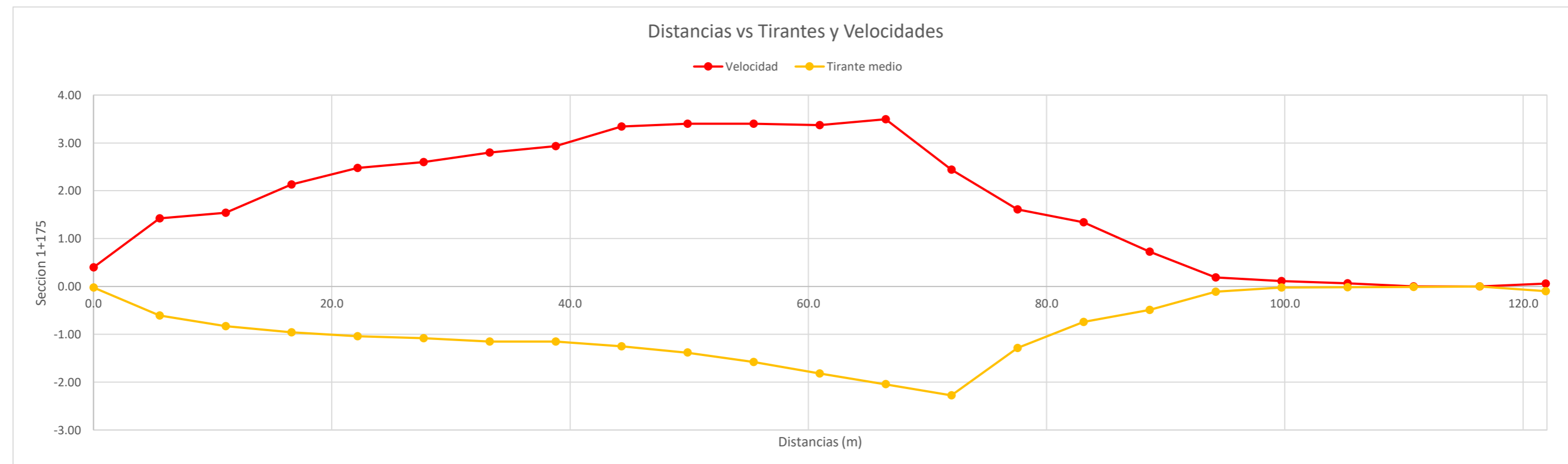
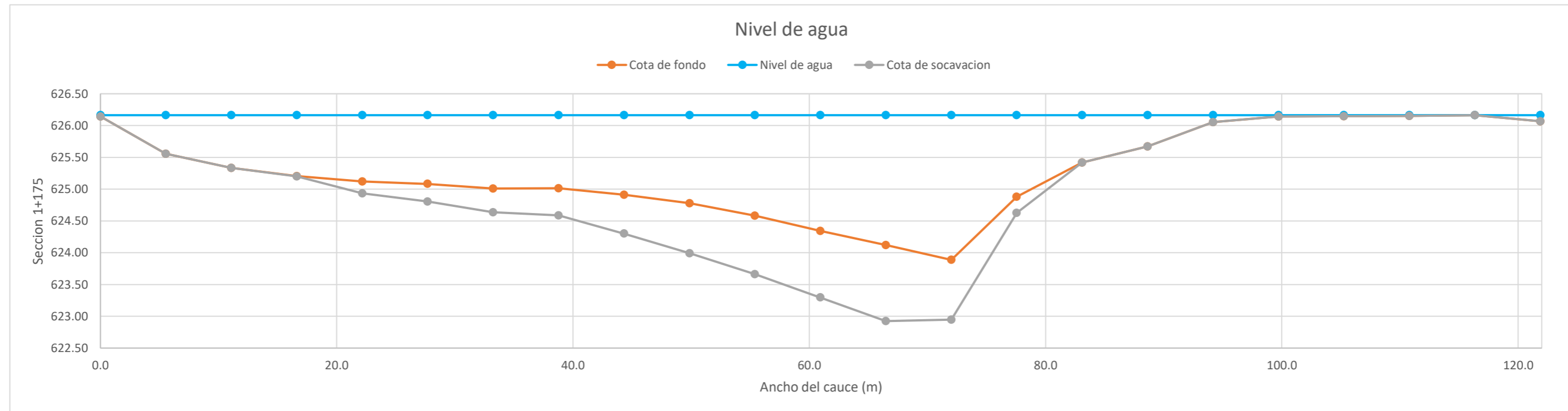
**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+175
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	121.88 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)


ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.02	626.16	626.14	0.40	0.00											626.14
2	5.5	0.61	626.16	625.55	1.42	5.54	0.61	0.91	5.54	0.31	1.74	1.59	2.12	0.48	0.61	0.00	625.55
3	11.1	0.83	626.16	625.33	1.54	5.54	0.83	1.48	5.54	0.72	3.98	5.90	2.15	0.73	0.83	0.00	625.33
4	16.6	0.96	626.16	625.20	2.13	5.54	0.96	1.84	5.54	0.89	4.95	9.09	2.38	0.96	0.96	0.00	625.20
5	22.2	1.04	626.16	625.12	2.48	5.54	1.04	2.30	5.54	1.00	5.54	12.77	2.83	1.23	1.04	0.19	624.93
6	27.7	1.08	626.16	625.08	2.60	5.54	1.08	2.54	5.54	1.06	5.88	14.92	3.03	1.36	1.08	0.28	624.80
7	33.2	1.15	626.16	625.01	2.80	5.54	1.15	2.70	5.54	1.12	6.19	16.70	3.14	1.53	1.15	0.37	624.64
8	38.8	1.15	626.16	625.01	2.93	5.54	1.15	2.86	5.54	1.15	6.38	18.27	3.29	1.58	1.15	0.43	624.59
9	44.3	1.25	626.16	624.91	3.34	5.54	1.25	3.14	5.54	1.20	6.65	20.87	3.53	1.86	1.25	0.61	624.30
10	49.9	1.38	626.16	624.78	3.40	5.54	1.38	3.37	5.54	1.32	7.30	24.60	3.64	2.17	1.38	0.79	623.99
11	55.4	1.58	626.16	624.58	3.40	5.54	1.58	3.40	5.54	1.48	8.21	27.91	3.48	2.50	1.58	0.92	623.66
12	60.9	1.82	626.16	624.34	3.37	5.54	1.82	3.39	5.54	1.70	9.42	31.90	3.27	2.87	1.82	1.05	623.30
13	66.5	2.04	626.16	624.12	3.50	5.54	2.04	3.43	5.54	1.93	10.70	36.74	3.15	3.24	2.04	1.20	622.92
14	72.0	2.28	626.16	623.89	2.44	5.54	2.28	2.97	5.54	2.16	11.96	35.52	2.61	3.22	2.28	0.94	622.95
15	77.6	1.28	626.16	624.88	1.61	5.54	2.28	2.02	5.54	1.78	9.86	19.97	1.92	2.53	2.28	0.25	624.63
16	83.1	0.74	626.16	625.42	1.34	5.54	1.28	1.47	5.54	1.01	5.62	8.29	1.80	1.13	1.28	0.00	625.42
17	88.6	0.49	626.16	625.67	0.73	5.54	0.74	1.03	5.54	0.62	3.42	3.53	1.63	0.51	0.74	0.00	625.67
18	94.2	0.11	626.16	626.05	0.19	5.54	0.49	0.46	5.54	0.30	1.66	0.76	1.10	0.22	0.49	0.00	626.05
19	99.7	0.02	626.16	626.14	0.11	5.54	0.11	0.15	5.54	0.07	0.36	0.06	0.96	0.03	0.11	0.00	626.14
20	105.3	0.01	626.16	626.15	0.07	5.54	0.02	0.09	5.54	0.02	0.10	0.01	1.35	0.00	0.02	0.00	626.15
21	110.8	0.01	626.16	626.15	0.00	5.54	0.01	0.03	5.54	0.01	0.07	0.00	0.65	0.00	0.01	0.00	626.15
22	116.3	0.00	626.16	626.16	0.00	5.54	0.01	0.00	5.54	0.01	0.03	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00	626.16
23	121.9	0.10	626.16	626.07	0.06	5.54	0.10	0.03	5.54	0.05	0.27	0.01	0.23	0.01	0.10	0.00	626.07
<b>Min</b>		<b>0.00</b>	<b>626.16</b>	<b>623.89</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>5.54</b>	<b>0.01</b>	<b>0.03</b>	<b>0.00</b>	<b>0.04</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>622.92</b>
<b>Max</b>		<b>2.28</b>	<b>626.16</b>	<b>626.16</b>	<b>3.50</b>	<b>5.54</b>	<b>2.28</b>	<b>3.43</b>	<b>5.54</b>	<b>2.16</b>	<b>11.96</b>	<b>36.74</b>	<b>3.64</b>	<b>3.24</b>	<b>2.28</b>	<b>1.20</b>	<b>626.16</b>
<b>Media</b>		<b>0.87</b>	<b>626.16</b>	<b>625.29</b>	<b>1.73</b>	<b>5.30</b>	<b>1.01</b>	<b>1.80</b>	<b>5.54</b>	<b>0.90</b>	<b>5.01</b>	<b>13.16</b>	<b>2.19</b>	<b>1.28</b>	<b>1.01</b>	<b>0.32</b>	<b>624.99</b>



**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**





 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

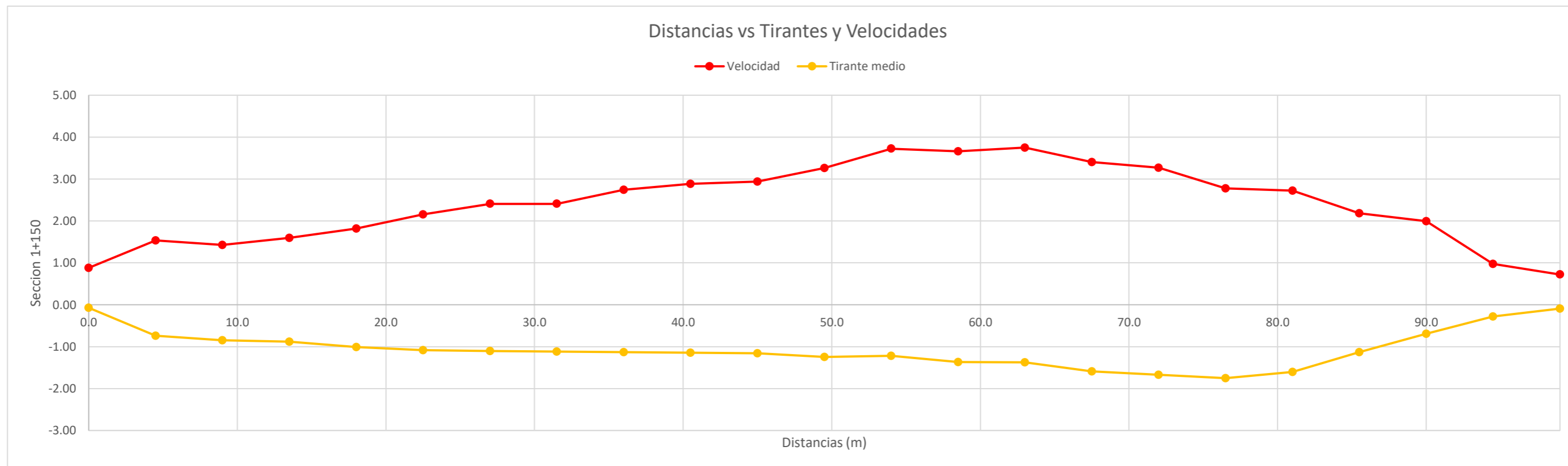
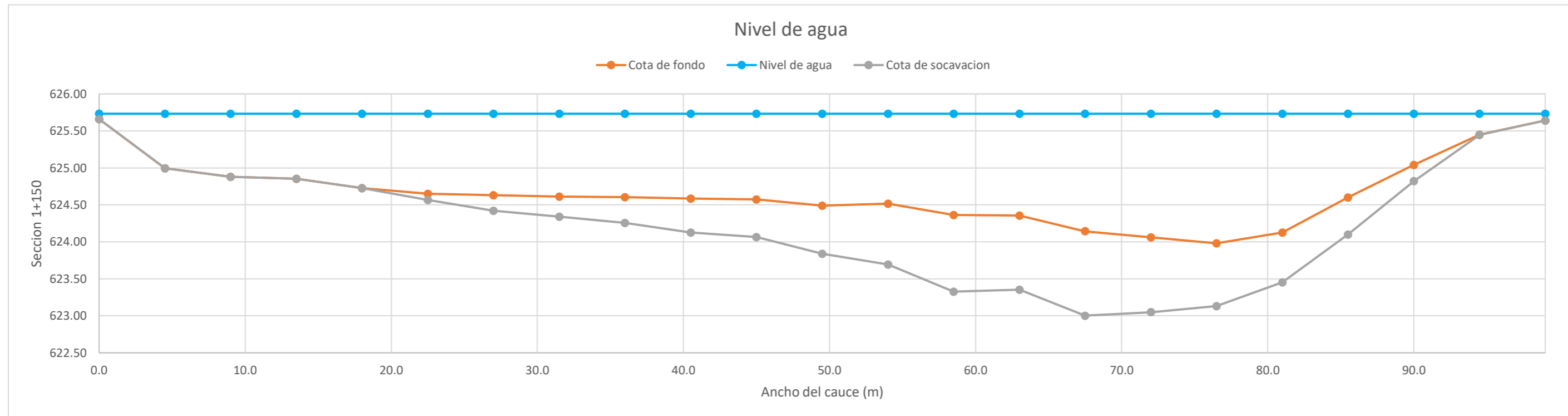
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+150
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	99.00 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.07	625.73	625.66	0.88	0.00											625.66
2	4.5	0.74	625.73	624.99	1.54	4.50	0.74	1.21	4.50	0.40	1.82	2.20	2.46	0.70	0.74	0.00	624.99
3	9.0	0.85	625.73	624.88	1.43	4.50	0.85	1.48	4.50	0.79	3.57	5.30	2.11	0.75	0.85	0.00	624.88
4	13.5	0.88	625.73	624.85	1.60	4.50	0.88	1.51	4.50	0.87	3.90	5.90	2.07	0.77	0.88	0.00	624.85
5	18.0	1.01	625.73	624.73	1.82	4.50	1.01	1.71	4.50	0.94	4.25	7.25	2.24	0.98	1.01	0.00	624.73
6	22.5	1.08	625.73	624.65	2.16	4.50	1.08	1.99	4.50	1.04	4.70	9.34	2.49	1.17	1.08	0.09	624.57
7	27.0	1.10	625.73	624.63	2.41	4.50	1.10	2.28	4.50	1.09	4.91	11.21	2.80	1.31	1.10	0.21	624.42
8	31.5	1.12	625.73	624.61	2.41	4.50	1.12	2.41	4.50	1.11	5.00	12.04	2.93	1.39	1.12	0.27	624.34
9	36.0	1.13	625.73	624.60	2.74	4.50	1.13	2.58	4.50	1.12	5.06	13.03	3.12	1.48	1.13	0.35	624.26
10	40.5	1.15	625.73	624.59	2.89	4.50	1.15	2.81	4.50	1.14	5.12	14.41	3.39	1.61	1.15	0.46	624.12
11	45.0	1.16	625.73	624.57	2.94	4.50	1.16	2.91	4.50	1.15	5.19	15.10	3.49	1.67	1.16	0.51	624.07
12	49.5	1.24	625.73	624.49	3.26	4.50	1.24	3.10	4.50	1.20	5.40	16.75	3.65	1.89	1.24	0.65	623.84
13	54.0	1.22	625.73	624.52	3.72	4.50	1.24	3.49	4.50	1.23	5.53	19.33	4.07	2.06	1.24	0.82	623.70
14	58.5	1.37	625.73	624.36	3.66	4.50	1.37	3.69	4.50	1.29	5.82	21.49	4.21	2.41	1.37	1.04	623.33
15	63.0	1.37	625.73	624.36	3.75	4.50	1.37	3.71	4.50	1.37	6.17	22.88	4.12	2.38	1.37	1.00	623.35
16	67.5	1.59	625.73	624.14	3.40	4.50	1.59	3.58	4.50	1.48	6.67	23.85	3.85	2.73	1.59	1.14	623.00
17	72.0	1.67	625.73	624.06	3.27	4.50	1.67	3.34	4.50	1.63	7.34	24.48	3.46	2.68	1.67	1.01	623.05
18	76.5	1.75	625.73	623.98	2.78	4.50	1.75	3.02	4.50	1.71	7.70	23.29	3.08	2.60	1.75	0.85	623.13
19	81.0	1.61	625.73	624.13	2.72	4.50	1.75	2.75	4.50	1.68	7.55	20.77	2.82	2.43	1.75	0.67	623.45
20	85.5	1.13	625.73	624.60	2.18	4.50	1.61	2.45	4.50	1.37	6.16	15.09	2.73	2.11	1.61	0.50	624.10
21	90.0	0.69	625.73	625.04	1.99	4.50	1.13	2.09	4.50	0.91	4.10	8.55	2.79	1.35	1.13	0.22	624.82
22	94.5	0.28	625.73	625.45	0.97	4.50	0.69	1.48	4.50	0.49	2.19	3.25	2.73	0.70	0.69	0.01	625.44
23	99.0	0.09	625.73	625.64	0.72	4.50	0.28	0.85	4.50	0.19	0.84	0.71	2.74	0.21	0.28	0.00	625.64
<b>Min</b>		<b>0.07</b>	<b>625.73</b>	<b>623.98</b>	<b>0.72</b>	<b>0.00</b>	<b>0.28</b>	<b>0.85</b>	<b>4.50</b>	<b>0.19</b>	<b>0.84</b>	<b>0.71</b>	<b>2.07</b>	<b>0.21</b>	<b>0.28</b>	<b>0.00</b>	<b>623.00</b>
<b>Max</b>		<b>1.75</b>	<b>625.73</b>	<b>625.66</b>	<b>3.75</b>	<b>4.50</b>	<b>1.75</b>	<b>3.71</b>	<b>4.50</b>	<b>1.71</b>	<b>7.70</b>	<b>24.48</b>	<b>4.21</b>	<b>2.73</b>	<b>1.75</b>	<b>1.14</b>	<b>625.66</b>
<b>Media</b>		<b>1.06</b>	<b>625.73</b>	<b>624.68</b>	<b>2.40</b>	<b>4.30</b>	<b>1.18</b>	<b>2.47</b>	<b>4.50</b>	<b>1.10</b>	<b>4.95</b>	<b>13.46</b>	<b>3.06</b>	<b>1.61</b>	<b>1.18</b>	<b>0.45</b>	<b>624.25</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

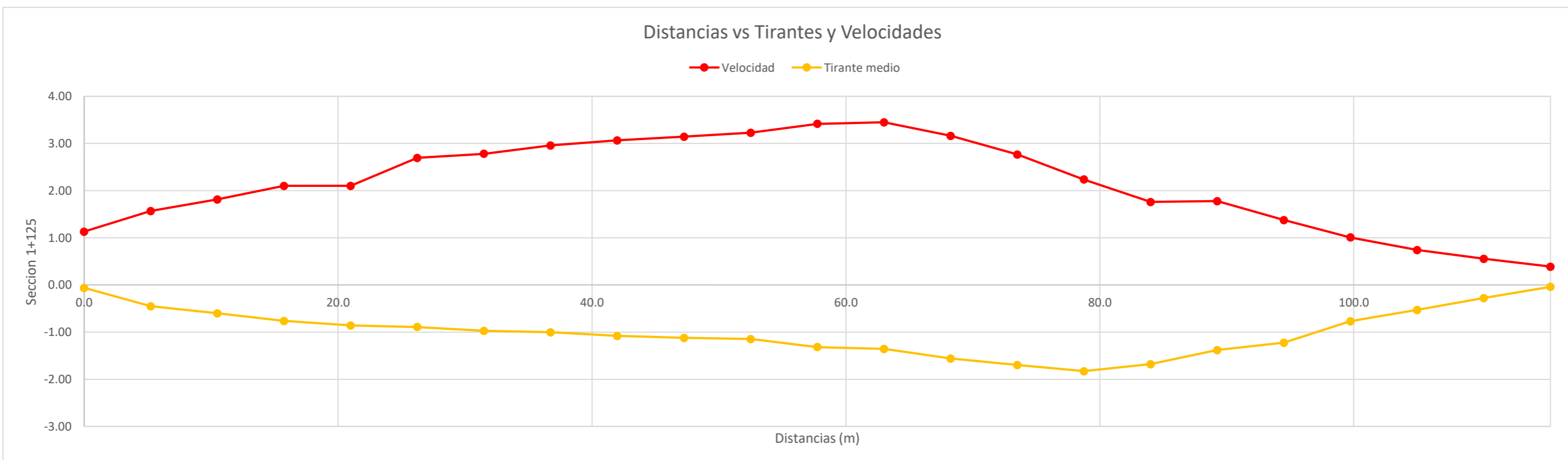
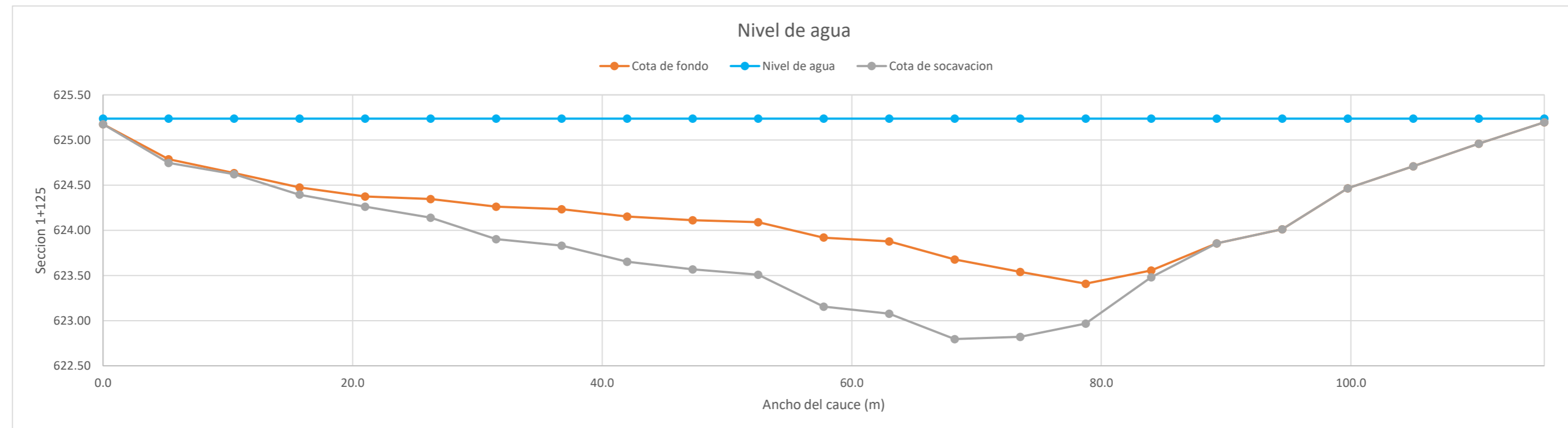
**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**


Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+125
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	115.50 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.06	625.24	625.18	1.13	0.00											625.18
2	5.3	0.45	625.24	624.79	1.57	5.25	0.45	1.35	5.25	0.26	1.34	1.81	3.57	0.49	0.45	0.04	624.75
3	10.5	0.60	625.24	624.63	1.81	5.25	0.60	1.69	5.25	0.53	2.76	4.67	2.93	0.62	0.60	0.01	624.62
4	15.8	0.76	625.24	624.47	2.10	5.25	0.76	1.96	5.25	0.68	3.58	7.02	2.95	0.84	0.76	0.08	624.40
5	21.0	0.86	625.24	624.38	2.10	5.25	0.86	2.10	5.25	0.81	4.26	8.97	2.89	0.97	0.86	0.11	624.26
6	26.3	0.89	625.24	624.35	2.69	5.25	0.89	2.40	5.25	0.88	4.60	11.04	3.18	1.10	0.89	0.21	624.14
7	31.5	0.97	625.24	624.26	2.78	5.25	0.97	2.74	5.25	0.93	4.90	13.41	3.51	1.33	0.97	0.36	623.90
8	36.8	1.00	625.24	624.24	2.96	5.25	1.00	2.87	5.25	0.99	5.19	14.89	3.58	1.41	1.00	0.40	623.83
9	42.0	1.08	625.24	624.15	3.07	5.25	1.08	3.02	5.25	1.04	5.47	16.50	3.67	1.59	1.08	0.50	623.65
10	47.3	1.12	625.24	624.11	3.14	5.25	1.12	3.11	5.25	1.10	5.80	18.00	3.68	1.67	1.12	0.55	623.57
11	52.5	1.15	625.24	624.09	3.23	5.25	1.15	3.19	5.25	1.14	5.96	18.99	3.72	1.73	1.15	0.58	623.51
12	57.8	1.32	625.24	623.92	3.42	5.25	1.32	3.32	5.25	1.23	6.47	21.48	3.74	2.08	1.32	0.76	623.16
13	63.0	1.36	625.24	623.88	3.45	5.25	1.36	3.43	5.25	1.34	7.02	24.11	3.72	2.16	1.36	0.80	623.08
14	68.3	1.56	625.24	623.68	3.16	5.25	1.56	3.31	5.25	1.46	7.66	25.32	3.45	2.44	1.56	0.88	622.80
15	73.5	1.70	625.24	623.54	2.77	5.25	1.70	2.97	5.25	1.63	8.55	25.36	2.96	2.41	1.70	0.72	622.82
16	78.8	1.83	625.24	623.41	2.24	5.25	1.83	2.50	5.25	1.76	9.25	23.16	2.42	2.27	1.83	0.44	622.97
17	84.0	1.68	625.24	623.56	1.76	5.25	1.83	2.00	5.25	1.75	9.21	18.41	1.93	1.90	1.83	0.08	623.48
18	89.3	1.38	625.24	623.85	1.78	5.25	1.68	1.77	5.25	1.53	8.04	14.23	1.81	1.62	1.68	0.00	623.85
19	94.5	1.22	625.24	624.01	1.38	5.25	1.38	1.58	5.25	1.30	6.84	10.80	1.73	1.21	1.38	0.00	624.01
20	99.8	0.77	625.24	624.47	1.01	5.25	1.22	1.19	5.25	1.00	5.24	6.25	1.48	0.91	1.22	0.00	624.47
21	105.0	0.53	625.24	624.71	0.74	5.25	0.77	0.88	5.25	0.65	3.40	2.98	1.35	0.46	0.77	0.00	624.71
22	110.3	0.28	625.24	624.96	0.55	5.25	0.53	0.65	5.25	0.40	2.11	1.37	1.31	0.27	0.53	0.00	624.96
23	115.5	0.04	625.24	625.20	0.39	5.25	0.28	0.47	5.25	0.16	0.83	0.39	1.68	0.14	0.28	0.00	625.20
<b>Min</b>		<b>0.04</b>	<b>625.24</b>	<b>623.41</b>	<b>0.39</b>	<b>0.00</b>	<b>0.28</b>	<b>0.47</b>	<b>5.25</b>	<b>0.16</b>	<b>0.83</b>	<b>0.39</b>	<b>1.31</b>	<b>0.14</b>	<b>0.28</b>	<b>0.00</b>	<b>622.80</b>
<b>Max</b>		<b>1.83</b>	<b>625.24</b>	<b>625.20</b>	<b>3.45</b>	<b>5.25</b>	<b>1.83</b>	<b>3.43</b>	<b>5.25</b>	<b>1.76</b>	<b>9.25</b>	<b>25.36</b>	<b>3.74</b>	<b>2.44</b>	<b>1.83</b>	<b>0.88</b>	<b>625.20</b>
<b>Media</b>		<b>0.98</b>	<b>625.24</b>	<b>624.25</b>	<b>2.14</b>	<b>5.02</b>	<b>1.11</b>	<b>2.20</b>	<b>5.25</b>	<b>1.03</b>	<b>5.39</b>	<b>13.14</b>	<b>2.78</b>	<b>1.35</b>	<b>1.11</b>	<b>0.30</b>	<b>623.97</b>



**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

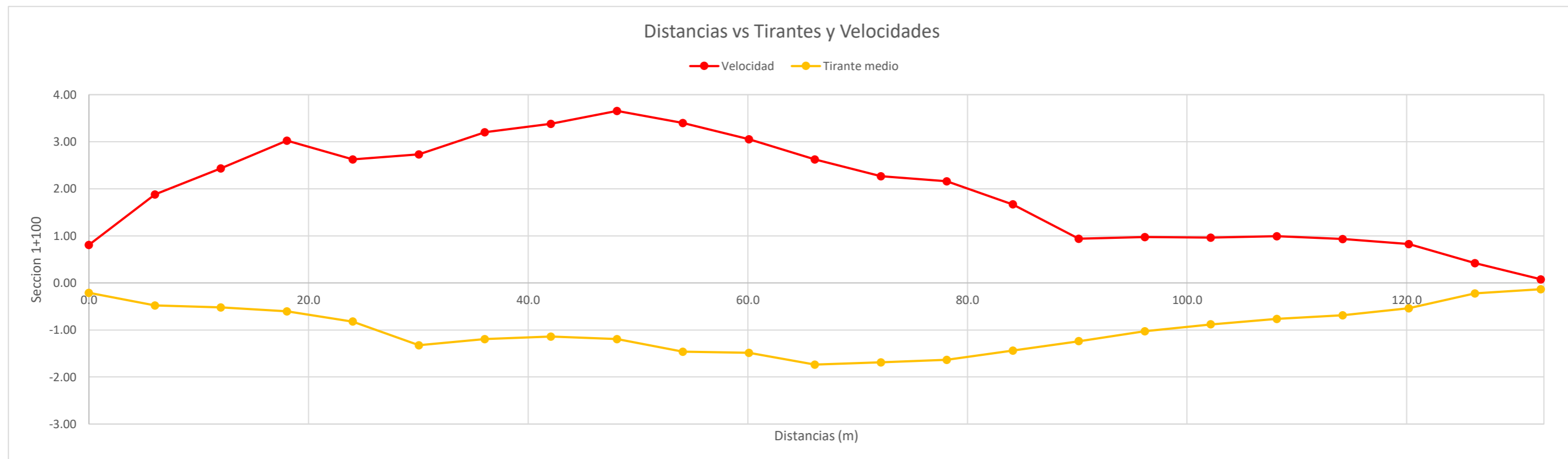
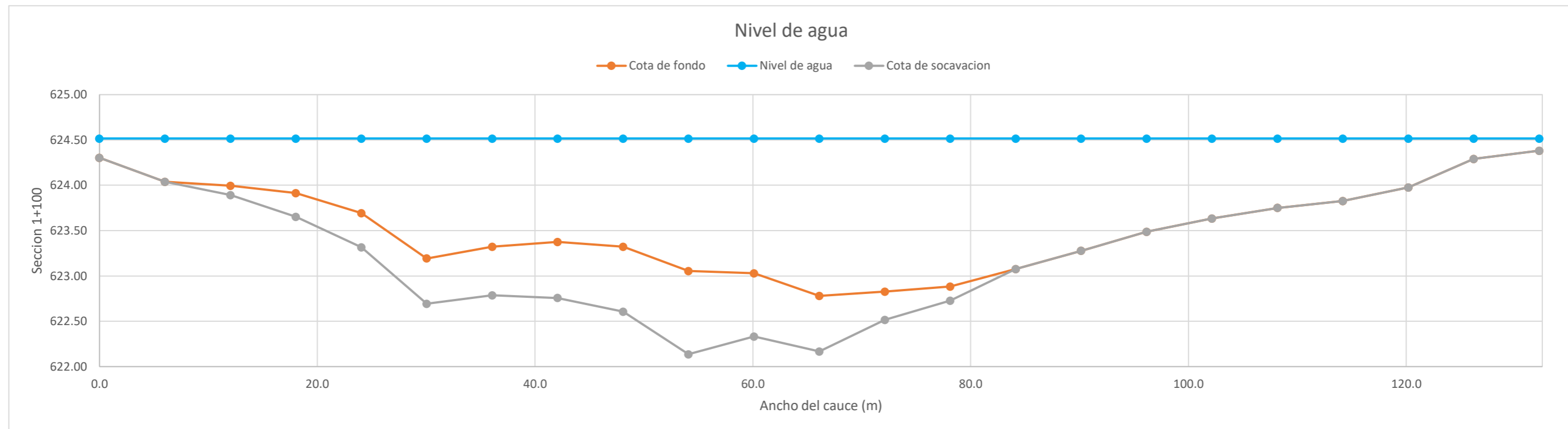
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+100
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	132.22 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.21	624.52	624.30	0.81	0.00											624.30
2	6.0	0.48	624.52	624.04	1.88	6.01	0.48	1.34	6.01	0.34	2.07	2.78	2.94	0.45	0.48	0.00	624.04
3	12.0	0.52	624.52	624.00	2.44	6.01	0.52	2.16	6.01	0.50	3.00	6.46	3.80	0.62	0.52	0.10	623.89
4	18.0	0.60	624.52	623.91	3.02	6.01	0.60	2.73	6.01	0.56	3.38	9.22	4.49	0.86	0.60	0.26	623.65
5	24.0	0.82	624.52	623.69	2.62	6.01	0.82	2.82	6.01	0.71	4.28	12.09	4.08	1.20	0.82	0.38	623.32
6	30.1	1.32	624.52	623.19	2.73	6.01	1.32	2.68	6.01	1.07	6.45	17.26	3.13	1.82	1.32	0.50	622.69
7	36.1	1.19	624.52	623.32	3.20	6.01	1.32	2.97	6.01	1.26	7.56	22.43	3.22	1.86	1.32	0.54	622.79
8	42.1	1.14	624.52	623.38	3.38	6.01	1.19	3.29	6.01	1.17	7.01	23.07	3.70	1.81	1.19	0.62	622.76
9	48.1	1.19	624.52	623.32	3.66	6.01	1.19	3.52	6.01	1.17	7.01	24.66	3.95	1.91	1.19	0.72	622.61
10	54.1	1.46	624.52	623.06	3.40	6.01	1.46	3.53	6.01	1.33	7.97	28.13	3.73	2.38	1.46	0.92	622.14
11	60.1	1.49	624.52	623.03	3.05	6.01	1.49	3.23	6.01	1.47	8.85	28.56	3.25	2.19	1.49	0.70	622.33
12	66.1	1.74	624.52	622.78	2.62	6.01	1.74	2.84	6.01	1.61	9.68	27.48	2.75	2.35	1.74	0.61	622.17
13	72.1	1.69	624.52	622.83	2.27	6.01	1.74	2.45	6.01	1.71	10.29	25.18	2.31	2.05	1.74	0.31	622.52
14	78.1	1.63	624.52	622.88	2.16	6.01	1.69	2.21	6.01	1.66	9.99	22.10	2.12	1.84	1.69	0.15	622.73
15	84.1	1.44	624.52	623.08	1.67	6.01	1.63	1.91	6.01	1.54	9.23	17.66	1.89	1.62	1.63	0.00	623.08
16	90.2	1.24	624.52	623.28	0.94	6.01	1.44	1.30	6.01	1.34	8.05	10.49	1.37	1.06	1.44	0.00	623.28
17	96.2	1.03	624.52	623.49	0.97	6.01	1.24	0.96	6.01	1.13	6.82	6.51	1.09	0.73	1.24	0.00	623.49
18	102.2	0.88	624.52	623.63	0.96	6.01	1.03	0.97	6.01	0.96	5.74	5.55	1.20	0.61	1.03	0.00	623.63
19	108.2	0.77	624.52	623.75	0.99	6.01	0.88	0.98	6.01	0.82	4.95	4.83	1.31	0.54	0.88	0.00	623.75
20	114.2	0.69	624.52	623.83	0.93	6.01	0.77	0.96	6.01	0.73	4.37	4.20	1.37	0.46	0.77	0.00	623.83
21	120.2	0.54	624.52	623.98	0.82	6.01	0.69	0.88	6.01	0.61	3.69	3.24	1.37	0.40	0.69	0.00	623.98
22	126.2	0.22	624.52	624.29	0.42	6.01	0.54	0.62	6.01	0.38	2.29	1.43	1.28	0.28	0.54	0.00	624.29
23	132.2	0.13	624.52	624.38	0.08	6.01	0.22	0.25	6.01	0.18	1.08	0.27	0.81	0.06	0.22	0.00	624.38
<b>Min</b>		<b>0.13</b>	<b>624.52</b>	<b>622.78</b>	<b>0.08</b>	<b>0.00</b>	<b>0.22</b>	<b>0.25</b>	<b>6.01</b>	<b>0.18</b>	<b>1.08</b>	<b>0.27</b>	<b>0.81</b>	<b>0.06</b>	<b>0.22</b>	<b>0.00</b>	<b>622.14</b>
<b>Max</b>		<b>1.74</b>	<b>624.52</b>	<b>624.38</b>	<b>3.66</b>	<b>6.01</b>	<b>1.74</b>	<b>3.53</b>	<b>6.01</b>	<b>1.71</b>	<b>10.29</b>	<b>28.56</b>	<b>4.49</b>	<b>2.38</b>	<b>1.74</b>	<b>0.92</b>	<b>624.38</b>
<b>Media</b>		<b>0.98</b>	<b>624.52</b>	<b>623.54</b>	<b>1.96</b>	<b>5.75</b>	<b>1.09</b>	<b>2.03</b>	<b>6.01</b>	<b>1.01</b>	<b>6.08</b>	<b>13.80</b>	<b>2.51</b>	<b>1.23</b>	<b>1.09</b>	<b>0.26</b>	<b>623.29</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

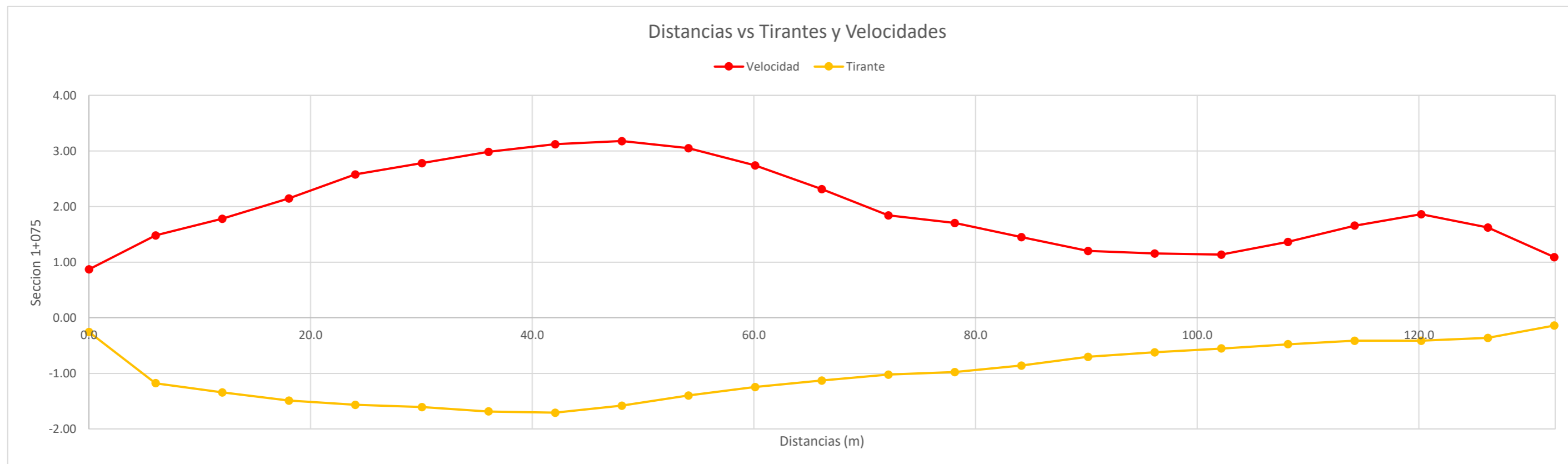
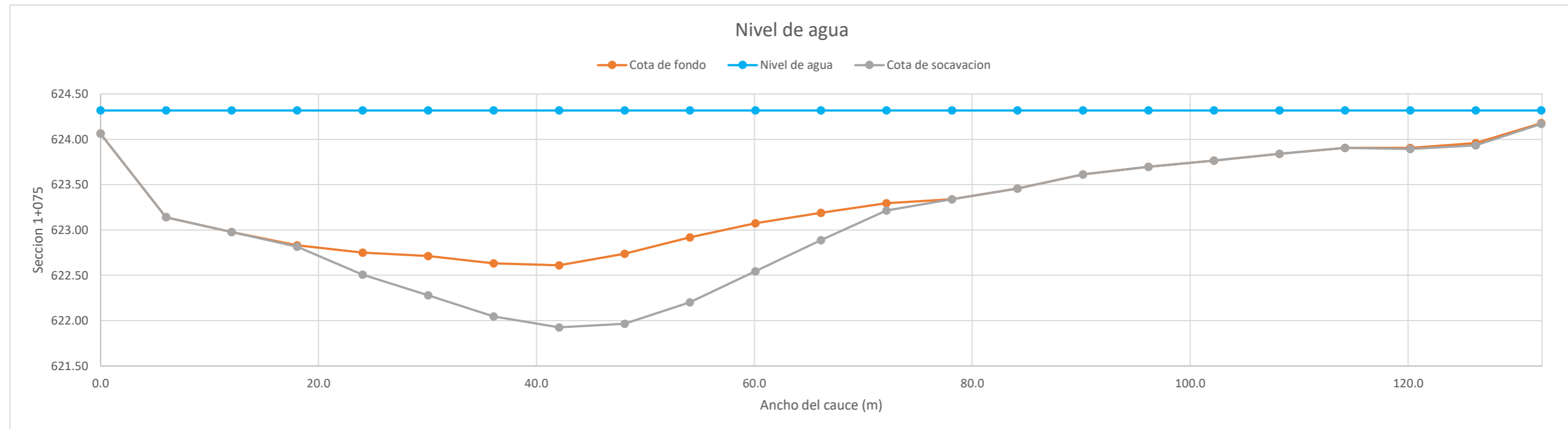
**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+075
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	132.22 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, si no hay obstaculos como estribos o pilares)


ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.26	624.32	624.06	0.87	0.00											624.06
2	6.0	1.18	624.32	623.14	1.48	6.01	1.18	1.17	6.01	0.72	4.31	5.06	1.69	0.96	1.18	0.00	623.14
3	12.0	1.34	624.32	622.98	1.78	6.01	1.34	1.63	6.01	1.26	7.57	12.34	1.76	1.18	1.34	0.00	622.98
4	18.0	1.49	624.32	622.83	2.15	6.01	1.49	1.96	6.01	1.42	8.51	16.70	2.01	1.50	1.49	0.01	622.82
5	24.0	1.57	624.32	622.75	2.58	6.01	1.57	2.36	6.01	1.53	9.18	21.69	2.34	1.81	1.57	0.24	622.51
6	30.1	1.60	624.32	622.71	2.78	6.01	1.60	2.68	6.01	1.59	9.53	25.56	2.62	2.04	1.60	0.43	622.28
7	36.1	1.69	624.32	622.63	2.98	6.01	1.69	2.88	6.01	1.65	9.89	28.51	2.77	2.27	1.69	0.59	622.05
8	42.1	1.71	624.32	622.61	3.12	6.01	1.71	3.05	6.01	1.70	10.20	31.12	2.89	2.39	1.71	0.68	621.93
9	48.1	1.58	624.32	622.74	3.18	6.01	1.71	3.15	6.01	1.64	9.88	31.13	3.02	2.48	1.71	0.77	621.97
10	54.1	1.40	624.32	622.92	3.05	6.01	1.58	3.12	6.01	1.49	8.96	27.91	3.12	2.30	1.58	0.72	622.20
11	60.1	1.24	624.32	623.07	2.74	6.01	1.40	2.90	6.01	1.32	7.94	23.00	3.07	1.93	1.40	0.53	622.54
12	66.1	1.13	624.32	623.19	2.32	6.01	1.24	2.53	6.01	1.19	7.13	18.02	2.81	1.55	1.24	0.30	622.89
13	72.1	1.02	624.32	623.29	1.84	6.01	1.13	2.08	6.01	1.08	6.47	13.44	2.43	1.21	1.13	0.08	623.21
14	78.1	0.98	624.32	623.34	1.70	6.01	1.02	1.77	6.01	1.00	6.02	10.66	2.14	0.97	1.02	0.00	623.34
15	84.1	0.86	624.32	623.46	1.45	6.01	0.98	1.58	6.01	0.92	5.53	8.71	1.99	0.86	0.98	0.00	623.46
16	90.2	0.70	624.32	623.61	1.20	6.01	0.86	1.32	6.01	0.78	4.70	6.23	1.82	0.68	0.86	0.00	623.61
17	96.2	0.62	624.32	623.70	1.16	6.01	0.70	1.18	6.01	0.66	3.99	4.70	1.77	0.51	0.70	0.00	623.70
18	102.2	0.55	624.32	623.77	1.14	6.01	0.62	1.15	6.01	0.59	3.53	4.05	1.84	0.45	0.62	0.00	623.77
19	108.2	0.48	624.32	623.84	1.37	6.01	0.55	1.25	6.01	0.51	3.09	3.87	2.16	0.43	0.55	0.00	623.84
20	114.2	0.41	624.32	623.91	1.66	6.01	0.48	1.51	6.01	0.44	2.67	4.04	2.84	0.44	0.48	0.00	623.91
21	120.2	0.41	624.32	623.91	1.86	6.01	0.41	1.76	6.01	0.41	2.48	4.36	3.46	0.43	0.41	0.01	623.89
22	126.2	0.36	624.32	623.96	1.63	6.01	0.41	1.74	6.01	0.39	2.32	4.05	3.56	0.44	0.41	0.02	623.93
23	132.2	0.14	624.32	624.18	1.09	6.01	0.36	1.36	6.01	0.25	1.51	2.05	3.61	0.37	0.36	0.01	624.17
<b>Min</b>		<b>0.14</b>	<b>624.32</b>	<b>622.61</b>	<b>0.87</b>	<b>0.00</b>	<b>0.36</b>	<b>1.15</b>	<b>6.01</b>	<b>0.25</b>	<b>1.51</b>	<b>2.05</b>	<b>1.69</b>	<b>0.37</b>	<b>0.36</b>	<b>0.00</b>	<b>621.93</b>
<b>Max</b>		<b>1.71</b>	<b>624.32</b>	<b>624.18</b>	<b>3.18</b>	<b>6.01</b>	<b>1.71</b>	<b>3.15</b>	<b>6.01</b>	<b>1.70</b>	<b>10.20</b>	<b>31.13</b>	<b>3.61</b>	<b>2.48</b>	<b>1.71</b>	<b>0.77</b>	<b>624.17</b>
<b>Media</b>		<b>0.99</b>	<b>624.32</b>	<b>623.33</b>	<b>1.96</b>	<b>5.75</b>	<b>1.09</b>	<b>2.01</b>	<b>6.01</b>	<b>1.02</b>	<b>6.15</b>	<b>13.96</b>	<b>2.53</b>	<b>1.24</b>	<b>1.09</b>	<b>0.20</b>	<b>623.14</b>



**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**





 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

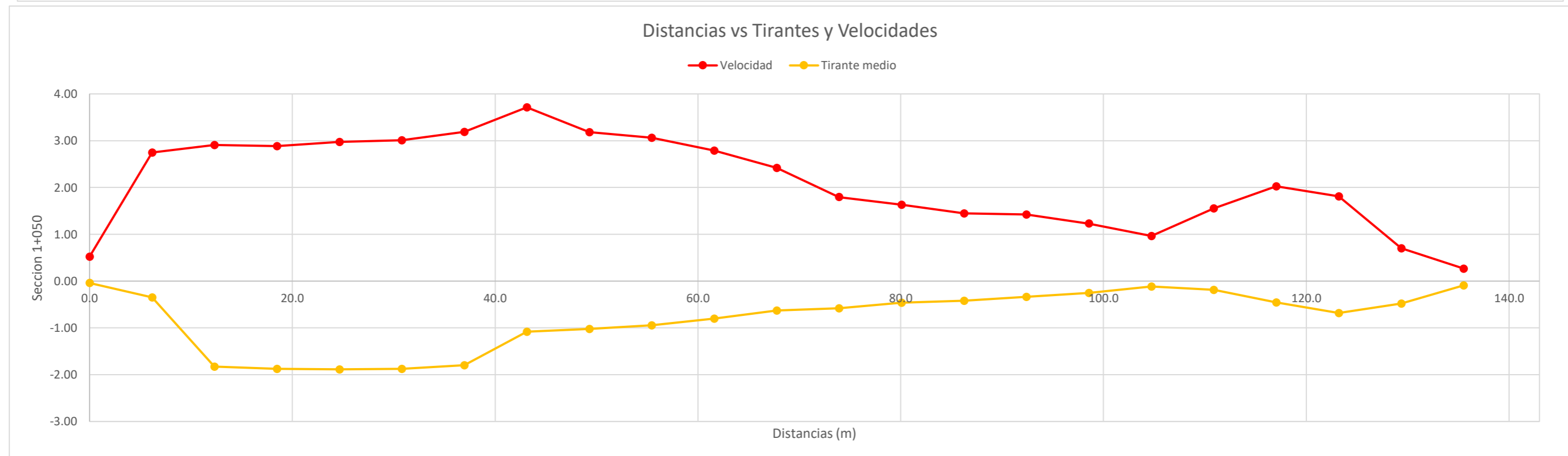
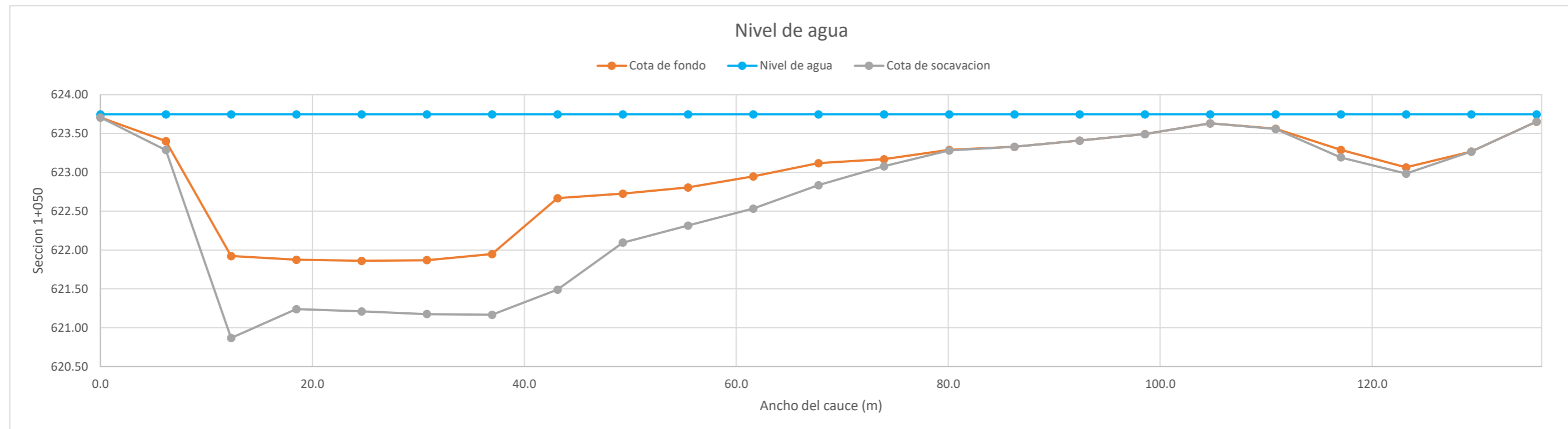
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+050
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	135.52 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.04	623.75	623.71	0.52	0.00											623.71
2	6.2	0.35	623.75	623.40	2.75	6.16	0.35	1.63	6.16	0.19	1.20	1.95	5.08	0.46	0.35	0.11	623.29
3	12.3	1.83	623.75	621.92	2.91	6.16	1.83	2.83	6.16	1.09	6.69	18.93	3.27	2.88	1.83	1.05	620.87
4	18.5	1.87	623.75	621.87	2.88	6.16	1.87	2.90	6.16	1.85	11.39	33.00	2.63	2.51	1.87	0.63	621.24
5	24.6	1.89	623.75	621.86	2.97	6.16	1.89	2.93	6.16	1.88	11.58	33.91	2.64	2.54	1.89	0.65	621.21
6	30.8	1.88	623.75	621.87	3.01	6.16	1.89	2.99	6.16	1.88	11.59	34.67	2.70	2.58	1.89	0.69	621.18
7	37.0	1.80	623.75	621.95	3.19	6.16	1.88	3.10	6.16	1.84	11.32	35.11	2.82	2.66	1.88	0.78	621.17
8	43.1	1.08	623.75	622.67	3.71	6.16	1.80	3.45	6.16	1.44	8.87	30.61	3.50	2.97	1.80	1.18	621.49
9	49.3	1.02	623.75	622.73	3.18	6.16	1.08	3.45	6.16	1.05	6.47	22.31	4.06	1.71	1.08	0.63	622.10
10	55.4	0.94	623.75	622.80	3.07	6.16	1.02	3.12	6.16	0.98	6.05	18.89	3.80	1.51	1.02	0.49	622.32
11	61.6	0.80	623.75	622.95	2.79	6.16	0.94	2.93	6.16	0.87	5.37	15.71	3.79	1.36	0.94	0.41	622.53
12	67.8	0.63	623.75	623.12	2.42	6.16	0.80	2.60	6.16	0.71	4.40	11.47	3.74	1.08	0.80	0.28	622.83
13	73.9	0.58	623.75	623.17	1.80	6.16	0.63	2.11	6.16	0.60	3.73	7.85	3.32	0.72	0.63	0.09	623.08
14	80.1	0.46	623.75	623.29	1.63	6.16	0.58	1.71	6.16	0.52	3.20	5.49	2.94	0.59	0.58	0.01	623.28
15	86.2	0.42	623.75	623.33	1.45	6.16	0.46	1.54	6.16	0.44	2.71	4.16	2.91	0.43	0.46	0.00	623.33
16	92.4	0.34	623.75	623.41	1.42	6.16	0.42	1.44	6.16	0.38	2.33	3.34	2.96	0.38	0.42	0.00	623.41
17	98.6	0.25	623.75	623.49	1.23	6.16	0.34	1.33	6.16	0.30	1.83	2.42	3.17	0.31	0.34	0.00	623.49
18	104.7	0.12	623.75	623.63	0.96	6.16	0.25	1.10	6.16	0.19	1.14	1.25	3.51	0.23	0.25	0.00	623.63
19	110.9	0.19	623.75	623.56	1.55	6.16	0.19	1.26	6.16	0.15	0.93	1.18	4.57	0.19	0.19	0.00	623.56
20	117.0	0.46	623.75	623.29	2.03	6.16	0.46	1.79	6.16	0.32	1.98	3.55	4.07	0.55	0.46	0.10	623.19
21	123.2	0.68	623.75	623.06	1.81	6.16	0.68	1.92	6.16	0.57	3.51	6.74	3.12	0.76	0.68	0.08	622.98
22	129.4	0.48	623.75	623.27	0.70	6.16	0.68	1.26	6.16	0.58	3.58	4.50	2.02	0.54	0.68	0.00	623.27
23	135.5	0.09	623.75	623.65	0.27	6.16	0.48	0.48	6.16	0.29	1.77	0.86	1.18	0.22	0.48	0.00	623.65
<b>Min</b>		<b>0.04</b>	<b>623.75</b>	<b>621.86</b>	<b>0.27</b>	<b>0.00</b>	<b>0.19</b>	<b>0.48</b>	<b>6.16</b>	<b>0.15</b>	<b>0.93</b>	<b>0.86</b>	<b>1.18</b>	<b>0.19</b>	<b>0.19</b>	<b>0.00</b>	<b>620.87</b>
<b>Max</b>		<b>1.89</b>	<b>623.75</b>	<b>623.71</b>	<b>3.71</b>	<b>6.16</b>	<b>1.89</b>	<b>3.45</b>	<b>6.16</b>	<b>1.88</b>	<b>11.59</b>	<b>35.11</b>	<b>5.08</b>	<b>2.97</b>	<b>1.89</b>	<b>1.18</b>	<b>623.71</b>
<b>Media</b>		<b>0.79</b>	<b>623.75</b>	<b>622.96</b>	<b>2.10</b>	<b>5.89</b>	<b>0.93</b>	<b>2.18</b>	<b>6.16</b>	<b>0.82</b>	<b>5.07</b>	<b>13.54</b>	<b>3.26</b>	<b>1.24</b>	<b>0.93</b>	<b>0.33</b>	<b>622.64</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

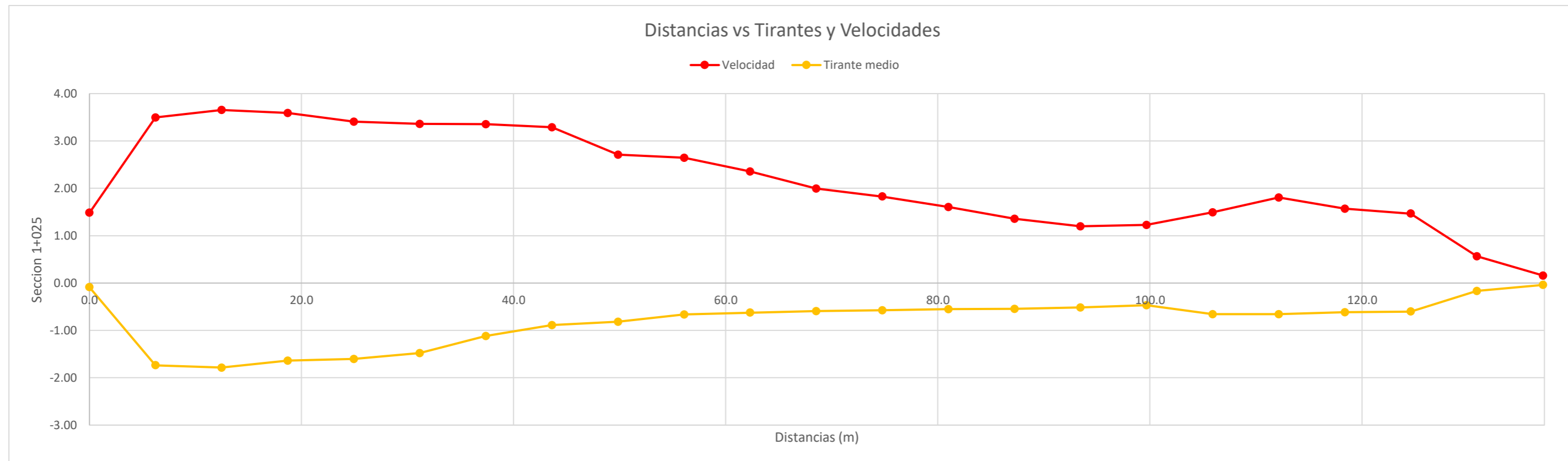
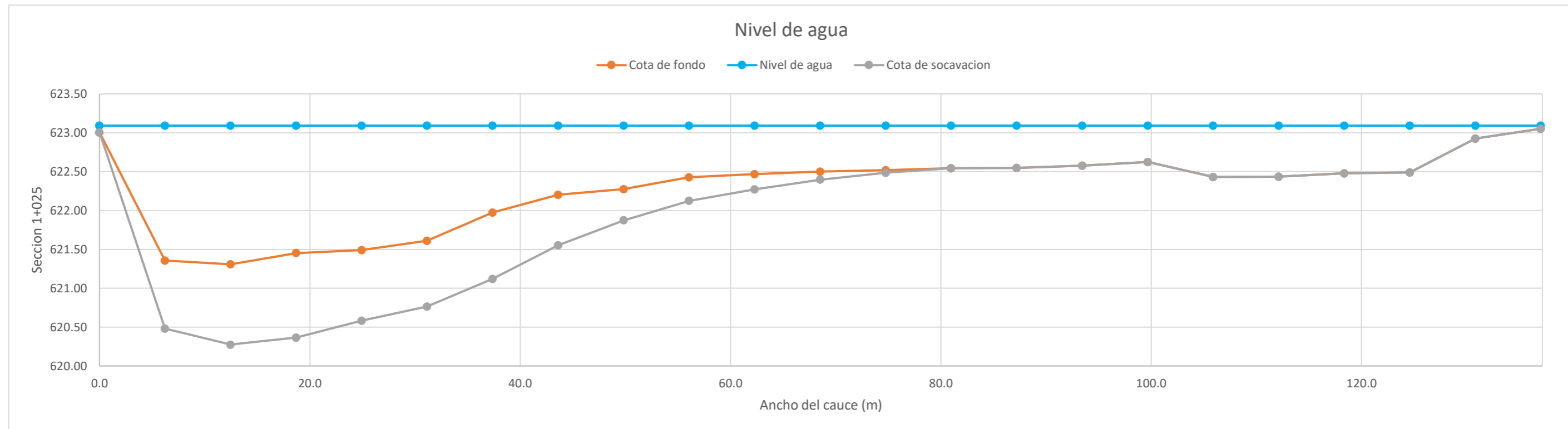
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+025
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	137.06 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.09	623.09	623.00	1.48	0.00											623.00
2	6.2	1.74	623.09	621.36	3.50	6.23	1.74	2.49	6.23	0.91	5.68	14.14	3.14	2.61	1.74	0.87	620.48
3	12.5	1.78	623.09	621.31	3.65	6.23	1.78	3.58	6.23	1.76	10.96	39.20	3.31	2.82	1.78	1.03	620.28
4	18.7	1.64	623.09	621.45	3.59	6.23	1.78	3.62	6.23	1.71	10.66	38.63	3.39	2.87	1.78	1.09	620.37
5	24.9	1.60	623.09	621.49	3.41	6.23	1.64	3.50	6.23	1.62	10.09	35.29	3.35	2.55	1.64	0.91	620.58
6	31.2	1.48	623.09	621.61	3.36	6.23	1.60	3.38	6.23	1.54	9.60	32.46	3.31	2.45	1.60	0.85	620.77
7	37.4	1.12	623.09	621.98	3.35	6.23	1.48	3.36	6.23	1.30	8.09	27.15	3.56	2.33	1.48	0.85	621.12
8	43.6	0.89	623.09	622.20	3.29	6.23	1.12	3.32	6.23	1.00	6.25	20.76	3.99	1.77	1.12	0.65	621.55
9	49.8	0.82	623.09	622.28	2.71	6.23	0.89	3.00	6.23	0.85	5.31	15.94	3.92	1.29	0.89	0.40	621.87
10	56.1	0.66	623.09	622.43	2.65	6.23	0.82	2.68	6.23	0.74	4.61	12.36	3.77	1.12	0.82	0.30	622.13
11	62.3	0.62	623.09	622.47	2.35	6.23	0.66	2.50	6.23	0.64	4.01	10.04	3.80	0.86	0.66	0.19	622.27
12	68.5	0.59	623.09	622.50	2.00	6.23	0.62	2.17	6.23	0.61	3.79	8.24	3.41	0.73	0.62	0.10	622.40
13	74.8	0.57	623.09	622.52	1.83	6.23	0.59	1.91	6.23	0.58	3.63	6.94	3.07	0.62	0.59	0.03	622.49
14	81.0	0.55	623.09	622.54	1.61	6.23	0.57	1.72	6.23	0.56	3.50	6.00	2.82	0.56	0.57	0.00	622.54
15	87.2	0.54	623.09	622.55	1.36	6.23	0.55	1.48	6.23	0.55	3.40	5.04	2.47	0.48	0.55	0.00	622.55
16	93.5	0.52	623.09	622.58	1.20	6.23	0.54	1.28	6.23	0.53	3.30	4.22	2.17	0.42	0.54	0.00	622.58
17	99.7	0.47	623.09	622.62	1.23	6.23	0.52	1.21	6.23	0.49	3.06	3.72	2.15	0.39	0.52	0.00	622.62
18	105.9	0.66	623.09	622.43	1.49	6.23	0.66	1.36	6.23	0.56	3.51	4.78	2.23	0.56	0.66	0.00	622.43
19	112.1	0.66	623.09	622.43	1.80	6.23	0.66	1.65	6.23	0.66	4.10	6.76	2.48	0.61	0.66	0.00	622.43
20	118.4	0.61	623.09	622.48	1.57	6.23	0.66	1.69	6.23	0.64	3.96	6.68	2.58	0.63	0.66	0.00	622.48
21	124.6	0.60	623.09	622.49	1.47	6.23	0.61	1.52	6.23	0.61	3.78	5.75	2.39	0.54	0.61	0.00	622.49
22	130.8	0.17	623.09	622.92	0.57	6.23	0.60	1.02	6.23	0.38	2.39	2.44	2.08	0.47	0.60	0.00	622.92
23	137.1	0.04	623.09	623.05	0.16	6.23	0.17	0.36	6.23	0.10	0.65	0.23	1.69	0.07	0.17	0.00	623.05
<b>Min</b>		<b>0.04</b>	<b>623.09</b>	<b>621.31</b>	<b>0.16</b>	<b>0.00</b>	<b>0.17</b>	<b>0.36</b>	<b>6.23</b>	<b>0.10</b>	<b>0.65</b>	<b>0.23</b>	<b>1.69</b>	<b>0.07</b>	<b>0.17</b>	<b>0.00</b>	<b>620.28</b>
<b>Max</b>		<b>1.78</b>	<b>623.09</b>	<b>623.05</b>	<b>3.65</b>	<b>6.23</b>	<b>1.78</b>	<b>3.62</b>	<b>6.23</b>	<b>1.76</b>	<b>10.96</b>	<b>39.20</b>	<b>3.99</b>	<b>2.87</b>	<b>1.78</b>	<b>1.09</b>	<b>623.05</b>
<b>Media</b>		<b>0.80</b>	<b>623.09</b>	<b>622.29</b>	<b>2.16</b>	<b>5.96</b>	<b>0.92</b>	<b>2.22</b>	<b>6.23</b>	<b>0.83</b>	<b>5.20</b>	<b>13.94</b>	<b>2.96</b>	<b>1.22</b>	<b>0.92</b>	<b>0.33</b>	<b>621.97</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM				
												Fecha: Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0							

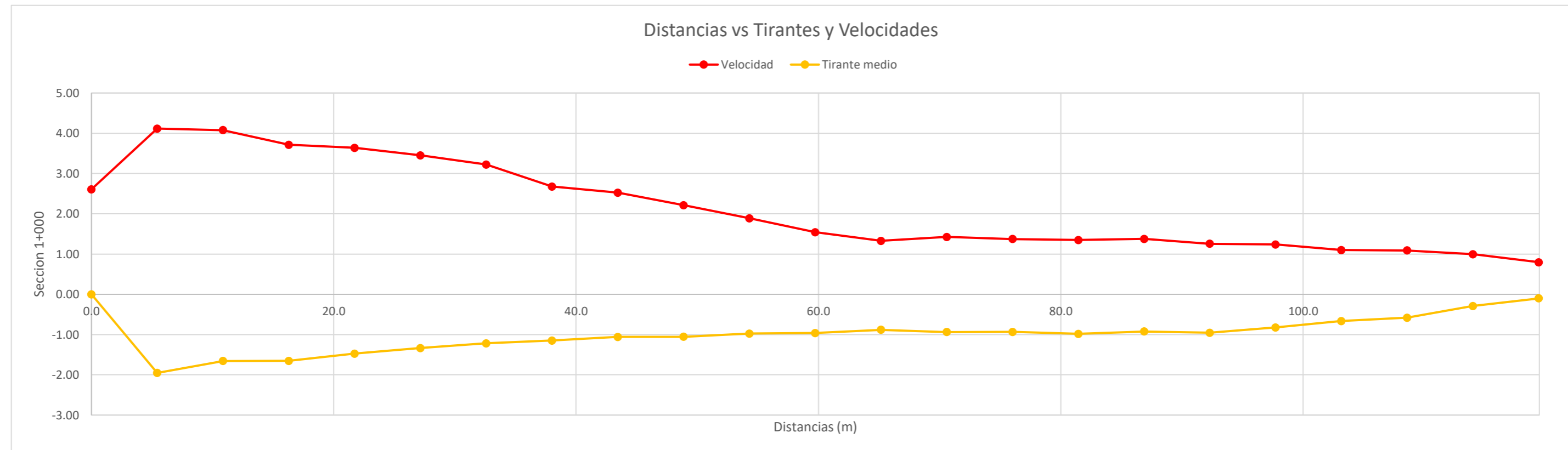
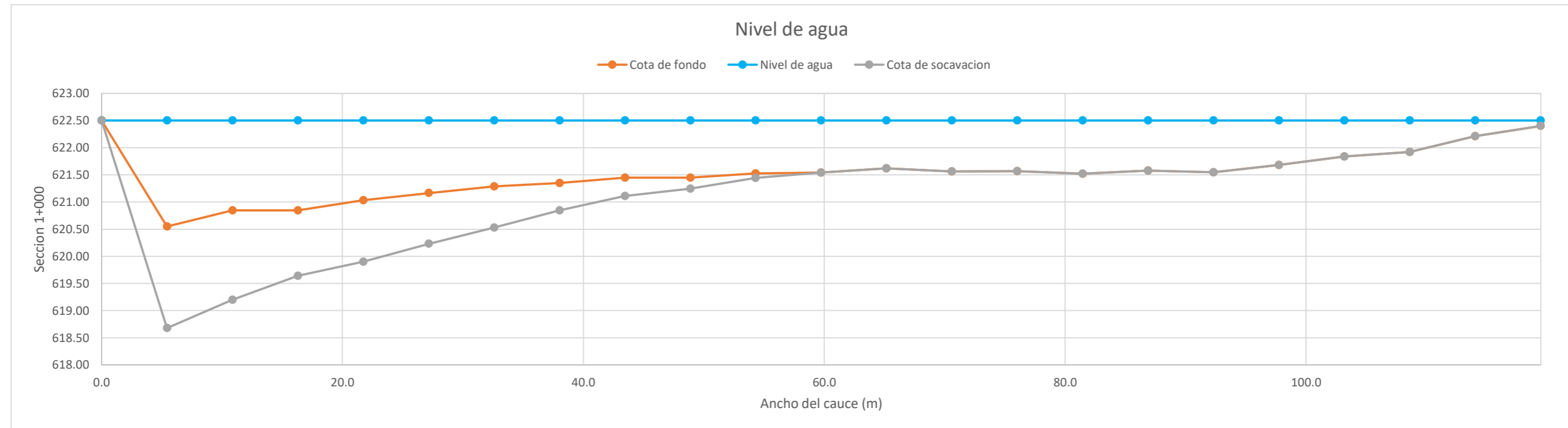
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+000
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	119.46 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.00	622.50	622.50	2.61	0.00											622.50
2	5.4	1.95	622.50	620.55	4.12	5.43	1.95	3.36	5.43	0.98	5.30	17.83	4.20	3.82	1.95	1.87	618.68
3	10.9	1.66	622.50	620.85	4.08	5.43	1.95	4.10	5.43	1.80	9.80	40.14	3.88	3.60	1.95	1.65	619.20
4	16.3	1.65	622.50	620.85	3.71	5.43	1.66	3.90	5.43	1.65	8.98	35.00	3.82	2.86	1.66	1.21	619.64
5	21.7	1.47	622.50	621.03	3.64	5.43	1.65	3.68	5.43	1.56	8.48	31.19	3.70	2.78	1.65	1.13	619.90
6	27.2	1.34	622.50	621.17	3.45	5.43	1.47	3.55	5.43	1.40	7.62	27.03	3.74	2.41	1.47	0.94	620.23
7	32.6	1.21	622.50	621.29	3.23	5.43	1.34	3.34	5.43	1.28	6.93	23.13	3.67	2.09	1.34	0.76	620.53
8	38.0	1.15	622.50	621.35	2.68	5.43	1.21	2.95	5.43	1.18	6.42	18.95	3.36	1.72	1.21	0.51	620.85
9	43.4	1.05	622.50	621.45	2.52	5.43	1.15	2.60	5.43	1.10	5.98	15.56	3.06	1.49	1.15	0.34	621.11
10	48.9	1.05	622.50	621.45	2.22	5.43	1.05	2.37	5.43	1.05	5.72	13.56	2.85	1.25	1.05	0.20	621.25
11	54.3	0.97	622.50	621.53	1.89	5.43	1.05	2.05	5.43	1.01	5.50	11.29	2.51	1.14	1.05	0.08	621.45
12	59.7	0.96	622.50	621.54	1.54	5.43	0.97	1.72	5.43	0.97	5.25	9.00	2.15	0.91	0.97	0.00	621.54
13	65.2	0.88	622.50	621.62	1.33	5.43	0.96	1.43	5.43	0.92	5.00	7.16	1.84	0.79	0.96	0.00	621.62
14	70.6	0.94	622.50	621.57	1.42	5.43	0.94	1.37	5.43	0.91	4.93	6.78	1.78	0.74	0.94	0.00	621.57
15	76.0	0.93	622.50	621.57	1.37	5.43	0.94	1.40	5.43	0.94	5.08	7.10	1.78	0.74	0.94	0.00	621.57
16	81.5	0.98	622.50	621.52	1.35	5.43	0.98	1.36	5.43	0.96	5.20	7.09	1.71	0.77	0.98	0.00	621.52
17	86.9	0.92	622.50	621.58	1.38	5.43	0.98	1.36	5.43	0.95	5.17	7.06	1.72	0.77	0.98	0.00	621.58
18	92.3	0.95	622.50	621.55	1.26	5.43	0.95	1.32	5.43	0.94	5.10	6.71	1.68	0.72	0.95	0.00	621.55
19	97.7	0.82	622.50	621.68	1.24	5.43	0.95	1.25	5.43	0.89	4.82	6.01	1.63	0.71	0.95	0.00	621.68
20	103.2	0.66	622.50	621.84	1.10	5.43	0.82	1.17	5.43	0.74	4.02	4.70	1.68	0.59	0.82	0.00	621.84
21	108.6	0.58	622.50	621.92	1.09	5.43	0.66	1.10	5.43	0.62	3.38	3.70	1.72	0.46	0.66	0.00	621.92
22	114.0	0.29	622.50	622.21	1.00	5.43	0.58	1.04	5.43	0.44	2.36	2.47	2.01	0.44	0.58	0.00	622.21
23	119.5	0.10	622.50	622.40	0.80	5.43	0.29	0.90	5.43	0.19	1.05	0.95	2.81	0.23	0.29	0.00	622.40
<b>Min</b>		<b>0.00</b>	<b>622.50</b>	<b>620.55</b>	<b>0.80</b>	<b>0.00</b>	<b>0.29</b>	<b>0.90</b>	<b>5.43</b>	<b>0.19</b>	<b>1.05</b>	<b>0.95</b>	<b>1.63</b>	<b>0.23</b>	<b>0.29</b>	<b>0.00</b>	<b>618.68</b>
<b>Max</b>		<b>1.95</b>	<b>622.50</b>	<b>622.50</b>	<b>4.12</b>	<b>5.43</b>	<b>1.95</b>	<b>4.10</b>	<b>5.43</b>	<b>1.80</b>	<b>9.80</b>	<b>40.14</b>	<b>4.20</b>	<b>3.82</b>	<b>1.95</b>	<b>1.87</b>	<b>622.50</b>
<b>Media</b>		<b>0.98</b>	<b>622.50</b>	<b>621.52</b>	<b>2.13</b>	<b>5.19</b>	<b>1.11</b>	<b>2.15</b>	<b>5.43</b>	<b>1.02</b>	<b>5.55</b>	<b>13.75</b>	<b>2.60</b>	<b>1.41</b>	<b>1.11</b>	<b>0.39</b>	<b>621.14</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

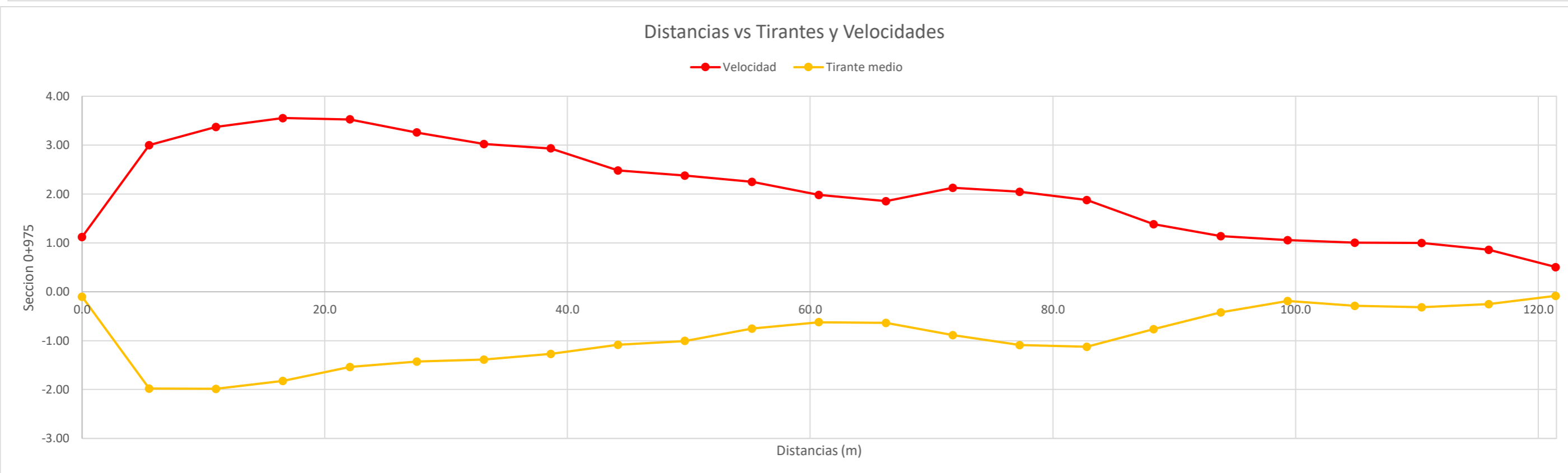
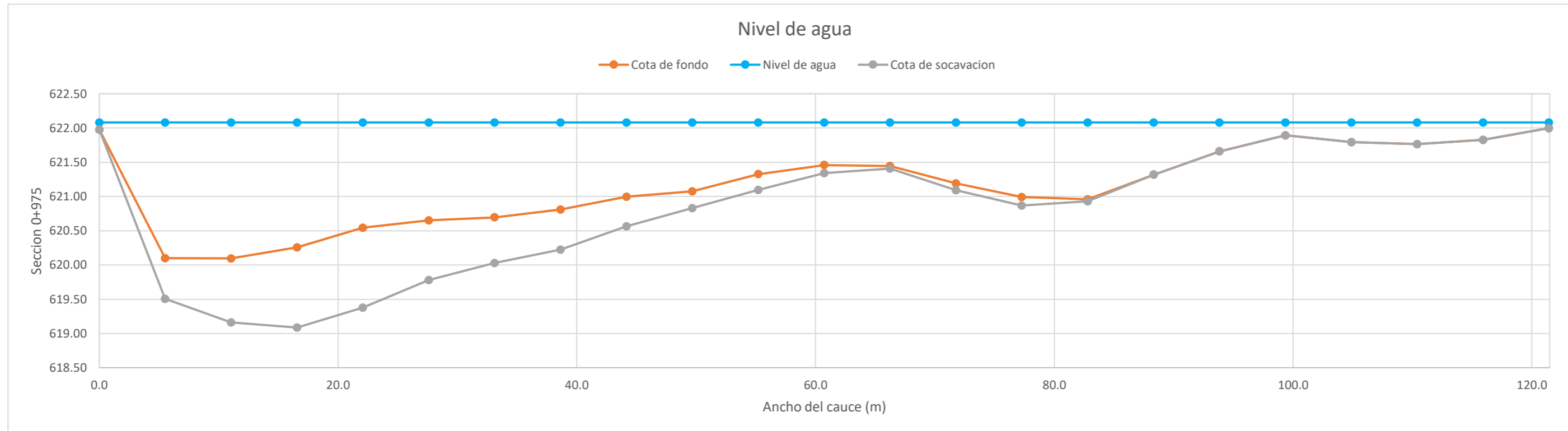
**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+975
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	121.44 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)


ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.10	622.08	621.98	1.12	0.00											621.98
2	5.5	1.98	622.08	620.10	3.00	5.52	1.98	2.06	5.52	1.04	5.75	11.85	2.48	2.58	1.98	0.60	619.51
3	11.0	1.98	622.08	620.10	3.37	5.52	1.98	3.19	5.52	1.98	10.94	34.87	2.90	2.92	1.98	0.93	619.16
4	16.6	1.83	622.08	620.26	3.55	5.52	1.98	3.46	5.52	1.91	10.52	36.41	3.20	3.15	1.98	1.17	619.09
5	22.1	1.54	622.08	620.54	3.53	5.52	1.83	3.54	5.52	1.68	9.29	32.88	3.44	2.99	1.83	1.17	619.38
6	27.6	1.43	622.08	620.65	3.26	5.52	1.54	3.39	5.52	1.48	8.19	27.80	3.47	2.41	1.54	0.87	619.78
7	33.1	1.39	622.08	620.70	3.02	5.52	1.43	3.14	5.52	1.41	7.77	24.41	3.29	2.10	1.43	0.67	620.03
8	38.6	1.27	622.08	620.81	2.93	5.52	1.39	2.98	5.52	1.33	7.33	21.84	3.20	1.97	1.39	0.58	620.23
9	44.2	1.08	622.08	621.00	2.48	5.52	1.27	2.71	5.52	1.18	6.50	17.60	3.08	1.70	1.27	0.43	620.56
10	49.7	1.01	622.08	621.08	2.38	5.52	1.08	2.43	5.52	1.05	5.77	14.02	2.92	1.33	1.08	0.24	620.83
11	55.2	0.75	622.08	621.33	2.25	5.52	1.01	2.31	5.52	0.88	4.86	11.24	3.03	1.24	1.01	0.23	621.09
12	60.7	0.62	622.08	621.46	1.98	5.52	0.75	2.11	5.52	0.69	3.80	8.03	3.15	0.87	0.75	0.12	621.34
13	66.2	0.64	622.08	621.44	1.86	5.52	0.64	1.92	5.52	0.63	3.47	6.66	3.00	0.67	0.64	0.04	621.41
14	71.8	0.89	622.08	621.19	2.12	5.52	0.89	1.99	5.52	0.76	4.21	8.38	2.81	0.99	0.89	0.10	621.09
15	77.3	1.09	622.08	620.99	2.05	5.52	1.09	2.09	5.52	0.99	5.46	11.40	2.58	1.21	1.09	0.12	620.87
16	82.8	1.12	622.08	620.96	1.88	5.52	1.12	1.96	5.52	1.11	6.11	11.99	2.30	1.15	1.12	0.03	620.93
17	88.3	0.76	622.08	621.32	1.38	5.52	1.12	1.63	5.52	0.94	5.21	8.48	2.06	1.06	1.12	0.00	621.32
18	93.8	0.42	622.08	621.66	1.14	5.52	0.76	1.26	5.52	0.59	3.27	4.12	2.03	0.63	0.76	0.00	621.66
19	99.4	0.19	622.08	621.89	1.06	5.52	0.42	1.10	5.52	0.31	1.68	1.85	2.60	0.35	0.42	0.00	621.89
20	104.9	0.29	622.08	621.79	1.00	5.52	0.29	1.03	5.52	0.24	1.32	1.36	2.83	0.23	0.29	0.00	621.79
21	110.4	0.32	622.08	621.77	1.00	5.52	0.32	1.00	5.52	0.30	1.67	1.67	2.38	0.22	0.32	0.00	621.77
22	115.9	0.25	622.08	621.83	0.86	5.52	0.32	0.93	5.52	0.28	1.57	1.46	2.29	0.22	0.32	0.00	621.83
23	121.4	0.08	622.08	622.00	0.51	5.52	0.25	0.68	5.52	0.17	0.93	0.63	2.34	0.16	0.25	0.00	622.00
<b>Min</b>		<b>0.08</b>	<b>622.08</b>	<b>620.10</b>	<b>0.51</b>	<b>0.00</b>	<b>0.25</b>	<b>0.68</b>	<b>5.52</b>	<b>0.17</b>	<b>0.93</b>	<b>0.63</b>	<b>2.03</b>	<b>0.16</b>	<b>0.25</b>	<b>0.00</b>	<b>619.09</b>
<b>Max</b>		<b>1.98</b>	<b>622.08</b>	<b>622.00</b>	<b>3.55</b>	<b>5.52</b>	<b>1.98</b>	<b>3.54</b>	<b>5.52</b>	<b>1.98</b>	<b>10.94</b>	<b>36.41</b>	<b>3.47</b>	<b>3.15</b>	<b>1.98</b>	<b>1.17</b>	<b>622.00</b>
<b>Media</b>		<b>0.91</b>	<b>622.08</b>	<b>621.17</b>	<b>2.08</b>	<b>5.28</b>	<b>1.07</b>	<b>2.13</b>	<b>5.52</b>	<b>0.95</b>	<b>5.26</b>	<b>13.59</b>	<b>2.79</b>	<b>1.37</b>	<b>1.07</b>	<b>0.33</b>	<b>620.85</b>



**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**





 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

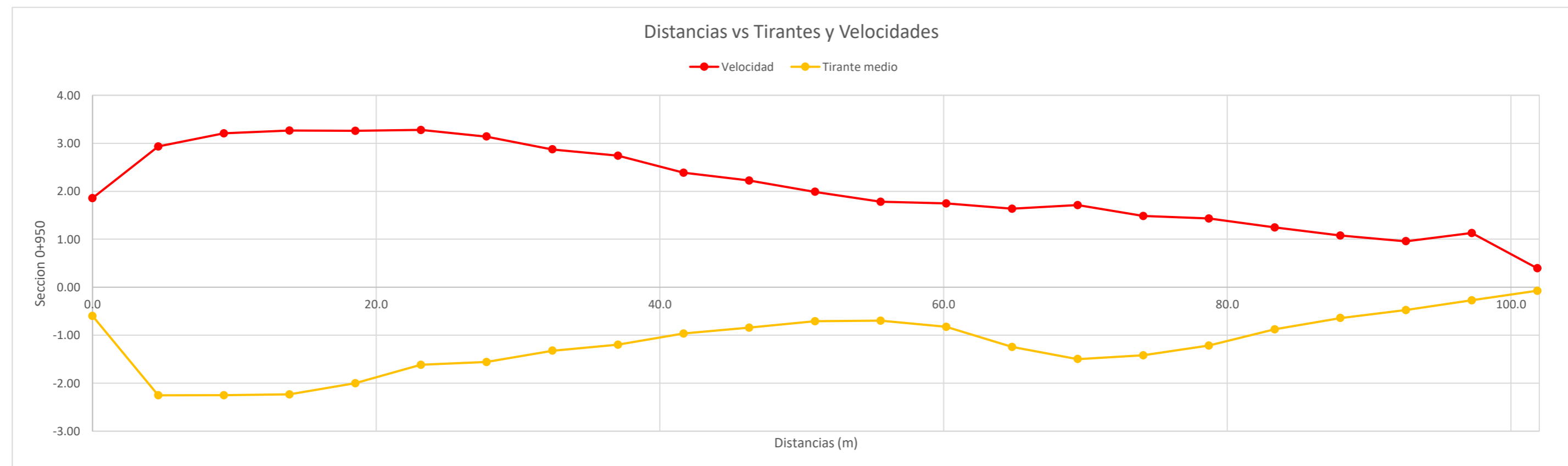
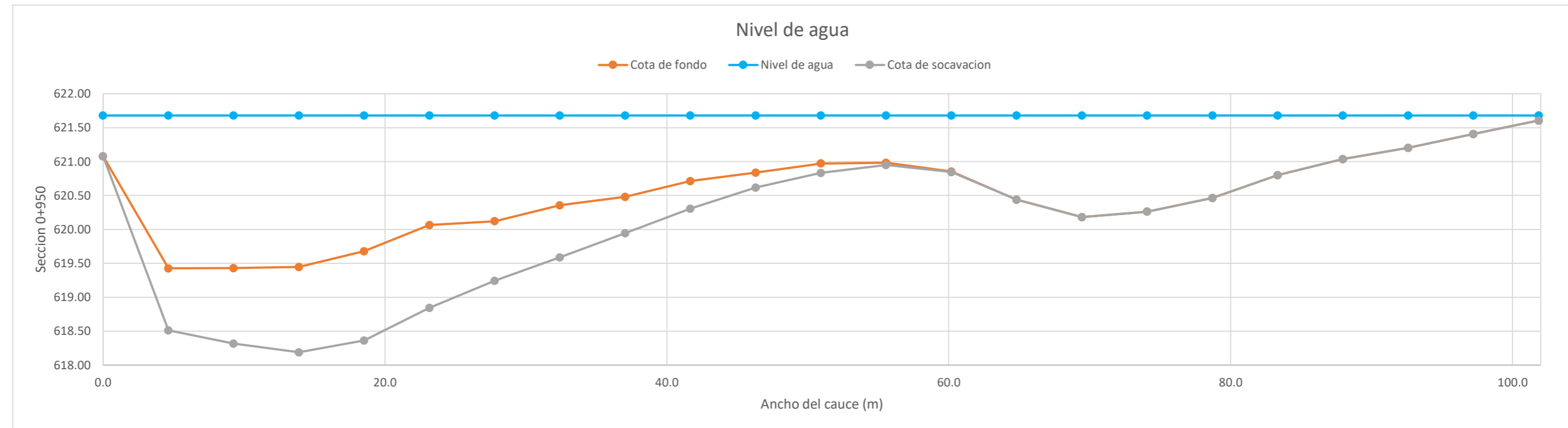
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+950
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	101.86 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.60	621.68	621.08	1.86	0.00											621.08
2	4.6	2.25	621.68	619.43	2.93	4.63	2.25	2.39	4.63	1.43	6.60	15.80	2.60	3.17	2.25	0.91	618.51
3	9.3	2.25	621.68	619.43	3.21	4.63	2.25	3.07	4.63	2.25	10.42	32.01	2.81	3.37	2.25	1.11	618.32
4	13.9	2.23	621.68	619.45	3.26	4.63	2.25	3.24	4.63	2.24	10.38	33.58	2.97	3.51	2.25	1.26	618.19
5	18.5	2.00	621.68	619.68	3.26	4.63	2.23	3.26	4.63	2.12	9.80	31.97	3.05	3.55	2.23	1.31	618.36
6	23.2	1.62	621.68	620.06	3.28	4.63	2.00	3.27	4.63	1.81	8.37	27.37	3.24	3.22	2.00	1.22	618.85
7	27.8	1.56	621.68	620.12	3.14	4.63	1.62	3.21	4.63	1.59	7.35	23.58	3.34	2.49	1.62	0.88	619.24
8	32.4	1.32	621.68	620.36	2.87	4.63	1.56	3.01	4.63	1.44	6.67	20.05	3.26	2.33	1.56	0.77	619.59
9	37.0	1.20	621.68	620.48	2.74	4.63	1.32	2.81	4.63	1.26	5.83	16.38	3.22	1.86	1.32	0.54	619.95
10	41.7	0.97	621.68	620.71	2.39	4.63	1.20	2.56	4.63	1.08	5.01	12.85	3.14	1.60	1.20	0.40	620.31
11	46.3	0.84	621.68	620.84	2.23	4.63	0.97	2.31	4.63	0.90	4.18	9.65	3.07	1.19	0.97	0.22	620.62
12	50.9	0.71	621.68	620.97	1.99	4.63	0.84	2.11	4.63	0.77	3.58	7.55	3.03	0.98	0.84	0.14	620.83
13	55.6	0.70	621.68	620.98	1.78	4.63	0.71	1.89	4.63	0.70	3.25	6.12	2.85	0.74	0.71	0.04	620.95
14	60.2	0.82	621.68	620.85	1.75	4.63	0.82	1.76	4.63	0.76	3.52	6.21	2.56	0.83	0.82	0.01	620.84
15	64.8	1.24	621.68	620.44	1.64	4.63	1.24	1.69	4.63	1.03	4.78	8.08	2.12	1.23	1.24	0.00	620.44
16	69.5	1.50	621.68	620.18	1.71	4.63	1.50	1.67	4.63	1.37	6.34	10.61	1.85	1.41	1.50	0.00	620.18
17	74.1	1.42	621.68	620.26	1.48	4.63	1.50	1.60	4.63	1.46	6.74	10.77	1.72	1.34	1.50	0.00	620.26
18	78.7	1.22	621.68	620.46	1.43	4.63	1.42	1.46	4.63	1.32	6.09	8.88	1.64	1.20	1.42	0.00	620.46
19	83.3	0.88	621.68	620.80	1.25	4.63	1.22	1.34	4.63	1.05	4.85	6.49	1.67	0.99	1.22	0.00	620.80
20	88.0	0.64	621.68	621.04	1.08	4.63	0.88	1.16	4.63	0.76	3.52	4.09	1.69	0.65	0.88	0.00	621.04
21	92.6	0.48	621.68	621.20	0.96	4.63	0.64	1.02	4.63	0.56	2.59	2.64	1.73	0.44	0.64	0.00	621.20
22	97.2	0.27	621.68	621.41	1.13	4.63	0.48	1.04	4.63	0.38	1.74	1.81	2.22	0.36	0.48	0.00	621.41
23	101.9	0.07	621.68	621.61	0.39	4.63	0.27	0.76	4.63	0.17	0.80	0.61	2.58	0.20	0.27	0.00	621.61
<b>Min</b>		<b>0.07</b>	<b>621.68</b>	<b>619.43</b>	<b>0.39</b>	<b>0.00</b>	<b>0.27</b>	<b>0.76</b>	<b>4.63</b>	<b>0.17</b>	<b>0.80</b>	<b>0.61</b>	<b>1.64</b>	<b>0.20</b>	<b>0.27</b>	<b>0.00</b>	<b>618.19</b>
<b>Max</b>		<b>2.25</b>	<b>621.68</b>	<b>621.61</b>	<b>3.28</b>	<b>4.63</b>	<b>2.25</b>	<b>3.27</b>	<b>4.63</b>	<b>2.25</b>	<b>10.42</b>	<b>33.58</b>	<b>3.34</b>	<b>3.55</b>	<b>2.25</b>	<b>1.31</b>	<b>621.61</b>
<b>Media</b>		<b>1.16</b>	<b>621.68</b>	<b>620.52</b>	<b>2.08</b>	<b>4.43</b>	<b>1.33</b>	<b>2.12</b>	<b>4.63</b>	<b>1.20</b>	<b>5.56</b>	<b>13.50</b>	<b>2.56</b>	<b>1.67</b>	<b>1.33</b>	<b>0.40</b>	<b>620.13</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

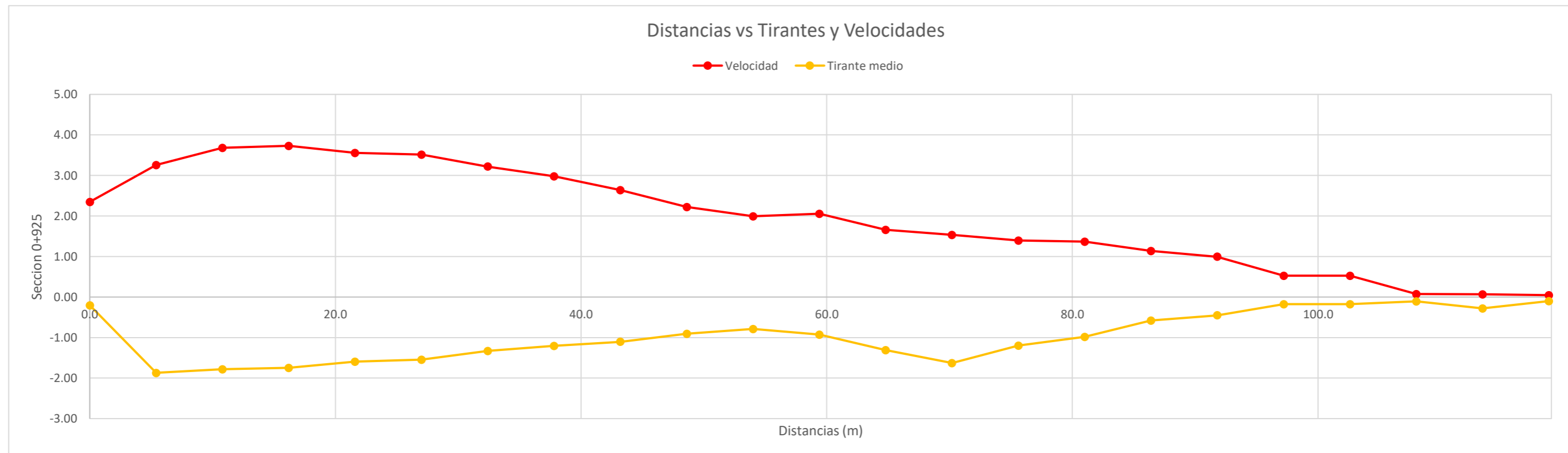
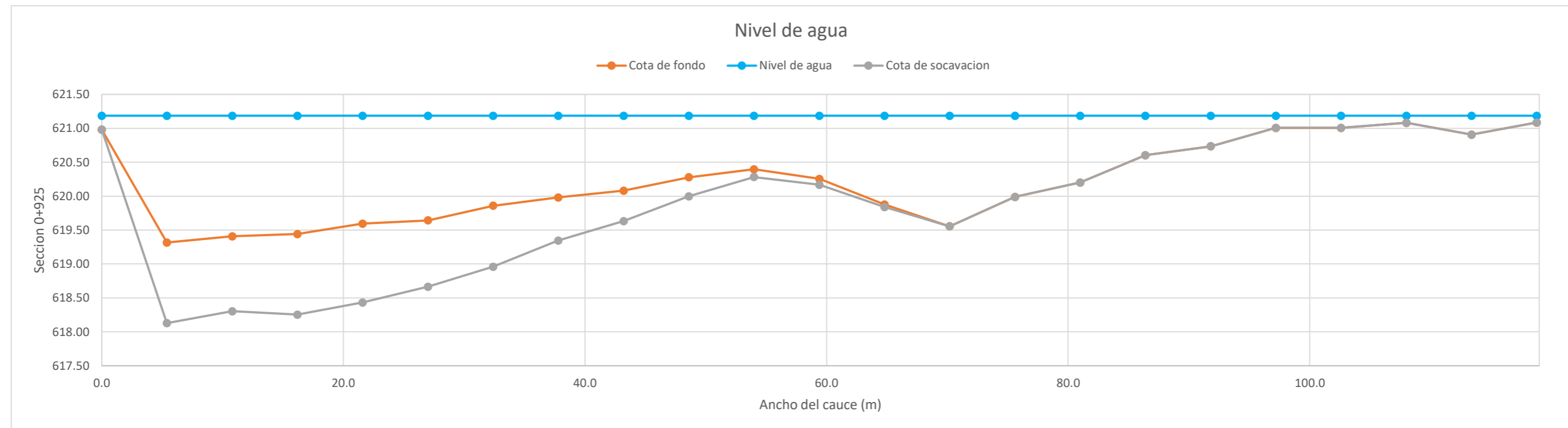
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+925
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	118.80 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.21	621.19	620.98	2.35	0.00											620.98
2	5.4	1.87	621.19	619.32	3.26	5.40	1.87	2.80	5.40	1.04	5.60	15.69	3.40	3.06	1.87	1.19	618.13
3	10.8	1.78	621.19	619.41	3.68	5.40	1.87	3.47	5.40	1.82	9.85	34.17	3.28	2.97	1.87	1.10	618.30
4	16.2	1.74	621.19	619.44	3.73	5.40	1.78	3.71	5.40	1.76	9.51	35.26	3.55	2.97	1.78	1.19	618.25
5	21.6	1.59	621.19	619.59	3.56	5.40	1.74	3.64	5.40	1.67	9.01	32.84	3.57	2.91	1.74	1.16	618.43
6	27.0	1.54	621.19	619.64	3.51	5.40	1.59	3.54	5.40	1.57	8.46	29.94	3.56	2.57	1.59	0.98	618.67
7	32.4	1.33	621.19	619.86	3.22	5.40	1.54	3.37	5.40	1.43	7.75	26.09	3.52	2.44	1.54	0.90	618.96
8	37.8	1.20	621.19	619.98	2.98	5.40	1.33	3.10	5.40	1.27	6.83	21.18	3.42	1.96	1.33	0.63	619.35
9	43.2	1.10	621.19	620.08	2.64	5.40	1.20	2.81	5.40	1.15	6.23	17.50	3.24	1.65	1.20	0.45	619.63
10	48.6	0.91	621.19	620.28	2.22	5.40	1.10	2.43	5.40	1.01	5.43	13.19	2.99	1.38	1.10	0.28	620.00
11	54.0	0.79	621.19	620.40	1.99	5.40	0.91	2.11	5.40	0.85	4.58	9.65	2.82	1.02	0.91	0.12	620.28
12	59.4	0.93	621.19	620.26	2.05	5.40	0.93	2.02	5.40	0.86	4.64	9.38	2.69	1.02	0.93	0.09	620.17
13	64.8	1.31	621.19	619.88	1.66	5.40	1.31	1.86	5.40	1.12	6.04	11.21	2.17	1.35	1.31	0.04	619.84
14	70.2	1.63	621.19	619.56	1.53	5.40	1.63	1.60	5.40	1.47	7.94	12.67	1.65	1.45	1.63	0.00	619.56
15	75.6	1.20	621.19	619.99	1.39	5.40	1.63	1.46	5.40	1.41	7.63	11.17	1.54	1.37	1.63	0.00	619.99
16	81.0	0.98	621.19	620.20	1.36	5.40	1.20	1.38	5.40	1.09	5.89	8.11	1.63	0.96	1.20	0.00	620.20
17	86.4	0.58	621.19	620.61	1.14	5.40	0.98	1.25	5.40	0.78	4.22	5.28	1.75	0.78	0.98	0.00	620.61
18	91.8	0.45	621.19	620.74	0.99	5.40	0.58	1.07	5.40	0.52	2.79	2.97	1.86	0.41	0.58	0.00	620.74
19	97.2	0.18	621.19	621.01	0.53	5.40	0.45	0.76	5.40	0.31	1.70	1.29	1.77	0.28	0.45	0.00	621.01
20	102.6	0.18	621.19	621.01	0.53	5.40	0.18	0.53	5.40	0.18	0.96	0.51	1.74	0.08	0.18	0.00	621.01
21	108.0	0.11	621.19	621.08	0.07	5.40	0.18	0.30	5.40	0.14	0.77	0.23	1.14	0.06	0.18	0.00	621.08
22	113.4	0.28	621.19	620.91	0.06	5.40	0.28	0.07	5.40	0.19	1.04	0.07	0.22	0.03	0.28	0.00	620.91
23	118.8	0.10	621.19	621.09	0.05	5.40	0.28	0.06	5.40	0.19	1.02	0.06	0.18	0.02	0.28	0.00	621.09
<b>Min</b>		<b>0.10</b>	<b>621.19</b>	<b>619.32</b>	<b>0.05</b>	<b>0.00</b>	<b>0.18</b>	<b>0.06</b>	<b>5.40</b>	<b>0.14</b>	<b>0.77</b>	<b>0.06</b>	<b>0.18</b>	<b>0.02</b>	<b>0.18</b>	<b>0.00</b>	<b>618.13</b>
<b>Max</b>		<b>1.87</b>	<b>621.19</b>	<b>621.09</b>	<b>3.73</b>	<b>5.40</b>	<b>1.87</b>	<b>3.71</b>	<b>5.40</b>	<b>1.82</b>	<b>9.85</b>	<b>35.26</b>	<b>3.57</b>	<b>3.06</b>	<b>1.87</b>	<b>1.19</b>	<b>621.09</b>
<b>Media</b>		<b>0.96</b>	<b>621.19</b>	<b>620.23</b>	<b>1.94</b>	<b>5.17</b>	<b>1.12</b>	<b>1.97</b>	<b>5.40</b>	<b>0.99</b>	<b>5.36</b>	<b>13.57</b>	<b>2.35</b>	<b>1.40</b>	<b>1.12</b>	<b>0.37</b>	<b>619.88</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM				
												Fecha: Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0							

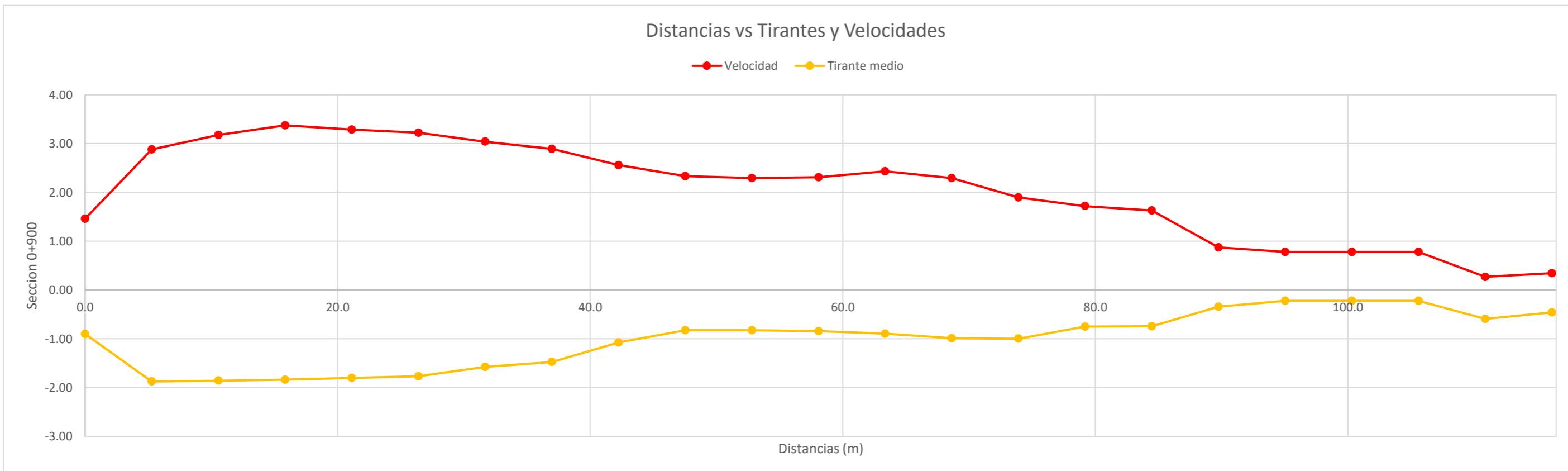
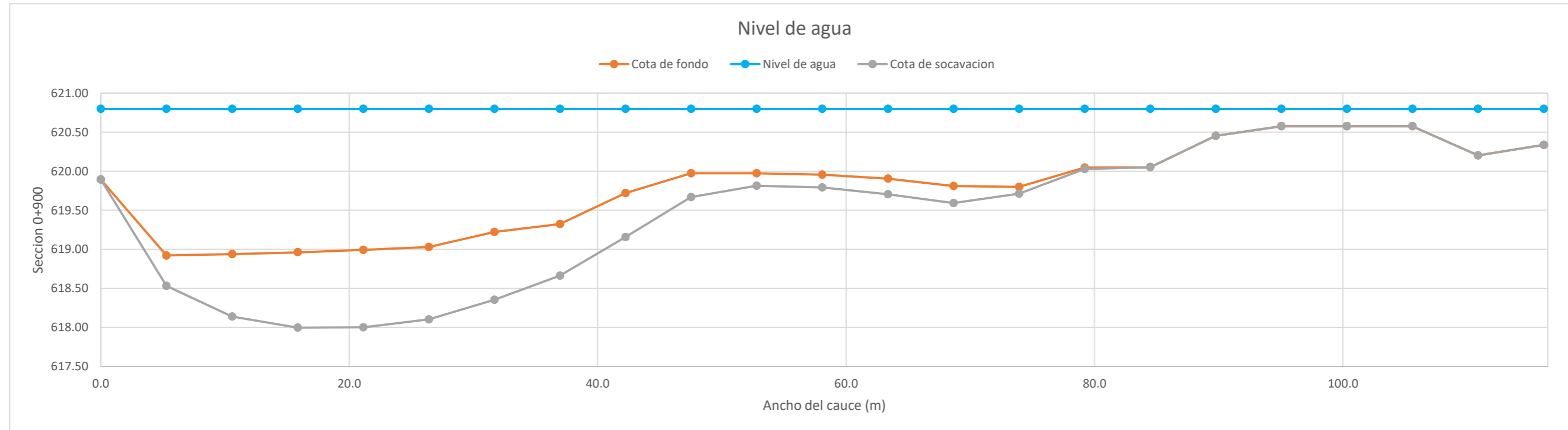
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+900
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	116.16 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.90	620.80	619.89	1.46	0.00											619.89
2	5.3	1.88	620.80	618.92	2.88	5.28	1.88	2.17	5.28	1.39	7.34	15.92	2.31	2.27	1.88	0.39	618.53
3	10.6	1.86	620.80	618.94	3.18	5.28	1.88	3.03	5.28	1.87	9.86	29.86	2.85	2.68	1.88	0.80	618.14
4	15.8	1.84	620.80	618.96	3.37	5.28	1.86	3.28	5.28	1.85	9.76	31.95	3.10	2.82	1.86	0.96	618.00
5	21.1	1.80	620.80	618.99	3.29	5.28	1.84	3.33	5.28	1.82	9.61	32.02	3.17	2.83	1.84	0.99	618.00
6	26.4	1.77	620.80	619.03	3.23	5.28	1.80	3.26	5.28	1.79	9.44	30.73	3.12	2.73	1.80	0.93	618.10
7	31.7	1.58	620.80	619.22	3.04	5.28	1.77	3.13	5.28	1.67	8.84	27.68	3.08	2.64	1.77	0.87	618.35
8	37.0	1.48	620.80	619.32	2.89	5.28	1.58	2.97	5.28	1.53	8.06	23.90	3.03	2.24	1.58	0.66	618.66
9	42.2	1.08	620.80	619.72	2.56	5.28	1.48	2.73	5.28	1.28	6.74	18.37	3.01	2.04	1.48	0.56	619.16
10	47.5	0.82	620.80	619.97	2.33	5.28	1.08	2.45	5.28	0.95	5.02	12.28	3.11	1.38	1.08	0.30	619.67
11	52.8	0.82	620.80	619.97	2.29	5.28	0.82	2.31	5.28	0.82	4.35	10.06	3.15	0.98	0.82	0.16	619.81
12	58.1	0.84	620.80	619.95	2.31	5.28	0.84	2.30	5.28	0.83	4.40	10.13	3.12	1.01	0.84	0.16	619.79
13	63.4	0.89	620.80	619.90	2.43	5.28	0.89	2.37	5.28	0.87	4.59	10.88	3.15	1.09	0.89	0.20	619.70
14	68.6	0.99	620.80	619.81	2.29	5.28	0.99	2.36	5.28	0.94	4.97	11.74	3.01	1.20	0.99	0.22	619.59
15	73.9	1.00	620.80	619.80	1.90	5.28	1.00	2.09	5.28	0.99	5.24	10.98	2.60	1.09	1.00	0.09	619.71
16	79.2	0.75	620.80	620.05	1.72	5.28	1.00	1.81	5.28	0.87	4.62	8.35	2.39	1.02	1.00	0.02	620.03
17	84.5	0.75	620.80	620.05	1.63	5.28	0.75	1.67	5.28	0.75	3.95	6.61	2.40	0.70	0.75	0.00	620.05
18	89.8	0.34	620.80	620.45	0.87	5.28	0.75	1.25	5.28	0.54	2.88	3.60	2.12	0.63	0.75	0.00	620.45
19	95.0	0.22	620.80	620.58	0.78	5.28	0.34	0.83	5.28	0.28	1.49	1.24	2.05	0.22	0.34	0.00	620.58
20	100.3	0.22	620.80	620.58	0.78	5.28	0.22	0.78	5.28	0.22	1.17	0.92	2.24	0.13	0.22	0.00	620.58
21	105.6	0.22	620.80	620.58	0.78	5.28	0.22	0.78	5.28	0.22	1.17	0.92	2.24	0.13	0.22	0.00	620.58
22	110.9	0.60	620.80	620.20	0.27	5.28	0.60	0.53	5.28	0.41	2.16	1.13	1.05	0.27	0.60	0.00	620.20
23	116.2	0.46	620.80	620.34	0.34	5.28	0.60	0.31	5.28	0.53	2.79	0.86	0.53	0.16	0.60	0.00	620.34
<b>Min</b>		<b>0.22</b>	<b>620.80</b>	<b>618.92</b>	<b>0.27</b>	<b>0.00</b>	<b>0.22</b>	<b>0.31</b>	<b>5.28</b>	<b>0.22</b>	<b>1.17</b>	<b>0.86</b>	<b>0.53</b>	<b>0.13</b>	<b>0.22</b>	<b>0.00</b>	<b>618.00</b>
<b>Max</b>		<b>1.88</b>	<b>620.80</b>	<b>620.58</b>	<b>3.37</b>	<b>5.28</b>	<b>1.88</b>	<b>3.33</b>	<b>5.28</b>	<b>1.87</b>	<b>9.86</b>	<b>32.02</b>	<b>3.17</b>	<b>2.83</b>	<b>1.88</b>	<b>0.99</b>	<b>620.58</b>
<b>Media</b>		<b>1.01</b>	<b>620.80</b>	<b>619.79</b>	<b>2.03</b>	<b>5.05</b>	<b>1.10</b>	<b>2.08</b>	<b>5.28</b>	<b>1.02</b>	<b>5.38</b>	<b>13.64</b>	<b>2.58</b>	<b>1.38</b>	<b>1.10</b>	<b>0.33</b>	<b>619.47</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

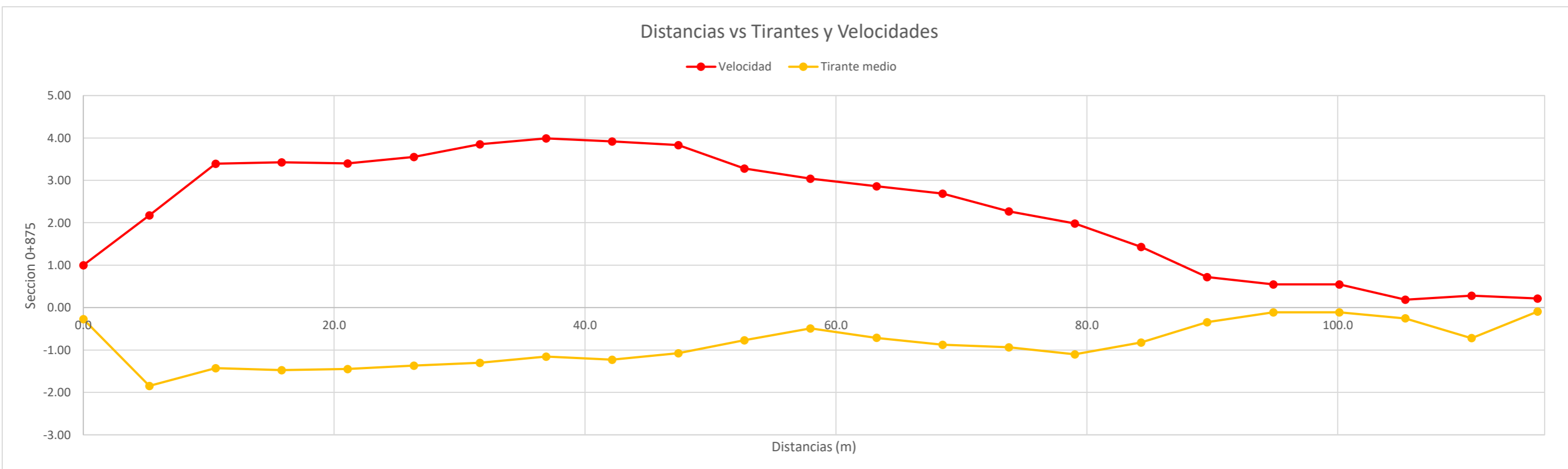
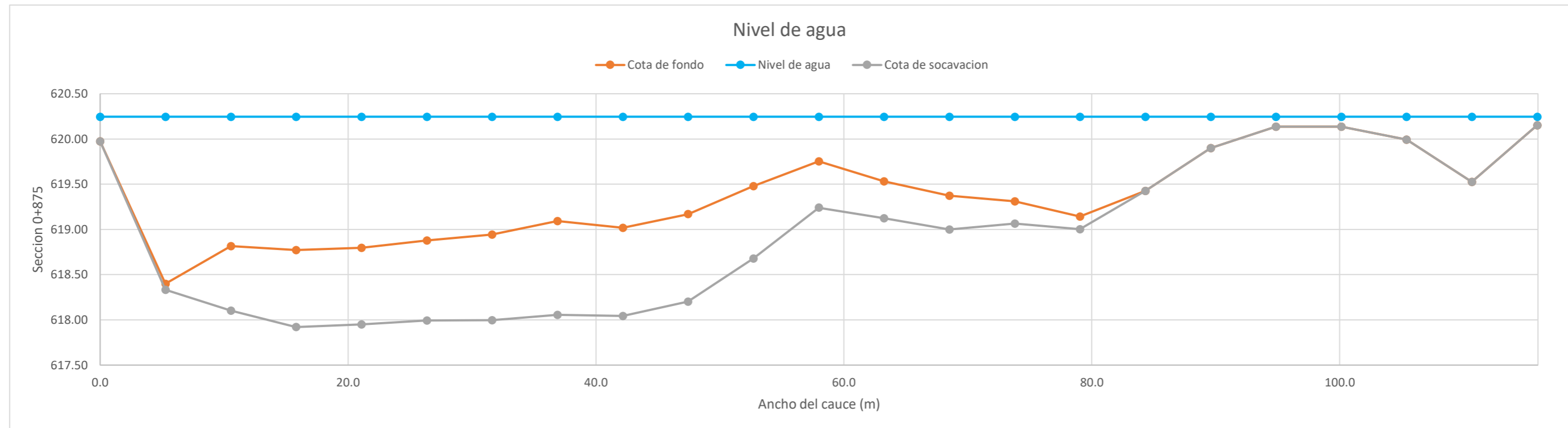
**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+875
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	115.94 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)


ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.27	620.25	619.97	1.00	0.00											619.97
2	5.3	1.85	620.25	618.40	2.18	5.27	1.85	1.59	5.27	1.06	5.58	8.87	1.91	1.91	1.85	0.07	618.33
3	10.5	1.43	620.25	618.82	3.39	5.27	1.85	2.78	5.27	1.64	8.64	24.05	2.77	2.56	1.85	0.71	618.10
4	15.8	1.48	620.25	618.77	3.42	5.27	1.48	3.41	5.27	1.45	7.66	26.10	3.56	2.33	1.48	0.85	617.92
5	21.1	1.45	620.25	618.80	3.40	5.27	1.48	3.41	5.27	1.46	7.71	26.29	3.55	2.32	1.48	0.85	617.95
6	26.4	1.37	620.25	618.88	3.55	5.27	1.45	3.47	5.27	1.41	7.43	25.81	3.68	2.33	1.45	0.88	617.99
7	31.6	1.30	620.25	618.94	3.85	5.27	1.37	3.70	5.27	1.34	7.04	26.06	4.01	2.32	1.37	0.95	618.00
8	36.9	1.15	620.25	619.09	3.99	5.27	1.30	3.92	5.27	1.23	6.47	25.38	4.41	2.34	1.30	1.04	618.06
9	42.2	1.23	620.25	619.02	3.92	5.27	1.23	3.95	5.27	1.19	6.28	24.82	4.51	2.20	1.23	0.97	618.04
10	47.4	1.08	620.25	619.17	3.83	5.27	1.23	3.88	5.27	1.15	6.07	23.54	4.49	2.19	1.23	0.97	618.20
11	52.7	0.77	620.25	619.48	3.28	5.27	1.08	3.56	5.27	0.92	4.86	17.29	4.58	1.88	1.08	0.80	618.68
12	58.0	0.49	620.25	619.75	3.04	5.27	0.77	3.16	5.27	0.63	3.32	10.49	4.96	1.28	0.77	0.51	619.24
13	63.2	0.71	620.25	619.53	2.86	5.27	0.71	2.95	5.27	0.60	3.18	9.37	4.74	1.12	0.71	0.41	619.12
14	68.5	0.87	620.25	619.37	2.69	5.27	0.87	2.77	5.27	0.79	4.18	11.60	3.86	1.25	0.87	0.37	619.00
15	73.8	0.94	620.25	619.31	2.27	5.27	0.94	2.48	5.27	0.91	4.77	11.81	3.22	1.18	0.94	0.25	619.06
16	79.1	1.10	620.25	619.14	1.98	5.27	1.10	2.13	5.27	1.02	5.37	11.43	2.61	1.24	1.10	0.14	619.00
17	84.3	0.82	620.25	619.43	1.43	5.27	1.10	1.71	5.27	0.96	5.07	8.66	2.16	1.07	1.10	0.00	619.43
18	89.6	0.35	620.25	619.90	0.72	5.27	0.82	1.08	5.27	0.58	3.07	3.31	1.76	0.62	0.82	0.00	619.90
19	94.9	0.11	620.25	620.14	0.55	5.27	0.35	0.63	5.27	0.23	1.21	0.76	1.79	0.20	0.35	0.00	620.14
20	100.1	0.11	620.25	620.14	0.55	5.27	0.11	0.55	5.27	0.11	0.58	0.32	2.43	0.06	0.11	0.00	620.14
21	105.4	0.25	620.25	619.99	0.19	5.27	0.25	0.37	5.27	0.18	0.96	0.35	1.19	0.10	0.25	0.00	619.99
22	110.7	0.72	620.25	619.53	0.28	5.27	0.72	0.23	5.27	0.49	2.57	0.60	0.42	0.17	0.72	0.00	619.53
23	115.9	0.09	620.25	620.15	0.21	5.27	0.72	0.25	5.27	0.41	2.14	0.53	0.49	0.19	0.72	0.00	620.15
<b>Min</b>		<b>0.09</b>	<b>620.25</b>	<b>618.40</b>	<b>0.19</b>	<b>0.00</b>	<b>0.11</b>	<b>0.23</b>	<b>5.27</b>	<b>0.11</b>	<b>0.58</b>	<b>0.32</b>	<b>0.42</b>	<b>0.06</b>	<b>0.11</b>	<b>0.00</b>	<b>617.92</b>
<b>Max</b>		<b>1.85</b>	<b>620.25</b>	<b>620.15</b>	<b>3.99</b>	<b>5.27</b>	<b>1.85</b>	<b>3.95</b>	<b>5.27</b>	<b>1.64</b>	<b>8.64</b>	<b>26.29</b>	<b>4.96</b>	<b>2.56</b>	<b>1.85</b>	<b>1.04</b>	<b>620.15</b>
<b>Media</b>		<b>0.87</b>	<b>620.25</b>	<b>619.38</b>	<b>2.29</b>	<b>5.04</b>	<b>1.03</b>	<b>2.36</b>	<b>5.27</b>	<b>0.90</b>	<b>4.74</b>	<b>13.52</b>	<b>3.05</b>	<b>1.40</b>	<b>1.03</b>	<b>0.44</b>	<b>618.95</b>



**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**





 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM				
												Fecha: Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0							

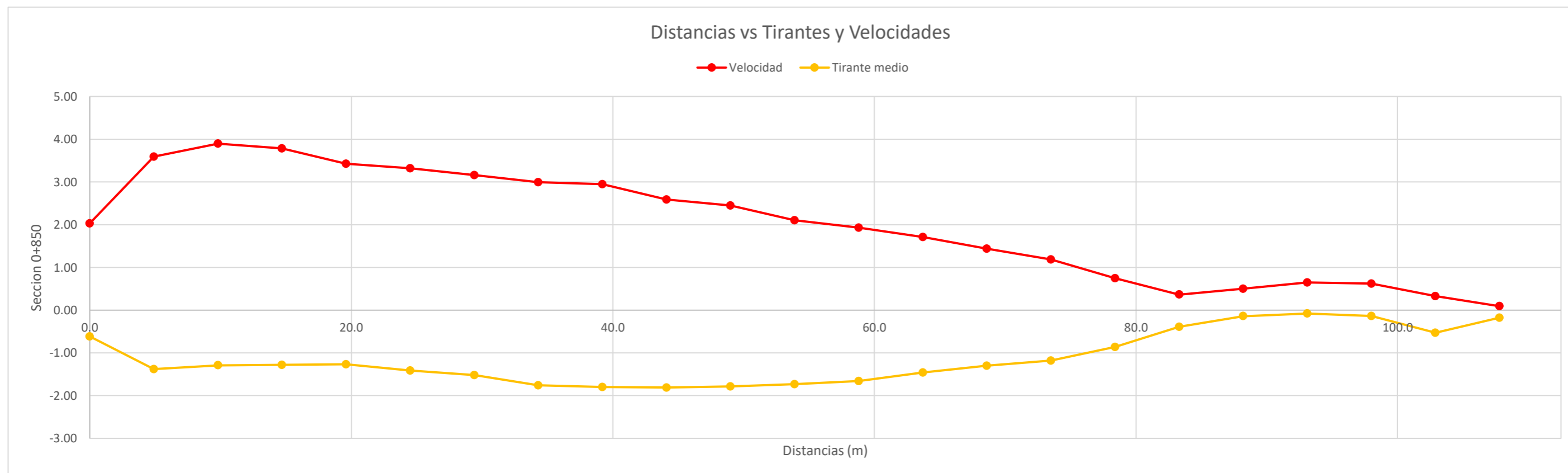
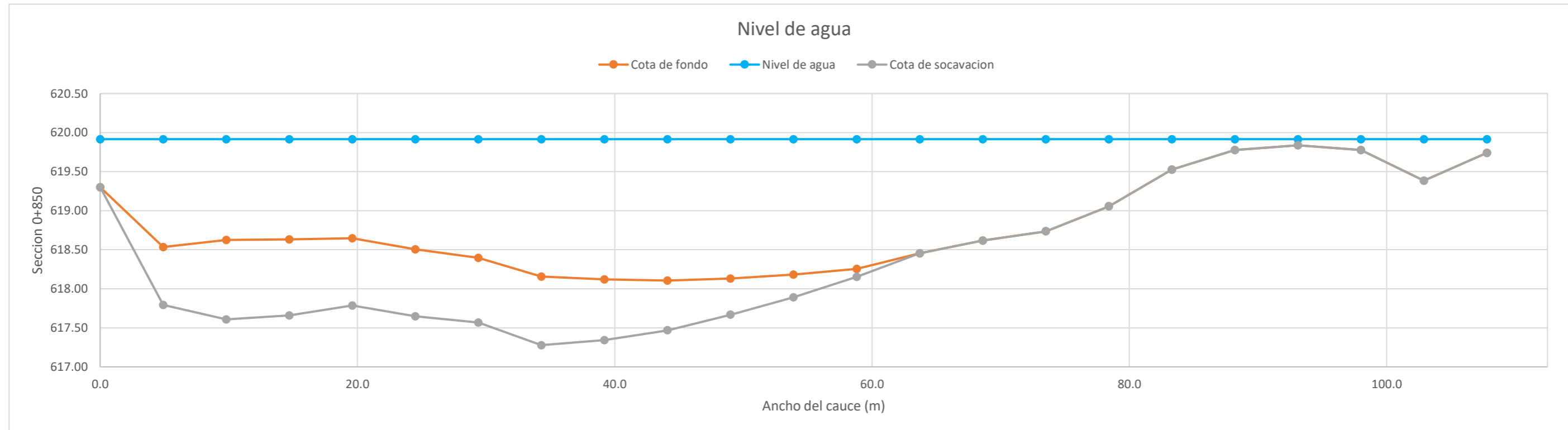
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+850
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	107.80 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.62	619.92	619.30	2.03	0.00											619.30
2	4.9	1.38	619.92	618.53	3.59	4.90	1.38	2.81	4.90	1.00	4.90	13.77	3.53	2.12	1.38	0.74	617.79
3	9.8	1.29	619.92	618.63	3.90	4.90	1.38	3.74	4.90	1.34	6.55	24.53	4.13	2.40	1.38	1.02	617.61
4	14.7	1.28	619.92	618.63	3.79	4.90	1.29	3.84	4.90	1.29	6.31	24.23	4.30	2.27	1.29	0.97	617.66
5	19.6	1.27	619.92	618.65	3.43	4.90	1.28	3.61	4.90	1.28	6.25	22.54	4.06	2.15	1.28	0.86	617.79
6	24.5	1.41	619.92	618.50	3.32	4.90	1.41	3.37	4.90	1.34	6.56	22.14	3.71	2.27	1.41	0.86	617.65
7	29.4	1.52	619.92	618.40	3.16	4.90	1.52	3.24	4.90	1.46	7.18	23.27	3.44	2.35	1.52	0.83	617.57
8	34.3	1.76	619.92	618.16	3.00	4.90	1.76	3.08	4.90	1.64	8.03	24.72	3.12	2.64	1.76	0.88	617.28
9	39.2	1.80	619.92	618.12	2.95	4.90	1.80	2.97	4.90	1.78	8.71	25.89	2.91	2.57	1.80	0.78	617.34
10	44.1	1.81	619.92	618.11	2.59	4.90	1.81	2.77	4.90	1.80	8.84	24.48	2.70	2.45	1.81	0.64	617.47
11	49.0	1.78	619.92	618.13	2.45	4.90	1.81	2.52	4.90	1.80	8.81	22.20	2.46	2.27	1.81	0.46	617.67
12	53.9	1.74	619.92	618.18	2.11	4.90	1.78	2.28	4.90	1.76	8.62	19.64	2.24	2.07	1.78	0.29	617.89
13	58.8	1.66	619.92	618.26	1.93	4.90	1.74	2.02	4.90	1.70	8.32	16.81	2.02	1.84	1.74	0.10	618.15
14	63.7	1.46	619.92	618.45	1.71	4.90	1.66	1.82	4.90	1.56	7.65	13.94	1.88	1.64	1.66	0.00	618.45
15	68.6	1.30	619.92	618.62	1.44	4.90	1.46	1.58	4.90	1.38	6.76	10.66	1.71	1.29	1.46	0.00	618.62
16	73.5	1.18	619.92	618.74	1.19	4.90	1.30	1.31	4.90	1.24	6.07	7.98	1.50	0.99	1.30	0.00	618.74
17	78.4	0.86	619.92	619.06	0.75	4.90	1.18	0.97	4.90	1.02	5.00	4.84	1.21	0.74	1.18	0.00	619.06
18	83.3	0.39	619.92	619.53	0.37	4.90	0.86	0.56	4.90	0.63	3.06	1.71	0.89	0.38	0.86	0.00	619.53
19	88.2	0.14	619.92	619.78	0.50	4.90	0.39	0.43	4.90	0.26	1.30	0.56	1.12	0.16	0.39	0.00	619.78
20	93.1	0.08	619.92	619.84	0.65	4.90	0.14	0.58	4.90	0.11	0.54	0.31	2.59	0.08	0.14	0.00	619.84
21	98.0	0.14	619.92	619.78	0.62	4.90	0.14	0.64	4.90	0.11	0.53	0.34	2.87	0.09	0.14	0.00	619.78
22	102.9	0.53	619.92	619.38	0.33	4.90	0.53	0.47	4.90	0.34	1.64	0.78	1.07	0.24	0.53	0.00	619.38
23	107.8	0.18	619.92	619.74	0.09	4.90	0.53	0.21	4.90	0.35	1.73	0.36	0.46	0.12	0.53	0.00	619.74
<b>Min</b>		<b>0.08</b>	<b>619.92</b>	<b>618.11</b>	<b>0.09</b>	<b>0.00</b>	<b>0.14</b>	<b>0.21</b>	<b>4.90</b>	<b>0.11</b>	<b>0.53</b>	<b>0.31</b>	<b>0.46</b>	<b>0.08</b>	<b>0.14</b>	<b>0.00</b>	<b>617.28</b>
<b>Max</b>		<b>1.81</b>	<b>619.92</b>	<b>619.84</b>	<b>3.90</b>	<b>4.90</b>	<b>1.81</b>	<b>3.84</b>	<b>4.90</b>	<b>1.80</b>	<b>8.84</b>	<b>25.89</b>	<b>4.30</b>	<b>2.64</b>	<b>1.81</b>	<b>1.02</b>	<b>619.84</b>
<b>Media</b>		<b>1.11</b>	<b>619.92</b>	<b>618.80</b>	<b>2.00</b>	<b>4.69</b>	<b>1.23</b>	<b>2.04</b>	<b>4.90</b>	<b>1.14</b>	<b>5.61</b>	<b>13.90</b>	<b>2.45</b>	<b>1.51</b>	<b>1.23</b>	<b>0.38</b>	<b>618.44</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

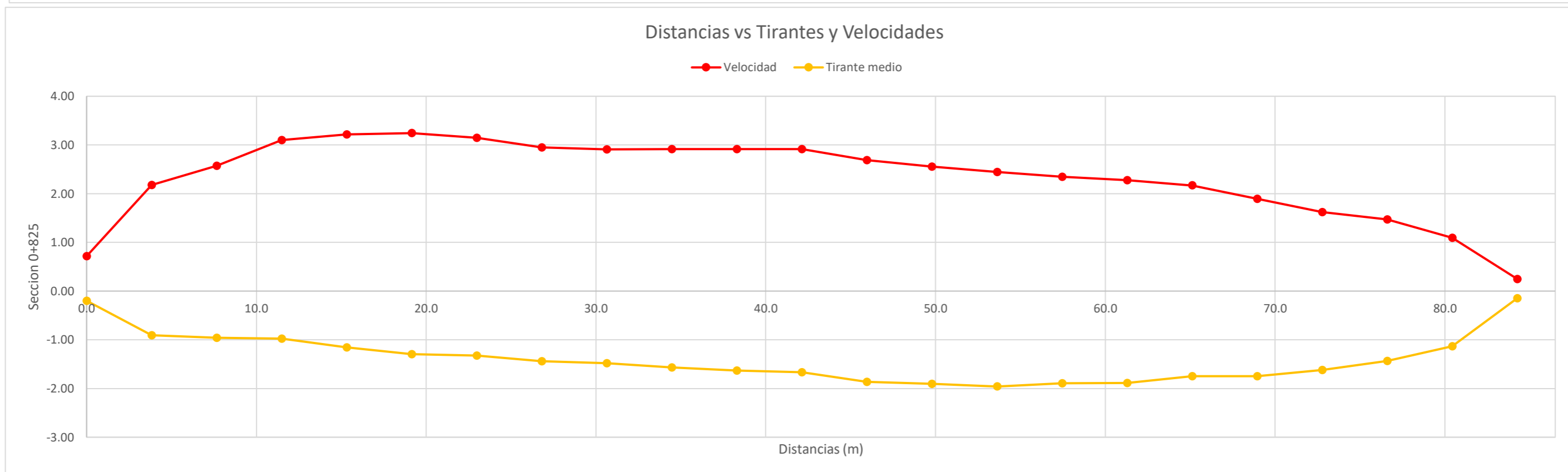
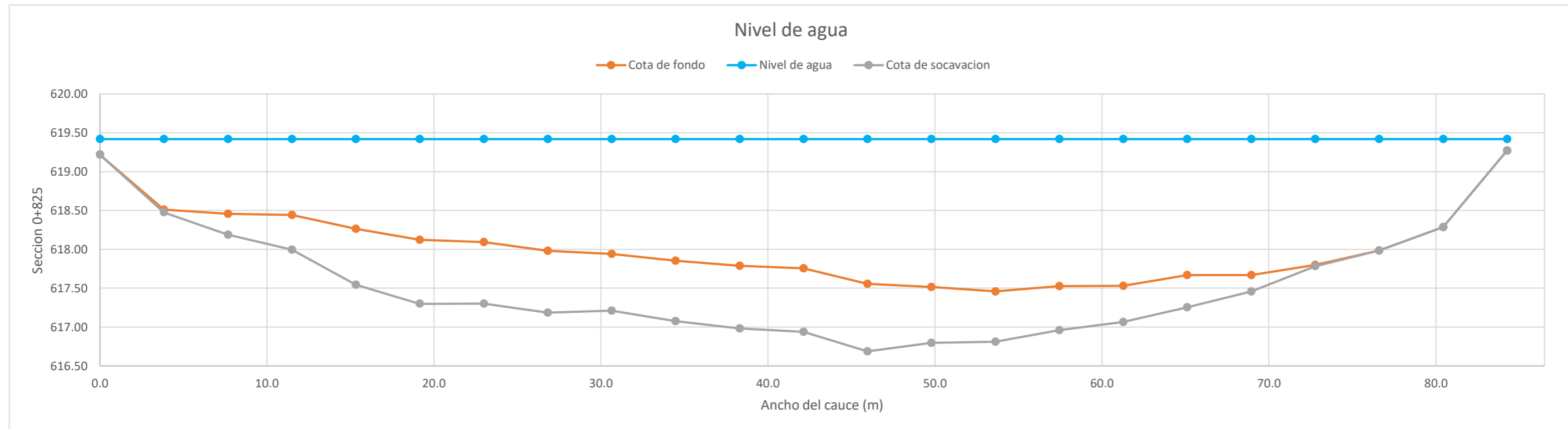
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+825
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	84.26 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.20	619.42	619.22	0.72	0.00											619.22
2	3.8	0.91	619.42	618.51	2.18	3.83	0.91	1.45	3.83	0.55	2.12	3.07	2.54	0.94	0.91	0.03	618.48
3	7.7	0.96	619.42	618.46	2.57	3.83	0.96	2.38	3.83	0.93	3.58	8.50	3.24	1.23	0.96	0.27	618.19
4	11.5	0.98	619.42	618.44	3.10	3.83	0.98	2.84	3.83	0.97	3.71	10.52	3.81	1.42	0.98	0.45	618.00
5	15.3	1.16	619.42	618.26	3.21	3.83	1.16	3.16	3.83	1.07	4.08	12.88	4.06	1.87	1.16	0.72	617.55
6	19.2	1.30	619.42	618.12	3.24	3.83	1.30	3.23	3.83	1.23	4.70	15.17	3.92	2.12	1.30	0.82	617.30
7	23.0	1.33	619.42	618.09	3.15	3.83	1.33	3.20	3.83	1.31	5.02	16.05	3.78	2.12	1.33	0.79	617.30
8	26.8	1.44	619.42	617.98	2.95	3.83	1.44	3.05	3.83	1.38	5.29	16.14	3.53	2.23	1.44	0.80	617.19
9	30.6	1.48	619.42	617.94	2.91	3.83	1.48	2.93	3.83	1.46	5.59	16.37	3.32	2.21	1.48	0.73	617.21
10	34.5	1.57	619.42	617.85	2.91	3.83	1.57	2.91	3.83	1.52	5.83	16.98	3.25	2.34	1.57	0.77	617.08
11	38.3	1.63	619.42	617.79	2.91	3.83	1.63	2.91	3.83	1.60	6.12	17.84	3.19	2.44	1.63	0.80	616.98
12	42.1	1.66	619.42	617.75	2.91	3.83	1.66	2.91	3.83	1.65	6.31	18.39	3.16	2.48	1.66	0.81	616.94
13	46.0	1.86	619.42	617.56	2.69	3.83	1.86	2.80	3.83	1.76	6.75	18.90	2.96	2.73	1.86	0.87	616.69
14	49.8	1.90	619.42	617.52	2.56	3.83	1.90	2.62	3.83	1.88	7.21	18.89	2.71	2.62	1.90	0.72	616.80
15	53.6	1.96	619.42	617.46	2.44	3.83	1.96	2.50	3.83	1.93	7.40	18.49	2.57	2.61	1.96	0.65	616.81
16	57.5	1.89	619.42	617.53	2.35	3.83	1.96	2.40	3.83	1.93	7.38	17.68	2.46	2.52	1.96	0.57	616.96
17	61.3	1.89	619.42	617.53	2.28	3.83	1.89	2.31	3.83	1.89	7.24	16.74	2.39	2.36	1.89	0.47	617.07
18	65.1	1.75	619.42	617.67	2.17	3.83	1.89	2.22	3.83	1.82	6.96	15.49	2.33	2.30	1.89	0.41	617.26
19	68.9	1.75	619.42	617.67	1.89	3.83	1.75	2.03	3.83	1.75	6.70	13.61	2.16	1.96	1.75	0.21	617.46
20	72.8	1.62	619.42	617.80	1.62	3.83	1.75	1.76	3.83	1.68	6.45	11.33	1.89	1.77	1.75	0.02	617.78
21	76.6	1.44	619.42	617.98	1.47	3.83	1.62	1.55	3.83	1.53	5.85	9.04	1.72	1.48	1.62	0.00	617.98
22	80.4	1.13	619.42	618.29	1.09	3.83	1.44	1.28	3.83	1.28	4.92	6.31	1.53	1.15	1.44	0.00	618.29
23	84.3	0.15	619.42	619.27	0.25	3.83	1.13	0.67	3.83	0.64	2.45	1.64	1.10	0.65	1.13	0.00	619.27
<b>Min</b>		<b>0.15</b>	<b>619.42</b>	<b>617.46</b>	<b>0.25</b>	<b>0.00</b>	<b>0.91</b>	<b>0.67</b>	<b>3.83</b>	<b>0.55</b>	<b>2.12</b>	<b>1.64</b>	<b>1.10</b>	<b>0.65</b>	<b>0.91</b>	<b>0.00</b>	<b>616.69</b>
<b>Max</b>		<b>1.96</b>	<b>619.42</b>	<b>619.27</b>	<b>3.24</b>	<b>3.83</b>	<b>1.96</b>	<b>3.23</b>	<b>3.83</b>	<b>1.93</b>	<b>7.40</b>	<b>18.90</b>	<b>4.06</b>	<b>2.73</b>	<b>1.96</b>	<b>0.87</b>	<b>619.27</b>
<b>Media</b>		<b>1.39</b>	<b>619.42</b>	<b>618.03</b>	<b>2.33</b>	<b>3.66</b>	<b>1.53</b>	<b>2.41</b>	<b>3.83</b>	<b>1.44</b>	<b>5.53</b>	<b>13.64</b>	<b>2.80</b>	<b>1.98</b>	<b>1.53</b>	<b>0.50</b>	<b>617.56</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

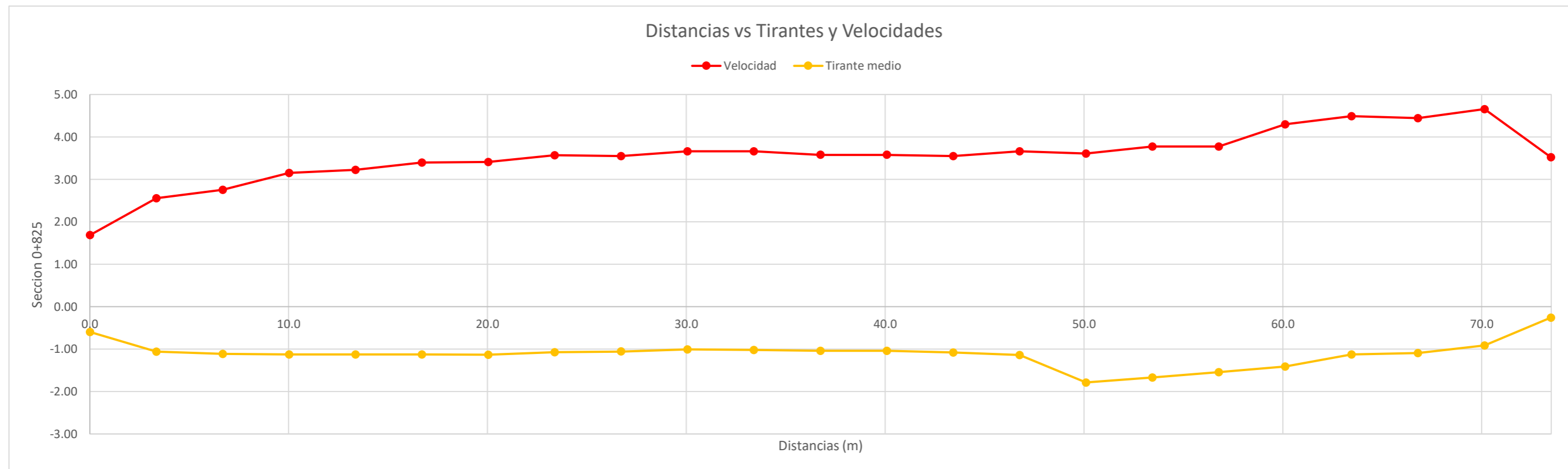
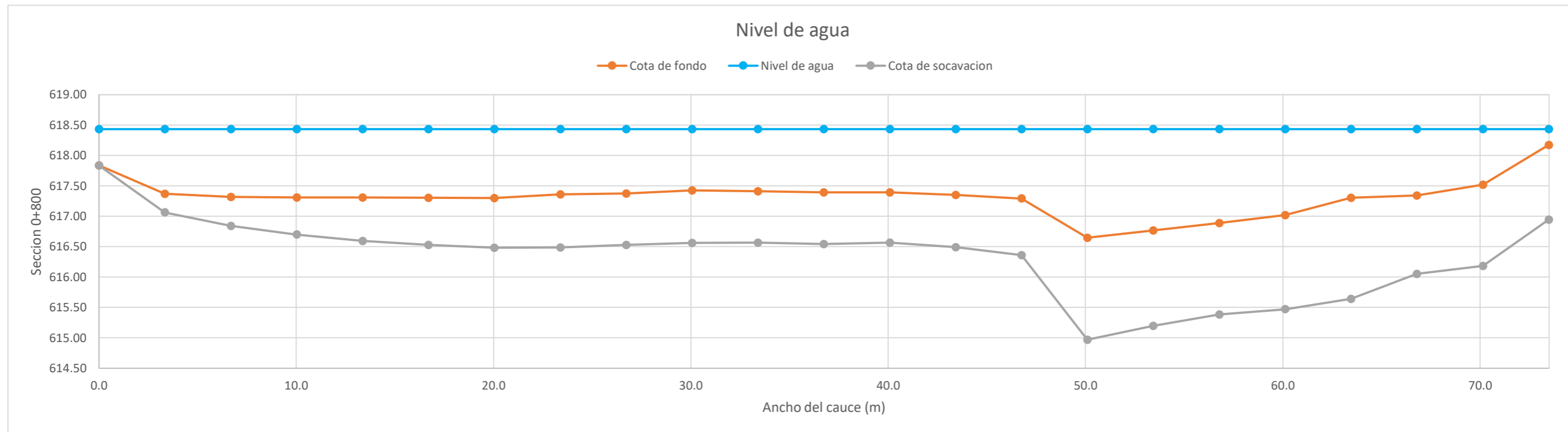
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+800
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	73.48 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.60	618.43	617.84	1.68	0.00											617.84
2	3.3	1.06	618.43	617.37	2.56	3.34	1.06	2.12	3.34	0.83	2.77	5.88	3.14	1.37	1.06	0.31	617.06
3	6.7	1.11	618.43	617.32	2.75	3.34	1.11	2.66	3.34	1.09	3.63	9.65	3.51	1.59	1.11	0.48	616.84
4	10.0	1.12	618.43	617.31	3.15	3.34	1.12	2.95	3.34	1.12	3.74	11.04	3.86	1.73	1.12	0.61	616.70
5	13.4	1.12	618.43	617.31	3.22	3.34	1.12	3.19	3.34	1.12	3.75	11.97	4.16	1.84	1.12	0.71	616.59
6	16.7	1.13	618.43	617.30	3.40	3.34	1.13	3.31	3.34	1.13	3.76	12.46	4.31	1.90	1.13	0.77	616.53
7	20.0	1.13	618.43	617.30	3.41	3.34	1.13	3.41	3.34	1.13	3.78	12.86	4.43	1.95	1.13	0.82	616.48
8	23.4	1.07	618.43	617.36	3.57	3.34	1.13	3.49	3.34	1.10	3.69	12.87	4.59	2.01	1.13	0.87	616.49
9	26.7	1.06	618.43	617.38	3.55	3.34	1.07	3.56	3.34	1.07	3.56	12.67	4.74	1.92	1.07	0.85	616.53
10	30.1	1.01	618.43	617.43	3.66	3.34	1.06	3.61	3.34	1.03	3.45	12.43	4.86	1.92	1.06	0.86	616.56
11	33.4	1.02	618.43	617.41	3.66	3.34	1.02	3.66	3.34	1.01	3.39	12.41	4.98	1.87	1.02	0.85	616.57
12	36.7	1.04	618.43	617.39	3.58	3.34	1.04	3.62	3.34	1.03	3.44	12.47	4.89	1.89	1.04	0.85	616.55
13	40.1	1.04	618.43	617.39	3.58	3.34	1.04	3.58	3.34	1.04	3.48	12.44	4.81	1.86	1.04	0.82	616.57
14	43.4	1.08	618.43	617.35	3.55	3.34	1.08	3.56	3.34	1.06	3.54	12.63	4.75	1.94	1.08	0.86	616.49
15	46.8	1.14	618.43	617.29	3.66	3.34	1.14	3.60	3.34	1.11	3.71	13.37	4.72	2.07	1.14	0.93	616.36
16	50.1	1.79	618.43	616.65	3.61	3.34	1.79	3.64	3.34	1.46	4.89	17.77	4.29	3.46	1.79	1.68	614.97
17	53.4	1.67	618.43	616.77	3.77	3.34	1.79	3.69	3.34	1.73	5.77	21.29	4.12	3.35	1.79	1.57	615.20
18	56.8	1.54	618.43	616.89	3.77	3.34	1.67	3.77	3.34	1.60	5.36	20.22	4.31	3.18	1.67	1.51	615.38
19	60.1	1.41	618.43	617.02	4.30	3.34	1.54	4.03	3.34	1.48	4.94	19.91	4.74	3.09	1.54	1.55	615.47
20	63.5	1.13	618.43	617.31	4.49	3.34	1.41	4.39	3.34	1.27	4.24	18.64	5.46	3.08	1.41	1.67	615.64
21	66.8	1.09	618.43	617.34	4.44	3.34	1.13	4.47	3.34	1.11	3.70	16.55	5.85	2.42	1.13	1.29	616.05
22	70.1	0.91	618.43	617.52	4.66	3.34	1.09	4.55	3.34	1.00	3.35	15.23	6.21	2.43	1.09	1.34	616.18
23	73.5	0.26	618.43	618.17	3.52	3.34	0.91	4.09	3.34	0.59	1.96	8.00	7.14	2.14	0.91	1.23	616.94
<b>Min</b>		<b>0.26</b>	<b>618.43</b>	<b>616.65</b>	<b>1.68</b>	<b>0.00</b>	<b>0.91</b>	<b>2.12</b>	<b>3.34</b>	<b>0.59</b>	<b>1.96</b>	<b>5.88</b>	<b>3.14</b>	<b>1.37</b>	<b>0.91</b>	<b>0.31</b>	<b>614.97</b>
<b>Max</b>		<b>1.79</b>	<b>618.43</b>	<b>618.17</b>	<b>4.66</b>	<b>3.34</b>	<b>1.79</b>	<b>4.55</b>	<b>3.34</b>	<b>1.73</b>	<b>5.77</b>	<b>21.29</b>	<b>7.14</b>	<b>3.46</b>	<b>1.79</b>	<b>1.68</b>	<b>617.84</b>
<b>Media</b>		<b>1.11</b>	<b>618.43</b>	<b>617.32</b>	<b>3.55</b>	<b>3.19</b>	<b>1.21</b>	<b>3.59</b>	<b>3.34</b>	<b>1.14</b>	<b>3.81</b>	<b>13.76</b>	<b>4.72</b>	<b>2.23</b>	<b>1.21</b>	<b>1.02</b>	<b>616.35</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+775
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	78.76 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

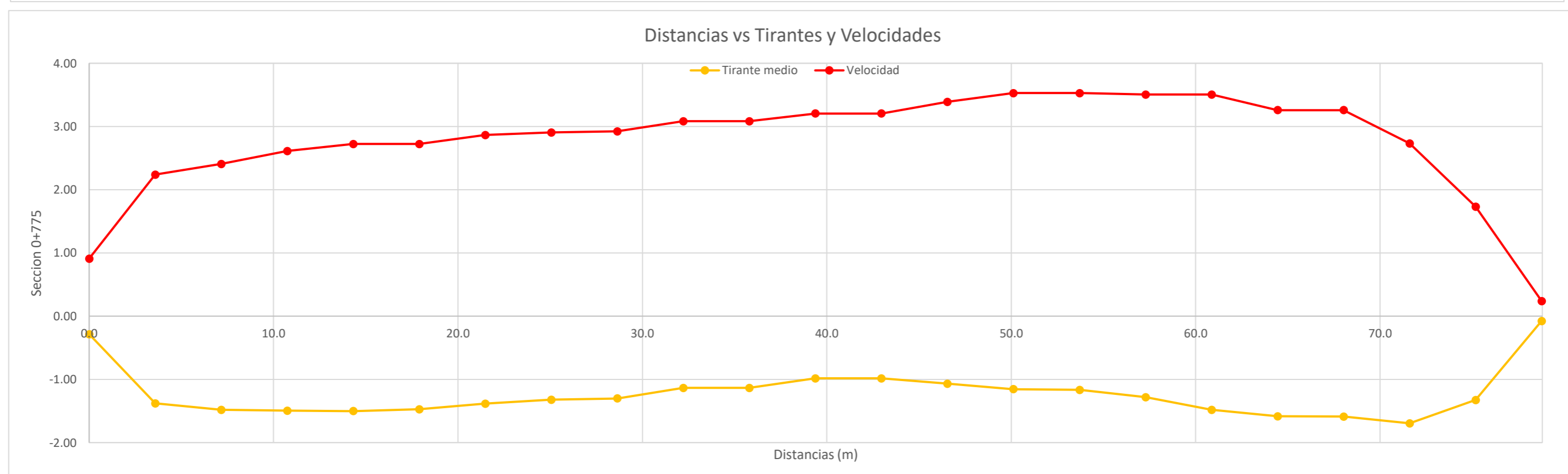
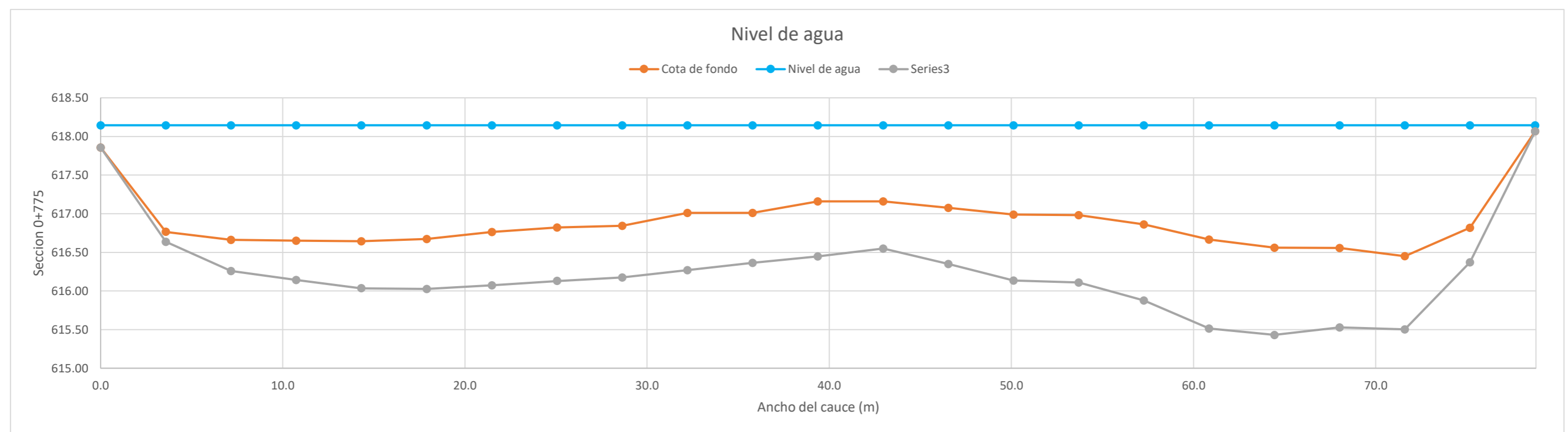
ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.29	618.14	617.86	0.91	0.00											617.86
2	3.6	1.38	618.14	616.77	2.24	3.58	1.38	1.58	3.58	0.83	2.98	4.70	2.30	1.51	1.38	0.13	616.64
3	7.2	1.48	618.14	616.66	2.41	3.58	1.48	2.32	3.58	1.43	5.12	11.91	2.71	1.89	1.48	0.40	616.26
4	10.7	1.49	618.14	616.65	2.61	3.58	1.49	2.51	3.58	1.49	5.33	13.38	2.88	2.00	1.49	0.51	616.14
5	14.3	1.50	618.14	616.64	2.72	3.58	1.50	2.67	3.58	1.50	5.36	14.30	3.06	2.11	1.50	0.61	616.04
6	17.9	1.47	618.14	616.67	2.72	3.58	1.50	2.72	3.58	1.49	5.32	14.48	3.13	2.15	1.50	0.65	616.03
7	21.5	1.38	618.14	616.76	2.86	3.58	1.47	2.79	3.58	1.43	5.11	14.26	3.26	2.16	1.47	0.69	616.07
8	25.1	1.32	618.14	616.82	2.91	3.58	1.38	2.89	3.58	1.35	4.84	13.97	3.43	2.07	1.38	0.69	616.13
9	28.6	1.30	618.14	616.84	2.92	3.58	1.32	2.92	3.58	1.31	4.70	13.70	3.51	1.99	1.32	0.67	616.17
10	32.2	1.13	618.14	617.01	3.09	3.58	1.30	3.00	3.58	1.22	4.36	13.09	3.73	2.04	1.30	0.74	616.27
11	35.8	1.13	618.14	617.01	3.09	3.58	1.13	3.09	3.58	1.13	4.06	12.51	3.94	1.78	1.13	0.65	616.37
12	39.4	0.98	618.14	617.16	3.21	3.58	1.13	3.15	3.58	1.06	3.79	11.92	4.13	1.85	1.13	0.71	616.45
13	43.0	0.98	618.14	617.16	3.21	3.58	0.98	3.21	3.58	0.98	3.52	11.29	4.34	1.60	0.98	0.61	616.55
14	46.5	1.07	618.14	617.08	3.39	3.58	1.07	3.30	3.58	1.03	3.67	12.11	4.38	1.79	1.07	0.73	616.35
15	50.1	1.15	618.14	616.99	3.53	3.58	1.15	3.46	3.58	1.11	3.98	13.77	4.45	2.01	1.15	0.85	616.14
16	53.7	1.16	618.14	616.98	3.53	3.58	1.16	3.53	3.58	1.16	4.15	14.65	4.46	2.04	1.16	0.87	616.11
17	57.3	1.28	618.14	616.86	3.51	3.58	1.28	3.52	3.58	1.22	4.38	15.41	4.35	2.27	1.28	0.98	615.88
18	60.9	1.48	618.14	616.66	3.51	3.58	1.48	3.51	3.58	1.38	4.95	17.35	4.14	2.63	1.48	1.15	615.51
19	64.4	1.58	618.14	616.56	3.26	3.58	1.58	3.38	3.58	1.53	5.49	18.56	3.84	2.71	1.58	1.13	615.43
20	68.0	1.59	618.14	616.56	3.26	3.58	1.59	3.26	3.58	1.59	5.68	18.51	3.66	2.62	1.59	1.03	615.53
21	71.6	1.69	618.14	616.45	2.73	3.58	1.69	3.00	3.58	1.64	5.88	17.60	3.32	2.64	1.69	0.95	615.50
22	75.2	1.33	618.14	616.82	1.73	3.58	1.69	2.23	3.58	1.51	5.41	12.06	2.55	2.14	1.69	0.45	616.37
23	78.8	0.08	618.14	618.07	0.24	3.58	1.33	0.99	3.58	0.70	2.51	2.47	1.56	1.05	1.33	0.00	618.07
<b>Min</b>		<b>0.08</b>	<b>618.14</b>	<b>616.45</b>	<b>0.24</b>	<b>0.00</b>	<b>0.98</b>	<b>0.99</b>	<b>3.58</b>	<b>0.70</b>	<b>2.51</b>	<b>2.47</b>	<b>1.56</b>	<b>1.05</b>	<b>0.98</b>	<b>0.00</b>	<b>615.43</b>
<b>Max</b>		<b>1.69</b>	<b>618.14</b>	<b>618.07</b>	<b>3.53</b>	<b>3.58</b>	<b>1.69</b>	<b>3.53</b>	<b>3.58</b>	<b>1.64</b>	<b>5.88</b>	<b>18.56</b>	<b>4.46</b>	<b>2.71</b>	<b>1.69</b>	<b>1.15</b>	<b>618.07</b>
<b>Media</b>		<b>1.23</b>	<b>618.14</b>	<b>616.92</b>	<b>2.76</b>	<b>3.42</b>	<b>1.37</b>	<b>2.86</b>	<b>3.58</b>	<b>1.28</b>	<b>4.57</b>	<b>13.27</b>	<b>3.51</b>	<b>2.05</b>	<b>1.37</b>	<b>0.69</b>	<b>616.25</b>




Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"

Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11
----------------	------	---------------	------	---------------	-------	--------	----

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**





 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM				
												Fecha: Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0							

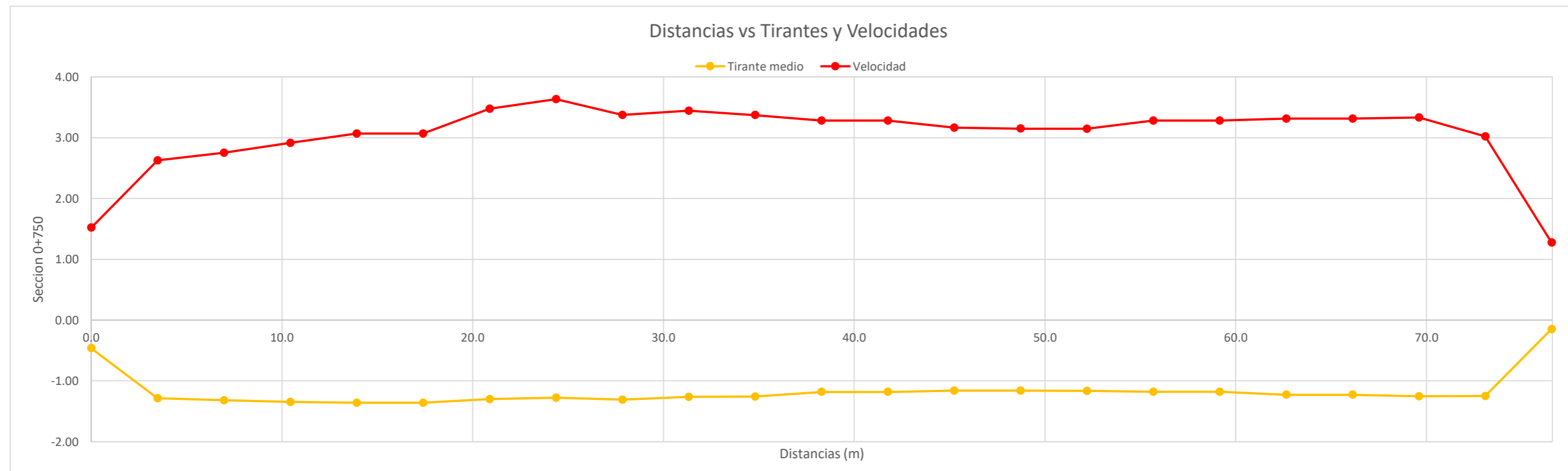
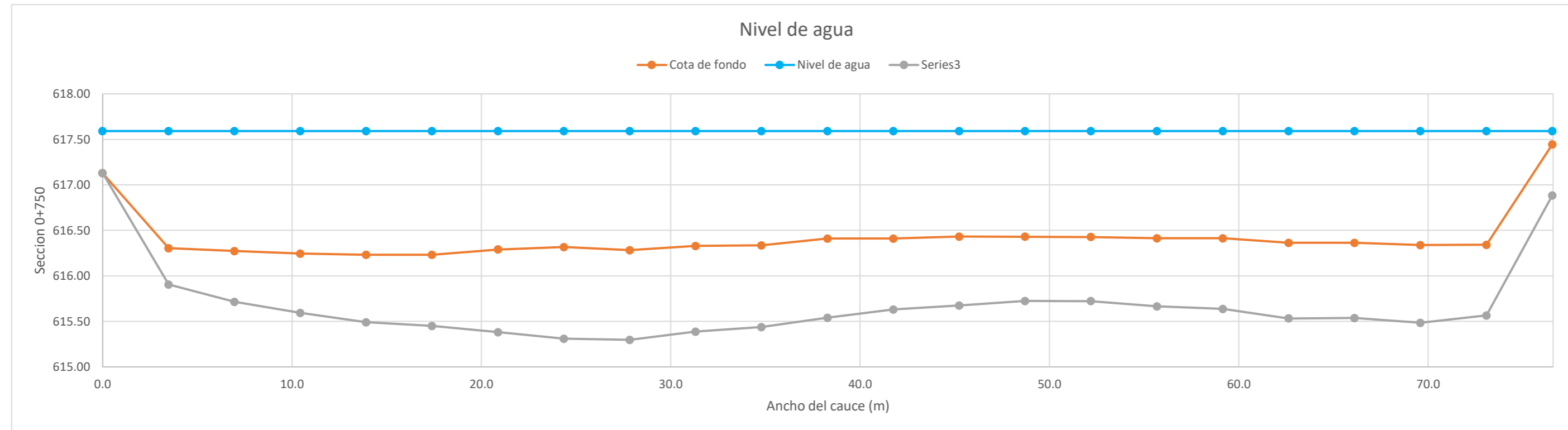
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+750
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	76.56 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.46	617.59	617.13	1.52	0.00											617.13
2	3.5	1.29	617.59	616.31	2.63	3.48	1.29	2.07	3.48	0.87	3.04	6.31	2.97	1.69	1.29	0.40	615.91
3	7.0	1.32	617.59	616.27	2.75	3.48	1.32	2.69	3.48	1.30	4.53	12.19	3.27	1.88	1.32	0.56	615.71
4	10.4	1.35	617.59	616.24	2.91	3.48	1.35	2.83	3.48	1.33	4.64	13.14	3.42	2.00	1.35	0.65	615.59
5	13.9	1.36	617.59	616.23	3.07	3.48	1.36	2.99	3.48	1.35	4.71	14.09	3.59	2.10	1.36	0.74	615.49
6	17.4	1.36	617.59	616.23	3.07	3.48	1.36	3.07	3.48	1.36	4.73	14.51	3.67	2.14	1.36	0.78	615.45
7	20.9	1.30	617.59	616.29	3.48	3.48	1.36	3.27	3.48	1.33	4.63	15.14	3.95	2.27	1.36	0.91	615.38
8	24.4	1.28	617.59	616.32	3.63	3.48	1.30	3.55	3.48	1.29	4.48	15.93	4.34	2.31	1.30	1.01	615.31
9	27.8	1.31	617.59	616.28	3.37	3.48	1.31	3.50	3.48	1.29	4.49	15.75	4.28	2.29	1.31	0.99	615.30
10	31.3	1.26	617.59	616.33	3.44	3.48	1.31	3.41	3.48	1.29	4.47	15.24	4.17	2.25	1.31	0.94	615.39
11	34.8	1.26	617.59	616.34	3.37	3.48	1.26	3.41	3.48	1.26	4.38	14.94	4.20	2.16	1.26	0.90	615.44
12	38.3	1.18	617.59	616.41	3.28	3.48	1.26	3.33	3.48	1.22	4.24	14.11	4.15	2.13	1.26	0.87	615.54
13	41.8	1.18	617.59	616.41	3.28	3.48	1.18	3.28	3.48	1.18	4.11	13.49	4.15	1.96	1.18	0.78	615.63
14	45.2	1.16	617.59	616.43	3.16	3.48	1.18	3.22	3.48	1.17	4.07	13.13	4.09	1.94	1.18	0.76	615.68
15	48.7	1.16	617.59	616.43	3.15	3.48	1.16	3.16	3.48	1.16	4.04	12.74	4.02	1.87	1.16	0.71	615.72
16	52.2	1.16	617.59	616.43	3.15	3.48	1.16	3.15	3.48	1.16	4.04	12.73	4.00	1.87	1.16	0.70	615.72
17	55.7	1.18	617.59	616.41	3.28	3.48	1.18	3.21	3.48	1.17	4.07	13.10	4.08	1.93	1.18	0.75	615.67
18	59.2	1.18	617.59	616.41	3.28	3.48	1.18	3.28	3.48	1.18	4.10	13.46	4.15	1.95	1.18	0.78	615.64
19	62.6	1.23	617.59	616.36	3.31	3.48	1.23	3.30	3.48	1.20	4.19	13.81	4.14	2.06	1.23	0.83	615.53
20	66.1	1.23	617.59	616.36	3.31	3.48	1.23	3.31	3.48	1.23	4.27	14.16	4.13	2.05	1.23	0.82	615.54
21	69.6	1.25	617.59	616.34	3.33	3.48	1.25	3.32	3.48	1.24	4.32	14.35	4.12	2.11	1.25	0.85	615.48
22	73.1	1.25	617.59	616.34	3.02	3.48	1.25	3.18	3.48	1.25	4.36	13.85	3.93	2.03	1.25	0.77	615.57
23	76.6	0.15	617.59	617.44	1.27	3.48	1.25	2.15	3.48	0.70	2.43	5.22	3.42	1.81	1.25	0.56	616.88
<b>Min</b>		<b>0.15</b>	<b>617.59</b>	<b>616.23</b>	<b>1.27</b>	<b>0.00</b>	<b>1.16</b>	<b>2.07</b>	<b>3.48</b>	<b>0.70</b>	<b>2.43</b>	<b>5.22</b>	<b>2.97</b>	<b>1.69</b>	<b>1.16</b>	<b>0.40</b>	<b>615.30</b>
<b>Max</b>		<b>1.36</b>	<b>617.59</b>	<b>617.44</b>	<b>3.63</b>	<b>3.48</b>	<b>1.36</b>	<b>3.55</b>	<b>3.48</b>	<b>1.36</b>	<b>4.73</b>	<b>15.93</b>	<b>4.34</b>	<b>2.31</b>	<b>1.36</b>	<b>1.01</b>	<b>617.13</b>
<b>Media</b>		<b>1.17</b>	<b>617.59</b>	<b>616.42</b>	<b>3.05</b>	<b>3.33</b>	<b>1.26</b>	<b>3.12</b>	<b>3.48</b>	<b>1.21</b>	<b>4.20</b>	<b>13.24</b>	<b>3.92</b>	<b>2.04</b>	<b>1.26</b>	<b>0.78</b>	<b>615.68</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM				
												Fecha: Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0							

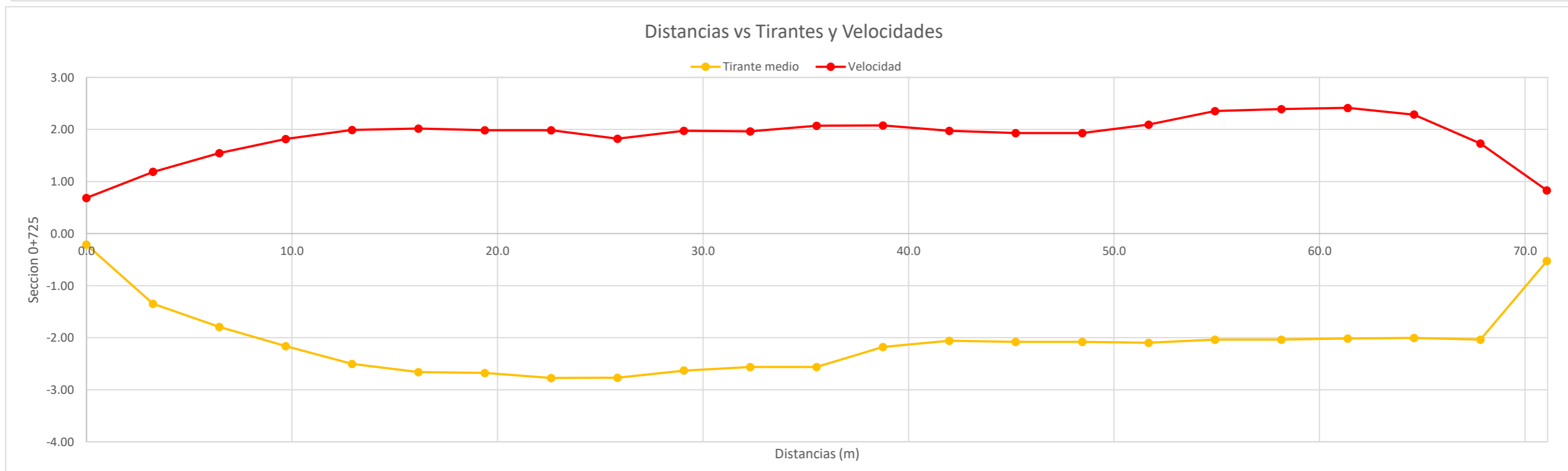
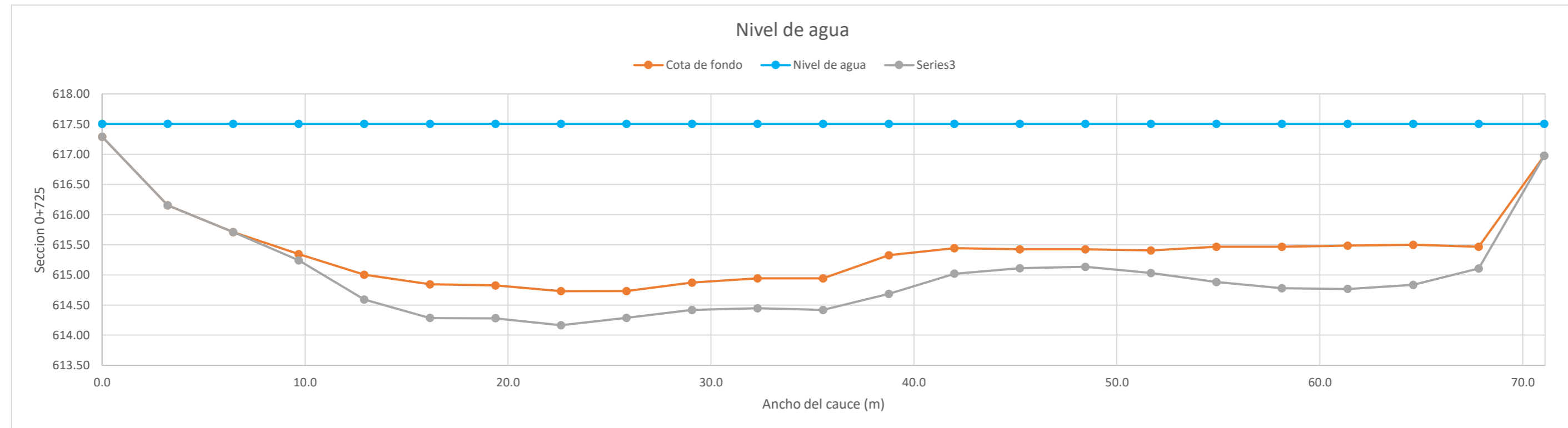
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+725
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	71.06 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.21	617.50	617.29	0.69	0.00											617.29
2	3.2	1.35	617.50	616.15	1.19	3.23	1.35	0.94	3.23	0.78	2.52	2.36	1.44	1.01	1.35	0.00	616.15
3	6.5	1.79	617.50	615.71	1.55	3.23	1.79	1.37	3.23	1.57	5.08	6.94	1.59	1.59	1.79	0.00	615.71
4	9.7	2.16	617.50	615.34	1.82	3.23	2.16	1.68	3.23	1.98	6.38	10.74	1.82	2.26	2.16	0.10	615.24
5	12.9	2.50	617.50	615.00	1.99	3.23	2.50	1.90	3.23	2.33	7.53	14.33	1.96	2.91	2.50	0.41	614.59
6	16.2	2.66	617.50	614.84	2.02	3.23	2.66	2.00	3.23	2.58	8.34	16.71	2.01	3.22	2.66	0.56	614.28
7	19.4	2.68	617.50	614.82	1.99	3.23	2.68	2.00	3.23	2.67	8.62	17.26	1.99	3.22	2.68	0.54	614.28
8	22.6	2.77	617.50	614.73	1.99	3.23	2.77	1.99	3.23	2.73	8.81	17.49	1.97	3.34	2.77	0.56	614.16
9	25.8	2.77	617.50	614.73	1.82	3.23	2.77	1.90	3.23	2.77	8.95	17.05	1.88	3.22	2.77	0.45	614.29
10	29.1	2.63	617.50	614.87	1.98	3.23	2.77	1.90	3.23	2.70	8.72	16.56	1.89	3.22	2.77	0.45	614.42
11	32.3	2.56	617.50	614.94	1.96	3.23	2.63	1.97	3.23	2.60	8.39	16.52	1.97	3.12	2.63	0.49	614.45
12	35.5	2.56	617.50	614.94	2.07	3.23	2.56	2.02	3.23	2.56	8.28	16.70	2.03	3.08	2.56	0.52	614.42
13	38.8	2.18	617.50	615.33	2.08	3.23	2.56	2.07	3.23	2.37	7.66	15.87	2.13	3.20	2.56	0.64	614.69
14	42.0	2.06	617.50	615.44	1.97	3.23	2.18	2.02	3.23	2.12	6.84	13.85	2.15	2.60	2.18	0.42	615.02
15	45.2	2.08	617.50	615.42	1.93	3.23	2.08	1.95	3.23	2.07	6.69	13.06	2.08	2.39	2.08	0.31	615.11
16	48.5	2.08	617.50	615.42	1.93	3.23	2.08	1.93	3.23	2.08	6.72	12.98	2.06	2.37	2.08	0.29	615.13
17	51.7	2.10	617.50	615.41	2.09	3.23	2.10	2.01	3.23	2.09	6.74	13.58	2.14	2.47	2.10	0.38	615.03
18	54.9	2.04	617.50	615.47	2.36	3.23	2.10	2.22	3.23	2.07	6.67	14.85	2.37	2.68	2.10	0.59	614.88
19	58.1	2.04	617.50	615.47	2.39	3.23	2.04	2.37	3.23	2.04	6.58	15.61	2.54	2.73	2.04	0.69	614.78
20	61.4	2.02	617.50	615.49	2.42	3.23	2.04	2.40	3.23	2.03	6.55	15.74	2.58	2.76	2.04	0.72	614.77
21	64.6	2.01	617.50	615.50	2.29	3.23	2.02	2.35	3.23	2.01	6.50	15.28	2.53	2.68	2.02	0.66	614.83
22	67.8	2.04	617.50	615.47	1.73	3.23	2.04	2.01	3.23	2.02	6.53	13.13	2.16	2.40	2.04	0.36	615.11
23	71.1	0.53	617.50	616.98	0.83	3.23	2.04	1.28	3.23	1.28	4.14	5.30	1.60	1.89	2.04	0.00	616.98
<b>Min</b>		<b>0.21</b>	<b>617.50</b>	<b>614.73</b>	<b>0.69</b>	<b>0.00</b>	<b>1.35</b>	<b>0.94</b>	<b>3.23</b>	<b>0.78</b>	<b>2.52</b>	<b>2.36</b>	<b>1.44</b>	<b>1.01</b>	<b>1.35</b>	<b>0.00</b>	<b>614.16</b>
<b>Max</b>		<b>2.77</b>	<b>617.50</b>	<b>617.29</b>	<b>2.42</b>	<b>3.23</b>	<b>2.77</b>	<b>2.40</b>	<b>3.23</b>	<b>2.77</b>	<b>8.95</b>	<b>17.49</b>	<b>2.58</b>	<b>3.34</b>	<b>2.77</b>	<b>0.72</b>	<b>617.29</b>
<b>Media</b>		<b>2.08</b>	<b>617.50</b>	<b>615.42</b>	<b>1.87</b>	<b>3.09</b>	<b>2.27</b>	<b>1.92</b>	<b>3.23</b>	<b>2.16</b>	<b>6.97</b>	<b>13.72</b>	<b>2.04</b>	<b>2.65</b>	<b>2.27</b>	<b>0.42</b>	<b>615.03</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

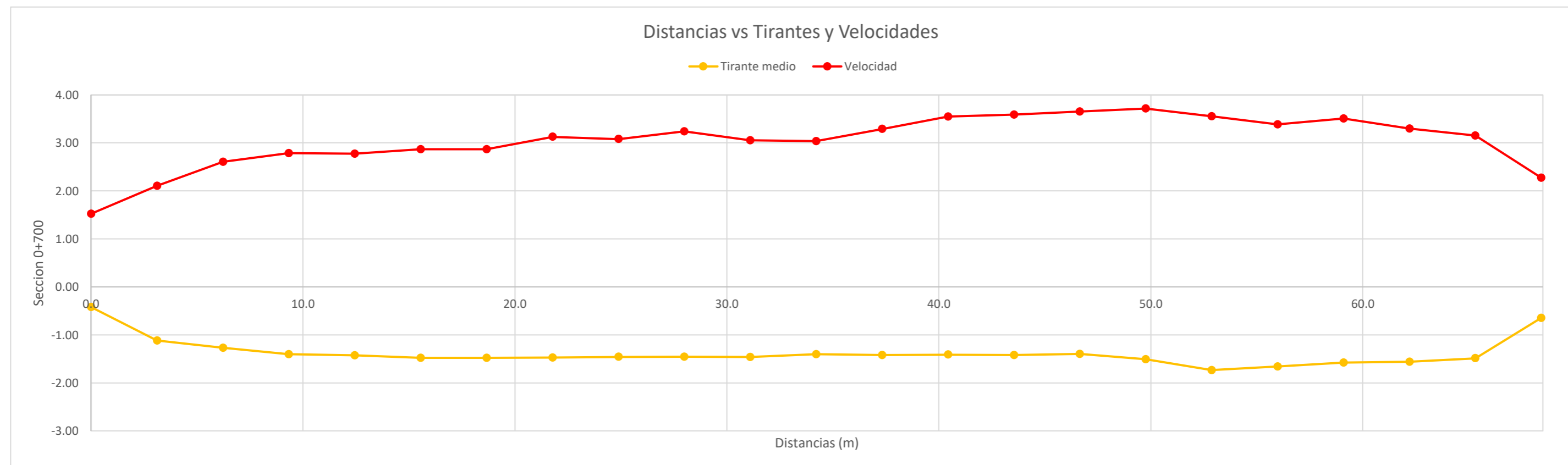
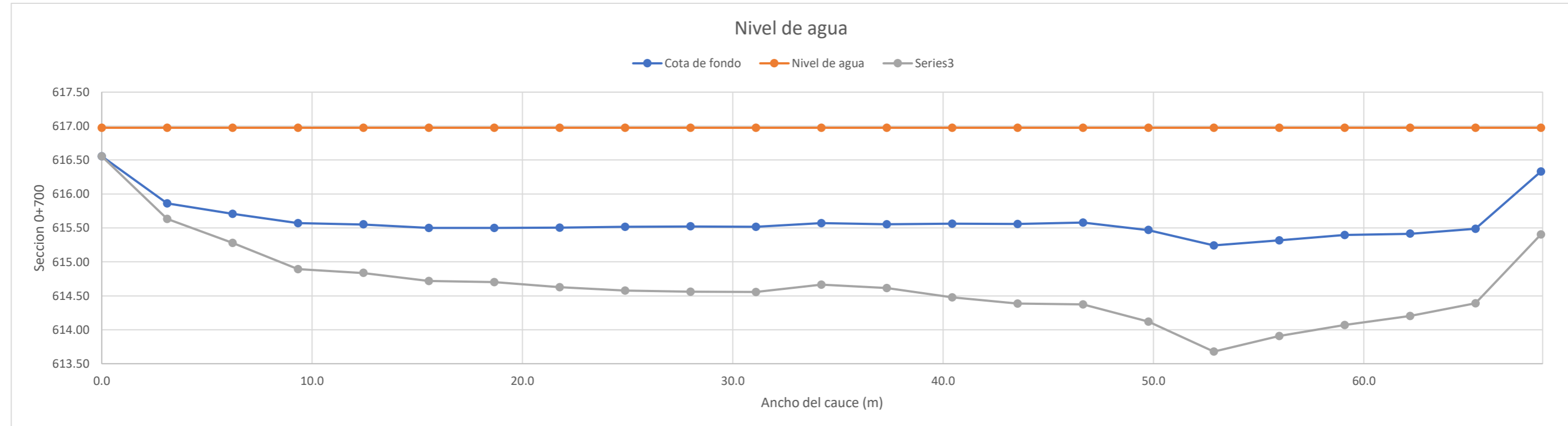
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+700
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	68.42 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.42	616.98	616.56	1.52	0.00											616.56
2	3.1	1.11	616.98	615.86	2.11	3.11	1.11	1.82	3.11	0.77	2.39	4.33	2.83	1.34	1.11	0.23	615.63
3	6.2	1.27	616.98	615.71	2.61	3.11	1.27	2.36	3.11	1.19	3.71	8.73	3.06	1.69	1.27	0.43	615.28
4	9.3	1.40	616.98	615.57	2.78	3.11	1.40	2.70	3.11	1.34	4.16	11.20	3.36	2.08	1.40	0.68	614.89
5	12.4	1.42	616.98	615.55	2.78	3.11	1.42	2.78	3.11	1.41	4.40	12.23	3.40	2.14	1.42	0.71	614.84
6	15.6	1.48	616.98	615.50	2.87	3.11	1.48	2.82	3.11	1.45	4.51	12.73	3.42	2.26	1.48	0.78	614.72
7	18.7	1.48	616.98	615.50	2.87	3.11	1.48	2.87	3.11	1.48	4.59	13.17	3.45	2.27	1.48	0.80	614.70
8	21.8	1.47	616.98	615.50	3.13	3.11	1.48	3.00	3.11	1.47	4.59	13.74	3.61	2.35	1.48	0.88	614.63
9	24.9	1.46	616.98	615.52	3.08	3.11	1.47	3.10	3.11	1.46	4.56	14.14	3.75	2.41	1.47	0.94	614.58
10	28.0	1.45	616.98	615.52	3.24	3.11	1.46	3.16	3.11	1.45	4.52	14.30	3.82	2.42	1.46	0.96	614.56
11	31.1	1.46	616.98	615.52	3.06	3.11	1.46	3.15	3.11	1.46	4.53	14.26	3.81	2.42	1.46	0.96	614.56
12	34.2	1.40	616.98	615.57	3.04	3.11	1.46	3.05	3.11	1.43	4.45	13.57	3.71	2.37	1.46	0.91	614.66
13	37.3	1.42	616.98	615.56	3.29	3.11	1.42	3.16	3.11	1.41	4.39	13.89	3.87	2.36	1.42	0.94	614.61
14	40.4	1.41	616.98	615.56	3.55	3.11	1.42	3.42	3.11	1.42	4.40	15.06	4.18	2.51	1.42	1.09	614.48
15	43.5	1.42	616.98	615.56	3.59	3.11	1.42	3.57	3.11	1.41	4.40	15.70	4.36	2.59	1.42	1.17	614.38
16	46.7	1.40	616.98	615.58	3.65	3.11	1.42	3.62	3.11	1.41	4.38	15.85	4.43	2.62	1.42	1.21	614.37
17	49.8	1.51	616.98	615.47	3.72	3.11	1.51	3.69	3.11	1.45	4.51	16.63	4.46	2.86	1.51	1.35	614.12
18	52.9	1.73	616.98	615.24	3.55	3.11	1.73	3.63	3.11	1.62	5.04	18.31	4.24	3.30	1.73	1.56	613.68
19	56.0	1.66	616.98	615.32	3.39	3.11	1.73	3.47	3.11	1.70	5.27	18.29	3.99	3.14	1.73	1.41	613.91
20	59.1	1.58	616.98	615.40	3.51	3.11	1.66	3.45	3.11	1.62	5.03	17.34	4.02	2.99	1.66	1.33	614.07
21	62.2	1.56	616.98	615.41	3.30	3.11	1.58	3.40	3.11	1.57	4.88	16.61	4.01	2.79	1.58	1.21	614.20
22	65.3	1.49	616.98	615.49	3.15	3.11	1.56	3.23	3.11	1.52	4.74	15.29	3.84	2.66	1.56	1.10	614.39
23	68.4	0.64	616.98	616.33	2.28	3.11	1.49	2.71	3.11	1.07	3.31	9.00	3.68	2.41	1.49	0.93	615.40
<b>Min</b>		<b>0.42</b>	<b>616.98</b>	<b>615.24</b>	<b>1.52</b>	<b>0.00</b>	<b>1.11</b>	<b>1.82</b>	<b>3.11</b>	<b>0.77</b>	<b>2.39</b>	<b>4.33</b>	<b>2.83</b>	<b>1.34</b>	<b>1.11</b>	<b>0.23</b>	<b>613.68</b>
<b>Max</b>		<b>1.73</b>	<b>616.98</b>	<b>616.56</b>	<b>3.72</b>	<b>3.11</b>	<b>1.73</b>	<b>3.69</b>	<b>3.11</b>	<b>1.70</b>	<b>5.27</b>	<b>18.31</b>	<b>4.46</b>	<b>3.30</b>	<b>1.73</b>	<b>1.56</b>	<b>616.56</b>
<b>Media</b>		<b>1.38</b>	<b>616.98</b>	<b>615.60</b>	<b>3.05</b>	<b>2.97</b>	<b>1.47</b>	<b>3.10</b>	<b>3.11</b>	<b>1.41</b>	<b>4.40</b>	<b>13.84</b>	<b>3.79</b>	<b>2.45</b>	<b>1.47</b>	<b>0.98</b>	<b>614.66</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM				
												Fecha: Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0							

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

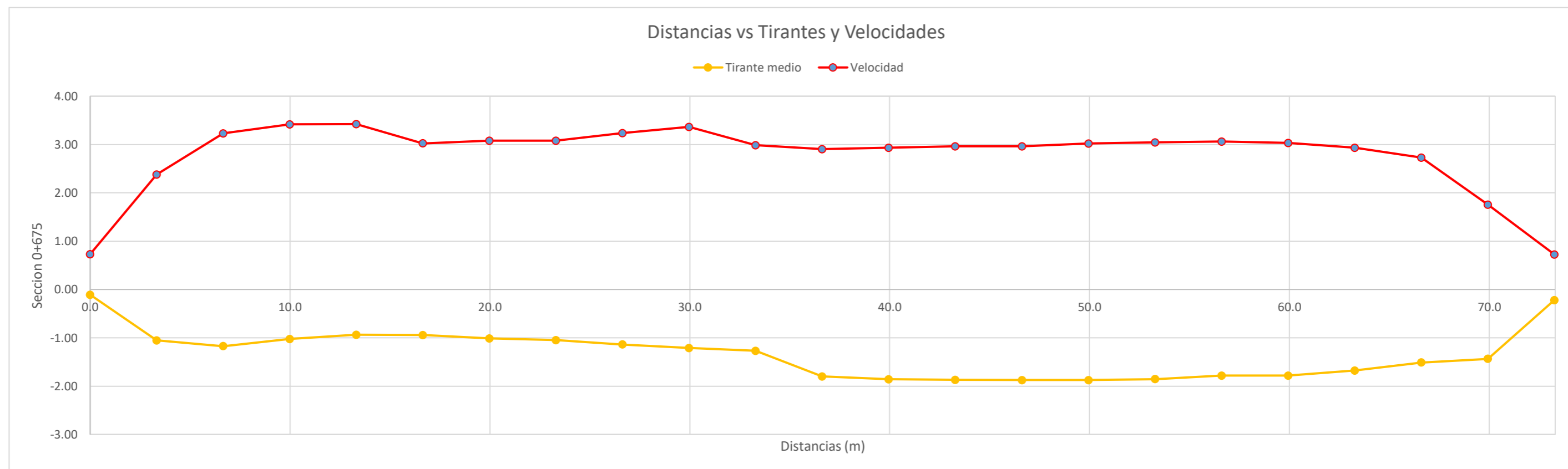
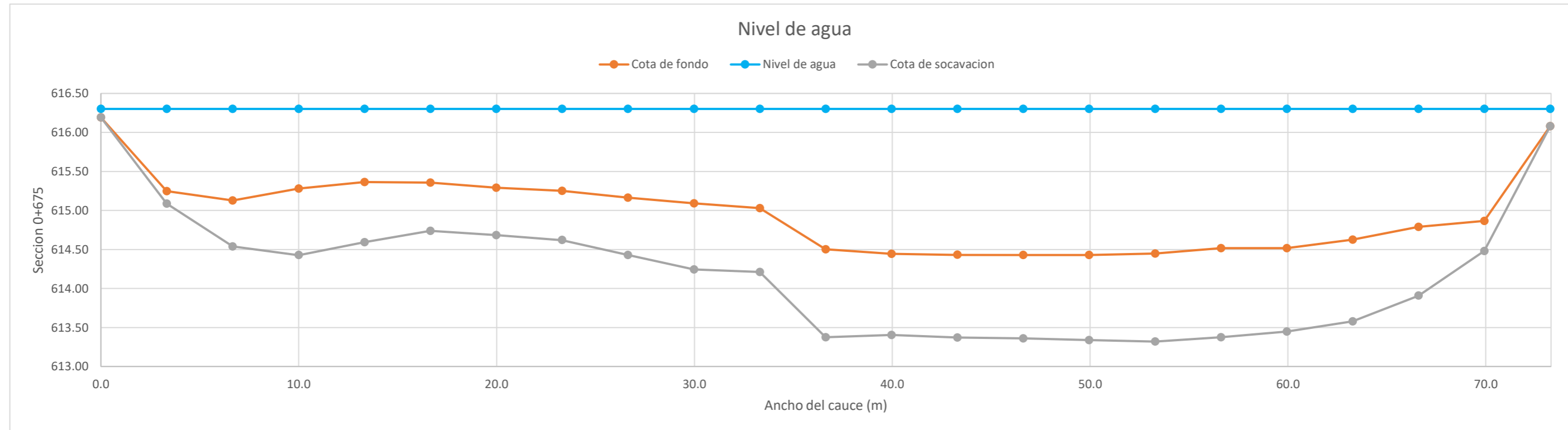
**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+675
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	73.26 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)


ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.11	616.30	616.19	0.73	0.00											616.19
2	3.3	1.05	616.30	615.25	2.38	3.33	1.05	1.56	3.33	0.58	1.94	3.01	2.73	1.21	1.05	0.16	615.09
3	6.7	1.17	616.30	615.13	3.23	3.33	1.17	2.81	3.33	1.11	3.71	10.40	3.67	1.76	1.17	0.59	614.54
4	10.0	1.02	616.30	615.28	3.42	3.33	1.17	3.32	3.33	1.10	3.65	12.14	4.38	2.02	1.17	0.85	614.43
5	13.3	0.94	616.30	615.36	3.42	3.33	1.02	3.42	3.33	0.98	3.26	11.15	4.72	1.79	1.02	0.77	614.59
6	16.7	0.94	616.30	615.36	3.02	3.33	0.94	3.22	3.33	0.94	3.13	10.09	4.53	1.56	0.94	0.62	614.74
7	20.0	1.01	616.30	615.29	3.08	3.33	1.01	3.05	3.33	0.98	3.26	9.93	4.21	1.62	1.01	0.61	614.68
8	23.3	1.05	616.30	615.25	3.08	3.33	1.05	3.08	3.33	1.03	3.43	10.56	4.16	1.68	1.05	0.63	614.62
9	26.6	1.14	616.30	615.16	3.24	3.33	1.14	3.16	3.33	1.09	3.64	11.50	4.17	1.87	1.14	0.73	614.43
10	30.0	1.21	616.30	615.09	3.36	3.33	1.21	3.30	3.33	1.17	3.91	12.91	4.24	2.06	1.21	0.85	614.25
11	33.3	1.27	616.30	615.03	2.99	3.33	1.27	3.18	3.33	1.24	4.13	13.12	3.99	2.09	1.27	0.82	614.21
12	36.6	1.80	616.30	614.50	2.91	3.33	1.80	2.95	3.33	1.53	5.11	15.06	3.42	2.93	1.80	1.13	613.38
13	40.0	1.86	616.30	614.44	2.94	3.33	1.86	2.92	3.33	1.83	6.09	17.79	3.20	2.90	1.86	1.04	613.40
14	43.3	1.87	616.30	614.43	2.96	3.33	1.87	2.95	3.33	1.86	6.21	18.31	3.21	2.93	1.87	1.06	613.37
15	46.6	1.87	616.30	614.43	2.96	3.33	1.87	2.96	3.33	1.87	6.23	18.46	3.22	2.94	1.87	1.07	613.36
16	50.0	1.87	616.30	614.43	3.02	3.33	1.87	2.99	3.33	1.87	6.24	18.66	3.25	2.96	1.87	1.09	613.34
17	53.3	1.85	616.30	614.45	3.05	3.33	1.87	3.03	3.33	1.86	6.21	18.83	3.31	3.00	1.87	1.13	613.32
18	56.6	1.78	616.30	614.52	3.06	3.33	1.85	3.05	3.33	1.82	6.06	18.50	3.35	3.00	1.85	1.14	613.38
19	59.9	1.78	616.30	614.52	3.03	3.33	1.78	3.05	3.33	1.78	5.94	18.10	3.37	2.85	1.78	1.07	613.45
20	63.3	1.68	616.30	614.62	2.93	3.33	1.78	2.98	3.33	1.73	5.76	17.19	3.33	2.83	1.78	1.05	613.58
21	66.6	1.51	616.30	614.79	2.73	3.33	1.68	2.83	3.33	1.59	5.31	15.03	3.25	2.56	1.68	0.88	613.91
22	69.9	1.43	616.30	614.87	1.76	3.33	1.51	2.24	3.33	1.47	4.90	11.01	2.64	1.90	1.51	0.39	614.48
23	73.3	0.22	616.30	616.08	0.73	3.33	1.43	1.24	3.33	0.83	2.76	3.42	1.84	1.33	1.43	0.00	616.08
<b>Min</b>		<b>0.11</b>	<b>616.30</b>	<b>614.43</b>	<b>0.73</b>	<b>0.00</b>	<b>0.94</b>	<b>1.24</b>	<b>3.33</b>	<b>0.58</b>	<b>1.94</b>	<b>3.01</b>	<b>1.84</b>	<b>1.21</b>	<b>0.94</b>	<b>0.00</b>	<b>613.32</b>
<b>Max</b>		<b>1.87</b>	<b>616.30</b>	<b>616.19</b>	<b>3.42</b>	<b>3.33</b>	<b>1.87</b>	<b>3.42</b>	<b>3.33</b>	<b>1.87</b>	<b>6.24</b>	<b>18.83</b>	<b>4.72</b>	<b>3.00</b>	<b>1.87</b>	<b>1.14</b>	<b>616.19</b>
<b>Media</b>		<b>1.32</b>	<b>616.30</b>	<b>614.98</b>	<b>2.78</b>	<b>3.19</b>	<b>1.47</b>	<b>2.88</b>	<b>3.33</b>	<b>1.38</b>	<b>4.58</b>	<b>13.42</b>	<b>3.55</b>	<b>2.26</b>	<b>1.47</b>	<b>0.80</b>	<b>614.21</b>



**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**





 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM				
												Fecha: Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0							

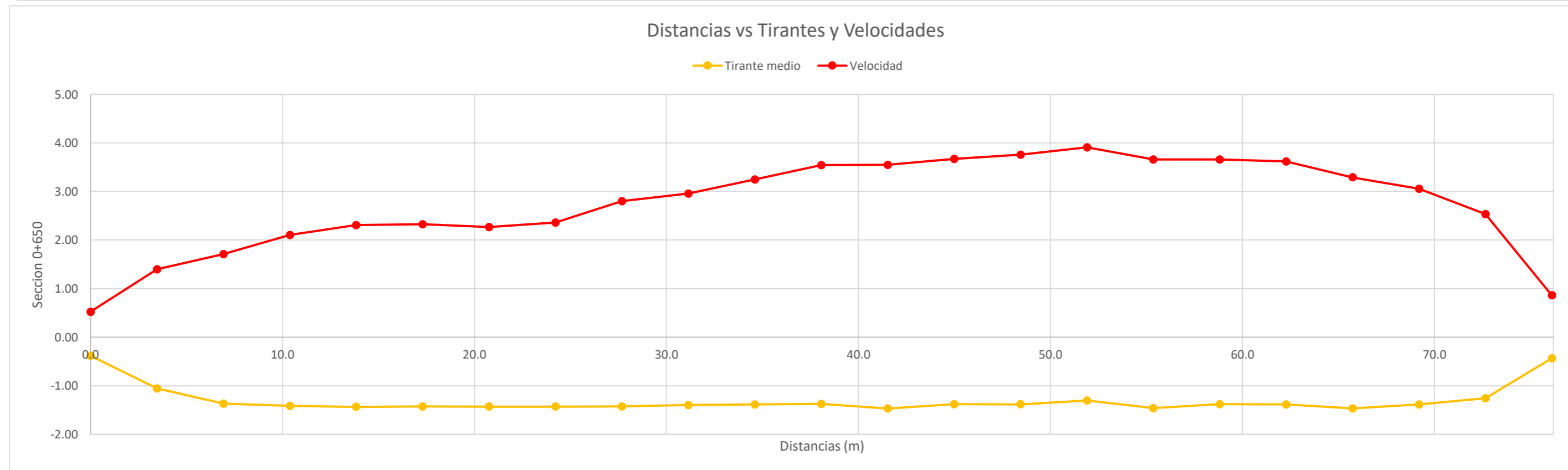
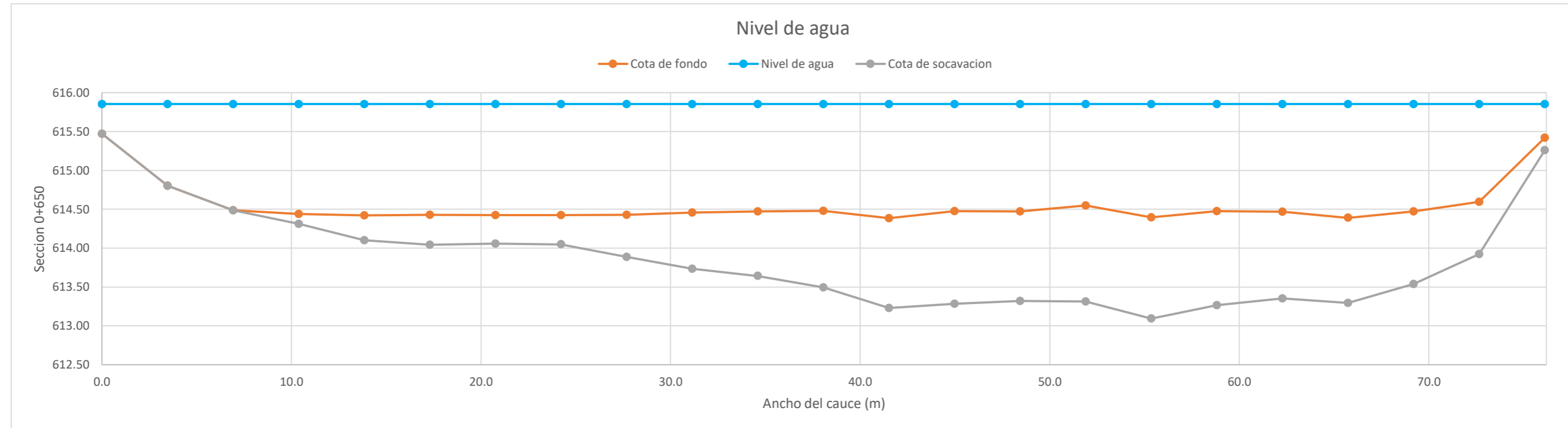
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+650
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	76.12 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.38	615.85	615.47	0.53	0.00											615.47
2	3.5	1.05	615.85	614.80	1.40	3.46	1.05	0.96	3.46	0.72	2.48	2.39	1.51	0.76	1.05	0.00	614.80
3	6.9	1.37	615.85	614.49	1.71	3.46	1.37	1.56	3.46	1.21	4.19	6.51	1.95	1.31	1.37	0.00	614.49
4	10.4	1.41	615.85	614.44	2.11	3.46	1.41	1.91	3.46	1.39	4.81	9.19	2.27	1.54	1.41	0.13	614.31
5	13.8	1.43	615.85	614.42	2.31	3.46	1.43	2.21	3.46	1.42	4.93	10.88	2.60	1.75	1.43	0.32	614.10
6	17.3	1.43	615.85	614.43	2.32	3.46	1.43	2.32	3.46	1.43	4.95	11.47	2.73	1.82	1.43	0.38	614.04
7	20.8	1.43	615.85	614.43	2.27	3.46	1.43	2.30	3.46	1.43	4.94	11.35	2.71	1.80	1.43	0.37	614.06
8	24.2	1.43	615.85	614.43	2.36	3.46	1.43	2.31	3.46	1.43	4.94	11.44	2.73	1.81	1.43	0.38	614.05
9	27.7	1.43	615.85	614.43	2.80	3.46	1.43	2.58	3.46	1.43	4.94	12.75	3.04	1.97	1.43	0.54	613.89
10	31.1	1.40	615.85	614.46	2.96	3.46	1.43	2.88	3.46	1.41	4.88	14.07	3.41	2.15	1.43	0.72	613.73
11	34.6	1.38	615.85	614.47	3.25	3.46	1.40	3.10	3.46	1.39	4.81	14.92	3.69	2.23	1.40	0.83	613.64
12	38.1	1.38	615.85	614.48	3.55	3.46	1.38	3.40	3.46	1.38	4.77	16.21	4.05	2.37	1.38	0.98	613.50
13	41.5	1.47	615.85	614.39	3.55	3.46	1.47	3.55	3.46	1.42	4.92	17.46	4.18	2.63	1.47	1.16	613.23
14	45.0	1.38	615.85	614.48	3.67	3.46	1.47	3.61	3.46	1.42	4.92	17.79	4.26	2.66	1.47	1.19	613.28
15	48.4	1.38	615.85	614.47	3.76	3.46	1.38	3.72	3.46	1.38	4.77	17.74	4.43	2.54	1.38	1.15	613.32
16	51.9	1.31	615.85	614.55	3.91	3.46	1.38	3.83	3.46	1.34	4.65	17.82	4.62	2.62	1.38	1.24	613.31
17	55.4	1.46	615.85	614.40	3.66	3.46	1.46	3.79	3.46	1.38	4.78	18.10	4.51	2.76	1.46	1.30	613.09
18	58.8	1.38	615.85	614.48	3.66	3.46	1.46	3.66	3.46	1.42	4.91	17.97	4.32	2.67	1.46	1.21	613.26
19	62.3	1.38	615.85	614.47	3.62	3.46	1.38	3.64	3.46	1.38	4.78	17.40	4.34	2.50	1.38	1.12	613.35
20	65.7	1.46	615.85	614.39	3.29	3.46	1.46	3.46	3.46	1.42	4.93	17.03	4.07	2.56	1.46	1.10	613.29
21	69.2	1.38	615.85	614.47	3.06	3.46	1.46	3.18	3.46	1.42	4.93	15.64	3.74	2.40	1.46	0.93	613.54
22	72.7	1.26	615.85	614.60	2.53	3.46	1.38	2.80	3.46	1.32	4.57	12.78	3.39	2.06	1.38	0.67	613.92
23	76.1	0.43	615.85	615.42	0.86	3.46	1.26	1.70	3.46	0.85	2.93	4.97	2.47	1.42	1.26	0.16	615.26
<b>Min</b>		<b>0.38</b>	<b>615.85</b>	<b>614.39</b>	<b>0.53</b>	<b>0.00</b>	<b>1.05</b>	<b>0.96</b>	<b>3.46</b>	<b>0.72</b>	<b>2.48</b>	<b>2.39</b>	<b>1.51</b>	<b>0.76</b>	<b>1.05</b>	<b>0.00</b>	<b>613.09</b>
<b>Max</b>		<b>1.47</b>	<b>615.85</b>	<b>615.47</b>	<b>3.91</b>	<b>3.46</b>	<b>1.47</b>	<b>3.83</b>	<b>3.46</b>	<b>1.43</b>	<b>4.95</b>	<b>18.10</b>	<b>4.62</b>	<b>2.76</b>	<b>1.47</b>	<b>1.30</b>	<b>615.47</b>
<b>Media</b>		<b>1.30</b>	<b>615.85</b>	<b>614.56</b>	<b>2.75</b>	<b>3.31</b>	<b>1.40</b>	<b>2.84</b>	<b>3.46</b>	<b>1.34</b>	<b>4.62</b>	<b>13.45</b>	<b>3.41</b>	<b>2.10</b>	<b>1.40</b>	<b>0.72</b>	<b>613.87</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

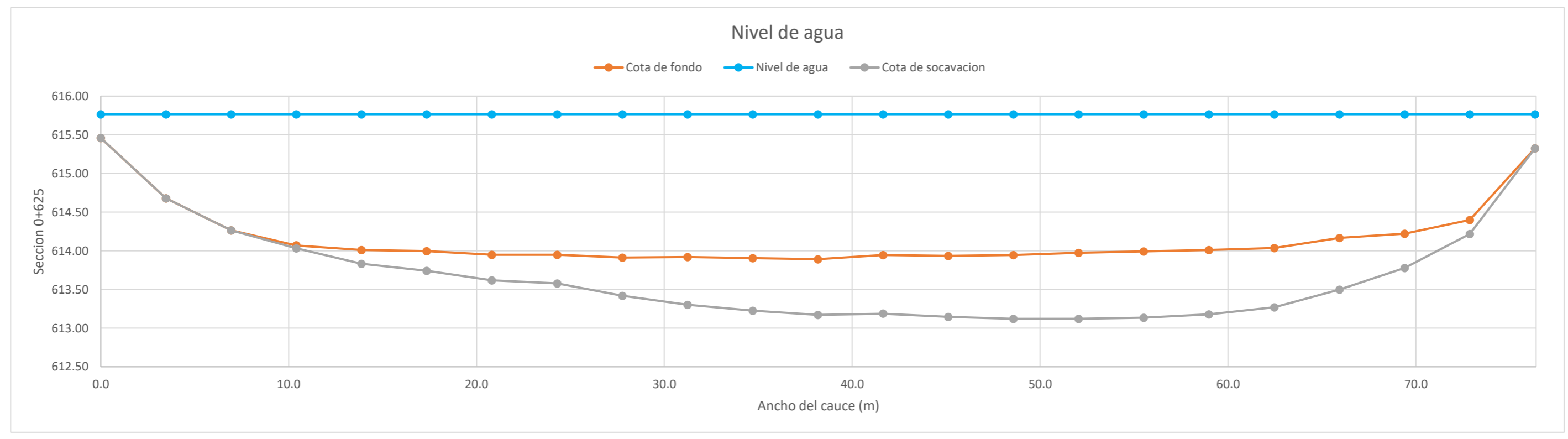
Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+625
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	76.34 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)


ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.31	615.77	615.46	0.90	0.00											615.46
2	3.5	1.09	615.77	614.68	1.40	3.47	1.09	1.15	3.47	0.70	2.42	2.79	1.84	0.92	1.09	0.00	614.68
3	6.9	1.50	615.77	614.26	1.61	3.47	1.50	1.51	3.47	1.29	4.49	6.77	1.84	1.42	1.50	0.00	614.26
4	10.4	1.70	615.77	614.07	1.83	3.47	1.70	1.72	3.47	1.60	5.55	9.55	1.95	1.73	1.70	0.04	614.03
5	13.9	1.76	615.77	614.01	2.00	3.47	1.76	1.91	3.47	1.73	5.99	11.46	2.11	1.93	1.76	0.18	613.83
6	17.4	1.77	615.77	614.00	2.04	3.47	1.77	2.02	3.47	1.76	6.12	12.34	2.20	2.03	1.77	0.26	613.74
7	20.8	1.82	615.77	613.95	2.15	3.47	1.82	2.10	3.47	1.79	6.22	13.04	2.28	2.15	1.82	0.33	613.62
8	24.3	1.82	615.77	613.95	2.15	3.47	1.82	2.15	3.47	1.82	6.30	13.56	2.33	2.19	1.82	0.37	613.58
9	27.8	1.85	615.77	613.91	2.42	3.47	1.85	2.29	3.47	1.83	6.37	14.55	2.47	2.35	1.85	0.50	613.42
10	31.2	1.85	615.77	613.92	2.46	3.47	1.85	2.44	3.47	1.85	6.42	15.67	2.63	2.47	1.85	0.62	613.30
11	34.7	1.86	615.77	613.90	2.56	3.47	1.86	2.51	3.47	1.86	6.44	16.17	2.70	2.54	1.86	0.68	613.22
12	38.2	1.87	615.77	613.89	2.55	3.47	1.87	2.56	3.47	1.87	6.48	16.59	2.75	2.60	1.87	0.72	613.17
13	41.6	1.82	615.77	613.94	2.63	3.47	1.87	2.59	3.47	1.85	6.41	16.64	2.79	2.63	1.87	0.76	613.19
14	45.1	1.83	615.77	613.93	2.71	3.47	1.83	2.67	3.47	1.83	6.34	16.94	2.89	2.62	1.83	0.79	613.14
15	48.6	1.82	615.77	613.94	2.73	3.47	1.83	2.72	3.47	1.83	6.34	17.23	2.94	2.66	1.83	0.82	613.12
16	52.1	1.79	615.77	613.98	2.79	3.47	1.82	2.76	3.47	1.81	6.27	17.30	2.99	2.68	1.82	0.86	613.12
17	55.5	1.77	615.77	613.99	2.79	3.47	1.79	2.79	3.47	1.78	6.18	17.26	3.04	2.65	1.79	0.86	613.13
18	59.0	1.76	615.77	614.01	2.75	3.47	1.77	2.77	3.47	1.76	6.12	16.95	3.03	2.61	1.77	0.83	613.18
19	62.5	1.73	615.77	614.04	2.63	3.47	1.76	2.69	3.47	1.74	6.05	16.27	2.95	2.52	1.76	0.77	613.27
20	65.9	1.60	615.77	614.17	2.46	3.47	1.73	2.55	3.47	1.67	5.78	14.71	2.84	2.40	1.73	0.67	613.50
21	69.4	1.54	615.77	614.22	2.18	3.47	1.60	2.32	3.47	1.57	5.45	12.67	2.64	2.04	1.60	0.44	613.78
22	72.9	1.37	615.77	614.40	1.68	3.47	1.54	1.93	3.47	1.46	5.05	9.76	2.26	1.72	1.54	0.18	614.22
23	76.3	0.44	615.77	615.33	0.86	3.47	1.37	1.27	3.47	0.90	3.14	3.98	1.79	1.23	1.37	0.00	615.33
<b>Min</b>		<b>0.31</b>	<b>615.77</b>	<b>613.89</b>	<b>0.86</b>	<b>0.00</b>	<b>1.09</b>	<b>1.15</b>	<b>3.47</b>	<b>0.70</b>	<b>2.42</b>	<b>2.79</b>	<b>1.79</b>	<b>0.92</b>	<b>1.09</b>	<b>0.00</b>	<b>613.12</b>
<b>Max</b>		<b>1.87</b>	<b>615.77</b>	<b>615.46</b>	<b>2.79</b>	<b>3.47</b>	<b>1.87</b>	<b>2.79</b>	<b>3.47</b>	<b>1.87</b>	<b>6.48</b>	<b>17.30</b>	<b>3.04</b>	<b>2.68</b>	<b>1.87</b>	<b>0.86</b>	<b>615.46</b>
<b>Media</b>		<b>1.59</b>	<b>615.77</b>	<b>614.17</b>	<b>2.19</b>	<b>3.32</b>	<b>1.72</b>	<b>2.25</b>	<b>3.47</b>	<b>1.65</b>	<b>5.73</b>	<b>13.28</b>	<b>2.51</b>	<b>2.19</b>	<b>1.72</b>	<b>0.48</b>	<b>613.71</b>

Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"

Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11
----------------	------	---------------	------	---------------	-------	--------	----

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

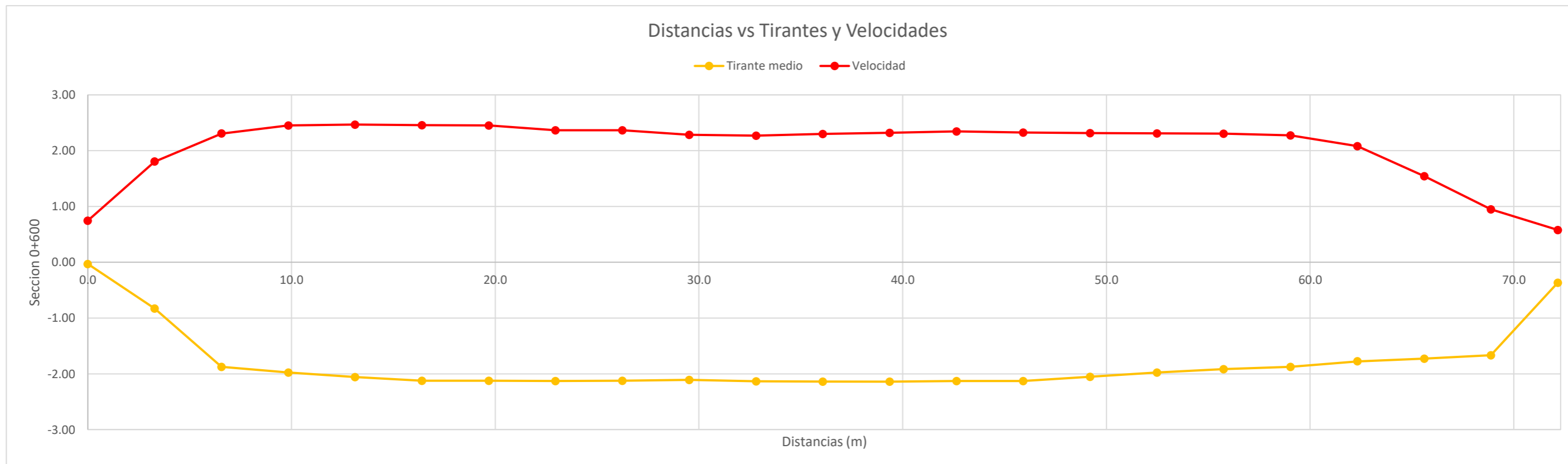
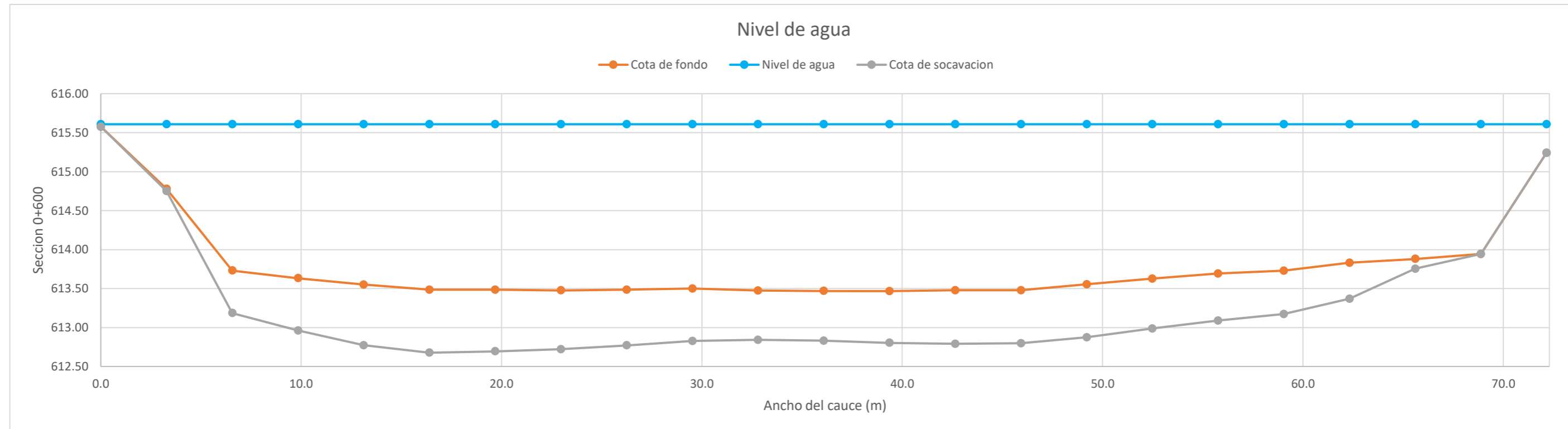
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+600
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	72.16 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.03	615.61	615.58	0.75	0.00											615.58
2	3.3	0.83	615.61	614.78	1.80	3.28	0.83	1.28	3.28	0.43	1.41	1.80	2.62	0.86	0.83	0.03	614.75
3	6.6	1.88	615.61	613.73	2.31	3.28	1.88	2.06	3.28	1.35	4.44	9.12	2.51	2.42	1.88	0.55	613.19
4	9.8	1.98	615.61	613.63	2.45	3.28	1.98	2.38	3.28	1.93	6.32	15.03	2.58	2.65	1.98	0.67	612.96
5	13.1	2.06	615.61	613.55	2.47	3.28	2.06	2.46	3.28	2.02	6.61	16.27	2.63	2.84	2.06	0.78	612.77
6	16.4	2.12	615.61	613.49	2.46	3.28	2.12	2.46	3.28	2.09	6.86	16.88	2.60	2.93	2.12	0.81	612.68
7	19.7	2.12	615.61	613.49	2.45	3.28	2.12	2.45	3.28	2.12	6.96	17.08	2.58	2.91	2.12	0.79	612.69
8	23.0	2.13	615.61	613.48	2.37	3.28	2.13	2.41	3.28	2.13	6.98	16.81	2.54	2.89	2.13	0.75	612.72
9	26.2	2.12	615.61	613.48	2.37	3.28	2.13	2.37	3.28	2.13	6.98	16.51	2.49	2.85	2.13	0.71	612.77
10	29.5	2.11	615.61	613.50	2.29	3.28	2.12	2.33	3.28	2.12	6.94	16.14	2.45	2.80	2.12	0.67	612.83
11	32.8	2.13	615.61	613.47	2.27	3.28	2.13	2.28	3.28	2.12	6.96	15.85	2.40	2.77	2.13	0.63	612.84
12	36.1	2.14	615.61	613.47	2.30	3.28	2.14	2.28	3.28	2.14	7.01	16.01	2.40	2.78	2.14	0.64	612.83
13	39.4	2.14	615.61	613.47	2.32	3.28	2.14	2.31	3.28	2.14	7.02	16.22	2.43	2.80	2.14	0.66	612.80
14	42.6	2.13	615.61	613.48	2.35	3.28	2.14	2.33	3.28	2.14	7.00	16.35	2.45	2.83	2.14	0.69	612.79
15	45.9	2.13	615.61	613.48	2.32	3.28	2.13	2.34	3.28	2.13	6.98	16.31	2.46	2.81	2.13	0.68	612.80
16	49.2	2.05	615.61	613.55	2.32	3.28	2.13	2.32	3.28	2.09	6.86	15.92	2.45	2.81	2.13	0.68	612.87
17	52.5	1.98	615.61	613.63	2.31	3.28	2.05	2.31	3.28	2.02	6.62	15.30	2.47	2.70	2.05	0.64	612.99
18	55.8	1.92	615.61	613.69	2.31	3.28	1.98	2.31	3.28	1.95	6.39	14.74	2.49	2.58	1.98	0.61	613.09
19	59.0	1.88	615.61	613.73	2.27	3.28	1.92	2.29	3.28	1.90	6.22	14.24	2.49	2.47	1.92	0.56	613.17
20	62.3	1.78	615.61	613.83	2.08	3.28	1.88	2.18	3.28	1.83	5.99	13.05	2.40	2.34	1.88	0.46	613.37
21	65.6	1.73	615.61	613.88	1.54	3.28	1.78	1.81	3.28	1.75	5.75	10.42	2.02	1.90	1.78	0.13	613.75
22	68.9	1.67	615.61	613.94	0.95	3.28	1.73	1.25	3.28	1.70	5.57	6.93	1.41	1.38	1.73	0.00	613.94
23	72.2	0.37	615.61	615.24	0.58	3.28	1.67	0.76	3.28	1.02	3.33	2.54	1.04	1.03	1.67	0.00	615.24
<b>Min</b>		<b>0.03</b>	<b>615.61</b>	<b>613.47</b>	<b>0.58</b>	<b>0.00</b>	<b>0.83</b>	<b>0.76</b>	<b>3.28</b>	<b>0.43</b>	<b>1.41</b>	<b>1.80</b>	<b>1.04</b>	<b>0.86</b>	<b>0.83</b>	<b>0.00</b>	<b>612.68</b>
<b>Max</b>		<b>2.14</b>	<b>615.61</b>	<b>615.58</b>	<b>2.47</b>	<b>3.28</b>	<b>2.14</b>	<b>2.46</b>	<b>3.28</b>	<b>2.14</b>	<b>7.02</b>	<b>17.08</b>	<b>2.63</b>	<b>2.93</b>	<b>2.14</b>	<b>0.81</b>	<b>615.58</b>
<b>Media</b>		<b>1.80</b>	<b>615.61</b>	<b>613.81</b>	<b>2.07</b>	<b>3.14</b>	<b>1.96</b>	<b>2.13</b>	<b>3.28</b>	<b>1.87</b>	<b>6.14</b>	<b>13.61</b>	<b>2.36</b>	<b>2.47</b>	<b>1.96</b>	<b>0.55</b>	<b>613.28</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM				
												Fecha: Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0							

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

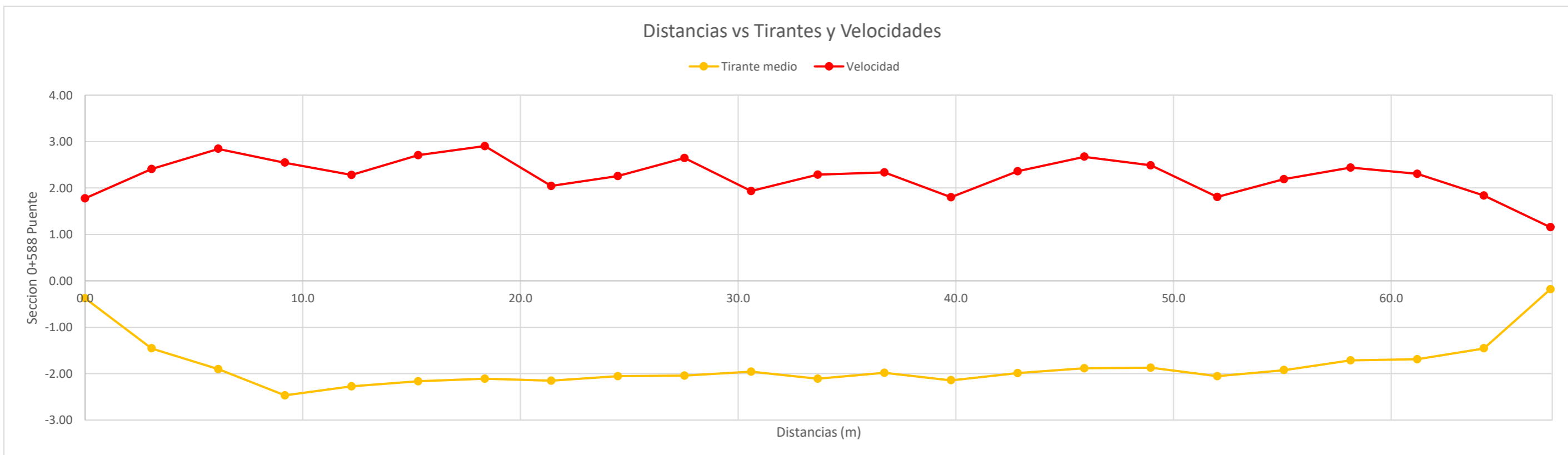
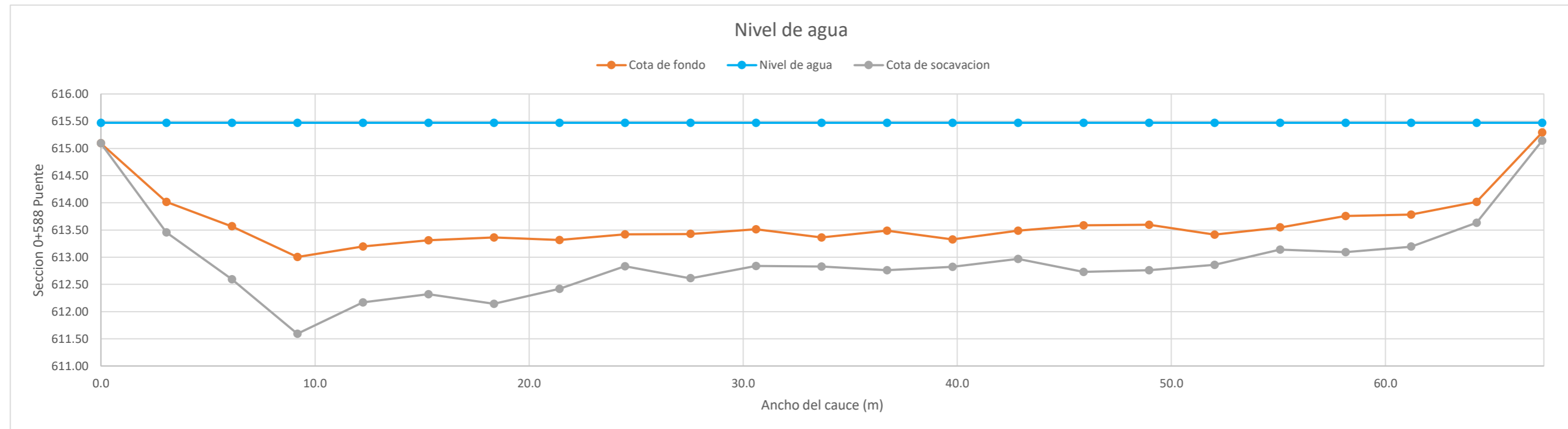
**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+588 Puente
Coeficiente que depende del Tr:	$\beta$	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coeficiente exponencial:	$1/(1+X)$	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	67.32 m
Coeficiente de contracción:	$\mu$	1.00 ( $\mu = 1$ , sí no hay obstaculos como estribos o pilares)


ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	$\alpha$ (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.38	615.47	615.09	1.78	0.00											615.09
2	3.1	1.46	615.47	614.02	2.41	3.06	1.46	2.09	3.06	0.92	2.80	5.87	3.04	2.01	1.46	0.56	613.46
3	6.1	1.90	615.47	613.57	2.84	3.06	1.90	2.63	3.06	1.68	5.14	13.50	3.05	2.87	1.90	0.97	612.60
4	9.2	2.47	615.47	613.00	2.55	3.06	2.47	2.70	3.06	2.19	6.69	18.02	2.89	3.88	2.47	1.41	611.59
5	12.2	2.27	615.47	613.20	2.28	3.06	2.47	2.41	3.06	2.37	7.25	17.50	2.53	3.49	2.47	1.03	612.17
6	15.3	2.16	615.47	613.31	2.71	3.06	2.27	2.49	3.06	2.22	6.78	16.91	2.66	3.26	2.27	0.99	612.32
7	18.4	2.11	615.47	613.36	2.90	3.06	2.16	2.81	3.06	2.13	6.53	18.32	3.03	3.38	2.16	1.22	612.14
8	21.4	2.15	615.47	613.32	2.05	3.06	2.15	2.48	3.06	2.13	6.52	16.14	2.67	3.05	2.15	0.90	612.42
9	24.5	2.05	615.47	613.42	2.26	3.06	2.15	2.15	3.06	2.10	6.43	13.85	2.33	2.74	2.15	0.59	612.83
10	27.5	2.04	615.47	613.43	2.65	3.06	2.05	2.45	3.06	2.05	6.26	15.36	2.68	2.87	2.05	0.82	612.61
11	30.6	1.96	615.47	613.51	1.94	3.06	2.04	2.29	3.06	2.00	6.12	14.02	2.52	2.72	2.04	0.67	612.84
12	33.7	2.11	615.47	613.36	2.29	3.06	2.11	2.11	3.06	2.03	6.22	13.13	2.31	2.64	2.11	0.54	612.83
13	36.7	1.98	615.47	613.49	2.34	3.06	2.11	2.31	3.06	2.05	6.26	14.47	2.53	2.84	2.11	0.73	612.76
14	39.8	2.14	615.47	613.33	1.80	3.06	2.14	2.07	3.06	2.06	6.31	13.06	2.26	2.65	2.14	0.51	612.82
15	42.8	1.99	615.47	613.49	2.36	3.06	2.14	2.08	3.06	2.06	6.32	13.14	2.27	2.66	2.14	0.52	612.97
16	45.9	1.89	615.47	613.59	2.67	3.06	1.99	2.52	3.06	1.94	5.92	14.91	2.80	2.84	1.99	0.85	612.73
17	49.0	1.87	615.47	613.60	2.49	3.06	1.89	2.58	3.06	1.88	5.75	14.84	2.89	2.72	1.89	0.84	612.76
18	52.0	2.06	615.47	613.41	1.81	3.06	2.06	2.15	3.06	1.96	6.01	12.90	2.37	2.61	2.06	0.56	612.86
19	55.1	1.92	615.47	613.55	2.19	3.06	2.06	2.00	3.06	1.99	6.09	12.17	2.20	2.46	2.06	0.41	613.14
20	58.1	1.71	615.47	613.76	2.44	3.06	1.92	2.32	3.06	1.82	5.56	12.88	2.62	2.59	1.92	0.66	613.09
21	61.2	1.69	615.47	613.78	2.31	3.06	1.71	2.37	3.06	1.70	5.20	12.34	2.74	2.30	1.71	0.59	613.19
22	64.3	1.45	615.47	614.02	1.84	3.06	1.69	2.07	3.06	1.57	4.81	9.97	2.46	2.07	1.69	0.38	613.63
23	67.3	0.18	615.47	615.29	1.15	3.06	1.45	1.50	3.06	0.82	2.50	3.74	2.28	1.61	1.45	0.15	615.14
<b>Min</b>		<b>0.18</b>	<b>615.47</b>	<b>613.00</b>	<b>1.15</b>	<b>0.00</b>	<b>1.45</b>	<b>1.50</b>	<b>3.06</b>	<b>0.82</b>	<b>2.50</b>	<b>3.74</b>	<b>2.20</b>	<b>1.61</b>	<b>1.45</b>	<b>0.15</b>	<b>611.59</b>
<b>Max</b>		<b>2.47</b>	<b>615.47</b>	<b>615.29</b>	<b>2.90</b>	<b>3.06</b>	<b>2.47</b>	<b>2.81</b>	<b>3.06</b>	<b>2.37</b>	<b>7.25</b>	<b>18.32</b>	<b>3.05</b>	<b>3.88</b>	<b>2.47</b>	<b>1.41</b>	<b>615.14</b>
<b>Media</b>		<b>1.82</b>	<b>615.47</b>	<b>613.65</b>	<b>2.26</b>	<b>2.93</b>	<b>2.02</b>	<b>2.30</b>	<b>3.06</b>	<b>1.89</b>	<b>5.79</b>	<b>13.50</b>	<b>2.60</b>	<b>2.74</b>	<b>2.02</b>	<b>0.72</b>	<b>612.96</b>



**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**





 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

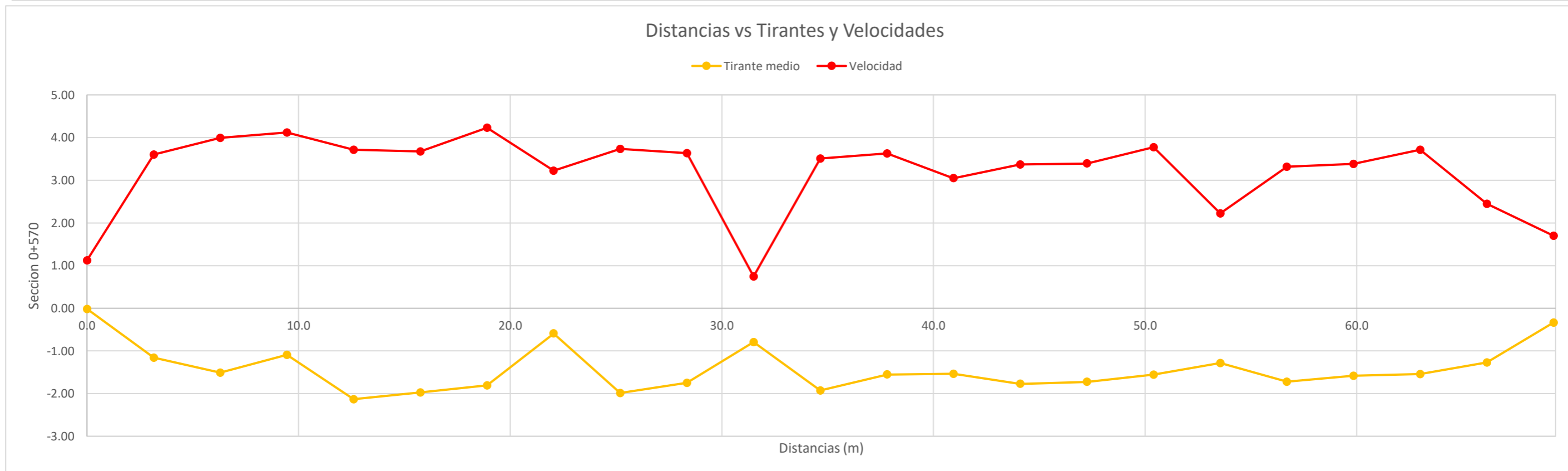
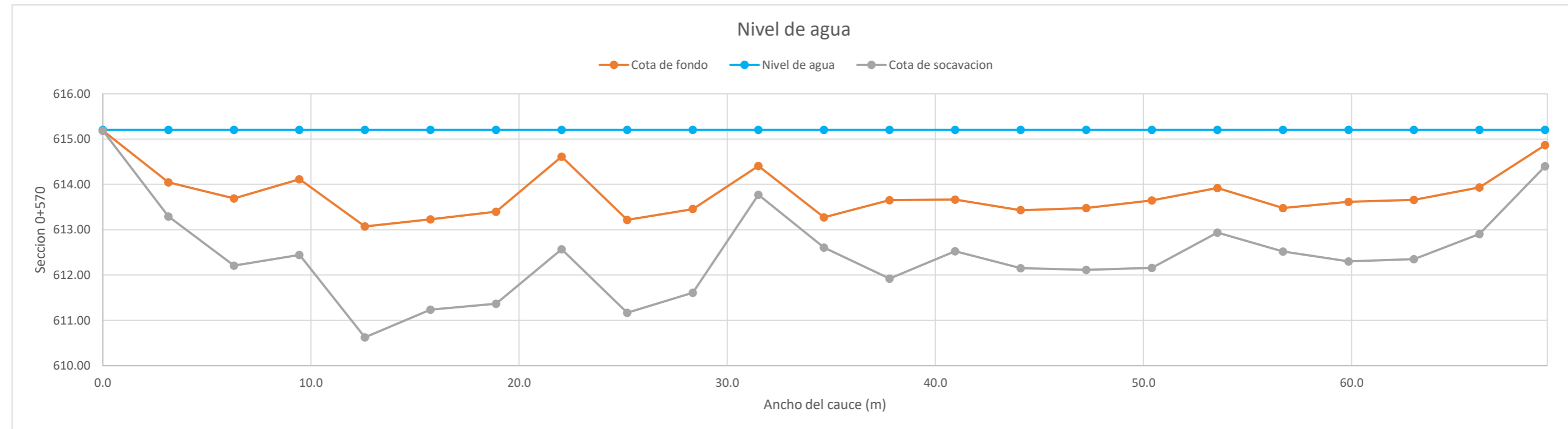
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+584.03
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	69.30 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.01	615.20	615.19	1.12	0.00											615.19
2	3.2	1.16	615.20	614.05	3.60	3.15	1.16	2.36	3.15	0.59	1.85	4.36	4.17	1.91	1.16	0.76	613.29
3	6.3	1.51	615.20	613.69	3.99	3.15	1.51	3.80	3.15	1.33	4.20	15.95	4.72	2.99	1.51	1.48	612.21
4	9.5	1.09	615.20	614.11	4.12	3.15	1.51	4.05	3.15	1.30	4.10	16.61	5.08	3.17	1.51	1.66	612.45
5	12.6	2.13	615.20	613.07	3.72	3.15	2.13	3.92	3.15	1.61	5.07	19.87	4.56	4.58	2.13	2.45	610.63
6	15.8	1.97	615.20	613.23	3.67	3.15	2.13	3.69	3.15	2.05	6.46	23.88	3.99	4.12	2.13	1.99	611.24
7	18.9	1.80	615.20	613.40	4.23	3.15	1.97	3.95	3.15	1.89	5.95	23.51	4.37	4.01	1.97	2.03	611.37
8	22.1	0.59	615.20	614.61	3.23	3.15	1.80	3.73	3.15	1.20	3.77	14.06	4.82	3.85	1.80	2.04	612.57
9	25.2	1.98	615.20	613.22	3.73	3.15	1.98	3.48	3.15	1.29	4.05	14.10	4.38	4.04	1.98	2.05	611.17
10	28.4	1.75	615.20	613.46	3.64	3.15	1.98	3.68	3.15	1.86	5.87	21.64	4.09	3.83	1.98	1.85	611.61
11	31.5	0.79	615.20	614.41	0.75	3.15	1.75	2.19	3.15	1.27	4.00	8.77	2.77	2.38	1.75	0.64	613.77
12	34.7	1.93	615.20	613.27	3.51	3.15	1.93	2.13	3.15	1.36	4.29	9.12	2.62	2.60	1.93	0.67	612.60
13	37.8	1.55	615.20	613.65	3.63	3.15	1.93	3.57	3.15	1.74	5.48	19.55	4.05	3.66	1.93	1.73	611.92
14	41.0	1.54	615.20	613.67	3.05	3.15	1.55	3.34	3.15	1.54	4.86	16.23	3.94	2.69	1.55	1.14	612.53
15	44.1	1.77	615.20	613.43	3.37	3.15	1.77	3.21	3.15	1.65	5.21	16.71	3.70	3.05	1.77	1.28	612.15
16	47.3	1.72	615.20	613.48	3.39	3.15	1.77	3.38	3.15	1.75	5.50	18.61	3.83	3.13	1.77	1.36	612.12
17	50.4	1.55	615.20	613.65	3.77	3.15	1.72	3.58	3.15	1.64	5.16	18.49	4.15	3.22	1.72	1.49	612.16
18	53.6	1.28	615.20	613.92	2.22	3.15	1.55	3.00	3.15	1.42	4.47	13.39	3.64	2.53	1.55	0.98	612.94
19	56.7	1.72	615.20	613.48	3.32	3.15	1.72	2.77	3.15	1.50	4.73	13.11	3.30	2.68	1.72	0.96	612.52
20	59.9	1.58	615.20	613.62	3.38	3.15	1.72	3.35	3.15	1.65	5.21	17.44	3.86	3.04	1.72	1.32	612.30
21	63.0	1.54	615.20	613.66	3.71	3.15	1.58	3.55	3.15	1.56	4.92	17.46	4.17	2.89	1.58	1.31	612.35
22	66.2	1.27	615.20	613.94	2.45	3.15	1.54	3.08	3.15	1.40	4.42	13.62	3.76	2.57	1.54	1.03	612.91
23	69.3	0.33	615.20	614.87	1.70	3.15	1.27	2.07	3.15	0.80	2.52	5.23	3.16	1.74	1.27	0.47	614.40
<b>Min</b>		<b>0.01</b>	<b>615.20</b>	<b>613.07</b>	<b>0.75</b>	<b>0.00</b>	<b>1.16</b>	<b>2.07</b>	<b>3.15</b>	<b>0.59</b>	<b>1.85</b>	<b>4.36</b>	<b>2.62</b>	<b>1.74</b>	<b>1.16</b>	<b>0.47</b>	<b>610.63</b>
<b>Max</b>		<b>2.13</b>	<b>615.20</b>	<b>615.19</b>	<b>4.23</b>	<b>3.15</b>	<b>2.13</b>	<b>4.05</b>	<b>3.15</b>	<b>2.05</b>	<b>6.46</b>	<b>23.88</b>	<b>5.08</b>	<b>4.58</b>	<b>2.13</b>	<b>2.45</b>	<b>615.19</b>
<b>Media</b>		<b>1.42</b>	<b>615.20</b>	<b>613.79</b>	<b>3.19</b>	<b>3.01</b>	<b>1.73</b>	<b>3.27</b>	<b>3.15</b>	<b>1.47</b>	<b>4.64</b>	<b>15.53</b>	<b>3.96</b>	<b>3.12</b>	<b>1.73</b>	<b>1.39</b>	<b>612.45</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

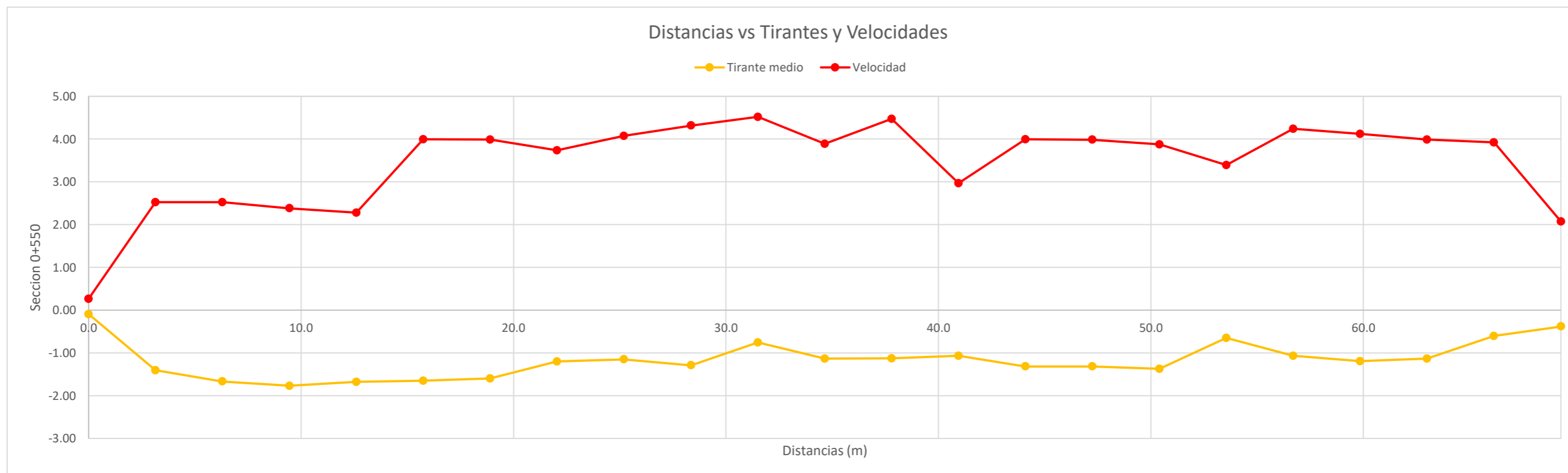
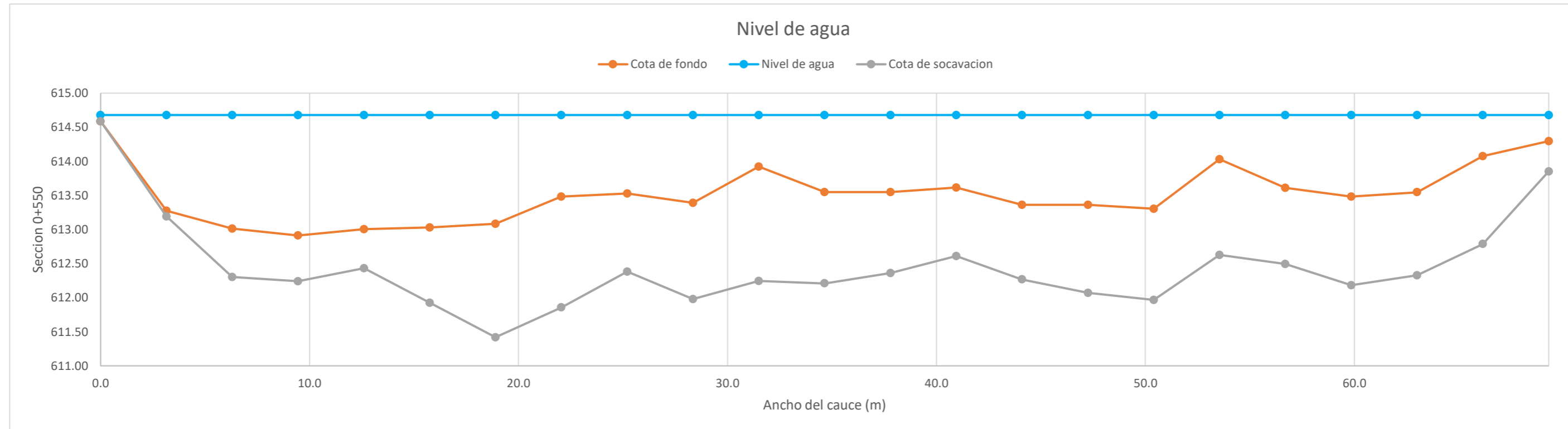
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+582.16
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	69.30 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.09	614.68	614.59	0.27	0.00											614.59
2	3.2	1.40	614.68	613.28	2.52	3.15	1.40	1.39	3.15	0.75	2.35	3.28	2.19	1.49	1.40	0.08	613.19
3	6.3	1.67	614.68	613.01	2.52	3.15	1.67	2.52	3.15	1.53	4.84	12.19	2.98	2.37	1.67	0.71	612.30
4	9.5	1.77	614.68	612.91	2.38	3.15	1.77	2.45	3.15	1.72	5.41	13.26	2.80	2.44	1.77	0.67	612.24
5	12.6	1.67	614.68	613.00	2.28	3.15	1.77	2.33	3.15	1.72	5.42	12.64	2.66	2.34	1.77	0.57	612.43
6	15.8	1.65	614.68	613.03	3.99	3.15	1.67	3.14	3.15	1.66	5.23	16.42	3.61	2.78	1.67	1.11	611.93
7	18.9	1.60	614.68	613.08	3.99	3.15	1.65	3.99	3.15	1.62	5.11	20.39	4.64	3.31	1.65	1.66	611.42
8	22.1	1.20	614.68	613.48	3.74	3.15	1.60	3.86	3.15	1.40	4.40	17.00	4.72	3.22	1.60	1.62	611.86
9	25.2	1.15	614.68	613.53	4.08	3.15	1.20	3.91	3.15	1.17	3.70	14.45	5.09	2.35	1.20	1.15	612.38
10	28.4	1.29	614.68	613.39	4.32	3.15	1.29	4.20	3.15	1.22	3.84	16.12	5.39	2.70	1.29	1.41	611.98
11	31.5	0.76	614.68	613.92	4.52	3.15	1.29	4.42	3.15	1.02	3.22	14.23	6.08	2.97	1.29	1.68	612.24
12	34.7	1.13	614.68	613.55	3.89	3.15	1.13	4.20	3.15	0.94	2.97	12.49	5.98	2.47	1.13	1.34	612.21
13	37.8	1.13	614.68	613.55	4.47	3.15	1.13	4.18	3.15	1.13	3.56	14.89	5.53	2.32	1.13	1.19	612.36
14	41.0	1.07	614.68	613.61	2.97	3.15	1.13	3.72	3.15	1.10	3.46	12.87	4.98	2.13	1.13	1.00	612.61
15	44.1	1.32	614.68	613.36	4.00	3.15	1.32	3.48	3.15	1.19	3.75	13.06	4.51	2.41	1.32	1.10	612.27
16	47.3	1.32	614.68	613.36	3.99	3.15	1.32	3.99	3.15	1.32	4.14	16.53	4.98	2.61	1.32	1.29	612.07
17	50.4	1.37	614.68	613.31	3.88	3.15	1.37	3.93	3.15	1.34	4.24	16.65	4.87	2.71	1.37	1.34	611.97
18	53.6	0.65	614.68	614.03	3.39	3.15	1.37	3.63	3.15	1.01	3.18	11.57	5.02	2.78	1.37	1.40	612.63
19	56.7	1.07	614.68	613.61	4.24	3.15	1.07	3.82	3.15	0.86	2.70	10.30	5.65	2.19	1.07	1.12	612.49
20	59.9	1.20	614.68	613.48	4.12	3.15	1.20	4.18	3.15	1.13	3.56	14.90	5.53	2.50	1.20	1.30	612.18
21	63.0	1.13	614.68	613.55	3.99	3.15	1.20	4.05	3.15	1.16	3.67	14.87	5.30	2.41	1.20	1.22	612.33
22	66.2	0.60	614.68	614.08	3.92	3.15	1.13	3.95	3.15	0.87	2.73	10.81	5.82	2.42	1.13	1.29	612.79
23	69.3	0.38	614.68	614.30	2.07	3.15	0.60	3.00	3.15	0.49	1.55	4.65	5.76	1.05	0.60	0.45	613.85
<b>Min</b>		<b>0.09</b>	<b>614.68</b>	<b>612.91</b>	<b>0.27</b>	<b>0.00</b>	<b>0.60</b>	<b>1.39</b>	<b>3.15</b>	<b>0.49</b>	<b>1.55</b>	<b>3.28</b>	<b>2.19</b>	<b>1.05</b>	<b>0.60</b>	<b>0.08</b>	<b>611.42</b>
<b>Max</b>		<b>1.77</b>	<b>614.68</b>	<b>614.59</b>	<b>4.52</b>	<b>3.15</b>	<b>1.77</b>	<b>4.42</b>	<b>3.15</b>	<b>1.72</b>	<b>5.42</b>	<b>20.39</b>	<b>6.08</b>	<b>3.31</b>	<b>1.77</b>	<b>1.68</b>	<b>614.59</b>
<b>Media</b>		<b>1.16</b>	<b>614.68</b>	<b>613.52</b>	<b>3.46</b>	<b>3.01</b>	<b>1.33</b>	<b>3.56</b>	<b>3.15</b>	<b>1.20</b>	<b>3.77</b>	<b>13.34</b>	<b>4.73</b>	<b>2.45</b>	<b>1.33</b>	<b>1.12</b>	<b>612.45</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

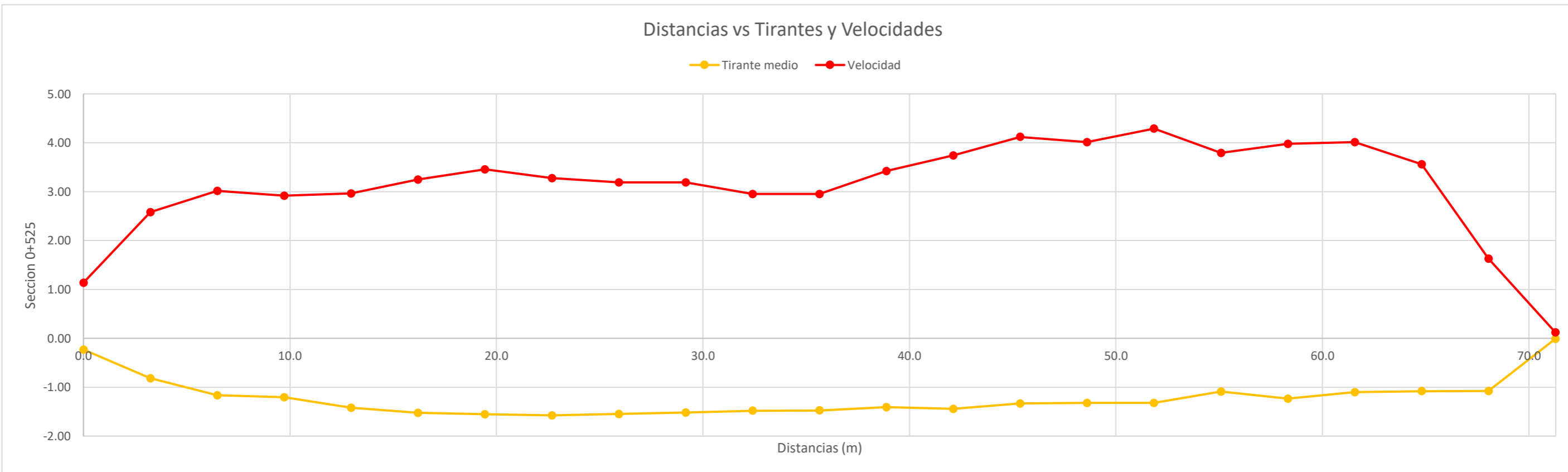
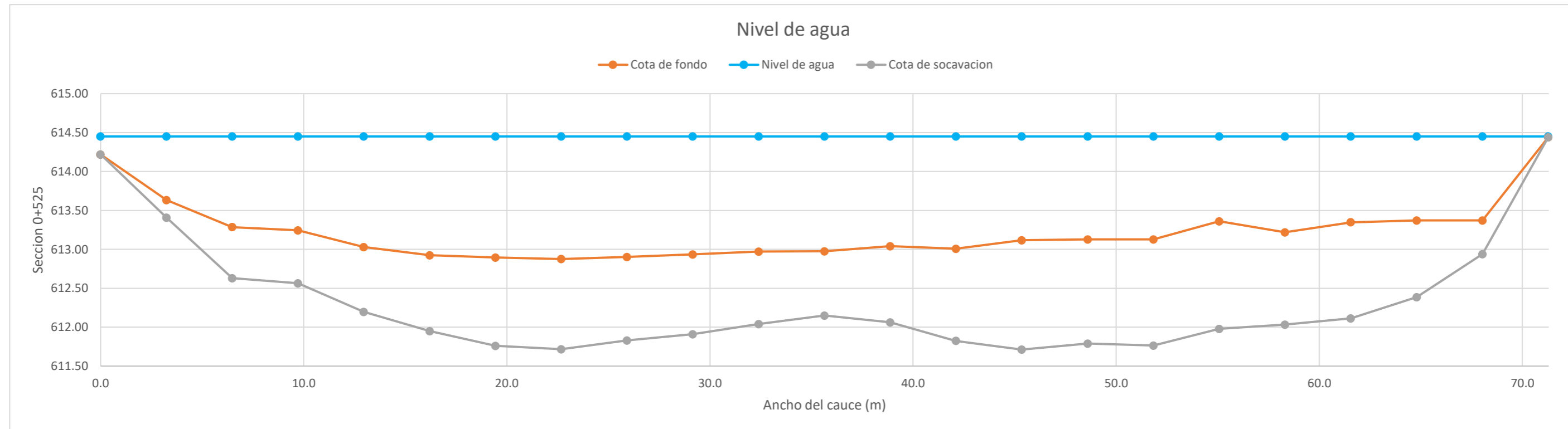
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+570.46
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	71.28 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.23	614.45	614.22	1.14	0.00											614.22
2	3.2	0.82	614.45	613.63	2.58	3.24	0.82	1.86	3.24	0.52	1.70	3.16	3.45	1.04	0.82	0.23	613.41
3	6.5	1.16	614.45	613.29	3.01	3.24	1.16	2.80	3.24	0.99	3.21	8.98	3.87	1.82	1.16	0.66	612.63
4	9.7	1.21	614.45	613.25	2.92	3.24	1.21	2.97	3.24	1.18	3.84	11.39	3.82	1.89	1.21	0.68	612.57
5	13.0	1.42	614.45	613.03	2.96	3.24	1.42	2.94	3.24	1.31	4.26	12.52	3.64	2.26	1.42	0.83	612.20
6	16.2	1.53	614.45	612.92	3.25	3.24	1.53	3.11	3.24	1.47	4.77	14.83	3.69	2.50	1.53	0.98	611.95
7	19.4	1.56	614.45	612.90	3.46	3.24	1.56	3.35	3.24	1.54	4.99	16.74	3.93	2.69	1.56	1.14	611.76
8	22.7	1.58	614.45	612.87	3.28	3.24	1.58	3.37	3.24	1.57	5.07	17.08	3.92	2.74	1.58	1.16	611.71
9	25.9	1.55	614.45	612.90	3.19	3.24	1.58	3.23	3.24	1.56	5.06	16.36	3.77	2.65	1.58	1.08	611.83
10	29.2	1.52	614.45	612.93	3.19	3.24	1.55	3.19	3.24	1.53	4.96	15.83	3.74	2.57	1.55	1.03	611.91
11	32.4	1.48	614.45	612.97	2.95	3.24	1.52	3.07	3.24	1.50	4.85	14.91	3.63	2.45	1.52	0.93	612.04
12	35.6	1.47	614.45	612.98	2.95	3.24	1.48	2.95	3.24	1.48	4.79	14.13	3.51	2.31	1.48	0.83	612.15
13	38.9	1.41	614.45	613.04	3.42	3.24	1.47	3.19	3.24	1.44	4.67	14.88	3.82	2.45	1.47	0.98	612.06
14	42.1	1.44	614.45	613.01	3.74	3.24	1.44	3.58	3.24	1.43	4.62	16.55	4.31	2.63	1.44	1.18	611.82
15	45.4	1.33	614.45	613.12	4.12	3.24	1.44	3.93	3.24	1.39	4.50	17.70	4.77	2.85	1.44	1.40	611.71
16	48.6	1.32	614.45	613.13	4.01	3.24	1.33	4.07	3.24	1.33	4.31	17.52	5.02	2.67	1.33	1.34	611.79
17	51.8	1.32	614.45	613.13	4.29	3.24	1.32	4.15	3.24	1.32	4.29	17.80	5.13	2.69	1.32	1.36	611.76
18	55.1	1.09	614.45	613.36	3.79	3.24	1.32	4.04	3.24	1.21	3.91	15.80	5.17	2.70	1.32	1.38	611.98
19	58.3	1.23	614.45	613.22	3.98	3.24	1.23	3.89	3.24	1.16	3.76	14.63	5.04	2.42	1.23	1.18	612.03
20	61.6	1.10	614.45	613.35	4.02	3.24	1.23	4.00	3.24	1.17	3.78	15.13	5.18	2.47	1.23	1.23	612.11
21	64.8	1.08	614.45	613.37	3.56	3.24	1.10	3.79	3.24	1.09	3.54	13.40	5.04	2.09	1.10	0.98	612.39
22	68.0	1.08	614.45	613.37	1.63	3.24	1.08	2.60	3.24	1.08	3.50	9.08	3.47	1.51	1.08	0.43	612.94
23	71.3	0.01	614.45	614.44	0.12	3.24	1.08	0.88	3.24	0.54	1.76	1.55	1.60	0.82	1.08	0.00	614.44
<b>Min</b>		<b>0.01</b>	<b>614.45</b>	<b>612.87</b>	<b>0.12</b>	<b>0.00</b>	<b>0.82</b>	<b>0.88</b>	<b>3.24</b>	<b>0.52</b>	<b>1.70</b>	<b>1.55</b>	<b>1.60</b>	<b>0.82</b>	<b>0.82</b>	<b>0.00</b>	<b>611.71</b>
<b>Max</b>		<b>1.58</b>	<b>614.45</b>	<b>614.44</b>	<b>4.29</b>	<b>3.24</b>	<b>1.58</b>	<b>4.15</b>	<b>3.24</b>	<b>1.57</b>	<b>5.07</b>	<b>17.80</b>	<b>5.18</b>	<b>2.85</b>	<b>1.58</b>	<b>1.40</b>	<b>614.44</b>
<b>Media</b>		<b>1.21</b>	<b>614.45</b>	<b>613.24</b>	<b>3.11</b>	<b>3.10</b>	<b>1.34</b>	<b>3.23</b>	<b>3.24</b>	<b>1.26</b>	<b>4.10</b>	<b>13.63</b>	<b>4.07</b>	<b>2.28</b>	<b>1.34</b>	<b>0.96</b>	<b>612.32</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

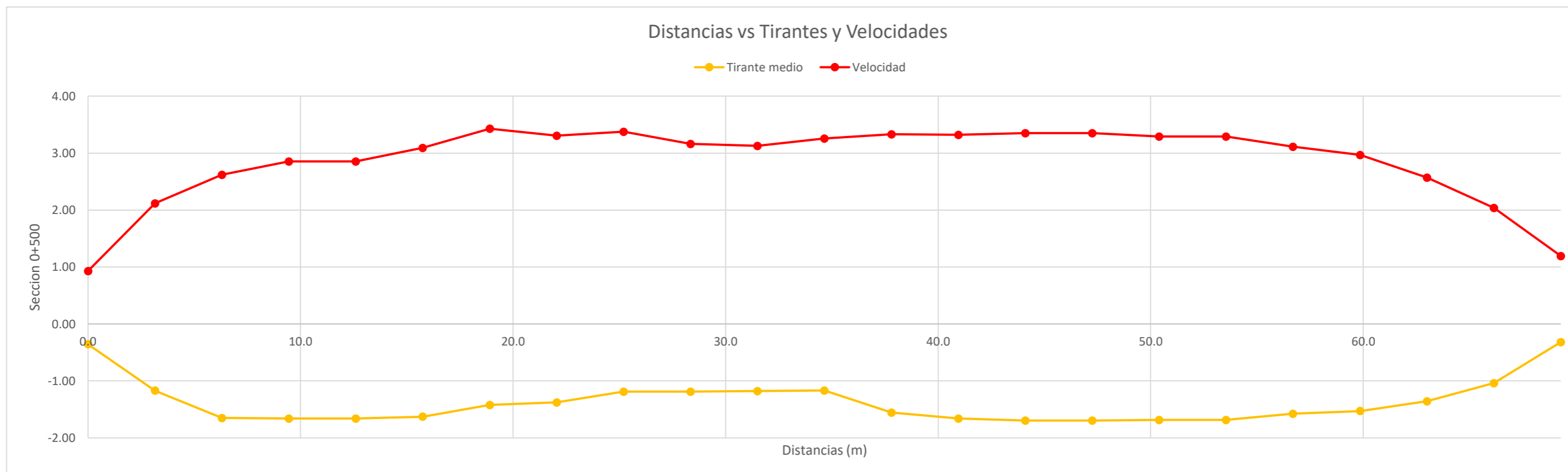
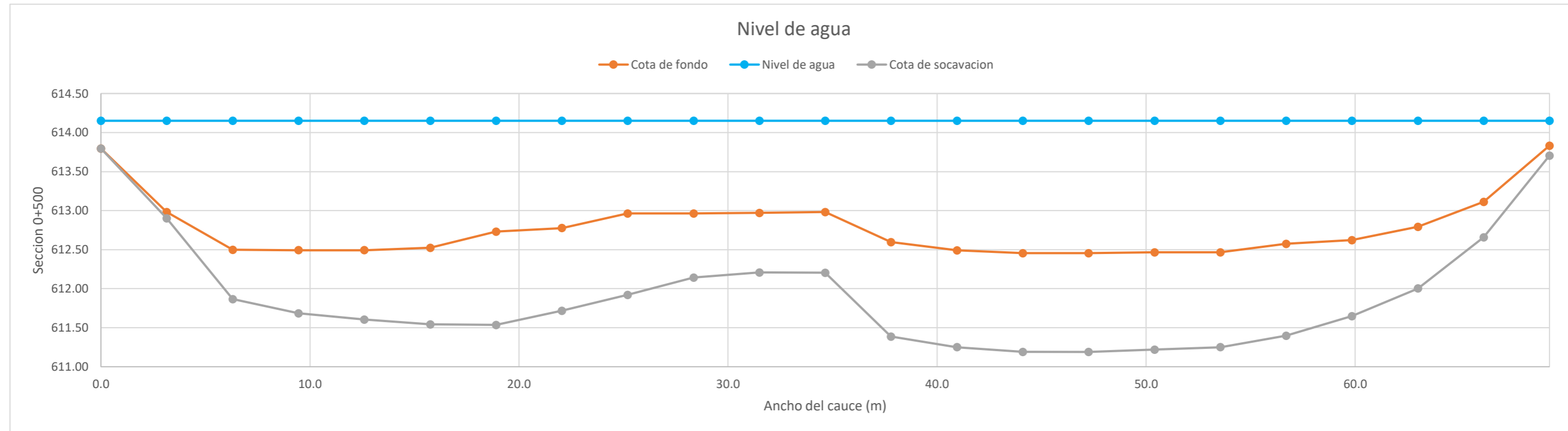
**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+550
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	69.30 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)


ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.36	614.15	613.80	0.93	0.00											613.80
2	3.2	1.17	614.15	612.98	2.12	3.15	1.17	1.52	3.15	0.76	2.40	3.66	2.38	1.25	1.17	0.08	612.90
3	6.3	1.65	614.15	612.50	2.62	3.15	1.65	2.37	3.15	1.41	4.44	10.53	2.88	2.28	1.65	0.63	611.87
4	9.5	1.66	614.15	612.49	2.85	3.15	1.66	2.74	3.15	1.65	5.21	14.26	3.16	2.46	1.66	0.81	611.69
5	12.6	1.66	614.15	612.49	2.85	3.15	1.66	2.85	3.15	1.66	5.22	14.90	3.29	2.55	1.66	0.89	611.60
6	15.8	1.63	614.15	612.52	3.09	3.15	1.66	2.97	3.15	1.64	5.17	15.38	3.44	2.64	1.66	0.98	611.54
7	18.9	1.42	614.15	612.73	3.43	3.15	1.63	3.26	3.15	1.52	4.80	15.64	3.87	2.82	1.63	1.20	611.54
8	22.1	1.37	614.15	612.78	3.31	3.15	1.42	3.37	3.15	1.40	4.40	14.81	4.11	2.48	1.42	1.06	611.72
9	25.2	1.19	614.15	612.97	3.37	3.15	1.37	3.34	3.15	1.28	4.03	13.47	4.21	2.42	1.37	1.04	611.92
10	28.4	1.19	614.15	612.96	3.16	3.15	1.19	3.27	3.15	1.19	3.74	12.22	4.24	2.01	1.19	0.82	612.14
11	31.5	1.18	614.15	612.97	3.13	3.15	1.19	3.15	3.15	1.18	3.73	11.73	4.09	1.95	1.19	0.76	612.21
12	34.7	1.17	614.15	612.98	3.25	3.15	1.18	3.19	3.15	1.17	3.70	11.79	4.16	1.96	1.18	0.78	612.20
13	37.8	1.55	614.15	612.60	3.33	3.15	1.55	3.29	3.15	1.36	4.29	14.11	4.06	2.76	1.55	1.21	611.39
14	41.0	1.66	614.15	612.49	3.32	3.15	1.66	3.33	3.15	1.61	5.06	16.83	3.88	2.90	1.66	1.24	611.25
15	44.1	1.70	614.15	612.46	3.35	3.15	1.70	3.34	3.15	1.68	5.28	17.63	3.83	2.96	1.70	1.26	611.19
16	47.3	1.70	614.15	612.46	3.35	3.15	1.70	3.35	3.15	1.70	5.34	17.90	3.84	2.96	1.70	1.27	611.19
17	50.4	1.69	614.15	612.47	3.29	3.15	1.70	3.32	3.15	1.69	5.32	17.69	3.81	2.94	1.70	1.25	611.22
18	53.6	1.69	614.15	612.47	3.29	3.15	1.69	3.29	3.15	1.69	5.31	17.47	3.78	2.90	1.69	1.22	611.25
19	56.7	1.58	614.15	612.57	3.11	3.15	1.69	3.20	3.15	1.63	5.14	16.45	3.71	2.86	1.69	1.18	611.40
20	59.9	1.53	614.15	612.62	2.97	3.15	1.58	3.04	3.15	1.55	4.89	14.86	3.58	2.55	1.58	0.97	611.65
21	63.0	1.36	614.15	612.79	2.57	3.15	1.53	2.77	3.15	1.44	4.55	12.58	3.34	2.32	1.53	0.79	612.00
22	66.2	1.04	614.15	613.11	2.04	3.15	1.36	2.30	3.15	1.20	3.78	8.70	2.98	1.81	1.36	0.45	612.66
23	69.3	0.32	614.15	613.83	1.20	3.15	1.04	1.62	3.15	0.68	2.14	3.45	2.66	1.17	1.04	0.13	613.71
<b>Min</b>		<b>0.32</b>	<b>614.15</b>	<b>612.46</b>	<b>0.93</b>	<b>0.00</b>	<b>1.04</b>	<b>1.52</b>	<b>3.15</b>	<b>0.68</b>	<b>2.14</b>	<b>3.45</b>	<b>2.38</b>	<b>1.17</b>	<b>1.04</b>	<b>0.08</b>	<b>611.19</b>
<b>Max</b>		<b>1.70</b>	<b>614.15</b>	<b>613.83</b>	<b>3.43</b>	<b>3.15</b>	<b>1.70</b>	<b>3.37</b>	<b>3.15</b>	<b>1.70</b>	<b>5.34</b>	<b>17.90</b>	<b>4.24</b>	<b>2.96</b>	<b>1.70</b>	<b>1.27</b>	<b>613.80</b>
<b>Media</b>		<b>1.37</b>	<b>614.15</b>	<b>612.78</b>	<b>2.87</b>	<b>3.01</b>	<b>1.50</b>	<b>2.95</b>	<b>3.15</b>	<b>1.41</b>	<b>4.45</b>	<b>13.46</b>	<b>3.60</b>	<b>2.41</b>	<b>1.50</b>	<b>0.91</b>	<b>611.91</b>



**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**





 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM				
												Fecha: Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0							

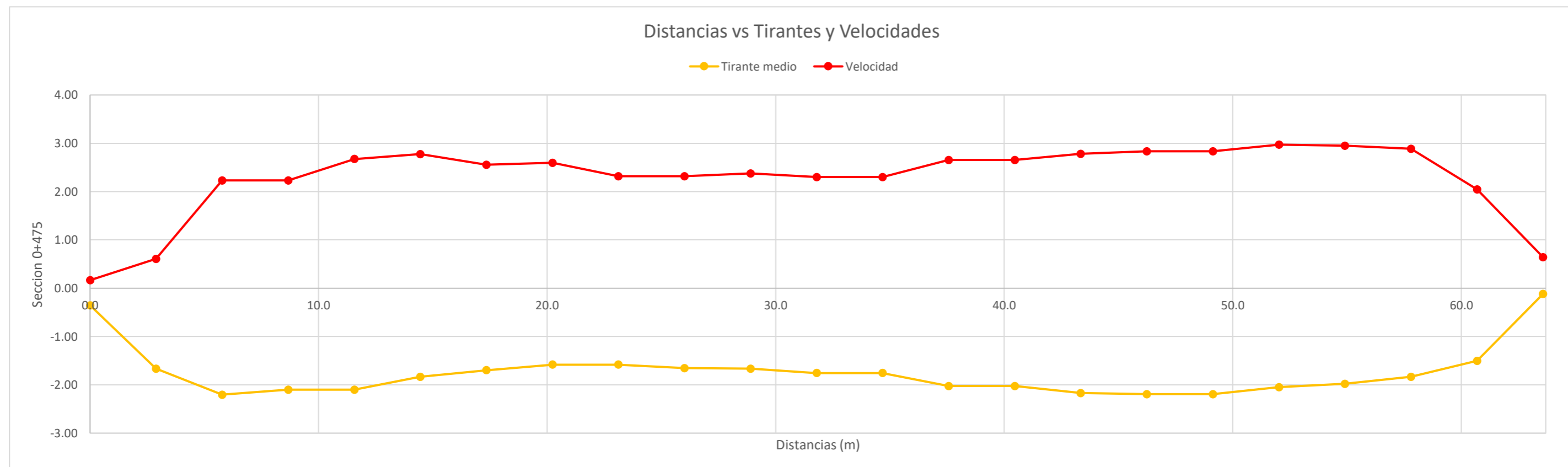
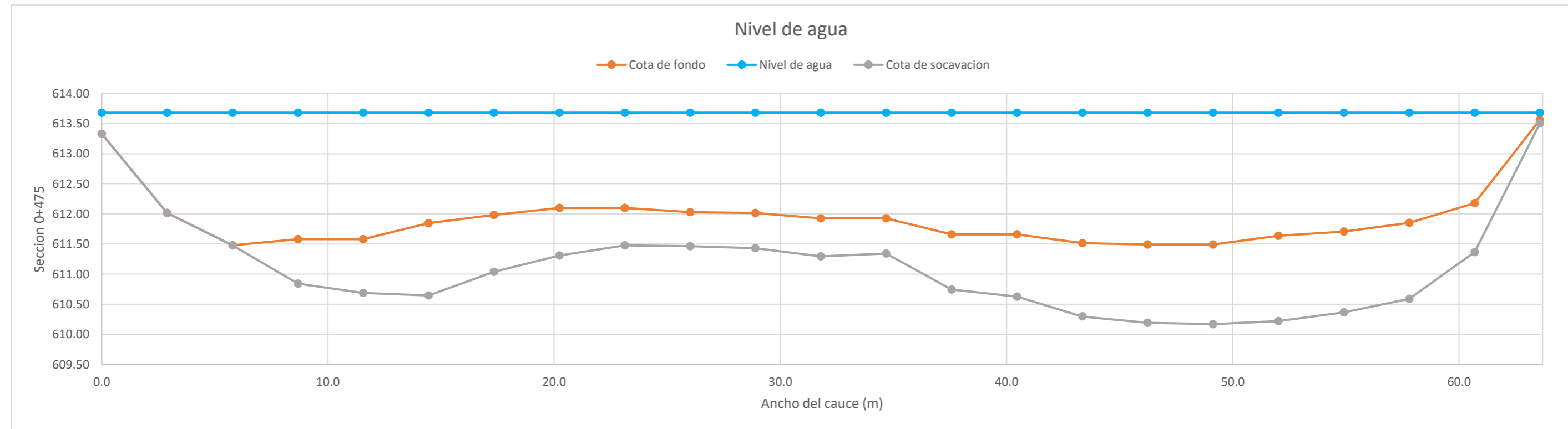
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+525
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	63.58 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.35	613.68	613.33	0.17	0.00											613.33
2	2.9	1.67	613.68	612.02	0.61	2.89	1.67	0.39	2.89	1.01	2.92	1.13	0.55	0.62	1.67	0.00	612.02
3	5.8	2.20	613.68	611.48	2.23	2.89	2.20	1.42	2.89	1.93	5.59	7.93	1.61	2.11	2.20	0.00	611.48
4	8.7	2.10	613.68	611.58	2.23	2.89	2.20	2.23	2.89	2.15	6.22	13.88	2.46	2.94	2.20	0.74	610.84
5	11.6	2.10	613.68	611.58	2.68	2.89	2.10	2.45	2.89	2.10	6.07	14.90	2.72	2.99	2.10	0.89	610.69
6	14.5	1.84	613.68	611.85	2.78	2.89	2.10	2.73	2.89	1.97	5.69	15.51	3.08	3.30	2.10	1.20	610.65
7	17.3	1.70	613.68	611.98	2.56	2.89	1.84	2.67	2.89	1.77	5.10	13.61	3.11	2.78	1.84	0.95	611.04
8	20.2	1.58	613.68	612.10	2.60	2.89	1.70	2.58	2.89	1.64	4.74	12.20	3.07	2.49	1.70	0.79	611.31
9	23.1	1.58	613.68	612.10	2.32	2.89	1.58	2.46	2.89	1.58	4.57	11.22	2.96	2.20	1.58	0.62	611.48
10	26.0	1.65	613.68	612.03	2.32	2.89	1.65	2.32	2.89	1.62	4.67	10.83	2.78	2.22	1.65	0.57	611.47
11	28.9	1.67	613.68	612.01	2.38	2.89	1.67	2.35	2.89	1.66	4.79	11.26	2.79	2.25	1.67	0.59	611.43
12	31.8	1.75	613.68	611.93	2.30	2.89	1.75	2.34	2.89	1.71	4.94	11.57	2.75	2.39	1.75	0.63	611.30
13	34.7	1.75	613.68	611.93	2.30	2.89	1.75	2.30	2.89	1.75	5.07	11.67	2.69	2.34	1.75	0.59	611.34
14	37.6	2.02	613.68	611.66	2.65	2.89	2.02	2.48	2.89	1.89	5.46	13.52	2.83	2.94	2.02	0.92	610.74
15	40.5	2.02	613.68	611.66	2.65	2.89	2.02	2.65	2.89	2.02	5.85	15.51	2.97	3.06	2.02	1.03	610.63
16	43.4	2.17	613.68	611.51	2.78	2.89	2.17	2.72	2.89	2.10	6.06	16.47	3.02	3.38	2.17	1.22	610.30
17	46.2	2.19	613.68	611.49	2.83	2.89	2.19	2.81	2.89	2.18	6.30	17.69	3.08	3.49	2.19	1.30	610.19
18	49.1	2.19	613.68	611.49	2.83	2.89	2.19	2.83	2.89	2.19	6.33	17.94	3.11	3.51	2.19	1.32	610.17
19	52.0	2.05	613.68	611.64	2.97	2.89	2.19	2.90	2.89	2.12	6.12	17.77	3.21	3.61	2.19	1.41	610.22
20	54.9	1.98	613.68	611.71	2.95	2.89	2.05	2.96	2.89	2.01	5.81	17.22	3.32	3.39	2.05	1.34	610.37
21	57.8	1.83	613.68	611.85	2.88	2.89	1.98	2.92	2.89	1.90	5.50	16.05	3.33	3.24	1.98	1.26	610.59
22	60.7	1.50	613.68	612.18	2.05	2.89	1.83	2.47	2.89	1.67	4.82	11.88	2.93	2.65	1.83	0.81	611.36
23	63.6	0.12	613.68	613.56	0.64	2.89	1.50	1.35	2.89	0.81	2.34	3.15	2.08	1.56	1.50	0.06	613.50
<b>Min</b>		<b>0.12</b>	<b>613.68</b>	<b>611.48</b>	<b>0.17</b>	<b>0.00</b>	<b>1.50</b>	<b>0.39</b>	<b>2.89</b>	<b>0.81</b>	<b>2.34</b>	<b>1.13</b>	<b>0.55</b>	<b>0.62</b>	<b>1.50</b>	<b>0.00</b>	<b>610.17</b>
<b>Max</b>		<b>2.20</b>	<b>613.68</b>	<b>613.56</b>	<b>2.97</b>	<b>2.89</b>	<b>2.20</b>	<b>2.96</b>	<b>2.89</b>	<b>2.19</b>	<b>6.33</b>	<b>17.94</b>	<b>3.33</b>	<b>3.61</b>	<b>2.20</b>	<b>1.41</b>	<b>613.50</b>
<b>Media</b>		<b>1.74</b>	<b>613.68</b>	<b>611.94</b>	<b>2.29</b>	<b>2.76</b>	<b>1.93</b>	<b>2.38</b>	<b>2.89</b>	<b>1.81</b>	<b>5.23</b>	<b>12.86</b>	<b>2.75</b>	<b>2.70</b>	<b>1.93</b>	<b>0.83</b>	<b>611.15</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

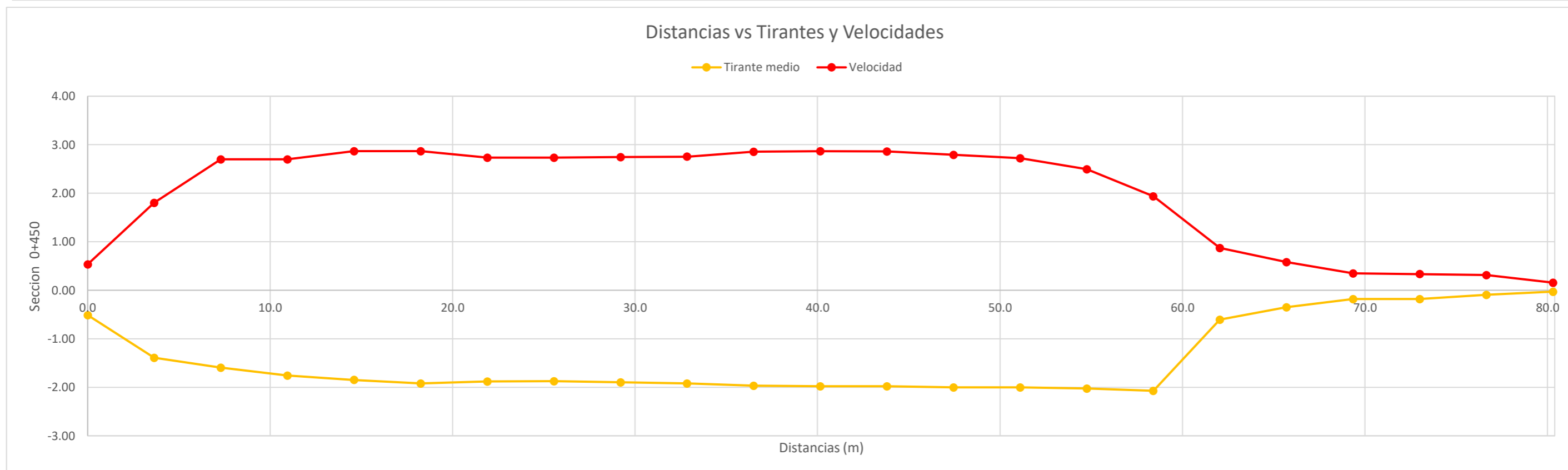
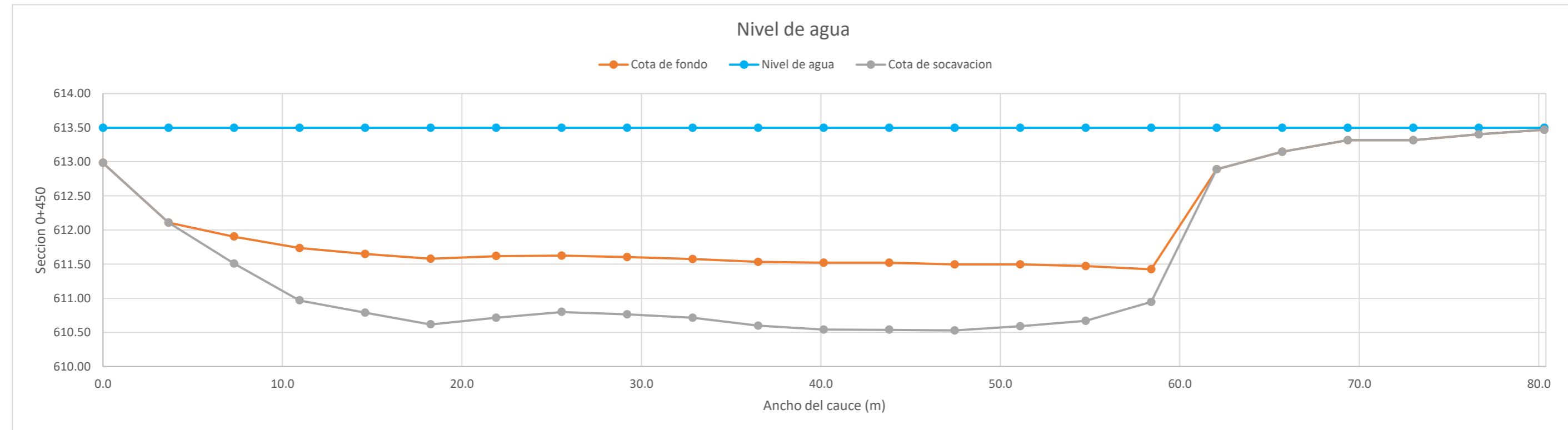
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+500
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	80.30 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.51	613.50	612.98	0.53	0.00											612.98
2	3.7	1.39	613.50	612.11	1.81	3.65	1.39	1.17	3.65	0.95	3.47	4.06	1.60	1.14	1.39	0.00	612.11
3	7.3	1.59	613.50	611.90	2.70	3.65	1.59	2.25	3.65	1.49	5.44	12.26	2.57	1.99	1.59	0.40	611.51
4	11.0	1.76	613.50	611.74	2.70	3.65	1.76	2.70	3.65	1.68	6.12	16.50	2.95	2.53	1.76	0.77	610.97
5	14.6	1.85	613.50	611.65	2.87	3.65	1.85	2.78	3.65	1.80	6.58	18.31	2.97	2.71	1.85	0.86	610.79
6	18.3	1.92	613.50	611.58	2.87	3.65	1.92	2.87	3.65	1.88	6.87	19.70	3.01	2.88	1.92	0.96	610.62
7	21.9	1.88	613.50	611.62	2.73	3.65	1.92	2.80	3.65	1.90	6.93	19.40	2.94	2.82	1.92	0.90	610.71
8	25.6	1.87	613.50	611.62	2.73	3.65	1.88	2.73	3.65	1.88	6.85	18.72	2.88	2.70	1.88	0.82	610.80
9	29.2	1.90	613.50	611.60	2.74	3.65	1.90	2.74	3.65	1.88	6.88	18.84	2.88	2.73	1.90	0.84	610.76
10	32.9	1.92	613.50	611.58	2.75	3.65	1.92	2.75	3.65	1.91	6.96	19.14	2.88	2.78	1.92	0.86	610.72
11	36.5	1.97	613.50	611.53	2.86	3.65	1.97	2.81	3.65	1.94	7.09	19.89	2.92	2.90	1.97	0.93	610.60
12	40.2	1.98	613.50	611.52	2.87	3.65	1.98	2.86	3.65	1.97	7.19	20.59	2.97	2.96	1.98	0.98	610.54
13	43.8	1.98	613.50	611.52	2.86	3.65	1.98	2.87	3.65	1.98	7.22	20.67	2.97	2.96	1.98	0.98	610.54
14	47.5	2.00	613.50	611.50	2.79	3.65	2.00	2.83	3.65	1.99	7.26	20.52	2.92	2.97	2.00	0.97	610.53
15	51.1	2.00	613.50	611.50	2.72	3.65	2.00	2.76	3.65	2.00	7.30	20.13	2.84	2.91	2.00	0.91	610.59
16	54.8	2.03	613.50	611.47	2.50	3.65	2.03	2.61	3.65	2.01	7.35	19.17	2.69	2.83	2.03	0.80	610.67
17	58.4	2.07	613.50	611.42	1.94	3.65	2.07	2.22	3.65	2.05	7.48	16.59	2.27	2.55	2.07	0.48	610.95
18	62.1	0.61	613.50	612.89	0.87	3.65	2.07	1.41	3.65	1.34	4.89	6.88	1.67	2.00	2.07	0.00	612.89
19	65.7	0.35	613.50	613.15	0.58	3.65	0.61	0.73	3.65	0.48	1.74	1.27	1.39	0.34	0.61	0.00	613.15
20	69.4	0.18	613.50	613.31	0.35	3.65	0.35	0.46	3.65	0.27	0.97	0.45	1.23	0.15	0.35	0.00	613.31
21	73.0	0.18	613.50	613.31	0.33	3.65	0.18	0.34	3.65	0.18	0.67	0.23	1.13	0.06	0.18	0.00	613.31
22	76.7	0.09	613.50	613.40	0.31	3.65	0.18	0.32	3.65	0.14	0.50	0.16	1.27	0.07	0.18	0.00	613.40
23	80.3	0.03	613.50	613.47	0.16	3.65	0.09	0.23	3.65	0.06	0.22	0.05	1.55	0.03	0.09	0.00	613.47
<b>Min</b>		<b>0.03</b>	<b>613.50</b>	<b>611.42</b>	<b>0.16</b>	<b>0.00</b>	<b>0.09</b>	<b>0.23</b>	<b>3.65</b>	<b>0.06</b>	<b>0.22</b>	<b>0.05</b>	<b>1.13</b>	<b>0.03</b>	<b>0.09</b>	<b>0.00</b>	<b>610.53</b>
<b>Max</b>		<b>2.07</b>	<b>613.50</b>	<b>613.47</b>	<b>2.87</b>	<b>3.65</b>	<b>2.07</b>	<b>2.87</b>	<b>3.65</b>	<b>2.05</b>	<b>7.48</b>	<b>20.67</b>	<b>3.01</b>	<b>2.97</b>	<b>2.07</b>	<b>0.98</b>	<b>613.47</b>
<b>Media</b>		<b>1.39</b>	<b>613.50</b>	<b>612.10</b>	<b>1.98</b>	<b>3.49</b>	<b>1.53</b>	<b>2.06</b>	<b>3.65</b>	<b>1.44</b>	<b>5.27</b>	<b>13.34</b>	<b>2.39</b>	<b>2.05</b>	<b>1.53</b>	<b>0.57</b>	<b>611.56</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

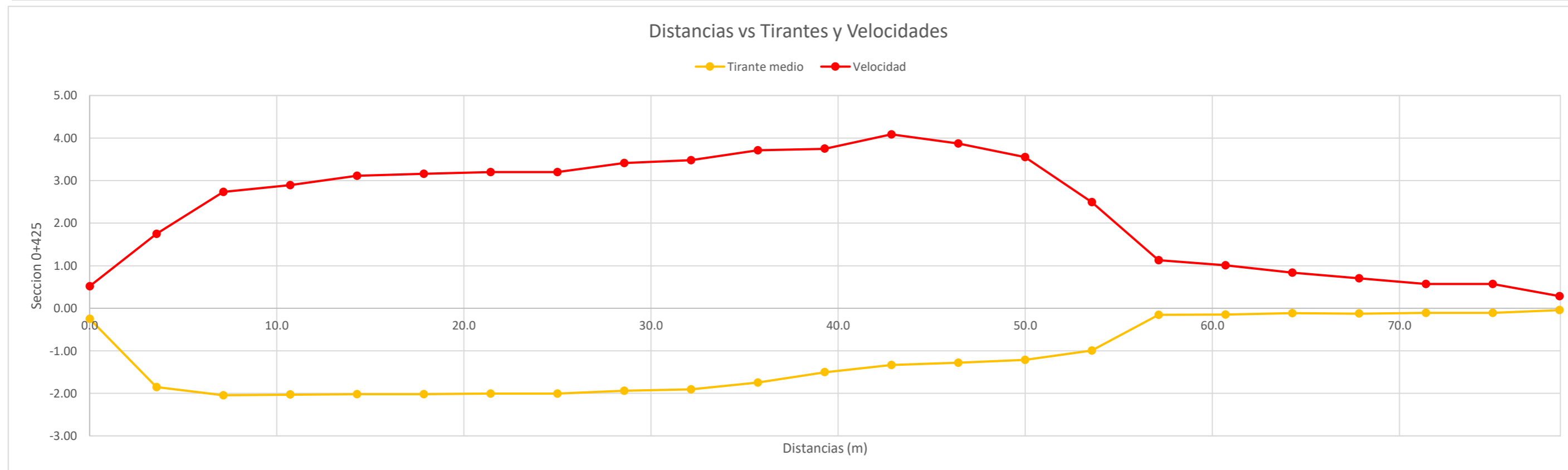
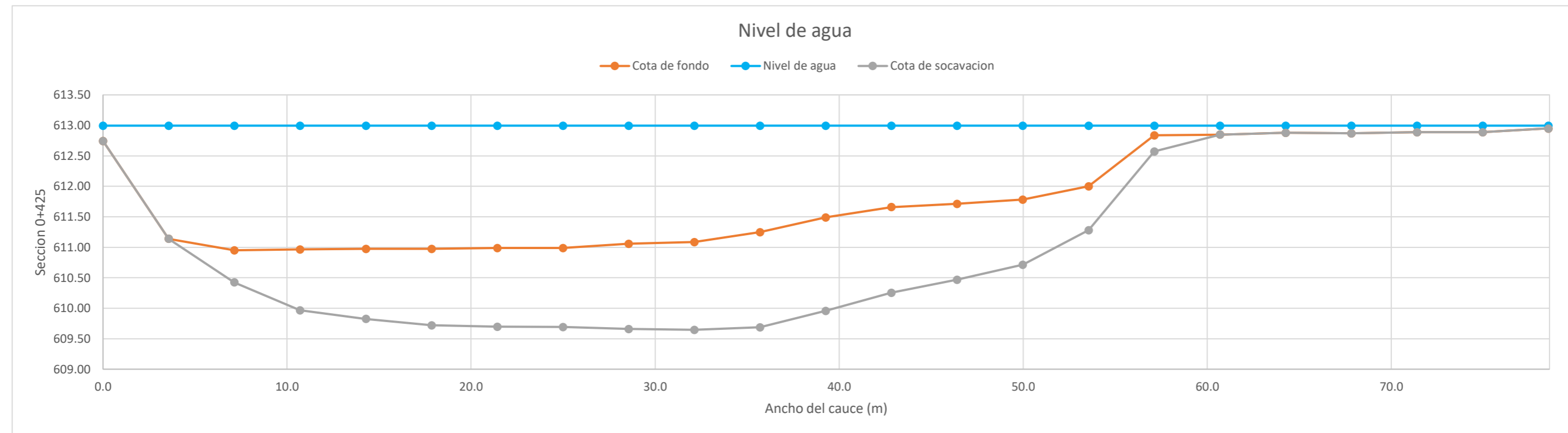
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+475
Coefficiente que depende del Tr:	$\beta$	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	78.54 m
Coefficiente de contracción:	$\mu$	1.00 ( $\mu = 1$ , sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	$\alpha$ (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.25	613.00	612.75	0.52	0.00											612.75
2	3.6	1.86	613.00	611.14	1.75	3.57	1.86	1.13	3.57	1.05	3.76	4.25	1.49	1.58	1.86	0.00	611.14
3	7.1	2.04	613.00	610.95	2.73	3.57	2.04	2.24	3.57	1.95	6.96	15.59	2.35	2.57	2.04	0.53	610.42
4	10.7	2.03	613.00	610.97	2.89	3.57	2.04	2.81	3.57	2.04	7.27	20.45	2.91	3.04	2.04	1.00	609.97
5	14.3	2.02	613.00	610.97	3.11	3.57	2.03	3.00	3.57	2.03	7.23	21.71	3.11	3.18	2.03	1.15	609.83
6	17.9	2.02	613.00	610.97	3.16	3.57	2.02	3.14	3.57	2.02	7.22	22.63	3.25	3.27	2.02	1.25	609.72
7	21.4	2.01	613.00	610.99	3.20	3.57	2.02	3.18	3.57	2.01	7.19	22.87	3.30	3.31	2.02	1.29	609.70
8	25.0	2.01	613.00	610.99	3.20	3.57	2.01	3.20	3.57	2.01	7.17	22.95	3.32	3.30	2.01	1.30	609.69
9	28.6	1.94	613.00	611.06	3.41	3.57	2.01	3.31	3.57	1.97	7.05	23.30	3.45	3.40	2.01	1.40	609.66
10	32.1	1.91	613.00	611.09	3.48	3.57	1.94	3.45	3.57	1.92	6.87	23.67	3.63	3.38	1.94	1.44	609.65
11	35.7	1.75	613.00	611.25	3.71	3.57	1.91	3.60	3.57	1.83	6.52	23.46	3.85	3.47	1.91	1.56	609.69
12	39.3	1.50	613.00	611.49	3.75	3.57	1.75	3.73	3.57	1.63	5.80	21.64	4.15	3.28	1.75	1.53	609.96
13	42.8	1.34	613.00	611.66	4.09	3.57	1.50	3.92	3.57	1.42	5.07	19.86	4.58	2.91	1.50	1.41	610.25
14	46.4	1.28	613.00	611.72	3.87	3.57	1.34	3.98	3.57	1.31	4.67	18.58	4.80	2.58	1.34	1.25	610.47
15	50.0	1.21	613.00	611.78	3.56	3.57	1.28	3.71	3.57	1.25	4.45	16.53	4.57	2.35	1.28	1.07	610.72
16	53.6	0.99	613.00	612.00	2.49	3.57	1.21	3.02	3.57	1.10	3.93	11.90	3.91	1.93	1.21	0.72	611.28
17	57.1	0.16	613.00	612.84	1.13	3.57	0.99	1.81	3.57	0.57	2.05	3.72	3.16	1.26	0.99	0.26	612.57
18	60.7	0.15	613.00	612.85	1.01	3.57	0.16	1.07	3.57	0.15	0.54	0.58	3.97	0.13	0.16	0.00	612.85
19	64.3	0.12	613.00	612.88	0.84	3.57	0.15	0.92	3.57	0.13	0.47	0.44	3.74	0.12	0.15	0.00	612.88
20	67.8	0.13	613.00	612.87	0.70	3.57	0.13	0.77	3.57	0.12	0.43	0.33	3.27	0.09	0.13	0.00	612.87
21	71.4	0.11	613.00	612.89	0.57	3.57	0.13	0.64	3.57	0.12	0.42	0.27	2.78	0.08	0.13	0.00	612.89
22	75.0	0.11	613.00	612.89	0.57	3.57	0.11	0.57	3.57	0.11	0.38	0.22	2.63	0.06	0.11	0.00	612.89
23	78.5	0.04	613.00	612.95	0.29	3.57	0.11	0.43	3.57	0.08	0.27	0.12	2.46	0.06	0.11	0.00	612.95
<b>Min</b>		<b>0.04</b>	<b>613.00</b>	<b>610.95</b>	<b>0.29</b>	<b>0.00</b>	<b>0.11</b>	<b>0.43</b>	<b>3.57</b>	<b>0.08</b>	<b>0.27</b>	<b>0.12</b>	<b>1.49</b>	<b>0.06</b>	<b>0.11</b>	<b>0.00</b>	<b>609.65</b>
<b>Max</b>		<b>2.04</b>	<b>613.00</b>	<b>612.95</b>	<b>4.09</b>	<b>3.57</b>	<b>2.04</b>	<b>3.98</b>	<b>3.57</b>	<b>2.04</b>	<b>7.27</b>	<b>23.67</b>	<b>4.80</b>	<b>3.47</b>	<b>2.04</b>	<b>1.56</b>	<b>612.95</b>
<b>Media</b>		<b>1.17</b>	<b>613.00</b>	<b>611.82</b>	<b>2.35</b>	<b>3.41</b>	<b>1.31</b>	<b>2.44</b>	<b>3.57</b>	<b>1.22</b>	<b>4.35</b>	<b>13.41</b>	<b>3.39</b>	<b>2.06</b>	<b>1.31</b>	<b>0.78</b>	<b>611.08</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM				
												Fecha: Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0							

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

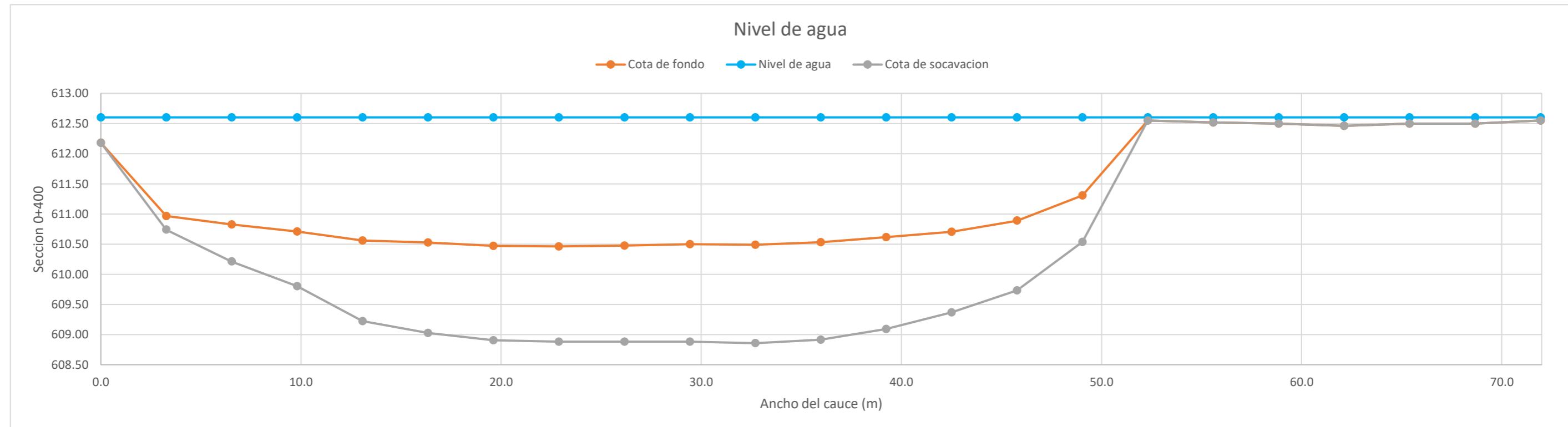
Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+450
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	71.94 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.42	612.60	612.18	1.04	0.00											612.18
2	3.3	1.64	612.60	610.96	2.29	3.27	1.64	1.66	3.27	1.03	3.36	5.59	2.26	1.86	1.64	0.23	610.74
3	6.5	1.77	612.60	610.83	2.52	3.27	1.77	2.40	3.27	1.71	5.58	13.40	2.71	2.39	1.77	0.62	610.21
4	9.8	1.89	612.60	610.71	2.89	3.27	1.89	2.70	3.27	1.83	5.99	16.19	2.98	2.80	1.89	0.91	609.80
5	13.1	2.04	612.60	610.56	3.27	3.27	2.04	3.08	3.27	1.97	6.43	19.82	3.32	3.38	2.04	1.33	609.22
6	16.4	2.07	612.60	610.53	3.27	3.27	2.07	3.27	3.27	2.06	6.73	22.04	3.48	3.58	2.07	1.50	609.03
7	19.6	2.13	612.60	610.47	3.29	3.27	2.13	3.28	3.27	2.10	6.88	22.59	3.47	3.70	2.13	1.57	608.90
8	22.9	2.14	612.60	610.46	3.31	3.27	2.14	3.30	3.27	2.14	6.98	23.08	3.48	3.72	2.14	1.58	608.88
9	26.2	2.13	612.60	610.47	3.31	3.27	2.14	3.31	3.27	2.13	6.98	23.12	3.49	3.73	2.14	1.59	608.88
10	29.4	2.10	612.60	610.50	3.39	3.27	2.13	3.35	3.27	2.12	6.92	23.20	3.54	3.74	2.13	1.62	608.88
11	32.7	2.11	612.60	610.49	3.39	3.27	2.11	3.39	3.27	2.11	6.89	23.38	3.59	3.74	2.11	1.63	608.86
12	36.0	2.07	612.60	610.53	3.34	3.27	2.11	3.37	3.27	2.09	6.84	23.02	3.56	3.73	2.11	1.61	608.91
13	39.2	1.99	612.60	610.61	3.24	3.27	2.07	3.29	3.27	2.03	6.64	21.83	3.51	3.60	2.07	1.52	609.09
14	42.5	1.90	612.60	610.71	3.06	3.27	1.99	3.15	3.27	1.94	6.35	20.01	3.41	3.33	1.99	1.34	609.37
15	45.8	1.71	612.60	610.89	2.91	3.27	1.90	2.99	3.27	1.80	5.90	17.62	3.31	3.05	1.90	1.15	609.73
16	49.1	1.30	612.60	611.30	2.21	3.27	1.71	2.56	3.27	1.50	4.92	12.60	3.01	2.48	1.71	0.77	610.54
17	52.3	0.05	612.60	612.55	0.33	3.27	1.30	1.27	3.27	0.67	2.21	2.80	2.08	1.28	1.30	0.00	612.55
18	55.6	0.08	612.60	612.52	0.41	3.27	0.08	0.37	3.27	0.07	0.22	0.08	2.25	0.04	0.08	0.00	612.52
19	58.9	0.10	612.60	612.50	0.61	3.27	0.10	0.51	3.27	0.09	0.30	0.15	2.57	0.05	0.10	0.00	612.50
20	62.1	0.14	612.60	612.46	0.65	3.27	0.14	0.63	3.27	0.12	0.40	0.25	2.69	0.09	0.14	0.00	612.46
21	65.4	0.10	612.60	612.50	0.64	3.27	0.14	0.65	3.27	0.12	0.40	0.26	2.76	0.09	0.14	0.00	612.50
22	68.7	0.10	612.60	612.50	0.51	3.27	0.10	0.58	3.27	0.10	0.34	0.20	2.74	0.06	0.10	0.00	612.50
23	71.9	0.05	612.60	612.55	0.15	3.27	0.10	0.33	3.27	0.08	0.25	0.08	1.87	0.04	0.10	0.00	612.55
<b>Min</b>		<b>0.05</b>	<b>612.60</b>	<b>610.46</b>	<b>0.15</b>	<b>0.00</b>	<b>0.08</b>	<b>0.33</b>	<b>3.27</b>	<b>0.07</b>	<b>0.22</b>	<b>0.08</b>	<b>1.87</b>	<b>0.04</b>	<b>0.08</b>	<b>0.00</b>	<b>608.86</b>
<b>Max</b>		<b>2.14</b>	<b>612.60</b>	<b>612.55</b>	<b>3.39</b>	<b>3.27</b>	<b>2.14</b>	<b>3.39</b>	<b>3.27</b>	<b>2.14</b>	<b>6.98</b>	<b>23.38</b>	<b>3.59</b>	<b>3.74</b>	<b>2.14</b>	<b>1.63</b>	<b>612.55</b>
<b>Media</b>		<b>1.31</b>	<b>612.60</b>	<b>611.29</b>	<b>2.18</b>	<b>3.13</b>	<b>1.45</b>	<b>2.25</b>	<b>3.27</b>	<b>1.36</b>	<b>4.43</b>	<b>13.24</b>	<b>3.00</b>	<b>2.29</b>	<b>1.45</b>	<b>0.86</b>	<b>610.47</b>






**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**





 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM				
												Fecha: Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0							

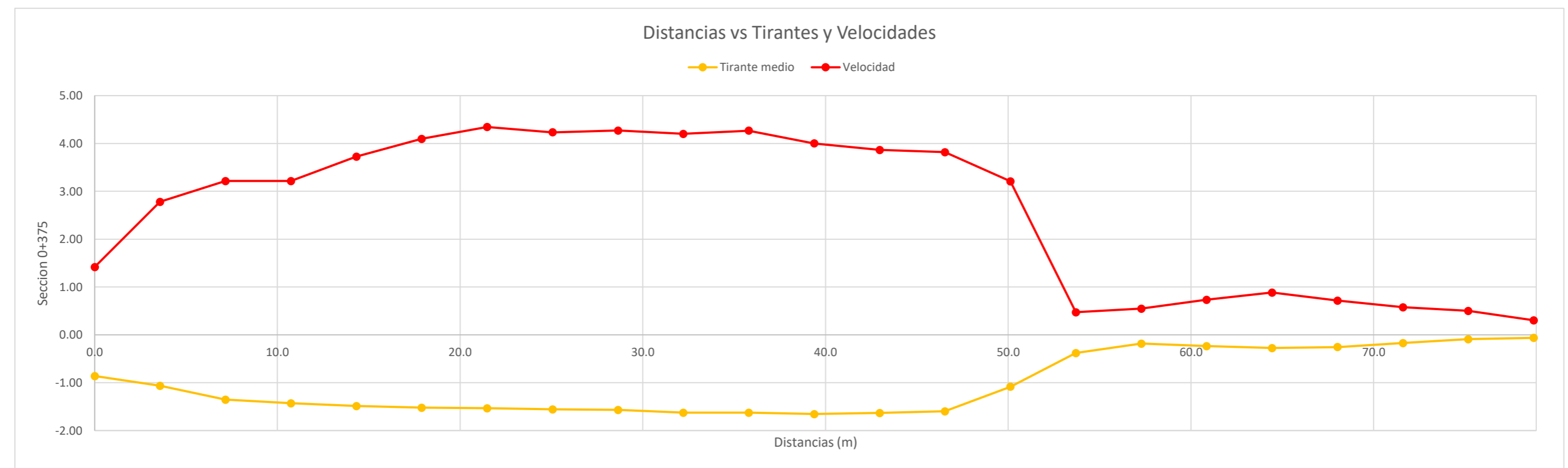
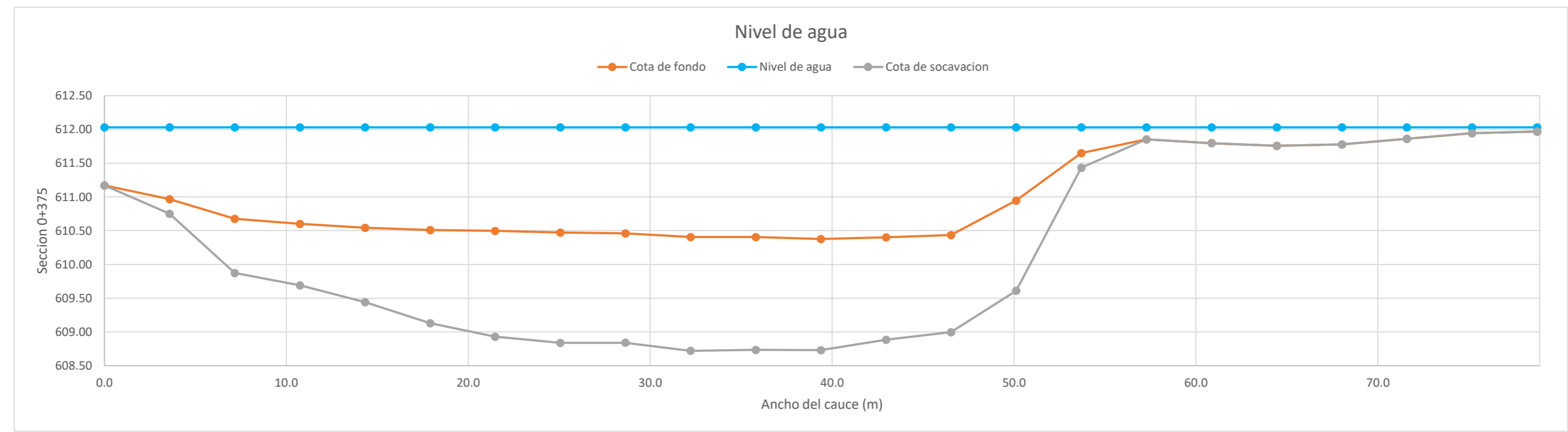
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+425
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	78.76 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.86	612.03	611.17	1.42	0.00											611.17
2	3.6	1.06	612.03	610.97	2.78	3.58	1.06	2.10	3.58	0.96	3.44	7.23	2.87	1.28	1.06	0.21	610.75
3	7.2	1.35	612.03	610.68	3.22	3.58	1.35	3.00	3.58	1.21	4.33	12.99	3.73	2.16	1.35	0.80	609.88
4	10.7	1.43	612.03	610.60	3.22	3.58	1.43	3.22	3.58	1.39	4.98	16.03	3.79	2.34	1.43	0.91	609.69
5	14.3	1.49	612.03	610.54	3.73	3.58	1.49	3.47	3.58	1.46	5.22	18.13	4.02	2.59	1.49	1.10	609.44
6	17.9	1.52	612.03	610.51	4.10	3.58	1.52	3.91	3.58	1.50	5.39	21.08	4.48	2.90	1.52	1.38	609.13
7	21.5	1.53	612.03	610.50	4.34	3.58	1.53	4.22	3.58	1.53	5.47	23.09	4.80	3.10	1.53	1.57	608.93
8	25.1	1.56	612.03	610.47	4.23	3.58	1.56	4.29	3.58	1.55	5.54	23.74	4.86	3.19	1.56	1.63	608.84
9	28.6	1.57	612.03	610.46	4.27	3.58	1.57	4.25	3.58	1.56	5.60	23.81	4.80	3.19	1.57	1.62	608.84
10	32.2	1.62	612.03	610.41	4.20	3.58	1.62	4.24	3.58	1.60	5.72	24.23	4.75	3.31	1.62	1.69	608.72
11	35.8	1.63	612.03	610.40	4.27	3.58	1.63	4.24	3.58	1.63	5.82	24.65	4.71	3.30	1.63	1.67	608.73
12	39.4	1.65	612.03	610.38	4.00	3.58	1.65	4.14	3.58	1.64	5.87	24.28	4.59	3.30	1.65	1.65	608.73
13	43.0	1.63	612.03	610.40	3.87	3.58	1.65	3.93	3.58	1.64	5.88	23.13	4.36	3.17	1.65	1.52	608.88
14	46.5	1.59	612.03	610.44	3.82	3.58	1.63	3.84	3.58	1.61	5.77	22.18	4.29	3.07	1.63	1.44	609.00
15	50.1	1.08	612.03	610.95	3.21	3.58	1.59	3.51	3.58	1.34	4.79	16.84	4.20	2.93	1.59	1.34	609.61
16	53.7	0.38	612.03	611.65	0.47	3.58	1.08	1.84	3.58	0.73	2.62	4.83	2.85	1.30	1.08	0.22	611.43
17	57.3	0.18	612.03	611.85	0.55	3.58	0.38	0.51	3.58	0.28	1.00	0.51	1.32	0.18	0.38	0.00	611.85
18	60.9	0.23	612.03	611.80	0.74	3.58	0.23	0.64	3.58	0.21	0.74	0.48	1.98	0.13	0.23	0.00	611.80
19	64.4	0.27	612.03	611.76	0.88	3.58	0.27	0.81	3.58	0.25	0.91	0.74	2.20	0.18	0.27	0.00	611.76
20	68.0	0.25	612.03	611.78	0.72	3.58	0.27	0.80	3.58	0.26	0.95	0.76	2.13	0.17	0.27	0.00	611.78
21	71.6	0.17	612.03	611.86	0.58	3.58	0.25	0.65	3.58	0.21	0.76	0.49	1.97	0.14	0.25	0.00	611.86
22	75.2	0.09	612.03	611.94	0.50	3.58	0.17	0.54	3.58	0.13	0.46	0.25	2.21	0.09	0.17	0.00	611.94
23	78.8	0.06	612.03	611.97	0.30	3.58	0.09	0.40	3.58	0.08	0.27	0.11	2.31	0.04	0.09	0.00	611.97
<b>Min</b>		<b>0.06</b>	<b>612.03</b>	<b>610.38</b>	<b>0.30</b>	<b>0.00</b>	<b>0.09</b>	<b>0.40</b>	<b>3.58</b>	<b>0.08</b>	<b>0.27</b>	<b>0.11</b>	<b>1.32</b>	<b>0.04</b>	<b>0.09</b>	<b>0.00</b>	<b>608.72</b>
<b>Max</b>		<b>1.65</b>	<b>612.03</b>	<b>611.97</b>	<b>4.34</b>	<b>3.58</b>	<b>1.65</b>	<b>4.29</b>	<b>3.58</b>	<b>1.64</b>	<b>5.88</b>	<b>24.65</b>	<b>4.86</b>	<b>3.31</b>	<b>1.65</b>	<b>1.69</b>	<b>611.97</b>
<b>Media</b>		<b>1.01</b>	<b>612.03</b>	<b>611.02</b>	<b>2.58</b>	<b>3.42</b>	<b>1.09</b>	<b>2.66</b>	<b>3.58</b>	<b>1.04</b>	<b>3.71</b>	<b>13.16</b>	<b>3.51</b>	<b>1.91</b>	<b>1.09</b>	<b>0.85</b>	<b>610.21</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

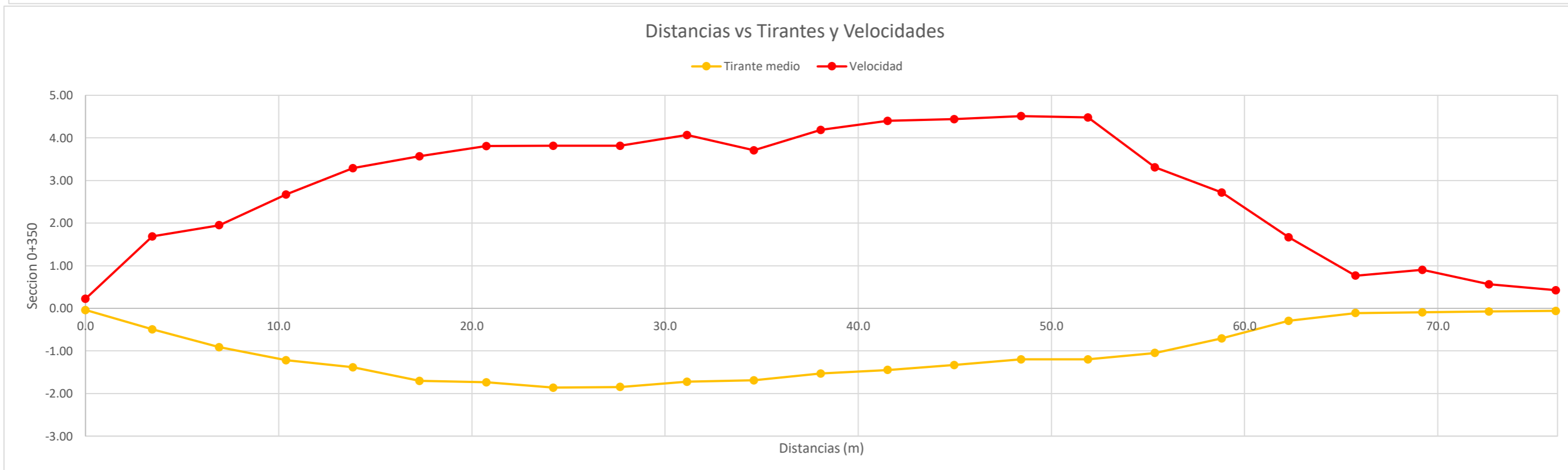
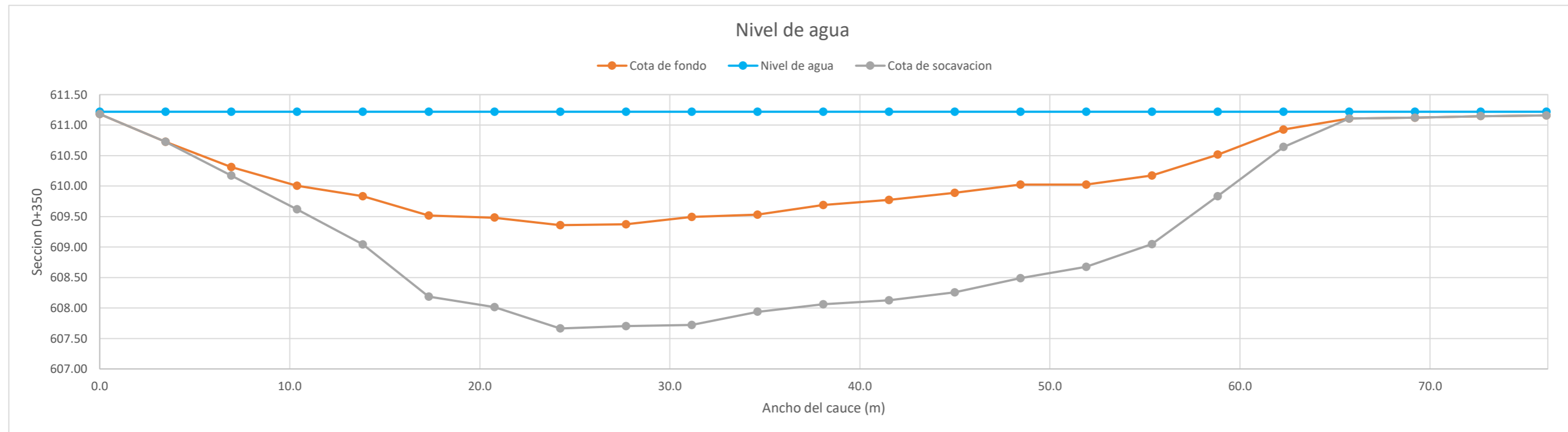
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+400
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	76.12 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.04	611.22	611.18	0.22	0.00											611.18
2	3.5	0.49	611.22	610.73	1.69	3.46	0.49	0.96	3.46	0.27	0.92	0.88	2.54	0.42	0.49	0.00	610.73
3	6.9	0.91	611.22	610.31	1.95	3.46	0.91	1.82	3.46	0.70	2.43	4.42	2.89	1.04	0.91	0.14	610.17
4	10.4	1.21	611.22	610.00	2.67	3.46	1.21	2.31	3.46	1.06	3.67	8.49	3.06	1.60	1.21	0.38	609.62
5	13.8	1.38	611.22	609.83	3.29	3.46	1.38	2.98	3.46	1.30	4.50	13.42	3.64	2.18	1.38	0.79	609.04
6	17.3	1.70	611.22	609.52	3.57	3.46	1.70	3.43	3.46	1.54	5.34	18.32	3.93	3.03	1.70	1.33	608.19
7	20.8	1.74	611.22	609.48	3.81	3.46	1.74	3.69	3.46	1.72	5.95	21.95	4.07	3.20	1.74	1.47	608.01
8	24.2	1.86	611.22	609.36	3.81	3.46	1.86	3.81	3.46	1.80	6.22	23.72	4.14	3.55	1.86	1.69	607.66
9	27.7	1.85	611.22	609.37	3.81	3.46	1.86	3.81	3.46	1.85	6.41	24.45	4.11	3.53	1.86	1.67	607.70
10	31.1	1.73	611.22	609.49	4.07	3.46	1.85	3.94	3.46	1.79	6.18	24.35	4.30	3.62	1.85	1.77	607.72
11	34.6	1.69	611.22	609.53	3.71	3.46	1.73	3.89	3.46	1.71	5.91	22.98	4.30	3.32	1.73	1.59	607.94
12	38.1	1.53	611.22	609.69	4.19	3.46	1.69	3.95	3.46	1.61	5.57	22.00	4.46	3.32	1.69	1.63	608.06
13	41.5	1.45	611.22	609.77	4.40	3.46	1.53	4.30	3.46	1.49	5.15	22.10	4.99	3.18	1.53	1.65	608.12
14	45.0	1.33	611.22	609.89	4.44	3.46	1.45	4.42	3.46	1.39	4.80	21.21	5.26	3.08	1.45	1.64	608.26
15	48.4	1.20	611.22	610.02	4.51	3.46	1.33	4.48	3.46	1.26	4.36	19.54	5.52	2.86	1.33	1.53	608.49
16	51.9	1.20	611.22	610.02	4.48	3.46	1.20	4.50	3.46	1.20	4.13	18.59	5.67	2.54	1.20	1.35	608.68
17	55.4	1.05	611.22	610.17	3.31	3.46	1.20	3.89	3.46	1.12	3.88	15.11	5.03	2.32	1.20	1.12	609.05
18	58.8	0.70	611.22	610.51	2.72	3.46	1.05	3.01	3.46	0.88	3.03	9.14	4.33	1.73	1.05	0.68	609.83
19	62.3	0.29	611.22	610.93	1.67	3.46	0.70	2.20	3.46	0.50	1.72	3.78	4.14	0.99	0.70	0.29	610.64
20	65.7	0.11	611.22	611.11	0.77	3.46	0.29	1.22	3.46	0.20	0.70	0.85	3.82	0.29	0.29	0.00	611.11
21	69.2	0.10	611.22	611.12	0.91	3.46	0.11	0.84	3.46	0.10	0.36	0.30	3.96	0.08	0.11	0.00	611.12
22	72.7	0.07	611.22	611.15	0.56	3.46	0.10	0.74	3.46	0.08	0.29	0.21	3.97	0.07	0.10	0.00	611.15
23	76.1	0.06	611.22	611.16	0.42	3.46	0.07	0.49	3.46	0.07	0.23	0.11	3.11	0.04	0.07	0.00	611.16
<b>Min</b>		<b>0.04</b>	<b>611.22</b>	<b>609.36</b>	<b>0.22</b>	<b>0.00</b>	<b>0.07</b>	<b>0.49</b>	<b>3.46</b>	<b>0.07</b>	<b>0.23</b>	<b>0.11</b>	<b>2.54</b>	<b>0.04</b>	<b>0.07</b>	<b>0.00</b>	<b>607.66</b>
<b>Max</b>		<b>1.86</b>	<b>611.22</b>	<b>611.18</b>	<b>4.51</b>	<b>3.46</b>	<b>1.86</b>	<b>4.50</b>	<b>3.46</b>	<b>1.85</b>	<b>6.41</b>	<b>24.45</b>	<b>5.67</b>	<b>3.62</b>	<b>1.86</b>	<b>1.77</b>	<b>611.18</b>
<b>Media</b>		<b>1.03</b>	<b>611.22</b>	<b>610.19</b>	<b>2.83</b>	<b>3.31</b>	<b>1.16</b>	<b>2.94</b>	<b>3.46</b>	<b>1.07</b>	<b>3.72</b>	<b>13.45</b>	<b>4.15</b>	<b>2.09</b>	<b>1.16</b>	<b>0.94</b>	<b>609.29</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM				
												Fecha: Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0							

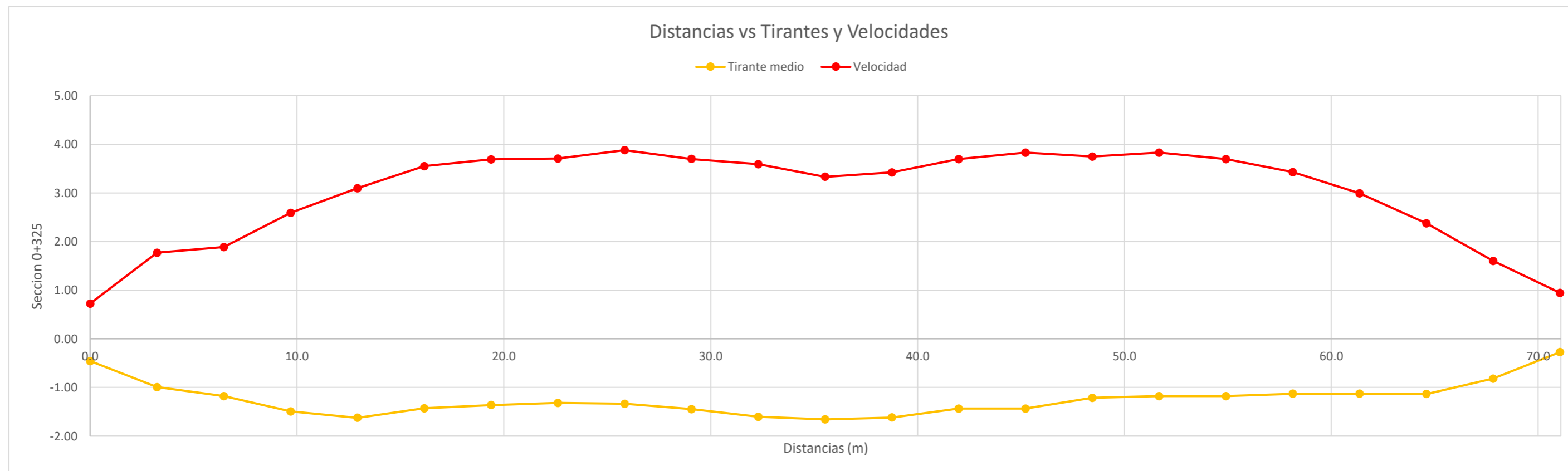
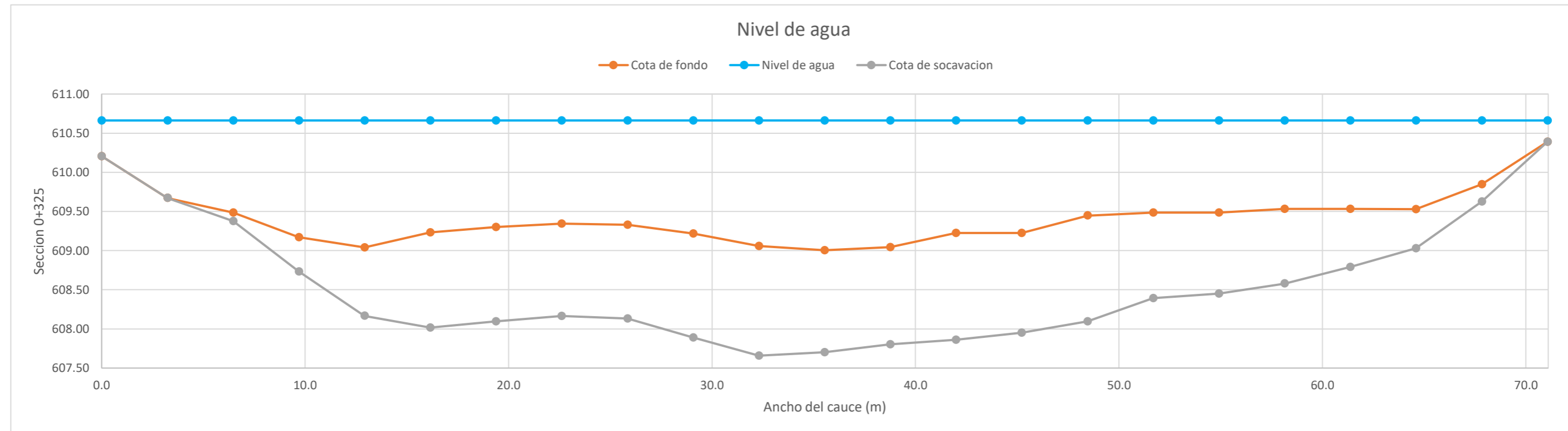
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+375
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	71.06 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.46	610.66	610.21	0.72	0.00											610.21
2	3.2	0.99	610.66	609.67	1.77	3.23	0.99	1.25	3.23	0.72	2.34	2.91	1.98	0.87	0.99	0.00	609.67
3	6.5	1.18	610.66	609.48	1.89	3.23	1.18	1.83	3.23	1.08	3.50	6.40	2.44	1.28	1.18	0.11	609.38
4	9.7	1.49	610.66	609.17	2.59	3.23	1.49	2.24	3.23	1.33	4.31	9.65	2.76	1.93	1.49	0.44	608.73
5	12.9	1.62	610.66	609.04	3.10	3.23	1.62	2.84	3.23	1.56	5.03	14.31	3.32	2.50	1.62	0.87	608.17
6	16.2	1.43	610.66	609.23	3.55	3.23	1.62	3.33	3.23	1.53	4.93	16.40	3.91	2.84	1.62	1.22	608.02
7	19.4	1.36	610.66	609.30	3.69	3.23	1.43	3.62	3.23	1.40	4.51	16.34	4.39	2.64	1.43	1.21	608.10
8	22.6	1.32	610.66	609.35	3.71	3.23	1.36	3.70	3.23	1.34	4.32	16.00	4.55	2.54	1.36	1.18	608.17
9	25.8	1.33	610.66	609.33	3.88	3.23	1.33	3.79	3.23	1.32	4.28	16.24	4.69	2.53	1.33	1.20	608.13
10	29.1	1.45	610.66	609.22	3.70	3.23	1.45	3.79	3.23	1.39	4.49	17.01	4.60	2.77	1.45	1.33	607.89
11	32.3	1.60	610.66	609.06	3.59	3.23	1.60	3.65	3.23	1.52	4.93	17.96	4.29	3.00	1.60	1.40	607.66
12	35.5	1.66	610.66	609.00	3.33	3.23	1.66	3.46	3.23	1.63	5.27	18.24	3.98	2.96	1.66	1.30	607.70
13	38.8	1.62	610.66	609.04	3.43	3.23	1.66	3.38	3.23	1.64	5.29	17.87	3.88	2.90	1.66	1.24	607.80
14	42.0	1.44	610.66	609.23	3.70	3.23	1.62	3.56	3.23	1.53	4.93	17.57	4.19	2.98	1.62	1.36	607.86
15	45.2	1.44	610.66	609.23	3.83	3.23	1.44	3.77	3.23	1.44	4.64	17.47	4.52	2.71	1.44	1.27	607.95
16	48.5	1.21	610.66	609.45	3.75	3.23	1.44	3.79	3.23	1.33	4.28	16.24	4.69	2.79	1.44	1.35	608.10
17	51.7	1.18	610.66	609.48	3.83	3.23	1.21	3.79	3.23	1.20	3.86	14.65	4.87	2.31	1.21	1.09	608.39
18	54.9	1.18	610.66	609.48	3.70	3.23	1.18	3.76	3.23	1.18	3.80	14.32	4.86	2.21	1.18	1.03	608.45
19	58.1	1.13	610.66	609.53	3.43	3.23	1.18	3.56	3.23	1.15	3.73	13.27	4.64	2.13	1.18	0.95	608.58
20	61.4	1.13	610.66	609.53	2.99	3.23	1.13	3.21	3.23	1.13	3.65	11.71	4.22	1.87	1.13	0.74	608.79
21	64.6	1.13	610.66	609.53	2.38	3.23	1.13	2.69	3.23	1.13	3.66	9.82	3.52	1.63	1.13	0.50	609.03
22	67.8	0.82	610.66	609.85	1.61	3.23	1.13	1.99	3.23	0.98	3.15	6.27	2.77	1.35	1.13	0.22	609.63
23	71.1	0.27	610.66	610.39	0.95	3.23	0.82	1.28	3.23	0.54	1.76	2.24	2.32	0.76	0.82	0.00	610.39
<b>Min</b>		<b>0.27</b>	<b>610.66</b>	<b>609.00</b>	<b>0.72</b>	<b>0.00</b>	<b>0.82</b>	<b>1.25</b>	<b>3.23</b>	<b>0.54</b>	<b>1.76</b>	<b>2.24</b>	<b>1.98</b>	<b>0.76</b>	<b>0.82</b>	<b>0.00</b>	<b>607.66</b>
<b>Max</b>		<b>1.66</b>	<b>610.66</b>	<b>610.39</b>	<b>3.88</b>	<b>3.23</b>	<b>1.66</b>	<b>3.79</b>	<b>3.23</b>	<b>1.64</b>	<b>5.29</b>	<b>18.24</b>	<b>4.87</b>	<b>3.00</b>	<b>1.66</b>	<b>1.40</b>	<b>610.39</b>
<b>Media</b>		<b>1.24</b>	<b>610.66</b>	<b>609.43</b>	<b>3.00</b>	<b>3.09</b>	<b>1.35</b>	<b>3.10</b>	<b>3.23</b>	<b>1.28</b>	<b>4.12</b>	<b>13.31</b>	<b>3.88</b>	<b>2.25</b>	<b>1.35</b>	<b>0.91</b>	<b>608.56</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

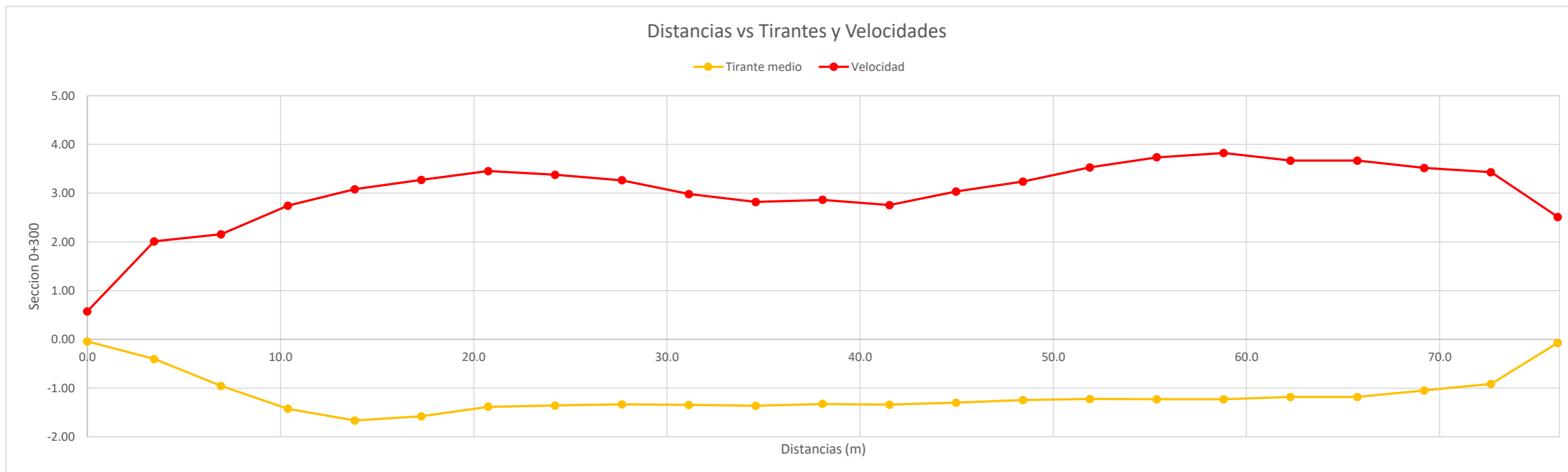
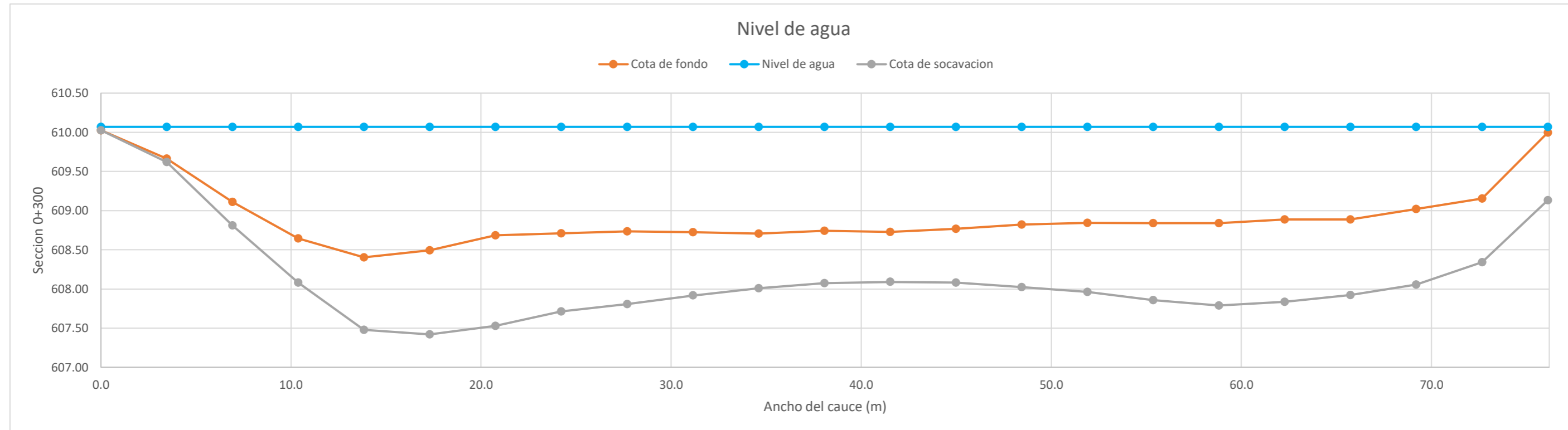
**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+350
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	76.12 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)


ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.04	610.07	610.03	0.58	0.00											610.03
2	3.5	0.41	610.07	609.66	2.01	3.46	0.41	1.29	3.46	0.22	0.78	1.00	3.80	0.45	0.41	0.04	609.62
3	6.9	0.96	610.07	609.11	2.16	3.46	0.96	2.08	3.46	0.68	2.36	4.91	3.35	1.26	0.96	0.30	608.81
4	10.4	1.42	610.07	608.65	2.74	3.46	1.42	2.45	3.46	1.19	4.12	10.10	3.09	1.99	1.42	0.56	608.08
5	13.8	1.67	610.07	608.40	3.08	3.46	1.67	2.91	3.46	1.54	5.35	15.56	3.33	2.59	1.67	0.92	607.48
6	17.3	1.58	610.07	608.49	3.27	3.46	1.67	3.18	3.46	1.62	5.61	17.83	3.58	2.74	1.67	1.07	607.42
7	20.8	1.38	610.07	608.69	3.45	3.46	1.58	3.36	3.46	1.48	5.12	17.23	3.91	2.73	1.58	1.16	607.53
8	24.2	1.36	610.07	608.71	3.38	3.46	1.38	3.41	3.46	1.37	4.75	16.20	4.08	2.38	1.38	1.00	607.71
9	27.7	1.33	610.07	608.74	3.26	3.46	1.36	3.32	3.46	1.35	4.66	15.47	4.00	2.29	1.36	0.93	607.81
10	31.1	1.34	610.07	608.73	2.98	3.46	1.34	3.12	3.46	1.34	4.63	14.47	3.77	2.15	1.34	0.81	607.92
11	34.6	1.36	610.07	608.71	2.82	3.46	1.36	2.90	3.46	1.35	4.68	13.59	3.49	2.06	1.36	0.70	608.01
12	38.1	1.33	610.07	608.74	2.86	3.46	1.36	2.84	3.46	1.34	4.65	13.22	3.42	2.03	1.36	0.67	608.07
13	41.5	1.34	610.07	608.73	2.75	3.46	1.34	2.81	3.46	1.33	4.62	12.97	3.39	1.98	1.34	0.64	608.09
14	45.0	1.30	610.07	608.77	3.03	3.46	1.34	2.89	3.46	1.32	4.57	13.23	3.51	2.03	1.34	0.69	608.08
15	48.4	1.25	610.07	608.82	3.24	3.46	1.30	3.14	3.46	1.27	4.41	13.82	3.86	2.10	1.30	0.80	608.02
16	51.9	1.23	610.07	608.84	3.53	3.46	1.25	3.38	3.46	1.24	4.28	14.47	4.21	2.13	1.25	0.88	607.96
17	55.4	1.23	610.07	608.84	3.74	3.46	1.23	3.63	3.46	1.23	4.24	15.41	4.53	2.21	1.23	0.98	607.86
18	58.8	1.23	610.07	608.84	3.82	3.46	1.23	3.78	3.46	1.23	4.25	16.06	4.71	2.28	1.23	1.05	607.79
19	62.3	1.18	610.07	608.89	3.67	3.46	1.23	3.75	3.46	1.21	4.17	15.63	4.71	2.28	1.23	1.05	607.84
20	65.7	1.18	610.07	608.89	3.67	3.46	1.18	3.67	3.46	1.18	4.09	15.02	4.65	2.15	1.18	0.96	607.92
21	69.2	1.05	610.07	609.02	3.52	3.46	1.18	3.59	3.46	1.12	3.86	13.87	4.66	2.15	1.18	0.97	608.06
22	72.7	0.91	610.07	609.15	3.43	3.46	1.05	3.47	3.46	0.98	3.39	11.79	4.75	1.86	1.05	0.81	608.34
23	76.1	0.07	610.07	610.00	2.51	3.46	0.91	2.97	3.46	0.49	1.71	5.08	5.62	1.78	0.91	0.86	609.13
<b>Min</b>		<b>0.04</b>	<b>610.07</b>	<b>608.40</b>	<b>0.58</b>	<b>0.00</b>	<b>0.41</b>	<b>1.29</b>	<b>3.46</b>	<b>0.22</b>	<b>0.78</b>	<b>1.00</b>	<b>3.09</b>	<b>0.45</b>	<b>0.41</b>	<b>0.04</b>	<b>607.42</b>
<b>Max</b>		<b>1.67</b>	<b>610.07</b>	<b>610.03</b>	<b>3.82</b>	<b>3.46</b>	<b>1.67</b>	<b>3.78</b>	<b>3.46</b>	<b>1.62</b>	<b>5.61</b>	<b>17.83</b>	<b>5.62</b>	<b>2.74</b>	<b>1.67</b>	<b>1.16</b>	<b>610.03</b>
<b>Media</b>		<b>1.14</b>	<b>610.07</b>	<b>608.93</b>	<b>3.02</b>	<b>3.31</b>	<b>1.26</b>	<b>3.09</b>	<b>3.46</b>	<b>1.19</b>	<b>4.10</b>	<b>13.04</b>	<b>4.02</b>	<b>2.07</b>	<b>1.26</b>	<b>0.81</b>	<b>608.16</b>



**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**





 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

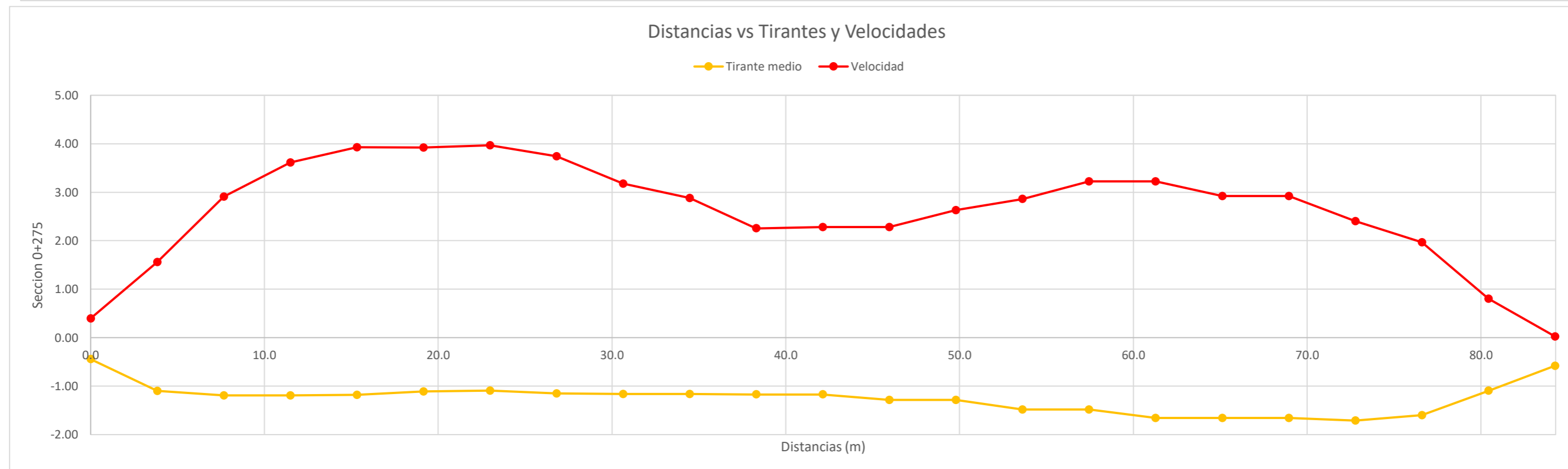
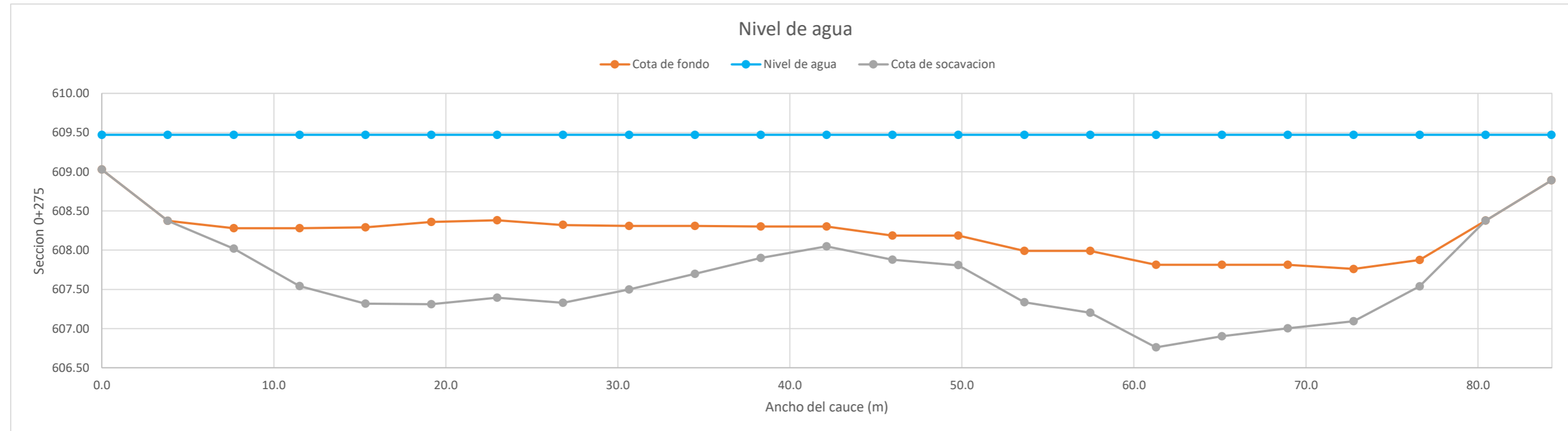
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+325
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	84.26 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.44	609.47	609.03	0.40	0.00											609.03
2	3.8	1.10	609.47	608.37	1.56	3.83	1.10	0.98	3.83	0.77	2.95	2.89	1.46	0.78	1.10	0.00	608.37
3	7.7	1.19	609.47	608.28	2.91	3.83	1.19	2.23	3.83	1.15	4.39	9.80	2.79	1.45	1.19	0.26	608.02
4	11.5	1.19	609.47	608.28	3.61	3.83	1.19	3.26	3.83	1.19	4.57	14.89	4.00	1.93	1.19	0.74	607.54
5	15.3	1.18	609.47	608.29	3.93	3.83	1.19	3.77	3.83	1.19	4.54	17.12	4.64	2.16	1.19	0.97	607.32
6	19.2	1.11	609.47	608.36	3.92	3.83	1.18	3.93	3.83	1.15	4.39	17.22	4.90	2.23	1.18	1.05	607.31
7	23.0	1.09	609.47	608.38	3.97	3.83	1.11	3.94	3.83	1.10	4.22	16.63	5.01	2.10	1.11	0.99	607.39
8	26.8	1.15	609.47	608.32	3.74	3.83	1.15	3.86	3.83	1.12	4.29	16.54	4.86	2.14	1.15	0.99	607.33
9	30.6	1.16	609.47	608.31	3.18	3.83	1.16	3.46	3.83	1.16	4.43	15.32	4.31	1.97	1.16	0.81	607.50
10	34.5	1.16	609.47	608.31	2.88	3.83	1.16	3.03	3.83	1.16	4.45	13.47	3.76	1.77	1.16	0.61	607.70
11	38.3	1.17	609.47	608.30	2.26	3.83	1.17	2.57	3.83	1.17	4.47	11.47	3.18	1.57	1.17	0.40	607.90
12	42.1	1.17	609.47	608.30	2.28	3.83	1.17	2.27	3.83	1.17	4.48	10.18	2.81	1.42	1.17	0.25	608.05
13	46.0	1.29	609.47	608.18	2.28	3.83	1.29	2.28	3.83	1.23	4.71	10.74	2.77	1.59	1.29	0.31	607.88
14	49.8	1.29	609.47	608.19	2.63	3.83	1.29	2.46	3.83	1.29	4.93	12.10	2.93	1.67	1.29	0.38	607.81
15	53.6	1.48	609.47	607.99	2.86	3.83	1.48	2.75	3.83	1.38	5.30	14.55	3.18	2.14	1.48	0.66	607.33
16	57.5	1.48	609.47	607.99	3.22	3.83	1.48	3.04	3.83	1.48	5.67	17.25	3.43	2.27	1.48	0.79	607.20
17	61.3	1.66	609.47	607.81	3.22	3.83	1.66	3.22	3.83	1.57	6.01	19.38	3.56	2.71	1.66	1.05	606.76
18	65.1	1.66	609.47	607.81	2.92	3.83	1.66	3.07	3.83	1.66	6.35	19.52	3.32	2.57	1.66	0.91	606.90
19	68.9	1.66	609.47	607.81	2.92	3.83	1.66	2.92	3.83	1.66	6.35	18.56	3.16	2.47	1.66	0.81	607.00
20	72.8	1.71	609.47	607.76	2.40	3.83	1.71	2.66	3.83	1.69	6.45	17.18	2.86	2.38	1.71	0.67	607.09
21	76.6	1.60	609.47	607.87	1.97	3.83	1.71	2.19	3.83	1.65	6.33	13.84	2.37	2.05	1.71	0.34	607.54
22	80.4	1.10	609.47	608.38	0.80	3.83	1.60	1.39	3.83	1.35	5.16	7.15	1.62	1.39	1.60	0.00	608.38
23	84.3	0.58	609.47	608.89	0.03	3.83	1.10	0.42	3.83	0.84	3.21	1.33	0.60	0.38	1.10	0.00	608.89
<b>Min</b>		<b>0.44</b>	<b>609.47</b>	<b>607.76</b>	<b>0.03</b>	<b>0.00</b>	<b>1.10</b>	<b>0.42</b>	<b>3.83</b>	<b>0.77</b>	<b>2.95</b>	<b>1.33</b>	<b>0.60</b>	<b>0.38</b>	<b>1.10</b>	<b>0.00</b>	<b>606.76</b>
<b>Max</b>		<b>1.71</b>	<b>609.47</b>	<b>609.03</b>	<b>3.97</b>	<b>3.83</b>	<b>1.71</b>	<b>3.94</b>	<b>3.83</b>	<b>1.69</b>	<b>6.45</b>	<b>19.52</b>	<b>5.01</b>	<b>2.71</b>	<b>1.71</b>	<b>1.05</b>	<b>609.03</b>
<b>Media</b>		<b>1.24</b>	<b>609.47</b>	<b>608.23</b>	<b>2.60</b>	<b>3.66</b>	<b>1.34</b>	<b>2.71</b>	<b>3.83</b>	<b>1.28</b>	<b>4.89</b>	<b>13.51</b>	<b>3.25</b>	<b>1.87</b>	<b>1.34</b>	<b>0.59</b>	<b>607.66</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

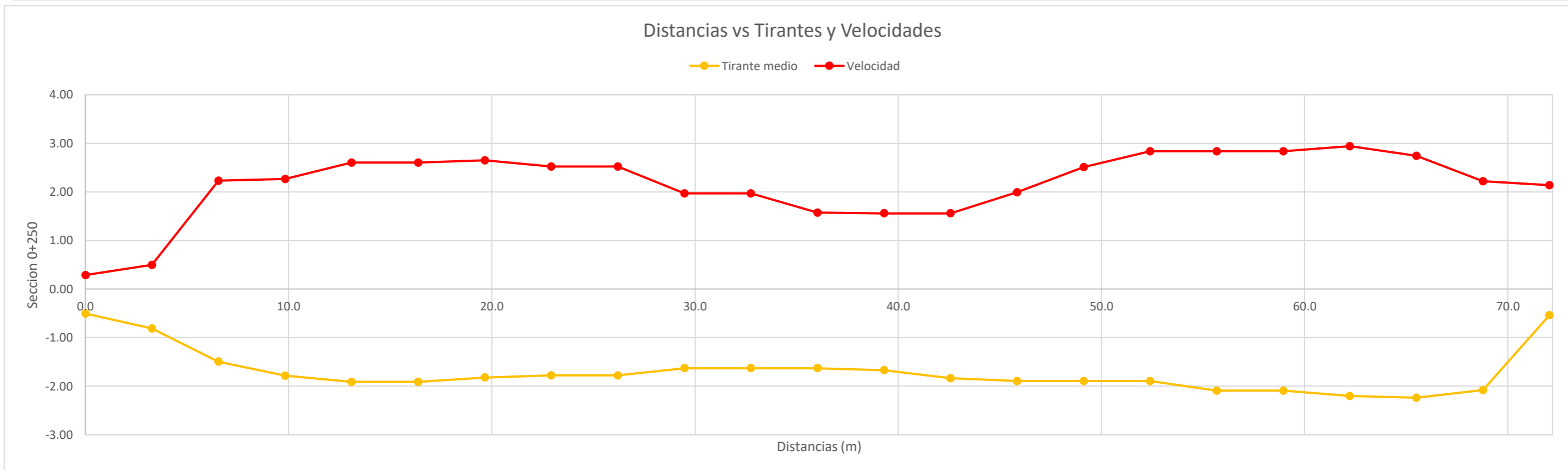
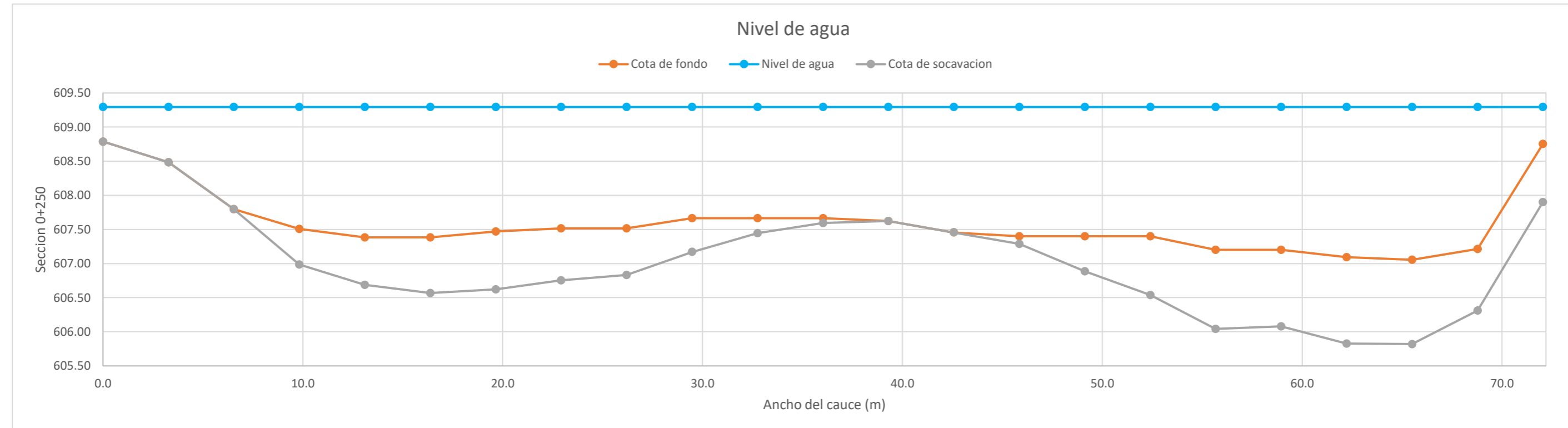
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+300
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	72.05 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.51	609.29	608.79	0.29	0.00											608.79
2	3.3	0.81	609.29	608.48	0.50	3.28	0.81	0.39	3.28	0.66	2.16	0.84	0.65	0.28	0.81	0.00	608.48
3	6.6	1.50	609.29	607.80	2.23	3.28	1.50	1.36	3.28	1.15	3.78	5.14	1.77	1.36	1.50	0.00	607.80
4	9.8	1.78	609.29	607.51	2.26	3.28	1.78	2.25	3.28	1.64	5.37	12.07	2.56	2.31	1.78	0.52	606.99
5	13.1	1.91	609.29	607.38	2.60	3.28	1.91	2.43	3.28	1.85	6.05	14.72	2.67	2.61	1.91	0.70	606.69
6	16.4	1.91	609.29	607.38	2.60	3.28	1.91	2.60	3.28	1.91	6.25	16.29	2.83	2.73	1.91	0.82	606.57
7	19.7	1.82	609.29	607.47	2.65	3.28	1.91	2.63	3.28	1.87	6.11	16.05	2.88	2.76	1.91	0.85	606.62
8	22.9	1.78	609.29	607.52	2.52	3.28	1.82	2.59	3.28	1.80	5.89	15.24	2.86	2.59	1.82	0.76	606.75
9	26.2	1.78	609.29	607.52	2.52	3.28	1.78	2.52	3.28	1.78	5.82	14.68	2.81	2.46	1.78	0.68	606.83
10	29.5	1.63	609.29	607.66	1.97	3.28	1.78	2.25	3.28	1.70	5.58	12.53	2.53	2.27	1.78	0.49	607.17
11	32.8	1.63	609.29	607.66	1.97	3.28	1.63	1.97	3.28	1.63	5.34	10.52	2.25	1.85	1.63	0.22	607.44
12	36.0	1.63	609.29	607.66	1.57	3.28	1.63	1.77	3.28	1.63	5.34	9.45	2.03	1.70	1.63	0.07	607.59
13	39.3	1.67	609.29	607.62	1.56	3.28	1.67	1.56	3.28	1.65	5.40	8.46	1.78	1.59	1.67	0.00	607.62
14	42.6	1.84	609.29	607.46	1.56	3.28	1.84	1.56	3.28	1.75	5.75	8.95	1.74	1.77	1.84	0.00	607.46
15	45.9	1.89	609.29	607.40	1.99	3.28	1.89	1.78	3.28	1.87	6.11	10.85	1.95	2.00	1.89	0.11	607.29
16	49.1	1.89	609.29	607.40	2.51	3.28	1.89	2.25	3.28	1.89	6.20	13.96	2.45	2.41	1.89	0.51	606.89
17	52.4	1.89	609.29	607.40	2.83	3.28	1.89	2.67	3.28	1.89	6.20	16.56	2.91	2.76	1.89	0.86	606.54
18	55.7	2.09	609.29	607.20	2.83	3.28	2.09	2.83	3.28	1.99	6.53	18.49	3.04	3.25	2.09	1.16	606.04
19	59.0	2.09	609.29	607.20	2.83	3.28	2.09	2.83	3.28	2.09	6.85	19.42	3.00	3.21	2.09	1.12	606.08
20	62.2	2.20	609.29	607.09	2.94	3.28	2.20	2.89	3.28	2.15	7.03	20.30	3.03	3.47	2.20	1.26	605.83
21	65.5	2.24	609.29	607.06	2.74	3.28	2.24	2.84	3.28	2.22	7.27	20.65	2.96	3.47	2.24	1.23	605.82
22	68.8	2.08	609.29	607.21	2.22	3.28	2.24	2.48	3.28	2.16	7.07	17.55	2.60	3.14	2.24	0.90	606.31
23	72.1	0.54	609.29	608.75	2.14	3.28	2.08	2.18	3.28	1.31	4.29	9.36	2.69	2.93	2.08	0.85	607.90
<b>Min</b>		<b>0.51</b>	<b>609.29</b>	<b>607.06</b>	<b>0.29</b>	<b>0.00</b>	<b>0.81</b>	<b>0.39</b>	<b>3.28</b>	<b>0.66</b>	<b>2.16</b>	<b>0.84</b>	<b>0.65</b>	<b>0.28</b>	<b>0.81</b>	<b>0.00</b>	<b>605.82</b>
<b>Max</b>		<b>2.24</b>	<b>609.29</b>	<b>608.79</b>	<b>2.94</b>	<b>3.28</b>	<b>2.24</b>	<b>2.89</b>	<b>3.28</b>	<b>2.22</b>	<b>7.27</b>	<b>20.65</b>	<b>3.04</b>	<b>3.47</b>	<b>2.24</b>	<b>1.26</b>	<b>608.79</b>
<b>Media</b>		<b>1.70</b>	<b>609.29</b>	<b>607.59</b>	<b>2.17</b>	<b>3.13</b>	<b>1.85</b>	<b>2.21</b>	<b>3.28</b>	<b>1.75</b>	<b>5.75</b>	<b>13.28</b>	<b>2.45</b>	<b>2.40</b>	<b>1.85</b>	<b>0.60</b>	<b>607.02</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

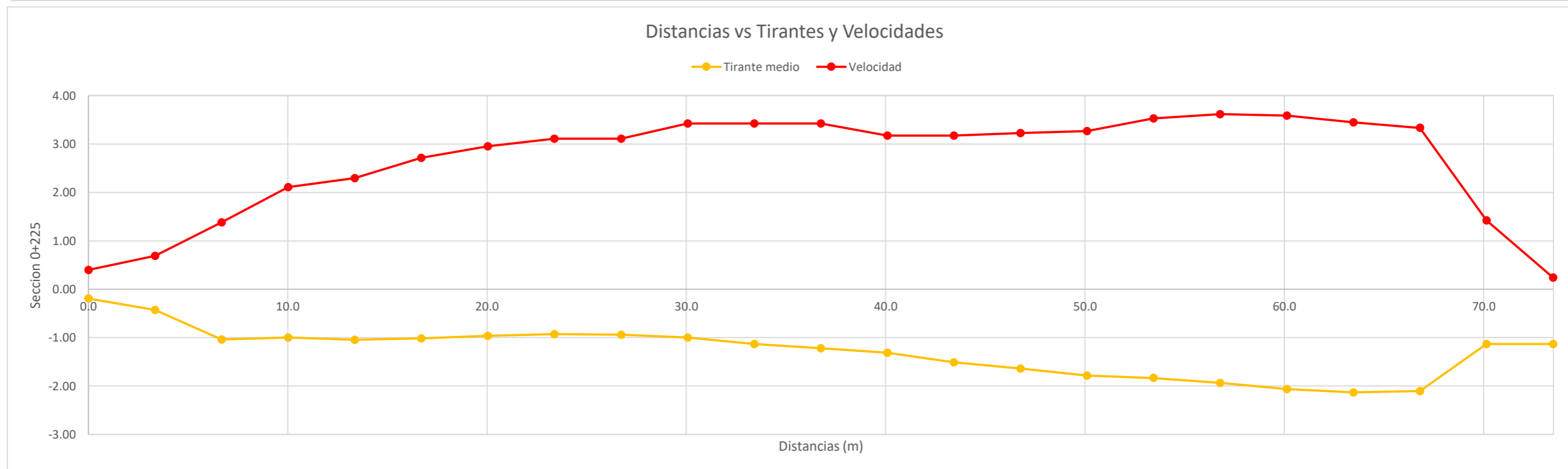
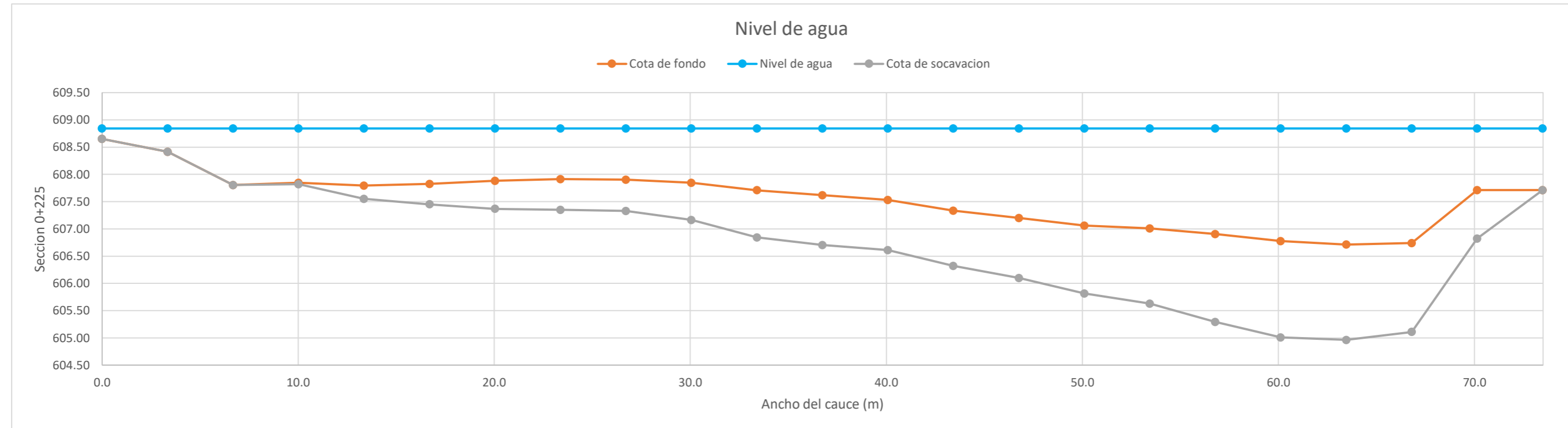
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+275
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	73.48 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.19	608.84	608.65	0.40	0.00											608.65
2	3.3	0.43	608.84	608.41	0.69	3.34	0.43	0.54	3.34	0.31	1.04	0.56	1.33	0.21	0.43	0.00	608.41
3	6.7	1.04	608.84	607.81	1.38	3.34	1.04	1.03	3.34	0.73	2.45	2.53	1.62	0.79	1.04	0.00	607.81
4	10.0	1.00	608.84	607.85	2.11	3.34	1.04	1.74	3.34	1.02	3.40	5.92	2.37	1.06	1.04	0.02	607.82
5	13.4	1.05	608.84	607.80	2.29	3.34	1.05	2.20	3.34	1.02	3.41	7.51	2.98	1.29	1.05	0.24	607.55
6	16.7	1.02	608.84	607.83	2.71	3.34	1.05	2.50	3.34	1.03	3.45	8.63	3.38	1.42	1.05	0.38	607.45
7	20.0	0.96	608.84	607.88	2.95	3.34	1.02	2.83	3.34	0.99	3.30	9.36	3.89	1.53	1.02	0.51	607.37
8	23.4	0.93	608.84	607.91	3.11	3.34	0.96	3.03	3.34	0.95	3.16	9.58	4.24	1.52	0.96	0.56	607.35
9	26.7	0.94	608.84	607.90	3.11	3.34	0.94	3.11	3.34	0.93	3.12	9.71	4.37	1.51	0.94	0.57	607.33
10	30.1	1.00	608.84	607.85	3.42	3.34	1.00	3.27	3.34	0.97	3.23	10.56	4.53	1.68	1.00	0.68	607.16
11	33.4	1.13	608.84	607.71	3.42	3.34	1.13	3.42	3.34	1.07	3.56	12.18	4.56	2.00	1.13	0.87	606.84
12	36.7	1.22	608.84	607.62	3.42	3.34	1.22	3.42	3.34	1.18	3.93	13.46	4.38	2.14	1.22	0.92	606.70
13	40.1	1.31	608.84	607.53	3.17	3.34	1.31	3.30	3.34	1.27	4.23	13.96	4.10	2.23	1.31	0.92	606.61
14	43.4	1.51	608.84	607.33	3.17	3.34	1.51	3.17	3.34	1.41	4.71	14.95	3.80	2.52	1.51	1.01	606.32
15	46.8	1.64	608.84	607.20	3.23	3.34	1.64	3.20	3.34	1.57	5.26	16.83	3.68	2.74	1.64	1.10	606.10
16	50.1	1.78	608.84	607.06	3.27	3.34	1.78	3.25	3.34	1.71	5.72	18.56	3.63	3.03	1.78	1.25	605.81
17	53.4	1.83	608.84	607.01	3.53	3.34	1.83	3.40	3.34	1.81	6.04	20.52	3.73	3.21	1.83	1.38	605.63
18	56.8	1.93	608.84	606.91	3.62	3.34	1.93	3.57	3.34	1.88	6.29	22.48	3.87	3.55	1.93	1.61	605.29
19	60.1	2.06	608.84	606.78	3.59	3.34	2.06	3.60	3.34	2.00	6.68	24.06	3.84	3.83	2.06	1.77	605.01
20	63.5	2.13	608.84	606.71	3.45	3.34	2.13	3.52	3.34	2.10	7.01	24.65	3.69	3.88	2.13	1.75	604.96
21	66.8	2.10	608.84	606.74	3.33	3.34	2.13	3.39	3.34	2.12	7.07	23.98	3.55	3.76	2.13	1.63	605.11
22	70.1	1.13	608.84	607.71	1.42	3.34	2.10	2.38	3.34	1.62	5.40	12.85	2.71	2.99	2.10	0.89	606.82
23	73.5	1.13	608.84	607.71	0.24	3.34	1.13	0.83	3.34	1.13	3.78	3.15	1.08	0.64	1.13	0.00	607.71
<b>Min</b>		<b>0.19</b>	<b>608.84</b>	<b>606.71</b>	<b>0.24</b>	<b>0.00</b>	<b>0.43</b>	<b>0.54</b>	<b>3.34</b>	<b>0.31</b>	<b>1.04</b>	<b>0.56</b>	<b>1.08</b>	<b>0.21</b>	<b>0.43</b>	<b>0.00</b>	<b>604.96</b>
<b>Max</b>		<b>2.13</b>	<b>608.84</b>	<b>608.65</b>	<b>3.62</b>	<b>3.34</b>	<b>2.13</b>	<b>3.60</b>	<b>3.34</b>	<b>2.12</b>	<b>7.07</b>	<b>24.65</b>	<b>4.56</b>	<b>3.88</b>	<b>2.13</b>	<b>1.77</b>	<b>608.65</b>
<b>Media</b>		<b>1.28</b>	<b>608.84</b>	<b>607.56</b>	<b>2.65</b>	<b>3.19</b>	<b>1.38</b>	<b>2.76</b>	<b>3.34</b>	<b>1.31</b>	<b>4.37</b>	<b>13.00</b>	<b>3.42</b>	<b>2.16</b>	<b>1.38</b>	<b>0.82</b>	<b>606.78</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM				
												Fecha: Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0							

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

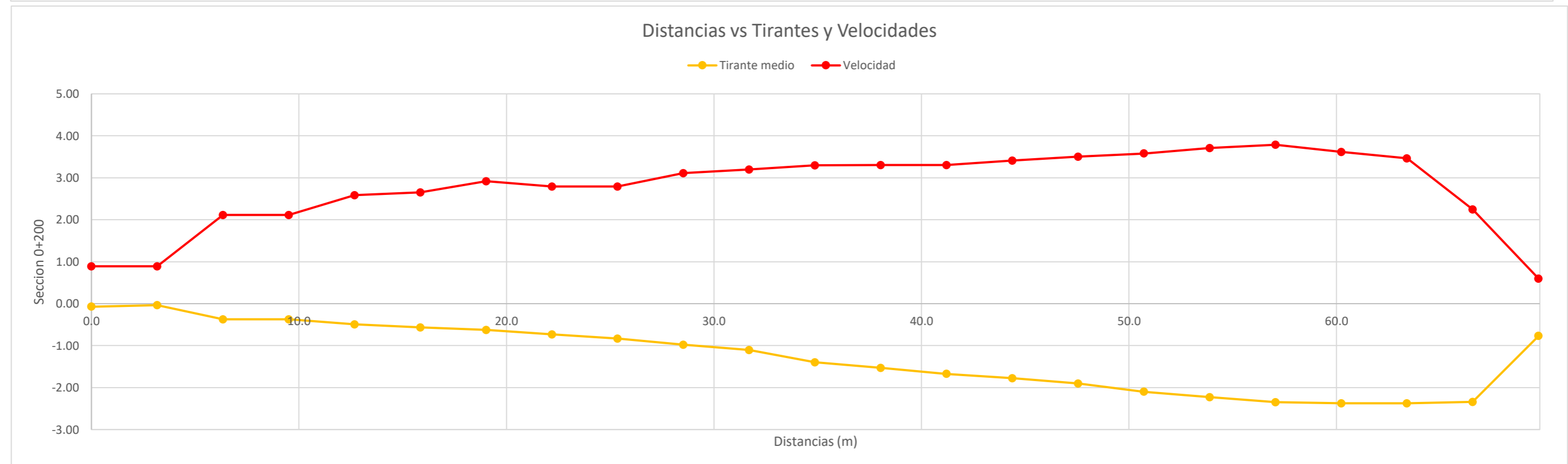
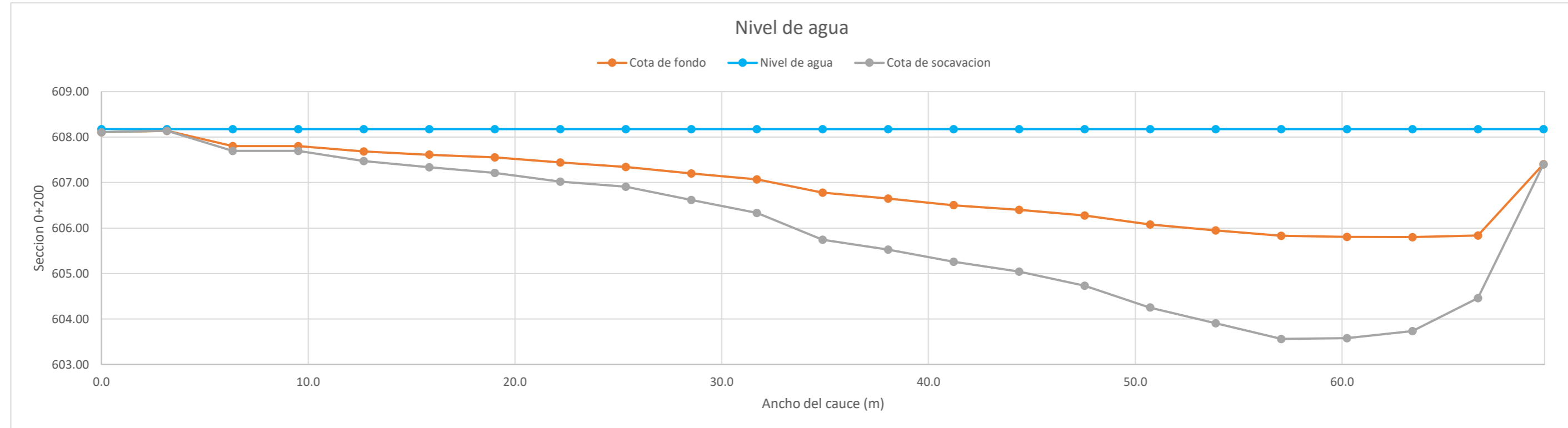
**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+250
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	69.74 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)


ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.07	608.18	608.11	0.89	0.00											608.11
2	3.2	0.04	608.18	608.14	0.89	3.17	0.07	0.89	3.17	0.05	0.17	0.15	6.47	0.07	0.07	0.00	608.14
3	6.3	0.38	608.18	607.80	2.11	3.17	0.38	1.50	3.17	0.21	0.65	0.98	4.68	0.48	0.38	0.10	607.70
4	9.5	0.38	608.18	607.80	2.11	3.17	0.38	2.11	3.17	0.38	1.19	2.51	4.68	0.48	0.38	0.10	607.70
5	12.7	0.49	608.18	607.68	2.59	3.17	0.49	2.35	3.17	0.43	1.38	3.24	4.82	0.70	0.49	0.21	607.48
6	15.9	0.56	608.18	607.61	2.66	3.17	0.56	2.62	3.17	0.53	1.67	4.39	4.86	0.84	0.56	0.28	607.34
7	19.0	0.62	608.18	607.55	2.92	3.17	0.62	2.79	3.17	0.59	1.88	5.24	4.88	0.96	0.62	0.34	607.21
8	22.2	0.73	608.18	607.44	2.79	3.17	0.73	2.86	3.17	0.68	2.15	6.14	4.69	1.15	0.73	0.42	607.02
9	25.4	0.83	608.18	607.35	2.79	3.17	0.83	2.79	3.17	0.78	2.48	6.92	4.30	1.27	0.83	0.44	606.91
10	28.5	0.98	608.18	607.20	3.11	3.17	0.98	2.95	3.17	0.90	2.86	8.45	4.27	1.56	0.98	0.58	606.62
11	31.7	1.10	608.18	607.07	3.20	3.17	1.10	3.15	3.17	1.04	3.30	10.40	4.30	1.84	1.10	0.74	606.33
12	34.9	1.40	608.18	606.78	3.30	3.17	1.40	3.25	3.17	1.25	3.97	12.88	4.12	2.43	1.40	1.04	605.74
13	38.0	1.53	608.18	606.65	3.31	3.17	1.53	3.30	3.17	1.46	4.64	15.32	3.96	2.65	1.53	1.12	605.53
14	41.2	1.67	608.18	606.50	3.31	3.17	1.67	3.31	3.17	1.60	5.07	16.78	3.85	2.92	1.67	1.24	605.26
15	44.4	1.78	608.18	606.40	3.41	3.17	1.78	3.36	3.17	1.72	5.47	18.35	3.81	3.13	1.78	1.36	605.04
16	47.6	1.90	608.18	606.28	3.51	3.17	1.90	3.46	3.17	1.84	5.83	20.14	3.85	3.45	1.90	1.55	604.73
17	50.7	2.10	608.18	606.08	3.58	3.17	2.10	3.54	3.17	2.00	6.34	22.44	3.85	3.92	2.10	1.83	604.25
18	53.9	2.23	608.18	605.95	3.71	3.17	2.23	3.64	3.17	2.16	6.86	24.99	3.87	4.27	2.23	2.04	603.91
19	57.1	2.35	608.18	605.83	3.79	3.17	2.35	3.75	3.17	2.29	7.25	27.18	3.92	4.61	2.35	2.27	603.56
20	60.2	2.37	608.18	605.80	3.61	3.17	2.37	3.70	3.17	2.36	7.48	27.68	3.83	4.60	2.37	2.23	603.58
21	63.4	2.37	608.18	605.80	3.46	3.17	2.37	3.54	3.17	2.37	7.52	26.62	3.66	4.44	2.37	2.07	603.74
22	66.6	2.34	608.18	605.84	2.25	3.17	2.37	2.85	3.17	2.36	7.47	21.32	2.96	3.76	2.37	1.38	604.46
23	69.7	0.77	608.18	607.41	0.60	3.17	2.34	1.42	3.17	1.55	4.92	7.00	1.67	2.35	2.34	0.01	607.40
<b>Min</b>		<b>0.04</b>	<b>608.18</b>	<b>605.80</b>	<b>0.60</b>	<b>0.00</b>	<b>0.07</b>	<b>0.89</b>	<b>3.17</b>	<b>0.05</b>	<b>0.17</b>	<b>0.15</b>	<b>1.67</b>	<b>0.07</b>	<b>0.07</b>	<b>0.00</b>	<b>603.56</b>
<b>Max</b>		<b>2.37</b>	<b>608.18</b>	<b>608.14</b>	<b>3.79</b>	<b>3.17</b>	<b>2.37</b>	<b>3.75</b>	<b>3.17</b>	<b>2.37</b>	<b>7.52</b>	<b>27.68</b>	<b>6.47</b>	<b>4.61</b>	<b>2.37</b>	<b>2.27</b>	<b>608.14</b>
<b>Media</b>		<b>1.26</b>	<b>608.18</b>	<b>606.92</b>	<b>2.78</b>	<b>3.03</b>	<b>1.39</b>	<b>2.87</b>	<b>3.17</b>	<b>1.30</b>	<b>4.12</b>	<b>13.14</b>	<b>4.15</b>	<b>2.36</b>	<b>1.39</b>	<b>0.97</b>	<b>605.99</b>



**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**





 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

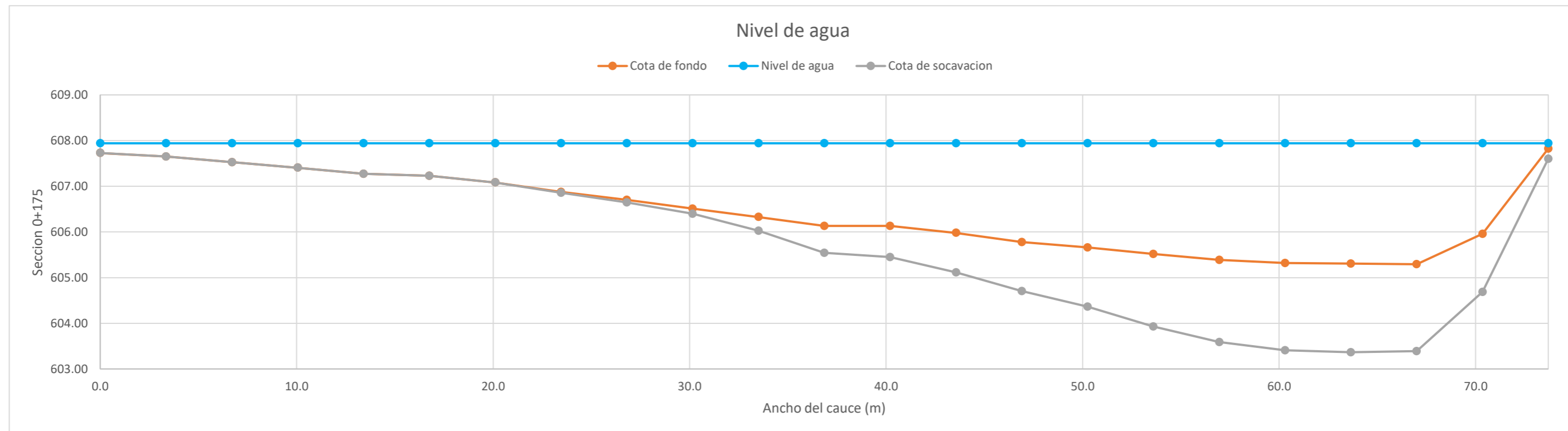
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+225
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	73.70 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.21	607.94	607.73	0.44	0.00											607.73
2	3.4	0.29	607.94	607.65	0.83	3.35	0.29	0.64	3.35	0.25	0.84	0.53	1.76	0.16	0.29	0.00	607.65
3	6.7	0.41	607.94	607.53	1.01	3.35	0.41	0.92	3.35	0.35	1.17	1.08	2.10	0.29	0.41	0.00	607.53
4	10.1	0.53	607.94	607.41	1.41	3.35	0.53	1.21	3.35	0.47	1.59	1.91	2.34	0.44	0.53	0.00	607.41
5	13.4	0.67	607.94	607.27	1.44	3.35	0.67	1.42	3.35	0.60	2.01	2.87	2.45	0.61	0.67	0.00	607.27
6	16.8	0.71	607.94	607.23	1.55	3.35	0.71	1.49	3.35	0.69	2.31	3.46	2.41	0.66	0.71	0.00	607.23
7	20.1	0.86	607.94	607.08	1.61	3.35	0.86	1.58	3.35	0.78	2.63	4.15	2.40	0.83	0.86	0.00	607.08
8	23.5	1.06	607.94	606.88	1.73	3.35	1.06	1.67	3.35	0.96	3.22	5.38	2.32	1.08	1.06	0.02	606.86
9	26.8	1.24	607.94	606.70	1.78	3.35	1.24	1.76	3.35	1.15	3.85	6.77	2.27	1.29	1.24	0.06	606.65
10	30.2	1.43	607.94	606.51	1.86	3.35	1.43	1.82	3.35	1.33	4.47	8.14	2.22	1.54	1.43	0.11	606.40
11	33.5	1.61	607.94	606.33	2.26	3.35	1.61	2.06	3.35	1.52	5.10	10.49	2.39	1.91	1.61	0.30	606.03
12	36.9	1.81	607.94	606.13	2.45	3.35	1.81	2.35	3.35	1.71	5.74	13.50	2.63	2.40	1.81	0.59	605.54
13	40.2	1.81	607.94	606.13	2.59	3.35	1.81	2.52	3.35	1.81	6.07	15.28	2.76	2.49	1.81	0.68	605.45
14	43.6	1.96	607.94	605.98	2.65	3.35	1.96	2.62	3.35	1.89	6.32	16.55	2.84	2.83	1.96	0.86	605.11
15	46.9	2.16	607.94	605.78	2.78	3.35	2.16	2.72	3.35	2.06	6.91	18.76	2.86	3.24	2.16	1.07	604.70
16	50.3	2.28	607.94	605.66	2.98	3.35	2.28	2.88	3.35	2.22	7.45	21.44	2.97	3.58	2.28	1.29	604.36
17	53.6	2.42	607.94	605.52	3.15	3.35	2.42	3.06	3.35	2.35	7.89	24.16	3.11	4.01	2.42	1.59	603.93
18	57.0	2.55	607.94	605.39	3.19	3.35	2.55	3.17	3.35	2.49	8.34	26.40	3.16	4.35	2.55	1.80	603.59
19	60.3	2.62	607.94	605.32	3.25	3.35	2.62	3.22	3.35	2.59	8.67	27.88	3.18	4.53	2.62	1.91	603.41
20	63.7	2.63	607.94	605.31	3.25	3.35	2.63	3.25	3.35	2.63	8.81	28.59	3.20	4.57	2.63	1.94	603.37
21	67.0	2.65	607.94	605.29	3.16	3.35	2.65	3.20	3.35	2.64	8.85	28.33	3.15	4.55	2.65	1.90	603.39
22	70.4	1.98	607.94	605.96	1.95	3.35	2.65	2.56	3.35	2.32	7.76	19.83	2.60	3.92	2.65	1.27	604.68
23	73.7	0.12	607.94	607.82	1.08	3.35	1.98	1.52	3.35	1.05	3.52	5.34	2.03	2.21	1.98	0.22	607.60
<b>Min</b>		<b>0.12</b>	<b>607.94</b>	<b>605.29</b>	<b>0.44</b>	<b>0.00</b>	<b>0.29</b>	<b>0.64</b>	<b>3.35</b>	<b>0.25</b>	<b>0.84</b>	<b>0.53</b>	<b>1.76</b>	<b>0.16</b>	<b>0.29</b>	<b>0.00</b>	<b>603.37</b>
<b>Max</b>		<b>2.65</b>	<b>607.94</b>	<b>607.82</b>	<b>3.25</b>	<b>3.35</b>	<b>2.65</b>	<b>3.25</b>	<b>3.35</b>	<b>2.64</b>	<b>8.85</b>	<b>28.59</b>	<b>3.20</b>	<b>4.57</b>	<b>2.65</b>	<b>1.94</b>	<b>607.73</b>
<b>Media</b>		<b>1.48</b>	<b>607.94</b>	<b>606.46</b>	<b>2.10</b>	<b>3.20</b>	<b>1.65</b>	<b>2.16</b>	<b>3.35</b>	<b>1.54</b>	<b>5.16</b>	<b>13.22</b>	<b>2.60</b>	<b>2.34</b>	<b>1.65</b>	<b>0.71</b>	<b>605.78</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

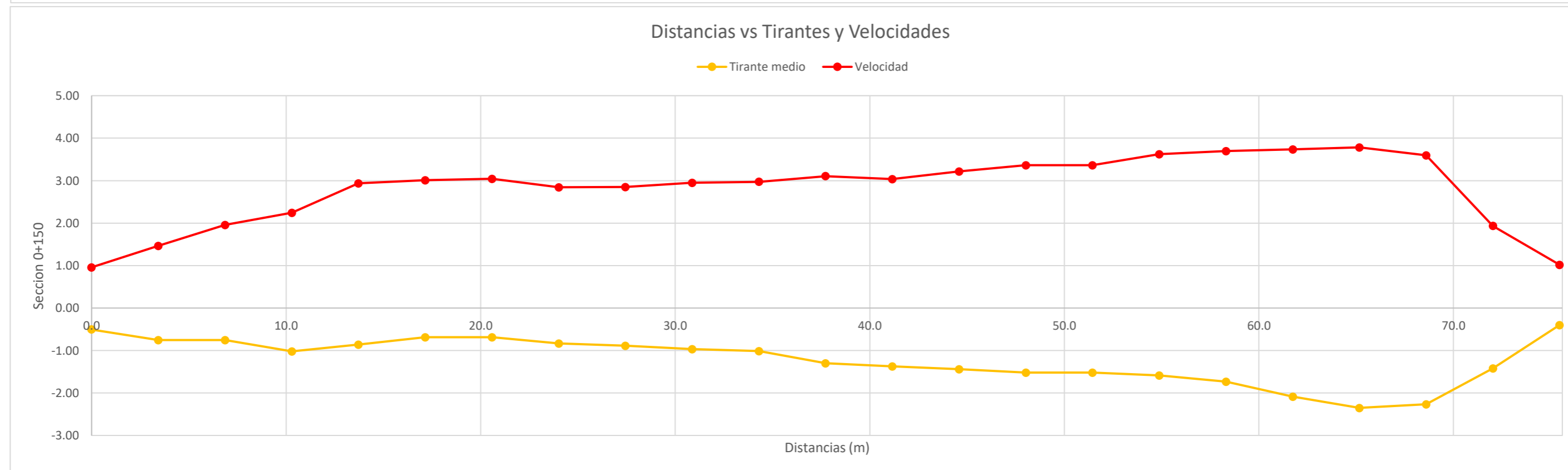
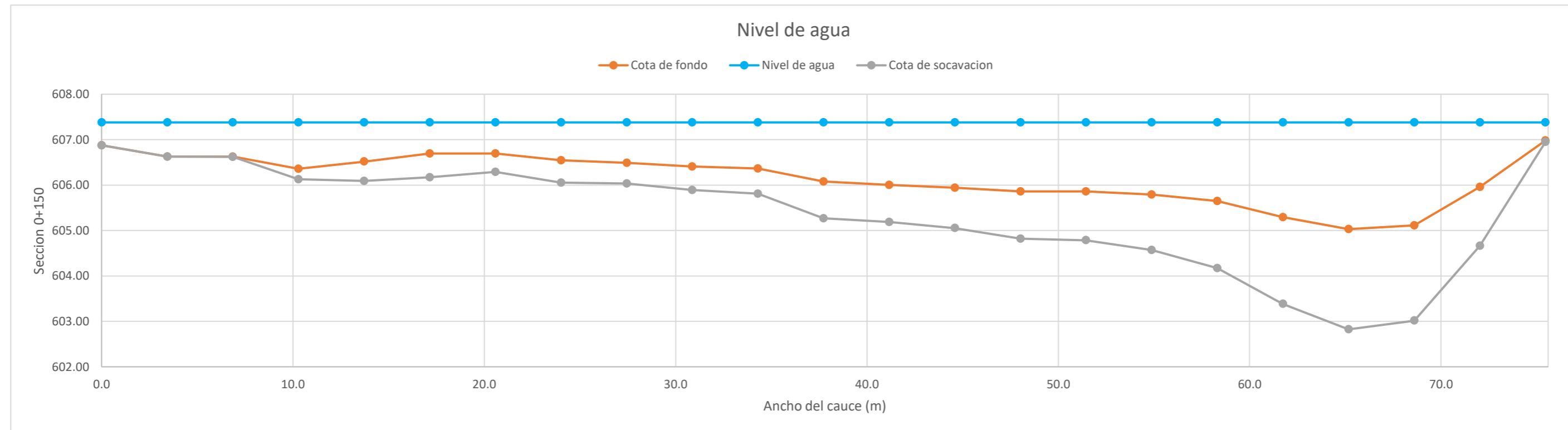
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+200
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	75.46 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.50	607.38	606.88	0.96	0.00											606.88
2	3.4	0.75	607.38	606.63	1.47	3.43	0.75	1.21	3.43	0.63	2.15	2.61	2.04	0.62	0.75	0.00	606.63
3	6.9	0.75	607.38	606.63	1.96	3.43	0.75	1.71	3.43	0.75	2.58	4.41	2.64	0.76	0.75	0.01	606.62
4	10.3	1.02	607.38	606.36	2.24	3.43	1.02	2.10	3.43	0.89	3.04	6.38	3.00	1.25	1.02	0.23	606.13
5	13.7	0.86	607.38	606.52	2.94	3.43	1.02	2.59	3.43	0.94	3.23	8.36	3.61	1.45	1.02	0.43	606.09
6	17.2	0.68	607.38	606.69	3.01	3.43	0.86	2.97	3.43	0.77	2.65	7.89	4.53	1.39	0.86	0.53	606.17
7	20.6	0.69	607.38	606.69	3.04	3.43	0.69	3.03	3.43	0.69	2.35	7.12	4.87	1.09	0.69	0.40	606.29
8	24.0	0.83	607.38	606.54	2.85	3.43	0.83	2.94	3.43	0.76	2.61	7.68	4.51	1.33	0.83	0.49	606.05
9	27.4	0.89	607.38	606.49	2.85	3.43	0.89	2.85	3.43	0.86	2.95	8.42	4.13	1.34	0.89	0.45	606.04
10	30.9	0.97	607.38	606.41	2.95	3.43	0.97	2.90	3.43	0.93	3.19	9.24	4.07	1.49	0.97	0.52	605.89
11	34.3	1.01	607.38	606.37	2.97	3.43	1.01	2.96	3.43	0.99	3.40	10.07	4.04	1.57	1.01	0.55	605.81
12	37.7	1.30	607.38	606.08	3.11	3.43	1.30	3.04	3.43	1.16	3.97	12.06	3.89	2.11	1.30	0.81	605.27
13	41.2	1.38	607.38	606.00	3.04	3.43	1.38	3.07	3.43	1.34	4.59	14.10	3.72	2.19	1.38	0.82	605.19
14	44.6	1.44	607.38	605.94	3.22	3.43	1.44	3.13	3.43	1.41	4.83	15.10	3.71	2.33	1.44	0.89	605.05
15	48.0	1.52	607.38	605.86	3.37	3.43	1.52	3.29	3.43	1.48	5.07	16.69	3.84	2.56	1.52	1.04	604.82
16	51.5	1.52	607.38	605.86	3.37	3.43	1.52	3.37	3.43	1.52	5.21	17.53	3.89	2.59	1.52	1.07	604.79
17	54.9	1.59	607.38	605.79	3.62	3.43	1.59	3.49	3.43	1.55	5.33	18.62	4.00	2.81	1.59	1.22	604.57
18	58.3	1.73	607.38	605.65	3.70	3.43	1.73	3.66	3.43	1.66	5.69	20.83	4.10	3.21	1.73	1.48	604.17
19	61.7	2.08	607.38	605.30	3.74	3.43	2.08	3.72	3.43	1.91	6.54	24.33	3.98	4.00	2.08	1.91	603.38
20	65.2	2.35	607.38	605.03	3.78	3.43	2.35	3.76	3.43	2.22	7.60	28.60	3.85	4.56	2.35	2.21	602.82
21	68.6	2.26	607.38	605.11	3.60	3.43	2.35	3.69	3.43	2.31	7.91	29.22	3.73	4.45	2.35	2.10	603.02
22	72.0	1.42	607.38	605.96	1.93	3.43	2.26	2.77	3.43	1.84	6.32	17.47	2.99	3.56	2.26	1.30	604.66
23	75.5	0.40	607.38	606.98	1.02	3.43	1.42	1.48	3.43	0.91	3.12	4.60	2.09	1.45	1.42	0.03	606.95
<b>Min</b>		<b>0.40</b>	<b>607.38</b>	<b>605.03</b>	<b>0.96</b>	<b>0.00</b>	<b>0.69</b>	<b>1.21</b>	<b>3.43</b>	<b>0.63</b>	<b>2.15</b>	<b>2.61</b>	<b>2.04</b>	<b>0.62</b>	<b>0.69</b>	<b>0.00</b>	<b>602.82</b>
<b>Max</b>		<b>2.35</b>	<b>607.38</b>	<b>606.98</b>	<b>3.78</b>	<b>3.43</b>	<b>2.35</b>	<b>3.76</b>	<b>3.43</b>	<b>2.31</b>	<b>7.91</b>	<b>29.22</b>	<b>4.87</b>	<b>4.56</b>	<b>2.35</b>	<b>2.21</b>	<b>606.95</b>
<b>Media</b>		<b>1.22</b>	<b>607.38</b>	<b>606.16</b>	<b>2.81</b>	<b>3.28</b>	<b>1.35</b>	<b>2.90</b>	<b>3.43</b>	<b>1.25</b>	<b>4.29</b>	<b>13.24</b>	<b>3.69</b>	<b>2.19</b>	<b>1.35</b>	<b>0.84</b>	<b>605.36</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

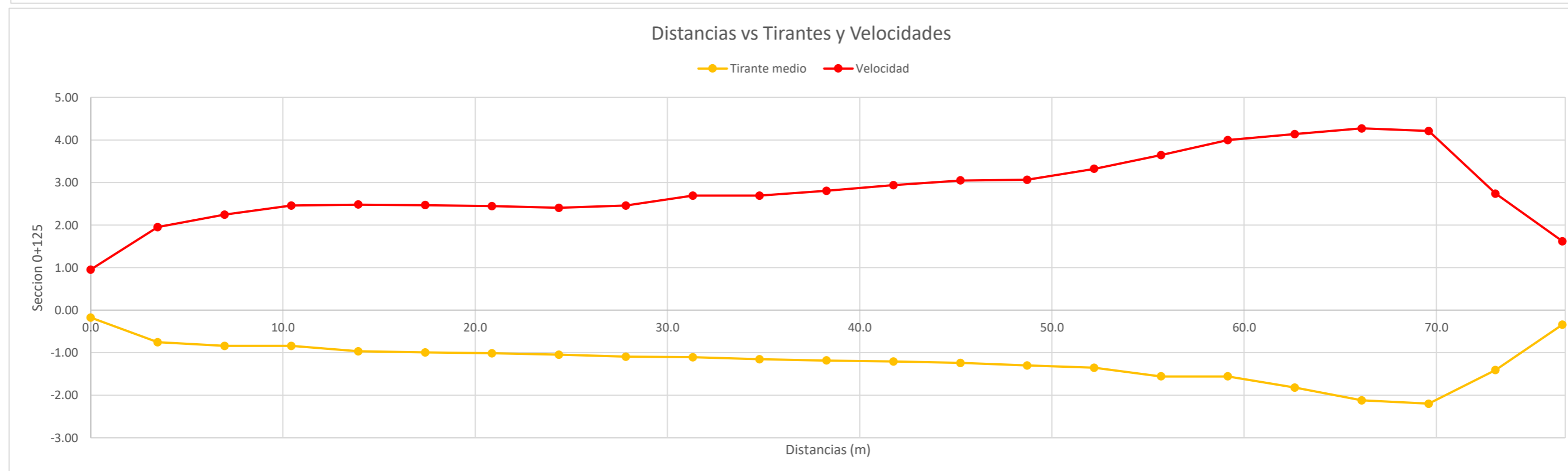
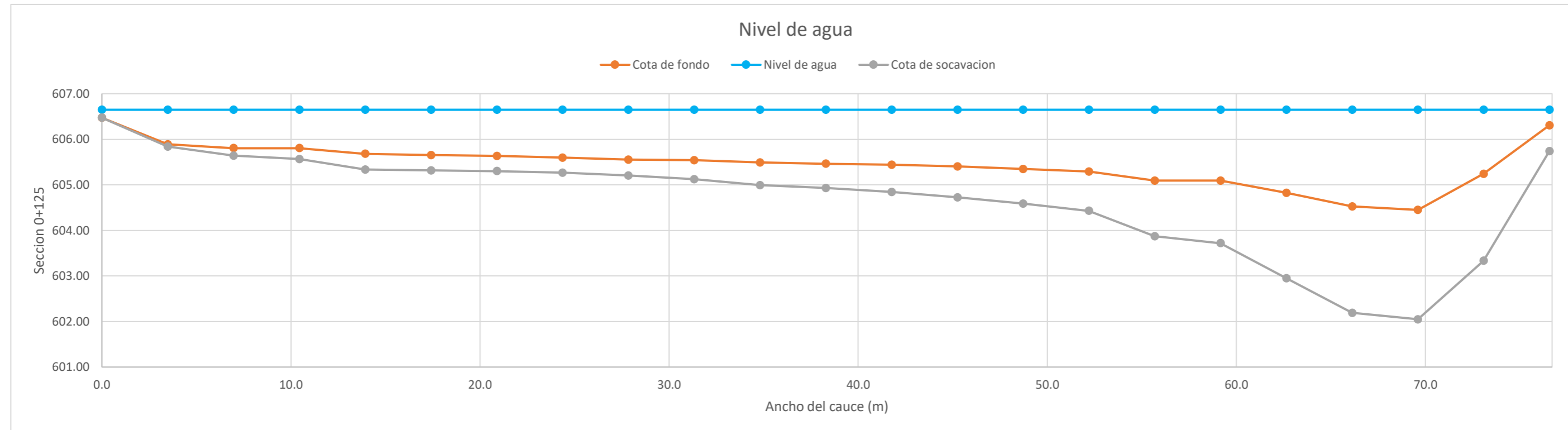
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+175
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	76.56 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.18	606.65	606.47	0.95	0.00											606.47
2	3.5	0.76	606.65	605.89	1.95	3.48	0.76	1.45	3.48	0.47	1.62	2.36	2.83	0.81	0.76	0.05	605.84
3	7.0	0.84	606.65	605.81	2.25	3.48	0.84	2.10	3.48	0.80	2.78	5.84	3.14	1.01	0.84	0.17	605.64
4	10.4	0.84	606.65	605.81	2.46	3.48	0.84	2.35	3.48	0.84	2.93	6.89	3.43	1.08	0.84	0.24	605.57
5	13.9	0.97	606.65	605.68	2.48	3.48	0.97	2.47	3.48	0.90	3.15	7.77	3.49	1.31	0.97	0.35	605.33
6	17.4	1.00	606.65	605.65	2.47	3.48	1.00	2.48	3.48	0.98	3.42	8.46	3.38	1.33	1.00	0.34	605.32
7	20.9	1.01	606.65	605.63	2.45	3.48	1.01	2.46	3.48	1.01	3.50	8.60	3.32	1.35	1.01	0.33	605.30
8	24.4	1.05	606.65	605.60	2.41	3.48	1.05	2.43	3.48	1.03	3.59	8.72	3.24	1.38	1.05	0.33	605.27
9	27.8	1.09	606.65	605.56	2.46	3.48	1.09	2.43	3.48	1.07	3.72	9.06	3.20	1.44	1.09	0.35	605.21
10	31.3	1.11	606.65	605.54	2.69	3.48	1.11	2.58	3.48	1.10	3.83	9.86	3.35	1.52	1.11	0.41	605.13
11	34.8	1.16	606.65	605.49	2.69	3.48	1.16	2.69	3.48	1.13	3.94	10.61	3.46	1.65	1.16	0.50	605.00
12	38.3	1.18	606.65	605.46	2.80	3.48	1.18	2.75	3.48	1.17	4.07	11.19	3.49	1.71	1.18	0.53	604.93
13	41.8	1.20	606.65	605.44	2.94	3.48	1.20	2.87	3.48	1.19	4.16	11.94	3.61	1.80	1.20	0.60	604.85
14	45.2	1.24	606.65	605.41	3.05	3.48	1.24	2.99	3.48	1.22	4.26	12.74	3.73	1.92	1.24	0.68	604.72
15	48.7	1.30	606.65	605.35	3.07	3.48	1.30	3.06	3.48	1.27	4.42	13.53	3.76	2.06	1.30	0.76	604.59
16	52.2	1.36	606.65	605.29	3.32	3.48	1.36	3.20	3.48	1.33	4.62	14.78	3.86	2.22	1.36	0.86	604.43
17	55.7	1.56	606.65	605.09	3.65	3.48	1.56	3.49	3.48	1.46	5.07	17.67	4.07	2.77	1.56	1.22	603.87
18	59.2	1.56	606.65	605.09	4.00	3.48	1.56	3.82	3.48	1.56	5.42	20.72	4.36	2.93	1.56	1.37	603.72
19	62.6	1.82	606.65	604.83	4.14	3.48	1.82	4.07	3.48	1.69	5.88	23.94	4.51	3.70	1.82	1.88	602.95
20	66.1	2.12	606.65	604.53	4.27	3.48	2.12	4.21	3.48	1.97	6.86	28.88	4.44	4.45	2.12	2.33	602.19
21	69.6	2.20	606.65	604.45	4.21	3.48	2.20	4.24	3.48	2.16	7.52	31.90	4.35	4.60	2.20	2.40	602.05
22	73.1	1.41	606.65	605.24	2.74	3.48	2.20	3.47	3.48	1.80	6.27	21.79	3.77	4.11	2.20	1.91	603.33
23	76.6	0.34	606.65	606.31	1.62	3.48	1.41	2.18	3.48	0.87	3.04	6.62	3.12	1.97	1.41	0.56	605.74
<b>Min</b>		<b>0.18</b>	<b>606.65</b>	<b>604.45</b>	<b>0.95</b>	<b>0.00</b>	<b>0.76</b>	<b>1.45</b>	<b>3.48</b>	<b>0.47</b>	<b>1.62</b>	<b>2.36</b>	<b>2.83</b>	<b>0.81</b>	<b>0.76</b>	<b>0.05</b>	<b>602.05</b>
<b>Max</b>		<b>2.20</b>	<b>606.65</b>	<b>606.47</b>	<b>4.27</b>	<b>3.48</b>	<b>2.20</b>	<b>4.24</b>	<b>3.48</b>	<b>2.16</b>	<b>7.52</b>	<b>31.90</b>	<b>4.51</b>	<b>4.60</b>	<b>2.20</b>	<b>2.40</b>	<b>606.47</b>
<b>Media</b>		<b>1.19</b>	<b>606.65</b>	<b>605.46</b>	<b>2.83</b>	<b>3.33</b>	<b>1.32</b>	<b>2.90</b>	<b>3.48</b>	<b>1.23</b>	<b>4.28</b>	<b>13.36</b>	<b>3.63</b>	<b>2.14</b>	<b>1.32</b>	<b>0.83</b>	<b>604.67</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM				
												Fecha: Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0							

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

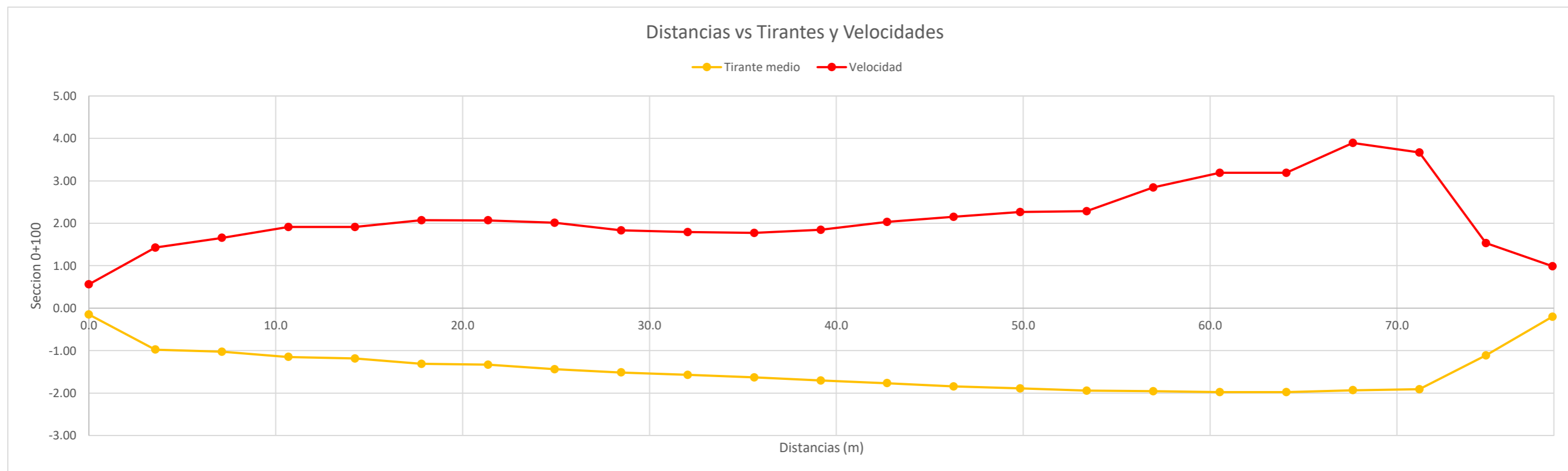
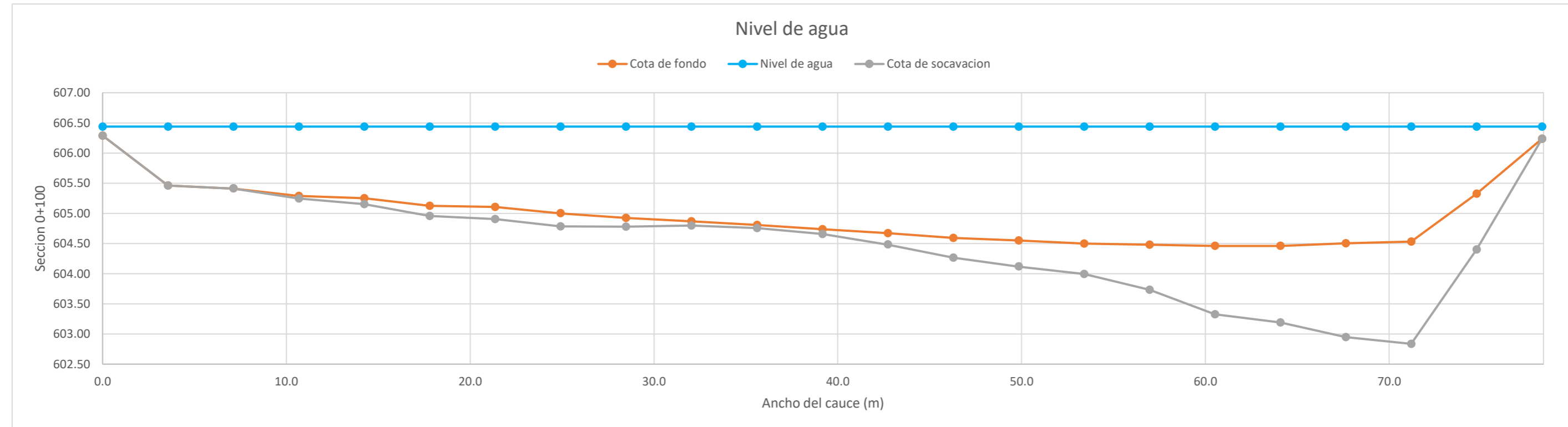
**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+150
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	78.32 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)


ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.15	606.44	606.29	0.56	0.00											606.29
2	3.6	0.98	606.44	605.46	1.43	3.56	0.98	0.99	3.56	0.56	2.00	1.99	1.75	0.77	0.98	0.00	605.46
3	7.1	1.03	606.44	605.41	1.66	3.56	1.03	1.54	3.56	1.00	3.56	5.49	2.07	0.94	1.03	0.00	605.41
4	10.7	1.15	606.44	605.29	1.91	3.56	1.15	1.78	3.56	1.09	3.87	6.91	2.32	1.19	1.15	0.05	605.24
5	14.2	1.19	606.44	605.25	1.91	3.56	1.19	1.91	3.56	1.17	4.16	7.94	2.41	1.28	1.19	0.10	605.15
6	17.8	1.31	606.44	605.13	2.07	3.56	1.31	1.99	3.56	1.25	4.45	8.85	2.45	1.48	1.31	0.17	604.96
7	21.4	1.33	606.44	605.11	2.07	3.56	1.33	2.07	3.56	1.32	4.71	9.74	2.49	1.53	1.33	0.20	604.90
8	24.9	1.44	606.44	605.00	2.02	3.56	1.44	2.04	3.56	1.38	4.93	10.07	2.41	1.65	1.44	0.22	604.78
9	28.5	1.51	606.44	604.92	1.83	3.56	1.51	1.93	3.56	1.48	5.25	10.11	2.22	1.66	1.51	0.15	604.78
10	32.0	1.57	606.44	604.87	1.79	3.56	1.57	1.81	3.56	1.54	5.49	9.96	2.06	1.64	1.57	0.07	604.80
11	35.6	1.63	606.44	604.81	1.77	3.56	1.63	1.78	3.56	1.60	5.70	10.16	2.00	1.68	1.63	0.05	604.76
12	39.2	1.70	606.44	604.74	1.85	3.56	1.70	1.81	3.56	1.67	5.93	10.74	2.00	1.78	1.70	0.08	604.66
13	42.7	1.77	606.44	604.67	2.03	3.56	1.77	1.94	3.56	1.73	6.17	11.98	2.12	1.96	1.77	0.19	604.48
14	46.3	1.85	606.44	604.59	2.15	3.56	1.85	2.09	3.56	1.81	6.43	13.45	2.25	2.17	1.85	0.33	604.26
15	49.8	1.89	606.44	604.55	2.27	3.56	1.89	2.21	3.56	1.87	6.65	14.69	2.35	2.32	1.89	0.43	604.12
16	53.4	1.94	606.44	604.50	2.28	3.56	1.94	2.28	3.56	1.92	6.82	15.52	2.40	2.45	1.94	0.50	603.99
17	57.0	1.96	606.44	604.48	2.84	3.56	1.96	2.56	3.56	1.95	6.94	17.80	2.69	2.70	1.96	0.75	603.73
18	60.5	1.98	606.44	604.46	3.19	3.56	1.98	3.02	3.56	1.97	7.01	21.15	3.16	3.11	1.98	1.13	603.33
19	64.1	1.98	606.44	604.46	3.19	3.56	1.98	3.19	3.56	1.98	7.04	22.48	3.33	3.25	1.98	1.27	603.19
20	67.6	1.93	606.44	604.50	3.89	3.56	1.98	3.54	3.56	1.96	6.96	24.67	3.71	3.53	1.98	1.56	602.95
21	71.2	1.91	606.44	604.53	3.67	3.56	1.93	3.78	3.56	1.92	6.84	25.86	3.99	3.63	1.93	1.69	602.84
22	74.8	1.11	606.44	605.33	1.54	3.56	1.91	2.60	3.56	1.51	5.38	14.00	2.98	2.83	1.91	0.92	604.40
23	78.3	0.20	606.44	606.24	0.99	3.56	1.11	1.26	3.56	0.66	2.34	2.95	2.06	1.04	1.11	0.00	606.24
<b>Min</b>		<b>0.15</b>	<b>606.44</b>	<b>604.46</b>	<b>0.56</b>	<b>0.00</b>	<b>0.98</b>	<b>0.99</b>	<b>3.56</b>	<b>0.56</b>	<b>2.00</b>	<b>1.99</b>	<b>1.75</b>	<b>0.77</b>	<b>0.98</b>	<b>0.00</b>	<b>602.84</b>
<b>Max</b>		<b>1.98</b>	<b>606.44</b>	<b>606.29</b>	<b>3.89</b>	<b>3.56</b>	<b>1.98</b>	<b>3.78</b>	<b>3.56</b>	<b>1.98</b>	<b>7.04</b>	<b>25.86</b>	<b>3.99</b>	<b>3.63</b>	<b>1.98</b>	<b>1.69</b>	<b>606.29</b>
<b>Media</b>		<b>1.46</b>	<b>606.44</b>	<b>604.98</b>	<b>2.13</b>	<b>3.41</b>	<b>1.60</b>	<b>2.19</b>	<b>3.56</b>	<b>1.51</b>	<b>5.39</b>	<b>12.57</b>	<b>2.51</b>	<b>2.03</b>	<b>1.60</b>	<b>0.45</b>	<b>604.55</b>



**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**





 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

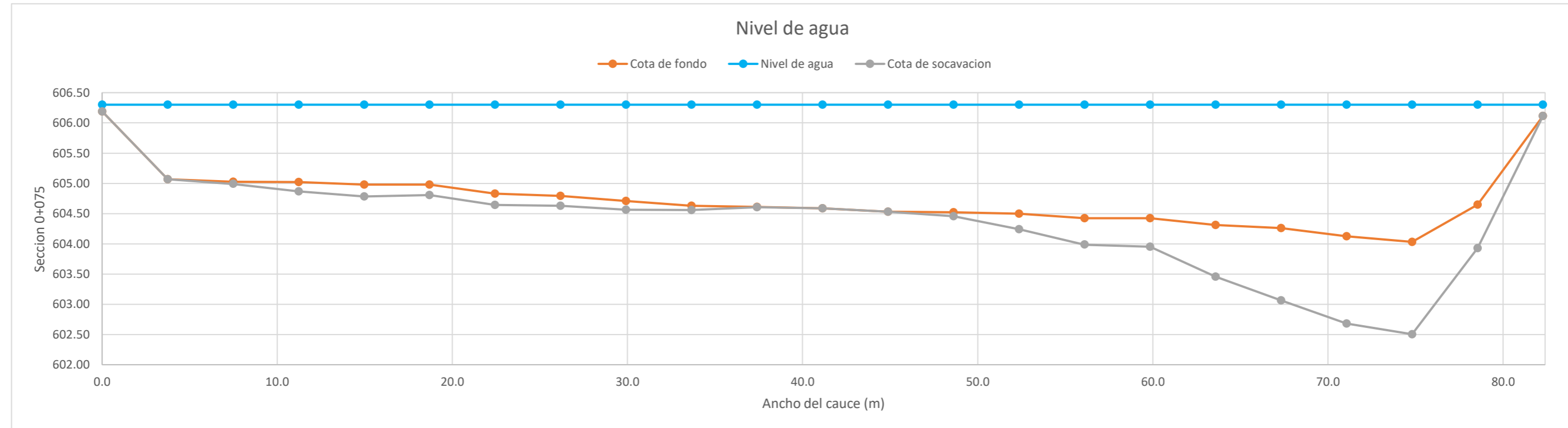
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+125
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	82.28 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.11	606.30	606.19	0.66	0.00											606.19
2	3.7	1.23	606.30	605.07	1.65	3.74	1.23	1.15	3.74	0.67	2.51	2.89	1.85	1.09	1.23	0.00	605.07
3	7.5	1.27	606.30	605.03	1.97	3.74	1.27	1.81	3.74	1.25	4.68	8.49	2.20	1.31	1.27	0.04	604.99
4	11.2	1.28	606.30	605.02	2.08	3.74	1.28	2.03	3.74	1.28	4.78	9.69	2.44	1.43	1.28	0.15	604.87
5	15.0	1.32	606.30	604.98	2.08	3.74	1.32	2.08	3.74	1.30	4.87	10.14	2.49	1.52	1.32	0.20	604.78
6	18.7	1.32	606.30	604.98	2.02	3.74	1.32	2.05	3.74	1.32	4.94	10.15	2.43	1.49	1.32	0.17	604.81
7	22.4	1.47	606.30	604.83	1.99	3.74	1.47	2.01	3.74	1.40	5.22	10.48	2.33	1.66	1.47	0.19	604.64
8	26.2	1.51	606.30	604.79	1.99	3.74	1.51	1.99	3.74	1.49	5.57	11.10	2.26	1.67	1.51	0.16	604.63
9	29.9	1.59	606.30	604.71	1.89	3.74	1.59	1.94	3.74	1.55	5.80	11.26	2.17	1.74	1.59	0.15	604.56
10	33.7	1.67	606.30	604.63	1.77	3.74	1.67	1.83	3.74	1.63	6.10	11.15	2.00	1.74	1.67	0.07	604.56
11	37.4	1.69	606.30	604.61	1.74	3.74	1.69	1.75	3.74	1.68	6.28	11.00	1.90	1.69	1.69	0.00	604.61
12	41.1	1.72	606.30	604.58	1.73	3.74	1.72	1.73	3.74	1.70	6.37	11.03	1.87	1.71	1.72	0.00	604.58
13	44.9	1.77	606.30	604.53	1.73	3.74	1.77	1.73	3.74	1.74	6.52	11.28	1.85	1.77	1.77	0.00	604.53
14	48.6	1.78	606.30	604.52	1.92	3.74	1.78	1.83	3.74	1.78	6.64	12.13	1.94	1.85	1.78	0.07	604.45
15	52.4	1.80	606.30	604.50	2.19	3.74	1.80	2.06	3.74	1.79	6.70	13.79	2.18	2.06	1.80	0.26	604.24
16	56.1	1.88	606.30	604.42	2.31	3.74	1.88	2.25	3.74	1.84	6.89	15.50	2.37	2.31	1.88	0.44	603.99
17	59.8	1.88	606.30	604.42	2.31	3.74	1.88	2.31	3.74	1.88	7.03	16.21	2.41	2.35	1.88	0.47	603.95
18	63.6	1.99	606.30	604.31	3.09	3.74	1.99	2.70	3.74	1.93	7.24	19.53	2.79	2.85	1.99	0.85	603.46
19	67.3	2.04	606.30	604.26	3.10	3.74	2.04	3.09	3.74	2.01	7.54	23.32	3.16	3.24	2.04	1.20	603.06
20	71.1	2.18	606.30	604.12	3.38	3.74	2.18	3.24	3.74	2.11	7.89	25.55	3.26	3.62	2.18	1.44	602.68
21	74.8	2.27	606.30	604.03	3.16	3.74	2.27	3.27	3.74	2.22	8.32	27.19	3.24	3.80	2.27	1.53	602.50
22	78.5	1.65	606.30	604.65	1.48	3.74	2.27	2.32	3.74	1.96	7.34	17.02	2.39	2.99	2.27	0.72	603.93
23	82.3	0.19	606.30	606.12	0.28	3.74	1.65	0.88	3.74	0.92	3.44	3.04	1.22	1.16	1.65	0.00	606.12
<b>Min</b>		<b>0.11</b>	<b>606.30</b>	<b>604.03</b>	<b>0.28</b>	<b>0.00</b>	<b>1.23</b>	<b>0.88</b>	<b>3.74</b>	<b>0.67</b>	<b>2.51</b>	<b>2.89</b>	<b>1.22</b>	<b>1.09</b>	<b>1.23</b>	<b>0.00</b>	<b>602.50</b>
<b>Max</b>		<b>2.27</b>	<b>606.30</b>	<b>606.19</b>	<b>3.38</b>	<b>3.74</b>	<b>2.27</b>	<b>3.27</b>	<b>3.74</b>	<b>2.22</b>	<b>8.32</b>	<b>27.19</b>	<b>3.26</b>	<b>3.80</b>	<b>2.27</b>	<b>1.53</b>	<b>606.19</b>
<b>Media</b>		<b>1.55</b>	<b>606.30</b>	<b>604.75</b>	<b>2.02</b>	<b>3.58</b>	<b>1.71</b>	<b>2.09</b>	<b>3.74</b>	<b>1.61</b>	<b>6.03</b>	<b>13.27</b>	<b>2.31</b>	<b>2.05</b>	<b>1.71</b>	<b>0.37</b>	<b>604.40</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

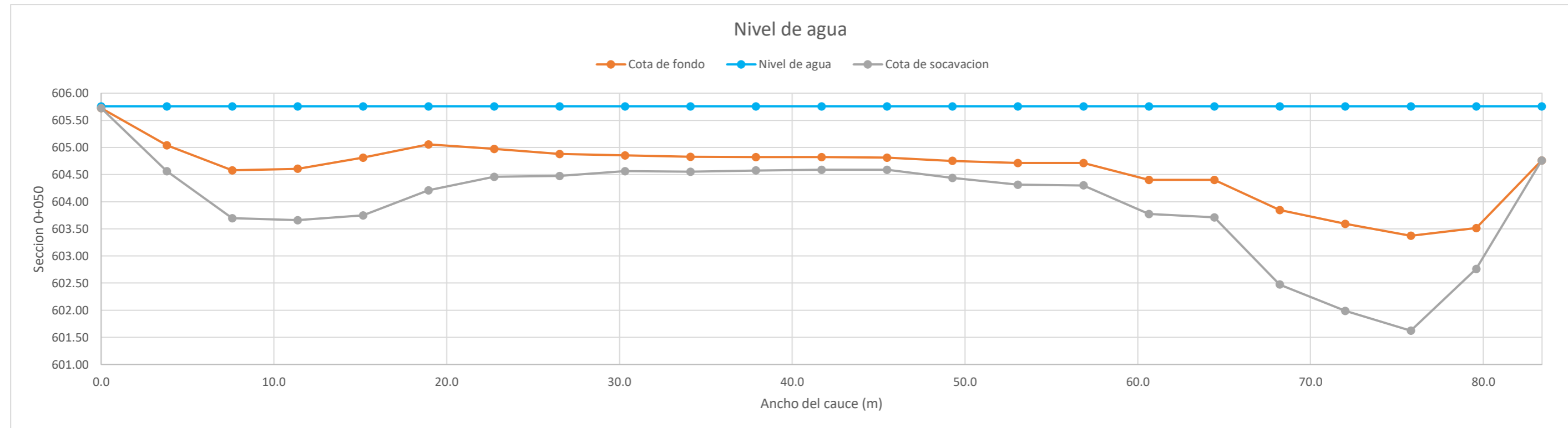
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+100
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	83.38 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.03	605.76	605.72	1.78	0.00											605.72
2	3.8	0.72	605.76	605.04	2.92	3.79	0.72	2.35	3.79	0.38	1.42	3.34	5.09	1.20	0.72	0.48	604.56
3	7.6	1.18	605.76	604.58	3.60	3.79	1.18	3.26	3.79	0.95	3.60	11.74	4.43	2.06	1.18	0.88	603.70
4	11.4	1.15	605.76	604.61	3.81	3.79	1.18	3.71	3.79	1.17	4.42	16.37	4.61	2.13	1.18	0.95	603.66
5	15.2	0.95	605.76	604.81	3.99	3.79	1.15	3.90	3.79	1.05	3.98	15.49	5.06	2.21	1.15	1.06	603.75
6	19.0	0.70	605.76	605.06	3.42	3.79	0.95	3.71	3.79	0.83	3.13	11.59	5.36	1.80	0.95	0.85	604.21
7	22.7	0.79	605.76	604.97	2.98	3.79	0.79	3.20	3.79	0.74	2.82	9.03	4.86	1.30	0.79	0.51	604.46
8	26.5	0.88	605.76	604.88	2.52	3.79	0.88	2.75	3.79	0.83	3.16	8.68	3.96	1.28	0.88	0.40	604.48
9	30.3	0.90	605.76	604.86	2.45	3.79	0.90	2.48	3.79	0.89	3.37	8.38	3.47	1.19	0.90	0.29	604.56
10	34.1	0.93	605.76	604.83	2.37	3.79	0.93	2.41	3.79	0.92	3.48	8.37	3.32	1.20	0.93	0.27	604.55
11	37.9	0.93	605.76	604.82	2.36	3.79	0.93	2.37	3.79	0.93	3.54	8.37	3.24	1.18	0.93	0.25	604.58
12	41.7	0.93	605.76	604.82	2.29	3.79	0.93	2.33	3.79	0.93	3.54	8.24	3.18	1.17	0.93	0.23	604.59
13	45.5	0.95	605.76	604.81	2.27	3.79	0.95	2.28	3.79	0.94	3.57	8.13	3.10	1.17	0.95	0.22	604.59
14	49.3	1.01	605.76	604.75	2.63	3.79	1.01	2.45	3.79	0.98	3.70	9.06	3.28	1.32	1.01	0.31	604.44
15	53.1	1.05	605.76	604.71	2.63	3.79	1.05	2.63	3.79	1.03	3.89	10.23	3.45	1.44	1.05	0.40	604.31
16	56.9	1.05	605.76	604.71	2.73	3.79	1.05	2.68	3.79	1.05	3.97	10.63	3.49	1.46	1.05	0.41	604.30
17	60.6	1.36	605.76	604.40	2.73	3.79	1.36	2.73	3.79	1.20	4.55	12.43	3.35	1.98	1.36	0.63	603.77
18	64.4	1.36	605.76	604.40	3.23	3.79	1.36	2.98	3.79	1.36	5.14	15.32	3.49	2.05	1.36	0.69	603.71
19	68.2	1.91	605.76	603.85	3.34	3.79	1.91	3.28	3.79	1.63	6.19	20.33	3.58	3.28	1.91	1.37	602.47
20	72.0	2.17	605.76	603.59	3.51	3.79	2.17	3.42	3.79	2.04	7.73	26.44	3.46	3.77	2.17	1.60	601.99
21	75.8	2.39	605.76	603.37	3.28	3.79	2.39	3.39	3.79	2.28	8.63	29.27	3.32	4.14	2.39	1.75	601.62
22	79.6	2.24	605.76	603.51	1.53	3.79	2.39	2.40	3.79	2.32	8.77	21.08	2.34	3.14	2.39	0.75	602.76
23	83.4	1.00	605.76	604.76	0.56	3.79	2.24	1.04	3.79	1.62	6.14	6.40	1.14	1.64	2.24	0.00	604.76
<b>Min</b>		<b>0.03</b>	<b>605.76</b>	<b>603.37</b>	<b>0.56</b>	<b>0.00</b>	<b>0.72</b>	<b>1.04</b>	<b>3.79</b>	<b>0.38</b>	<b>1.42</b>	<b>3.34</b>	<b>1.14</b>	<b>1.17</b>	<b>0.72</b>	<b>0.00</b>	<b>601.62</b>
<b>Max</b>		<b>2.39</b>	<b>605.76</b>	<b>605.72</b>	<b>3.99</b>	<b>3.79</b>	<b>2.39</b>	<b>3.90</b>	<b>3.79</b>	<b>2.32</b>	<b>8.77</b>	<b>29.27</b>	<b>5.36</b>	<b>4.14</b>	<b>2.39</b>	<b>1.75</b>	<b>605.72</b>
<b>Media</b>		<b>1.15</b>	<b>605.76</b>	<b>604.60</b>	<b>2.74</b>	<b>3.63</b>	<b>1.29</b>	<b>2.81</b>	<b>3.79</b>	<b>1.18</b>	<b>4.49</b>	<b>12.68</b>	<b>3.66</b>	<b>1.91</b>	<b>1.29</b>	<b>0.65</b>	<b>603.98</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

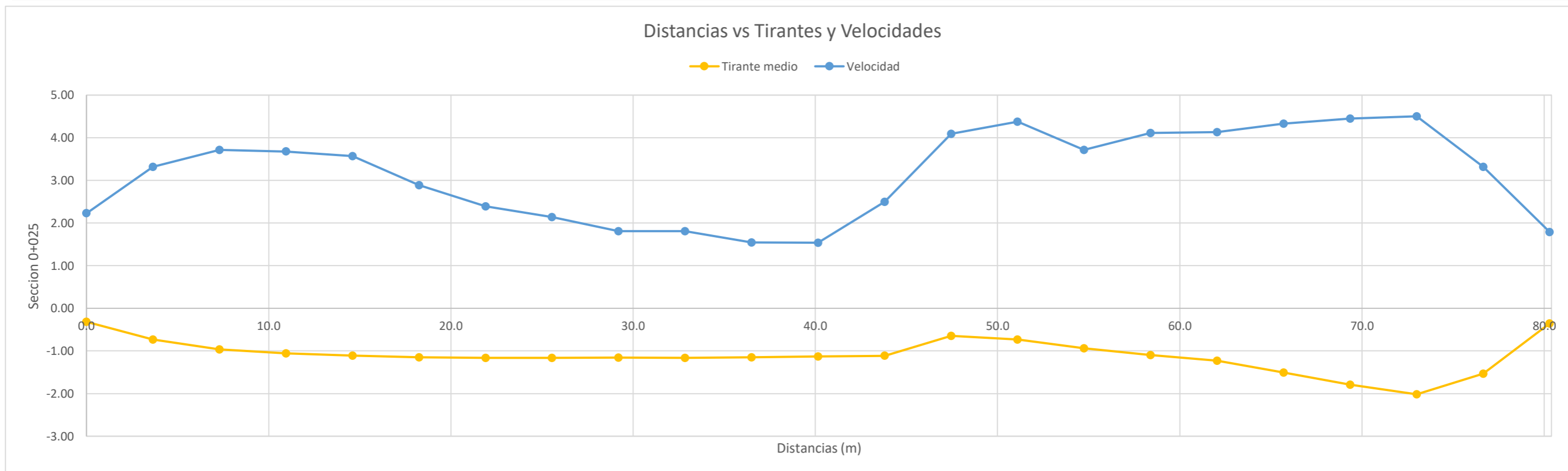
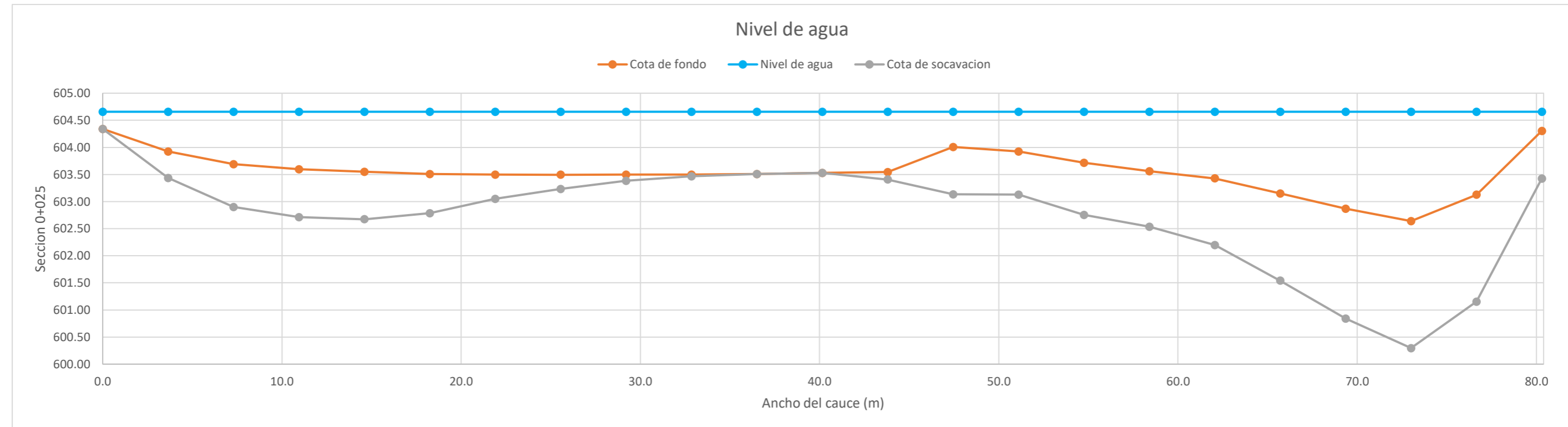
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+075
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	80.30 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.32	604.66	604.34	2.23	0.00											604.34
2	3.7	0.73	604.66	603.92	3.32	3.65	0.73	2.77	3.65	0.53	1.92	5.32	5.04	1.22	0.73	0.49	603.43
3	7.3	0.97	604.66	603.69	3.71	3.65	0.97	3.52	3.65	0.85	3.10	10.90	5.06	1.76	0.97	0.79	602.90
4	11.0	1.06	604.66	603.60	3.68	3.65	1.06	3.70	3.65	1.01	3.69	13.66	4.92	1.94	1.06	0.88	602.72
5	14.6	1.11	604.66	603.55	3.57	3.65	1.11	3.62	3.65	1.08	3.95	14.33	4.69	1.98	1.11	0.87	602.67
6	18.3	1.15	604.66	603.51	2.89	3.65	1.15	3.23	3.65	1.13	4.12	13.29	4.11	1.87	1.15	0.72	602.79
7	21.9	1.16	604.66	603.50	2.39	3.65	1.16	2.64	3.65	1.15	4.21	11.12	3.33	1.61	1.16	0.45	603.05
8	25.6	1.16	604.66	603.50	2.14	3.65	1.16	2.27	3.65	1.16	4.24	9.60	2.85	1.42	1.16	0.26	603.23
9	29.2	1.16	604.66	603.50	1.81	3.65	1.16	1.97	3.65	1.16	4.23	8.35	2.48	1.28	1.16	0.12	603.38
10	32.9	1.16	604.66	603.50	1.81	3.65	1.16	1.81	3.65	1.16	4.23	7.65	2.27	1.19	1.16	0.03	603.47
11	36.5	1.15	604.66	603.51	1.55	3.65	1.16	1.68	3.65	1.15	4.21	7.06	2.11	1.12	1.16	0.00	603.51
12	40.2	1.13	604.66	603.53	1.54	3.65	1.15	1.54	3.65	1.14	4.15	6.40	1.96	1.04	1.15	0.00	603.53
13	43.8	1.11	604.66	603.54	2.49	3.65	1.13	2.02	3.65	1.12	4.09	8.25	2.57	1.26	1.13	0.14	603.41
14	47.5	0.65	604.66	604.01	4.09	3.65	1.11	3.29	3.65	0.88	3.22	10.59	4.66	1.99	1.11	0.87	603.14
15	51.1	0.73	604.66	603.92	4.38	3.65	0.73	4.23	3.65	0.69	2.52	10.67	6.71	1.53	0.73	0.80	603.13
16	54.8	0.94	604.66	603.72	3.71	3.65	0.94	4.04	3.65	0.84	3.05	12.34	5.86	1.90	0.94	0.96	602.75
17	58.4	1.10	604.66	603.56	4.11	3.65	1.10	3.91	3.65	1.02	3.72	14.53	5.20	2.12	1.10	1.03	602.53
18	62.1	1.23	604.66	603.43	4.13	3.65	1.23	4.12	3.65	1.16	4.25	17.49	5.17	2.46	1.23	1.23	602.20
19	65.7	1.51	604.66	603.15	4.33	3.65	1.51	4.23	3.65	1.37	4.99	21.12	4.99	3.12	1.51	1.61	601.54
20	69.4	1.79	604.66	602.87	4.45	3.65	1.79	4.39	3.65	1.65	6.02	26.41	4.83	3.81	1.79	2.02	600.84
21	73.0	2.02	604.66	602.64	4.50	3.65	2.02	4.48	3.65	1.90	6.95	31.10	4.69	4.36	2.02	2.34	600.30
22	76.7	1.53	604.66	603.13	3.31	3.65	2.02	3.91	3.65	1.77	6.48	25.32	4.19	3.99	2.02	1.97	601.15
23	80.3	0.35	604.66	604.30	1.79	3.65	1.53	2.55	3.65	0.94	3.44	8.78	3.50	2.41	1.53	0.88	603.42
<b>Min</b>		<b>0.32</b>	<b>604.66</b>	<b>602.64</b>	<b>1.54</b>	<b>0.00</b>	<b>0.73</b>	<b>1.54</b>	<b>3.65</b>	<b>0.53</b>	<b>1.92</b>	<b>5.32</b>	<b>1.96</b>	<b>1.04</b>	<b>0.73</b>	<b>0.00</b>	<b>600.30</b>
<b>Max</b>		<b>2.02</b>	<b>604.66</b>	<b>604.34</b>	<b>4.50</b>	<b>3.65</b>	<b>2.02</b>	<b>4.48</b>	<b>3.65</b>	<b>1.90</b>	<b>6.95</b>	<b>31.10</b>	<b>6.71</b>	<b>4.36</b>	<b>2.02</b>	<b>2.34</b>	<b>604.34</b>
<b>Media</b>		<b>1.10</b>	<b>604.66</b>	<b>603.56</b>	<b>3.13</b>	<b>3.49</b>	<b>1.23</b>	<b>3.18</b>	<b>3.65</b>	<b>1.13</b>	<b>4.13</b>	<b>13.38</b>	<b>4.14</b>	<b>2.06</b>	<b>1.23</b>	<b>0.84</b>	<b>602.76</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

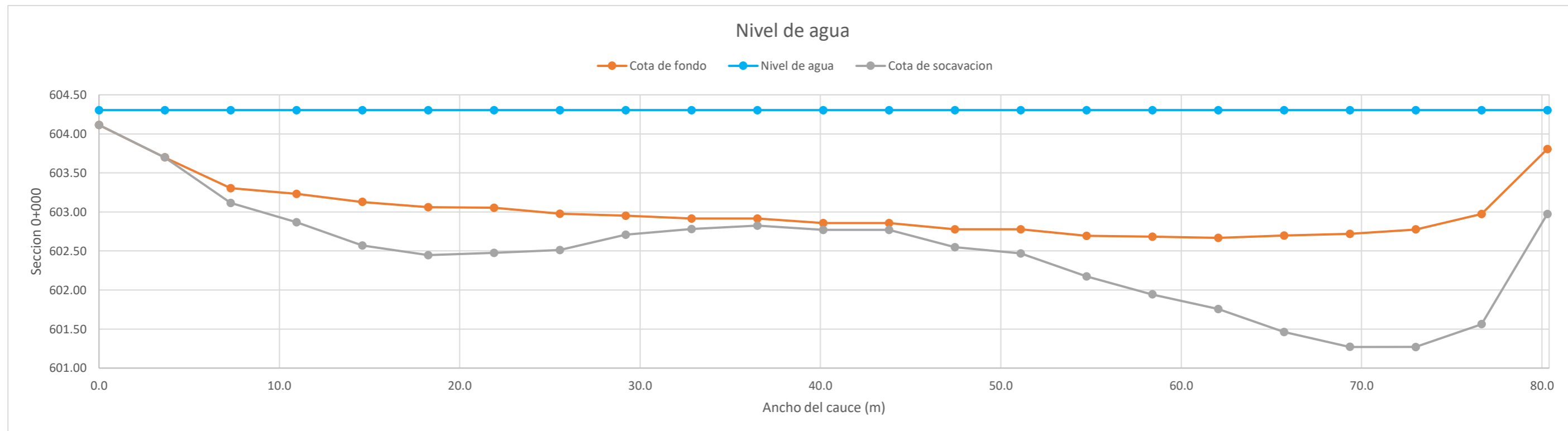
**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+050
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	80.30 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)


ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.19	604.30	604.11	0.70	0.00											604.11
2	3.7	0.61	604.30	603.70	1.72	3.65	0.61	1.21	3.65	0.40	1.45	1.76	2.55	0.56	0.61	0.00	603.70
3	7.3	1.00	604.30	603.30	2.22	3.65	1.00	1.97	3.65	0.80	2.93	5.77	2.91	1.19	1.00	0.19	603.11
4	11.0	1.07	604.30	603.23	2.75	3.65	1.07	2.49	3.65	1.04	3.79	9.41	3.27	1.44	1.07	0.36	602.87
5	14.6	1.18	604.30	603.13	2.87	3.65	1.18	2.81	3.65	1.13	4.11	11.54	3.58	1.73	1.18	0.56	602.57
6	18.3	1.25	604.30	603.06	2.88	3.65	1.25	2.87	3.65	1.21	4.42	12.70	3.55	1.86	1.25	0.61	602.45
7	21.9	1.25	604.30	603.05	2.78	3.65	1.25	2.83	3.65	1.25	4.56	12.89	3.45	1.83	1.25	0.58	602.48
8	25.6	1.33	604.30	602.98	2.27	3.65	1.33	2.53	3.65	1.29	4.71	11.89	3.04	1.79	1.33	0.46	602.51
9	29.2	1.35	604.30	602.95	2.02	3.65	1.35	2.15	3.65	1.34	4.89	10.50	2.55	1.59	1.35	0.24	602.71
10	32.9	1.39	604.30	602.92	1.89	3.65	1.39	1.96	3.65	1.37	5.00	9.79	2.30	1.52	1.39	0.13	602.78
11	36.5	1.39	604.30	602.92	1.89	3.65	1.39	1.89	3.65	1.39	5.06	9.59	2.22	1.48	1.39	0.09	602.83
12	40.2	1.45	604.30	602.86	1.84	3.65	1.45	1.87	3.65	1.42	5.17	9.66	2.17	1.53	1.45	0.09	602.77
13	43.8	1.45	604.30	602.86	1.92	3.65	1.45	1.88	3.65	1.45	5.28	9.92	2.17	1.53	1.45	0.09	602.77
14	47.5	1.53	604.30	602.78	2.20	3.65	1.53	2.06	3.65	1.49	5.42	11.17	2.35	1.75	1.53	0.23	602.55
15	51.1	1.53	604.30	602.78	2.20	3.65	1.53	2.20	3.65	1.53	5.57	12.28	2.49	1.84	1.53	0.31	602.47
16	54.8	1.61	604.30	602.69	2.70	3.65	1.61	2.45	3.65	1.57	5.73	14.05	2.75	2.13	1.61	0.52	602.17
17	58.4	1.62	604.30	602.68	2.88	3.65	1.62	2.79	3.65	1.62	5.90	16.49	3.10	2.36	1.62	0.74	601.94
18	62.1	1.64	604.30	602.67	3.20	3.65	1.64	3.04	3.65	1.63	5.95	18.09	3.36	2.55	1.64	0.91	601.76
19	65.7	1.61	604.30	602.70	3.87	3.65	1.64	3.54	3.65	1.62	5.92	20.92	3.91	2.87	1.64	1.24	601.46
20	69.4	1.59	604.30	602.72	3.97	3.65	1.61	3.92	3.65	1.60	5.82	22.84	4.37	3.05	1.61	1.45	601.27
21	73.0	1.53	604.30	602.78	4.09	3.65	1.59	4.03	3.65	1.56	5.68	22.92	4.53	3.09	1.59	1.50	601.27
22	76.7	1.33	604.30	602.97	3.70	3.65	1.53	3.90	3.65	1.43	5.22	20.35	4.52	2.94	1.53	1.41	601.56
23	80.3	0.50	604.30	603.80	1.83	3.65	1.33	2.77	3.65	0.92	3.34	9.26	3.85	2.16	1.33	0.83	602.97
<b>Min</b>		<b>0.19</b>	<b>604.30</b>	<b>602.67</b>	<b>0.70</b>	<b>0.00</b>	<b>0.61</b>	<b>1.21</b>	<b>3.65</b>	<b>0.40</b>	<b>1.45</b>	<b>1.76</b>	<b>2.17</b>	<b>0.56</b>	<b>0.61</b>	<b>0.00</b>	<b>601.27</b>
<b>Max</b>		<b>1.64</b>	<b>604.30</b>	<b>604.11</b>	<b>4.09</b>	<b>3.65</b>	<b>1.64</b>	<b>4.03</b>	<b>3.65</b>	<b>1.63</b>	<b>5.95</b>	<b>22.92</b>	<b>4.53</b>	<b>3.09</b>	<b>1.64</b>	<b>1.50</b>	<b>604.11</b>
<b>Media</b>		<b>1.28</b>	<b>604.30</b>	<b>603.03</b>	<b>2.54</b>	<b>3.49</b>	<b>1.38</b>	<b>2.60</b>	<b>3.65</b>	<b>1.32</b>	<b>4.82</b>	<b>12.90</b>	<b>3.14</b>	<b>1.95</b>	<b>1.38</b>	<b>0.57</b>	<b>602.48</b>



**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**





 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

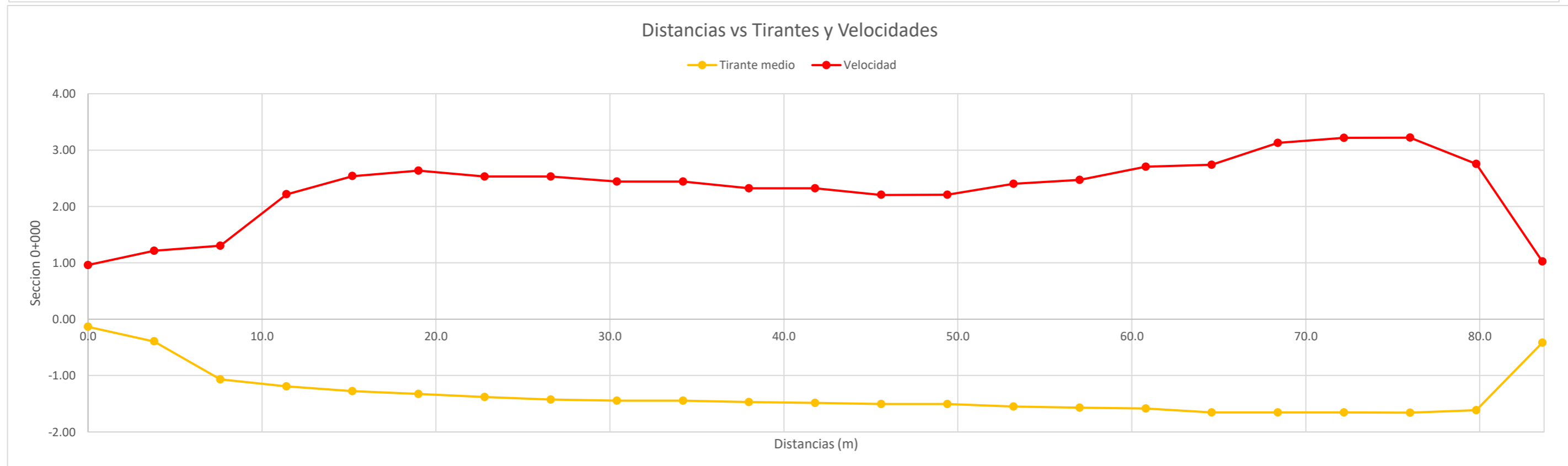
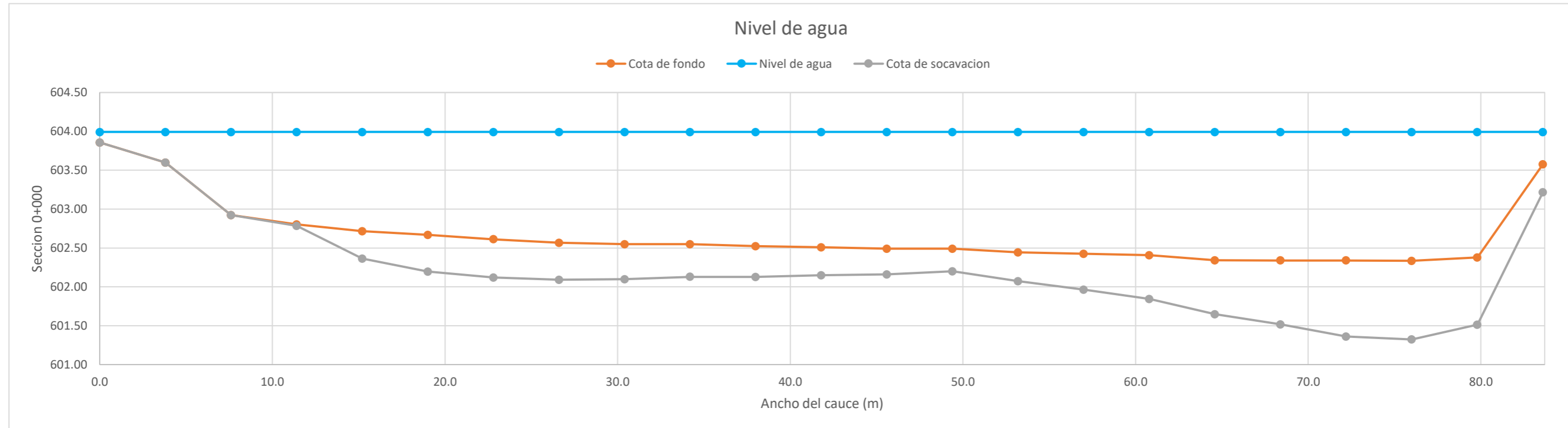
**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**


Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+025
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	83.60 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.14	603.99	603.86	0.96	0.00											603.86
2	3.8	0.39	603.99	603.60	1.22	3.80	0.39	1.09	3.80	0.26	1.01	1.09	2.88	0.35	0.39	0.00	603.60
3	7.6	1.07	603.99	602.92	1.30	3.80	1.07	1.26	3.80	0.73	2.78	3.50	1.93	0.94	1.07	0.00	602.92
4	11.4	1.19	603.99	602.80	2.22	3.80	1.19	1.76	3.80	1.13	4.29	7.55	2.21	1.21	1.19	0.02	602.79
5	15.2	1.28	603.99	602.72	2.54	3.80	1.28	2.38	3.80	1.23	4.69	11.14	2.88	1.63	1.28	0.35	602.36
6	19.0	1.32	603.99	602.67	2.64	3.80	1.32	2.59	3.80	1.30	4.94	12.79	3.07	1.80	1.32	0.47	602.20
7	22.8	1.38	603.99	602.61	2.53	3.80	1.38	2.58	3.80	1.35	5.14	13.27	3.02	1.87	1.38	0.49	602.12
8	26.6	1.43	603.99	602.57	2.53	3.80	1.43	2.53	3.80	1.40	5.33	13.49	2.92	1.90	1.43	0.48	602.09
9	30.4	1.44	603.99	602.55	2.44	3.80	1.44	2.49	3.80	1.43	5.45	13.56	2.84	1.89	1.44	0.45	602.10
10	34.2	1.44	603.99	602.55	2.44	3.80	1.44	2.44	3.80	1.44	5.48	13.40	2.79	1.86	1.44	0.42	602.13
11	38.0	1.47	603.99	602.52	2.32	3.80	1.47	2.38	3.80	1.46	5.53	13.18	2.71	1.86	1.47	0.40	602.13
12	41.8	1.48	603.99	602.51	2.32	3.80	1.48	2.32	3.80	1.48	5.61	13.02	2.63	1.84	1.48	0.36	602.15
13	45.6	1.50	603.99	602.49	2.21	3.80	1.50	2.26	3.80	1.49	5.67	12.85	2.55	1.83	1.50	0.33	602.16
14	49.4	1.50	603.99	602.49	2.21	3.80	1.50	2.21	3.80	1.50	5.71	12.60	2.48	1.79	1.50	0.29	602.20
15	53.2	1.55	603.99	602.44	2.40	3.80	1.55	2.30	3.80	1.53	5.80	13.36	2.58	1.92	1.55	0.37	602.07
16	57.0	1.57	603.99	602.42	2.47	3.80	1.57	2.44	3.80	1.56	5.92	14.42	2.70	2.03	1.57	0.46	601.97
17	60.8	1.58	603.99	602.41	2.70	3.80	1.58	2.59	3.80	1.58	5.99	15.50	2.86	2.15	1.58	0.56	601.84
18	64.6	1.65	603.99	602.34	2.74	3.80	1.65	2.72	3.80	1.62	6.15	16.75	2.98	2.34	1.65	0.69	601.65
19	68.4	1.65	603.99	602.34	3.13	3.80	1.65	2.93	3.80	1.65	6.28	18.43	3.19	2.47	1.65	0.82	601.52
20	72.2	1.65	603.99	602.34	3.22	3.80	1.65	3.17	3.80	1.65	6.28	19.93	3.44	2.63	1.65	0.98	601.36
21	76.0	1.66	603.99	602.34	3.22	3.80	1.66	3.22	3.80	1.66	6.29	20.25	3.49	2.67	1.66	1.01	601.32
22	79.8	1.61	603.99	602.38	2.75	3.80	1.66	2.99	3.80	1.64	6.22	18.56	3.25	2.53	1.66	0.87	601.51
23	83.6	0.42	603.99	603.58	1.03	3.80	1.61	1.89	3.80	1.02	3.86	7.29	2.49	1.97	1.61	0.36	603.22
<b>Min</b>		<b>0.14</b>	<b>603.99</b>	<b>602.34</b>	<b>0.96</b>	<b>0.00</b>	<b>0.39</b>	<b>1.09</b>	<b>3.80</b>	<b>0.26</b>	<b>1.01</b>	<b>1.09</b>	<b>1.93</b>	<b>0.35</b>	<b>0.39</b>	<b>0.00</b>	<b>601.32</b>
<b>Max</b>		<b>1.66</b>	<b>603.99</b>	<b>603.86</b>	<b>3.22</b>	<b>3.80</b>	<b>1.66</b>	<b>3.22</b>	<b>3.80</b>	<b>1.66</b>	<b>6.29</b>	<b>20.25</b>	<b>3.49</b>	<b>2.67</b>	<b>1.66</b>	<b>1.01</b>	<b>603.86</b>
<b>Media</b>		<b>1.32</b>	<b>603.99</b>	<b>602.67</b>	<b>2.33</b>	<b>3.63</b>	<b>1.43</b>	<b>2.39</b>	<b>3.80</b>	<b>1.37</b>	<b>5.20</b>	<b>13.00</b>	<b>2.81</b>	<b>1.89</b>	<b>1.43</b>	<b>0.46</b>	<b>602.23</b>



**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°11 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=10 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	11	Revisión :	0					

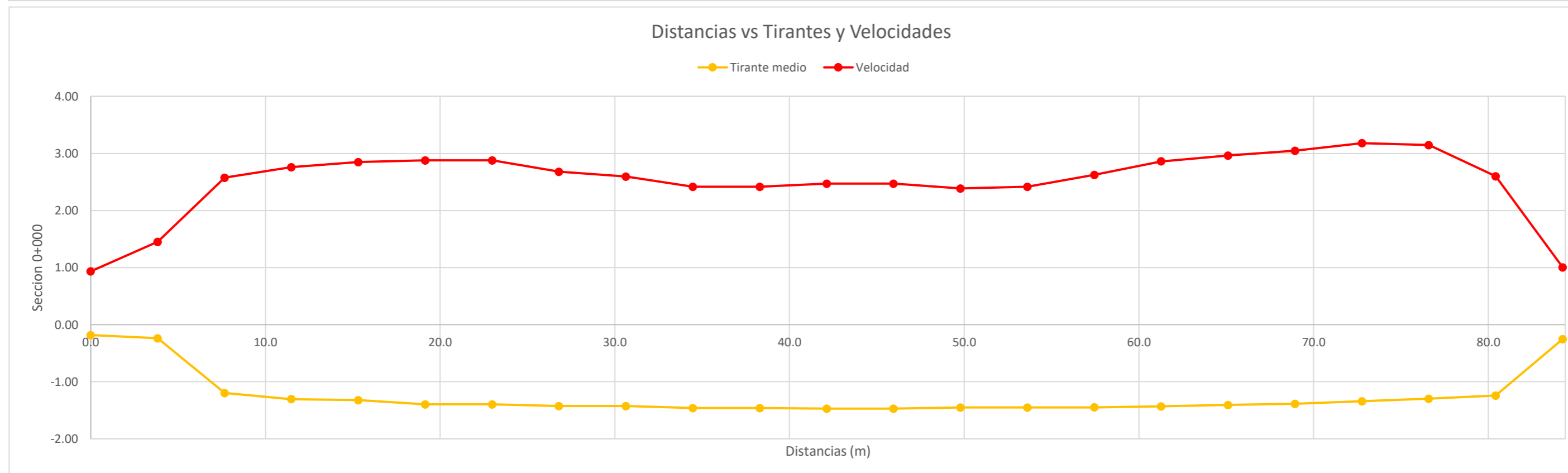
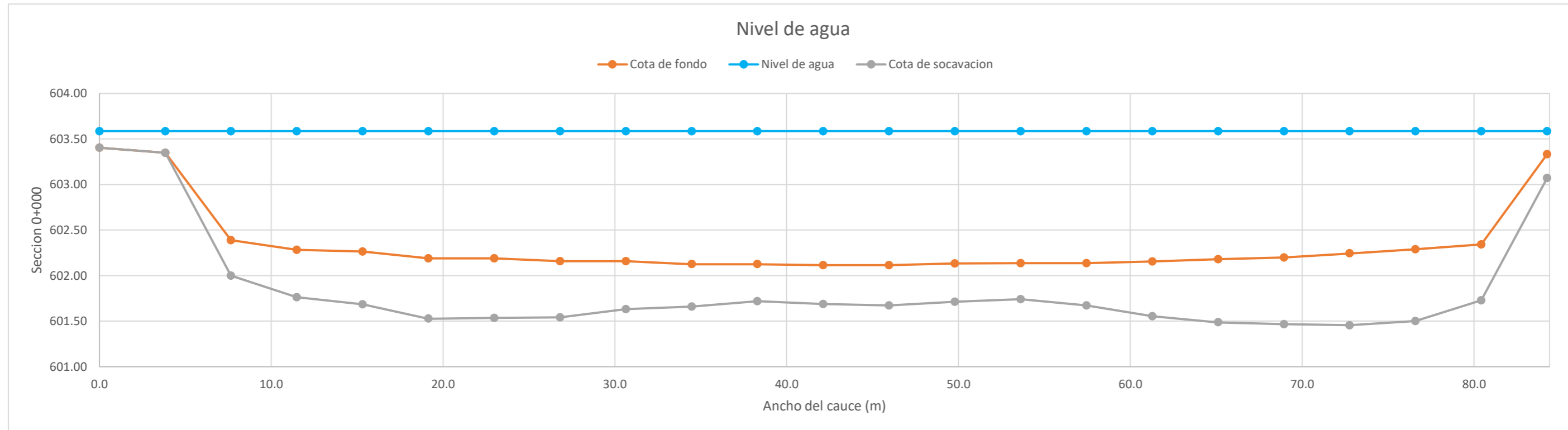
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**


Caudal de diseño:	Q	300.50 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	10.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+000
Coefficiente que depende del Tr:	β	0.89
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	84.26 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.18	603.59	603.40	0.93	0.00											603.40
2	3.8	0.24	603.59	603.35	1.45	3.83	0.24	1.19	3.83	0.21	0.80	0.96	3.62	0.21	0.24	0.00	603.35
3	7.7	1.20	603.59	602.39	2.57	3.83	1.20	2.01	3.83	0.72	2.75	5.53	3.10	1.59	1.20	0.39	602.00
4	11.5	1.30	603.59	602.28	2.76	3.83	1.30	2.67	3.83	1.25	4.79	12.77	3.21	1.82	1.30	0.52	601.76
5	15.3	1.32	603.59	602.26	2.85	3.83	1.32	2.80	3.83	1.31	5.03	14.09	3.31	1.90	1.32	0.58	601.69
6	19.2	1.40	603.59	602.19	2.88	3.83	1.40	2.86	3.83	1.36	5.21	14.91	3.34	2.06	1.40	0.66	601.53
7	23.0	1.40	603.59	602.19	2.88	3.83	1.40	2.88	3.83	1.40	5.35	15.41	3.32	2.05	1.40	0.65	601.54
8	26.8	1.43	603.59	602.16	2.68	3.83	1.43	2.78	3.83	1.41	5.41	15.03	3.19	2.04	1.43	0.62	601.54
9	30.6	1.43	603.59	602.16	2.59	3.83	1.43	2.64	3.83	1.43	5.47	14.41	3.01	1.95	1.43	0.53	601.63
10	34.5	1.46	603.59	602.13	2.42	3.83	1.46	2.51	3.83	1.44	5.53	13.86	2.85	1.93	1.46	0.47	601.66
11	38.3	1.46	603.59	602.13	2.42	3.83	1.46	2.42	3.83	1.46	5.59	13.51	2.74	1.87	1.46	0.41	601.72
12	42.1	1.47	603.59	602.11	2.47	3.83	1.47	2.44	3.83	1.47	5.61	13.72	2.77	1.90	1.47	0.43	601.69
13	46.0	1.47	603.59	602.11	2.47	3.83	1.47	2.47	3.83	1.47	5.63	13.92	2.79	1.91	1.47	0.44	601.67
14	49.8	1.45	603.59	602.13	2.39	3.83	1.47	2.43	3.83	1.46	5.60	13.59	2.75	1.89	1.47	0.42	601.71
15	53.6	1.45	603.59	602.14	2.42	3.83	1.45	2.40	3.83	1.45	5.56	13.34	2.73	1.85	1.45	0.39	601.74
16	57.5	1.45	603.59	602.14	2.62	3.83	1.45	2.52	3.83	1.45	5.55	13.98	2.87	1.91	1.45	0.47	601.67
17	61.3	1.43	603.59	602.15	2.86	3.83	1.45	2.74	3.83	1.44	5.51	15.12	3.13	2.05	1.45	0.60	601.55
18	65.1	1.41	603.59	602.18	2.96	3.83	1.43	2.91	3.83	1.42	5.43	15.82	3.34	2.12	1.43	0.69	601.49
19	68.9	1.39	603.59	602.20	3.05	3.83	1.41	3.01	3.83	1.40	5.35	16.08	3.47	2.14	1.41	0.73	601.47
20	72.8	1.34	603.59	602.24	3.18	3.83	1.39	3.11	3.83	1.36	5.23	16.28	3.62	2.18	1.39	0.79	601.46
21	76.6	1.30	603.59	602.29	3.15	3.83	1.34	3.16	3.83	1.32	5.05	15.98	3.73	2.13	1.34	0.79	601.50
22	80.4	1.24	603.59	602.34	2.60	3.83	1.30	2.87	3.83	1.27	4.86	13.97	3.44	1.91	1.30	0.61	601.73
23	84.3	0.25	603.59	603.33	1.01	3.83	1.24	1.80	3.83	0.75	2.87	5.17	2.73	1.50	1.24	0.26	603.07
<b>Min</b>		<b>0.18</b>	<b>603.59</b>	<b>602.11</b>	<b>0.93</b>	<b>0.00</b>	<b>0.24</b>	<b>1.19</b>	<b>3.83</b>	<b>0.21</b>	<b>0.80</b>	<b>0.96</b>	<b>2.73</b>	<b>0.21</b>	<b>0.24</b>	<b>0.00</b>	<b>601.46</b>
<b>Max</b>		<b>1.47</b>	<b>603.59</b>	<b>603.40</b>	<b>3.18</b>	<b>3.83</b>	<b>1.47</b>	<b>3.16</b>	<b>3.83</b>	<b>1.47</b>	<b>5.63</b>	<b>16.28</b>	<b>3.73</b>	<b>2.18</b>	<b>1.47</b>	<b>0.79</b>	<b>603.40</b>
<b>Media</b>		<b>1.24</b>	<b>603.59</b>	<b>602.35</b>	<b>2.50</b>	<b>3.66</b>	<b>1.34</b>	<b>2.57</b>	<b>3.83</b>	<b>1.28</b>	<b>4.92</b>	<b>13.07</b>	<b>3.14</b>	<b>1.86</b>	<b>1.34</b>	<b>0.52</b>	<b>601.85</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**




**ANEXO 12: CÁLCULO DE LA SOCAVACIÓN GENERAL TR=500 AÑOS**

 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUOLA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>			UNALM
				Fecha: Mar-21
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por: SPVB	Revisado por: TOVB	Emitido para: Tesis	Anexo: 12	Revisión : 0

### 1. RESUMEN DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN CADA SECCION TRANSVERSAL

Item	Sección (Km)	Minima (m)	Media (m)	Maxima (m)
1	1+525	0.00	0.38	1.48
2	1+500	0.00	0.35	1.52
3	1+475	0.00	0.25	1.31
4	1+450	0.00	0.42	1.43
5	1+425	0.00	0.74	1.59
6	1+400	0.00	0.82	1.51
7	1+375	0.00	0.60	1.50
8	1+350	0.00	0.91	2.03
9	1+325	0.00	0.89	2.04
10	1+300	0.00	0.99	2.52
11	1+275	0.00	0.73	2.06
12	1+250	0.00	0.60	2.05
13	1+225	0.00	0.59	1.82
14	1+200	0.00	0.50	1.69
15	1+175	0.00	0.49	1.65
16	1+150	0.00	0.51	1.52
17	1+125	0.00	0.54	1.38
18	1+100	0.00	0.55	1.47
19	1+075	0.00	0.32	1.15
20	1+050	0.00	0.45	1.22
21	1+025	0.00	0.44	1.32
22	1+000	0.00	0.41	1.64
23	0+975	0.00	0.42	1.53
24	0+950	0.00	0.47	1.64
25	0+925	0.00	0.56	1.73
26	0+900	0.00	0.68	1.99
27	0+875	0.00	0.70	1.52
28	0+850	0.00	0.61	1.63
29	0+825	0.00	1.00	1.83
30	0+800	0.67	1.70	2.47
31	0+775	0.00	1.27	1.96
32	0+750	0.89	1.35	1.62
33	0+725	0.00	1.05	1.51
34	0+700	0.07	1.62	2.32
35	0+675	0.00	1.61	2.36
36	0+650	0.00	1.14	2.07
37	0+625	0.00	0.96	1.75
38	0+600	0.00	0.97	1.48
39	0+588.03	0.00	1.23	2.15
40	0+584.83	0.40	1.74	2.68
41	0+582.16	0.38	1.91	2.66
42	0+570.46	0.25	1.75	2.37
43	0+550	0.00	1.53	2.16
44	0+525	0.00	1.32	2.92
45	0+500	0.00	0.93	1.86
46	0+475	0.00	1.13	2.25
47	0+450	0.00	1.06	2.28
48	0+425	0.00	1.25	2.53
49	0+400	0.00	1.38	2.65
50	0+375	0.00	1.62	2.59
51	0+350	0.34	1.61	2.51
52	0+325	0.00	1.08	1.98
53	0+300	0.00	1.17	2.16
54	0+275	0.00	1.54	2.83
55	0+250	0.17	1.63	3.33
56	0+225	0.00	1.25	2.95
57	0+200	0.00	1.35	3.21
58	0+175	0.00	1.38	3.54
59	0+150	0.00	0.72	2.41
60	0+125	0.00	0.58	2.38
61	0+100	0.00	0.92	2.59
62	0+075	0.00	1.06	2.68
63	0+050	0.00	0.92	2.59
64	0+025	0.00	1.00	2.02
65	0+000	0.05	1.00	1.72
<b>Min</b>		<b>0.00</b>	<b>0.25</b>	<b>1.15</b>
<b>Max</b>		<b>0.89</b>	<b>1.91</b>	<b>3.54</b>
<b>Media</b>		<b>0.05</b>	<b>0.96</b>	<b>2.05</b>
<b>Percentil 95</b>		0.37	1.68	2.95
<b>Percentil 90</b>		0.13	1.62	2.68
<b>Percentil 75</b>		0.00	1.27	2.47
<b>Percentil 50</b>		0.00	0.96	2.02

 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>							UNALM	
								Fecha: Mar-21	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"							Maetria: Ing. Recursos Hídricos		
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0

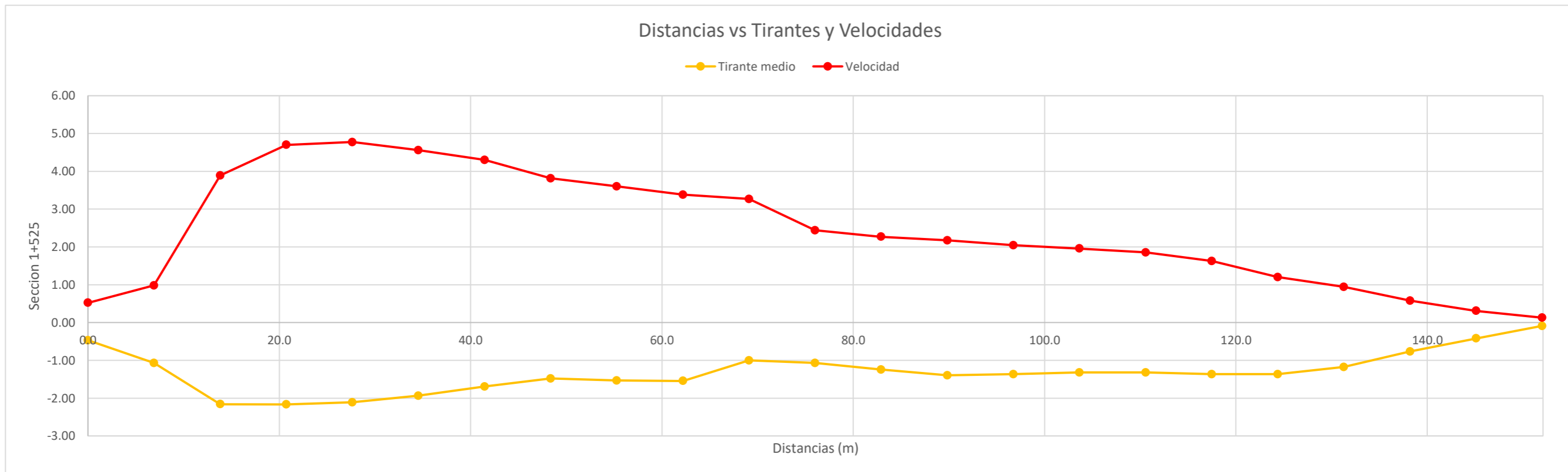
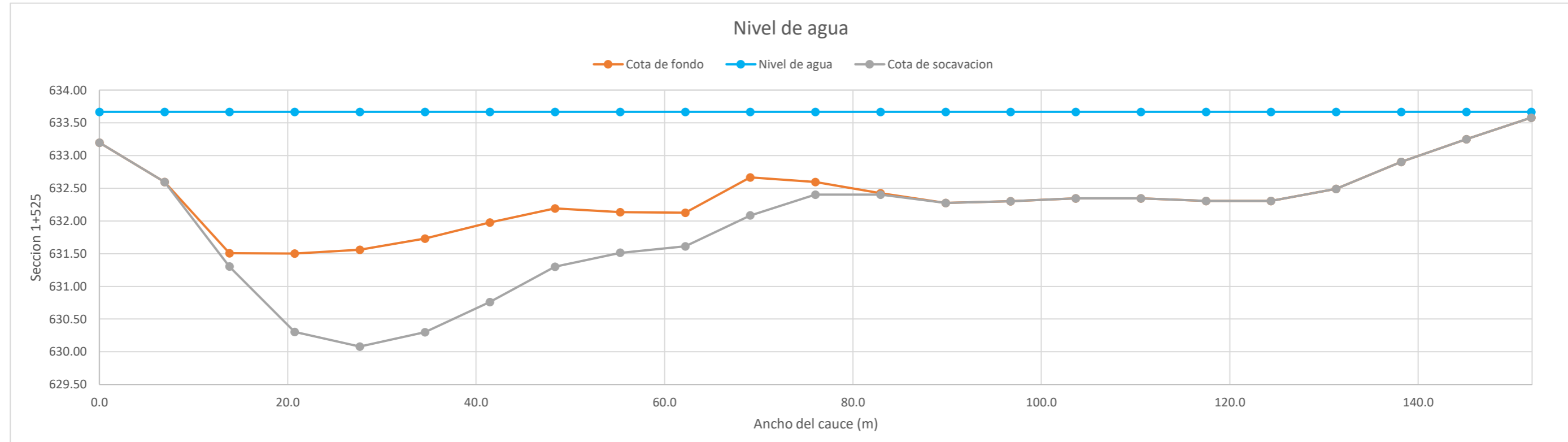
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**


Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+525
Coefficiente que depende del Tr:	$\beta$	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	$1/(1+X)$	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	152.02 m
Coefficiente de contracción:	$\mu$	1.00 ( $\mu = 1$ , sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	$\alpha$ (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.47	633.67	633.20	0.52	0.00											633.20
2	6.9	1.07	633.67	632.60	0.98	6.91	1.07	0.75	6.91	0.77	5.34	4.01	1.02	0.50	1.07	0.00	632.60
3	13.8	2.16	633.67	631.51	3.89	6.91	2.16	2.44	6.91	1.62	11.17	27.22	2.29	2.37	2.16	0.21	631.30
4	20.7	2.17	633.67	631.50	4.70	6.91	2.17	4.30	6.91	2.16	14.95	64.24	3.55	3.36	2.17	1.20	630.31
5	27.6	2.11	633.67	631.56	4.78	6.91	2.17	4.74	6.91	2.14	14.78	70.01	3.94	3.65	2.17	1.48	630.08
6	34.6	1.94	633.67	631.73	4.56	6.91	2.11	4.67	6.91	2.02	13.99	65.29	3.97	3.54	2.11	1.43	630.30
7	41.5	1.69	633.67	631.98	4.30	6.91	1.94	4.43	6.91	1.81	12.54	55.58	3.95	3.16	1.94	1.22	630.76
8	48.4	1.48	633.67	632.19	3.81	6.91	1.69	4.06	6.91	1.58	10.95	44.45	3.84	2.58	1.69	0.89	631.30
9	55.3	1.53	633.67	632.13	3.60	6.91	1.53	3.71	6.91	1.51	10.41	38.59	3.59	2.16	1.53	0.62	631.51
10	62.2	1.54	633.67	632.13	3.39	6.91	1.54	3.49	6.91	1.54	10.63	37.15	3.35	2.06	1.54	0.51	631.61
11	69.1	1.00	633.67	632.67	3.27	6.91	1.54	3.33	6.91	1.27	8.80	29.28	3.49	2.13	1.54	0.58	632.08
12	76.0	1.07	633.67	632.60	2.44	6.91	1.07	2.85	6.91	1.04	7.17	20.47	3.32	1.27	1.07	0.19	632.40
13	82.9	1.24	633.67	632.42	2.27	6.91	1.24	2.35	6.91	1.16	8.01	18.85	2.59	1.26	1.24	0.02	632.40
14	89.8	1.39	633.67	632.28	2.18	6.91	1.39	2.22	6.91	1.32	9.11	20.26	2.29	1.33	1.39	0.00	632.28
15	96.7	1.37	633.67	632.30	2.05	6.91	1.39	2.11	6.91	1.38	9.53	20.12	2.13	1.26	1.39	0.00	632.30
16	103.7	1.32	633.67	632.35	1.96	6.91	1.37	2.00	6.91	1.34	9.29	18.59	2.05	1.19	1.37	0.00	632.35
17	110.6	1.32	633.67	632.35	1.85	6.91	1.32	1.91	6.91	1.32	9.14	17.41	1.96	1.10	1.32	0.00	632.35
18	117.5	1.36	633.67	632.31	1.63	6.91	1.36	1.74	6.91	1.34	9.28	16.15	1.78	1.06	1.36	0.00	632.31
19	124.4	1.36	633.67	632.31	1.20	6.91	1.36	1.41	6.91	1.36	9.42	13.33	1.44	0.90	1.36	0.00	632.31
20	131.3	1.18	633.67	632.49	0.95	6.91	1.36	1.07	6.91	1.27	8.78	9.43	1.13	0.74	1.36	0.00	632.49
21	138.2	0.77	633.67	632.90	0.58	6.91	1.18	0.76	6.91	0.97	6.71	5.12	0.92	0.52	1.18	0.00	632.90
22	145.1	0.42	633.67	633.25	0.31	6.91	0.77	0.44	6.91	0.59	4.10	1.82	0.70	0.24	0.77	0.00	633.25
23	152.0	0.09	633.67	633.58	0.13	6.91	0.42	0.22	6.91	0.25	1.76	0.38	0.57	0.09	0.42	0.00	633.58
<b>Min</b>		<b>0.09</b>	<b>633.67</b>	<b>631.50</b>	<b>0.13</b>	<b>0.00</b>	<b>0.42</b>	<b>0.22</b>	<b>6.91</b>	<b>0.25</b>	<b>1.76</b>	<b>0.38</b>	<b>0.57</b>	<b>0.09</b>	<b>0.42</b>	<b>0.00</b>	<b>630.08</b>
<b>Max</b>		<b>2.17</b>	<b>633.67</b>	<b>633.58</b>	<b>4.78</b>	<b>6.91</b>	<b>2.17</b>	<b>4.74</b>	<b>6.91</b>	<b>2.16</b>	<b>14.95</b>	<b>70.01</b>	<b>3.97</b>	<b>3.65</b>	<b>2.17</b>	<b>1.48</b>	<b>633.58</b>
<b>Media</b>		<b>1.31</b>	<b>633.67</b>	<b>632.36</b>	<b>2.41</b>	<b>6.61</b>	<b>1.46</b>	<b>2.50</b>	<b>6.91</b>	<b>1.35</b>	<b>9.36</b>	<b>27.17</b>	<b>2.45</b>	<b>1.66</b>	<b>1.46</b>	<b>0.38</b>	<b>632.00</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**





 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>										UNALM	
											Fecha: Mar-21	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"										Maetria: Ing. Recursos Hídricos		
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0			

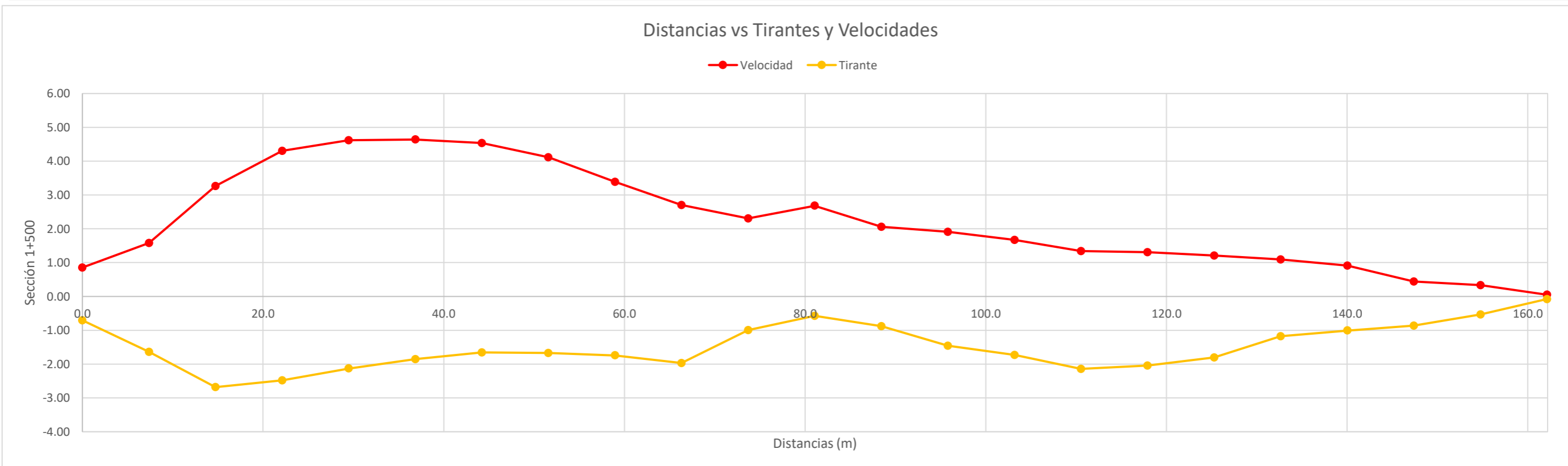
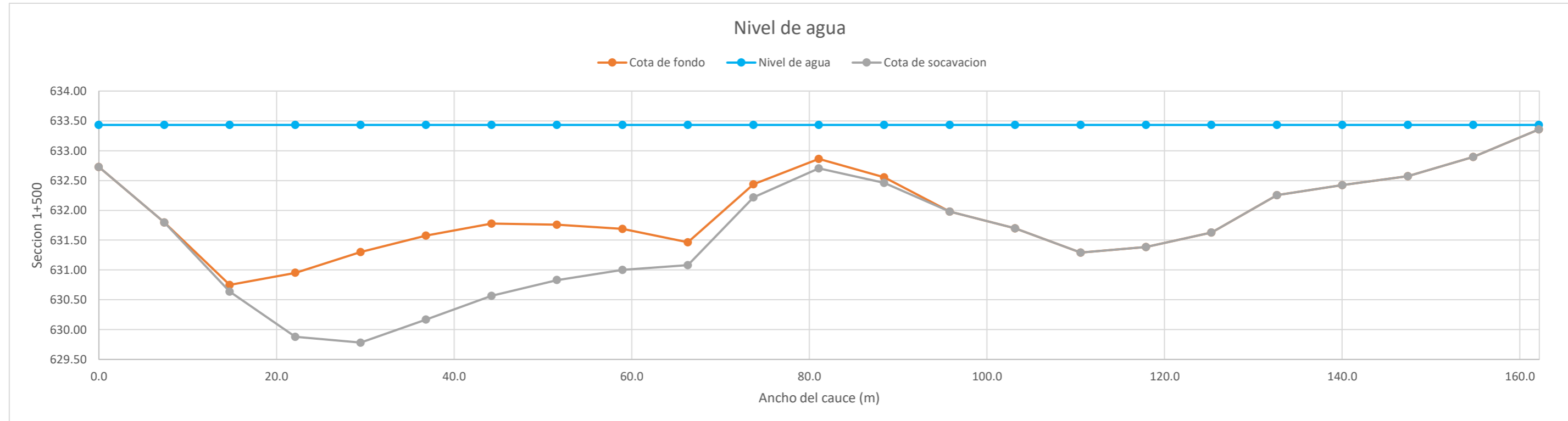
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+500
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	162.14 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.70	633.43	632.73	0.86	0.00											632.73
2	7.4	1.63	633.43	631.80	1.58	7.37	1.63	1.22	7.37	1.17	8.62	10.50	1.32	1.06	1.63	0.00	631.80
3	14.7	2.68	633.43	630.75	3.26	7.37	2.68	2.42	7.37	2.16	15.91	38.50	1.97	2.80	2.68	0.12	630.63
4	22.1	2.48	633.43	630.95	4.31	7.37	2.68	3.78	7.37	2.58	19.02	71.97	2.87	3.76	2.68	1.07	629.88
5	29.5	2.13	633.43	631.30	4.62	7.37	2.48	4.46	7.37	2.30	16.98	75.78	3.54	4.00	2.48	1.52	629.78
6	36.9	1.86	633.43	631.58	4.64	7.37	2.13	4.63	7.37	1.99	14.69	67.98	3.90	3.54	2.13	1.41	630.17
7	44.2	1.66	633.43	631.78	4.53	7.37	1.86	4.59	7.37	1.76	12.94	59.33	4.09	3.06	1.86	1.21	630.57
8	51.6	1.67	633.43	631.76	4.12	7.37	1.67	4.32	7.37	1.66	12.26	53.03	3.95	2.60	1.67	0.93	630.83
9	59.0	1.74	633.43	631.69	3.39	7.37	1.74	3.75	7.37	1.71	12.58	47.20	3.39	2.43	1.74	0.69	631.00
10	66.3	1.97	633.43	631.46	2.70	7.37	1.97	3.05	7.37	1.85	13.67	41.62	2.65	2.35	1.97	0.38	631.08
11	73.7	1.00	633.43	632.44	2.31	7.37	1.97	2.51	7.37	1.48	10.92	27.37	2.42	2.19	1.97	0.22	632.22
12	81.1	0.57	633.43	632.86	2.68	7.37	1.00	2.50	7.37	0.78	5.77	14.41	3.34	1.15	1.00	0.16	632.70
13	88.4	0.88	633.43	632.55	2.06	7.37	0.88	2.37	7.37	0.72	5.34	12.66	3.31	0.97	0.88	0.09	632.46
14	95.8	1.45	633.43	631.98	1.91	7.37	1.45	1.99	7.37	1.17	8.59	17.07	2.15	1.34	1.45	0.00	631.98
15	103.2	1.73	633.43	631.70	1.67	7.37	1.73	1.79	7.37	1.59	11.74	21.04	1.67	1.38	1.73	0.00	631.70
16	110.6	2.14	633.43	631.29	1.34	7.37	2.14	1.51	7.37	1.94	14.27	21.51	1.29	1.49	2.14	0.00	631.29
17	117.9	2.05	633.43	631.39	1.31	7.37	2.14	1.33	7.37	2.09	15.42	20.46	1.09	1.31	2.14	0.00	631.39
18	125.3	1.80	633.43	631.63	1.21	7.37	2.05	1.26	7.37	1.92	14.18	17.87	1.08	1.22	2.05	0.00	631.63
19	132.7	1.18	633.43	632.25	1.09	7.37	1.80	1.15	7.37	1.49	10.98	12.66	1.11	1.05	1.80	0.00	632.25
20	140.0	1.01	633.43	632.43	0.91	7.37	1.18	1.00	7.37	1.09	8.05	8.06	1.12	0.61	1.18	0.00	632.43
21	147.4	0.86	633.43	632.57	0.44	7.37	1.01	0.68	7.37	0.93	6.88	4.65	0.82	0.39	1.01	0.00	632.57
22	154.8	0.54	633.43	632.90	0.34	7.37	0.86	0.39	7.37	0.70	5.15	2.01	0.56	0.23	0.86	0.00	632.90
23	162.1	0.08	633.43	633.36	0.05	7.37	0.54	0.19	7.37	0.31	2.25	0.44	0.45	0.11	0.54	0.00	633.36
<b>Min</b>		<b>0.08</b>	<b>633.43</b>	<b>630.75</b>	<b>0.05</b>	<b>0.00</b>	<b>0.54</b>	<b>0.19</b>	<b>7.37</b>	<b>0.31</b>	<b>2.25</b>	<b>0.44</b>	<b>0.45</b>	<b>0.11</b>	<b>0.54</b>	<b>0.00</b>	<b>629.78</b>
<b>Max</b>		<b>2.68</b>	<b>633.43</b>	<b>633.36</b>	<b>4.64</b>	<b>7.37</b>	<b>2.68</b>	<b>4.63</b>	<b>7.37</b>	<b>2.58</b>	<b>19.02</b>	<b>75.78</b>	<b>4.09</b>	<b>4.00</b>	<b>2.68</b>	<b>1.52</b>	<b>633.36</b>
<b>Media</b>		<b>1.47</b>	<b>633.43</b>	<b>631.96</b>	<b>2.23</b>	<b>7.05</b>	<b>1.71</b>	<b>2.31</b>	<b>7.37</b>	<b>1.52</b>	<b>11.19</b>	<b>29.37</b>	<b>2.18</b>	<b>1.77</b>	<b>1.71</b>	<b>0.35</b>	<b>631.62</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM				
												Fecha: Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0							

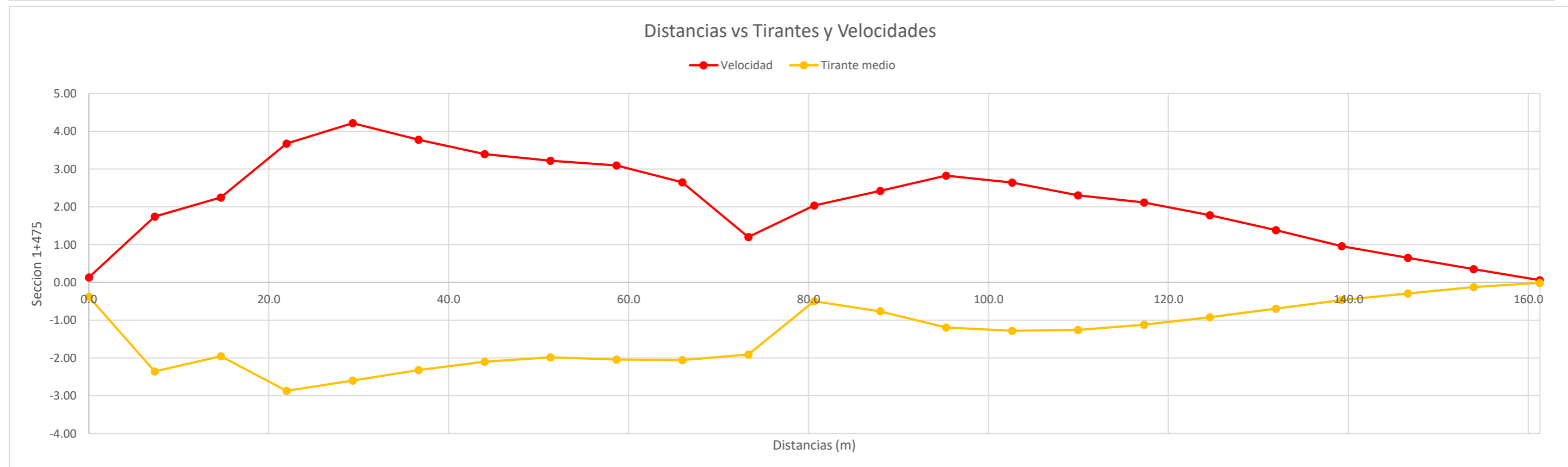
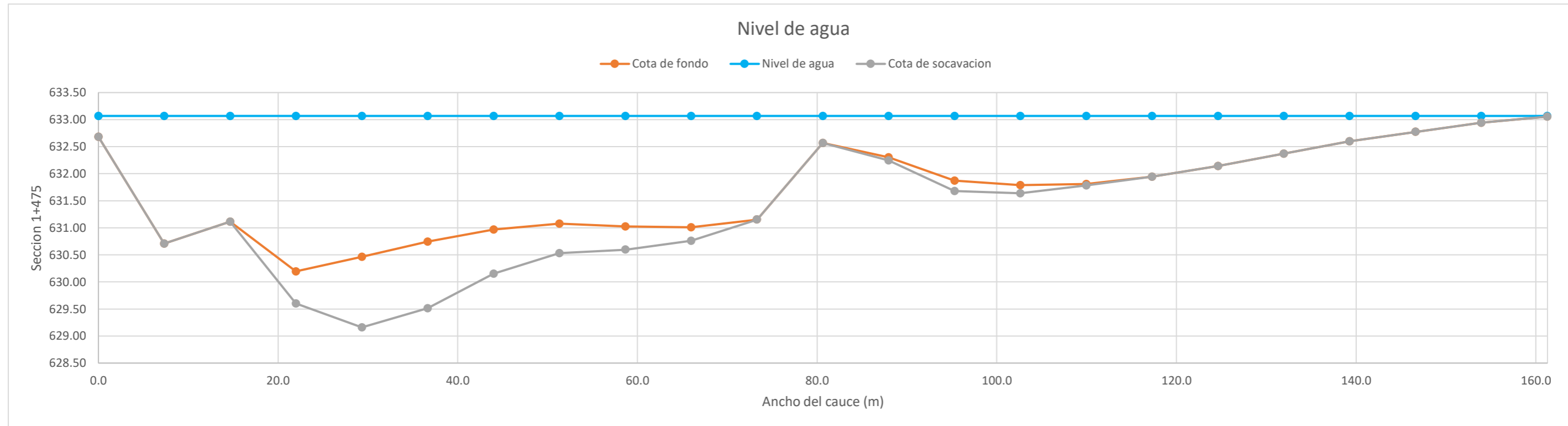
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+475
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	161.26 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.38	633.07	632.68	0.13	0.00											632.68
2	7.3	2.36	633.07	630.71	1.74	7.33	2.36	0.94	7.33	1.37	10.06	9.41	0.94	1.32	2.36	0.00	630.71
3	14.7	1.95	633.07	631.11	2.25	7.33	2.36	1.99	7.33	2.16	15.82	31.54	1.63	2.03	2.36	0.00	631.11
4	22.0	2.87	633.07	630.20	3.67	7.33	2.87	2.96	7.33	2.41	17.69	52.38	2.31	3.46	2.87	0.59	629.60
5	29.3	2.60	633.07	630.47	4.22	7.33	2.87	3.95	7.33	2.74	20.07	79.17	2.92	4.18	2.87	1.31	629.16
6	36.7	2.32	633.07	630.74	3.78	7.33	2.60	4.00	7.33	2.46	18.06	72.21	3.09	3.83	2.60	1.23	629.51
7	44.0	2.10	633.07	630.97	3.40	7.33	2.32	3.59	7.33	2.21	16.22	58.19	2.90	3.14	2.32	0.82	630.15
8	51.3	1.99	633.07	631.08	3.22	7.33	2.10	3.31	7.33	2.04	14.98	49.58	2.76	2.65	2.10	0.55	630.53
9	58.6	2.04	633.07	631.03	3.10	7.33	2.04	3.16	7.33	2.01	14.77	46.69	2.65	2.47	2.04	0.43	630.60
10	66.0	2.06	633.07	631.01	2.65	7.33	2.06	2.87	7.33	2.05	15.03	43.20	2.40	2.31	2.06	0.25	630.76
11	73.3	1.92	633.07	631.15	1.20	7.33	2.06	1.92	7.33	1.99	14.57	28.04	1.63	1.70	2.06	0.00	631.15
12	80.6	0.50	633.07	632.57	2.04	7.33	1.92	1.62	7.33	1.21	8.86	14.34	1.73	1.62	1.92	0.00	632.57
13	88.0	0.77	633.07	632.30	2.42	7.33	0.77	2.23	7.33	0.63	4.65	10.36	3.36	0.82	0.77	0.06	632.25
14	95.3	1.19	633.07	631.87	2.82	7.33	1.19	2.62	7.33	0.98	7.19	18.85	3.11	1.39	1.19	0.19	631.68
15	102.6	1.28	633.07	631.79	2.64	7.33	1.28	2.73	7.33	1.24	9.07	24.81	2.88	1.43	1.28	0.15	631.64
16	110.0	1.26	633.07	631.81	2.30	7.33	1.28	2.47	7.33	1.27	9.30	23.02	2.57	1.31	1.28	0.03	631.78
17	117.3	1.12	633.07	631.95	2.11	7.33	1.26	2.21	7.33	1.19	8.72	19.27	2.37	1.20	1.26	0.00	631.95
18	124.6	0.93	633.07	632.14	1.78	7.33	1.12	1.94	7.33	1.02	7.51	14.61	2.26	0.99	1.12	0.00	632.14
19	131.9	0.70	633.07	632.37	1.38	7.33	0.93	1.58	7.33	0.81	5.95	9.39	2.07	0.72	0.93	0.00	632.37
20	139.3	0.47	633.07	632.60	0.96	7.33	0.70	1.17	7.33	0.58	4.27	4.99	1.85	0.45	0.70	0.00	632.60
21	146.6	0.29	633.07	632.77	0.65	7.33	0.47	0.80	7.33	0.38	2.79	2.25	1.63	0.24	0.47	0.00	632.77
22	153.9	0.13	633.07	632.94	0.35	7.33	0.29	0.50	7.33	0.21	1.55	0.77	1.47	0.12	0.29	0.00	632.94
23	161.3	0.01	633.07	633.06	0.06	7.33	0.13	0.21	7.33	0.07	0.51	0.11	1.23	0.04	0.13	0.00	633.06
<b>Min</b>		<b>0.01</b>	<b>633.07</b>	<b>630.20</b>	<b>0.06</b>	<b>0.00</b>	<b>0.13</b>	<b>0.21</b>	<b>7.33</b>	<b>0.07</b>	<b>0.51</b>	<b>0.11</b>	<b>0.94</b>	<b>0.04</b>	<b>0.13</b>	<b>0.00</b>	<b>629.16</b>
<b>Max</b>		<b>2.87</b>	<b>633.07</b>	<b>633.06</b>	<b>4.22</b>	<b>7.33</b>	<b>2.87</b>	<b>4.00</b>	<b>7.33</b>	<b>2.74</b>	<b>20.07</b>	<b>79.17</b>	<b>3.36</b>	<b>4.18</b>	<b>2.87</b>	<b>1.31</b>	<b>633.06</b>
<b>Media</b>		<b>1.36</b>	<b>633.07</b>	<b>631.71</b>	<b>2.13</b>	<b>7.01</b>	<b>1.59</b>	<b>2.22</b>	<b>7.33</b>	<b>1.41</b>	<b>10.35</b>	<b>27.87</b>	<b>2.26</b>	<b>1.70</b>	<b>1.59</b>	<b>0.25</b>	<b>631.47</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>										UNALM	
											Fecha: Mar-21	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"										Maetria: Ing. Recursos Hídricos		
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0			

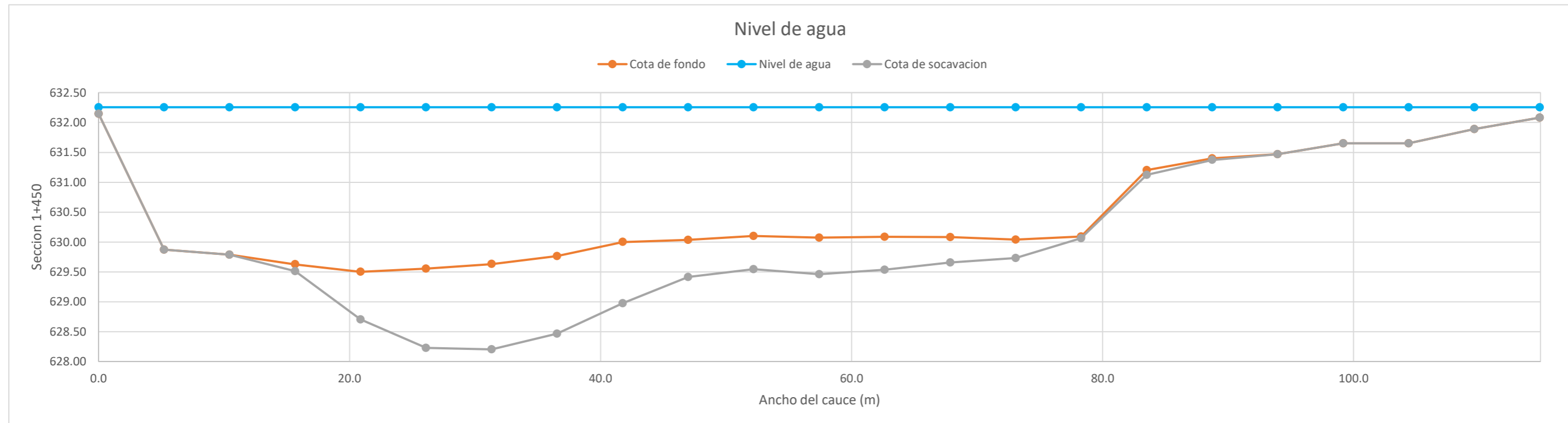
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+450
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	114.84 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.11	632.26	632.15	0.24	0.00											632.15
2	5.2	2.38	632.26	629.87	1.62	5.22	2.38	0.93	5.22	1.25	6.50	6.04	1.04	1.45	2.38	0.00	629.87
3	10.4	2.47	632.26	629.79	2.07	5.22	2.47	1.85	5.22	2.43	12.67	23.37	1.58	2.11	2.47	0.00	629.79
4	15.7	2.63	632.26	629.63	2.63	5.22	2.63	2.35	5.22	2.55	13.30	31.31	1.99	2.74	2.63	0.11	629.51
5	20.9	2.75	632.26	629.50	3.52	5.22	2.75	3.08	5.22	2.69	14.05	43.23	2.55	3.55	2.75	0.80	628.71
6	26.1	2.70	632.26	629.56	3.86	5.22	2.75	3.69	5.22	2.73	14.24	52.52	3.04	4.08	2.75	1.33	628.23
7	31.3	2.62	632.26	629.63	3.82	5.22	2.70	3.84	5.22	2.66	13.90	53.35	3.19	4.13	2.70	1.43	628.20
8	36.5	2.49	632.26	629.77	3.63	5.22	2.62	3.72	5.22	2.56	13.35	49.70	3.14	3.92	2.62	1.30	628.47
9	41.8	2.25	632.26	630.00	3.26	5.22	2.49	3.44	5.22	2.37	12.38	42.65	2.98	3.51	2.49	1.02	628.98
10	47.0	2.22	632.26	630.03	2.91	5.22	2.25	3.09	5.22	2.24	11.68	36.04	2.72	2.88	2.25	0.62	629.41
11	52.2	2.15	632.26	630.10	3.10	5.22	2.22	3.00	5.22	2.19	11.42	34.30	2.68	2.78	2.22	0.56	629.54
12	57.4	2.18	632.26	630.07	3.12	5.22	2.18	3.11	5.22	2.17	11.32	35.17	2.78	2.80	2.18	0.61	629.46
13	62.6	2.17	632.26	630.09	2.93	5.22	2.18	3.02	5.22	2.18	11.36	34.35	2.70	2.74	2.18	0.55	629.54
14	67.9	2.17	632.26	630.08	2.78	5.22	2.17	2.86	5.22	2.17	11.33	32.36	2.55	2.60	2.17	0.43	629.66
15	73.1	2.21	632.26	630.04	2.57	5.22	2.21	2.68	5.22	2.19	11.45	30.63	2.38	2.52	2.21	0.31	629.73
16	78.3	2.16	632.26	630.09	2.03	5.22	2.21	2.30	5.22	2.19	11.42	26.31	2.05	2.24	2.21	0.03	630.06
17	83.5	1.05	632.26	631.20	2.21	5.22	2.16	2.12	5.22	1.61	8.40	17.80	2.13	2.24	2.16	0.08	631.12
18	88.7	0.86	632.26	631.40	2.19	5.22	1.05	2.20	5.22	0.95	4.98	10.96	2.79	1.08	1.05	0.03	631.37
19	94.0	0.79	632.26	631.47	1.96	5.22	0.86	2.08	5.22	0.82	4.28	8.90	2.84	0.83	0.86	0.00	631.47
20	99.2	0.60	632.26	631.65	1.70	5.22	0.79	1.83	5.22	0.70	3.63	6.65	2.73	0.72	0.79	0.00	631.65
21	104.4	0.60	632.26	631.65	1.39	5.22	0.60	1.55	5.22	0.60	3.15	4.87	2.48	0.47	0.60	0.00	631.65
22	109.6	0.37	632.26	631.89	1.11	5.22	0.60	1.25	5.22	0.49	2.54	3.16	2.26	0.44	0.60	0.00	631.89
23	114.8	0.18	632.26	632.08	0.72	5.22	0.37	0.91	5.22	0.27	1.42	1.30	2.33	0.23	0.37	0.00	632.08
<b>Min</b>		<b>0.11</b>	<b>632.26</b>	<b>629.50</b>	<b>0.24</b>	<b>0.00</b>	<b>0.37</b>	<b>0.91</b>	<b>5.22</b>	<b>0.27</b>	<b>1.42</b>	<b>1.30</b>	<b>1.04</b>	<b>0.23</b>	<b>0.37</b>	<b>0.00</b>	<b>628.20</b>
<b>Max</b>		<b>2.75</b>	<b>632.26</b>	<b>632.15</b>	<b>3.86</b>	<b>5.22</b>	<b>2.75</b>	<b>3.84</b>	<b>5.22</b>	<b>2.73</b>	<b>14.24</b>	<b>53.35</b>	<b>3.19</b>	<b>4.13</b>	<b>2.75</b>	<b>1.43</b>	<b>632.15</b>
<b>Media</b>		<b>1.74</b>	<b>632.26</b>	<b>630.51</b>	<b>2.41</b>	<b>4.99</b>	<b>1.94</b>	<b>2.50</b>	<b>5.22</b>	<b>1.82</b>	<b>9.49</b>	<b>26.59</b>	<b>2.50</b>	<b>2.28</b>	<b>1.94</b>	<b>0.42</b>	<b>630.11</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>										UNALM	
											Fecha: Mar-21	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"										Maetria: Ing. Recursos Hídricos		
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0			

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

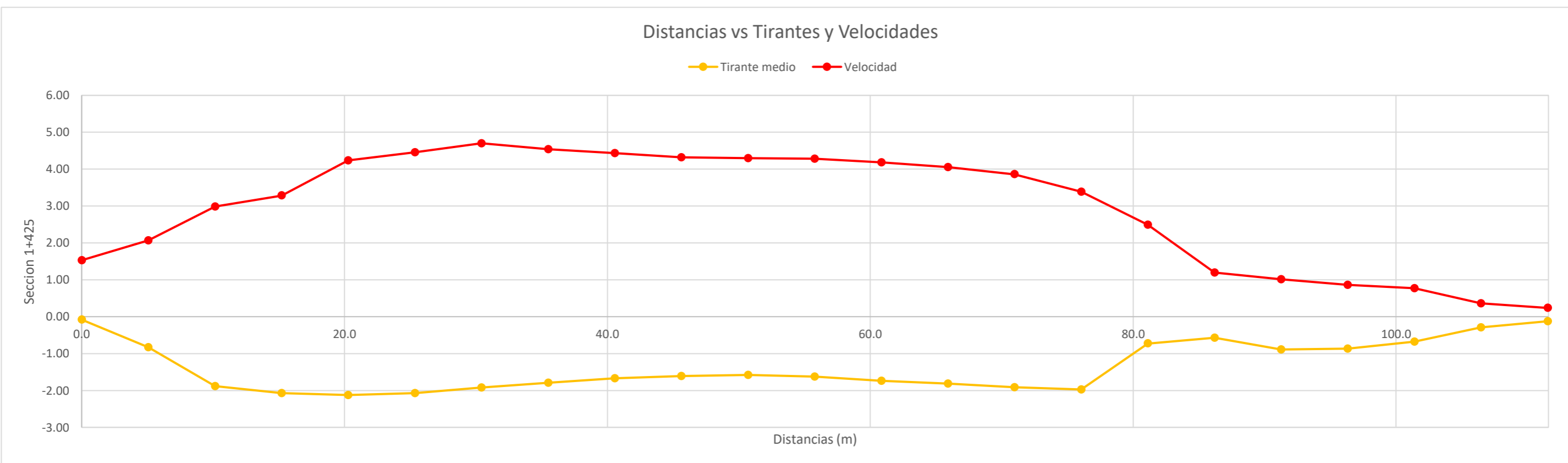
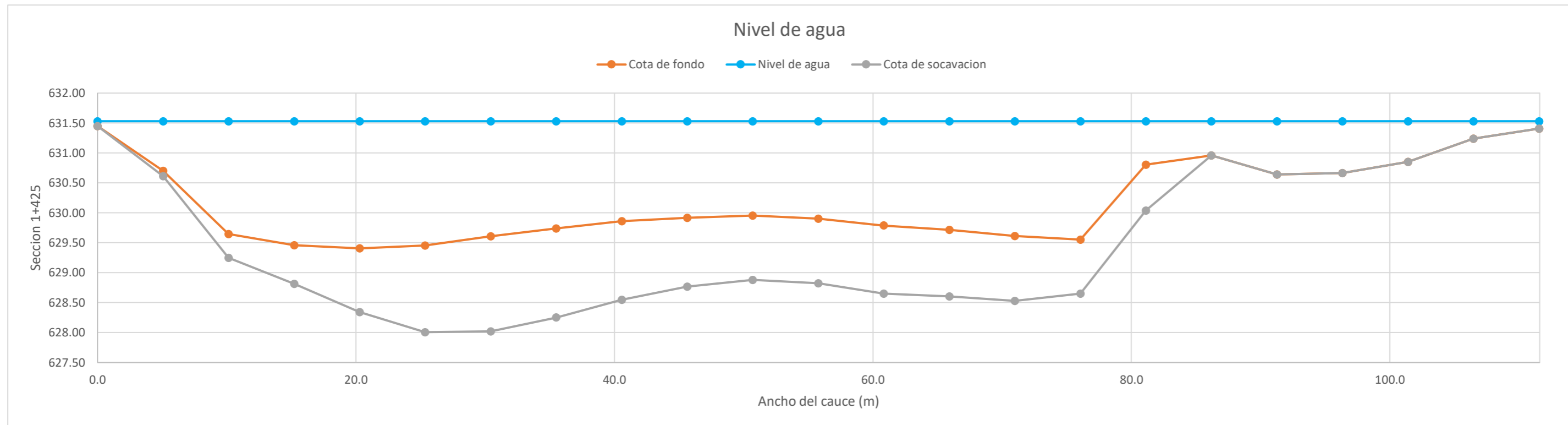
**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+425
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	111.54 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, si no hay obstaculos como estribos o pilares)


ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.08	631.53	631.45	1.53	0.00											631.45
2	5.1	0.83	631.53	630.70	2.07	5.07	0.83	1.80	5.07	0.45	2.30	4.14	3.40	0.92	0.83	0.09	630.61
3	10.1	1.88	631.53	629.65	2.98	5.07	1.88	2.53	5.07	1.36	6.87	17.35	2.74	2.28	1.88	0.40	629.25
4	15.2	2.07	631.53	629.46	3.29	5.07	2.07	3.13	5.07	1.98	10.02	31.41	2.92	2.72	2.07	0.65	628.81
5	20.3	2.12	631.53	629.41	4.24	5.07	2.12	3.76	5.07	2.10	10.63	39.99	3.43	3.19	2.12	1.06	628.34
6	25.4	2.07	631.53	629.46	4.46	5.07	2.12	4.35	5.07	2.10	10.64	46.27	3.97	3.57	2.12	1.45	628.01
7	30.4	1.92	631.53	629.61	4.70	5.07	2.07	4.58	5.07	2.00	10.13	46.40	4.25	3.66	2.07	1.59	628.02
8	35.5	1.79	631.53	629.74	4.54	5.07	1.92	4.62	5.07	1.86	9.42	43.51	4.41	3.41	1.92	1.49	628.25
9	40.6	1.67	631.53	629.86	4.44	5.07	1.79	4.49	5.07	1.73	8.77	39.36	4.40	3.11	1.79	1.31	628.55
10	45.6	1.61	631.53	629.92	4.32	5.07	1.67	4.38	5.07	1.64	8.32	36.40	4.39	2.82	1.67	1.15	628.77
11	50.7	1.58	631.53	629.95	4.30	5.07	1.61	4.31	5.07	1.59	8.08	34.84	4.37	2.69	1.61	1.07	628.88
12	55.8	1.63	631.53	629.90	4.28	5.07	1.63	4.29	5.07	1.60	8.12	34.85	4.34	2.71	1.63	1.08	628.82
13	60.8	1.74	631.53	629.79	4.19	5.07	1.74	4.23	5.07	1.68	8.54	36.15	4.20	2.88	1.74	1.14	628.65
14	65.9	1.82	631.53	629.71	4.05	5.07	1.82	4.12	5.07	1.78	9.02	37.15	4.00	2.93	1.82	1.11	628.60
15	71.0	1.92	631.53	629.61	3.86	5.07	1.92	3.96	5.07	1.87	9.46	37.43	3.77	3.00	1.92	1.08	628.53
16	76.1	1.98	631.53	629.55	3.39	5.07	1.98	3.62	5.07	1.95	9.87	35.75	3.40	2.88	1.98	0.90	628.65
17	81.1	0.73	631.53	630.80	2.49	5.07	1.98	2.94	5.07	1.35	6.85	20.13	3.20	2.74	1.98	0.77	630.04
18	86.2	0.57	631.53	630.96	1.19	5.07	0.73	1.84	5.07	0.65	3.29	6.07	2.86	0.67	0.73	0.00	630.96
19	91.3	0.89	631.53	630.64	1.01	5.07	0.89	1.10	5.07	0.73	3.70	4.09	1.61	0.56	0.89	0.00	630.64
20	96.3	0.86	631.53	630.67	0.86	5.07	0.89	0.94	5.07	0.88	4.44	4.17	1.25	0.46	0.89	0.00	630.67
21	101.4	0.68	631.53	630.85	0.77	5.07	0.86	0.82	5.07	0.77	3.92	3.20	1.16	0.42	0.86	0.00	630.85
22	106.5	0.29	631.53	631.24	0.36	5.07	0.68	0.57	5.07	0.49	2.46	1.40	1.03	0.28	0.68	0.00	631.24
23	111.5	0.12	631.53	631.41	0.24	5.07	0.29	0.30	5.07	0.21	1.05	0.32	0.90	0.08	0.29	0.00	631.41
<b>Min</b>		<b>0.08</b>	<b>631.53</b>	<b>629.41</b>	<b>0.24</b>	<b>0.00</b>	<b>0.29</b>	<b>0.30</b>	<b>5.07</b>	<b>0.21</b>	<b>1.05</b>	<b>0.32</b>	<b>0.90</b>	<b>0.08</b>	<b>0.29</b>	<b>0.00</b>	<b>628.01</b>
<b>Max</b>		<b>2.12</b>	<b>631.53</b>	<b>631.45</b>	<b>4.70</b>	<b>5.07</b>	<b>2.12</b>	<b>4.62</b>	<b>5.07</b>	<b>2.10</b>	<b>10.64</b>	<b>46.40</b>	<b>4.41</b>	<b>3.66</b>	<b>2.12</b>	<b>1.59</b>	<b>631.45</b>
<b>Media</b>		<b>1.34</b>	<b>631.53</b>	<b>630.19</b>	<b>2.94</b>	<b>4.85</b>	<b>1.52</b>	<b>3.03</b>	<b>5.07</b>	<b>1.40</b>	<b>7.09</b>	<b>25.47</b>	<b>3.18</b>	<b>2.18</b>	<b>1.52</b>	<b>0.74</b>	<b>629.48</b>



**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**





 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>										UNALM	
											Fecha: Mar-21	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"										Maetria: Ing. Recursos Hídricos		
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0			

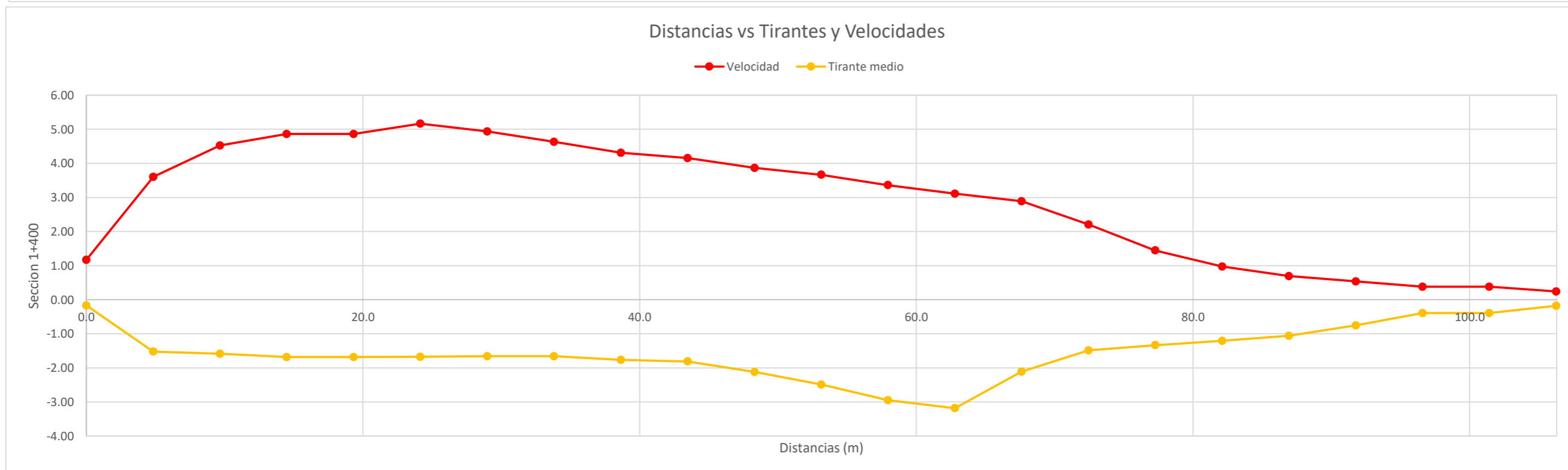
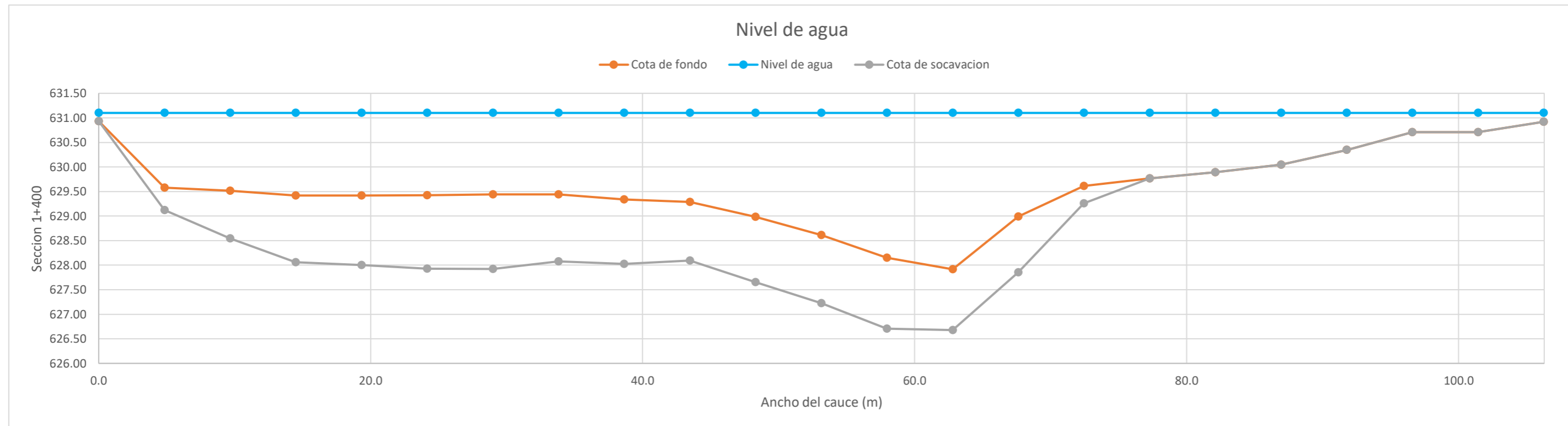
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+400
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	106.26 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.17	631.10	630.93	1.17	0.00											630.93
2	4.8	1.52	631.10	629.58	3.60	4.83	1.52	2.39	4.83	0.84	4.08	9.73	3.26	1.98	1.52	0.45	629.12
3	9.7	1.59	631.10	629.52	4.53	4.83	1.59	4.06	4.83	1.55	7.51	30.51	4.22	2.55	1.59	0.97	628.55
4	14.5	1.68	631.10	629.42	4.86	4.83	1.68	4.70	4.83	1.63	7.89	37.03	4.78	3.04	1.68	1.36	628.06
5	19.3	1.68	631.10	629.42	4.86	4.83	1.68	4.86	4.83	1.68	8.11	39.47	4.89	3.10	1.68	1.42	628.00
6	24.2	1.68	631.10	629.42	5.16	4.83	1.68	5.01	4.83	1.68	8.11	40.66	5.05	3.18	1.68	1.50	627.93
7	29.0	1.66	631.10	629.44	4.93	4.83	1.68	5.05	4.83	1.67	8.06	40.72	5.09	3.19	1.68	1.51	627.92
8	33.8	1.66	631.10	629.44	4.63	4.83	1.66	4.78	4.83	1.66	8.02	38.38	4.83	3.02	1.66	1.36	628.08
9	38.6	1.76	631.10	629.34	4.31	4.83	1.76	4.47	4.83	1.71	8.27	36.97	4.46	3.07	1.76	1.31	628.03
10	43.5	1.81	631.10	629.29	4.16	4.83	1.81	4.23	4.83	1.79	8.63	36.55	4.16	3.01	1.81	1.20	628.09
11	48.3	2.12	631.10	628.98	3.87	4.83	2.12	4.01	4.83	1.96	9.49	38.08	3.80	3.45	2.12	1.33	627.65
12	53.1	2.49	631.10	628.61	3.67	4.83	2.49	3.77	4.83	2.30	11.13	41.92	3.37	3.88	2.49	1.39	627.22
13	58.0	2.95	631.10	628.15	3.36	4.83	2.95	3.51	4.83	2.72	13.14	46.16	2.98	4.40	2.95	1.44	626.71
14	62.8	3.18	631.10	627.92	3.11	4.83	3.18	3.24	4.83	3.07	14.82	47.94	2.65	4.42	3.18	1.24	626.68
15	67.6	2.11	631.10	628.99	2.89	4.83	3.18	3.00	4.83	2.65	12.79	38.39	2.57	4.32	3.18	1.13	627.85
16	72.5	1.49	631.10	629.61	2.21	4.83	2.11	2.55	4.83	1.80	8.70	22.18	2.50	2.46	2.11	0.35	629.26
17	77.3	1.33	631.10	629.77	1.45	4.83	1.49	1.83	4.83	1.41	6.82	12.46	1.97	1.29	1.49	0.00	629.77
18	82.1	1.21	631.10	629.89	0.97	4.83	1.33	1.21	4.83	1.27	6.13	7.41	1.37	0.84	1.33	0.00	629.89
19	86.9	1.06	631.10	630.04	0.70	4.83	1.21	0.83	4.83	1.13	5.46	4.55	0.99	0.57	1.21	0.00	630.04
20	91.8	0.75	631.10	630.35	0.54	4.83	1.06	0.62	4.83	0.91	4.37	2.69	0.81	0.41	1.06	0.00	630.35
21	96.6	0.39	631.10	630.71	0.38	4.83	0.75	0.46	4.83	0.57	2.77	1.27	0.77	0.25	0.75	0.00	630.71
22	101.4	0.39	631.10	630.71	0.38	4.83	0.39	0.38	4.83	0.39	1.90	0.73	0.79	0.11	0.39	0.00	630.71
23	106.3	0.18	631.10	630.92	0.24	4.83	0.39	0.31	4.83	0.29	1.38	0.43	0.78	0.11	0.39	0.00	630.92
<b>Min</b>		<b>0.17</b>	<b>631.10</b>	<b>627.92</b>	<b>0.24</b>	<b>0.00</b>	<b>0.39</b>	<b>0.31</b>	<b>4.83</b>	<b>0.29</b>	<b>1.38</b>	<b>0.43</b>	<b>0.77</b>	<b>0.11</b>	<b>0.39</b>	<b>0.00</b>	<b>626.68</b>
<b>Max</b>		<b>3.18</b>	<b>631.10</b>	<b>630.93</b>	<b>5.16</b>	<b>4.83</b>	<b>3.18</b>	<b>5.05</b>	<b>4.83</b>	<b>3.07</b>	<b>14.82</b>	<b>47.94</b>	<b>5.09</b>	<b>4.42</b>	<b>3.18</b>	<b>1.51</b>	<b>630.93</b>
<b>Media</b>		<b>1.52</b>	<b>631.10</b>	<b>629.58</b>	<b>2.87</b>	<b>4.62</b>	<b>1.71</b>	<b>2.97</b>	<b>4.83</b>	<b>1.58</b>	<b>7.62</b>	<b>26.10</b>	<b>3.00</b>	<b>2.39</b>	<b>1.71</b>	<b>0.82</b>	<b>628.80</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>										UNALM	
											Fecha: Mar-21	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"										Maetria: Ing. Recursos Hídricos		
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0			

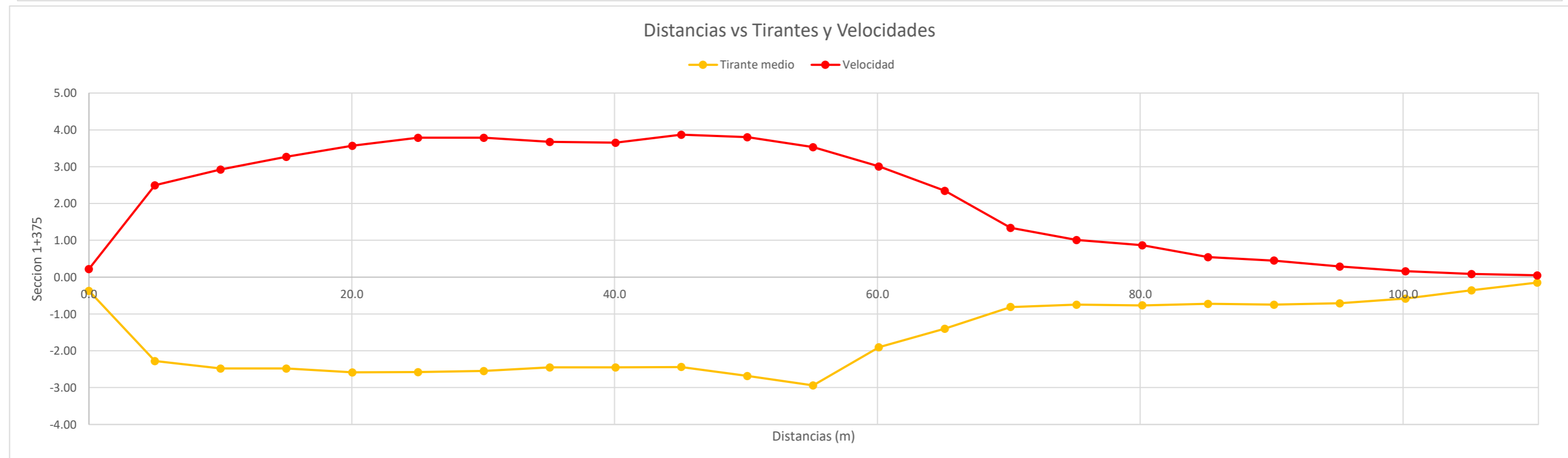
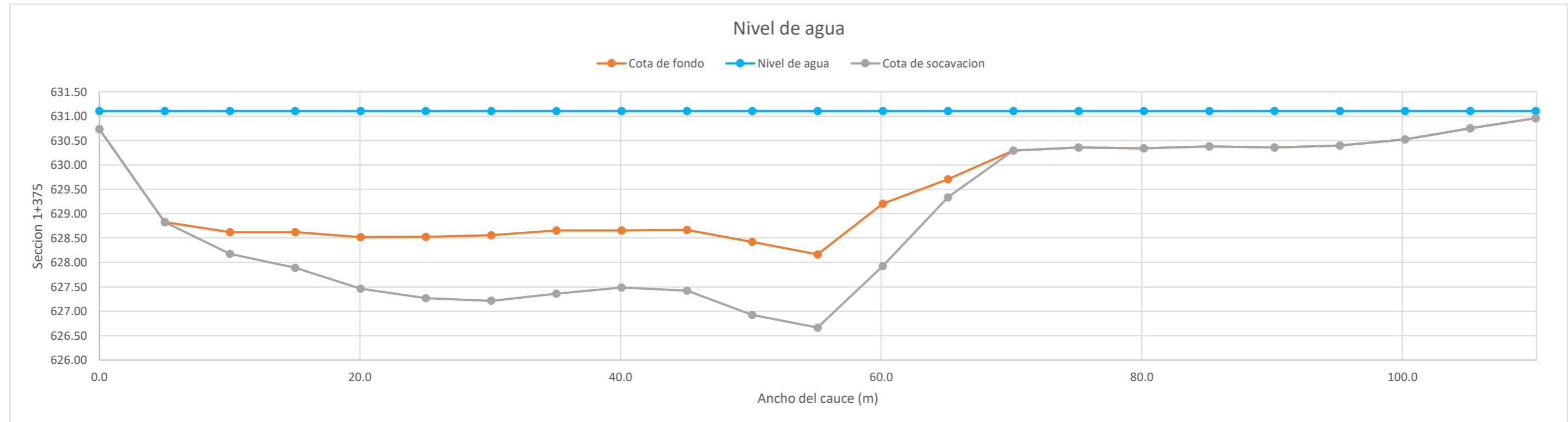
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+375
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	110.22 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.37	631.11	630.74	0.22	0.00											630.74
2	5.0	2.28	631.11	628.83	2.50	5.01	2.28	1.36	5.01	1.32	6.62	9.00	1.50	1.81	2.28	0.00	628.83
3	10.0	2.48	631.11	628.62	2.93	5.01	2.48	2.71	5.01	2.38	11.92	32.30	2.37	2.93	2.48	0.44	628.18
4	15.0	2.48	631.11	628.62	3.27	5.01	2.48	3.10	5.01	2.48	12.44	38.51	2.67	3.21	2.48	0.73	627.89
5	20.0	2.58	631.11	628.52	3.57	5.01	2.58	3.42	5.01	2.53	12.69	43.40	2.93	3.64	2.58	1.06	627.46
6	25.1	2.58	631.11	628.53	3.78	5.01	2.58	3.68	5.01	2.58	12.94	47.57	3.13	3.84	2.58	1.26	627.27
7	30.1	2.54	631.11	628.56	3.78	5.01	2.58	3.78	5.01	2.56	12.84	48.57	3.23	3.92	2.58	1.35	627.21
8	35.1	2.45	631.11	628.66	3.68	5.01	2.54	3.73	5.01	2.50	12.51	46.67	3.21	3.84	2.54	1.29	627.36
9	40.1	2.45	631.11	628.66	3.65	5.01	2.45	3.66	5.01	2.45	12.27	44.95	3.18	3.62	2.45	1.17	627.49
10	45.1	2.44	631.11	628.67	3.87	5.01	2.45	3.76	5.01	2.44	12.24	46.03	3.26	3.69	2.45	1.24	627.42
11	50.1	2.68	631.11	628.42	3.80	5.01	2.68	3.84	5.01	2.56	12.83	49.23	3.28	4.18	2.68	1.50	626.92
12	55.1	2.94	631.11	628.17	3.53	5.01	2.94	3.67	5.01	2.81	14.08	51.65	3.04	4.44	2.94	1.50	626.67
13	60.1	1.90	631.11	629.20	3.01	5.01	2.94	3.27	5.01	2.42	12.13	39.66	2.85	4.21	2.94	1.28	627.93
14	65.1	1.40	631.11	629.71	2.35	5.01	1.90	2.68	5.01	1.65	8.26	22.13	2.69	2.28	1.90	0.37	629.34
15	70.1	0.81	631.11	630.30	1.34	5.01	1.40	1.84	5.01	1.10	5.52	10.19	2.20	1.30	1.40	0.00	630.30
16	75.2	0.75	631.11	630.36	1.01	5.01	0.81	1.18	5.01	0.78	3.90	4.58	1.66	0.51	0.81	0.00	630.36
17	80.2	0.76	631.11	630.34	0.87	5.01	0.76	0.94	5.01	0.75	3.78	3.55	1.35	0.40	0.76	0.00	630.34
18	85.2	0.73	631.11	630.38	0.55	5.01	0.76	0.71	5.01	0.75	3.73	2.64	1.02	0.32	0.76	0.00	630.38
19	90.2	0.75	631.11	630.36	0.45	5.01	0.75	0.50	5.01	0.74	3.69	1.84	0.73	0.24	0.75	0.00	630.36
20	95.2	0.71	631.11	630.40	0.29	5.01	0.75	0.37	5.01	0.73	3.64	1.35	0.54	0.19	0.75	0.00	630.40
21	100.2	0.58	631.11	630.52	0.16	5.01	0.71	0.22	5.01	0.64	3.23	0.73	0.35	0.13	0.71	0.00	630.52
22	105.2	0.35	631.11	630.75	0.09	5.01	0.58	0.12	5.01	0.47	2.34	0.29	0.23	0.07	0.58	0.00	630.75
23	110.2	0.15	631.11	630.96	0.05	5.01	0.35	0.07	5.01	0.25	1.25	0.09	0.18	0.03	0.35	0.00	630.96
<b>Min</b>		<b>0.15</b>	<b>631.11</b>	<b>628.17</b>	<b>0.05</b>	<b>0.00</b>	<b>0.35</b>	<b>0.07</b>	<b>5.01</b>	<b>0.25</b>	<b>1.25</b>	<b>0.09</b>	<b>0.18</b>	<b>0.03</b>	<b>0.35</b>	<b>0.00</b>	<b>626.67</b>
<b>Max</b>		<b>2.94</b>	<b>631.11</b>	<b>630.96</b>	<b>3.87</b>	<b>5.01</b>	<b>2.94</b>	<b>3.84</b>	<b>5.01</b>	<b>2.81</b>	<b>14.08</b>	<b>51.65</b>	<b>3.28</b>	<b>4.44</b>	<b>2.94</b>	<b>1.50</b>	<b>630.96</b>
<b>Media</b>		<b>1.62</b>	<b>631.11</b>	<b>629.49</b>	<b>2.12</b>	<b>4.79</b>	<b>1.81</b>	<b>2.21</b>	<b>5.01</b>	<b>1.68</b>	<b>8.40</b>	<b>24.77</b>	<b>2.07</b>	<b>2.22</b>	<b>1.81</b>	<b>0.60</b>	<b>628.92</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0					

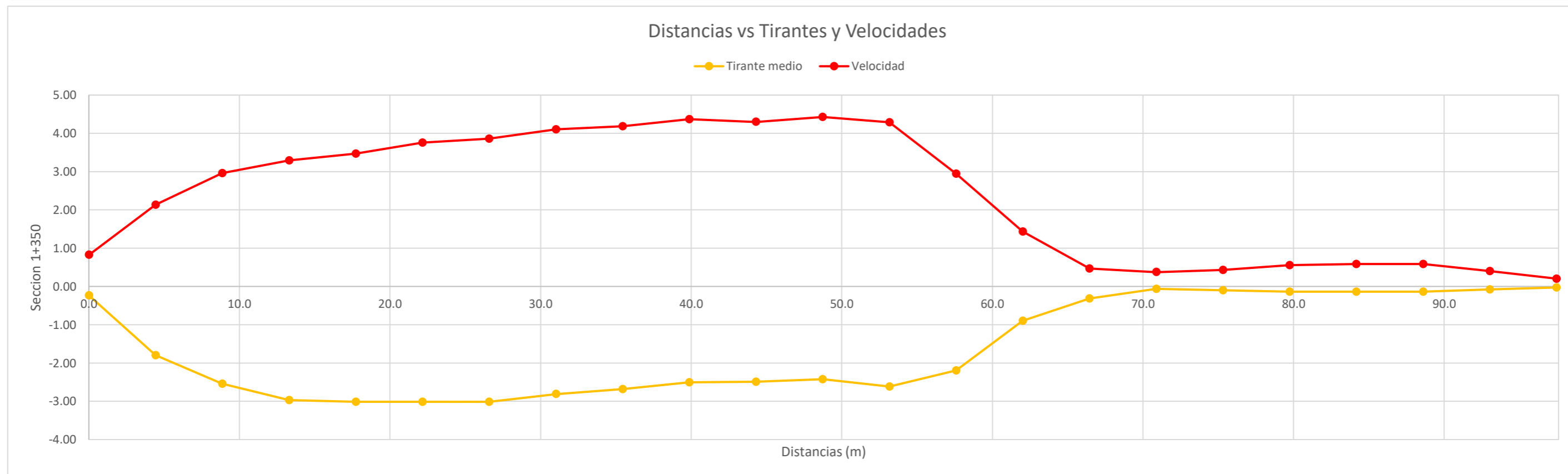
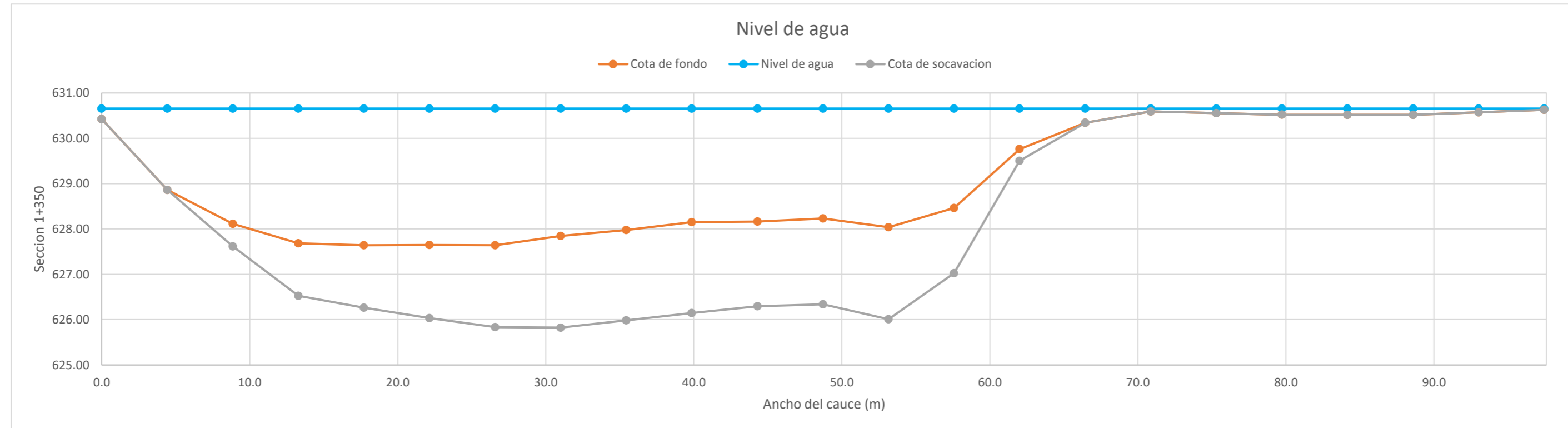
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+350
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	97.46 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.23	630.66	630.42	0.83	0.00											630.42
2	4.4	1.80	630.66	628.86	2.14	4.43	1.80	1.48	4.43	1.02	4.50	6.66	1.89	1.60	1.80	0.00	628.86
3	8.9	2.54	630.66	628.12	2.96	4.43	2.54	2.55	4.43	2.17	9.60	24.47	2.40	3.04	2.54	0.50	627.62
4	13.3	2.97	630.66	627.68	3.29	4.43	2.97	3.12	4.43	2.76	12.21	38.15	2.73	4.13	2.97	1.16	626.52
5	17.7	3.01	630.66	627.64	3.47	4.43	3.01	3.38	4.43	2.99	13.26	44.79	2.88	4.39	3.01	1.38	626.26
6	22.2	3.01	630.66	627.65	3.76	4.43	3.01	3.61	4.43	3.01	13.35	48.21	3.07	4.62	3.01	1.61	626.03
7	26.6	3.01	630.66	627.64	3.86	4.43	3.01	3.81	4.43	3.01	13.35	50.86	3.24	4.82	3.01	1.81	625.83
8	31.0	2.81	630.66	627.84	4.11	4.43	3.01	3.99	4.43	2.91	12.90	51.42	3.42	5.03	3.01	2.02	625.82
9	35.4	2.68	630.66	627.98	4.19	4.43	2.81	4.15	4.43	2.75	12.16	50.43	3.62	4.80	2.81	1.99	625.98
10	39.9	2.51	630.66	628.15	4.37	4.43	2.68	4.28	4.43	2.59	11.49	49.12	3.80	4.69	2.68	2.01	626.14
11	44.3	2.49	630.66	628.16	4.30	4.43	2.51	4.33	4.43	2.50	11.07	47.97	3.89	4.38	2.51	1.87	626.29
12	48.7	2.42	630.66	628.23	4.43	4.43	2.49	4.36	4.43	2.46	10.89	47.51	3.94	4.39	2.49	1.89	626.34
13	53.2	2.62	630.66	628.04	4.29	4.43	2.62	4.36	4.43	2.52	11.17	48.66	3.91	4.65	2.62	2.03	626.01
14	57.6	2.19	630.66	628.46	2.94	4.43	2.62	3.62	4.43	2.41	10.66	38.56	3.29	4.06	2.62	1.44	627.02
15	62.0	0.90	630.66	629.76	1.44	4.43	2.19	2.19	4.43	1.55	6.84	14.99	2.33	2.45	2.19	0.26	629.50
16	66.5	0.32	630.66	630.34	0.47	4.43	0.90	0.95	4.43	0.61	2.68	2.55	1.56	0.55	0.90	0.00	630.34
17	70.9	0.06	630.66	630.59	0.38	4.43	0.32	0.42	4.43	0.19	0.83	0.35	1.35	0.12	0.32	0.00	630.59
18	75.3	0.10	630.66	630.56	0.43	4.43	0.10	0.40	4.43	0.08	0.35	0.14	2.22	0.04	0.10	0.00	630.56
19	79.7	0.14	630.66	630.52	0.56	4.43	0.14	0.49	4.43	0.12	0.52	0.26	2.14	0.06	0.14	0.00	630.52
20	84.2	0.14	630.66	630.52	0.59	4.43	0.14	0.57	4.43	0.14	0.61	0.35	2.24	0.06	0.14	0.00	630.52
21	88.6	0.14	630.66	630.52	0.59	4.43	0.14	0.59	4.43	0.14	0.62	0.36	2.26	0.06	0.14	0.00	630.52
22	93.0	0.08	630.66	630.58	0.40	4.43	0.14	0.49	4.43	0.11	0.49	0.24	2.22	0.06	0.14	0.00	630.58
23	97.5	0.03	630.66	630.63	0.20	4.43	0.08	0.30	4.43	0.05	0.24	0.07	2.17	0.03	0.08	0.00	630.63
<b>Min</b>		<b>0.03</b>	<b>630.66</b>	<b>627.64</b>	<b>0.20</b>	<b>0.00</b>	<b>0.08</b>	<b>0.30</b>	<b>4.43</b>	<b>0.05</b>	<b>0.24</b>	<b>0.07</b>	<b>1.35</b>	<b>0.03</b>	<b>0.08</b>	<b>0.00</b>	<b>625.82</b>
<b>Max</b>		<b>3.01</b>	<b>630.66</b>	<b>630.63</b>	<b>4.43</b>	<b>4.43</b>	<b>3.01</b>	<b>4.36</b>	<b>4.43</b>	<b>3.01</b>	<b>13.35</b>	<b>51.42</b>	<b>3.94</b>	<b>5.03</b>	<b>3.01</b>	<b>2.03</b>	<b>630.63</b>
<b>Media</b>		<b>1.57</b>	<b>630.66</b>	<b>629.08</b>	<b>2.35</b>	<b>4.24</b>	<b>1.78</b>	<b>2.43</b>	<b>4.43</b>	<b>1.64</b>	<b>7.26</b>	<b>25.73</b>	<b>2.75</b>	<b>2.64</b>	<b>1.78</b>	<b>0.91</b>	<b>628.21</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGROPECUARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>										UNALM	
											Fecha: Mar-21	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"										Maetria: Ing. Recursos Hídricos		
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0			

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

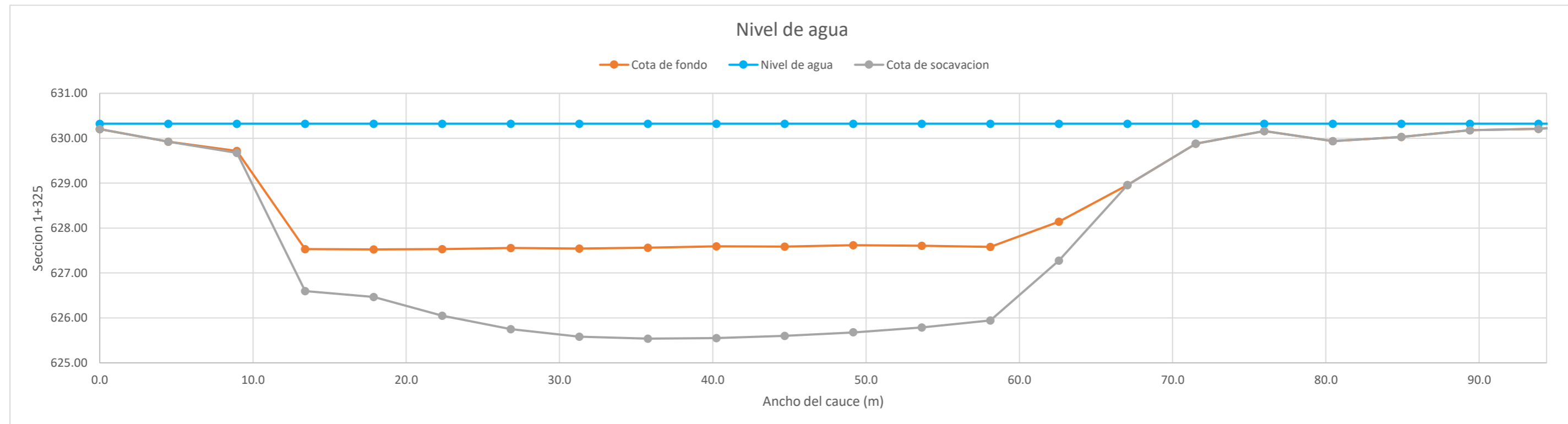
**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+325
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	98.34 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, si no hay obstaculos como estribos o pilares)


ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.12	630.32	630.20	0.72	0.00											630.20
2	4.5	0.40	630.32	629.92	1.80	4.47	0.40	1.26	4.47	0.26	1.16	1.47	3.33	0.35	0.40	0.00	629.92
3	8.9	0.61	630.32	629.72	2.25	4.47	0.61	2.03	4.47	0.50	2.25	4.56	3.67	0.65	0.61	0.04	629.68
4	13.4	2.79	630.32	627.53	2.93	4.47	2.79	2.59	4.47	1.70	7.59	19.67	2.65	3.73	2.79	0.93	626.60
5	17.9	2.80	630.32	627.52	3.44	4.47	2.80	3.19	4.47	2.79	12.49	39.81	2.76	3.86	2.80	1.06	626.47
6	22.4	2.79	630.32	627.53	3.84	4.47	2.80	3.64	4.47	2.79	12.49	45.50	3.15	4.28	2.80	1.49	626.05
7	26.8	2.77	630.32	627.56	4.15	4.47	2.79	3.99	4.47	2.78	12.42	49.61	3.46	4.60	2.79	1.81	625.75
8	31.3	2.78	630.32	627.54	4.20	4.47	2.78	4.17	4.47	2.77	12.40	51.76	3.62	4.74	2.78	1.96	625.58
9	35.8	2.76	630.32	627.56	4.29	4.47	2.78	4.25	4.47	2.77	12.39	52.61	3.68	4.80	2.78	2.02	625.54
10	40.2	2.73	630.32	627.59	4.28	4.47	2.76	4.28	4.47	2.75	12.28	52.57	3.72	4.80	2.76	2.04	625.55
11	44.7	2.74	630.32	627.59	4.22	4.47	2.74	4.25	4.47	2.73	12.22	51.93	3.70	4.72	2.74	1.98	625.60
12	49.2	2.70	630.32	627.62	4.16	4.47	2.74	4.19	4.47	2.72	12.16	51.00	3.66	4.68	2.74	1.94	625.68
13	53.6	2.72	630.32	627.61	4.00	4.47	2.72	4.08	4.47	2.71	12.11	49.43	3.56	4.53	2.72	1.82	625.79
14	58.1	2.74	630.32	627.58	3.70	4.47	2.74	3.85	4.47	2.73	12.19	46.93	3.35	4.38	2.74	1.64	625.95
15	62.6	2.18	630.32	628.14	2.13	4.47	2.74	2.91	4.47	2.46	11.00	32.06	2.62	3.61	2.74	0.87	627.28
16	67.1	1.37	630.32	628.96	1.28	4.47	2.18	1.70	4.47	1.77	7.93	13.52	1.72	1.91	2.18	0.00	628.96
17	71.5	0.45	630.32	629.88	0.31	4.47	1.37	0.79	4.47	0.91	4.05	3.21	1.06	0.71	1.37	0.00	629.88
18	76.0	0.16	630.32	630.16	0.29	4.47	0.45	0.30	4.47	0.31	1.37	0.41	0.72	0.12	0.45	0.00	630.16
19	80.5	0.39	630.32	629.94	0.48	4.47	0.39	0.39	4.47	0.28	1.23	0.48	0.99	0.13	0.39	0.00	629.94
20	84.9	0.29	630.32	630.03	0.53	4.47	0.39	0.51	4.47	0.34	1.52	0.77	1.14	0.14	0.39	0.00	630.03
21	89.4	0.14	630.32	630.18	0.40	4.47	0.29	0.46	4.47	0.22	0.97	0.45	1.36	0.11	0.29	0.00	630.18
22	93.9	0.12	630.32	630.21	0.36	4.47	0.14	0.38	4.47	0.13	0.58	0.22	1.52	0.05	0.14	0.00	630.21
23	98.3	0.02	630.32	630.31	0.08	4.47	0.12	0.22	4.47	0.07	0.30	0.07	1.34	0.03	0.12	0.00	630.31
<b>Min</b>		<b>0.02</b>	<b>630.32</b>	<b>627.52</b>	<b>0.08</b>	<b>0.00</b>	<b>0.12</b>	<b>0.22</b>	<b>4.47</b>	<b>0.07</b>	<b>0.30</b>	<b>0.07</b>	<b>0.72</b>	<b>0.03</b>	<b>0.12</b>	<b>0.00</b>	<b>625.54</b>
<b>Max</b>		<b>2.80</b>	<b>630.32</b>	<b>630.31</b>	<b>4.29</b>	<b>4.47</b>	<b>2.80</b>	<b>4.28</b>	<b>4.47</b>	<b>2.79</b>	<b>12.49</b>	<b>52.61</b>	<b>3.72</b>	<b>4.80</b>	<b>2.80</b>	<b>2.04</b>	<b>630.31</b>
<b>Media</b>		<b>1.59</b>	<b>630.32</b>	<b>628.73</b>	<b>2.34</b>	<b>4.28</b>	<b>1.80</b>	<b>2.43</b>	<b>4.47</b>	<b>1.66</b>	<b>7.42</b>	<b>25.82</b>	<b>2.58</b>	<b>2.59</b>	<b>1.80</b>	<b>0.89</b>	<b>627.88</b>



**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**





 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM				
												Fecha: Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0							

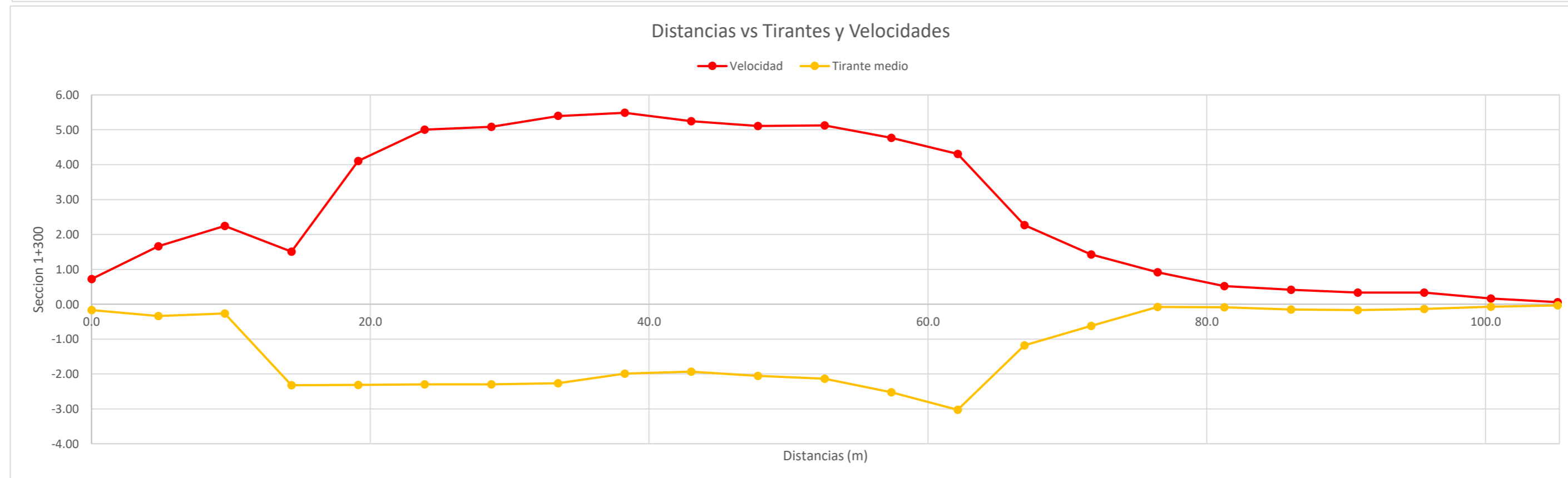
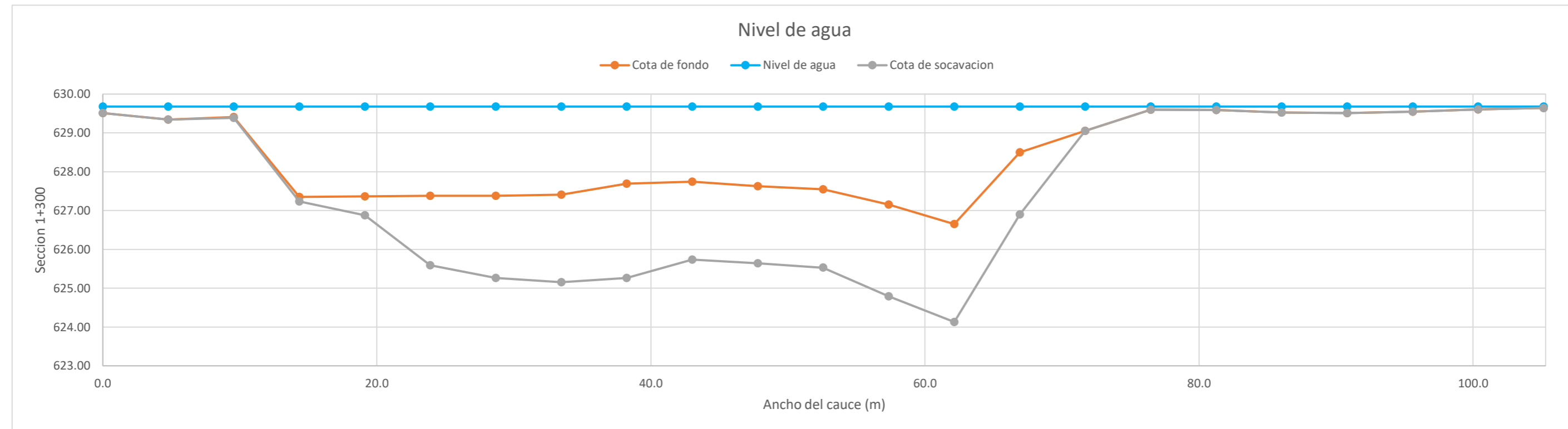
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+300
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	105.16 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.17	629.68	629.51	0.72	0.00											629.51
2	4.8	0.34	629.68	629.34	1.66	4.78	0.34	1.19	4.78	0.25	1.21	1.44	3.18	0.27	0.34	0.00	629.34
3	9.6	0.27	629.68	629.41	2.25	4.78	0.34	1.95	4.78	0.30	1.45	2.83	4.68	0.36	0.34	0.03	629.38
4	14.3	2.33	629.68	627.35	1.50	4.78	2.33	1.87	4.78	1.30	6.20	11.62	2.10	2.44	2.33	0.12	627.23
5	19.1	2.32	629.68	627.36	4.11	4.78	2.33	2.81	4.78	2.32	11.10	31.14	2.52	2.81	2.33	0.49	626.87
6	23.9	2.30	629.68	627.38	5.00	4.78	2.32	4.55	4.78	2.31	11.04	50.28	4.09	4.10	2.32	1.79	625.59
7	28.7	2.30	629.68	627.38	5.09	4.78	2.30	5.04	4.78	2.30	11.00	55.50	4.54	4.41	2.30	2.11	625.26
8	33.5	2.27	629.68	627.41	5.40	4.78	2.30	5.24	4.78	2.29	10.92	57.26	4.73	4.56	2.30	2.26	625.15
9	38.2	1.99	629.68	627.69	5.49	4.78	2.27	5.44	4.78	2.13	10.18	55.39	5.03	4.70	2.27	2.43	625.26
10	43.0	1.93	629.68	627.74	5.24	4.78	1.99	5.36	4.78	1.96	9.38	50.31	5.10	4.00	1.99	2.01	625.73
11	47.8	2.05	629.68	627.62	5.11	4.78	2.05	5.18	4.78	1.99	9.53	49.34	4.90	4.04	2.05	1.98	625.64
12	52.6	2.14	629.68	627.54	5.12	4.78	2.14	5.12	4.78	2.09	10.01	51.24	4.76	4.15	2.14	2.02	625.53
13	57.4	2.52	629.68	627.15	4.77	4.78	2.52	4.95	4.78	2.33	11.14	55.08	4.43	4.89	2.52	2.37	624.79
14	62.1	3.03	629.68	626.65	4.31	4.78	3.03	4.54	4.78	2.78	13.27	60.20	3.84	5.55	3.03	2.52	624.13
15	66.9	1.18	629.68	628.50	2.26	4.78	3.03	3.29	4.78	2.10	10.06	33.05	3.05	4.63	3.03	1.60	626.90
16	71.7	0.62	629.68	629.05	1.42	4.78	1.18	1.84	4.78	0.90	4.31	7.95	2.44	1.13	1.18	0.00	629.05
17	76.5	0.08	629.68	629.60	0.91	4.78	0.62	1.17	4.78	0.35	1.69	1.97	2.56	0.51	0.62	0.00	629.60
18	81.3	0.09	629.68	629.59	0.52	4.78	0.09	0.71	4.78	0.09	0.41	0.30	3.74	0.05	0.09	0.00	629.59
19	86.0	0.16	629.68	629.52	0.41	4.78	0.16	0.46	4.78	0.12	0.59	0.28	1.93	0.07	0.16	0.00	629.52
20	90.8	0.17	629.68	629.51	0.33	4.78	0.17	0.37	4.78	0.16	0.77	0.29	1.31	0.05	0.17	0.00	629.51
21	95.6	0.13	629.68	629.54	0.33	4.78	0.17	0.33	4.78	0.15	0.72	0.24	1.23	0.05	0.17	0.00	629.54
22	100.4	0.08	629.68	629.60	0.16	4.78	0.13	0.25	4.78	0.10	0.50	0.12	1.15	0.04	0.13	0.00	629.60
23	105.2	0.04	629.68	629.64	0.06	4.78	0.08	0.11	4.78	0.06	0.26	0.03	0.78	0.01	0.08	0.00	629.64
<b>Min</b>		<b>0.04</b>	<b>629.68</b>	<b>626.65</b>	<b>0.06</b>	<b>0.00</b>	<b>0.08</b>	<b>0.11</b>	<b>4.78</b>	<b>0.06</b>	<b>0.26</b>	<b>0.03</b>	<b>0.78</b>	<b>0.01</b>	<b>0.08</b>	<b>0.00</b>	<b>624.13</b>
<b>Max</b>		<b>3.03</b>	<b>629.68</b>	<b>629.64</b>	<b>5.49</b>	<b>4.78</b>	<b>3.03</b>	<b>5.44</b>	<b>4.78</b>	<b>2.78</b>	<b>13.27</b>	<b>60.20</b>	<b>5.10</b>	<b>5.55</b>	<b>3.03</b>	<b>2.52</b>	<b>629.64</b>
<b>Media</b>		<b>1.24</b>	<b>629.68</b>	<b>628.44</b>	<b>2.70</b>	<b>4.57</b>	<b>1.45</b>	<b>2.81</b>	<b>4.78</b>	<b>1.29</b>	<b>6.17</b>	<b>26.18</b>	<b>3.28</b>	<b>2.40</b>	<b>1.45</b>	<b>0.99</b>	<b>627.50</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM				
												Fecha: Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0							

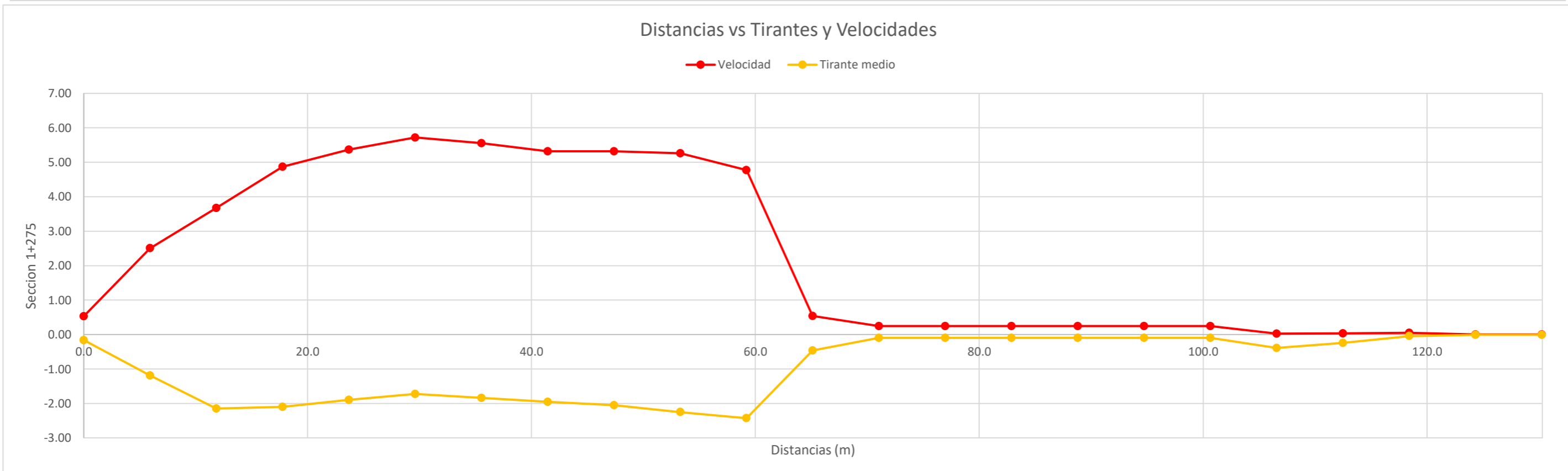
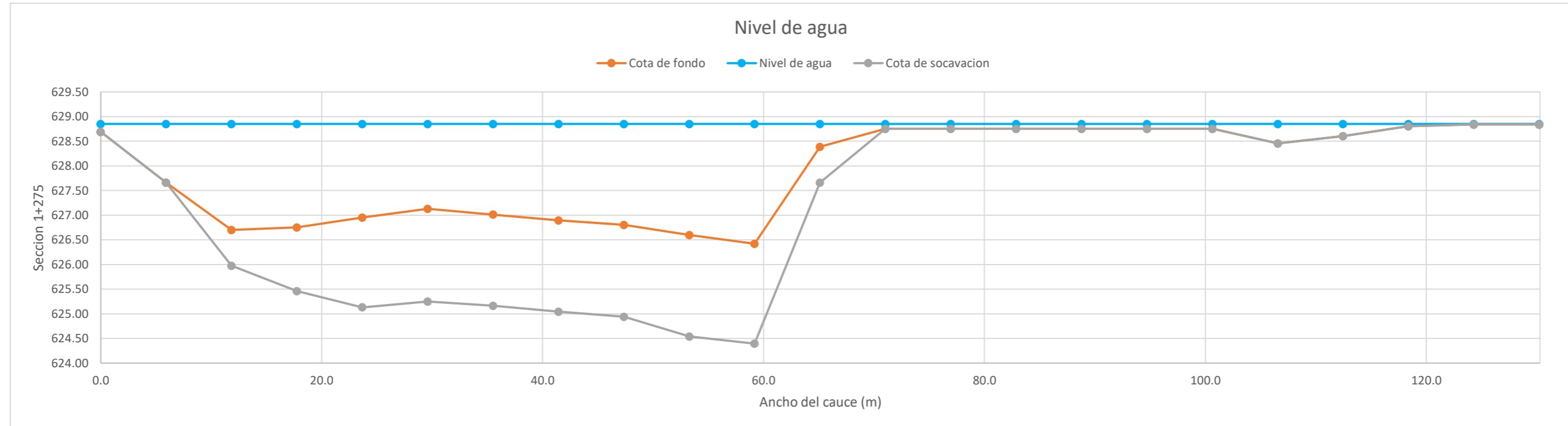
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+275
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	130.24 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.16	628.85	628.69	0.53	0.00											628.69
2	5.9	1.19	628.85	627.66	2.50	5.92	1.19	1.52	5.92	0.67	3.99	6.05	2.26	1.07	1.19	0.00	627.66
3	11.8	2.15	628.85	626.70	3.67	5.92	2.15	3.09	5.92	1.67	9.88	30.48	2.96	2.88	2.15	0.73	625.97
4	17.8	2.10	628.85	626.75	4.87	5.92	2.15	4.27	5.92	2.12	12.57	53.67	3.71	3.44	2.15	1.29	625.46
5	23.7	1.90	628.85	626.95	5.36	5.92	2.10	5.12	5.92	2.00	11.83	60.56	4.55	3.92	2.10	1.82	625.13
6	29.6	1.72	628.85	627.13	5.72	5.92	1.90	5.54	5.92	1.81	10.72	59.42	5.13	3.78	1.90	1.88	625.25
7	35.5	1.84	628.85	627.01	5.56	5.92	1.84	5.64	5.92	1.78	10.54	59.43	5.25	3.69	1.84	1.85	625.16
8	41.4	1.95	628.85	626.90	5.32	5.92	1.95	5.44	5.92	1.90	11.22	61.03	4.94	3.80	1.95	1.85	625.05
9	47.4	2.05	628.85	626.80	5.32	5.92	2.05	5.32	5.92	2.00	11.85	63.00	4.72	3.91	2.05	1.86	624.94
10	53.3	2.25	628.85	626.60	5.26	5.92	2.25	5.29	5.92	2.15	12.73	67.31	4.57	4.31	2.25	2.06	624.54
11	59.2	2.43	628.85	626.42	4.77	5.92	2.43	5.01	5.92	2.34	13.86	69.48	4.19	4.46	2.43	2.03	624.39
12	65.1	0.47	628.85	628.38	0.54	5.92	2.43	2.66	5.92	1.45	8.57	22.76	2.71	3.15	2.43	0.72	627.66
13	71.0	0.10	628.85	628.75	0.24	5.92	0.47	0.39	5.92	0.28	1.67	0.65	0.96	0.16	0.47	0.00	628.75
14	77.0	0.10	628.85	628.75	0.24	5.92	0.10	0.24	5.92	0.10	0.59	0.14	1.15	0.02	0.10	0.00	628.75
15	82.9	0.10	628.85	628.75	0.24	5.92	0.10	0.24	5.92	0.10	0.59	0.14	1.15	0.02	0.10	0.00	628.75
16	88.8	0.10	628.85	628.75	0.24	5.92	0.10	0.24	5.92	0.10	0.59	0.14	1.15	0.02	0.10	0.00	628.75
17	94.7	0.10	628.85	628.75	0.24	5.92	0.10	0.24	5.92	0.10	0.59	0.14	1.15	0.02	0.10	0.00	628.75
18	100.6	0.10	628.85	628.75	0.24	5.92	0.10	0.24	5.92	0.10	0.59	0.14	1.15	0.02	0.10	0.00	628.75
19	106.6	0.39	628.85	628.46	0.02	5.92	0.39	0.13	5.92	0.25	1.46	0.19	0.35	0.06	0.39	0.00	628.46
20	112.5	0.25	628.85	628.60	0.04	5.92	0.39	0.03	5.92	0.32	1.89	0.05	0.07	0.02	0.39	0.00	628.60
21	118.4	0.04	628.85	628.81	0.05	5.92	0.25	0.04	5.92	0.15	0.86	0.04	0.16	0.02	0.25	0.00	628.81
22	124.3	0.01	628.85	628.84	0.00	5.92	0.04	0.02	5.92	0.03	0.16	0.00	0.28	0.00	0.04	0.00	628.84
23	130.2	0.01	628.85	628.84	0.00	5.92	0.01	0.00	5.92	0.01	0.06	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00	628.84
<b>Min</b>		<b>0.01</b>	<b>628.85</b>	<b>626.42</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>5.92</b>	<b>0.01</b>	<b>0.06</b>	<b>0.00</b>	<b>0.04</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>624.39</b>
<b>Max</b>		<b>2.43</b>	<b>628.85</b>	<b>628.84</b>	<b>5.72</b>	<b>5.92</b>	<b>2.43</b>	<b>5.64</b>	<b>5.92</b>	<b>2.34</b>	<b>13.86</b>	<b>69.48</b>	<b>5.25</b>	<b>4.46</b>	<b>2.43</b>	<b>2.06</b>	<b>628.84</b>
<b>Media</b>		<b>0.94</b>	<b>628.85</b>	<b>627.92</b>	<b>2.22</b>	<b>5.66</b>	<b>1.11</b>	<b>2.31</b>	<b>5.92</b>	<b>0.97</b>	<b>5.76</b>	<b>25.22</b>	<b>2.39</b>	<b>1.76</b>	<b>1.11</b>	<b>0.73</b>	<b>627.22</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>										UNALM	
											Fecha: Mar-21	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"										Maetria: Ing. Recursos Hídricos		
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0			

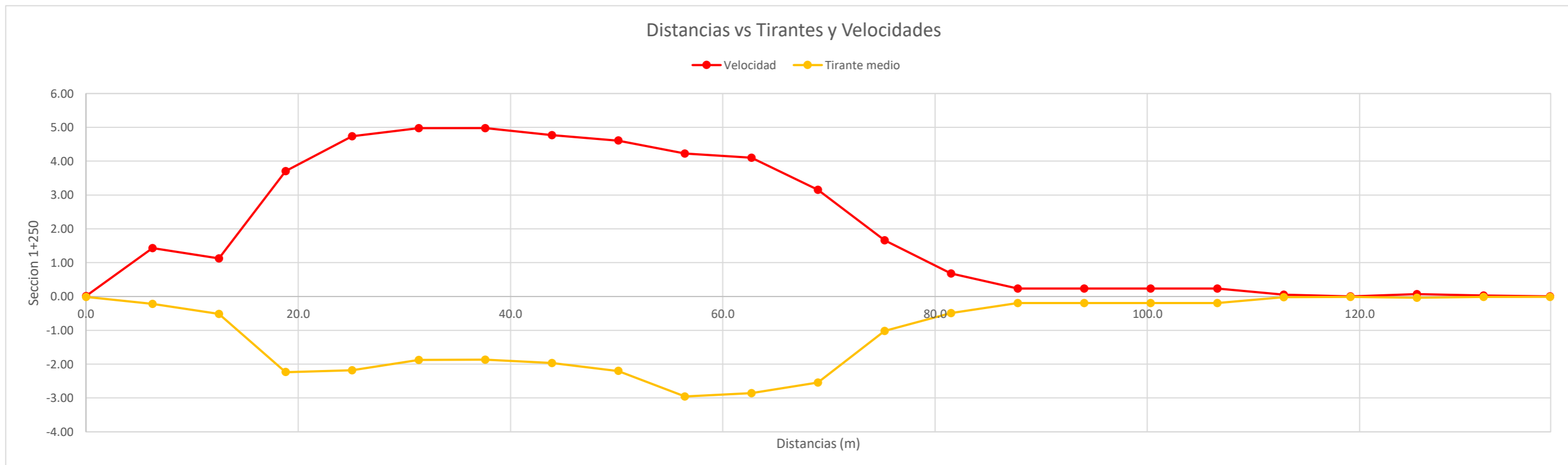
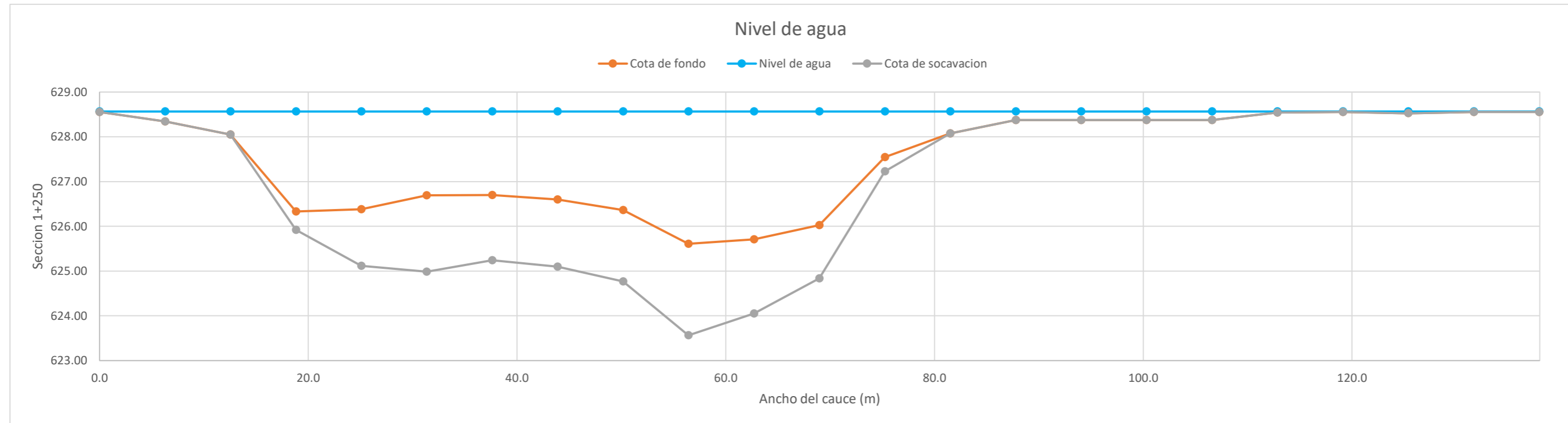
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+250
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	137.94 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.01	628.56	628.55	0.01	0.00											628.55
2	6.3	0.22	628.56	628.34	1.43	6.27	0.22	0.72	6.27	0.12	0.72	0.52	3.11	0.15	0.22	0.00	628.34
3	12.5	0.51	628.56	628.05	1.13	6.27	0.51	1.28	6.27	0.37	2.31	2.95	2.68	0.41	0.51	0.00	628.05
4	18.8	2.23	628.56	626.33	3.70	6.27	2.23	2.42	6.27	1.37	8.62	20.81	2.49	2.65	2.23	0.41	625.92
5	25.1	2.18	628.56	626.38	4.73	6.27	2.23	4.22	6.27	2.21	13.84	58.38	3.55	3.50	2.23	1.26	625.12
6	31.4	1.87	628.56	626.69	4.98	6.27	2.18	4.86	6.27	2.03	12.70	61.69	4.23	3.89	2.18	1.71	624.98
7	37.6	1.87	628.56	626.70	4.98	6.27	1.87	4.98	6.27	1.87	11.72	58.32	4.48	3.33	1.87	1.46	625.24
8	43.9	1.96	628.56	626.60	4.77	6.27	1.96	4.87	6.27	1.91	12.01	58.52	4.34	3.46	1.96	1.50	625.10
9	50.2	2.20	628.56	626.36	4.61	6.27	2.20	4.69	6.27	2.08	13.06	61.24	4.04	3.80	2.20	1.60	624.77
10	56.4	2.96	628.56	625.61	4.22	6.27	2.96	4.42	6.27	2.58	16.16	71.38	3.50	5.00	2.96	2.05	623.56
11	62.7	2.85	628.56	625.71	4.10	6.27	2.96	4.16	6.27	2.90	18.21	75.78	3.17	4.62	2.96	1.66	624.05
12	69.0	2.54	628.56	626.02	3.16	6.27	2.85	3.63	6.27	2.70	16.91	61.37	2.83	4.04	2.85	1.19	624.84
13	75.2	1.02	628.56	627.54	1.66	6.27	2.54	2.41	6.27	1.78	11.17	26.92	2.21	2.86	2.54	0.32	627.23
14	81.5	0.49	628.56	628.07	0.68	6.27	1.02	1.17	6.27	0.76	4.74	5.56	1.63	0.68	1.02	0.00	628.07
15	87.8	0.19	628.56	628.37	0.24	6.27	0.49	0.46	6.27	0.34	2.14	0.98	1.01	0.18	0.49	0.00	628.37
16	94.1	0.19	628.56	628.37	0.24	6.27	0.19	0.24	6.27	0.19	1.19	0.28	0.74	0.04	0.19	0.00	628.37
17	100.3	0.19	628.56	628.37	0.24	6.27	0.19	0.24	6.27	0.19	1.19	0.28	0.74	0.04	0.19	0.00	628.37
18	106.6	0.19	628.56	628.37	0.24	6.27	0.19	0.24	6.27	0.19	1.19	0.28	0.74	0.04	0.19	0.00	628.37
19	112.9	0.02	628.56	628.54	0.06	6.27	0.19	0.15	6.27	0.11	0.66	0.10	0.67	0.04	0.19	0.00	628.54
20	119.1	0.01	628.56	628.55	0.00	6.27	0.02	0.03	6.27	0.02	0.10	0.00	0.47	0.00	0.02	0.00	628.55
21	125.4	0.04	628.56	628.53	0.07	6.27	0.04	0.04	6.27	0.02	0.15	0.01	0.46	0.00	0.04	0.00	628.53
22	131.7	0.01	628.56	628.55	0.03	6.27	0.04	0.05	6.27	0.02	0.15	0.01	0.61	0.00	0.04	0.00	628.55
23	137.9	0.01	628.56	628.55	0.00	6.27	0.01	0.02	6.27	0.01	0.07	0.00	0.35	0.00	0.01	0.00	628.55
<b>Min</b>		<b>0.01</b>	<b>628.56</b>	<b>625.61</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>	<b>6.27</b>	<b>0.01</b>	<b>0.07</b>	<b>0.00</b>	<b>0.35</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>623.56</b>
<b>Max</b>		<b>2.96</b>	<b>628.56</b>	<b>628.55</b>	<b>4.98</b>	<b>6.27</b>	<b>2.96</b>	<b>4.98</b>	<b>6.27</b>	<b>2.90</b>	<b>18.21</b>	<b>75.78</b>	<b>4.48</b>	<b>5.00</b>	<b>2.96</b>	<b>2.05</b>	<b>628.55</b>
<b>Media</b>		<b>1.03</b>	<b>628.56</b>	<b>627.53</b>	<b>1.97</b>	<b>6.00</b>	<b>1.23</b>	<b>2.06</b>	<b>6.27</b>	<b>1.08</b>	<b>6.77</b>	<b>25.70</b>	<b>2.18</b>	<b>1.76</b>	<b>1.23</b>	<b>0.60</b>	<b>626.96</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM				
												Fecha: Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0							

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

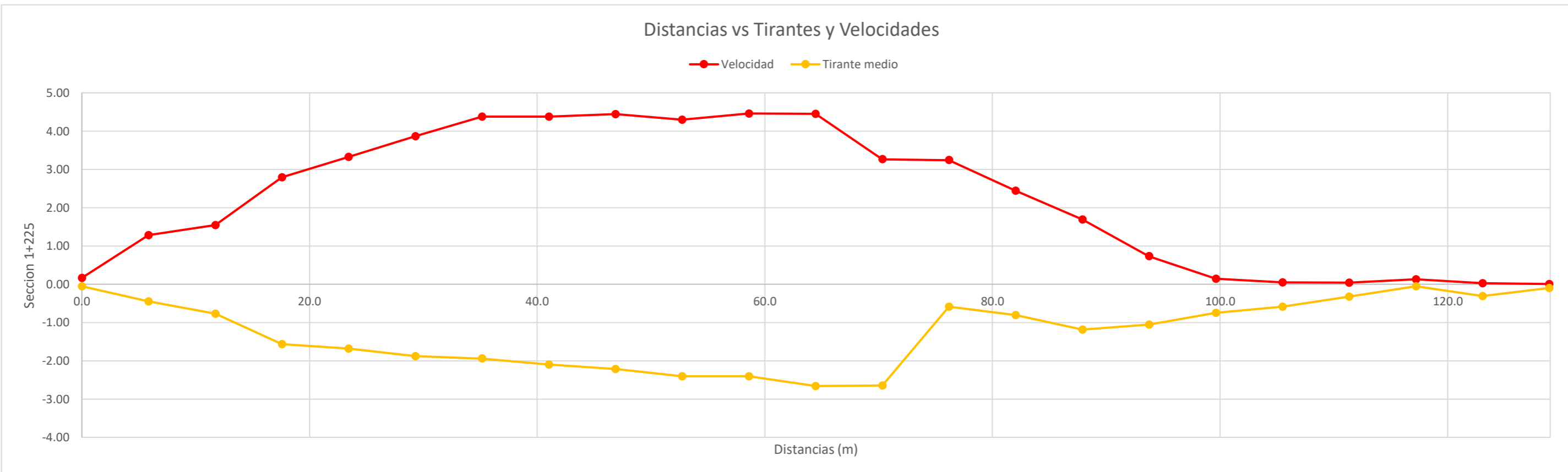
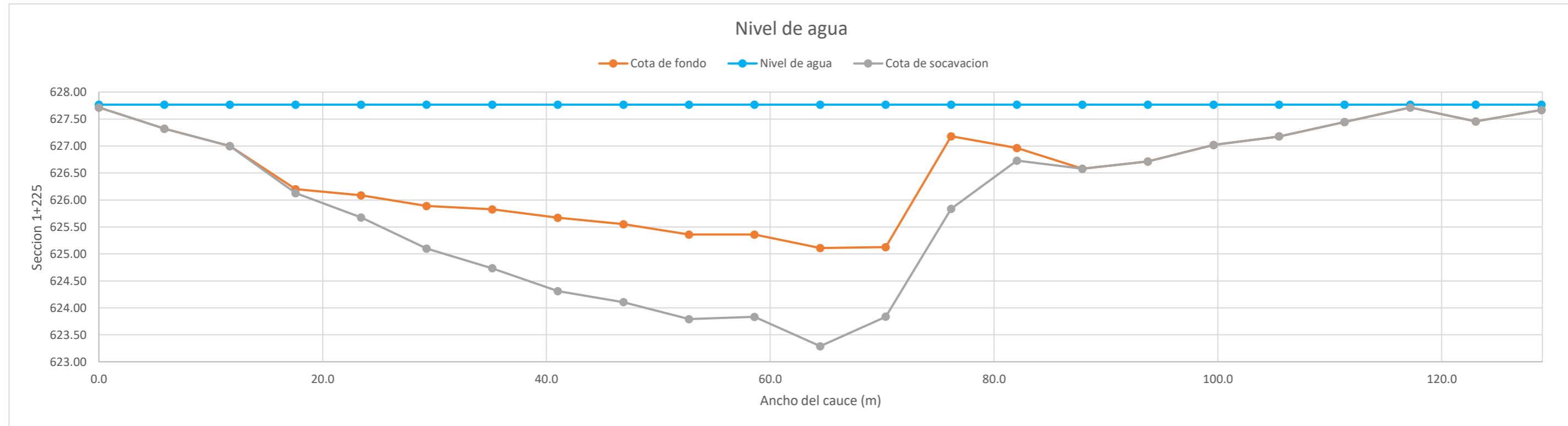
**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+225
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	128.92 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, si no hay obstaculos como estribos o pilares)


ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.05	627.77	627.71	0.17	0.00											627.71
2	5.9	0.45	627.77	627.32	1.28	5.86	0.45	0.72	5.86	0.25	1.46	1.06	1.93	0.26	0.45	0.00	627.32
3	11.7	0.77	627.77	627.00	1.55	5.86	0.77	1.41	5.86	0.61	3.55	5.02	2.24	0.60	0.77	0.00	627.00
4	17.6	1.57	627.77	626.20	2.79	5.86	1.57	2.17	5.86	1.17	6.84	14.84	2.45	1.64	1.57	0.07	626.13
5	23.4	1.68	627.77	626.09	3.33	5.86	1.68	3.06	5.86	1.62	9.52	29.12	2.97	2.09	1.68	0.41	625.68
6	29.3	1.88	627.77	625.89	3.87	5.86	1.88	3.60	5.86	1.78	10.43	37.49	3.36	2.67	1.88	0.79	625.10
7	35.2	1.94	627.77	625.83	4.38	5.86	1.94	4.12	5.86	1.91	11.19	46.13	3.74	3.03	1.94	1.09	624.73
8	41.0	2.10	627.77	625.67	4.38	5.86	2.10	4.38	5.86	2.02	11.83	51.80	3.89	3.46	2.10	1.36	624.31
9	46.9	2.21	627.77	625.55	4.44	5.86	2.21	4.41	5.86	2.16	12.63	55.70	3.82	3.66	2.21	1.45	624.11
10	52.7	2.41	627.77	625.36	4.30	5.86	2.41	4.37	5.86	2.31	13.54	59.17	3.68	3.97	2.41	1.57	623.79
11	58.6	2.41	627.77	625.36	4.46	5.86	2.41	4.38	5.86	2.41	14.11	61.77	3.64	3.93	2.41	1.53	623.83
12	64.5	2.66	627.77	625.11	4.45	5.86	2.66	4.46	5.86	2.53	14.84	66.14	3.63	4.48	2.66	1.82	623.29
13	70.3	2.64	627.77	625.12	3.26	5.86	2.66	3.86	5.86	2.65	15.53	59.93	3.10	3.95	2.66	1.29	623.84
14	76.2	0.58	627.77	627.18	3.24	5.86	2.64	3.25	5.86	1.61	9.46	30.77	3.17	3.99	2.64	1.35	625.84
15	82.0	0.80	627.77	626.96	2.44	5.86	0.80	2.84	5.86	0.69	4.07	11.56	4.18	1.04	0.80	0.24	626.73
16	87.9	1.19	627.77	626.58	1.69	5.86	1.19	2.07	5.86	0.99	5.83	12.05	2.52	1.16	1.19	0.00	626.58
17	93.8	1.05	627.77	626.71	0.73	5.86	1.19	1.21	5.86	1.12	6.56	7.95	1.39	0.73	1.19	0.00	626.71
18	99.6	0.75	627.77	627.02	0.14	5.86	1.05	0.44	5.86	0.90	5.27	2.31	0.56	0.31	1.05	0.00	627.02
19	105.5	0.59	627.77	627.18	0.05	5.86	0.75	0.10	5.86	0.67	3.91	0.38	0.15	0.07	0.75	0.00	627.18
20	111.3	0.32	627.77	627.45	0.04	5.86	0.59	0.04	5.86	0.45	2.66	0.12	0.08	0.03	0.59	0.00	627.45
21	117.2	0.05	627.77	627.71	0.13	5.86	0.32	0.08	5.86	0.19	1.10	0.09	0.27	0.04	0.32	0.00	627.71
22	123.1	0.31	627.77	627.46	0.03	5.86	0.31	0.08	5.86	0.18	1.07	0.08	0.24	0.03	0.31	0.00	627.46
23	128.9	0.10	627.77	627.67	0.01	5.86	0.31	0.02	5.86	0.20	1.19	0.02	0.05	0.01	0.31	0.00	627.67
<b>Min</b>		<b>0.05</b>	<b>627.77</b>	<b>625.11</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.31</b>	<b>0.02</b>	<b>5.86</b>	<b>0.18</b>	<b>1.07</b>	<b>0.02</b>	<b>0.05</b>	<b>0.01</b>	<b>0.31</b>	<b>0.00</b>	<b>623.29</b>
<b>Max</b>		<b>2.66</b>	<b>627.77</b>	<b>627.71</b>	<b>4.46</b>	<b>5.86</b>	<b>2.66</b>	<b>4.46</b>	<b>5.86</b>	<b>2.65</b>	<b>15.53</b>	<b>66.14</b>	<b>4.18</b>	<b>4.48</b>	<b>2.66</b>	<b>1.82</b>	<b>627.71</b>
<b>Media</b>		<b>1.24</b>	<b>627.77</b>	<b>626.53</b>	<b>2.22</b>	<b>5.61</b>	<b>1.45</b>	<b>2.32</b>	<b>5.86</b>	<b>1.29</b>	<b>7.57</b>	<b>25.16</b>	<b>2.32</b>	<b>1.87</b>	<b>1.45</b>	<b>0.59</b>	<b>625.96</b>



**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**





 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>										UNALM	
											Fecha: Mar-21	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"										Maetria: Ing. Recursos Hídricos		
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0			

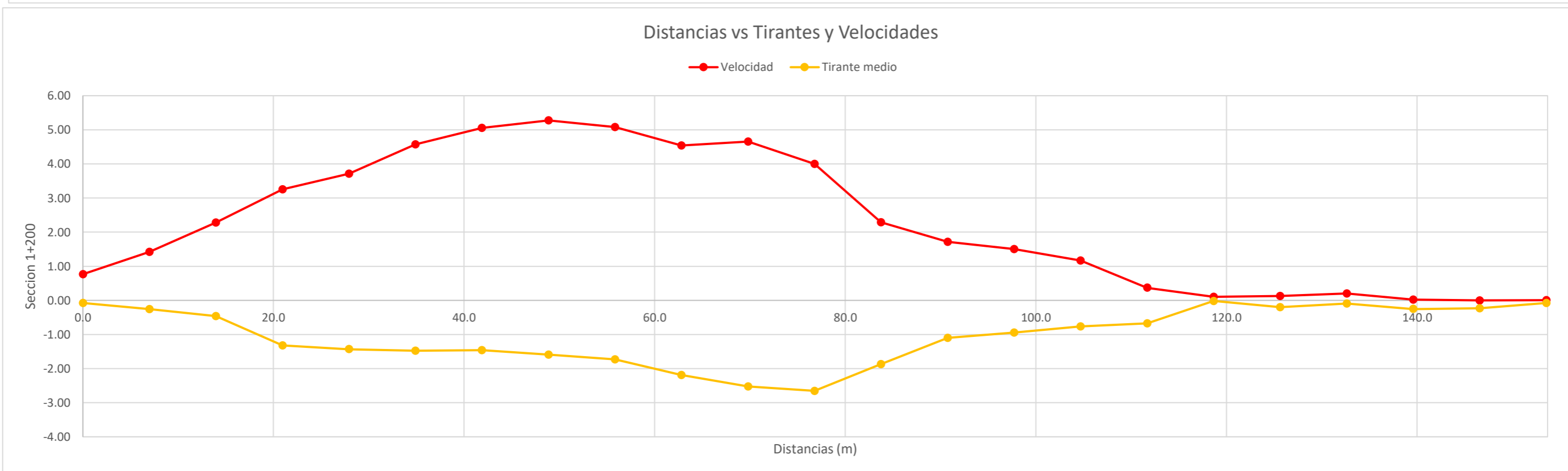
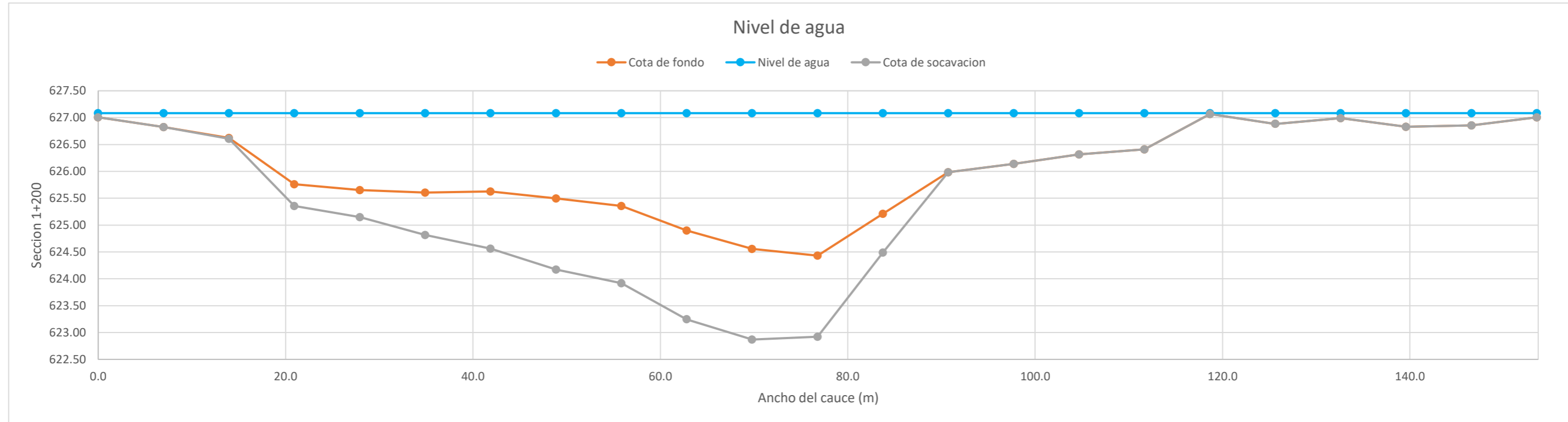
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+200
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	153.56 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.08	627.08	627.01	0.77	0.00											627.01
2	7.0	0.26	627.08	626.82	1.42	6.98	0.26	1.09	6.98	0.17	1.17	1.28	3.70	0.21	0.26	0.00	626.82
3	14.0	0.46	627.08	626.62	2.28	6.98	0.46	1.85	6.98	0.36	2.52	4.66	3.90	0.48	0.46	0.01	626.61
4	20.9	1.32	627.08	625.76	3.25	6.98	1.32	2.77	6.98	0.89	6.23	17.24	3.47	1.73	1.32	0.41	625.35
5	27.9	1.43	627.08	625.65	3.71	6.98	1.43	3.48	6.98	1.38	9.61	33.48	3.51	1.93	1.43	0.50	625.15
6	34.9	1.48	627.08	625.61	4.57	6.98	1.48	4.14	6.98	1.45	10.15	42.06	4.07	2.27	1.48	0.79	624.82
7	41.9	1.46	627.08	625.63	5.05	6.98	1.48	4.81	6.98	1.47	10.24	49.31	4.71	2.54	1.48	1.06	624.56
8	48.9	1.59	627.08	625.50	5.28	6.98	1.59	5.16	6.98	1.52	10.63	54.88	4.97	2.91	1.59	1.32	624.17
9	55.8	1.73	627.08	625.35	5.08	6.98	1.73	5.18	6.98	1.66	11.57	59.94	4.79	3.16	1.73	1.44	623.92
10	62.8	2.19	627.08	624.90	4.54	6.98	2.19	4.81	6.98	1.96	13.66	65.75	4.14	3.84	2.19	1.65	623.25
11	69.8	2.53	627.08	624.56	4.65	6.98	2.53	4.60	6.98	2.36	16.44	75.62	3.66	4.21	2.53	1.69	622.87
12	76.8	2.65	627.08	624.43	4.00	6.98	2.65	4.33	6.98	2.59	18.07	78.20	3.32	4.16	2.65	1.51	622.92
13	83.8	1.87	627.08	625.21	2.29	6.98	2.65	3.15	6.98	2.26	15.79	49.66	2.55	3.37	2.65	0.72	624.49
14	90.7	1.10	627.08	625.98	1.72	6.98	1.87	2.00	6.98	1.48	10.36	20.77	1.95	1.73	1.87	0.00	625.98
15	97.7	0.95	627.08	626.14	1.50	6.98	1.10	1.61	6.98	1.02	7.14	11.48	1.88	0.84	1.10	0.00	626.14
16	104.7	0.77	627.08	626.32	1.17	6.98	0.95	1.34	6.98	0.86	5.98	7.99	1.71	0.64	0.95	0.00	626.32
17	111.7	0.67	627.08	626.41	0.37	6.98	0.77	0.77	6.98	0.72	5.02	3.87	1.09	0.34	0.77	0.00	626.41
18	118.7	0.02	627.08	627.07	0.10	6.98	0.67	0.24	6.98	0.34	2.40	0.56	0.51	0.16	0.67	0.00	627.07
19	125.6	0.20	627.08	626.88	0.13	6.98	0.20	0.12	6.98	0.11	0.75	0.09	0.52	0.03	0.20	0.00	626.88
20	132.6	0.09	627.08	626.99	0.20	6.98	0.20	0.17	6.98	0.15	1.02	0.17	0.61	0.04	0.20	0.00	626.99
21	139.6	0.25	627.08	626.83	0.02	6.98	0.25	0.11	6.98	0.17	1.21	0.13	0.37	0.03	0.25	0.00	626.83
22	146.6	0.23	627.08	626.85	0.00	6.98	0.25	0.01	6.98	0.24	1.68	0.02	0.03	0.00	0.25	0.00	626.85
23	153.6	0.08	627.08	627.01	0.01	6.98	0.23	0.00	6.98	0.15	1.07	0.00	0.01	0.00	0.23	0.00	627.01
<b>Min</b>		<b>0.02</b>	<b>627.08</b>	<b>624.43</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.20</b>	<b>0.00</b>	<b>6.98</b>	<b>0.11</b>	<b>0.75</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.20</b>	<b>0.00</b>	<b>622.87</b>
<b>Max</b>		<b>2.65</b>	<b>627.08</b>	<b>627.07</b>	<b>5.28</b>	<b>6.98</b>	<b>2.65</b>	<b>5.18</b>	<b>6.98</b>	<b>2.59</b>	<b>18.07</b>	<b>78.20</b>	<b>4.97</b>	<b>4.21</b>	<b>2.65</b>	<b>1.69</b>	<b>627.07</b>
<b>Media</b>		<b>1.02</b>	<b>627.08</b>	<b>626.07</b>	<b>2.27</b>	<b>6.68</b>	<b>1.19</b>	<b>2.35</b>	<b>6.98</b>	<b>1.06</b>	<b>7.40</b>	<b>26.23</b>	<b>2.52</b>	<b>1.57</b>	<b>1.19</b>	<b>0.50</b>	<b>625.58</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>										UNALM	
											Fecha: Mar-21	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"										Maetria: Ing. Recursos Hídricos		
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0			

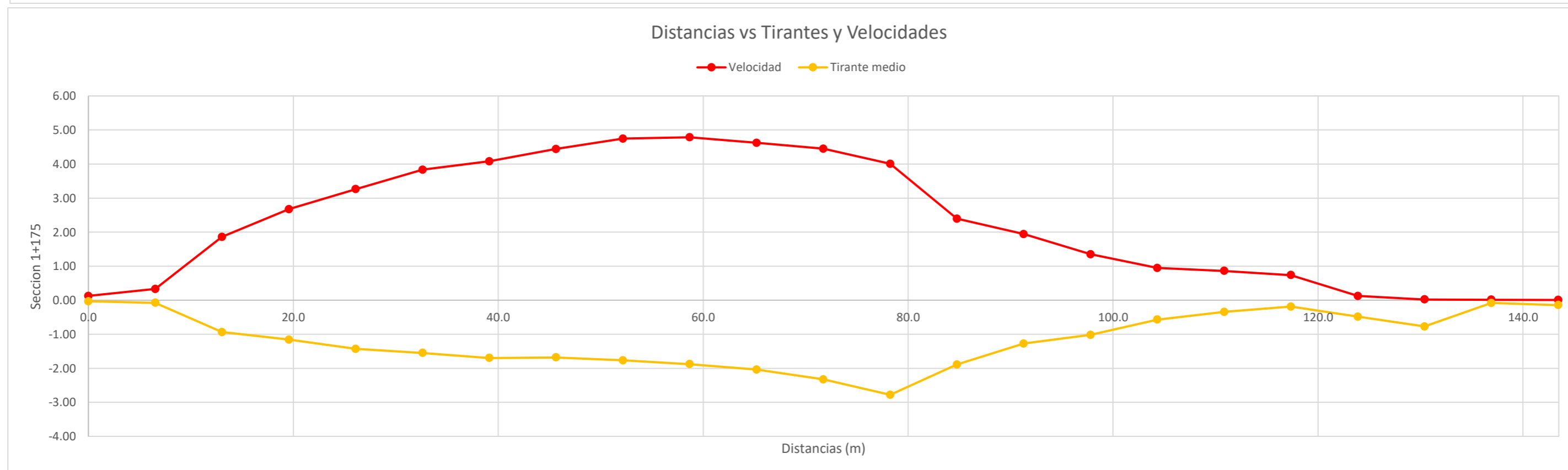
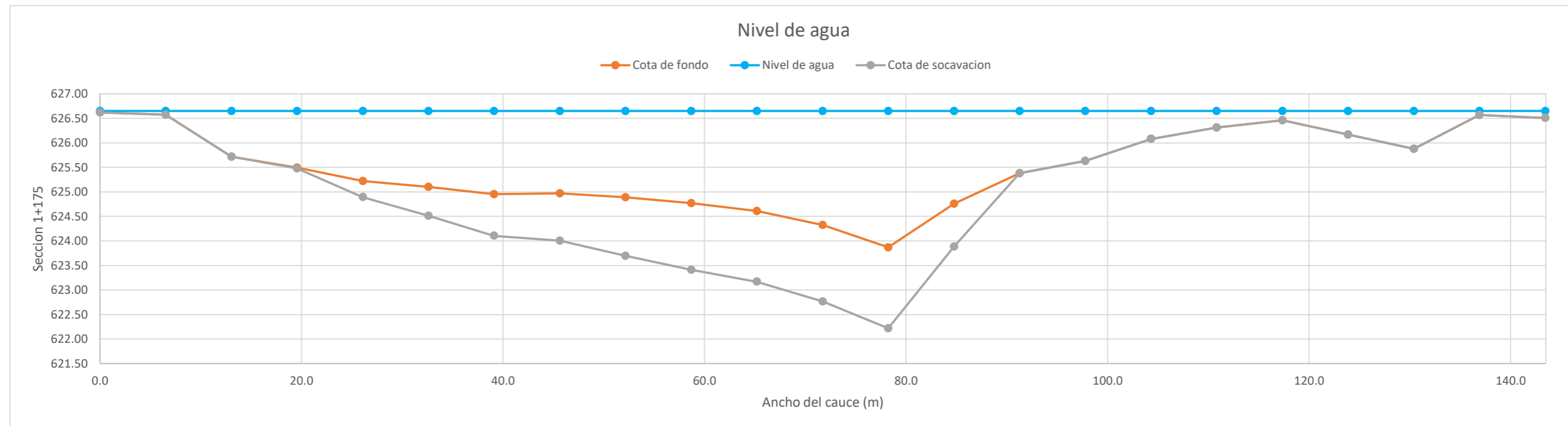
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+175
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	143.44 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.03	626.65	626.62	0.13	0.00											626.62
2	6.5	0.08	626.65	626.57	0.33	6.52	0.08	0.23	6.52	0.05	0.35	0.08	1.64	0.02	0.08	0.00	626.57
3	13.0	0.93	626.65	625.72	1.86	6.52	0.93	1.10	6.52	0.50	3.29	3.61	1.91	0.68	0.93	0.00	625.72
4	19.6	1.16	626.65	625.49	2.68	6.52	1.16	2.27	6.52	1.04	6.81	15.45	2.65	1.17	1.16	0.01	625.48
5	26.1	1.43	626.65	625.22	3.26	6.52	1.43	2.97	6.52	1.29	8.42	24.99	3.13	1.76	1.43	0.33	624.89
6	32.6	1.55	626.65	625.10	3.83	6.52	1.55	3.55	6.52	1.49	9.70	34.39	3.50	2.14	1.55	0.59	624.51
7	39.1	1.70	626.65	624.95	4.08	6.52	1.70	3.96	6.52	1.62	10.58	41.84	3.75	2.54	1.70	0.85	624.10
8	45.6	1.68	626.65	624.97	4.44	6.52	1.70	4.26	6.52	1.69	11.00	46.90	3.97	2.66	1.70	0.97	624.00
9	52.2	1.76	626.65	624.89	4.75	6.52	1.76	4.60	6.52	1.72	11.22	51.57	4.25	2.95	1.76	1.19	623.70
10	58.7	1.88	626.65	624.77	4.79	6.52	1.88	4.77	6.52	1.82	11.87	56.57	4.30	3.24	1.88	1.36	623.41
11	65.2	2.04	626.65	624.61	4.62	6.52	2.04	4.70	6.52	1.96	12.76	60.02	4.11	3.48	2.04	1.44	623.17
12	71.7	2.33	626.65	624.32	4.45	6.52	2.33	4.53	6.52	2.18	14.22	64.49	3.79	3.89	2.33	1.56	622.76
13	78.2	2.78	626.65	623.87	4.01	6.52	2.78	4.23	6.52	2.55	16.64	70.37	3.33	4.43	2.78	1.65	622.22
14	84.8	1.89	626.65	624.76	2.39	6.52	2.78	3.20	6.52	2.33	15.22	48.73	2.61	3.66	2.78	0.88	623.88
15	91.3	1.27	626.65	625.38	1.95	6.52	1.89	2.17	6.52	1.58	10.31	22.37	2.08	1.84	1.89	0.00	625.38
16	97.8	1.02	626.65	625.63	1.35	6.52	1.27	1.65	6.52	1.14	7.46	12.30	1.84	1.00	1.27	0.00	625.63
17	104.3	0.57	626.65	626.08	0.95	6.52	1.02	1.15	6.52	0.79	5.17	5.94	1.55	0.65	1.02	0.00	626.08
18	110.8	0.34	626.65	626.31	0.86	6.52	0.57	0.90	6.52	0.45	2.96	2.68	1.67	0.32	0.57	0.00	626.31
19	117.4	0.19	626.65	626.46	0.74	6.52	0.34	0.80	6.52	0.26	1.73	1.38	2.04	0.19	0.34	0.00	626.46
20	123.9	0.48	626.65	626.17	0.12	6.52	0.48	0.43	6.52	0.34	2.19	0.95	0.95	0.17	0.48	0.00	626.17
21	130.4	0.77	626.65	625.88	0.02	6.52	0.77	0.07	6.52	0.63	4.09	0.30	0.11	0.06	0.77	0.00	625.88
22	136.9	0.08	626.65	626.57	0.01	6.52	0.77	0.02	6.52	0.43	2.79	0.05	0.04	0.02	0.77	0.00	626.57
23	143.4	0.14	626.65	626.51	0.01	6.52	0.14	0.01	6.52	0.11	0.73	0.01	0.05	0.00	0.14	0.00	626.51
<b>Min</b>		<b>0.03</b>	<b>626.65</b>	<b>623.87</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.08</b>	<b>0.01</b>	<b>6.52</b>	<b>0.05</b>	<b>0.35</b>	<b>0.01</b>	<b>0.04</b>	<b>0.00</b>	<b>0.08</b>	<b>0.00</b>	<b>622.22</b>
<b>Max</b>		<b>2.78</b>	<b>626.65</b>	<b>626.62</b>	<b>4.79</b>	<b>6.52</b>	<b>2.78</b>	<b>4.77</b>	<b>6.52</b>	<b>2.55</b>	<b>16.64</b>	<b>70.37</b>	<b>4.30</b>	<b>4.43</b>	<b>2.78</b>	<b>1.65</b>	<b>626.62</b>
<b>Media</b>		<b>1.13</b>	<b>626.65</b>	<b>625.52</b>	<b>2.25</b>	<b>6.24</b>	<b>1.33</b>	<b>2.34</b>	<b>6.52</b>	<b>1.18</b>	<b>7.70</b>	<b>25.68</b>	<b>2.42</b>	<b>1.68</b>	<b>1.33</b>	<b>0.49</b>	<b>625.04</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0					

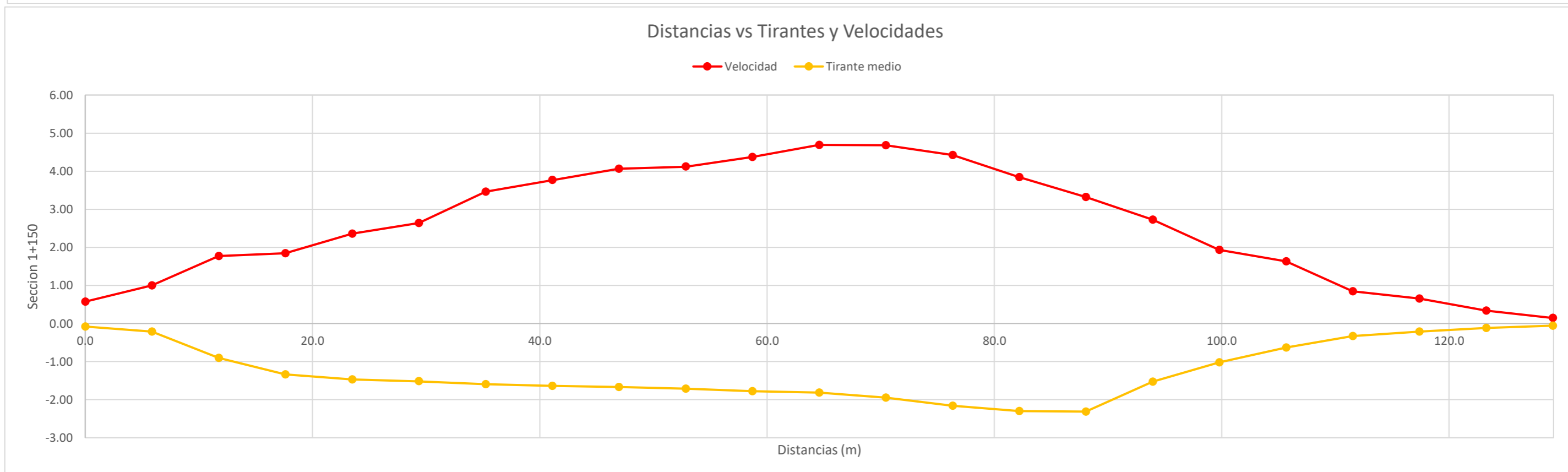
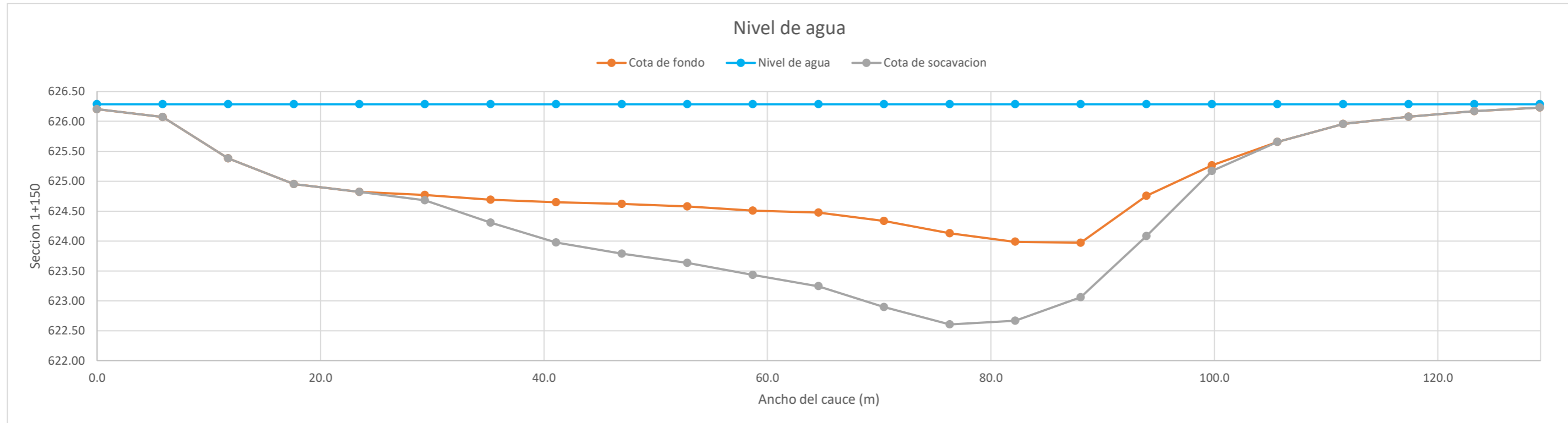
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+150
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	129.14 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.08	626.29	626.20	0.57	0.00											626.20
2	5.9	0.21	626.29	626.07	1.00	5.87	0.21	0.79	5.87	0.15	0.87	0.68	2.91	0.14	0.21	0.00	626.07
3	11.7	0.90	626.29	625.38	1.77	5.87	0.90	1.39	5.87	0.56	3.27	4.54	2.30	0.76	0.90	0.00	625.38
4	17.6	1.33	626.29	624.95	1.84	5.87	1.33	1.81	5.87	1.12	6.57	11.87	2.08	1.17	1.33	0.00	624.95
5	23.5	1.47	626.29	624.82	2.36	5.87	1.47	2.10	5.87	1.40	8.22	17.26	2.18	1.37	1.47	0.00	624.82
6	29.4	1.52	626.29	624.77	2.64	5.87	1.52	2.50	5.87	1.49	8.76	21.88	2.52	1.61	1.52	0.09	624.68
7	35.2	1.60	626.29	624.69	3.46	5.87	1.60	3.05	5.87	1.56	9.14	27.89	3.02	1.98	1.60	0.38	624.30
8	41.1	1.64	626.29	624.65	3.77	5.87	1.64	3.61	5.87	1.62	9.50	34.32	3.51	2.31	1.64	0.67	623.98
9	47.0	1.67	626.29	624.62	4.06	5.87	1.67	3.91	5.87	1.65	9.70	37.97	3.77	2.50	1.67	0.83	623.79
10	52.8	1.71	626.29	624.58	4.12	5.87	1.71	4.09	5.87	1.69	9.91	40.53	3.91	2.65	1.71	0.94	623.63
11	58.7	1.78	626.29	624.51	4.37	5.87	1.78	4.24	5.87	1.74	10.24	43.46	4.00	2.85	1.78	1.07	623.43
12	64.6	1.81	626.29	624.47	4.69	5.87	1.81	4.53	5.87	1.80	10.54	47.75	4.22	3.04	1.81	1.23	623.24
13	70.4	1.95	626.29	624.34	4.68	5.87	1.95	4.69	5.87	1.88	11.04	51.73	4.28	3.39	1.95	1.44	622.90
14	76.3	2.16	626.29	624.13	4.42	5.87	2.16	4.55	5.87	2.05	12.05	54.87	4.01	3.68	2.16	1.52	622.61
15	82.2	2.30	626.29	623.99	3.84	5.87	2.30	4.13	5.87	2.23	13.08	54.05	3.53	3.62	2.30	1.32	622.67
16	88.1	2.31	626.29	623.97	3.32	5.87	2.31	3.58	5.87	2.31	13.54	48.48	3.02	3.22	2.31	0.91	623.06
17	93.9	1.53	626.29	624.76	2.73	5.87	2.31	3.02	5.87	1.92	11.28	34.12	2.74	2.98	2.31	0.67	624.08
18	99.8	1.02	626.29	625.27	1.93	5.87	1.53	2.33	5.87	1.27	7.48	17.43	2.52	1.62	1.53	0.09	625.17
19	105.7	0.63	626.29	625.66	1.63	5.87	1.02	1.78	5.87	0.82	4.84	8.61	2.39	0.91	1.02	0.00	625.66
20	111.5	0.33	626.29	625.96	0.84	5.87	0.63	1.24	5.87	0.48	2.81	3.47	2.24	0.46	0.63	0.00	625.96
21	117.4	0.21	626.29	626.08	0.65	5.87	0.33	0.75	5.87	0.27	1.58	1.19	1.90	0.17	0.33	0.00	626.08
22	123.3	0.12	626.29	626.17	0.34	5.87	0.21	0.49	5.87	0.16	0.96	0.47	1.72	0.09	0.21	0.00	626.17
23	129.1	0.06	626.29	626.23	0.14	5.87	0.12	0.24	5.87	0.09	0.50	0.12	1.26	0.03	0.12	0.00	626.23
<b>Min</b>		<b>0.06</b>	<b>626.29</b>	<b>623.97</b>	<b>0.14</b>	<b>0.00</b>	<b>0.12</b>	<b>0.24</b>	<b>5.87</b>	<b>0.09</b>	<b>0.50</b>	<b>0.12</b>	<b>1.26</b>	<b>0.03</b>	<b>0.12</b>	<b>0.00</b>	<b>622.61</b>
<b>Max</b>		<b>2.31</b>	<b>626.29</b>	<b>626.23</b>	<b>4.69</b>	<b>5.87</b>	<b>2.31</b>	<b>4.69</b>	<b>5.87</b>	<b>2.31</b>	<b>13.54</b>	<b>54.87</b>	<b>4.28</b>	<b>3.68</b>	<b>2.31</b>	<b>1.52</b>	<b>626.23</b>
<b>Media</b>		<b>1.23</b>	<b>626.29</b>	<b>625.05</b>	<b>2.57</b>	<b>5.61</b>	<b>1.39</b>	<b>2.67</b>	<b>5.87</b>	<b>1.28</b>	<b>7.54</b>	<b>25.58</b>	<b>2.91</b>	<b>1.84</b>	<b>1.39</b>	<b>0.51</b>	<b>624.57</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM	
	Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Fecha: Mar-21	
Elaborado por: SPVB      Revisado por: TOVB      Emitido para: Tesis      Anexo: 12											Maetria: Ing. Recursos Hídricos		
											Revisión : 0		

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

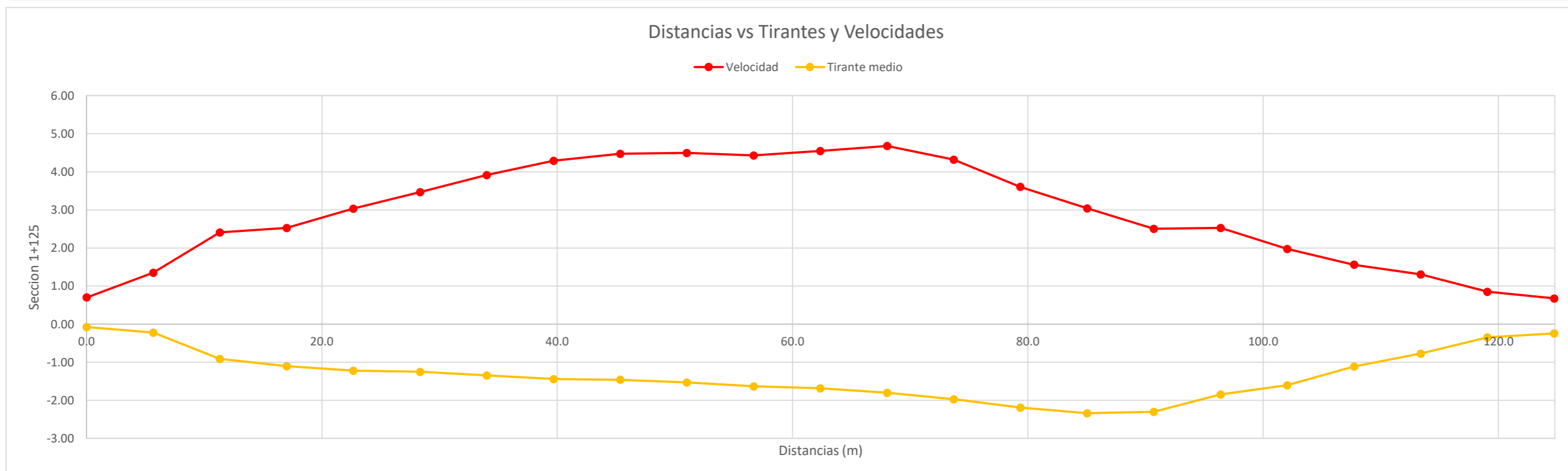
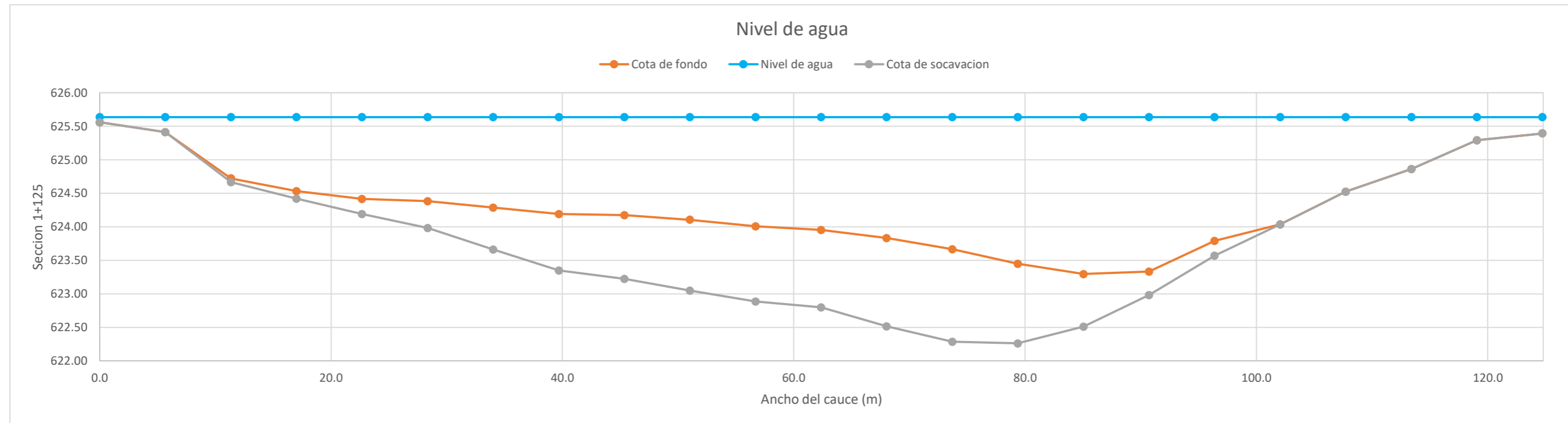
**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**


Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+125
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	124.74 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.08	625.64	625.56	0.70	0.00											625.56
2	5.7	0.22	625.64	625.41	1.35	5.67	0.22	1.03	5.67	0.15	0.85	0.87	3.76	0.18	0.22	0.00	625.41
3	11.3	0.91	625.64	624.72	2.41	5.67	0.91	1.88	5.67	0.57	3.23	6.07	3.10	0.97	0.91	0.06	624.67
4	17.0	1.10	625.64	624.53	2.53	5.67	1.10	2.47	5.67	1.01	5.71	14.11	3.01	1.21	1.10	0.11	624.42
5	22.7	1.22	625.64	624.42	3.03	5.67	1.22	2.78	5.67	1.16	6.58	18.30	3.16	1.44	1.22	0.22	624.19
6	28.4	1.25	625.64	624.38	3.47	5.67	1.25	3.25	5.67	1.24	7.01	22.79	3.59	1.65	1.25	0.40	623.98
7	34.0	1.35	625.64	624.29	3.91	5.67	1.35	3.69	5.67	1.30	7.38	27.23	3.98	1.98	1.35	0.63	623.66
8	39.7	1.44	625.64	624.19	4.29	5.67	1.44	4.10	5.67	1.40	7.92	32.48	4.29	2.29	1.44	0.85	623.35
9	45.4	1.46	625.64	624.18	4.47	5.67	1.46	4.38	5.67	1.45	8.23	36.08	4.50	2.41	1.46	0.95	623.22
10	51.0	1.53	625.64	624.11	4.50	5.67	1.53	4.49	5.67	1.50	8.48	38.03	4.55	2.59	1.53	1.06	623.05
11	56.7	1.63	625.64	624.01	4.43	5.67	1.63	4.47	5.67	1.58	8.96	40.01	4.42	2.75	1.63	1.12	622.89
12	62.4	1.68	625.64	623.95	4.55	5.67	1.68	4.49	5.67	1.66	9.40	42.21	4.36	2.84	1.68	1.15	622.80
13	68.0	1.80	625.64	623.83	4.68	5.67	1.80	4.61	5.67	1.74	9.89	45.64	4.38	3.12	1.80	1.32	622.51
14	73.7	1.97	625.64	623.66	4.32	5.67	1.97	4.50	5.67	1.89	10.71	48.16	4.14	3.35	1.97	1.38	622.29
15	79.4	2.19	625.64	623.45	3.60	5.67	2.19	3.96	5.67	2.08	11.79	46.72	3.51	3.37	2.19	1.19	622.26
16	85.1	2.34	625.64	623.30	3.04	5.67	2.34	3.32	5.67	2.26	12.84	42.64	2.85	3.13	2.34	0.79	622.51
17	90.7	2.30	625.64	623.33	2.50	5.67	2.34	2.77	5.67	2.32	13.16	36.48	2.36	2.69	2.34	0.35	622.98
18	96.4	1.85	625.64	623.79	2.53	5.67	2.30	2.52	5.67	2.07	11.76	29.58	2.23	2.52	2.30	0.22	623.57
19	102.1	1.60	625.64	624.04	1.97	5.67	1.85	2.25	5.67	1.72	9.77	21.98	2.15	1.83	1.85	0.00	624.04
20	107.7	1.11	625.64	624.52	1.56	5.67	1.60	1.77	5.67	1.36	7.69	13.59	1.87	1.36	1.60	0.00	624.52
21	113.4	0.77	625.64	624.86	1.31	5.67	1.11	1.43	5.67	0.94	5.35	7.67	1.81	0.82	1.11	0.00	624.86
22	119.1	0.35	625.64	625.29	0.85	5.67	0.77	1.08	5.67	0.56	3.17	3.43	1.79	0.51	0.77	0.00	625.29
23	124.7	0.24	625.64	625.39	0.68	5.67	0.35	0.76	5.67	0.29	1.66	1.27	1.85	0.18	0.35	0.00	625.39
<b>Min</b>		<b>0.08</b>	<b>625.64</b>	<b>623.30</b>	<b>0.68</b>	<b>0.00</b>	<b>0.22</b>	<b>0.76</b>	<b>5.67</b>	<b>0.15</b>	<b>0.85</b>	<b>0.87</b>	<b>1.79</b>	<b>0.18</b>	<b>0.22</b>	<b>0.00</b>	<b>622.26</b>
<b>Max</b>		<b>2.34</b>	<b>625.64</b>	<b>625.56</b>	<b>4.68</b>	<b>5.67</b>	<b>2.34</b>	<b>4.61</b>	<b>5.67</b>	<b>2.32</b>	<b>13.16</b>	<b>48.16</b>	<b>4.55</b>	<b>3.37</b>	<b>2.34</b>	<b>1.38</b>	<b>625.56</b>
<b>Media</b>		<b>1.32</b>	<b>625.64</b>	<b>624.31</b>	<b>2.90</b>	<b>5.42</b>	<b>1.47</b>	<b>3.00</b>	<b>5.67</b>	<b>1.38</b>	<b>7.80</b>	<b>26.15</b>	<b>3.26</b>	<b>1.96</b>	<b>1.47</b>	<b>0.54</b>	<b>623.80</b>



**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0					

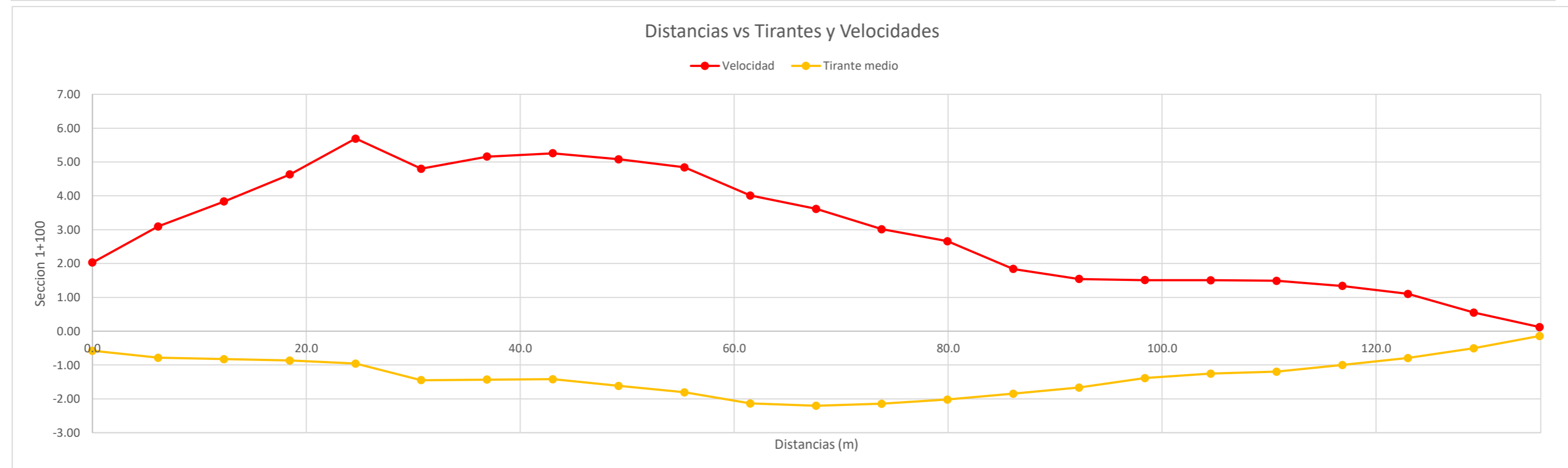
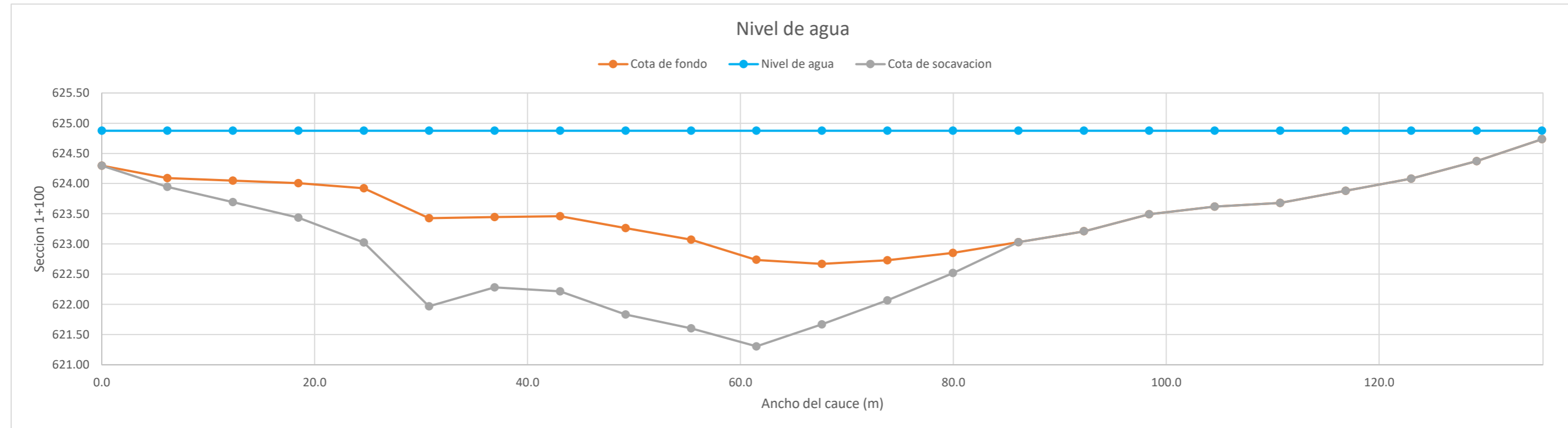
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+100
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	135.30 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.58	624.87	624.30	2.03	0.00											624.30
2	6.2	0.78	624.87	624.09	3.09	6.15	0.78	2.56	6.15	0.68	4.18	10.72	3.78	0.93	0.78	0.14	623.95
3	12.3	0.83	624.87	624.05	3.83	6.15	0.83	3.46	6.15	0.80	4.95	17.14	4.67	1.18	0.83	0.35	623.70
4	18.5	0.87	624.87	624.01	4.63	6.15	0.87	4.23	6.15	0.85	5.21	22.06	5.56	1.44	0.87	0.57	623.44
5	24.6	0.95	624.87	623.92	5.69	6.15	0.95	5.16	6.15	0.91	5.60	28.91	6.53	1.85	0.95	0.90	623.02
6	30.8	1.45	624.87	623.43	4.80	6.15	1.45	5.25	6.15	1.20	7.38	38.73	5.79	2.91	1.45	1.46	621.97
7	36.9	1.43	624.87	623.44	5.16	6.15	1.45	4.98	6.15	1.44	8.85	44.06	5.05	2.61	1.45	1.16	622.28
8	43.1	1.41	624.87	623.46	5.26	6.15	1.43	5.21	6.15	1.42	8.75	45.57	5.31	2.67	1.43	1.24	622.22
9	49.2	1.61	624.87	623.26	5.08	6.15	1.61	5.17	6.15	1.51	9.31	48.12	5.12	3.04	1.61	1.43	621.83
10	55.4	1.80	624.87	623.07	4.84	6.15	1.80	4.96	6.15	1.71	10.50	52.10	4.66	3.27	1.80	1.47	621.60
11	61.5	2.14	624.87	622.74	4.01	6.15	2.14	4.43	6.15	1.97	12.12	53.65	3.92	3.57	2.14	1.43	621.31
12	67.7	2.20	624.87	622.67	3.61	6.15	2.20	3.81	6.15	2.17	13.35	50.92	3.25	3.20	2.20	1.00	621.67
13	73.8	2.14	624.87	622.73	3.02	6.15	2.20	3.32	6.15	2.17	13.37	44.32	2.82	2.87	2.20	0.66	622.07
14	80.0	2.02	624.87	622.85	2.66	6.15	2.14	2.84	6.15	2.08	12.80	36.35	2.46	2.48	2.14	0.34	622.52
15	86.1	1.84	624.87	623.03	1.84	6.15	2.02	2.25	6.15	1.93	11.88	26.74	2.01	1.96	2.02	0.00	623.03
16	92.3	1.67	624.87	623.21	1.54	6.15	1.84	1.69	6.15	1.75	10.79	18.26	1.57	1.43	1.84	0.00	623.21
17	98.4	1.38	624.87	623.49	1.51	6.15	1.67	1.53	6.15	1.52	9.37	14.31	1.51	1.21	1.67	0.00	623.49
18	104.6	1.25	624.87	623.62	1.51	6.15	1.38	1.51	6.15	1.32	8.11	12.24	1.59	0.99	1.38	0.00	623.62
19	110.7	1.20	624.87	623.68	1.49	6.15	1.25	1.50	6.15	1.23	7.54	11.30	1.64	0.89	1.25	0.00	623.68
20	116.9	0.99	624.87	623.88	1.34	6.15	1.20	1.41	6.15	1.10	6.74	9.52	1.63	0.83	1.20	0.00	623.88
21	123.0	0.79	624.87	624.08	1.10	6.15	0.99	1.22	6.15	0.89	5.50	6.70	1.56	0.63	0.99	0.00	624.08
22	129.2	0.50	624.87	624.37	0.55	6.15	0.79	0.82	6.15	0.65	3.99	3.29	1.25	0.39	0.79	0.00	624.37
23	135.3	0.14	624.87	624.73	0.12	6.15	0.50	0.33	6.15	0.32	1.98	0.66	0.76	0.15	0.50	0.00	624.73
<b>Min</b>		<b>0.14</b>	<b>624.87</b>	<b>622.67</b>	<b>0.12</b>	<b>0.00</b>	<b>0.50</b>	<b>0.33</b>	<b>6.15</b>	<b>0.32</b>	<b>1.98</b>	<b>0.66</b>	<b>0.76</b>	<b>0.15</b>	<b>0.50</b>	<b>0.00</b>	<b>621.31</b>
<b>Max</b>		<b>2.20</b>	<b>624.87</b>	<b>624.73</b>	<b>5.69</b>	<b>6.15</b>	<b>2.20</b>	<b>5.25</b>	<b>6.15</b>	<b>2.17</b>	<b>13.37</b>	<b>53.65</b>	<b>6.53</b>	<b>3.57</b>	<b>2.20</b>	<b>1.47</b>	<b>624.73</b>
<b>Media</b>		<b>1.30</b>	<b>624.87</b>	<b>623.57</b>	<b>2.99</b>	<b>5.88</b>	<b>1.43</b>	<b>3.08</b>	<b>6.15</b>	<b>1.35</b>	<b>8.28</b>	<b>27.08</b>	<b>3.29</b>	<b>1.84</b>	<b>1.43</b>	<b>0.55</b>	<b>623.04</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM				
												Fecha: Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0							

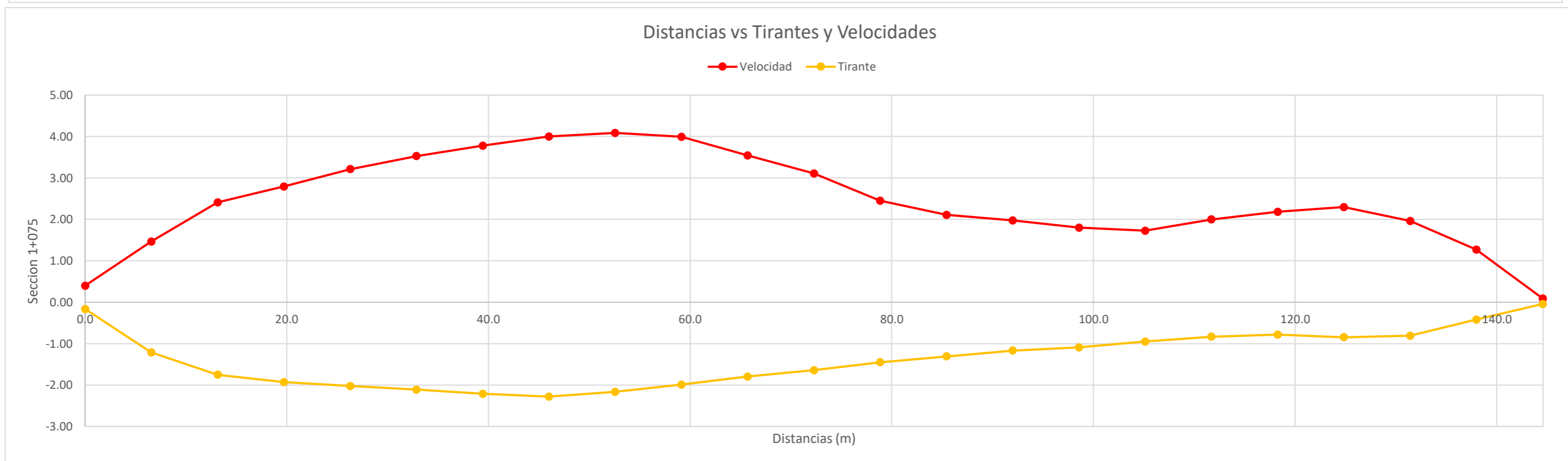
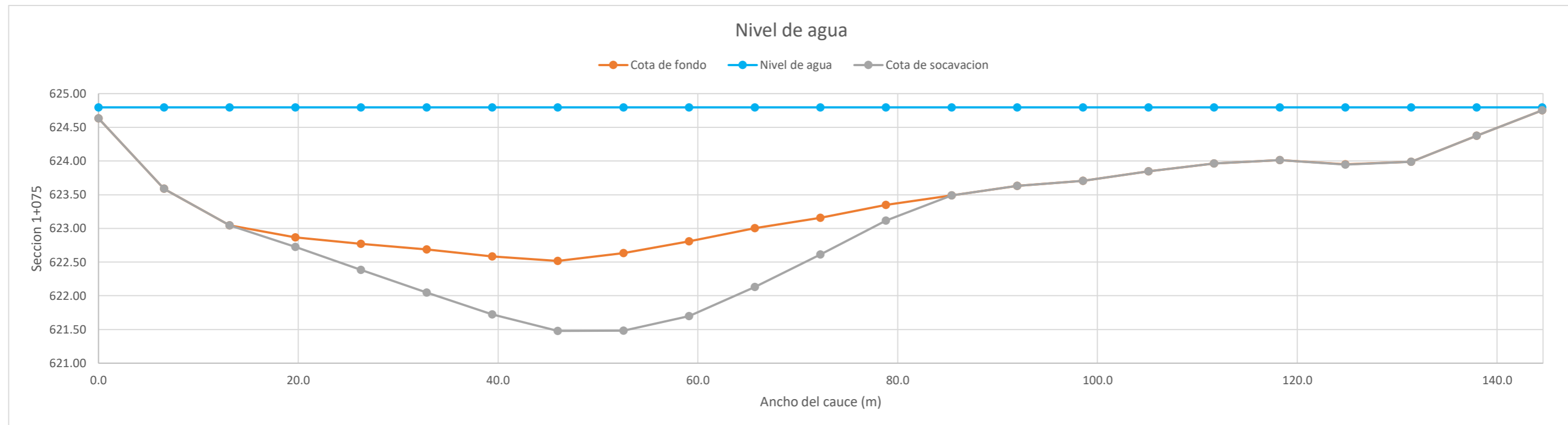
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+075
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	144.54 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.16	624.80	624.63	0.40	0.00											624.63
2	6.6	1.21	624.80	623.59	1.47	6.57	1.21	0.93	6.57	0.69	4.51	4.20	1.36	0.73	1.21	0.00	623.59
3	13.1	1.75	624.80	623.05	2.41	6.57	1.75	1.94	6.57	1.48	9.73	18.86	1.91	1.56	1.75	0.00	623.05
4	19.7	1.93	624.80	622.87	2.79	6.57	1.93	2.60	6.57	1.84	12.09	31.47	2.33	2.07	1.93	0.14	622.72
5	26.3	2.02	624.80	622.77	3.21	6.57	2.02	3.00	6.57	1.98	12.99	38.99	2.61	2.41	2.02	0.39	622.39
6	32.9	2.11	624.80	622.69	3.53	6.57	2.11	3.37	6.57	2.07	13.58	45.76	2.88	2.75	2.11	0.64	622.05
7	39.4	2.21	624.80	622.58	3.78	6.57	2.21	3.65	6.57	2.16	14.19	51.87	3.06	3.07	2.21	0.86	621.72
8	46.0	2.28	624.80	622.52	4.00	6.57	2.28	3.89	6.57	2.25	14.76	57.39	3.21	3.32	2.28	1.04	621.48
9	52.6	2.16	624.80	622.63	4.09	6.57	2.28	4.04	6.57	2.22	14.59	58.99	3.35	3.43	2.28	1.15	621.48
10	59.1	1.99	624.80	622.81	4.00	6.57	2.16	4.04	6.57	2.07	13.63	55.09	3.44	3.27	2.16	1.11	621.70
11	65.7	1.79	624.80	623.00	3.54	6.57	1.99	3.77	6.57	1.89	12.42	46.82	3.34	2.86	1.99	0.87	622.13
12	72.3	1.64	624.80	623.16	3.11	6.57	1.79	3.33	6.57	1.72	11.28	37.52	3.07	2.34	1.79	0.55	622.61
13	78.8	1.45	624.80	623.35	2.45	6.57	1.64	2.78	6.57	1.54	10.15	28.21	2.69	1.87	1.64	0.23	623.11
14	85.4	1.31	624.80	623.49	2.11	6.57	1.45	2.28	6.57	1.38	9.06	20.66	2.33	1.42	1.45	0.00	623.49
15	92.0	1.17	624.80	623.63	1.97	6.57	1.31	2.04	6.57	1.24	8.13	16.60	2.19	1.18	1.31	0.00	623.63
16	98.6	1.09	624.80	623.71	1.80	6.57	1.17	1.89	6.57	1.13	7.42	13.99	2.12	0.99	1.17	0.00	623.71
17	105.1	0.95	624.80	623.85	1.73	6.57	1.09	1.76	6.57	1.02	6.70	11.83	2.08	0.90	1.09	0.00	623.85
18	111.7	0.83	624.80	623.96	2.00	6.57	0.95	1.86	6.57	0.89	5.86	10.91	2.36	0.83	0.95	0.00	623.96
19	118.3	0.78	624.80	624.02	2.19	6.57	0.83	2.09	6.57	0.81	5.30	11.09	2.79	0.79	0.83	0.00	624.02
20	124.8	0.85	624.80	623.95	2.29	6.57	0.85	2.24	6.57	0.81	5.35	11.97	2.98	0.85	0.85	0.01	623.95
21	131.4	0.81	624.80	623.99	1.96	6.57	0.85	2.13	6.57	0.83	5.43	11.57	2.81	0.81	0.85	0.00	623.99
22	138.0	0.42	624.80	624.38	1.27	6.57	0.81	1.62	6.57	0.61	4.04	6.53	2.51	0.70	0.81	0.00	624.38
23	144.5	0.04	624.80	624.75	0.09	6.57	0.42	0.68	6.57	0.23	1.52	1.04	1.89	0.24	0.42	0.00	624.75
<b>Min</b>		<b>0.04</b>	<b>624.80</b>	<b>622.52</b>	<b>0.09</b>	<b>0.00</b>	<b>0.42</b>	<b>0.68</b>	<b>6.57</b>	<b>0.23</b>	<b>1.52</b>	<b>1.04</b>	<b>1.36</b>	<b>0.24</b>	<b>0.42</b>	<b>0.00</b>	<b>621.48</b>
<b>Max</b>		<b>2.28</b>	<b>624.80</b>	<b>624.75</b>	<b>4.09</b>	<b>6.57</b>	<b>2.28</b>	<b>4.04</b>	<b>6.57</b>	<b>2.25</b>	<b>14.76</b>	<b>58.99</b>	<b>3.44</b>	<b>3.43</b>	<b>2.28</b>	<b>1.15</b>	<b>624.75</b>
<b>Media</b>		<b>1.35</b>	<b>624.80</b>	<b>623.45</b>	<b>2.44</b>	<b>6.28</b>	<b>1.50</b>	<b>2.54</b>	<b>6.57</b>	<b>1.40</b>	<b>9.21</b>	<b>26.88</b>	<b>2.60</b>	<b>1.75</b>	<b>1.50</b>	<b>0.32</b>	<b>623.15</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>						UNALM		
							Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"						Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0

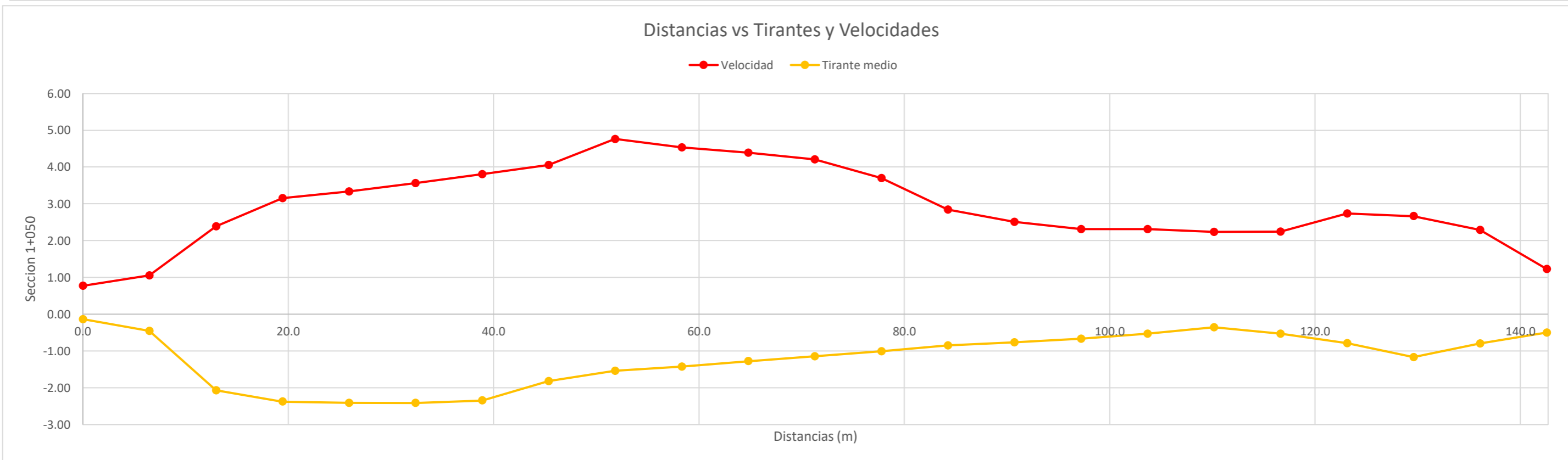
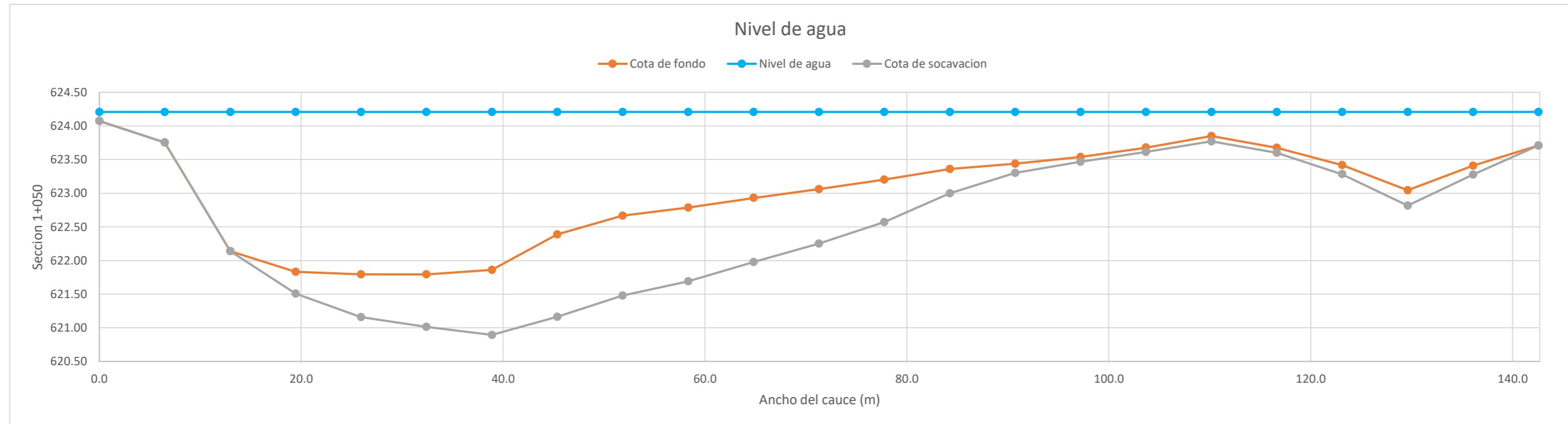
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**


Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+050
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	142.56 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.13	624.21	624.07	0.77	0.00											624.07
2	6.5	0.45	624.21	623.76	1.06	6.48	0.45	0.91	6.48	0.29	1.90	1.74	2.19	0.29	0.45	0.00	623.76
3	13.0	2.07	624.21	622.14	2.39	6.48	2.07	1.72	6.48	1.26	8.17	14.09	1.84	1.88	2.07	0.00	622.14
4	19.4	2.38	624.21	621.83	3.15	6.48	2.38	2.77	6.48	2.22	14.41	39.94	2.31	2.70	2.38	0.32	621.51
5	25.9	2.41	624.21	621.79	3.34	6.48	2.41	3.24	6.48	2.40	15.52	50.36	2.62	3.05	2.41	0.64	621.16
6	32.4	2.42	624.21	621.79	3.57	6.48	2.42	3.45	6.48	2.41	15.65	53.99	2.78	3.20	2.42	0.78	621.01
7	38.9	2.35	624.21	621.86	3.81	6.48	2.42	3.69	6.48	2.38	15.43	56.89	2.99	3.38	2.42	0.97	620.89
8	45.4	1.82	624.21	622.39	4.06	6.48	2.35	3.93	6.48	2.08	13.50	53.10	3.36	3.57	2.35	1.22	621.16
9	51.8	1.54	624.21	622.67	4.76	6.48	1.82	4.41	6.48	1.68	10.89	48.04	4.12	3.01	1.82	1.19	621.48
10	58.3	1.42	624.21	622.79	4.54	6.48	1.54	4.65	6.48	1.48	9.60	44.66	4.60	2.64	1.54	1.09	621.69
11	64.8	1.28	624.21	622.93	4.39	6.48	1.42	4.46	6.48	1.35	8.75	39.06	4.61	2.38	1.42	0.95	621.98
12	71.3	1.15	624.21	623.06	4.21	6.48	1.28	4.30	6.48	1.21	7.86	33.78	4.67	2.09	1.28	0.81	622.25
13	77.8	1.01	624.21	623.20	3.70	6.48	1.15	3.95	6.48	1.08	6.98	27.61	4.55	1.78	1.15	0.63	622.57
14	84.2	0.85	624.21	623.36	2.85	6.48	1.01	3.27	6.48	0.93	6.01	19.68	4.07	1.37	1.01	0.36	623.00
15	90.7	0.77	624.21	623.44	2.51	6.48	0.85	2.68	6.48	0.81	5.24	14.03	3.58	0.99	0.85	0.14	623.30
16	97.2	0.67	624.21	623.54	2.31	6.48	0.77	2.41	6.48	0.72	4.66	11.23	3.43	0.84	0.77	0.07	623.47
17	103.7	0.53	624.21	623.68	2.31	6.48	0.67	2.31	6.48	0.60	3.89	8.99	3.64	0.73	0.67	0.06	623.61
18	110.2	0.36	624.21	623.85	2.24	6.48	0.53	2.28	6.48	0.44	2.88	6.55	4.26	0.61	0.53	0.08	623.77
19	116.6	0.53	624.21	623.67	2.25	6.48	0.53	2.24	6.48	0.45	2.89	6.47	4.19	0.61	0.53	0.07	623.60
20	123.1	0.79	624.21	623.42	2.74	6.48	0.79	2.49	6.48	0.66	4.29	10.68	3.71	0.93	0.79	0.14	623.28
21	129.6	1.16	624.21	623.04	2.66	6.48	1.16	2.70	6.48	0.98	6.33	17.10	3.27	1.39	1.16	0.23	622.81
22	136.1	0.80	624.21	623.41	2.29	6.48	1.16	2.48	6.48	0.98	6.36	15.75	2.99	1.30	1.16	0.14	623.28
23	142.6	0.50	624.21	623.71	1.23	6.48	0.80	1.76	6.48	0.65	4.20	7.38	2.65	0.72	0.80	0.00	623.71
<b>Min</b>		<b>0.13</b>	<b>624.21</b>	<b>621.79</b>	<b>0.77</b>	<b>0.00</b>	<b>0.45</b>	<b>0.91</b>	<b>6.48</b>	<b>0.29</b>	<b>1.90</b>	<b>1.74</b>	<b>1.84</b>	<b>0.29</b>	<b>0.45</b>	<b>0.00</b>	<b>620.89</b>
<b>Max</b>		<b>2.42</b>	<b>624.21</b>	<b>624.07</b>	<b>4.76</b>	<b>6.48</b>	<b>2.42</b>	<b>4.65</b>	<b>6.48</b>	<b>2.41</b>	<b>15.65</b>	<b>56.89</b>	<b>4.67</b>	<b>3.57</b>	<b>2.42</b>	<b>1.22</b>	<b>624.07</b>
<b>Media</b>		<b>1.19</b>	<b>624.21</b>	<b>623.02</b>	<b>2.92</b>	<b>6.20</b>	<b>1.36</b>	<b>3.01</b>	<b>6.48</b>	<b>1.23</b>	<b>7.97</b>	<b>26.42</b>	<b>3.47</b>	<b>1.79</b>	<b>1.36</b>	<b>0.45</b>	<b>622.59</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**





 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM						
												Fecha: Mar-21						
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos							
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0									

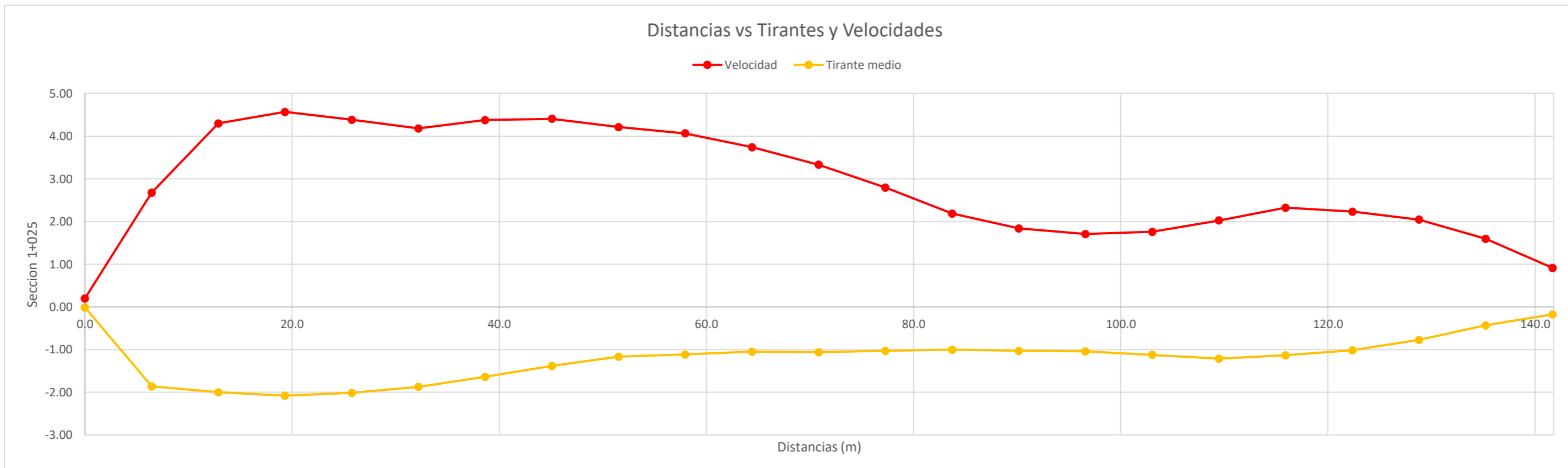
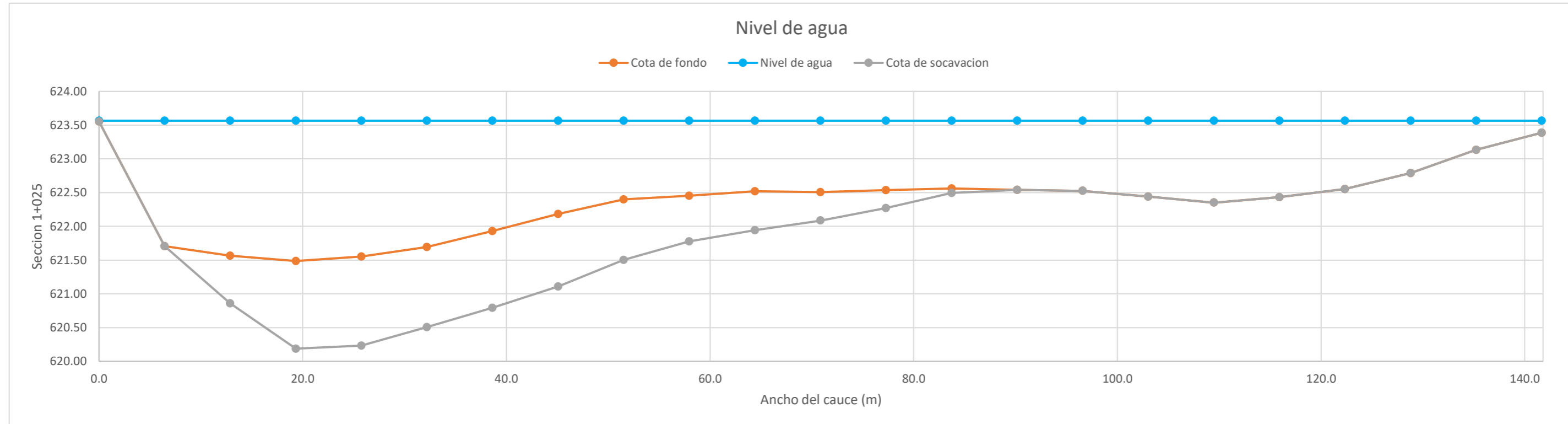
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+025
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	141.68 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.01	623.57	623.55	0.20	0.00											623.55
2	6.4	1.86	623.57	621.71	2.68	6.44	1.86	1.44	6.44	0.94	6.03	8.67	1.78	1.60	1.86	0.00	621.71
3	12.9	2.00	623.57	621.57	4.30	6.44	2.00	3.49	6.44	1.93	12.43	43.38	3.08	2.71	2.00	0.71	620.86
4	19.3	2.08	623.57	621.49	4.57	6.44	2.08	4.44	6.44	2.04	13.14	58.29	3.83	3.38	2.08	1.30	620.19
5	25.8	2.01	623.57	621.55	4.39	6.44	2.08	4.48	6.44	2.05	13.18	59.03	3.86	3.40	2.08	1.32	620.23
6	32.2	1.87	623.57	621.69	4.18	6.44	2.01	4.29	6.44	1.94	12.51	53.61	3.77	3.20	2.01	1.19	620.51
7	38.6	1.64	623.57	621.93	4.38	6.44	1.87	4.28	6.44	1.75	11.30	48.37	3.93	3.01	1.87	1.14	620.79
8	45.1	1.38	623.57	622.18	4.41	6.44	1.64	4.39	6.44	1.51	9.72	42.72	4.31	2.71	1.64	1.07	621.11
9	51.5	1.17	623.57	622.40	4.21	6.44	1.38	4.31	6.44	1.28	8.21	35.41	4.58	2.28	1.38	0.89	621.50
10	58.0	1.11	623.57	622.45	4.07	6.44	1.17	4.14	6.44	1.14	7.35	30.42	4.64	1.84	1.17	0.68	621.78
11	64.4	1.05	623.57	622.52	3.74	6.44	1.11	3.90	6.44	1.08	6.96	27.17	4.50	1.69	1.11	0.58	621.94
12	70.8	1.06	623.57	622.51	3.33	6.44	1.06	3.54	6.44	1.05	6.79	24.00	4.13	1.48	1.06	0.42	622.09
13	77.3	1.03	623.57	622.54	2.80	6.44	1.06	3.06	6.44	1.04	6.72	20.61	3.59	1.33	1.06	0.27	622.27
14	83.7	1.00	623.57	622.56	2.19	6.44	1.03	2.49	6.44	1.02	6.55	16.31	2.96	1.09	1.03	0.07	622.49
15	90.2	1.03	623.57	622.54	1.84	6.44	1.03	2.01	6.44	1.02	6.54	13.16	2.39	0.92	1.03	0.00	622.54
16	96.6	1.04	623.57	622.53	1.71	6.44	1.04	1.77	6.44	1.03	6.65	11.79	2.09	0.84	1.04	0.00	622.53
17	103.0	1.12	623.57	622.44	1.76	6.44	1.12	1.73	6.44	1.08	6.96	12.08	2.00	0.90	1.12	0.00	622.44
18	109.5	1.21	623.57	622.35	2.03	6.44	1.21	1.89	6.44	1.17	7.53	14.24	2.10	1.04	1.21	0.00	622.35
19	115.9	1.13	623.57	622.43	2.32	6.44	1.21	2.17	6.44	1.17	7.56	16.43	2.40	1.16	1.21	0.00	622.43
20	122.4	1.01	623.57	622.55	2.23	6.44	1.13	2.28	6.44	1.07	6.91	15.74	2.63	1.13	1.13	0.00	622.55
21	128.8	0.77	623.57	622.79	2.05	6.44	1.01	2.14	6.44	0.89	5.76	12.31	2.71	1.00	1.01	0.00	622.79
22	135.2	0.43	623.57	623.13	1.59	6.44	0.77	1.82	6.44	0.60	3.89	7.07	2.86	0.73	0.77	0.00	623.13
23	141.7	0.18	623.57	623.39	0.91	6.44	0.43	1.25	6.44	0.31	1.96	2.46	2.94	0.35	0.43	0.00	623.39
<b>Min</b>		<b>0.01</b>	<b>623.57</b>	<b>621.49</b>	<b>0.20</b>	<b>0.00</b>	<b>0.43</b>	<b>1.25</b>	<b>6.44</b>	<b>0.31</b>	<b>1.96</b>	<b>2.46</b>	<b>1.78</b>	<b>0.35</b>	<b>0.43</b>	<b>0.00</b>	<b>620.19</b>
<b>Max</b>		<b>2.08</b>	<b>623.57</b>	<b>623.55</b>	<b>4.57</b>	<b>6.44</b>	<b>2.08</b>	<b>4.48</b>	<b>6.44</b>	<b>2.05</b>	<b>13.18</b>	<b>59.03</b>	<b>4.64</b>	<b>3.40</b>	<b>2.08</b>	<b>1.32</b>	<b>623.55</b>
<b>Media</b>		<b>1.18</b>	<b>623.57</b>	<b>622.38</b>	<b>2.86</b>	<b>6.16</b>	<b>1.33</b>	<b>2.97</b>	<b>6.44</b>	<b>1.23</b>	<b>7.94</b>	<b>26.06</b>	<b>3.23</b>	<b>1.72</b>	<b>1.33</b>	<b>0.44</b>	<b>621.96</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>										UNALM	
											Fecha: Mar-21	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"										Maetria: Ing. Recursos Hídricos		
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0			

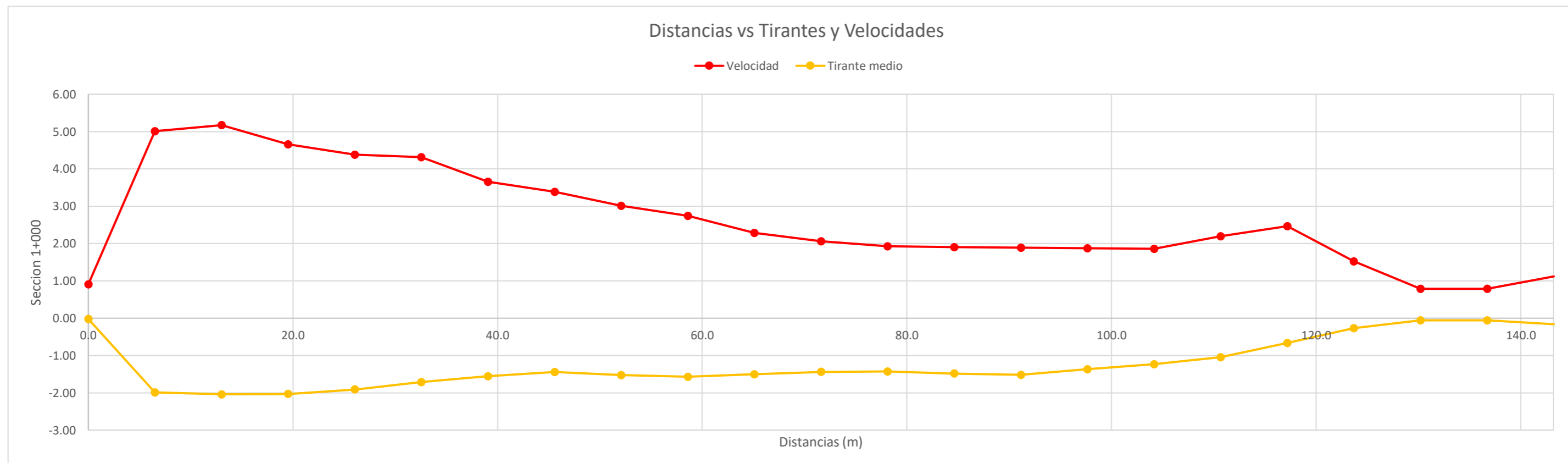
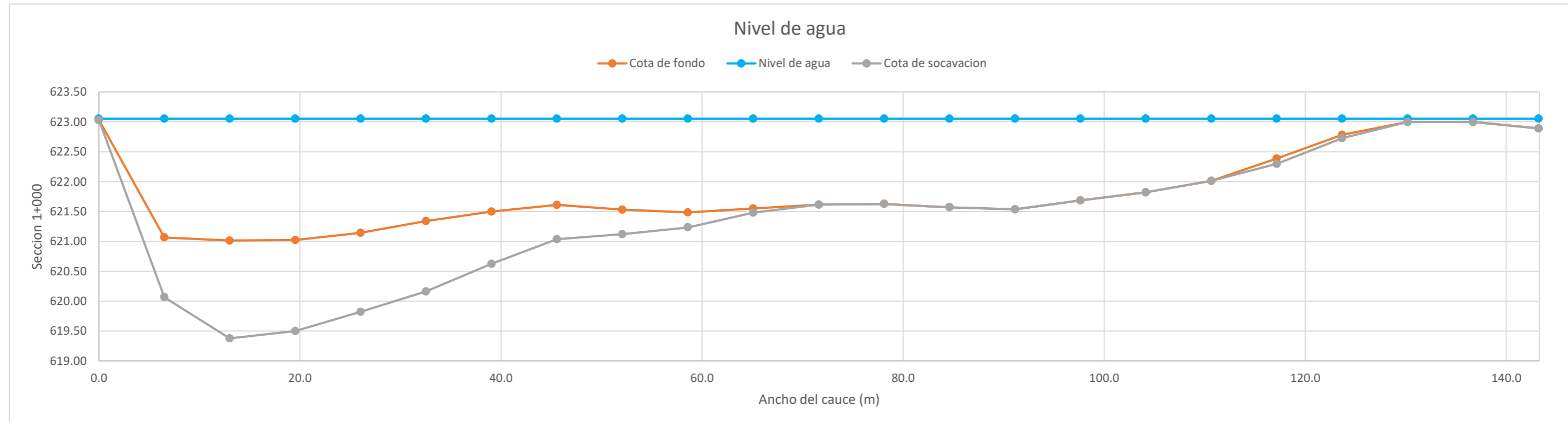
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		1+000
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	143.22 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.02	623.05	623.03	0.91	0.00											623.03
2	6.5	1.99	623.05	621.07	5.01	6.51	1.99	2.96	6.51	1.00	6.54	19.35	3.53	2.99	1.99	1.00	620.07
3	13.0	2.04	623.05	621.01	5.17	6.51	2.04	5.09	6.51	2.01	13.11	66.74	4.40	3.68	2.04	1.64	619.38
4	19.5	2.03	623.05	621.02	4.66	6.51	2.04	4.92	6.51	2.03	13.25	65.11	4.23	3.56	2.04	1.53	619.50
5	26.0	1.91	623.05	621.14	4.38	6.51	2.03	4.52	6.51	1.97	12.83	57.98	3.94	3.35	2.03	1.32	619.82
6	32.6	1.71	623.05	621.34	4.31	6.51	1.91	4.35	6.51	1.81	11.80	51.30	3.93	3.09	1.91	1.18	620.16
7	39.1	1.55	623.05	621.50	3.66	6.51	1.71	3.98	6.51	1.63	10.64	42.38	3.77	2.59	1.71	0.88	620.62
8	45.6	1.44	623.05	621.61	3.39	6.51	1.55	3.52	6.51	1.50	9.75	34.32	3.46	2.13	1.55	0.58	621.04
9	52.1	1.52	623.05	621.53	3.01	6.51	1.52	3.20	6.51	1.48	9.65	30.88	3.16	1.93	1.52	0.41	621.12
10	58.6	1.57	623.05	621.48	2.74	6.51	1.57	2.88	6.51	1.55	10.07	28.97	2.79	1.82	1.57	0.25	621.23
11	65.1	1.50	623.05	621.55	2.28	6.51	1.57	2.51	6.51	1.54	10.00	25.13	2.44	1.64	1.57	0.07	621.48
12	71.6	1.44	623.05	621.61	2.06	6.51	1.50	2.17	6.51	1.47	9.57	20.82	2.16	1.40	1.50	0.00	621.61
13	78.1	1.43	623.05	621.63	1.92	6.51	1.44	1.99	6.51	1.43	9.33	18.60	2.00	1.25	1.44	0.00	621.63
14	84.6	1.48	623.05	621.57	1.90	6.51	1.48	1.91	6.51	1.45	9.47	18.13	1.91	1.25	1.48	0.00	621.57
15	91.1	1.52	623.05	621.54	1.89	6.51	1.52	1.90	6.51	1.50	9.77	18.52	1.86	1.27	1.52	0.00	621.54
16	97.7	1.37	623.05	621.68	1.87	6.51	1.52	1.88	6.51	1.44	9.40	17.67	1.88	1.28	1.52	0.00	621.68
17	104.2	1.23	623.05	621.82	1.86	6.51	1.37	1.87	6.51	1.30	8.46	15.79	1.96	1.15	1.37	0.00	621.82
18	110.7	1.04	623.05	622.01	2.19	6.51	1.23	2.03	6.51	1.14	7.40	15.01	2.27	1.13	1.23	0.00	622.01
19	117.2	0.67	623.05	622.39	2.46	6.51	1.04	2.33	6.51	0.85	5.56	12.95	3.02	1.13	1.04	0.09	622.30
20	123.7	0.27	623.05	622.78	1.52	6.51	0.67	1.99	6.51	0.47	3.04	6.07	3.62	0.72	0.67	0.06	622.72
21	130.2	0.06	623.05	623.00	0.79	6.51	0.27	1.16	6.51	0.16	1.06	1.23	4.00	0.24	0.27	0.00	623.00
22	136.7	0.06	623.05	623.00	0.79	6.51	0.06	0.79	6.51	0.06	0.37	0.29	5.38	0.04	0.06	0.00	623.00
23	143.2	0.16	623.05	622.89	1.12	6.51	0.16	0.96	6.51	0.11	0.72	0.68	4.25	0.13	0.16	0.00	622.89
<b>Min</b>		<b>0.02</b>	<b>623.05</b>	<b>621.01</b>	<b>0.79</b>	<b>0.00</b>	<b>0.06</b>	<b>0.79</b>	<b>6.51</b>	<b>0.06</b>	<b>0.37</b>	<b>0.29</b>	<b>1.86</b>	<b>0.04</b>	<b>0.06</b>	<b>0.00</b>	<b>619.38</b>
<b>Max</b>		<b>2.04</b>	<b>623.05</b>	<b>623.03</b>	<b>5.17</b>	<b>6.51</b>	<b>2.04</b>	<b>5.09</b>	<b>6.51</b>	<b>2.03</b>	<b>13.25</b>	<b>66.74</b>	<b>5.38</b>	<b>3.68</b>	<b>2.04</b>	<b>1.64</b>	<b>623.03</b>
<b>Media</b>		<b>1.22</b>	<b>623.05</b>	<b>621.84</b>	<b>2.61</b>	<b>6.23</b>	<b>1.37</b>	<b>2.68</b>	<b>6.51</b>	<b>1.27</b>	<b>8.26</b>	<b>25.81</b>	<b>3.18</b>	<b>1.72</b>	<b>1.37</b>	<b>0.41</b>	<b>621.44</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM				
												Fecha:		Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"													Maetria:		Ing. Recursos Hídricos	
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0							

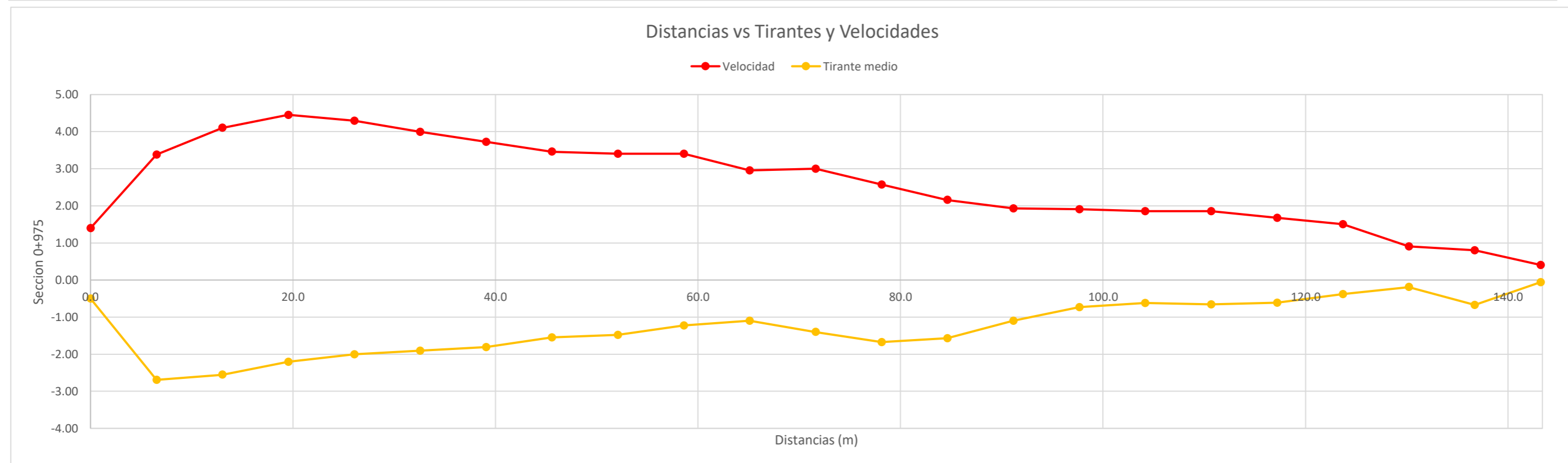
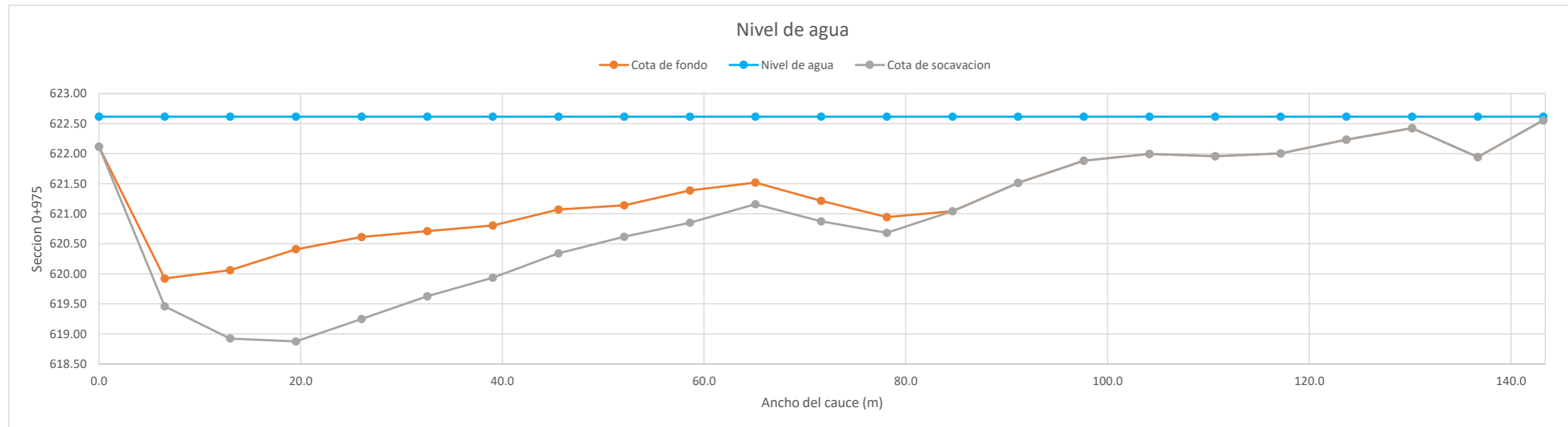
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+975
Coefficiente que depende del Tr:	$\beta$	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	$1/(1+X)$	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	143.22 m
Coefficiente de contracción:	$\mu$	1.00 ( $\mu = 1$ , si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	$\alpha$ (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.50	622.62	622.12	1.40	0.00											622.12
2	6.5	2.69	622.62	619.92	3.38	6.51	2.69	2.39	6.51	1.60	10.39	24.83	2.28	3.16	2.69	0.47	619.46
3	13.0	2.55	622.62	620.06	4.10	6.51	2.69	3.74	6.51	2.62	17.07	63.90	2.92	3.83	2.69	1.14	618.92
4	19.5	2.21	622.62	620.41	4.45	6.51	2.55	4.28	6.51	2.38	15.49	66.29	3.46	4.09	2.55	1.53	618.88
5	26.0	2.00	622.62	620.61	4.30	6.51	2.21	4.37	6.51	2.11	13.71	59.97	3.71	3.57	2.21	1.36	619.25
6	32.6	1.91	622.62	620.71	3.99	6.51	2.00	4.14	6.51	1.96	12.73	52.74	3.63	3.09	2.00	1.08	619.63
7	39.1	1.81	622.62	620.80	3.73	6.51	1.91	3.86	6.51	1.86	12.10	46.70	3.45	2.78	1.91	0.87	619.93
8	45.6	1.54	622.62	621.07	3.46	6.51	1.81	3.59	6.51	1.68	10.92	39.26	3.36	2.54	1.81	0.73	620.34
9	52.1	1.48	622.62	621.14	3.41	6.51	1.54	3.43	6.51	1.51	9.84	33.78	3.36	2.06	1.54	0.52	620.62
10	58.6	1.23	622.62	621.39	3.40	6.51	1.48	3.40	6.51	1.35	8.81	29.99	3.51	2.01	1.48	0.54	620.85
11	65.1	1.10	622.62	621.52	2.96	6.51	1.23	3.18	6.51	1.16	7.57	24.06	3.53	1.59	1.23	0.36	621.16
12	71.6	1.40	622.62	621.22	3.00	6.51	1.40	2.98	6.51	1.25	8.13	24.21	3.19	1.74	1.40	0.34	620.87
13	78.1	1.67	622.62	620.94	2.58	6.51	1.67	2.79	6.51	1.54	10.00	27.88	2.71	1.93	1.67	0.26	620.68
14	84.6	1.57	622.62	621.04	2.16	6.51	1.67	2.37	6.51	1.62	10.56	25.00	2.25	1.67	1.67	0.00	621.04
15	91.1	1.10	622.62	621.51	1.93	6.51	1.57	2.05	6.51	1.34	8.70	17.81	2.12	1.47	1.57	0.00	621.51
16	97.7	0.73	622.62	621.88	1.91	6.51	1.10	1.92	6.51	0.92	5.96	11.45	2.40	1.02	1.10	0.00	621.88
17	104.2	0.62	622.62	621.99	1.86	6.51	0.73	1.88	6.51	0.68	4.40	8.28	2.77	0.66	0.73	0.00	621.99
18	110.7	0.66	622.62	621.96	1.85	6.51	0.66	1.85	6.51	0.64	4.16	7.71	2.82	0.58	0.66	0.00	621.96
19	117.2	0.61	622.62	622.00	1.68	6.51	0.66	1.76	6.51	0.63	4.13	7.29	2.69	0.56	0.66	0.00	622.00
20	123.7	0.38	622.62	622.24	1.51	6.51	0.61	1.59	6.51	0.50	3.23	5.14	2.79	0.53	0.61	0.00	622.24
21	130.2	0.19	622.62	622.43	0.91	6.51	0.38	1.21	6.51	0.29	1.86	2.24	2.95	0.30	0.38	0.00	622.43
22	136.7	0.67	622.62	621.94	0.80	6.51	0.67	0.86	6.51	0.43	2.80	2.40	1.63	0.39	0.67	0.00	621.94
23	143.2	0.06	622.62	622.56	0.41	6.51	0.67	0.61	6.51	0.36	2.37	1.44	1.27	0.32	0.67	0.00	622.56
<b>Min</b>		<b>0.06</b>	<b>622.62</b>	<b>619.92</b>	<b>0.41</b>	<b>0.00</b>	<b>0.38</b>	<b>0.61</b>	<b>6.51</b>	<b>0.29</b>	<b>1.86</b>	<b>1.44</b>	<b>1.27</b>	<b>0.30</b>	<b>0.38</b>	<b>0.00</b>	<b>618.88</b>
<b>Max</b>		<b>2.69</b>	<b>622.62</b>	<b>622.56</b>	<b>4.45</b>	<b>6.51</b>	<b>2.69</b>	<b>4.37</b>	<b>6.51</b>	<b>2.62</b>	<b>17.07</b>	<b>66.29</b>	<b>3.71</b>	<b>4.09</b>	<b>2.69</b>	<b>1.53</b>	<b>622.56</b>
<b>Media</b>		<b>1.25</b>	<b>622.62</b>	<b>621.37</b>	<b>2.57</b>	<b>6.23</b>	<b>1.45</b>	<b>2.65</b>	<b>6.51</b>	<b>1.29</b>	<b>8.41</b>	<b>26.47</b>	<b>2.85</b>	<b>1.81</b>	<b>1.45</b>	<b>0.42</b>	<b>620.97</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>										UNALM		
											Fecha:		Mar-21
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"												Maetria:	
												Ing. Recursos Hídricos	
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0				

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

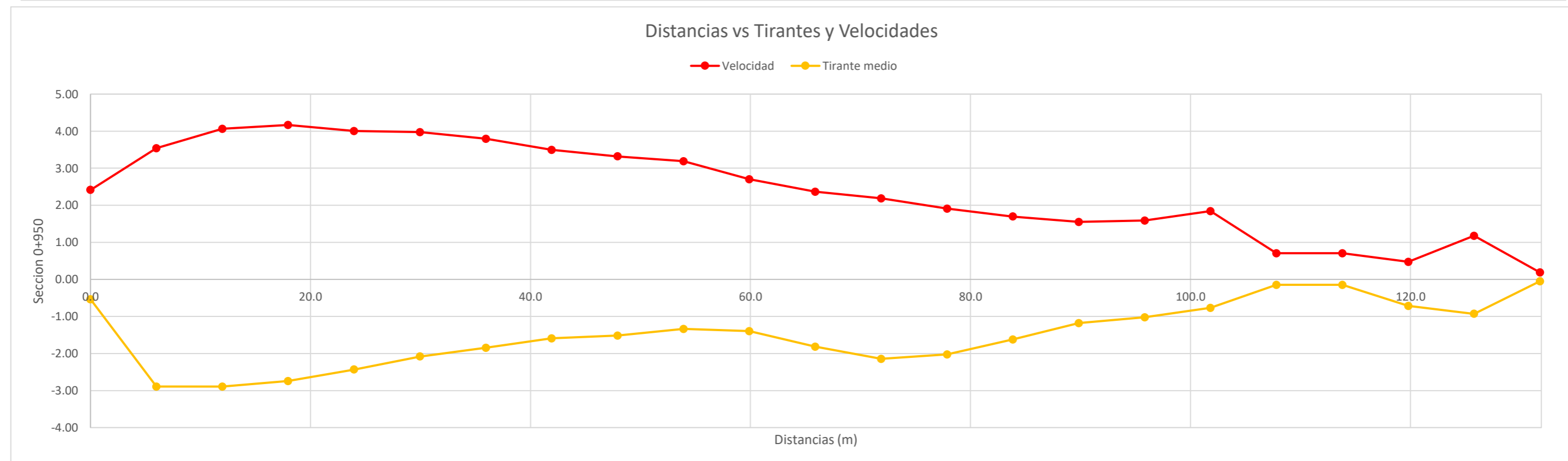
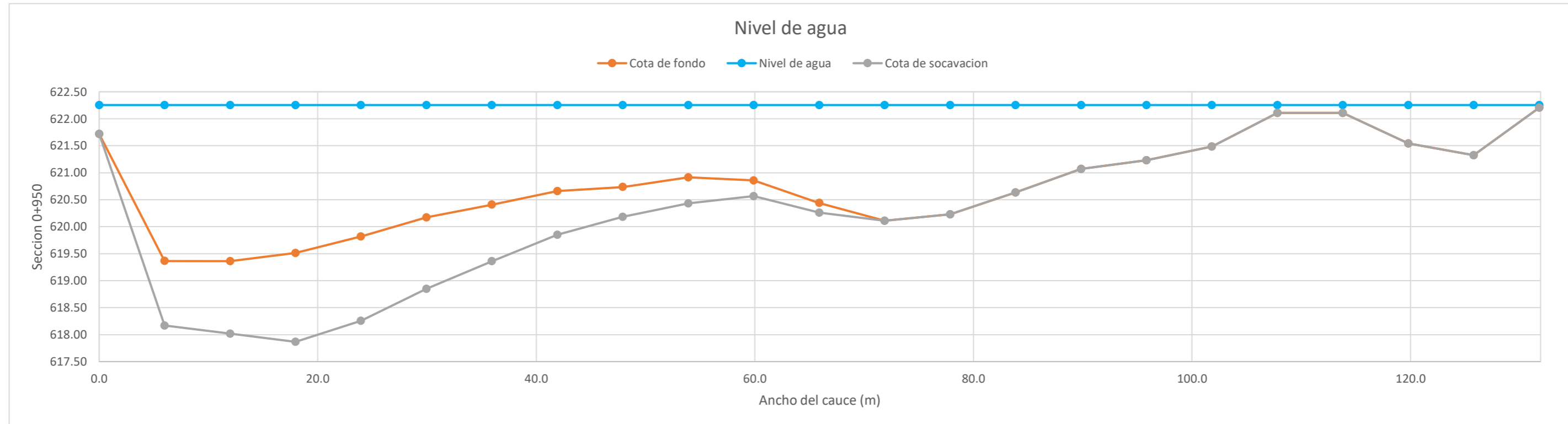
**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**


Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+950
Coefficiente que depende del Tr:	$\beta$	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	$1/(1+X)$	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	131.78 m
Coefficiente de contracción:	$\mu$	1.00 ( $\mu = 1$ , si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	$\alpha$ (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.54	622.25	621.72	2.42	0.00											621.72
2	6.0	2.89	622.25	619.37	3.54	5.99	2.89	2.98	5.99	1.71	10.25	30.55	2.81	4.08	2.89	1.19	618.17
3	12.0	2.89	622.25	619.36	4.06	5.99	2.89	3.80	5.99	2.89	17.31	65.86	2.94	4.23	2.89	1.34	618.02
4	18.0	2.74	622.25	619.51	4.17	5.99	2.89	4.12	5.99	2.82	16.88	69.46	3.21	4.54	2.89	1.64	617.87
5	24.0	2.43	622.25	619.82	4.00	5.99	2.74	4.08	5.99	2.59	15.50	63.30	3.28	4.31	2.74	1.56	618.26
6	30.0	2.08	622.25	620.17	3.98	5.99	2.43	3.99	5.99	2.26	13.51	53.90	3.37	3.76	2.43	1.32	618.85
7	35.9	1.85	622.25	620.41	3.80	5.99	2.08	3.89	5.99	1.96	11.75	45.69	3.47	3.13	2.08	1.05	619.36
8	41.9	1.59	622.25	620.66	3.50	5.99	1.85	3.65	5.99	1.72	10.29	37.55	3.44	2.66	1.85	0.81	619.85
9	47.9	1.52	622.25	620.74	3.32	5.99	1.59	3.41	5.99	1.55	9.31	31.76	3.36	2.15	1.59	0.55	620.18
10	53.9	1.34	622.25	620.92	3.19	5.99	1.52	3.25	5.99	1.43	8.55	27.84	3.33	2.00	1.52	0.48	620.43
11	59.9	1.40	622.25	620.86	2.70	5.99	1.40	2.95	5.99	1.37	8.19	24.13	3.07	1.68	1.40	0.29	620.57
12	65.9	1.81	622.25	620.44	2.37	5.99	1.81	2.54	5.99	1.61	9.61	24.38	2.46	1.99	1.81	0.18	620.26
13	71.9	2.14	622.25	620.11	2.18	5.99	2.14	2.28	5.99	1.98	11.85	26.96	2.02	2.13	2.14	0.00	620.11
14	77.9	2.02	622.25	620.23	1.91	5.99	2.14	2.05	5.99	2.08	12.48	25.53	1.78	1.93	2.14	0.00	620.23
15	83.9	1.62	622.25	620.63	1.70	5.99	2.02	1.80	5.99	1.82	10.91	19.67	1.66	1.69	2.02	0.00	620.63
16	89.9	1.18	622.25	621.07	1.55	5.99	1.62	1.62	5.99	1.40	8.39	13.63	1.68	1.27	1.62	0.00	621.07
17	95.8	1.02	622.25	621.23	1.59	5.99	1.18	1.57	5.99	1.10	6.60	10.36	1.81	0.89	1.18	0.00	621.23
18	101.8	0.77	622.25	621.49	1.84	5.99	1.02	1.72	5.99	0.89	5.36	9.20	2.20	0.86	1.02	0.00	621.49
19	107.8	0.15	622.25	622.11	0.71	5.99	0.77	1.27	5.99	0.46	2.74	3.49	2.36	0.62	0.77	0.00	622.11
20	113.8	0.15	622.25	622.11	0.71	5.99	0.15	0.71	5.99	0.15	0.88	0.62	2.62	0.08	0.15	0.00	622.11
21	119.8	0.71	622.25	621.54	0.47	5.99	0.71	0.59	5.99	0.43	2.57	1.52	1.13	0.32	0.71	0.00	621.54
22	125.8	0.93	622.25	621.33	1.18	5.99	0.93	0.83	5.99	0.82	4.92	4.06	1.11	0.44	0.93	0.00	621.33
23	131.8	0.05	622.25	622.21	0.19	5.99	0.93	0.68	5.99	0.49	2.93	1.99	1.22	0.47	0.93	0.00	622.21
<b>Min</b>		<b>0.05</b>	<b>622.25</b>	<b>619.36</b>	<b>0.19</b>	<b>0.00</b>	<b>0.15</b>	<b>0.59</b>	<b>5.99</b>	<b>0.15</b>	<b>0.88</b>	<b>0.62</b>	<b>1.11</b>	<b>0.08</b>	<b>0.15</b>	<b>0.00</b>	<b>617.87</b>
<b>Max</b>		<b>2.89</b>	<b>622.25</b>	<b>622.21</b>	<b>4.17</b>	<b>5.99</b>	<b>2.89</b>	<b>4.12</b>	<b>5.99</b>	<b>2.89</b>	<b>17.31</b>	<b>69.46</b>	<b>3.47</b>	<b>4.54</b>	<b>2.89</b>	<b>1.64</b>	<b>622.21</b>
<b>Media</b>		<b>1.47</b>	<b>622.25</b>	<b>620.78</b>	<b>2.39</b>	<b>5.73</b>	<b>1.71</b>	<b>2.44</b>	<b>5.99</b>	<b>1.52</b>	<b>9.13</b>	<b>26.88</b>	<b>2.47</b>	<b>2.06</b>	<b>1.71</b>	<b>0.47</b>	<b>620.33</b>



**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD REGIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM	
												Fecha:	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria:		Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0				

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

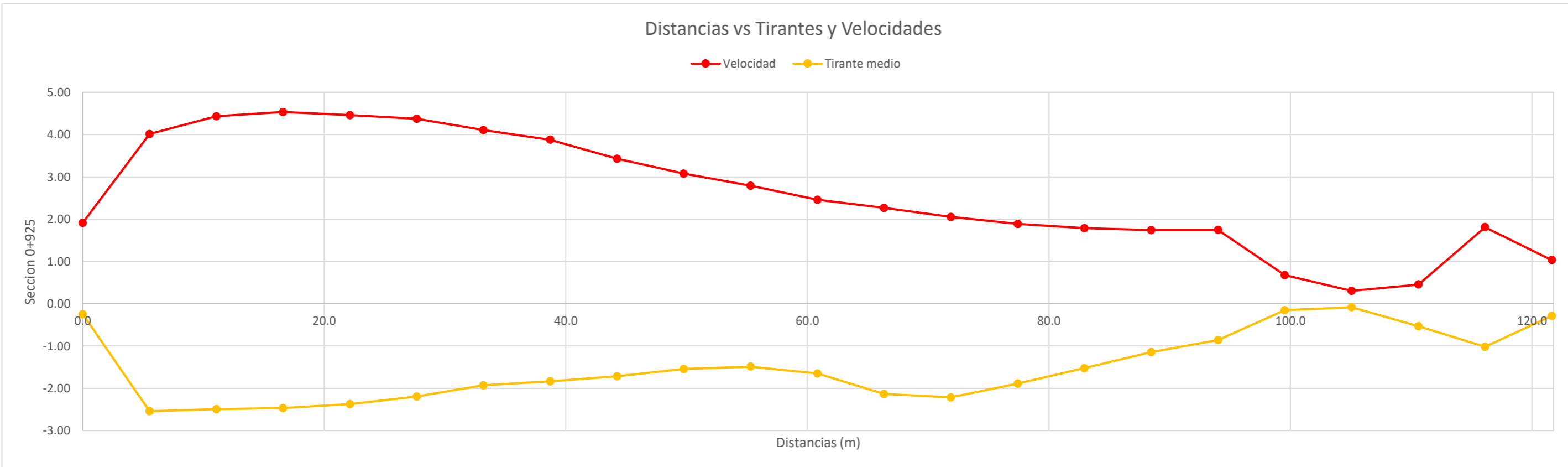
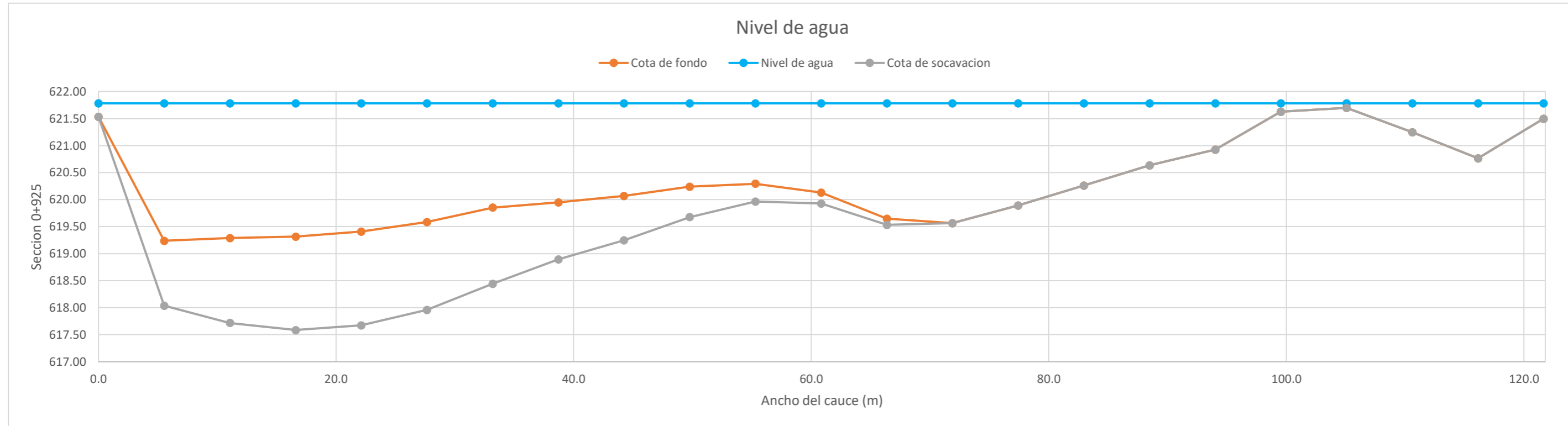
**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**


Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+925
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	121.66 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.25	621.78	621.53	1.91	0.00											621.53
2	5.5	2.54	621.78	619.24	4.01	5.53	2.54	2.96	5.53	1.40	7.72	22.88	3.12	3.74	2.54	1.20	618.04
3	11.1	2.49	621.78	619.29	4.43	5.53	2.54	4.22	5.53	2.52	13.93	58.82	3.51	4.11	2.54	1.57	617.72
4	16.6	2.47	621.78	619.31	4.54	5.53	2.49	4.48	5.53	2.48	13.72	61.52	3.75	4.22	2.49	1.73	617.59
5	22.1	2.38	621.78	619.41	4.46	5.53	2.47	4.50	5.53	2.42	13.39	60.23	3.79	4.20	2.47	1.73	617.67
6	27.7	2.20	621.78	619.59	4.37	5.53	2.38	4.41	5.53	2.29	12.64	55.81	3.80	4.00	2.38	1.63	617.96
7	33.2	1.93	621.78	619.85	4.11	5.53	2.20	4.24	5.53	2.06	11.41	48.35	3.79	3.60	2.20	1.41	618.44
8	38.7	1.83	621.78	619.95	3.88	5.53	1.93	3.99	5.53	1.88	10.41	41.55	3.70	2.98	1.93	1.05	618.89
9	44.2	1.71	621.78	620.07	3.43	5.53	1.83	3.66	5.53	1.77	9.81	35.87	3.47	2.65	1.83	0.82	619.25
10	49.8	1.54	621.78	620.24	3.08	5.53	1.71	3.25	5.53	1.63	9.00	29.30	3.20	2.28	1.71	0.56	619.68
11	55.3	1.49	621.78	620.29	2.79	5.53	1.54	2.94	5.53	1.51	8.38	24.59	2.98	1.87	1.54	0.33	619.96
12	60.8	1.65	621.78	620.13	2.46	5.53	1.65	2.63	5.53	1.57	8.68	22.80	2.62	1.85	1.65	0.20	619.93
13	66.4	2.13	621.78	619.65	2.27	5.53	2.13	2.36	5.53	1.89	10.47	24.73	2.19	2.25	2.13	0.11	619.53
14	71.9	2.22	621.78	619.57	2.05	5.53	2.22	2.16	5.53	2.18	12.03	25.98	1.89	2.11	2.22	0.00	619.57
15	77.4	1.89	621.78	619.89	1.88	5.53	2.22	1.97	5.53	2.05	11.36	22.36	1.76	2.00	2.22	0.00	619.89
16	83.0	1.52	621.78	620.26	1.79	5.53	1.89	1.84	5.53	1.71	9.43	17.32	1.77	1.62	1.89	0.00	620.26
17	88.5	1.15	621.78	620.63	1.74	5.53	1.52	1.76	5.53	1.33	7.38	13.02	1.89	1.29	1.52	0.00	620.63
18	94.0	0.86	621.78	620.92	1.74	5.53	1.15	1.74	5.53	1.00	5.54	9.66	2.14	0.98	1.15	0.00	620.92
19	99.5	0.15	621.78	621.63	0.67	5.53	0.86	1.21	5.53	0.50	2.79	3.38	2.13	0.67	0.86	0.00	621.63
20	105.1	0.08	621.78	621.70	0.30	5.53	0.15	0.49	5.53	0.12	0.65	0.32	2.09	0.07	0.15	0.00	621.70
21	110.6	0.53	621.78	621.25	0.45	5.53	0.53	0.38	5.53	0.31	1.70	0.65	0.89	0.18	0.53	0.00	621.25
22	116.1	1.02	621.78	620.76	1.81	5.53	1.02	1.13	5.53	0.78	4.29	4.85	1.58	0.66	1.02	0.00	620.76
23	121.7	0.29	621.78	621.50	1.03	5.53	1.02	1.42	5.53	0.65	3.61	5.13	2.18	0.85	1.02	0.00	621.50
<b>Min</b>		<b>0.08</b>	<b>621.78</b>	<b>619.24</b>	<b>0.30</b>	<b>0.00</b>	<b>0.15</b>	<b>0.38</b>	<b>5.53</b>	<b>0.12</b>	<b>0.65</b>	<b>0.32</b>	<b>0.89</b>	<b>0.07</b>	<b>0.15</b>	<b>0.00</b>	<b>617.59</b>
<b>Max</b>		<b>2.54</b>	<b>621.78</b>	<b>621.70</b>	<b>4.54</b>	<b>5.53</b>	<b>2.54</b>	<b>4.50</b>	<b>5.53</b>	<b>2.52</b>	<b>13.93</b>	<b>61.52</b>	<b>3.80</b>	<b>4.22</b>	<b>2.54</b>	<b>1.73</b>	<b>621.70</b>
<b>Media</b>		<b>1.49</b>	<b>621.78</b>	<b>620.29</b>	<b>2.58</b>	<b>5.29</b>	<b>1.73</b>	<b>2.63</b>	<b>5.53</b>	<b>1.55</b>	<b>8.56</b>	<b>26.78</b>	<b>2.65</b>	<b>2.19</b>	<b>1.73</b>	<b>0.56</b>	<b>619.75</b>



CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM				
												Fecha: Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0							

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

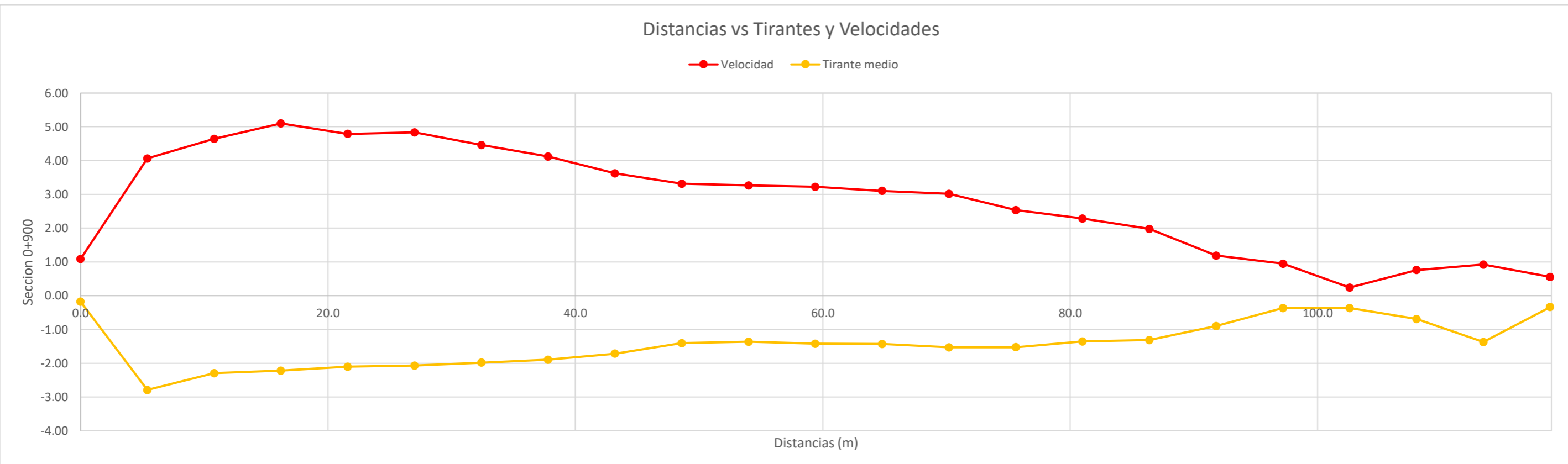
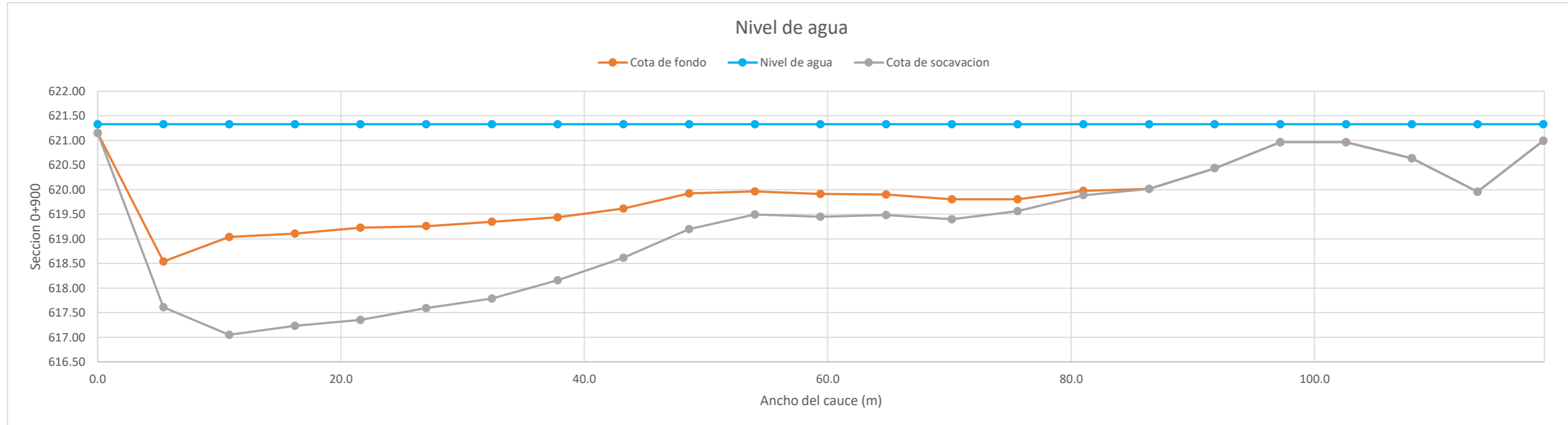
**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**


Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+900
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	118.80 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.18	621.33	621.15	1.09	0.00											621.15
2	5.4	2.79	621.33	618.54	4.07	5.40	2.79	2.58	5.40	1.48	8.02	20.65	2.65	3.72	2.79	0.93	617.61
3	10.8	2.29	621.33	619.04	4.65	5.40	2.79	4.36	5.40	2.54	13.72	59.78	3.64	4.78	2.79	1.99	617.05
4	16.2	2.22	621.33	619.11	5.10	5.40	2.29	4.87	5.40	2.26	12.18	59.38	4.25	4.17	2.29	1.87	617.23
5	21.6	2.10	621.33	619.23	4.79	5.40	2.22	4.95	5.40	2.16	11.67	57.74	4.38	4.10	2.22	1.88	617.35
6	27.0	2.07	621.33	619.26	4.84	5.40	2.10	4.81	5.40	2.09	11.27	54.27	4.32	3.77	2.10	1.67	617.59
7	32.4	1.98	621.33	619.35	4.46	5.40	2.07	4.65	5.40	2.03	10.95	50.92	4.22	3.63	2.07	1.56	617.79
8	37.8	1.89	621.33	619.44	4.12	5.40	1.98	4.29	5.40	1.94	10.46	44.89	3.96	3.26	1.98	1.28	618.16
9	43.2	1.72	621.33	619.61	3.62	5.40	1.89	3.87	5.40	1.80	9.74	37.73	3.67	2.89	1.89	1.00	618.61
10	48.6	1.40	621.33	619.93	3.32	5.40	1.72	3.47	5.40	1.56	8.43	29.24	3.50	2.45	1.72	0.73	619.20
11	54.0	1.36	621.33	619.97	3.27	5.40	1.40	3.29	5.40	1.38	7.47	24.61	3.49	1.88	1.40	0.47	619.49
12	59.4	1.42	621.33	619.91	3.23	5.40	1.42	3.25	5.40	1.39	7.51	24.41	3.44	1.88	1.42	0.46	619.45
13	64.8	1.43	621.33	619.90	3.10	5.40	1.43	3.17	5.40	1.42	7.69	24.36	3.32	1.85	1.43	0.42	619.48
14	70.2	1.53	621.33	619.80	3.01	5.40	1.53	3.06	5.40	1.48	7.99	24.43	3.15	1.93	1.53	0.41	619.40
15	75.6	1.52	621.33	619.80	2.53	5.40	1.53	2.77	5.40	1.53	8.24	22.85	2.82	1.77	1.53	0.24	619.56
16	81.0	1.35	621.33	619.97	2.28	5.40	1.52	2.41	5.40	1.44	7.78	18.73	2.51	1.61	1.52	0.09	619.89
17	86.4	1.32	621.33	620.01	1.98	5.40	1.35	2.13	5.40	1.34	7.21	15.37	2.30	1.29	1.35	0.00	620.01
18	91.8	0.89	621.33	620.43	1.19	5.40	1.32	1.58	5.40	1.11	5.97	9.45	1.86	1.05	1.32	0.00	620.43
19	97.2	0.36	621.33	620.96	0.95	5.40	0.89	1.07	5.40	0.63	3.40	3.63	1.67	0.58	0.89	0.00	620.96
20	102.6	0.36	621.33	620.96	0.24	5.40	0.36	0.59	5.40	0.36	1.97	1.17	1.27	0.14	0.36	0.00	620.96
21	108.0	0.69	621.33	620.64	0.76	5.40	0.69	0.50	5.40	0.53	2.85	1.43	0.86	0.25	0.69	0.00	620.64
22	113.4	1.37	621.33	619.96	0.92	5.40	1.37	0.84	5.40	1.03	5.57	4.68	1.02	0.69	1.37	0.00	619.96
23	118.8	0.34	621.33	620.99	0.56	5.40	1.37	0.74	5.40	0.85	4.61	3.41	0.99	0.67	1.37	0.00	620.99
<b>Min</b>		<b>0.18</b>	<b>621.33</b>	<b>618.54</b>	<b>0.24</b>	<b>0.00</b>	<b>0.36</b>	<b>0.50</b>	<b>5.40</b>	<b>0.36</b>	<b>1.97</b>	<b>1.17</b>	<b>0.86</b>	<b>0.14</b>	<b>0.36</b>	<b>0.00</b>	<b>617.05</b>
<b>Max</b>		<b>2.79</b>	<b>621.33</b>	<b>621.15</b>	<b>5.10</b>	<b>5.40</b>	<b>2.79</b>	<b>4.95</b>	<b>5.40</b>	<b>2.54</b>	<b>13.72</b>	<b>59.78</b>	<b>4.38</b>	<b>4.78</b>	<b>2.79</b>	<b>1.99</b>	<b>621.15</b>
<b>Media</b>		<b>1.42</b>	<b>621.33</b>	<b>619.91</b>	<b>2.79</b>	<b>5.17</b>	<b>1.64</b>	<b>2.88</b>	<b>5.40</b>	<b>1.47</b>	<b>7.94</b>	<b>26.96</b>	<b>2.88</b>	<b>2.20</b>	<b>1.64</b>	<b>0.68</b>	<b>619.26</b>



CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM				
												Fecha: Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0							

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

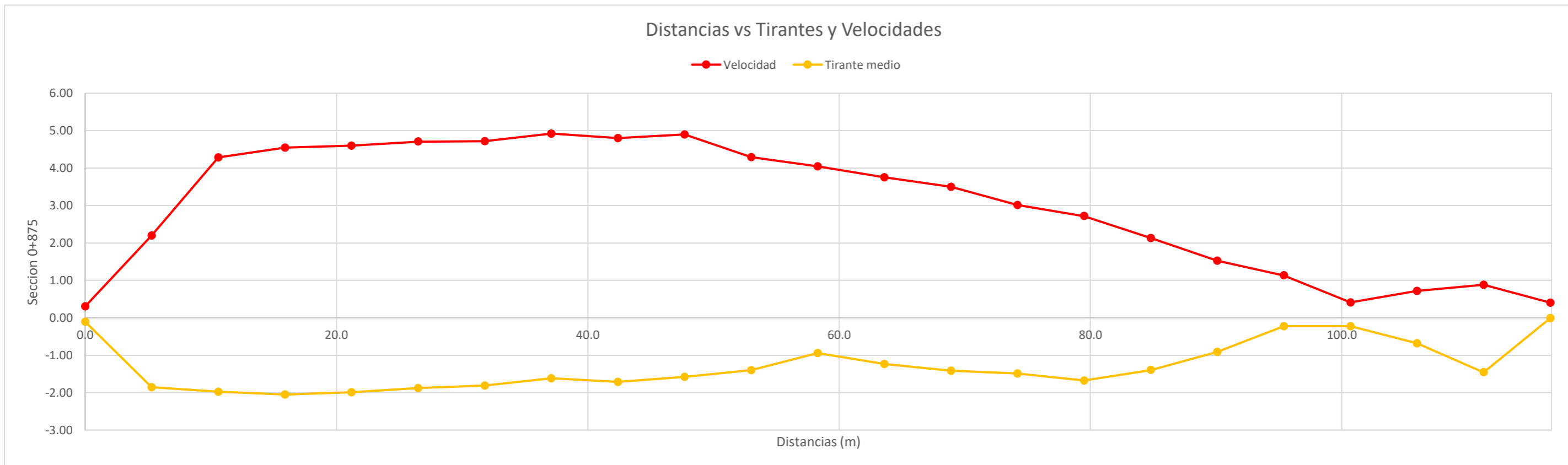
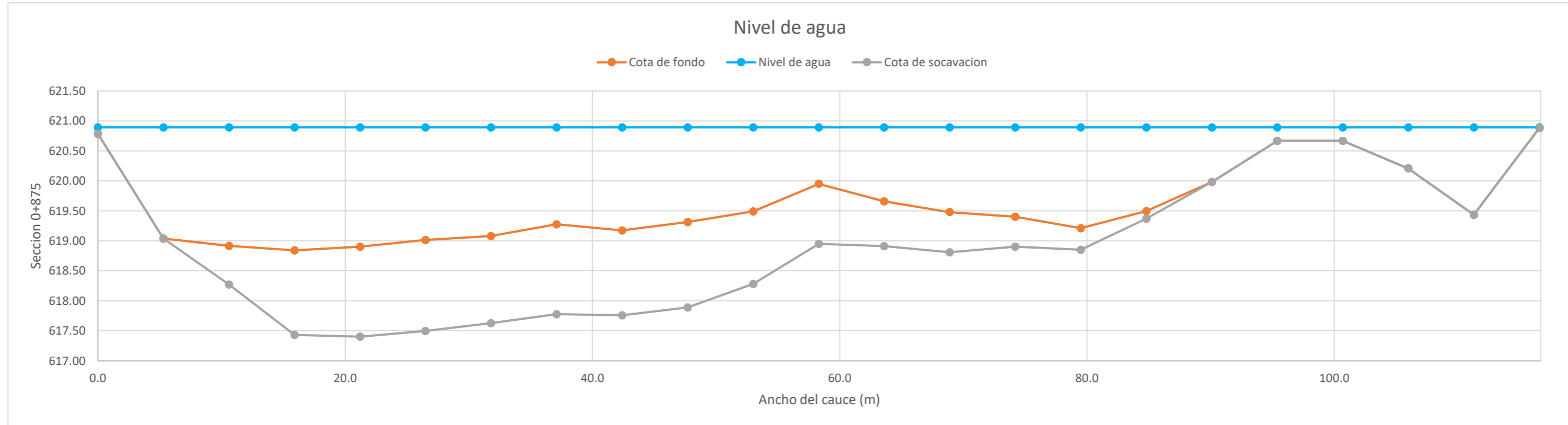
**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+875
Coefficiente que depende del Tr:	$\beta$	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	116.60 m
Coefficiente de contracción:	$\mu$	1.00 ( $\mu = 1$ , si no hay obstaculos como estribos o pilares)


ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	$\alpha$ (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.11	620.89	620.78	0.30	0.00											620.78
2	5.3	1.85	620.89	619.04	2.20	5.30	1.85	1.25	5.30	0.98	5.20	6.50	1.56	1.44	1.85	0.00	619.04
3	10.6	1.97	620.89	618.92	4.28	5.30	1.97	3.24	5.30	1.91	10.15	32.88	3.02	2.62	1.97	0.64	618.27
4	15.9	2.05	620.89	618.84	4.54	5.30	2.05	4.41	5.30	2.01	10.67	47.08	4.03	3.46	2.05	1.41	617.43
5	21.2	1.99	620.89	618.90	4.60	5.30	2.05	4.57	5.30	2.02	10.71	48.94	4.17	3.55	2.05	1.50	617.40
6	26.5	1.88	620.89	619.02	4.71	5.30	1.99	4.65	5.30	1.93	10.24	47.67	4.32	3.51	1.99	1.52	617.50
7	31.8	1.81	620.89	619.08	4.72	5.30	1.88	4.71	5.30	1.84	9.77	46.05	4.46	3.33	1.88	1.45	617.63
8	37.1	1.62	620.89	619.28	4.92	5.30	1.81	4.82	5.30	1.71	9.08	43.77	4.70	3.31	1.81	1.50	617.78
9	42.4	1.72	620.89	619.18	4.80	5.30	1.72	4.86	5.30	1.67	8.83	42.92	4.79	3.13	1.72	1.42	617.76
10	47.7	1.58	620.89	619.31	4.90	5.30	1.72	4.85	5.30	1.65	8.73	42.36	4.80	3.14	1.72	1.42	617.89
11	53.0	1.40	620.89	619.49	4.29	5.30	1.58	4.60	5.30	1.49	7.90	36.31	4.74	2.79	1.58	1.21	618.28
12	58.3	0.94	620.89	619.95	4.05	5.30	1.40	4.17	5.30	1.17	6.21	25.89	4.79	2.40	1.40	1.00	618.95
13	63.6	1.23	620.89	619.66	3.75	5.30	1.23	3.90	5.30	1.09	5.76	22.46	4.64	1.98	1.23	0.75	618.91
14	68.9	1.41	620.89	619.48	3.50	5.30	1.41	3.63	5.30	1.32	7.01	25.42	3.94	2.08	1.41	0.67	618.81
15	74.2	1.49	620.89	619.40	3.02	5.30	1.49	3.26	5.30	1.45	7.69	25.06	3.40	1.99	1.49	0.50	618.90
16	79.5	1.68	620.89	619.21	2.72	5.30	1.68	2.87	5.30	1.59	8.40	24.08	2.88	2.04	1.68	0.36	618.85
17	84.8	1.40	620.89	619.50	2.13	5.30	1.68	2.43	5.30	1.54	8.15	19.76	2.47	1.81	1.68	0.13	619.37
18	90.1	0.91	620.89	619.98	1.52	5.30	1.40	1.83	5.30	1.15	6.11	11.17	2.11	1.25	1.40	0.00	619.98
19	95.4	0.22	620.89	620.67	1.13	5.30	0.91	1.33	5.30	0.57	3.00	3.99	2.21	0.74	0.91	0.00	620.67
20	100.7	0.22	620.89	620.67	0.41	5.30	0.22	0.77	5.30	0.22	1.18	0.91	2.22	0.12	0.22	0.00	620.67
21	106.0	0.68	620.89	620.21	0.72	5.30	0.68	0.56	5.30	0.45	2.40	1.35	1.06	0.29	0.68	0.00	620.21
22	111.3	1.46	620.89	619.44	0.88	5.30	1.46	0.80	5.30	1.07	5.67	4.54	0.96	0.71	1.46	0.00	619.44
23	116.6	0.01	620.89	620.88	0.41	5.30	1.46	0.64	5.30	0.73	3.88	2.50	0.93	0.70	1.46	0.00	620.88
<b>Min</b>		<b>0.01</b>	<b>620.89</b>	<b>618.84</b>	<b>0.30</b>	<b>0.00</b>	<b>0.22</b>	<b>0.56</b>	<b>5.30</b>	<b>0.22</b>	<b>1.18</b>	<b>0.91</b>	<b>0.93</b>	<b>0.12</b>	<b>0.22</b>	<b>0.00</b>	<b>617.40</b>
<b>Max</b>		<b>2.05</b>	<b>620.89</b>	<b>620.88</b>	<b>4.92</b>	<b>5.30</b>	<b>2.05</b>	<b>4.86</b>	<b>5.30</b>	<b>2.02</b>	<b>10.71</b>	<b>48.94</b>	<b>4.80</b>	<b>3.55</b>	<b>2.05</b>	<b>1.52</b>	<b>620.88</b>
<b>Media</b>		<b>1.29</b>	<b>620.89</b>	<b>619.60</b>	<b>2.98</b>	<b>5.07</b>	<b>1.53</b>	<b>3.10</b>	<b>5.30</b>	<b>1.34</b>	<b>7.12</b>	<b>25.53</b>	<b>3.28</b>	<b>2.11</b>	<b>1.53</b>	<b>0.70</b>	<b>618.93</b>



CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL





 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM				
												Fecha: Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0							

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

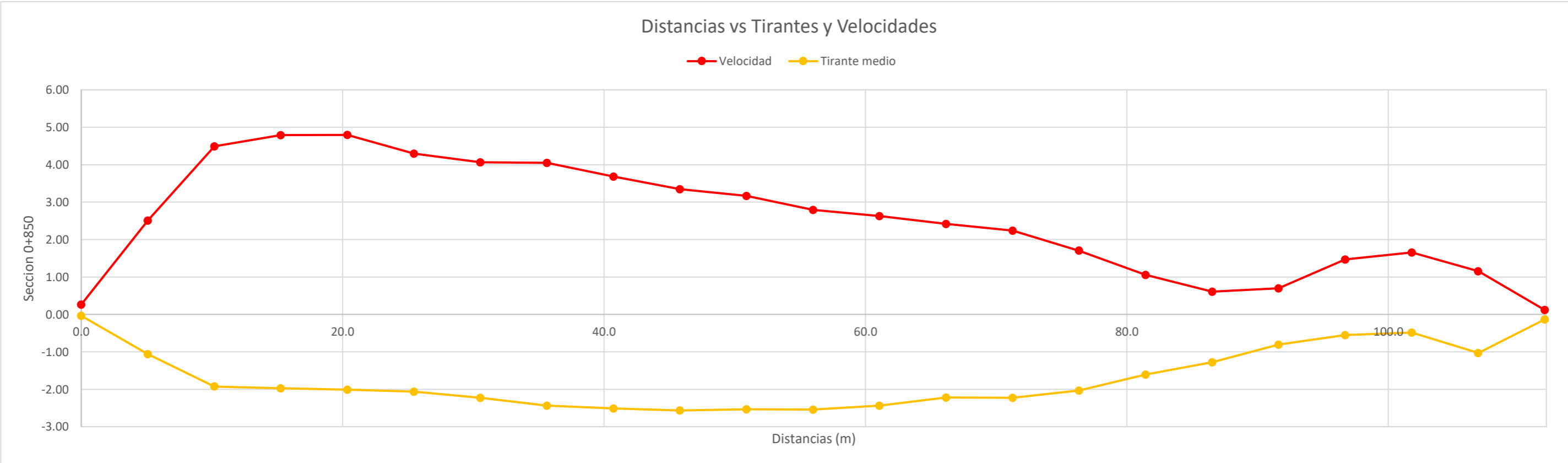
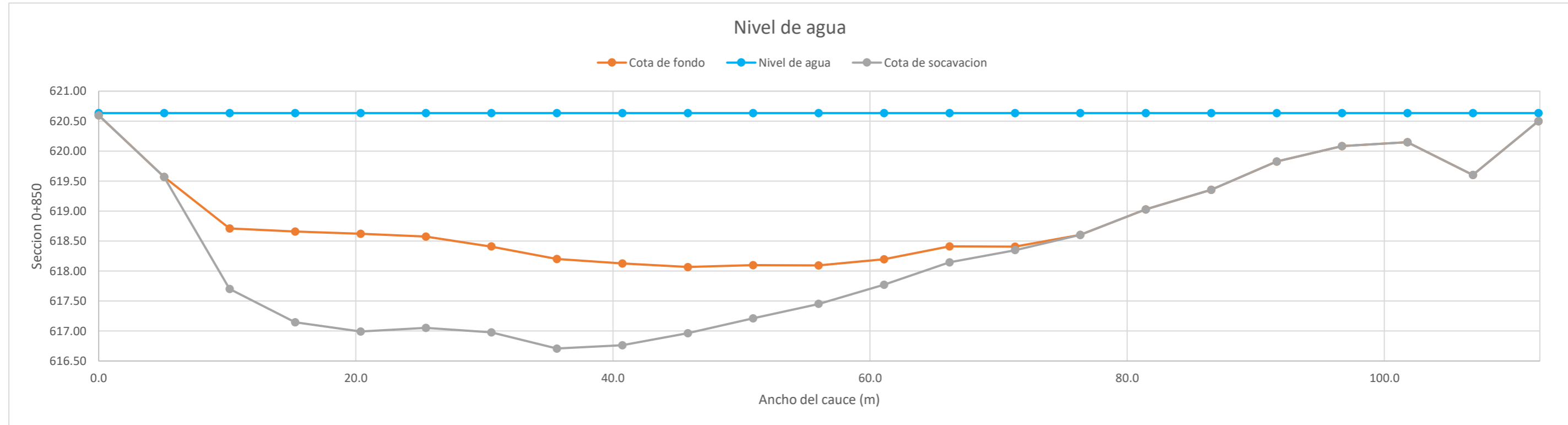
**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**


Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+850
Coefficiente que depende del Tr:	$\beta$	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	$1/(1+X)$	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	111.98 m
Coefficiente de contracción:	$\mu$	1.00 ( $\mu = 1$ , si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	$\alpha$ (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.04	620.63	620.60	0.26	0.00											620.60
2	5.1	1.06	620.63	619.57	2.51	5.09	1.06	1.39	5.09	0.55	2.80	3.88	2.35	0.95	1.06	0.00	619.57
3	10.2	1.92	620.63	618.71	4.49	5.09	1.92	3.50	5.09	1.49	7.60	26.61	3.64	2.93	1.92	1.01	617.70
4	15.3	1.98	620.63	618.66	4.79	5.09	1.98	4.64	5.09	1.95	9.93	46.03	4.34	3.49	1.98	1.51	617.15
5	20.4	2.01	620.63	618.62	4.79	5.09	2.01	4.79	5.09	1.99	10.15	48.61	4.45	3.64	2.01	1.63	616.99
6	25.5	2.06	620.63	618.57	4.29	5.09	2.06	4.54	5.09	2.04	10.36	47.09	4.19	3.58	2.06	1.52	617.05
7	30.5	2.23	620.63	618.41	4.06	5.09	2.23	4.18	5.09	2.14	10.91	45.59	3.78	3.66	2.23	1.43	616.98
8	35.6	2.43	620.63	618.20	4.05	5.09	2.43	4.06	5.09	2.33	11.86	48.12	3.56	3.93	2.43	1.49	616.71
9	40.7	2.51	620.63	618.12	3.68	5.09	2.51	3.87	5.09	2.47	12.58	48.65	3.32	3.87	2.51	1.36	616.76
10	45.8	2.57	620.63	618.07	3.34	5.09	2.57	3.51	5.09	2.54	12.92	45.39	2.99	3.67	2.57	1.10	616.96
11	50.9	2.54	620.63	618.10	3.17	5.09	2.57	3.26	5.09	2.55	12.99	42.28	2.77	3.45	2.57	0.89	617.21
12	56.0	2.54	620.63	618.09	2.79	5.09	2.54	2.98	5.09	2.54	12.92	38.50	2.54	3.18	2.54	0.64	617.45
13	61.1	2.44	620.63	618.20	2.62	5.09	2.54	2.71	5.09	2.49	12.67	34.32	2.32	2.97	2.54	0.43	617.77
14	66.2	2.22	620.63	618.41	2.42	5.09	2.44	2.52	5.09	2.33	11.86	29.92	2.21	2.70	2.44	0.27	618.15
15	71.3	2.23	620.63	618.41	2.24	5.09	2.23	2.33	5.09	2.23	11.33	26.38	2.08	2.29	2.23	0.06	618.35
16	76.4	2.03	620.63	618.60	1.70	5.09	2.23	1.97	5.09	2.13	10.85	21.37	1.78	2.03	2.23	0.00	618.60
17	81.4	1.61	620.63	619.03	1.06	5.09	2.03	1.38	5.09	1.82	9.26	12.79	1.33	1.42	2.03	0.00	619.03
18	86.5	1.28	620.63	619.36	0.61	5.09	1.61	0.83	5.09	1.44	7.34	6.11	0.88	0.75	1.61	0.00	619.36
19	91.6	0.81	620.63	619.83	0.70	5.09	1.28	0.65	5.09	1.04	5.32	3.46	0.80	0.52	1.28	0.00	619.83
20	96.7	0.55	620.63	620.08	1.47	5.09	0.81	1.08	5.09	0.68	3.46	3.75	1.64	0.50	0.81	0.00	620.08
21	101.8	0.48	620.63	620.15	1.65	5.09	0.55	1.56	5.09	0.52	2.63	4.11	2.74	0.45	0.55	0.00	620.15
22	106.9	1.03	620.63	619.60	1.15	5.09	1.03	1.40	5.09	0.76	3.86	5.42	2.01	0.81	1.03	0.00	619.60
23	112.0	0.14	620.63	620.50	0.12	5.09	1.03	0.63	5.09	0.58	2.98	1.89	1.04	0.48	1.03	0.00	620.50
<b>Min</b>		<b>0.04</b>	<b>620.63</b>	<b>618.07</b>	<b>0.12</b>	<b>0.00</b>	<b>0.55</b>	<b>0.63</b>	<b>5.09</b>	<b>0.52</b>	<b>2.63</b>	<b>1.89</b>	<b>0.80</b>	<b>0.45</b>	<b>0.55</b>	<b>0.00</b>	<b>616.71</b>
<b>Max</b>		<b>2.57</b>	<b>620.63</b>	<b>620.60</b>	<b>4.79</b>	<b>5.09</b>	<b>2.57</b>	<b>4.79</b>	<b>5.09</b>	<b>2.55</b>	<b>12.99</b>	<b>48.65</b>	<b>4.45</b>	<b>3.93</b>	<b>2.57</b>	<b>1.63</b>	<b>620.60</b>
<b>Media</b>		<b>1.68</b>	<b>620.63</b>	<b>618.95</b>	<b>2.52</b>	<b>4.87</b>	<b>1.89</b>	<b>2.63</b>	<b>5.09</b>	<b>1.76</b>	<b>8.94</b>	<b>26.83</b>	<b>2.58</b>	<b>2.33</b>	<b>1.89</b>	<b>0.61</b>	<b>618.37</b>



CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM				
												Fecha: Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0							

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

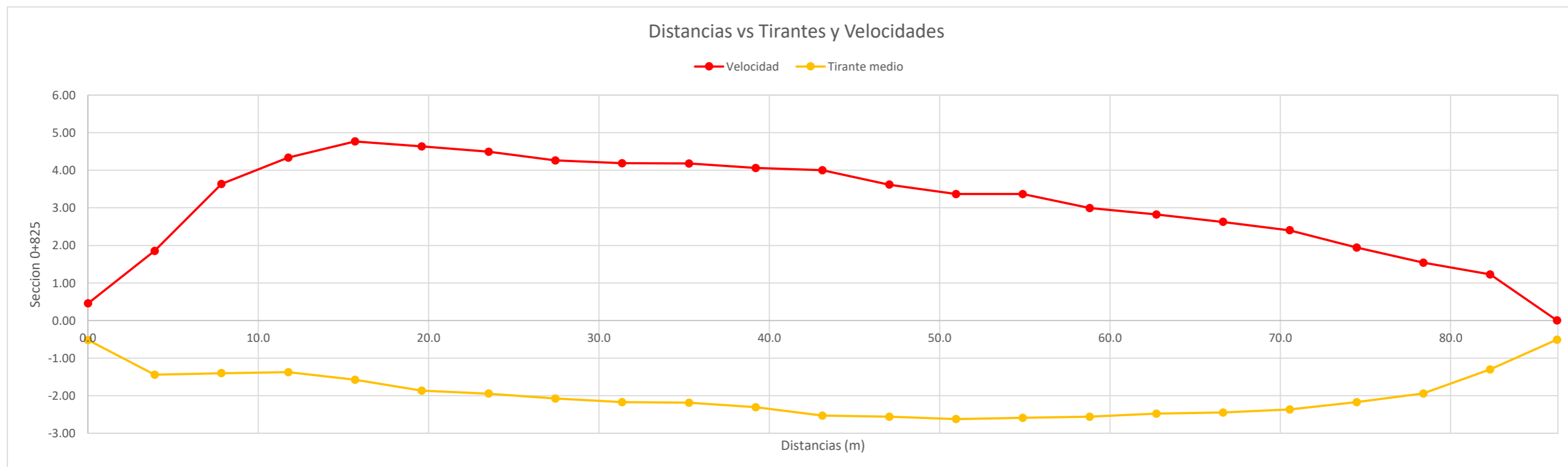
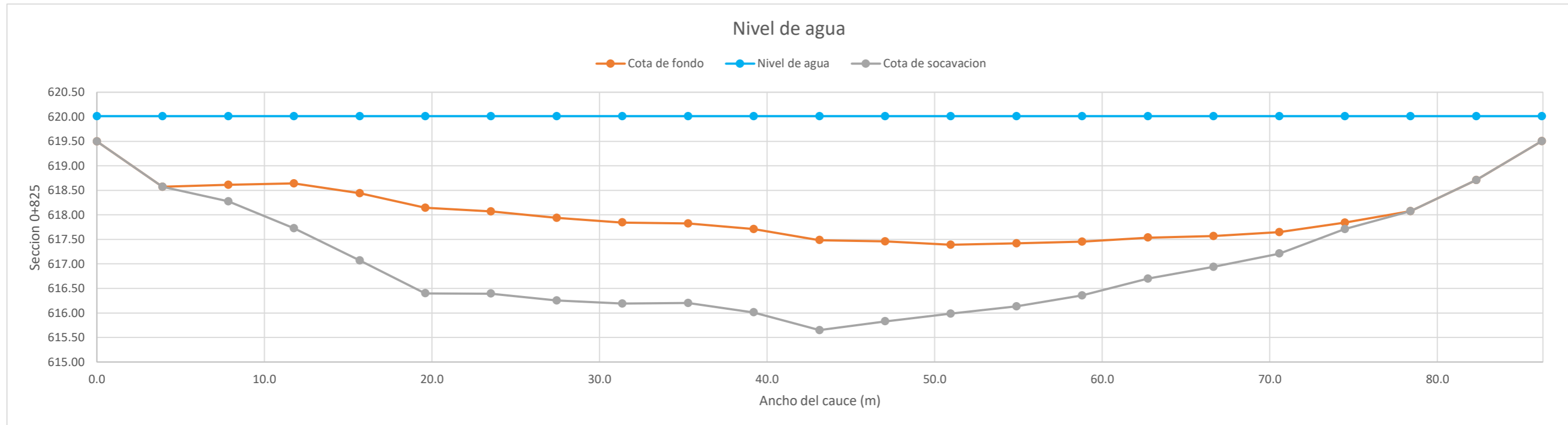
**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**


Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+825
Coefficiente que depende del Tr:	$\beta$	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	$1/(1+X)$	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	86.24 m
Coefficiente de contracción:	$\mu$	1.00 ( $\mu = 1$ , si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	$\alpha$ (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.51	620.01	619.50	0.46	0.00											619.50
2	3.9	1.44	620.01	618.57	1.85	3.92	1.44	1.16	3.92	0.98	3.83	4.43	1.54	1.02	1.44	0.00	618.57
3	7.8	1.40	620.01	618.61	3.64	3.92	1.44	2.74	3.92	1.42	5.57	15.28	3.12	1.78	1.44	0.34	618.28
4	11.8	1.37	620.01	618.64	4.34	3.92	1.40	3.99	3.92	1.39	5.43	21.66	4.58	2.32	1.40	0.92	617.73
5	15.7	1.57	620.01	618.44	4.77	3.92	1.57	4.55	3.92	1.47	5.77	26.28	5.11	2.94	1.57	1.37	617.07
6	19.6	1.87	620.01	618.15	4.64	3.92	1.87	4.70	3.92	1.72	6.74	31.71	4.98	3.61	1.87	1.75	616.40
7	23.5	1.94	620.01	618.07	4.49	3.92	1.94	4.57	3.92	1.91	7.47	34.10	4.67	3.62	1.94	1.67	616.39
8	27.4	2.07	620.01	617.94	4.26	3.92	2.07	4.38	3.92	2.01	7.87	34.47	4.40	3.76	2.07	1.68	616.26
9	31.4	2.17	620.01	617.84	4.19	3.92	2.17	4.23	3.92	2.12	8.31	35.13	4.17	3.82	2.17	1.65	616.19
10	35.3	2.19	620.01	617.83	4.18	3.92	2.19	4.19	3.92	2.18	8.54	35.73	4.10	3.81	2.19	1.62	616.20
11	39.2	2.30	620.01	617.71	4.06	3.92	2.30	4.12	3.92	2.25	8.80	36.27	4.00	4.00	2.30	1.70	616.01
12	43.1	2.53	620.01	617.48	4.00	3.92	2.53	4.03	3.92	2.42	9.47	38.16	3.82	4.36	2.53	1.83	615.65
13	47.0	2.56	620.01	617.46	3.62	3.92	2.56	3.81	3.92	2.54	9.96	37.95	3.56	4.18	2.56	1.63	615.83
14	51.0	2.62	620.01	617.39	3.37	3.92	2.62	3.49	3.92	2.59	10.15	35.47	3.25	4.03	2.62	1.41	615.98
15	54.9	2.59	620.01	617.42	3.37	3.92	2.62	3.37	3.92	2.61	10.22	34.45	3.13	3.91	2.62	1.29	616.13
16	58.8	2.56	620.01	617.45	3.00	3.92	2.59	3.18	3.92	2.57	10.09	32.14	2.96	3.69	2.59	1.10	616.36
17	62.7	2.48	620.01	617.54	2.82	3.92	2.56	2.91	3.92	2.52	9.87	28.72	2.73	3.40	2.56	0.84	616.70
18	66.6	2.44	620.01	617.57	2.63	3.92	2.48	2.73	3.92	2.46	9.65	26.29	2.57	3.11	2.48	0.63	616.94
19	70.6	2.36	620.01	617.65	2.40	3.92	2.44	2.51	3.92	2.40	9.43	23.70	2.39	2.88	2.44	0.44	617.21
20	74.5	2.17	620.01	617.84	1.95	3.92	2.36	2.17	3.92	2.27	8.89	19.32	2.10	2.49	2.36	0.13	617.71
21	78.4	1.94	620.01	618.07	1.54	3.92	2.17	1.74	3.92	2.05	8.05	14.03	1.74	1.92	2.17	0.00	618.07
22	82.3	1.30	620.01	618.71	1.23	3.92	1.94	1.39	3.92	1.62	6.35	8.79	1.50	1.47	1.94	0.00	618.71
23	86.2	0.51	620.01	619.50	0.01	3.92	1.30	0.62	3.92	0.90	3.55	2.19	0.85	0.56	1.30	0.00	619.50
<b>Min</b>		<b>0.51</b>	<b>620.01</b>	<b>617.39</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>1.30</b>	<b>0.62</b>	<b>3.92</b>	<b>0.90</b>	<b>3.55</b>	<b>2.19</b>	<b>0.85</b>	<b>0.56</b>	<b>1.30</b>	<b>0.00</b>	<b>615.65</b>
<b>Max</b>		<b>2.62</b>	<b>620.01</b>	<b>619.50</b>	<b>4.77</b>	<b>3.92</b>	<b>2.62</b>	<b>4.70</b>	<b>3.92</b>	<b>2.61</b>	<b>10.22</b>	<b>38.16</b>	<b>5.11</b>	<b>4.36</b>	<b>2.62</b>	<b>1.83</b>	<b>619.50</b>
<b>Media</b>		<b>1.95</b>	<b>620.01</b>	<b>618.06</b>	<b>3.08</b>	<b>3.75</b>	<b>2.12</b>	<b>3.21</b>	<b>3.92</b>	<b>2.02</b>	<b>7.91</b>	<b>26.19</b>	<b>3.24</b>	<b>3.03</b>	<b>2.12</b>	<b>1.00</b>	<b>617.10</b>



**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>										UNALM	
											Fecha: Mar-21	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"										Maetria: Ing. Recursos Hídricos		
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0			

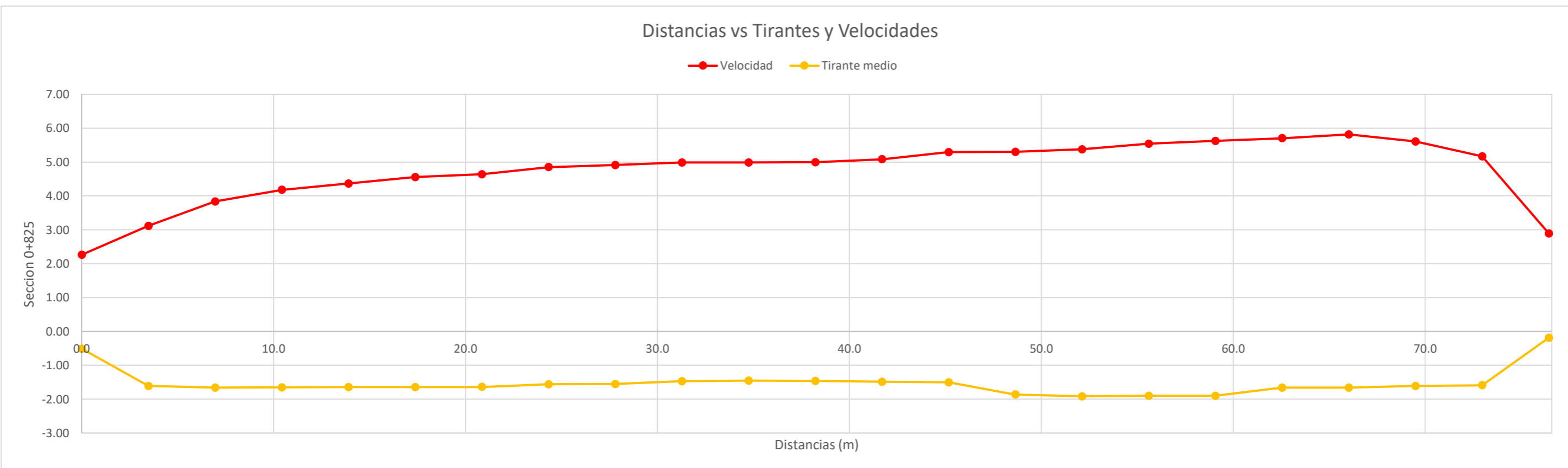
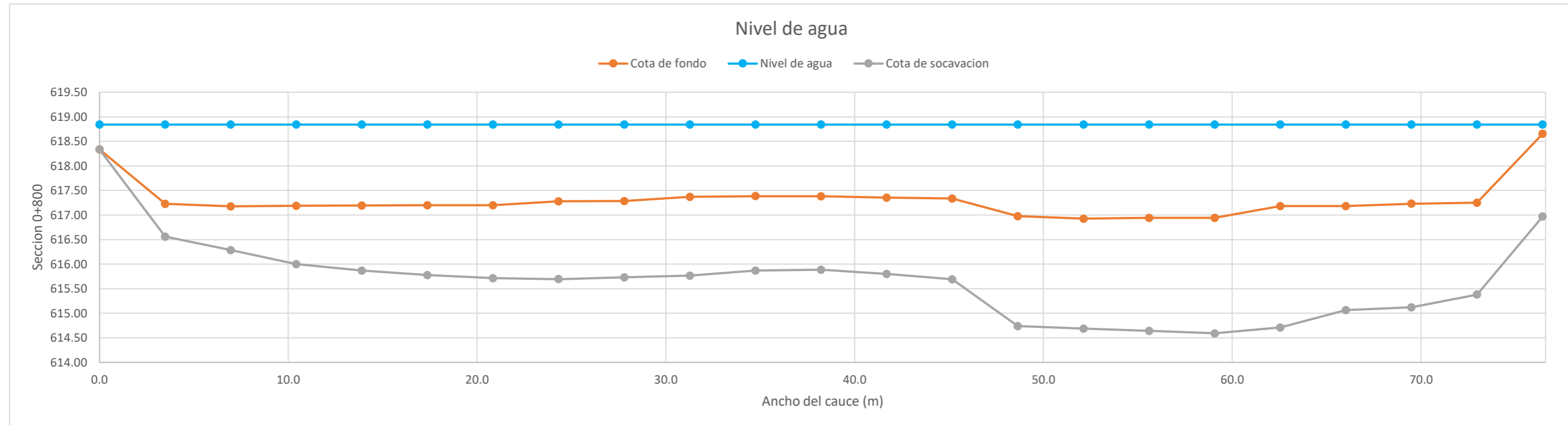
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+800
Coefficiente que depende del Tr:	$\beta$	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	$1/(1+X)$	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	76.45 m
Coefficiente de contracción:	$\mu$	1.00 ( $\mu = 1$ , si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	$\alpha$ (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.51	618.84	618.33	2.26	0.00											618.33
2	3.5	1.61	618.84	617.23	3.12	3.48	1.61	2.69	3.48	1.06	3.68	9.91	3.56	2.28	1.61	0.67	616.56
3	7.0	1.66	618.84	617.18	3.84	3.48	1.66	3.48	3.48	1.64	5.69	19.79	3.90	2.56	1.66	0.89	616.29
4	10.4	1.65	618.84	617.19	4.18	3.48	1.66	4.01	3.48	1.66	5.76	23.10	4.47	2.85	1.66	1.18	616.00
5	13.9	1.65	618.84	617.19	4.37	3.48	1.65	4.27	3.48	1.65	5.74	24.51	4.78	2.98	1.65	1.32	615.87
6	17.4	1.64	618.84	617.20	4.55	3.48	1.65	4.46	3.48	1.64	5.72	25.49	4.99	3.07	1.65	1.42	615.78
7	20.9	1.64	618.84	617.20	4.64	3.48	1.64	4.60	3.48	1.64	5.70	26.21	5.15	3.13	1.64	1.49	615.71
8	24.3	1.56	618.84	617.28	4.85	3.48	1.64	4.74	3.48	1.60	5.56	26.39	5.36	3.22	1.64	1.58	615.70
9	27.8	1.56	618.84	617.29	4.91	3.48	1.56	4.88	3.48	1.56	5.41	26.44	5.57	3.12	1.56	1.55	615.73
10	31.3	1.47	618.84	617.37	4.99	3.48	1.56	4.95	3.48	1.51	5.26	26.05	5.70	3.16	1.56	1.60	615.76
11	34.8	1.46	618.84	617.39	4.99	3.48	1.47	4.99	3.48	1.46	5.09	25.39	5.82	2.99	1.47	1.51	615.87
12	38.2	1.46	618.84	617.38	5.00	3.48	1.46	4.99	3.48	1.46	5.06	25.30	5.83	2.96	1.46	1.50	615.88
13	41.7	1.49	618.84	617.35	5.08	3.48	1.49	5.04	3.48	1.47	5.12	25.79	5.86	3.04	1.49	1.56	615.80
14	45.2	1.50	618.84	617.34	5.30	3.48	1.50	5.19	3.48	1.50	5.20	26.97	6.00	3.15	1.50	1.65	615.69
15	48.7	1.86	618.84	616.98	5.30	3.48	1.86	5.30	3.48	1.68	5.85	31.00	5.88	4.10	1.86	2.24	614.74
16	52.1	1.91	618.84	616.93	5.38	3.48	1.91	5.34	3.48	1.89	6.56	35.03	5.71	4.15	1.91	2.24	614.69
17	55.6	1.90	618.84	616.94	5.55	3.48	1.91	5.46	3.48	1.91	6.62	36.17	5.82	4.22	1.91	2.30	614.64
18	59.1	1.90	618.84	616.94	5.63	3.48	1.90	5.59	3.48	1.90	6.59	36.83	5.96	4.25	1.90	2.35	614.59
19	62.6	1.66	618.84	617.18	5.70	3.48	1.90	5.66	3.48	1.78	6.18	35.00	6.17	4.37	1.90	2.47	614.71
20	66.0	1.66	618.84	617.18	5.82	3.48	1.66	5.76	3.48	1.66	5.76	33.21	6.43	3.78	1.66	2.12	615.06
21	69.5	1.61	618.84	617.23	5.61	3.47	1.66	5.71	3.47	1.63	5.68	32.45	6.41	3.77	1.66	2.11	615.12
22	73.0	1.59	618.84	617.25	5.17	3.47	1.61	5.39	3.47	1.60	5.56	29.96	6.09	3.48	1.61	1.87	615.38
23	76.5	0.19	618.84	618.66	2.90	3.47	1.59	4.03	3.47	0.89	3.09	12.44	5.75	3.27	1.59	1.68	616.97
<b>Min</b>		<b>0.19</b>	<b>618.84</b>	<b>616.93</b>	<b>2.26</b>	<b>0.00</b>	<b>1.46</b>	<b>2.69</b>	<b>3.47</b>	<b>0.89</b>	<b>3.09</b>	<b>9.91</b>	<b>3.56</b>	<b>2.28</b>	<b>1.46</b>	<b>0.67</b>	<b>614.59</b>
<b>Max</b>		<b>1.91</b>	<b>618.84</b>	<b>618.66</b>	<b>5.82</b>	<b>3.48</b>	<b>1.91</b>	<b>5.76</b>	<b>3.48</b>	<b>1.91</b>	<b>6.62</b>	<b>36.83</b>	<b>6.43</b>	<b>4.37</b>	<b>1.91</b>	<b>2.47</b>	<b>618.33</b>
<b>Media</b>		<b>1.53</b>	<b>618.84</b>	<b>617.31</b>	<b>4.74</b>	<b>3.32</b>	<b>1.66</b>	<b>4.84</b>	<b>3.48</b>	<b>1.58</b>	<b>5.50</b>	<b>26.97</b>	<b>5.51</b>	<b>3.36</b>	<b>1.66</b>	<b>1.70</b>	<b>615.69</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0					

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

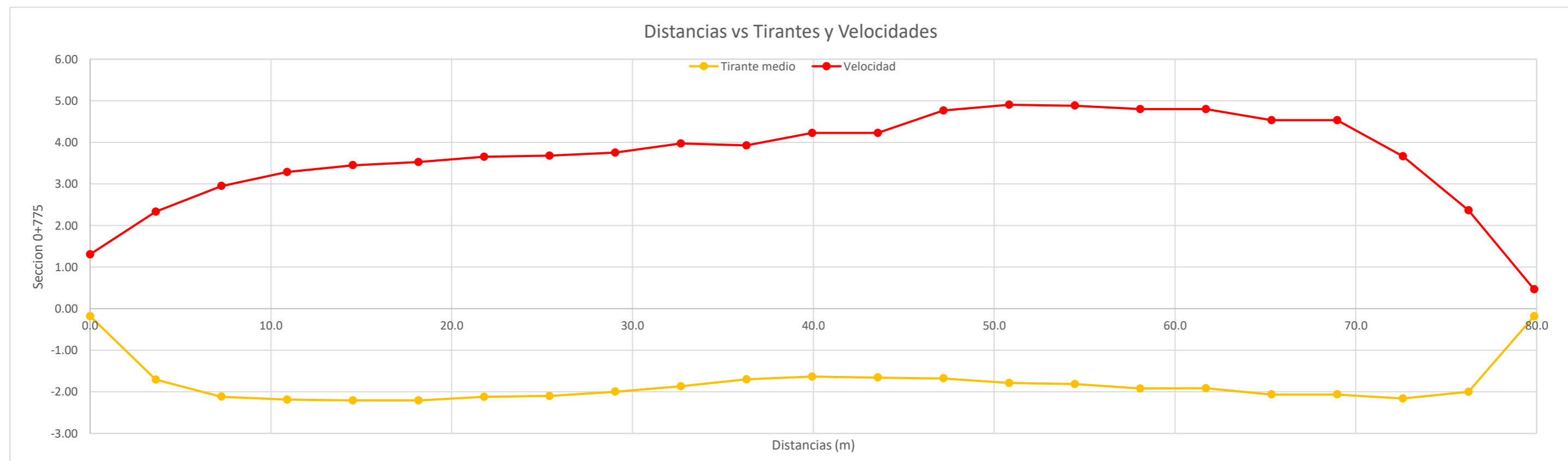
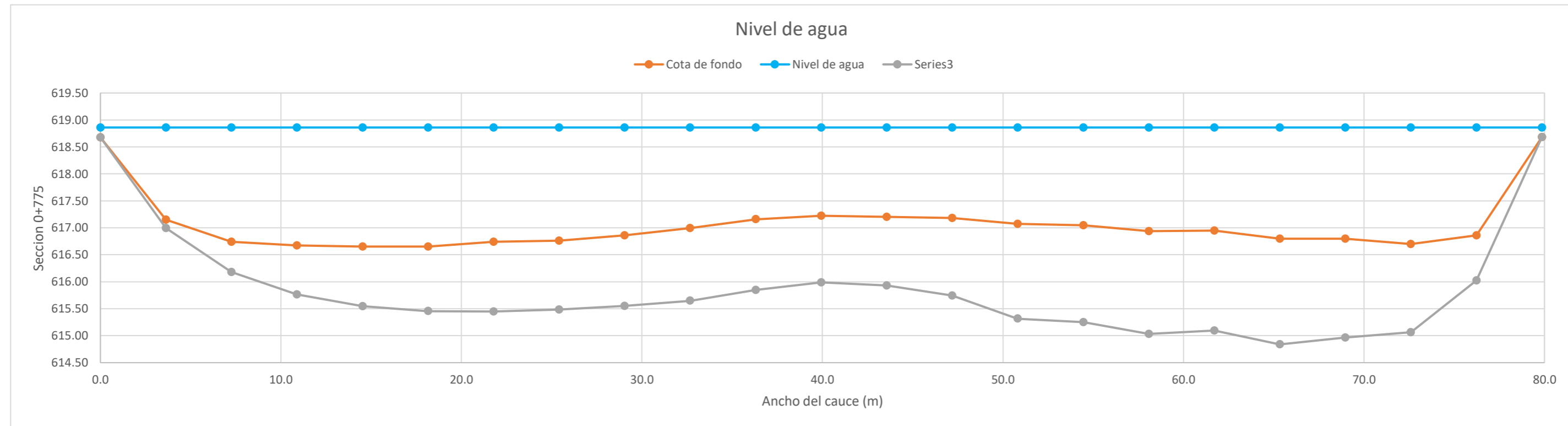
**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**


Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+775
Coefficiente que depende del Tr:	$\beta$	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	$1/(1+X)$	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	79.86 m
Coefficiente de contracción:	$\mu$	1.00 ( $\mu = 1$ , si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	$\alpha$ (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.18	618.86	618.68	1.31	0.00											618.68
2	3.6	1.71	618.86	617.15	2.33	3.63	1.71	1.82	3.63	0.94	3.43	6.24	2.50	1.87	1.71	0.16	616.99
3	7.3	2.12	618.86	616.74	2.95	3.63	2.12	2.64	3.63	1.91	6.95	18.34	2.77	2.68	2.12	0.56	616.18
4	10.9	2.19	618.86	616.67	3.28	3.63	2.19	3.12	3.63	2.15	7.81	24.35	3.15	3.10	2.19	0.91	615.76
5	14.5	2.21	618.86	616.65	3.45	3.63	2.21	3.37	3.63	2.20	7.98	26.86	3.38	3.31	2.21	1.11	615.55
6	18.2	2.21	618.86	616.65	3.53	3.63	2.21	3.49	3.63	2.21	8.01	27.95	3.50	3.40	2.21	1.20	615.46
7	21.8	2.12	618.86	616.74	3.65	3.63	2.21	3.59	3.63	2.16	7.85	28.19	3.62	3.50	2.21	1.29	615.45
8	25.4	2.10	618.86	616.76	3.68	3.63	2.12	3.67	3.63	2.11	7.66	28.08	3.73	3.39	2.12	1.27	615.49
9	29.0	2.00	618.86	616.86	3.75	3.63	2.10	3.72	3.63	2.05	7.44	27.63	3.81	3.41	2.10	1.31	615.55
10	32.7	1.87	618.86	616.99	3.97	3.63	2.00	3.86	3.63	1.93	7.01	27.09	4.04	3.34	2.00	1.35	615.65
11	36.3	1.70	618.86	617.16	3.93	3.63	1.87	3.95	3.63	1.78	6.47	25.57	4.24	3.18	1.87	1.31	615.85
12	39.9	1.64	618.86	617.22	4.23	3.63	1.70	4.08	3.63	1.67	6.06	24.69	4.48	2.94	1.70	1.23	615.99
13	43.6	1.66	618.86	617.20	4.23	3.63	1.66	4.23	3.63	1.65	5.98	25.26	4.66	2.93	1.66	1.27	615.93
14	47.2	1.68	618.86	617.18	4.76	3.63	1.68	4.50	3.63	1.67	6.05	27.21	4.94	3.11	1.68	1.44	615.75
15	50.8	1.79	618.86	617.07	4.90	3.63	1.79	4.83	3.63	1.73	6.29	30.39	5.24	3.54	1.79	1.76	615.32
16	54.5	1.81	618.86	617.05	4.88	3.63	1.81	4.89	3.63	1.80	6.53	31.96	5.24	3.61	1.81	1.80	615.25
17	58.1	1.92	618.86	616.94	4.80	3.63	1.92	4.84	3.63	1.87	6.78	32.80	5.12	3.83	1.92	1.91	615.03
18	61.7	1.91	618.86	616.95	4.80	3.63	1.92	4.80	3.63	1.92	6.95	33.37	5.03	3.77	1.92	1.85	615.09
19	65.3	2.06	618.86	616.80	4.53	3.63	2.06	4.67	3.63	1.99	7.21	33.66	4.83	4.02	2.06	1.96	614.84
20	69.0	2.06	618.86	616.80	4.53	3.63	2.06	4.53	3.63	2.06	7.49	33.97	4.64	3.89	2.06	1.83	614.97
21	72.6	2.16	618.86	616.70	3.67	3.63	2.16	4.10	3.63	2.11	7.67	31.43	4.17	3.80	2.16	1.64	615.06
22	76.2	2.00	618.86	616.86	2.37	3.63	2.16	3.02	3.63	2.08	7.55	22.78	3.08	2.99	2.16	0.83	616.03
23	79.9	0.18	618.86	618.68	0.46	3.63	2.00	1.42	3.63	1.09	3.95	5.60	1.83	1.79	2.00	0.00	618.68
<b>Min</b>		<b>0.18</b>	<b>618.86</b>	<b>616.65</b>	<b>0.46</b>	<b>0.00</b>	<b>1.66</b>	<b>1.42</b>	<b>3.63</b>	<b>0.94</b>	<b>3.43</b>	<b>5.60</b>	<b>1.83</b>	<b>1.79</b>	<b>1.66</b>	<b>0.00</b>	<b>614.84</b>
<b>Max</b>		<b>2.21</b>	<b>618.86</b>	<b>618.68</b>	<b>4.90</b>	<b>3.63</b>	<b>2.21</b>	<b>4.89</b>	<b>3.63</b>	<b>2.21</b>	<b>8.01</b>	<b>33.97</b>	<b>5.24</b>	<b>4.02</b>	<b>2.21</b>	<b>1.96</b>	<b>618.68</b>
<b>Media</b>		<b>1.79</b>	<b>618.86</b>	<b>617.07</b>	<b>3.65</b>	<b>3.47</b>	<b>1.98</b>	<b>3.78</b>	<b>3.63</b>	<b>1.87</b>	<b>6.78</b>	<b>26.06</b>	<b>4.00</b>	<b>3.25</b>	<b>1.98</b>	<b>1.27</b>	<b>615.85</b>



**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM				
												Fecha: Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0							

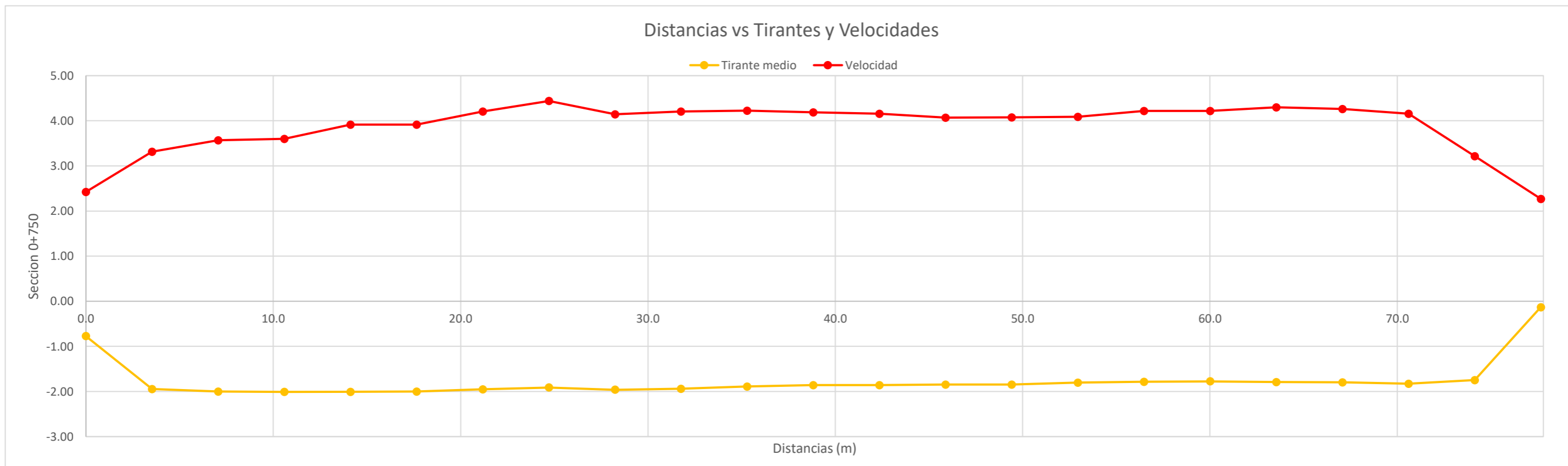
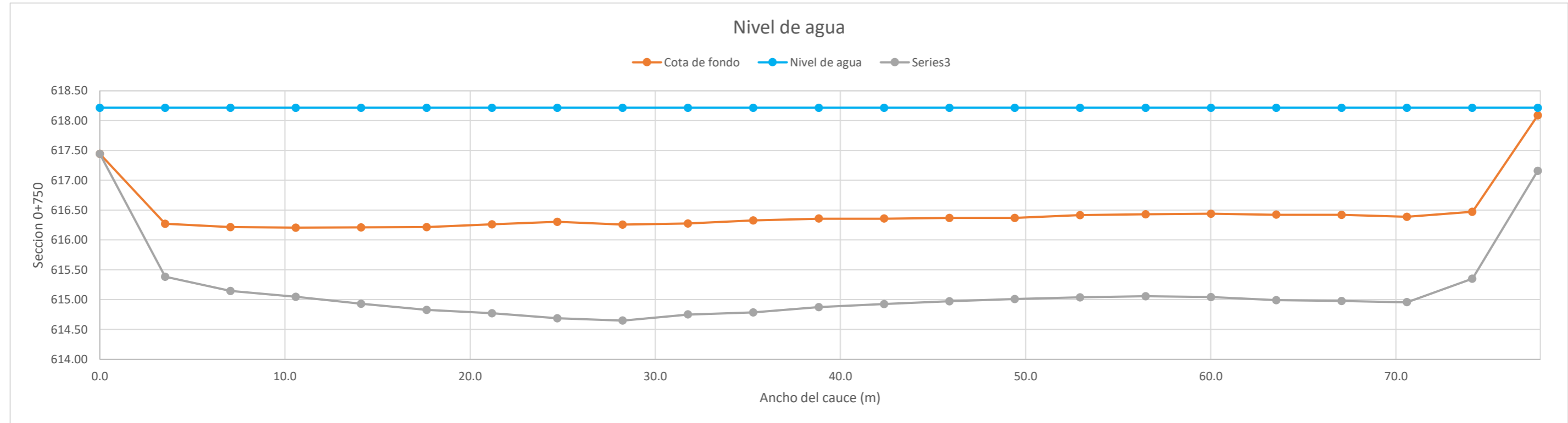
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+750
Coefficiente que depende del Tr:	$\beta$	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	$1/(1+X)$	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	77.66 m
Coefficiente de contracción:	$\mu$	1.00 ( $\mu = 1$ , si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	$\alpha$ (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.77	618.22	617.44	2.43	0.00											617.44
2	3.5	1.94	618.22	616.27	3.32	3.53	1.94	2.87	3.53	1.36	4.79	13.76	3.43	2.83	1.94	0.89	615.38
3	7.1	2.00	618.22	616.21	3.57	3.53	2.00	3.44	3.53	1.97	6.96	23.98	3.61	3.07	2.00	1.07	615.15
4	10.6	2.01	618.22	616.21	3.60	3.53	2.01	3.58	3.53	2.01	7.08	25.37	3.74	3.17	2.01	1.16	615.05
5	14.1	2.00	618.22	616.21	3.92	3.53	2.01	3.76	3.53	2.01	7.09	26.62	3.92	3.29	2.01	1.28	614.93
6	17.7	2.00	618.22	616.21	3.92	3.53	2.00	3.92	3.53	2.00	7.07	27.71	4.09	3.39	2.00	1.39	614.83
7	21.2	1.95	618.22	616.26	4.20	3.53	2.00	4.06	3.53	1.98	6.98	28.35	4.25	3.50	2.00	1.49	614.77
8	24.7	1.91	618.22	616.31	4.44	3.53	1.95	4.32	3.53	1.93	6.82	29.47	4.56	3.57	1.95	1.62	614.69
9	28.2	1.96	618.22	616.26	4.14	3.53	1.96	4.29	3.53	1.94	6.83	29.32	4.53	3.57	1.96	1.61	614.65
10	31.8	1.94	618.22	616.28	4.21	3.53	1.96	4.17	3.53	1.95	6.88	28.74	4.39	3.49	1.96	1.52	614.75
11	35.3	1.89	618.22	616.33	4.22	3.53	1.94	4.22	3.53	1.91	6.75	28.47	4.46	3.48	1.94	1.54	614.79
12	38.8	1.86	618.22	616.36	4.19	3.53	1.89	4.21	3.53	1.87	6.61	27.80	4.48	3.37	1.89	1.48	614.88
13	42.4	1.86	618.22	616.36	4.16	3.53	1.86	4.17	3.53	1.86	6.56	27.38	4.46	3.29	1.86	1.43	614.93
14	45.9	1.85	618.22	616.37	4.07	3.53	1.86	4.11	3.53	1.85	6.54	26.90	4.40	3.25	1.86	1.40	614.97
15	49.4	1.85	618.22	616.37	4.08	3.53	1.85	4.07	3.53	1.85	6.52	26.56	4.36	3.21	1.85	1.36	615.01
16	53.0	1.80	618.22	616.42	4.09	3.53	1.85	4.08	3.53	1.82	6.44	26.29	4.39	3.22	1.85	1.38	615.04
17	56.5	1.78	618.22	616.43	4.22	3.53	1.80	4.16	3.53	1.79	6.33	26.29	4.49	3.17	1.80	1.37	615.06
18	60.0	1.78	618.22	616.44	4.22	3.53	1.78	4.22	3.53	1.78	6.28	26.52	4.57	3.18	1.78	1.40	615.04
19	63.5	1.79	618.22	616.42	4.30	3.53	1.79	4.26	3.53	1.78	6.30	26.83	4.61	3.22	1.79	1.43	614.99
20	67.1	1.80	618.22	616.42	4.26	3.53	1.80	4.28	3.53	1.79	6.33	27.12	4.63	3.24	1.80	1.44	614.98
21	70.6	1.83	618.22	616.39	4.16	3.53	1.83	4.21	3.53	1.81	6.39	26.92	4.54	3.26	1.83	1.43	614.96
22	74.1	1.75	618.22	616.47	3.22	3.53	1.83	3.69	3.53	1.79	6.31	23.26	3.99	2.95	1.83	1.12	615.35
23	77.7	0.13	618.22	618.09	2.27	3.53	1.75	2.74	3.53	0.94	3.31	9.09	3.81	2.67	1.75	0.93	617.16
<b>Min</b>		<b>0.13</b>	<b>618.22</b>	<b>616.21</b>	<b>2.27</b>	<b>0.00</b>	<b>1.75</b>	<b>2.74</b>	<b>3.53</b>	<b>0.94</b>	<b>3.31</b>	<b>9.09</b>	<b>3.43</b>	<b>2.67</b>	<b>1.75</b>	<b>0.89</b>	<b>614.65</b>
<b>Max</b>		<b>2.01</b>	<b>618.22</b>	<b>618.09</b>	<b>4.44</b>	<b>3.53</b>	<b>2.01</b>	<b>4.32</b>	<b>3.53</b>	<b>2.01</b>	<b>7.09</b>	<b>29.47</b>	<b>4.63</b>	<b>3.57</b>	<b>2.01</b>	<b>1.62</b>	<b>617.44</b>
<b>Media</b>		<b>1.76</b>	<b>618.22</b>	<b>616.46</b>	<b>3.88</b>	<b>3.38</b>	<b>1.89</b>	<b>3.95</b>	<b>3.53</b>	<b>1.82</b>	<b>6.42</b>	<b>25.58</b>	<b>4.26</b>	<b>3.25</b>	<b>1.89</b>	<b>1.35</b>	<b>615.16</b>

CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0					

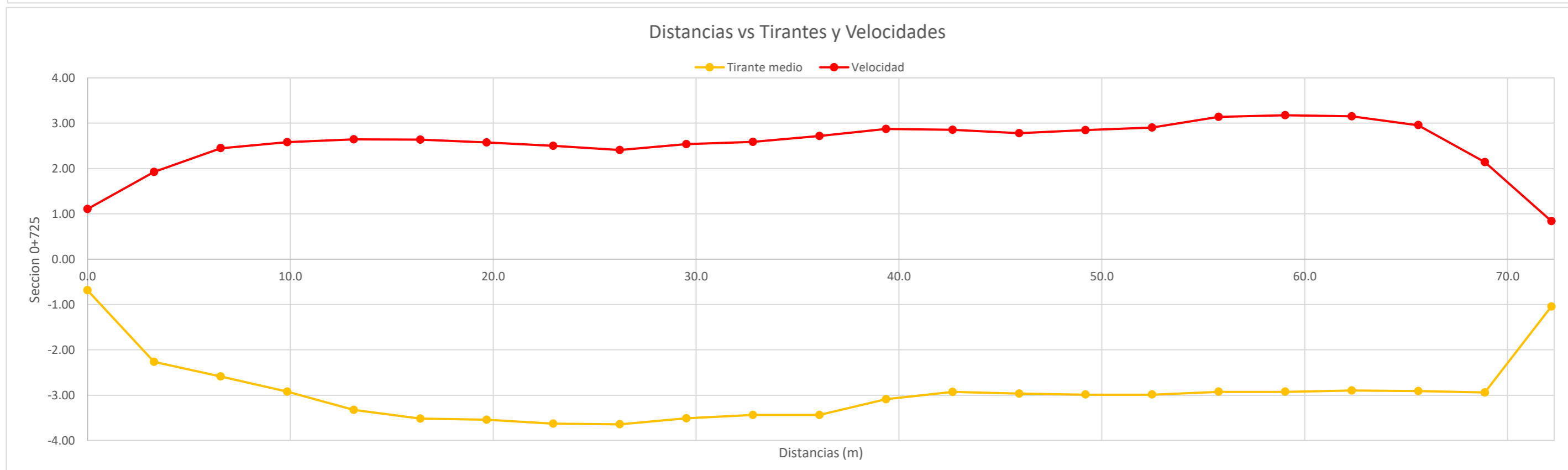
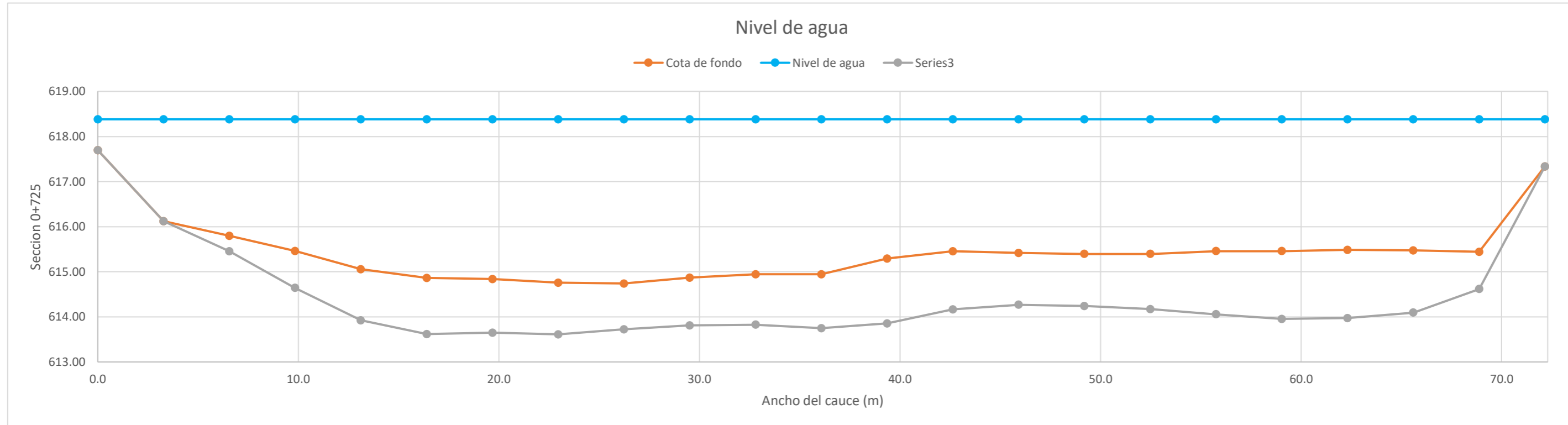
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+725
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	72.16 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.68	618.38	617.70	1.10	0.00											617.70
2	3.3	2.26	618.38	616.12	1.92	3.28	2.26	1.51	3.28	1.47	4.83	7.32	1.79	2.08	2.26	0.00	616.12
3	6.6	2.58	618.38	615.80	2.45	3.28	2.58	2.19	3.28	2.42	7.95	17.37	2.22	2.92	2.58	0.34	615.46
4	9.8	2.92	618.38	615.46	2.58	3.28	2.92	2.52	3.28	2.75	9.03	22.71	2.47	3.74	2.92	0.82	614.64
5	13.1	3.33	618.38	615.06	2.64	3.28	3.33	2.61	3.28	3.12	10.25	26.78	2.49	4.46	3.33	1.14	613.92
6	16.4	3.52	618.38	614.87	2.64	3.28	3.52	2.64	3.28	3.42	11.22	29.62	2.46	4.76	3.52	1.25	613.62
7	19.7	3.54	618.38	614.84	2.58	3.28	3.54	2.61	3.28	3.53	11.58	30.16	2.42	4.73	3.54	1.19	613.65
8	23.0	3.63	618.38	614.76	2.50	3.28	3.63	2.54	3.28	3.58	11.76	29.85	2.35	4.77	3.63	1.14	613.61
9	26.2	3.64	618.38	614.74	2.41	3.28	3.64	2.45	3.28	3.63	11.92	29.26	2.26	4.66	3.64	1.02	613.72
10	29.5	3.51	618.38	614.87	2.54	3.28	3.64	2.47	3.28	3.58	11.73	29.00	2.29	4.70	3.64	1.06	613.81
11	32.8	3.44	618.38	614.95	2.59	3.28	3.51	2.56	3.28	3.47	11.39	29.20	2.38	4.63	3.51	1.12	613.83
12	36.1	3.44	618.38	614.95	2.72	3.28	3.44	2.65	3.28	3.44	11.27	29.91	2.47	4.64	3.44	1.20	613.75
13	39.4	3.09	618.38	615.29	2.87	3.28	3.44	2.80	3.28	3.26	10.70	29.92	2.64	4.87	3.44	1.44	613.86
14	42.6	2.93	618.38	615.46	2.85	3.28	3.09	2.86	3.28	3.01	9.86	28.23	2.75	4.38	3.09	1.29	614.17
15	45.9	2.96	618.38	615.42	2.78	3.28	2.96	2.82	3.28	2.95	9.66	27.21	2.72	4.11	2.96	1.15	614.27
16	49.2	2.99	618.38	615.40	2.85	3.28	2.99	2.81	3.28	2.98	9.76	27.46	2.71	4.14	2.99	1.16	614.24
17	52.5	2.99	618.38	615.40	2.90	3.28	2.99	2.87	3.28	2.99	9.79	28.15	2.77	4.21	2.99	1.22	614.17
18	55.8	2.92	618.38	615.46	3.14	3.28	2.99	3.02	3.28	2.95	9.69	29.29	2.92	4.39	2.99	1.40	614.06
19	59.0	2.92	618.38	615.46	3.18	3.28	2.92	3.16	3.28	2.92	9.59	30.29	3.06	4.43	2.92	1.50	613.96
20	62.3	2.90	618.38	615.49	3.15	3.28	2.92	3.16	3.28	2.91	9.54	30.20	3.07	4.44	2.92	1.51	613.97
21	65.6	2.91	618.38	615.47	2.96	3.28	2.91	3.05	3.28	2.90	9.52	29.07	2.96	4.29	2.91	1.38	614.09
22	68.9	2.94	618.38	615.44	2.14	3.28	2.94	2.55	3.28	2.92	9.59	24.44	2.47	3.76	2.94	0.83	614.62
23	72.2	1.04	618.38	617.34	0.84	3.28	2.94	1.49	3.28	1.99	6.53	9.74	1.60	2.68	2.94	0.00	617.34
<b>Min</b>		<b>0.68</b>	<b>618.38</b>	<b>614.74</b>	<b>0.84</b>	<b>0.00</b>	<b>2.26</b>	<b>1.49</b>	<b>3.28</b>	<b>1.47</b>	<b>4.83</b>	<b>7.32</b>	<b>1.60</b>	<b>2.08</b>	<b>2.26</b>	<b>0.00</b>	<b>613.61</b>
<b>Max</b>		<b>3.64</b>	<b>618.38</b>	<b>617.70</b>	<b>3.18</b>	<b>3.28</b>	<b>3.64</b>	<b>3.16</b>	<b>3.28</b>	<b>3.63</b>	<b>11.92</b>	<b>30.29</b>	<b>3.07</b>	<b>4.87</b>	<b>3.64</b>	<b>1.51</b>	<b>617.70</b>
<b>Media</b>		<b>2.92</b>	<b>618.38</b>	<b>615.47</b>	<b>2.54</b>	<b>3.14</b>	<b>3.14</b>	<b>2.61</b>	<b>3.28</b>	<b>3.01</b>	<b>9.87</b>	<b>26.14</b>	<b>2.51</b>	<b>4.17</b>	<b>3.14</b>	<b>1.05</b>	<b>614.46</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0					

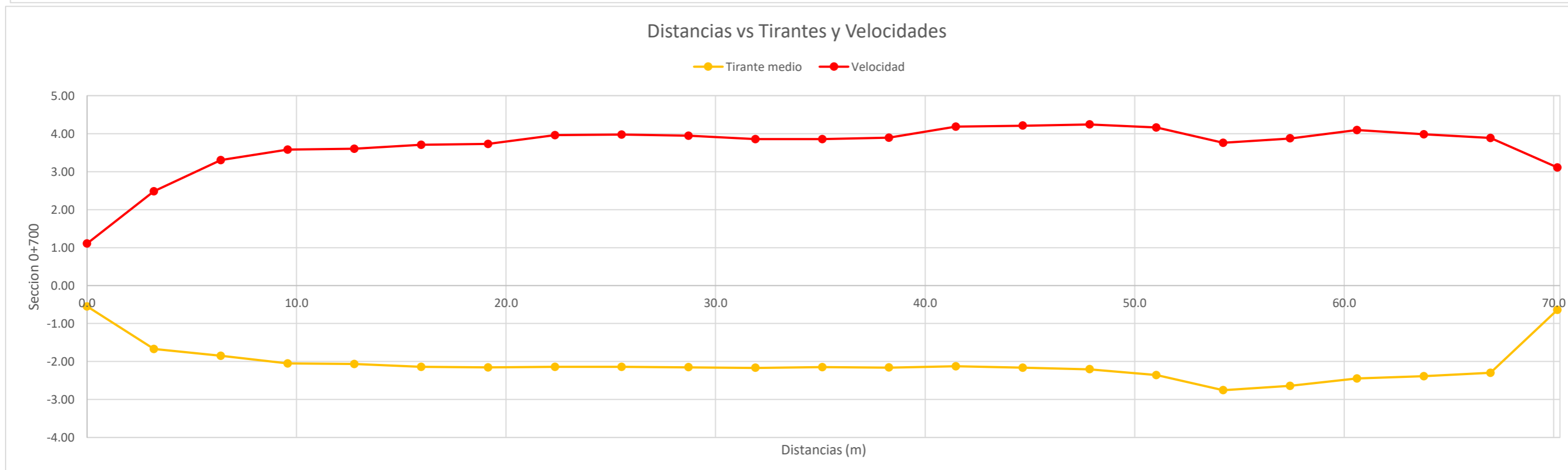
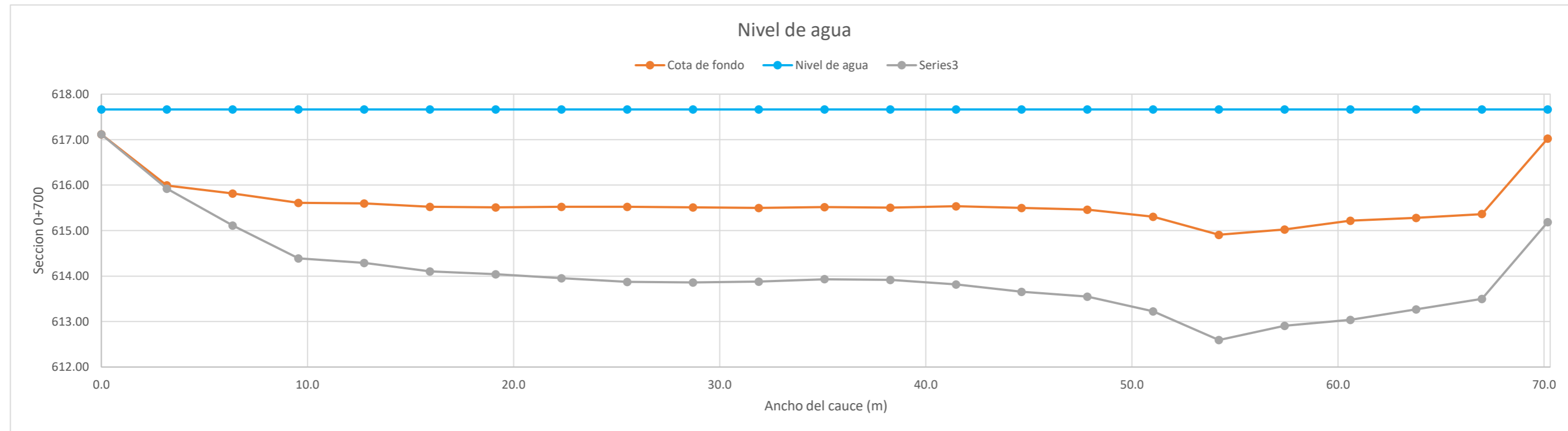
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**


Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+700
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	70.18 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.55	617.66	617.12	1.11	0.00											617.12
2	3.2	1.67	617.66	615.99	2.48	3.19	1.67	1.79	3.19	1.11	3.54	6.34	2.38	1.74	1.67	0.07	615.92
3	6.4	1.85	617.66	615.82	3.30	3.19	1.85	2.89	3.19	1.76	5.61	16.23	3.26	2.55	1.85	0.70	615.11
4	9.6	2.05	617.66	615.61	3.58	3.19	2.05	3.44	3.19	1.95	6.22	21.41	3.76	3.27	2.05	1.22	614.39
5	12.8	2.07	617.66	615.60	3.60	3.19	2.07	3.59	3.19	2.06	6.57	23.59	3.86	3.37	2.07	1.30	614.29
6	16.0	2.14	617.66	615.52	3.70	3.19	2.14	3.65	3.19	2.10	6.71	24.51	3.90	3.56	2.14	1.42	614.10
7	19.1	2.15	617.66	615.51	3.73	3.19	2.15	3.72	3.19	2.15	6.85	25.46	3.94	3.62	2.15	1.47	614.04
8	22.3	2.14	617.66	615.52	3.96	3.19	2.15	3.85	3.19	2.15	6.85	26.35	4.08	3.72	2.15	1.57	613.95
9	25.5	2.14	617.66	615.52	3.98	3.19	2.14	3.97	3.19	2.14	6.83	27.11	4.22	3.79	2.14	1.65	613.88
10	28.7	2.15	617.66	615.51	3.94	3.19	2.15	3.96	3.19	2.15	6.84	27.11	4.20	3.80	2.15	1.65	613.86
11	31.9	2.17	617.66	615.50	3.85	3.19	2.17	3.90	3.19	2.16	6.88	26.84	4.13	3.78	2.17	1.62	613.88
12	35.1	2.15	617.66	615.52	3.85	3.19	2.17	3.85	3.19	2.16	6.88	26.50	4.08	3.75	2.17	1.58	613.93
13	38.3	2.16	617.66	615.51	3.89	3.19	2.16	3.87	3.19	2.15	6.87	26.59	4.11	3.75	2.16	1.59	613.92
14	41.5	2.13	617.66	615.54	4.18	3.19	2.16	4.04	3.19	2.14	6.83	27.59	4.29	3.88	2.16	1.72	613.82
15	44.7	2.16	617.66	615.50	4.21	3.19	2.16	4.20	3.19	2.14	6.84	28.71	4.45	4.01	2.16	1.85	613.65
16	47.9	2.20	617.66	615.46	4.24	3.19	2.20	4.23	3.19	2.18	6.96	29.42	4.46	4.11	2.20	1.91	613.55
17	51.0	2.36	617.66	615.30	4.16	3.19	2.36	4.20	3.19	2.28	7.28	30.57	4.38	4.44	2.36	2.08	613.23
18	54.2	2.75	617.66	614.91	3.76	3.19	2.75	3.96	3.19	2.56	8.16	32.31	4.01	5.07	2.75	2.32	612.59
19	57.4	2.64	617.66	615.03	3.87	3.19	2.75	3.82	3.19	2.70	8.60	32.83	3.81	4.87	2.75	2.12	612.91
20	60.6	2.44	617.66	615.22	4.10	3.19	2.64	3.99	3.19	2.54	8.11	32.31	4.04	4.82	2.64	2.18	613.04
21	63.8	2.39	617.66	615.28	3.98	3.19	2.44	4.04	3.19	2.42	7.70	31.13	4.15	4.45	2.44	2.01	613.27
22	67.0	2.30	617.66	615.36	3.88	3.19	2.39	3.93	3.19	2.34	7.47	29.39	4.07	4.25	2.39	1.86	613.50
23	70.2	0.64	617.66	617.02	3.11	3.19	2.30	3.50	3.19	1.47	4.69	16.40	4.18	4.13	2.30	1.83	615.19
<b>Min</b>		<b>0.55</b>	<b>617.66</b>	<b>614.91</b>	<b>1.11</b>	<b>0.00</b>	<b>1.67</b>	<b>1.79</b>	<b>3.19</b>	<b>1.11</b>	<b>3.54</b>	<b>6.34</b>	<b>2.38</b>	<b>1.74</b>	<b>1.67</b>	<b>0.07</b>	<b>612.59</b>
<b>Max</b>		<b>2.75</b>	<b>617.66</b>	<b>617.12</b>	<b>4.24</b>	<b>3.19</b>	<b>2.75</b>	<b>4.23</b>	<b>3.19</b>	<b>2.70</b>	<b>8.60</b>	<b>32.83</b>	<b>4.46</b>	<b>5.07</b>	<b>2.75</b>	<b>2.32</b>	<b>617.12</b>
<b>Media</b>		<b>2.06</b>	<b>617.66</b>	<b>615.60</b>	<b>3.67</b>	<b>3.05</b>	<b>2.23</b>	<b>3.75</b>	<b>3.19</b>	<b>2.13</b>	<b>6.79</b>	<b>25.85</b>	<b>3.99</b>	<b>3.85</b>	<b>2.23</b>	<b>1.62</b>	<b>614.05</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**





 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM	
												Fecha:	
												Mar-21	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria:		
											Ing. Recursos Hídricos		
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0				

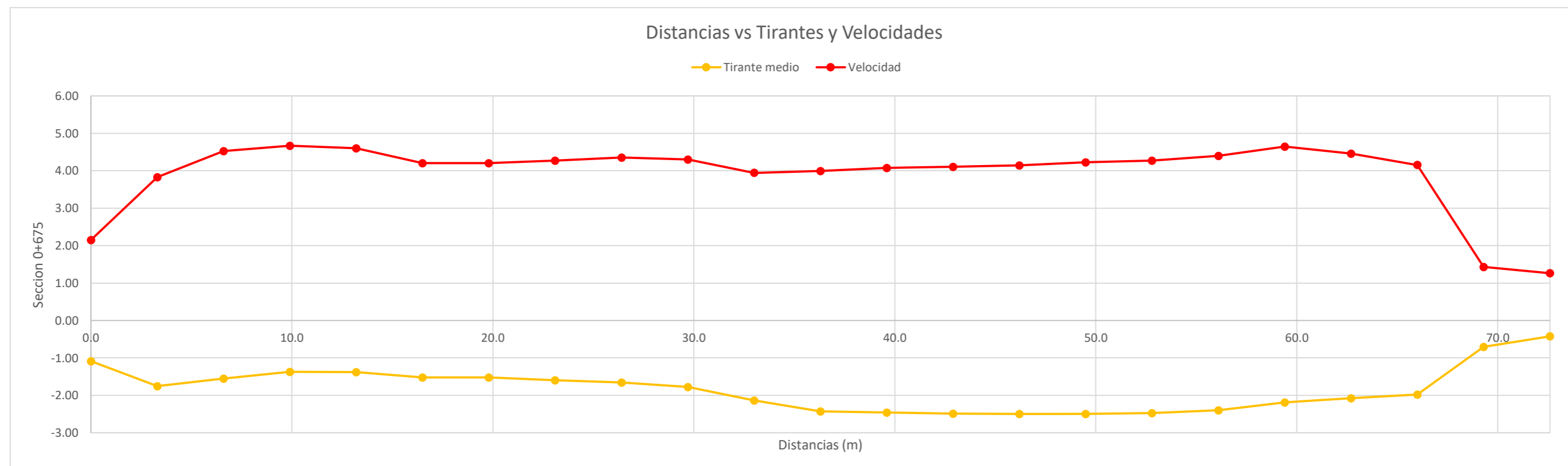
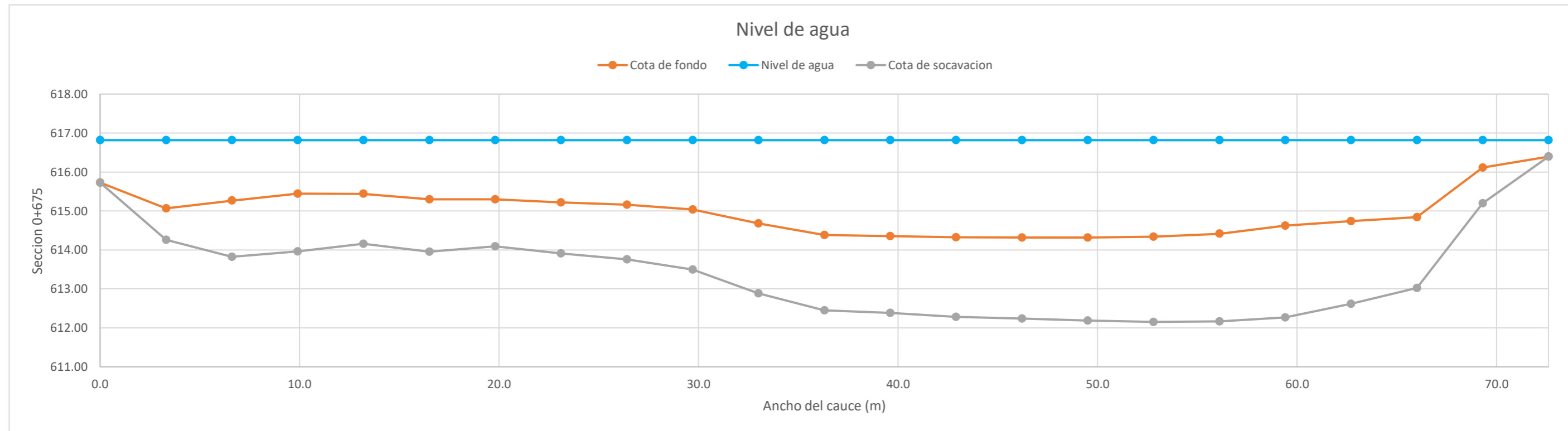
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+675
Coefficiente que depende del Tr:	$\beta$	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	$1/(1+X)$	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	72.60 m
Coefficiente de contracción:	$\mu$	1.00 ( $\mu = 1$ , sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	$\alpha$ (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	1.09	616.82	615.73	2.15	0.00											615.73
2	3.3	1.75	616.82	615.07	3.83	3.30	1.75	2.99	3.30	1.42	4.69	14.02	3.58	2.56	1.75	0.81	614.26
3	6.6	1.55	616.82	615.27	4.53	3.30	1.75	4.18	3.30	1.65	5.45	22.77	4.75	3.20	1.75	1.45	613.82
4	9.9	1.37	616.82	615.45	4.67	3.30	1.55	4.60	3.30	1.46	4.82	22.17	5.45	3.04	1.55	1.49	613.96
5	13.2	1.38	616.82	615.44	4.60	3.30	1.38	4.64	3.30	1.37	4.54	21.03	5.62	2.66	1.38	1.28	614.16
6	16.5	1.52	616.82	615.30	4.20	3.30	1.52	4.40	3.30	1.45	4.78	21.04	5.23	2.87	1.52	1.35	613.95
7	19.8	1.52	616.82	615.30	4.20	3.30	1.52	4.20	3.30	1.52	5.02	21.07	4.91	2.72	1.52	1.20	614.09
8	23.1	1.60	616.82	615.22	4.27	3.30	1.60	4.24	3.30	1.56	5.14	21.79	4.91	2.91	1.60	1.31	613.91
9	26.4	1.66	616.82	615.16	4.35	3.30	1.66	4.31	3.30	1.63	5.37	23.16	4.92	3.06	1.66	1.40	613.76
10	29.7	1.78	616.82	615.04	4.30	3.30	1.78	4.33	3.30	1.72	5.67	24.54	4.85	3.32	1.78	1.54	613.50
11	33.0	2.13	616.82	614.68	3.95	3.30	2.13	4.12	3.30	1.96	6.46	26.63	4.44	3.93	2.13	1.80	612.89
12	36.3	2.43	616.82	614.39	4.00	3.30	2.43	3.97	3.30	2.28	7.53	29.92	4.09	4.37	2.43	1.94	612.45
13	39.6	2.46	616.82	614.36	4.08	3.30	2.46	4.04	3.30	2.45	8.07	32.59	4.08	4.43	2.46	1.97	612.39
14	42.9	2.49	616.82	614.33	4.10	3.30	2.49	4.09	3.30	2.47	8.16	33.41	4.12	4.53	2.49	2.04	612.28
15	46.2	2.50	616.82	614.32	4.14	3.30	2.50	4.12	3.30	2.49	8.23	33.93	4.14	4.58	2.50	2.08	612.24
16	49.5	2.50	616.82	614.32	4.23	3.30	2.50	4.19	3.30	2.50	8.24	34.49	4.20	4.63	2.50	2.13	612.19
17	52.8	2.47	616.82	614.34	4.27	3.30	2.50	4.25	3.30	2.49	8.20	34.85	4.27	4.68	2.50	2.19	612.15
18	56.1	2.40	616.82	614.42	4.40	3.30	2.47	4.34	3.30	2.44	8.04	34.89	4.38	4.72	2.47	2.25	612.17
19	59.4	2.19	616.82	614.63	4.65	3.30	2.40	4.53	3.30	2.30	7.58	34.29	4.65	4.76	2.40	2.36	612.27
20	62.7	2.08	616.82	614.74	4.46	3.30	2.19	4.55	3.30	2.14	7.05	32.09	4.78	4.31	2.19	2.12	612.62
21	66.0	1.98	616.82	614.84	4.16	3.30	2.08	4.31	3.30	2.03	6.69	28.82	4.59	3.90	2.08	1.82	613.02
22	69.3	0.71	616.82	616.11	1.43	3.30	1.98	2.79	3.30	1.34	4.43	12.35	3.41	2.89	1.98	0.91	615.20
23	72.6	0.42	616.82	616.39	1.26	3.30	0.71	1.35	3.30	0.56	1.86	2.51	2.40	0.56	0.71	0.00	616.39
<b>Min</b>		<b>0.42</b>	<b>616.82</b>	<b>614.32</b>	<b>1.26</b>	<b>0.00</b>	<b>0.71</b>	<b>1.35</b>	<b>3.30</b>	<b>0.56</b>	<b>1.86</b>	<b>2.51</b>	<b>2.40</b>	<b>0.56</b>	<b>0.71</b>	<b>0.00</b>	<b>612.15</b>
<b>Max</b>		<b>2.50</b>	<b>616.82</b>	<b>616.39</b>	<b>4.67</b>	<b>3.30</b>	<b>2.50</b>	<b>4.64</b>	<b>3.30</b>	<b>2.50</b>	<b>8.24</b>	<b>34.89</b>	<b>5.62</b>	<b>4.76</b>	<b>2.50</b>	<b>2.36</b>	<b>616.39</b>
<b>Media</b>		<b>1.82</b>	<b>616.82</b>	<b>614.99</b>	<b>3.92</b>	<b>3.16</b>	<b>1.97</b>	<b>4.02</b>	<b>3.30</b>	<b>1.87</b>	<b>6.18</b>	<b>25.56</b>	<b>4.44</b>	<b>3.57</b>	<b>1.97</b>	<b>1.61</b>	<b>613.45</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM				
												Fecha: Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0							

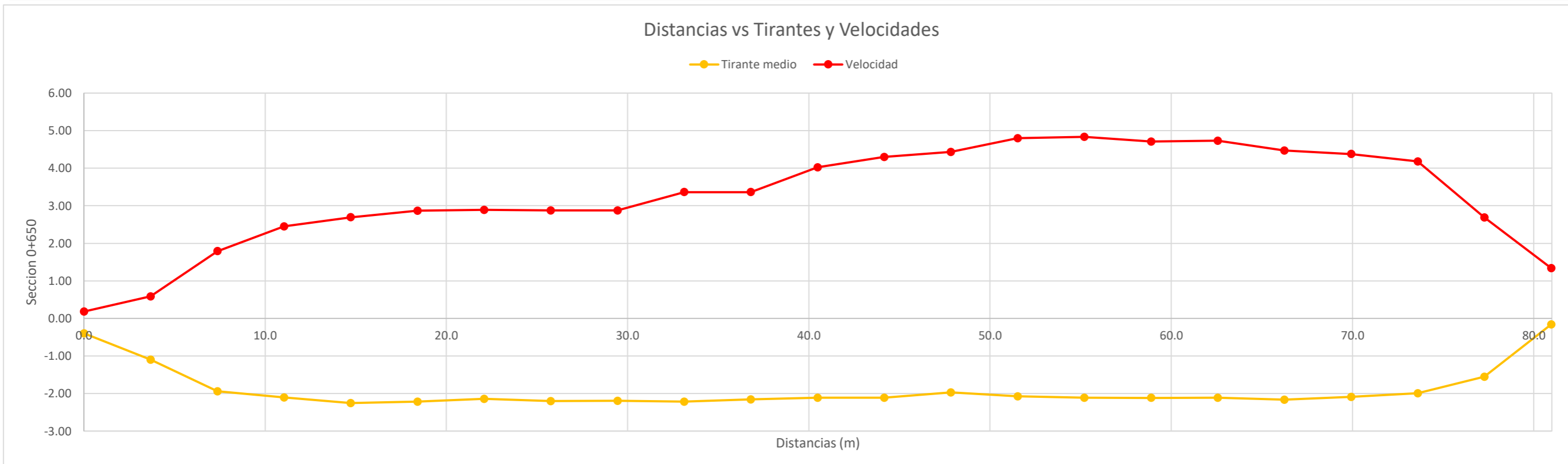
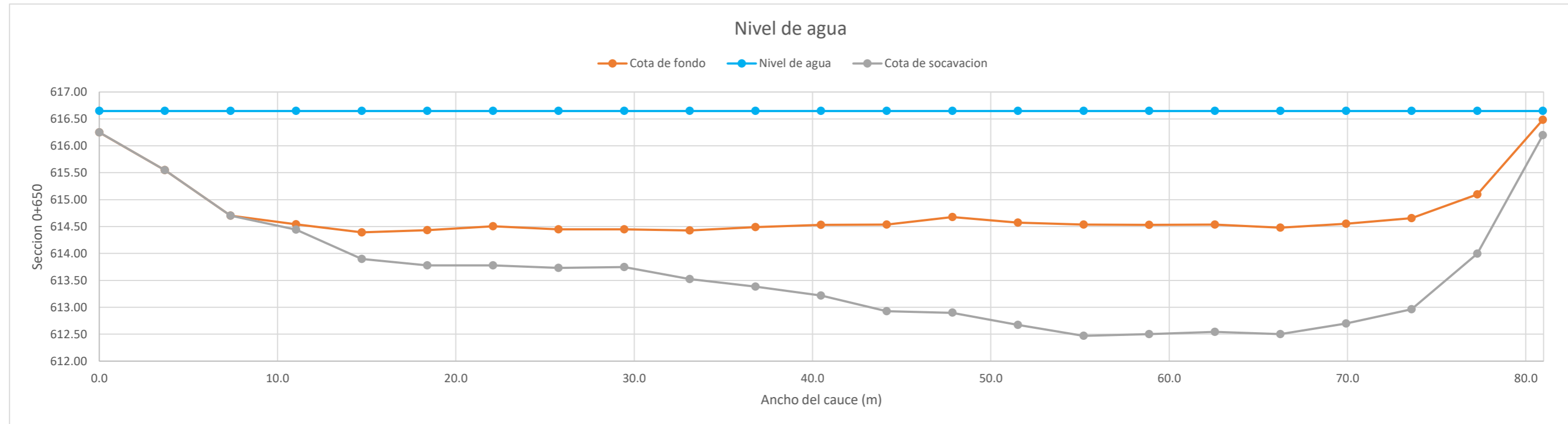
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+650
Coefficiente que depende del Tr:	$\beta$	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	$1/(1+X)$	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	80.96 m
Coefficiente de contracción:	$\mu$	1.00 ( $\mu = 1$ , si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	$\alpha$ (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.40	616.65	616.25	0.18	0.00											616.25
2	3.7	1.10	616.65	615.55	0.59	3.68	1.10	0.38	3.68	0.75	2.75	1.06	0.59	0.33	1.10	0.00	615.55
3	7.4	1.94	616.65	614.70	1.79	3.68	1.94	1.19	3.68	1.52	5.60	6.66	1.34	1.36	1.94	0.00	614.70
4	11.0	2.11	616.65	614.54	2.45	3.68	2.11	2.12	3.68	2.02	7.45	15.81	2.17	2.20	2.11	0.09	614.45
5	14.7	2.25	616.65	614.39	2.69	3.68	2.25	2.57	3.68	2.18	8.02	20.65	2.58	2.75	2.25	0.50	613.90
6	18.4	2.22	616.65	614.43	2.87	3.68	2.25	2.78	3.68	2.23	8.22	22.88	2.77	2.91	2.25	0.65	613.78
7	22.1	2.14	616.65	614.50	2.89	3.68	2.22	2.88	3.68	2.18	8.02	23.10	2.88	2.94	2.22	0.72	613.78
8	25.8	2.20	616.65	614.45	2.87	3.68	2.20	2.88	3.68	2.17	7.99	23.02	2.89	2.91	2.20	0.71	613.73
9	29.4	2.20	616.65	614.45	2.87	3.68	2.20	2.87	3.68	2.20	8.09	23.25	2.87	2.90	2.20	0.70	613.75
10	33.1	2.22	616.65	614.43	3.36	3.68	2.22	3.12	3.68	2.21	8.12	25.34	3.11	3.12	2.22	0.91	613.52
11	36.8	2.16	616.65	614.49	3.36	3.68	2.22	3.36	3.68	2.19	8.05	27.09	3.37	3.32	2.22	1.11	613.38
12	40.5	2.11	616.65	614.53	4.02	3.68	2.16	3.69	3.68	2.14	7.86	29.04	3.72	3.47	2.16	1.31	613.22
13	44.2	2.11	616.65	614.54	4.30	3.68	2.11	4.16	3.68	2.11	7.77	32.36	4.21	3.72	2.11	1.61	612.93
14	47.8	1.97	616.65	614.68	4.43	3.68	2.11	4.37	3.68	2.04	7.51	32.78	4.47	3.89	2.11	1.78	612.90
15	51.5	2.07	616.65	614.58	4.80	3.68	2.07	4.62	3.68	2.02	7.44	34.32	4.73	3.97	2.07	1.90	612.67
16	55.2	2.11	616.65	614.54	4.83	3.68	2.11	4.82	3.68	2.09	7.70	37.07	4.89	4.18	2.11	2.07	612.47
17	58.9	2.12	616.65	614.53	4.71	3.68	2.12	4.77	3.68	2.11	7.78	37.10	4.82	4.15	2.12	2.03	612.50
18	62.6	2.11	616.65	614.54	4.73	3.68	2.12	4.72	3.68	2.11	7.77	36.68	4.77	4.11	2.12	2.00	612.54
19	66.2	2.17	616.65	614.48	4.47	3.68	2.17	4.60	3.68	2.14	7.87	36.18	4.64	4.14	2.17	1.98	612.50
20	69.9	2.09	616.65	614.55	4.38	3.68	2.17	4.42	3.68	2.13	7.83	34.66	4.46	4.02	2.17	1.86	612.70
21	73.6	1.99	616.65	614.66	4.18	3.68	2.09	4.28	3.68	2.04	7.51	32.14	4.37	3.78	2.09	1.69	612.96
22	77.3	1.55	616.65	615.10	2.69	3.68	1.99	3.44	3.68	1.77	6.51	22.38	3.68	3.09	1.99	1.10	613.99
23	81.0	0.16	616.65	616.49	1.34	3.68	1.55	2.01	3.68	0.86	3.15	6.34	2.88	1.84	1.55	0.29	616.20
<b>Min</b>		<b>0.16</b>	<b>616.65</b>	<b>614.39</b>	<b>0.18</b>	<b>0.00</b>	<b>1.10</b>	<b>0.38</b>	<b>3.68</b>	<b>0.75</b>	<b>2.75</b>	<b>1.06</b>	<b>0.59</b>	<b>0.33</b>	<b>1.10</b>	<b>0.00</b>	<b>612.47</b>
<b>Max</b>		<b>2.25</b>	<b>616.65</b>	<b>616.49</b>	<b>4.83</b>	<b>3.68</b>	<b>2.25</b>	<b>4.82</b>	<b>3.68</b>	<b>2.23</b>	<b>8.22</b>	<b>37.10</b>	<b>4.89</b>	<b>4.18</b>	<b>2.25</b>	<b>2.07</b>	<b>616.25</b>
<b>Media</b>		<b>1.89</b>	<b>616.65</b>	<b>614.76</b>	<b>3.25</b>	<b>3.52</b>	<b>2.07</b>	<b>3.37</b>	<b>3.68</b>	<b>1.96</b>	<b>7.23</b>	<b>25.45</b>	<b>3.46</b>	<b>3.14</b>	<b>2.07</b>	<b>1.14</b>	<b>613.67</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM				
												Fecha:		Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"													Maetria:		Ing. Recursos Hídricos	
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0							

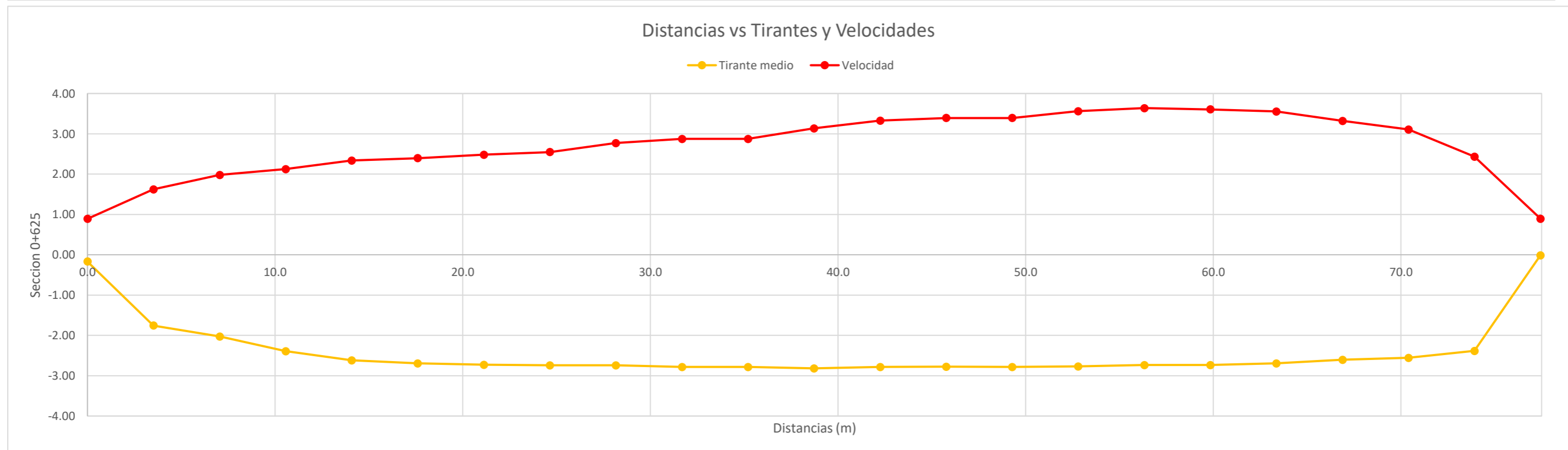
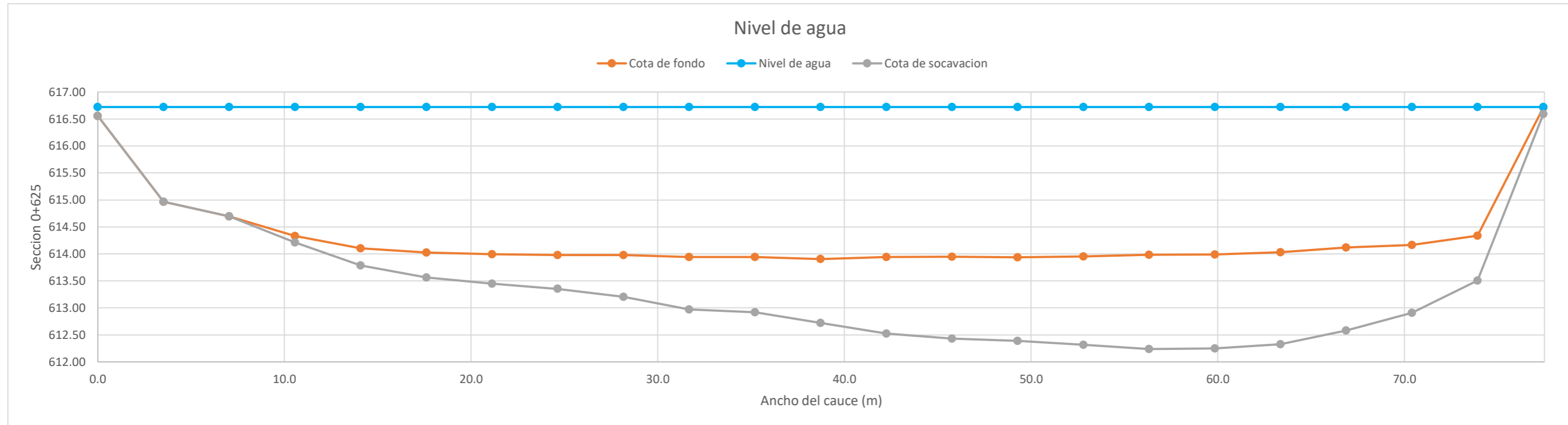
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+625
Coefficiente que depende del Tr:	$\beta$	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	$1/(1+X)$	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	77.44 m
Coefficiente de contracción:	$\mu$	1.00 ( $\mu = 1$ , si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	$\alpha$ (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.17	616.72	616.55	0.89	0.00											616.55
2	3.5	1.76	616.72	614.97	1.63	3.52	1.76	1.26	3.52	0.96	3.38	4.26	1.73	1.45	1.76	0.00	614.97
3	7.0	2.02	616.72	614.70	1.98	3.52	2.02	1.80	3.52	1.89	6.65	11.99	1.92	1.89	2.02	0.00	614.70
4	10.6	2.39	616.72	614.33	2.13	3.52	2.39	2.05	3.52	2.21	7.77	15.95	2.08	2.51	2.39	0.12	614.21
5	14.1	2.62	616.72	614.11	2.34	3.52	2.62	2.23	3.52	2.50	8.81	19.66	2.18	2.93	2.62	0.32	613.79
6	17.6	2.70	616.72	614.03	2.40	3.52	2.70	2.37	3.52	2.66	9.35	22.13	2.28	3.16	2.70	0.46	613.56
7	21.1	2.73	616.72	613.99	2.48	3.52	2.73	2.44	3.52	2.71	9.55	23.29	2.34	3.27	2.73	0.54	613.45
8	24.6	2.74	616.72	613.98	2.55	3.52	2.74	2.52	3.52	2.74	9.63	24.22	2.40	3.37	2.74	0.63	613.35
9	28.2	2.74	616.72	613.98	2.77	3.52	2.74	2.66	3.52	2.74	9.66	25.68	2.54	3.52	2.74	0.77	613.20
10	31.7	2.78	616.72	613.94	2.88	3.52	2.78	2.82	3.52	2.76	9.72	27.46	2.69	3.75	2.78	0.97	612.97
11	35.2	2.78	616.72	613.94	2.88	3.52	2.78	2.88	3.52	2.78	9.79	28.17	2.74	3.80	2.78	1.02	612.92
12	38.7	2.82	616.72	613.90	3.14	3.52	2.82	3.01	3.52	2.80	9.85	29.64	2.86	4.00	2.82	1.18	612.72
13	42.2	2.78	616.72	613.94	3.33	3.52	2.82	3.23	3.52	2.80	9.85	31.87	3.07	4.23	2.82	1.42	612.52
14	45.8	2.78	616.72	613.95	3.39	3.52	2.78	3.36	3.52	2.78	9.78	32.88	3.20	4.30	2.78	1.52	612.43
15	49.3	2.78	616.72	613.94	3.39	3.52	2.78	3.39	3.52	2.78	9.78	33.21	3.23	4.33	2.78	1.55	612.39
16	52.8	2.77	616.72	613.95	3.56	3.52	2.78	3.48	3.52	2.78	9.77	33.98	3.31	4.42	2.78	1.64	612.32
17	56.3	2.74	616.72	613.99	3.64	3.52	2.77	3.60	3.52	2.75	9.69	34.88	3.43	4.52	2.77	1.75	612.24
18	59.8	2.73	616.72	613.99	3.61	3.52	2.74	3.62	3.52	2.73	9.63	34.87	3.46	4.47	2.74	1.74	612.25
19	63.4	2.69	616.72	614.03	3.56	3.52	2.73	3.58	3.52	2.71	9.55	34.19	3.43	4.44	2.73	1.70	612.33
20	66.9	2.60	616.72	614.12	3.32	3.52	2.69	3.44	3.52	2.65	9.32	32.03	3.31	4.23	2.69	1.54	612.58
21	70.4	2.55	616.72	614.17	3.11	3.52	2.60	3.21	3.52	2.58	9.08	29.17	3.12	3.86	2.60	1.26	612.91
22	73.9	2.39	616.72	614.34	2.43	3.52	2.55	2.77	3.52	2.47	8.69	24.08	2.72	3.38	2.55	0.83	613.51
23	77.4	0.01	616.72	616.71	0.89	3.52	2.39	1.66	3.52	1.20	4.22	7.01	2.08	2.51	2.39	0.12	616.59
<b>Min</b>		<b>0.01</b>	<b>616.72</b>	<b>613.90</b>	<b>0.89</b>	<b>0.00</b>	<b>1.76</b>	<b>1.26</b>	<b>3.52</b>	<b>0.96</b>	<b>3.38</b>	<b>4.26</b>	<b>1.73</b>	<b>1.45</b>	<b>1.76</b>	<b>0.00</b>	<b>612.24</b>
<b>Max</b>		<b>2.82</b>	<b>616.72</b>	<b>616.71</b>	<b>3.64</b>	<b>3.52</b>	<b>2.82</b>	<b>3.62</b>	<b>3.52</b>	<b>2.80</b>	<b>9.85</b>	<b>34.88</b>	<b>3.46</b>	<b>4.52</b>	<b>2.82</b>	<b>1.75</b>	<b>616.59</b>
<b>Media</b>		<b>2.39</b>	<b>616.72</b>	<b>614.33</b>	<b>2.71</b>	<b>3.37</b>	<b>2.62</b>	<b>2.79</b>	<b>3.52</b>	<b>2.50</b>	<b>8.80</b>	<b>25.48</b>	<b>2.73</b>	<b>3.56</b>	<b>2.62</b>	<b>0.96</b>	<b>613.41</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM						
												Fecha: Mar-21						
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos							
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0									

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

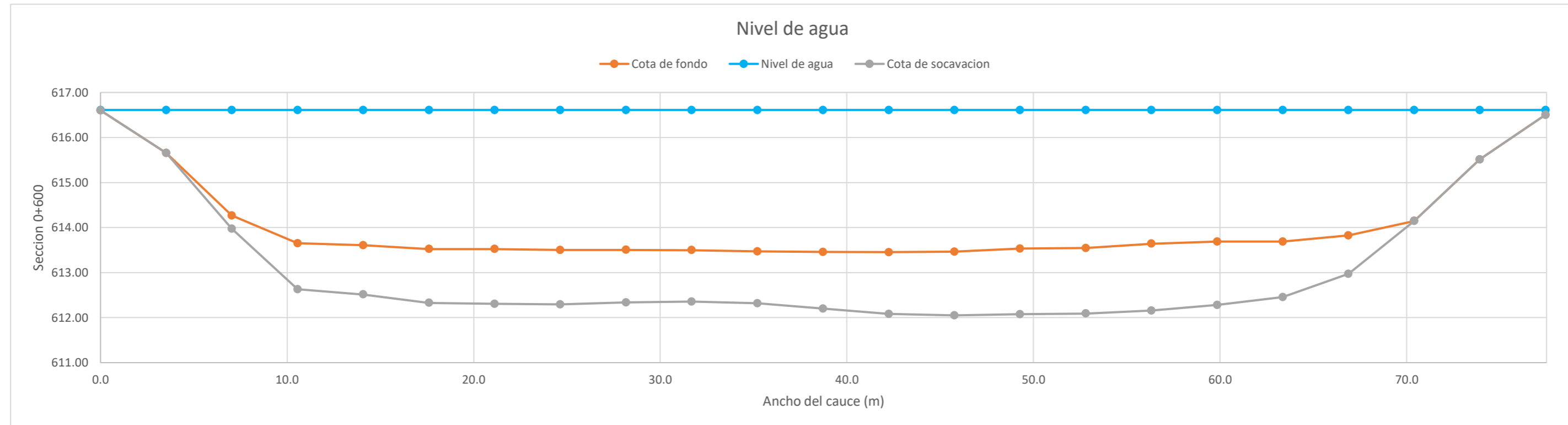
**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**


Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+600
Coefficiente que depende del Tr:	$\beta$	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	$1/(1+X)$	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	77.44 m
Coefficiente de contracción:	$\mu$	1.00 ( $\mu = 1$ , si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	$\alpha$ (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.01	616.61	616.60	0.76	0.00											616.60
2	3.5	0.95	616.61	615.66	1.48	3.52	0.95	1.12	3.52	0.48	1.70	1.91	2.15	0.77	0.95	0.00	615.66
3	7.0	2.34	616.61	614.27	2.63	3.52	2.34	2.06	3.52	1.65	5.80	11.94	2.29	2.64	2.34	0.29	613.98
4	10.6	2.96	616.61	613.65	2.80	3.52	2.96	2.72	3.52	2.65	9.33	25.35	2.62	3.98	2.96	1.02	612.63
5	14.1	3.01	616.61	613.61	2.86	3.52	3.01	2.83	3.52	2.98	10.50	29.70	2.64	4.10	3.01	1.09	612.52
6	17.6	3.09	616.61	613.52	2.90	3.52	3.09	2.88	3.52	3.05	10.73	30.88	2.68	4.28	3.09	1.20	612.33
7	21.1	3.09	616.61	613.52	2.92	3.52	3.09	2.91	3.52	3.09	10.87	31.61	2.70	4.31	3.09	1.22	612.30
8	24.6	3.11	616.61	613.50	2.85	3.52	3.11	2.88	3.52	3.10	10.91	31.47	2.67	4.32	3.11	1.21	612.29
9	28.2	3.11	616.61	613.51	2.85	3.52	3.11	2.85	3.52	3.11	10.94	31.22	2.64	4.28	3.11	1.17	612.34
10	31.7	3.11	616.61	613.50	2.81	3.52	3.11	2.83	3.52	3.11	10.95	30.98	2.62	4.25	3.11	1.14	612.36
11	35.2	3.14	616.61	613.47	2.84	3.52	3.14	2.83	3.52	3.13	11.01	31.10	2.61	4.30	3.14	1.15	612.32
12	38.7	3.15	616.61	613.46	2.97	3.52	3.15	2.91	3.52	3.15	11.08	32.19	2.68	4.41	3.15	1.26	612.20
13	42.2	3.16	616.61	613.45	3.04	3.52	3.16	3.00	3.52	3.16	11.11	33.35	2.77	4.53	3.16	1.37	612.08
14	45.8	3.15	616.61	613.47	3.04	3.52	3.16	3.04	3.52	3.15	11.09	33.71	2.80	4.57	3.16	1.42	612.05
15	49.3	3.08	616.61	613.53	3.11	3.52	3.15	3.07	3.52	3.11	10.96	33.68	2.84	4.60	3.15	1.46	612.07
16	52.8	3.07	616.61	613.54	3.11	3.52	3.08	3.11	3.52	3.07	10.82	33.67	2.89	4.53	3.08	1.45	612.09
17	56.3	2.97	616.61	613.64	3.16	3.52	3.07	3.14	3.52	3.02	10.62	33.33	2.92	4.55	3.07	1.48	612.16
18	59.8	2.92	616.61	613.69	3.10	3.52	2.97	3.13	3.52	2.95	10.37	32.46	2.93	4.37	2.97	1.40	612.28
19	63.4	2.92	616.61	613.69	2.91	3.52	2.92	3.00	3.52	2.92	10.30	30.93	2.82	4.16	2.92	1.23	612.45
20	66.9	2.78	616.61	613.83	2.38	3.52	2.92	2.64	3.52	2.85	10.05	26.56	2.50	3.78	2.92	0.85	612.98
21	70.4	2.46	616.61	614.15	1.09	3.52	2.78	1.73	3.52	2.62	9.24	16.01	1.67	2.58	2.78	0.00	614.15
22	73.9	1.10	616.61	615.51	0.42	3.52	2.46	0.75	3.52	1.78	6.27	4.73	0.82	1.25	2.46	0.00	615.51
23	77.4	0.11	616.61	616.50	0.20	3.52	1.10	0.31	3.52	0.60	2.13	0.66	0.53	0.31	1.10	0.00	616.50
<b>Min</b>		<b>0.01</b>	<b>616.61</b>	<b>613.45</b>	<b>0.20</b>	<b>0.00</b>	<b>0.95</b>	<b>0.31</b>	<b>3.52</b>	<b>0.48</b>	<b>1.70</b>	<b>0.66</b>	<b>0.53</b>	<b>0.31</b>	<b>0.95</b>	<b>0.00</b>	<b>612.05</b>
<b>Max</b>		<b>3.16</b>	<b>616.61</b>	<b>616.60</b>	<b>3.16</b>	<b>3.52</b>	<b>3.16</b>	<b>3.14</b>	<b>3.52</b>	<b>3.16</b>	<b>11.11</b>	<b>33.71</b>	<b>2.93</b>	<b>4.60</b>	<b>3.16</b>	<b>1.48</b>	<b>616.60</b>
<b>Media</b>		<b>2.56</b>	<b>616.61</b>	<b>614.06</b>	<b>2.44</b>	<b>3.37</b>	<b>2.81</b>	<b>2.53</b>	<b>3.52</b>	<b>2.67</b>	<b>9.40</b>	<b>25.79</b>	<b>2.44</b>	<b>3.68</b>	<b>2.81</b>	<b>0.97</b>	<b>613.12</b>



**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM				
												Fecha: Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0							

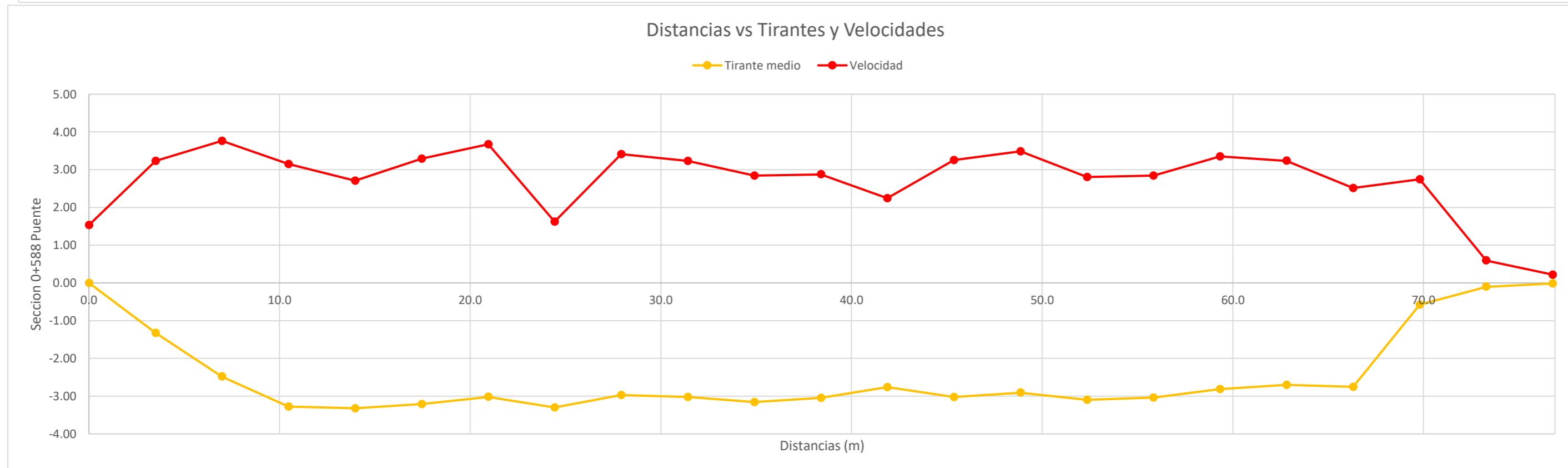
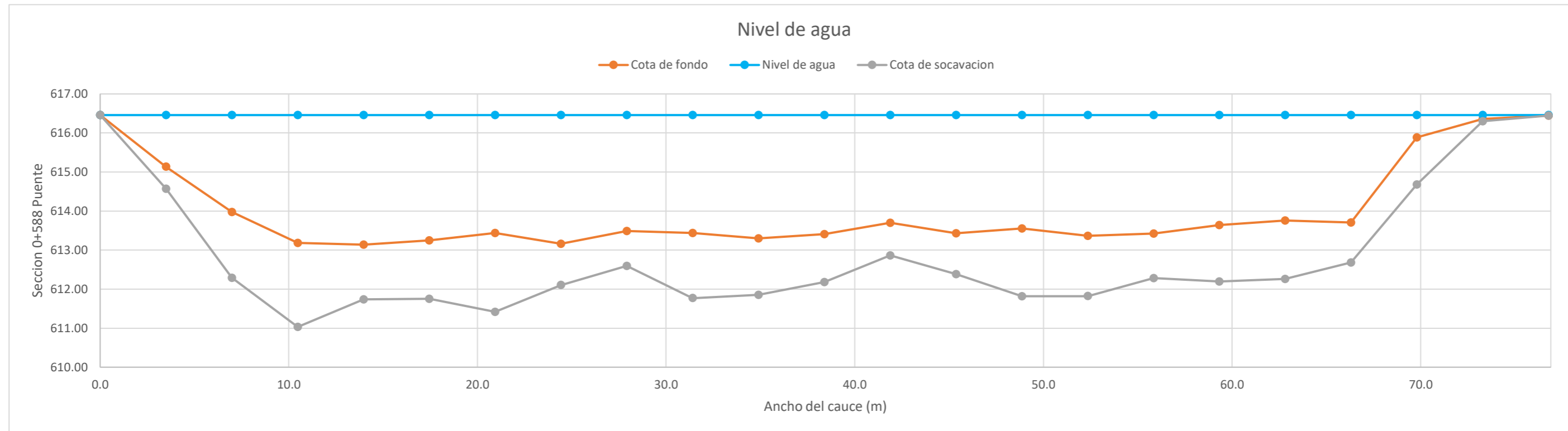
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+588 Puente
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	76.78 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.00	616.46	616.46	1.53	0.00											616.46
2	3.5	1.32	616.46	615.13	3.23	3.49	1.32	2.38	3.49	0.66	2.31	5.50	3.88	1.89	1.32	0.56	614.57
3	7.0	2.48	616.46	613.98	3.76	3.49	2.48	3.50	3.49	1.90	6.64	23.21	3.72	4.17	2.48	1.69	612.29
4	10.5	3.28	616.46	613.18	3.15	3.49	3.28	3.46	3.49	2.88	10.05	34.74	3.27	5.43	3.28	2.15	611.03
5	14.0	3.32	616.46	613.14	2.71	3.49	3.32	2.93	3.49	3.30	11.51	33.72	2.68	4.72	3.32	1.40	611.74
6	17.5	3.21	616.46	613.25	3.29	3.49	3.32	3.00	3.49	3.26	11.39	34.19	2.75	4.82	3.32	1.50	611.75
7	20.9	3.02	616.46	613.44	3.67	3.49	3.21	3.48	3.49	3.11	10.87	37.85	3.23	5.23	3.21	2.02	611.42
8	24.4	3.30	616.46	613.16	1.62	3.49	3.30	2.65	3.49	3.16	11.02	29.18	2.45	4.35	3.30	1.06	612.10
9	27.9	2.97	616.46	613.49	3.41	3.49	3.30	2.52	3.49	3.13	10.94	27.53	2.33	4.19	3.30	0.89	612.59
10	31.4	3.02	616.46	613.44	3.23	3.49	3.02	3.32	3.49	3.00	10.46	34.73	3.11	4.69	3.02	1.67	611.77
11	34.9	3.16	616.46	613.30	2.84	3.49	3.16	3.04	3.49	3.09	10.79	32.75	2.82	4.60	3.16	1.45	611.85
12	38.4	3.05	616.46	613.41	2.88	3.49	3.16	2.86	3.49	3.10	10.83	30.96	2.66	4.39	3.16	1.23	612.18
13	41.9	2.76	616.46	613.70	2.24	3.49	3.05	2.56	3.49	2.90	10.13	25.93	2.42	3.88	3.05	0.84	612.86
14	45.4	3.03	616.46	613.43	3.25	3.49	3.03	2.75	3.49	2.89	10.09	27.73	2.60	4.07	3.03	1.05	612.39
15	48.9	2.91	616.46	613.55	3.49	3.49	3.03	3.37	3.49	2.97	10.35	34.87	3.16	4.76	3.03	1.73	611.82
16	52.4	3.10	616.46	613.36	2.80	3.49	3.10	3.15	3.49	3.00	10.47	32.95	2.95	4.64	3.10	1.54	611.82
17	55.8	3.03	616.46	613.42	2.84	3.49	3.10	2.82	3.49	3.07	10.70	30.19	2.63	4.24	3.10	1.14	612.28
18	59.3	2.81	616.46	613.64	3.35	3.49	3.03	3.10	3.49	2.92	10.21	31.61	2.92	4.48	3.03	1.45	612.20
19	62.8	2.70	616.46	613.76	3.24	3.49	2.81	3.29	3.49	2.76	9.62	31.70	3.15	4.32	2.81	1.50	612.26
20	66.3	2.75	616.46	613.71	2.51	3.49	2.75	2.87	3.49	2.73	9.52	27.36	2.76	3.77	2.75	1.02	612.68
21	69.8	0.57	616.46	615.88	2.75	3.49	2.75	2.63	3.49	1.66	5.81	15.27	2.93	3.95	2.75	1.20	614.68
22	73.3	0.10	616.46	616.36	0.59	3.49	0.57	1.67	3.49	0.34	1.18	1.97	3.87	0.63	0.57	0.06	616.30
23	76.8	0.01	616.46	616.44	0.22	3.49	0.10	0.41	3.49	0.06	0.20	0.08	2.79	0.05	0.10	0.00	616.44
<b>Min</b>		<b>0.00</b>	<b>616.46</b>	<b>613.14</b>	<b>0.22</b>	<b>0.00</b>	<b>0.10</b>	<b>0.41</b>	<b>3.49</b>	<b>0.06</b>	<b>0.20</b>	<b>0.08</b>	<b>2.33</b>	<b>0.05</b>	<b>0.10</b>	<b>0.00</b>	<b>611.03</b>
<b>Max</b>		<b>3.32</b>	<b>616.46</b>	<b>616.46</b>	<b>3.76</b>	<b>3.49</b>	<b>3.32</b>	<b>3.50</b>	<b>3.49</b>	<b>3.30</b>	<b>11.51</b>	<b>37.85</b>	<b>3.88</b>	<b>5.43</b>	<b>3.32</b>	<b>2.15</b>	<b>616.46</b>
<b>Media</b>		<b>2.43</b>	<b>616.46</b>	<b>614.03</b>	<b>2.72</b>	<b>3.34</b>	<b>2.74</b>	<b>2.81</b>	<b>3.49</b>	<b>2.54</b>	<b>8.87</b>	<b>26.55</b>	<b>2.96</b>	<b>3.97</b>	<b>2.74</b>	<b>1.23</b>	<b>612.85</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM				
												Fecha: Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0							

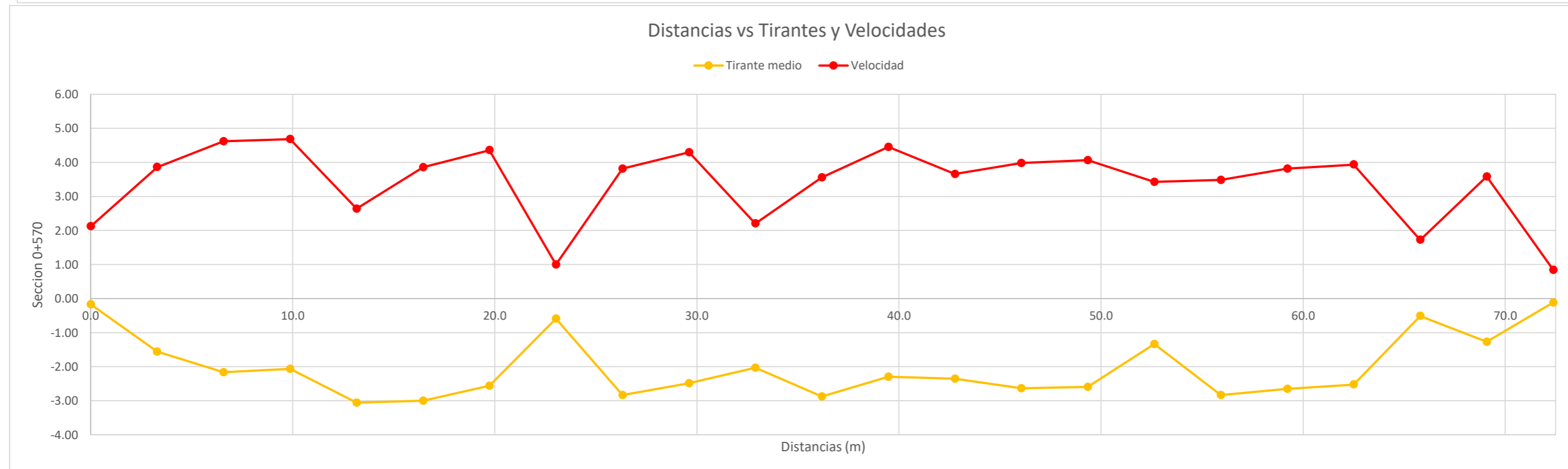
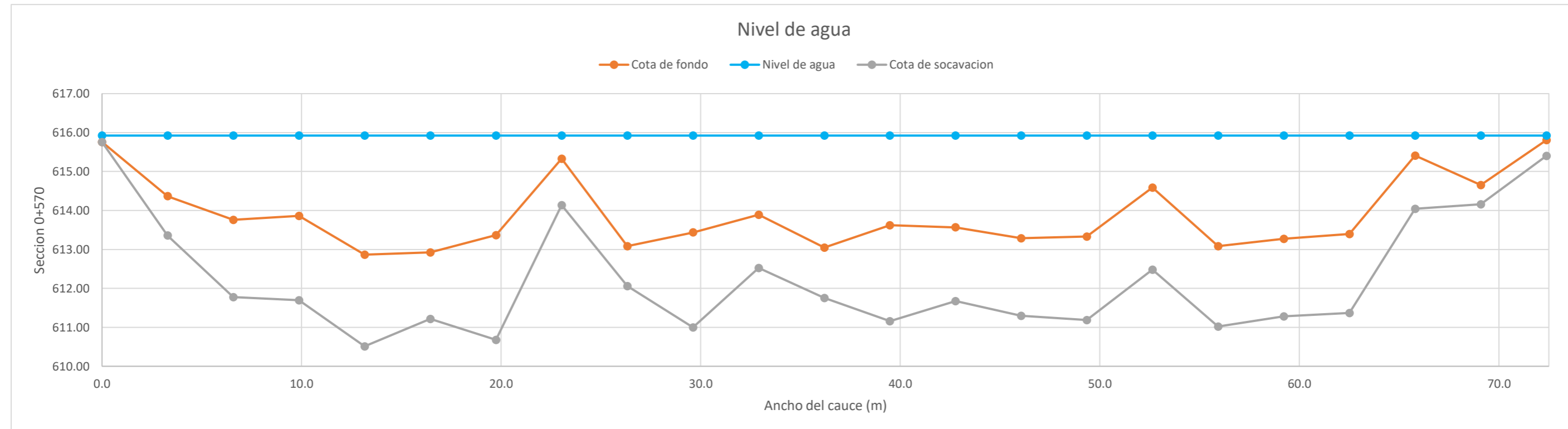
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+584.03
Coeficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coeficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	72.38 m
Coeficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.17	615.92	615.76	2.12	0.00											615.76
2	3.3	1.56	615.92	614.37	3.86	3.29	1.56	2.99	3.29	0.86	2.84	8.48	4.38	2.57	1.56	1.01	613.36
3	6.6	2.17	615.92	613.76	4.62	3.29	2.17	4.24	3.29	1.86	6.12	25.96	4.64	4.15	2.17	1.98	611.77
4	9.9	2.06	615.92	613.86	4.68	3.29	2.17	4.65	3.29	2.11	6.96	32.35	4.90	4.33	2.17	2.16	611.70
5	13.2	3.06	615.92	612.87	2.64	3.29	3.06	3.66	3.29	2.56	8.42	30.85	3.66	5.41	3.06	2.35	610.51
6	16.5	3.00	615.92	612.92	3.86	3.29	3.06	3.25	3.29	3.03	9.96	32.40	3.12	4.77	3.06	1.71	611.21
7	19.7	2.56	615.92	613.36	4.36	3.29	3.00	4.11	3.29	2.78	9.14	37.58	4.02	5.68	3.00	2.68	610.68
8	23.0	0.59	615.92	615.33	1.00	3.29	2.56	2.68	3.29	1.58	5.19	13.89	3.10	3.75	2.56	1.19	614.14
9	26.3	2.84	615.92	613.09	3.81	3.29	2.84	2.41	3.29	1.72	5.64	13.58	2.70	3.86	2.84	1.03	612.06
10	29.6	2.49	615.92	613.44	4.29	3.29	2.84	4.05	3.29	2.66	8.76	35.51	4.01	5.27	2.84	2.43	611.00
11	32.9	2.03	615.92	613.89	2.21	3.29	2.49	3.25	3.29	2.26	7.44	24.16	3.36	3.86	2.49	1.37	612.52
12	36.2	2.87	615.92	613.05	3.56	3.29	2.87	2.88	3.29	2.45	8.07	23.27	2.91	4.17	2.87	1.29	611.76
13	39.5	2.30	615.92	613.62	4.46	3.29	2.87	4.01	3.29	2.59	8.51	34.10	3.99	5.34	2.87	2.47	611.16
14	42.8	2.36	615.92	613.57	3.66	3.29	2.36	4.06	3.29	2.33	7.66	31.05	4.16	4.25	2.36	1.89	611.68
15	46.1	2.64	615.92	613.29	3.99	3.29	2.64	3.82	3.29	2.50	8.21	31.38	3.84	4.63	2.64	1.99	611.29
16	49.4	2.59	615.92	613.33	4.06	3.29	2.64	4.03	3.29	2.61	8.60	34.62	4.00	4.78	2.64	2.14	611.19
17	52.6	1.33	615.92	614.59	3.42	3.29	2.59	3.74	3.29	1.96	6.46	24.19	4.03	4.70	2.59	2.11	612.48
18	55.9	2.84	615.92	613.08	3.49	3.29	2.84	3.46	3.29	2.09	6.86	23.72	3.65	4.90	2.84	2.06	611.02
19	59.2	2.65	615.92	613.27	3.82	3.29	2.84	3.65	3.29	2.75	9.03	32.99	3.58	4.83	2.84	1.99	611.28
20	62.5	2.52	615.92	613.40	3.94	3.29	2.65	3.88	3.29	2.59	8.52	33.02	3.86	4.68	2.65	2.03	611.37
21	65.8	0.51	615.92	615.41	1.73	3.29	2.52	2.83	3.29	1.52	4.99	14.14	3.31	3.89	2.52	1.37	614.04
22	69.1	1.27	615.92	614.66	3.58	3.29	1.27	2.65	3.29	0.89	2.93	7.77	3.83	1.76	1.27	0.50	614.16
23	72.4	0.12	615.92	615.81	0.84	3.29	1.27	2.21	3.29	0.69	2.27	5.04	3.58	1.67	1.27	0.40	615.40
<b>Min</b>		<b>0.12</b>	<b>615.92</b>	<b>612.87</b>	<b>0.84</b>	<b>0.00</b>	<b>1.27</b>	<b>2.21</b>	<b>3.29</b>	<b>0.69</b>	<b>2.27</b>	<b>5.04</b>	<b>2.70</b>	<b>1.67</b>	<b>1.27</b>	<b>0.40</b>	<b>610.51</b>
<b>Max</b>		<b>3.06</b>	<b>615.92</b>	<b>615.81</b>	<b>4.68</b>	<b>3.29</b>	<b>3.06</b>	<b>4.65</b>	<b>3.29</b>	<b>3.03</b>	<b>9.96</b>	<b>37.58</b>	<b>4.90</b>	<b>5.68</b>	<b>3.06</b>	<b>2.68</b>	<b>615.76</b>
<b>Media</b>		<b>2.02</b>	<b>615.92</b>	<b>613.90</b>	<b>3.39</b>	<b>3.15</b>	<b>2.50</b>	<b>3.48</b>	<b>3.29</b>	<b>2.11</b>	<b>6.94</b>	<b>25.00</b>	<b>3.76</b>	<b>4.24</b>	<b>2.50</b>	<b>1.74</b>	<b>612.24</b>

CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>							UNALM	
								Fecha: Mar-21	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"							Maetria: Ing. Recursos Hídricos		
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+582.16
Coficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	72.16 m
Coficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.36	615.25	614.89	0.95	0.00											614.89
2	3.3	1.91	615.25	613.34	3.77	3.28	1.91	2.36	3.28	1.13	3.72	8.78	3.08	2.55	1.91	0.64	612.71
3	6.6	2.19	615.25	613.06	4.18	3.28	2.19	3.98	3.28	2.05	6.73	26.75	4.23	3.92	2.19	1.73	611.33
4	9.8	2.31	615.25	612.94	3.25	3.28	2.31	3.72	3.28	2.25	7.38	27.43	3.85	3.89	2.31	1.58	611.36
5	13.1	1.96	615.25	613.30	4.56	3.28	2.31	3.90	3.28	2.13	7.00	27.31	4.11	4.10	2.31	1.79	611.51
6	16.4	2.09	615.25	613.16	5.30	3.28	2.09	4.93	3.28	2.02	6.64	32.69	5.26	4.37	2.09	2.28	610.88
7	19.7	1.72	615.25	613.53	5.45	3.28	2.09	5.37	3.28	1.90	6.25	33.56	5.85	4.75	2.09	2.66	610.88
8	23.0	1.62	615.25	613.63	5.01	3.28	1.72	5.23	3.28	1.67	5.48	28.67	5.93	3.72	1.72	2.00	611.63
9	26.2	1.57	615.25	613.68	6.14	3.28	1.62	5.58	3.28	1.60	5.24	29.21	6.42	3.67	1.62	2.05	611.64
10	29.5	1.52	615.25	613.74	5.75	3.28	1.57	5.95	3.28	1.54	5.06	30.10	6.93	3.73	1.57	2.16	611.58
11	32.8	1.45	615.25	613.80	5.13	3.28	1.52	5.44	3.28	1.48	4.87	26.50	6.43	3.35	1.52	1.84	611.96
12	36.1	1.90	615.25	613.35	5.30	3.28	1.90	5.22	3.28	1.68	5.51	28.72	5.91	4.24	1.90	2.33	611.02
13	39.4	1.72	615.25	613.53	5.53	3.28	1.90	5.41	3.28	1.81	5.95	32.19	5.98	4.28	1.90	2.38	611.16
14	42.6	1.70	615.25	613.56	4.61	3.28	1.72	5.07	3.28	1.71	5.61	28.42	5.71	3.61	1.72	1.89	611.66
15	45.9	1.95	615.25	613.31	5.45	3.28	1.95	5.03	3.28	1.82	5.98	30.07	5.55	4.15	1.95	2.21	611.10
16	49.2	1.92	615.25	613.33	5.31	3.28	1.95	5.38	3.28	1.93	6.34	34.11	5.83	4.32	1.95	2.37	610.96
17	52.5	1.48	615.25	613.77	4.78	3.28	1.92	5.05	3.28	1.70	5.58	28.17	5.69	4.16	1.92	2.24	611.53
18	55.8	1.30	615.25	613.95	5.14	3.28	1.48	4.96	3.28	1.39	4.57	22.69	6.00	3.09	1.48	1.61	612.34
19	59.0	1.90	615.25	613.35	5.27	3.28	1.90	5.21	3.28	1.60	5.25	27.34	5.99	4.27	1.90	2.37	610.98
20	62.3	1.89	615.25	613.37	5.19	3.28	1.90	5.23	3.28	1.89	6.21	32.46	5.70	4.10	1.90	2.21	611.16
21	65.6	1.30	615.25	613.96	4.76	3.28	1.89	4.98	3.28	1.59	5.22	25.96	5.74	4.09	1.89	2.20	611.75
22	68.9	0.84	615.25	614.41	3.91	3.28	1.30	4.33	3.28	1.07	3.50	15.19	5.79	2.52	1.30	1.22	613.19
23	72.2	0.37	615.25	614.88	1.61	3.28	0.84	2.76	3.28	0.61	1.99	5.50	4.75	1.22	0.84	0.38	614.50
<b>Min</b>		<b>0.36</b>	<b>615.25</b>	<b>612.94</b>	<b>0.95</b>	<b>0.00</b>	<b>0.84</b>	<b>2.36</b>	<b>3.28</b>	<b>0.61</b>	<b>1.99</b>	<b>5.50</b>	<b>3.08</b>	<b>1.22</b>	<b>0.84</b>	<b>0.38</b>	<b>610.88</b>
<b>Max</b>		<b>2.31</b>	<b>615.25</b>	<b>614.89</b>	<b>6.14</b>	<b>3.28</b>	<b>2.31</b>	<b>5.95</b>	<b>3.28</b>	<b>2.25</b>	<b>7.38</b>	<b>34.11</b>	<b>6.93</b>	<b>4.75</b>	<b>2.31</b>	<b>2.66</b>	<b>614.89</b>
<b>Media</b>		<b>1.61</b>	<b>615.25</b>	<b>613.65</b>	<b>4.62</b>	<b>3.14</b>	<b>1.82</b>	<b>4.78</b>	<b>3.28</b>	<b>1.66</b>	<b>5.46</b>	<b>26.45</b>	<b>5.49</b>	<b>3.73</b>	<b>1.82</b>	<b>1.91</b>	<b>611.81</b>



**MAestría EN RECURSOS HÍDRICOS**  
 ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

**Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS**

UNALM

Fecha:  
Mar-21

Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"

Maetria:  
Ing. Recursos Hídricos

Elaborado por: SPVB

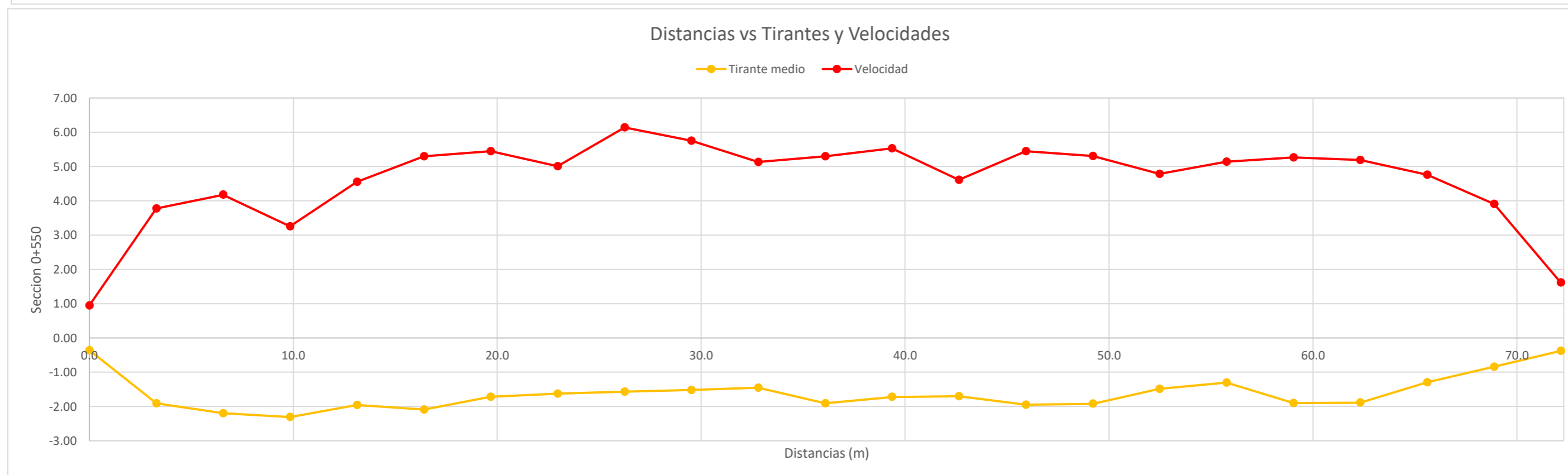
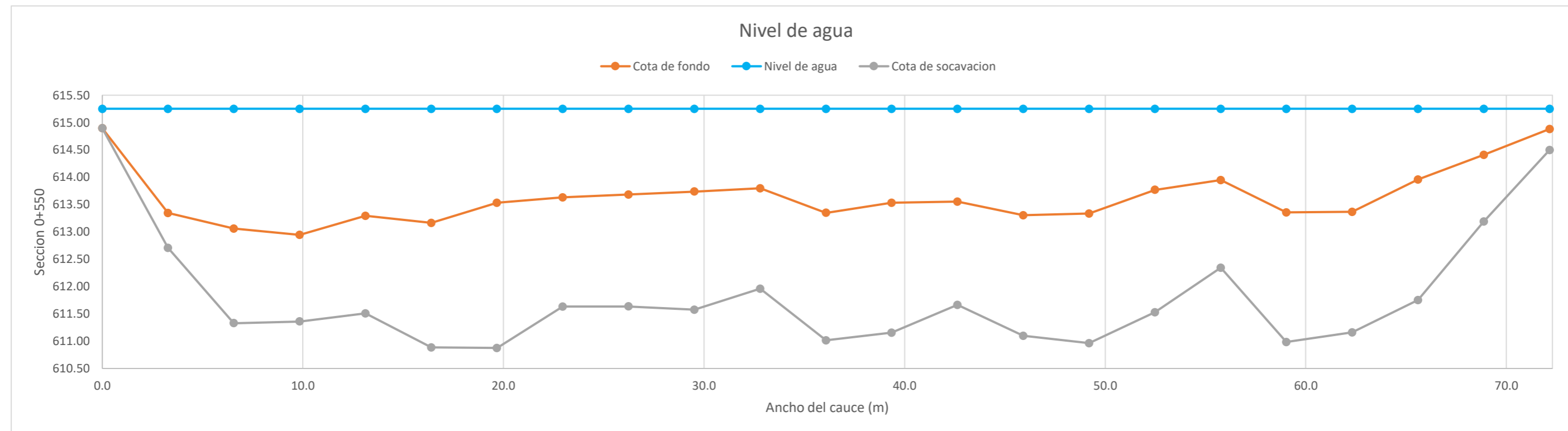
Revisado por: TOVB

Emitido para: Tesis


Anexo: 12

Revisión : 0

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**





 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0					

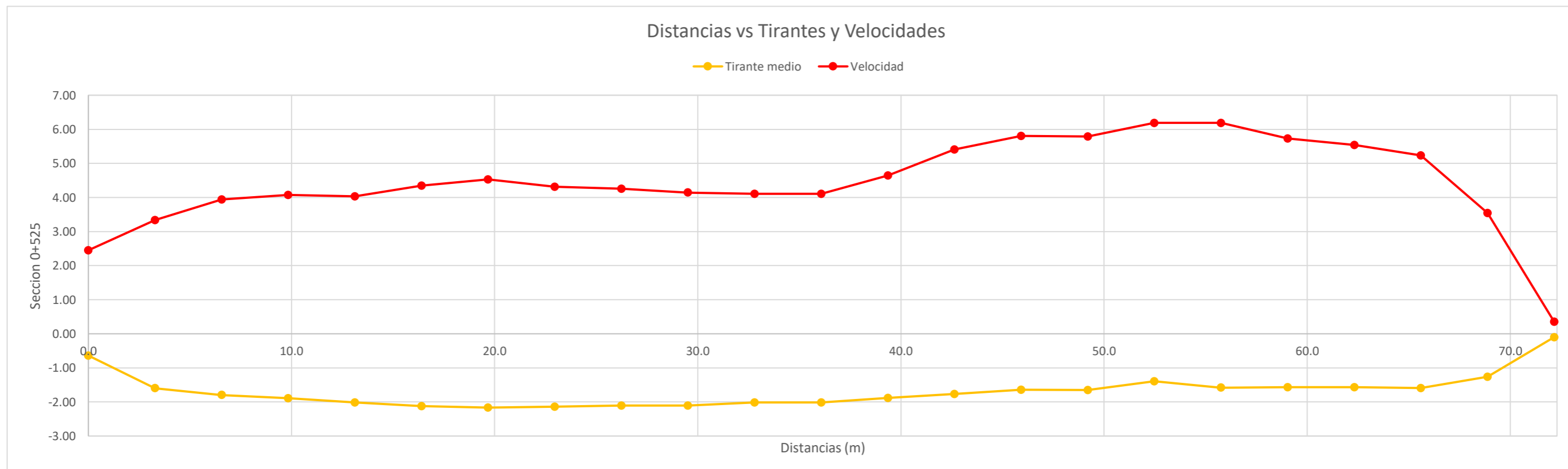
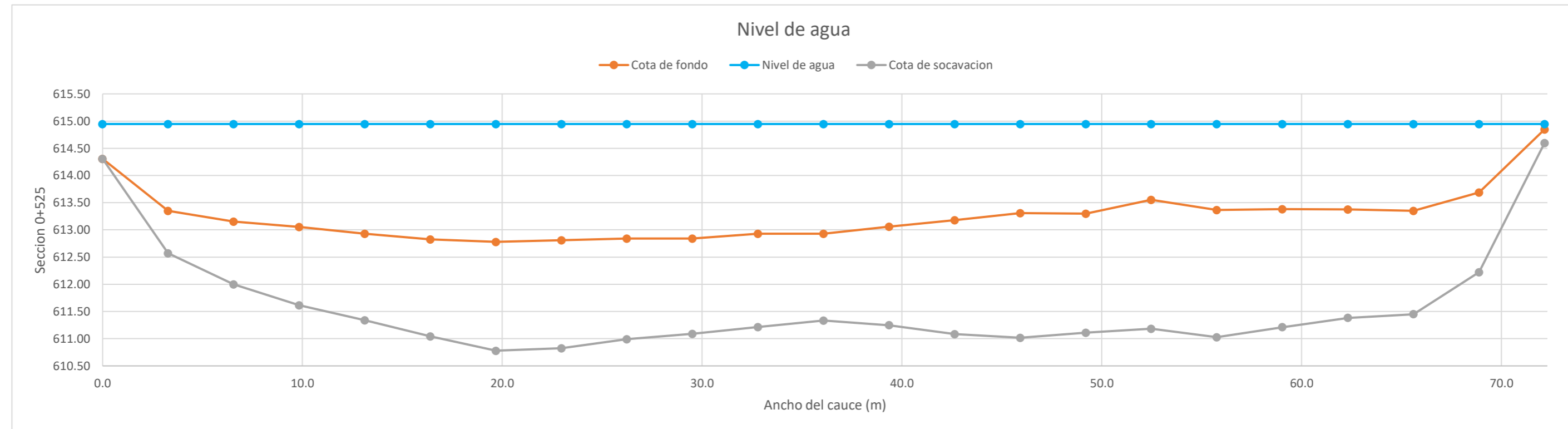
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+570.46
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	72.16 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.64	614.95	614.31	2.45	0.00											614.31
2	3.3	1.60	614.95	613.35	3.33	3.28	1.60	2.89	3.28	1.12	3.67	10.62	3.80	2.37	1.60	0.78	612.57
3	6.6	1.80	614.95	613.15	3.94	3.28	1.80	3.64	3.28	1.70	5.56	20.24	4.11	2.95	1.80	1.15	612.00
4	9.8	1.89	614.95	613.05	4.07	3.28	1.89	4.01	3.28	1.84	6.05	24.24	4.41	3.33	1.89	1.44	611.61
5	13.1	2.02	614.95	612.93	4.03	3.28	2.02	4.05	3.28	1.95	6.41	25.98	4.37	3.61	2.02	1.59	611.34
6	16.4	2.12	614.95	612.82	4.35	3.28	2.12	4.19	3.28	2.07	6.79	28.45	4.45	3.90	2.12	1.78	611.04
7	19.7	2.17	614.95	612.78	4.53	3.28	2.17	4.44	3.28	2.14	7.03	31.23	4.66	4.17	2.17	2.00	610.78
8	23.0	2.14	614.95	612.81	4.32	3.28	2.17	4.42	3.28	2.15	7.06	31.22	4.64	4.15	2.17	1.98	610.83
9	26.2	2.11	614.95	612.84	4.26	3.28	2.14	4.29	3.28	2.12	6.96	29.82	4.51	3.99	2.14	1.85	610.99
10	29.5	2.11	614.95	612.84	4.14	3.28	2.11	4.20	3.28	2.11	6.91	29.01	4.43	3.86	2.11	1.75	611.09
11	32.8	2.01	614.95	612.93	4.11	3.28	2.11	4.13	3.28	2.06	6.76	27.88	4.38	3.82	2.11	1.72	611.21
12	36.1	2.01	614.95	612.93	4.11	3.28	2.01	4.11	3.28	2.01	6.61	27.14	4.39	3.61	2.01	1.60	611.33
13	39.4	1.89	614.95	613.06	4.65	3.28	2.01	4.38	3.28	1.95	6.40	27.99	4.73	3.83	2.01	1.81	611.25
14	42.6	1.77	614.95	613.18	5.41	3.28	1.89	5.03	3.28	1.83	5.99	30.13	5.54	3.98	1.89	2.09	611.09
15	45.9	1.64	614.95	613.31	5.80	3.28	1.77	5.61	3.28	1.70	5.59	31.34	6.32	4.06	1.77	2.29	611.02
16	49.2	1.65	614.95	613.30	5.79	3.28	1.65	5.80	3.28	1.64	5.39	31.27	6.61	3.83	1.65	2.19	611.11
17	52.5	1.40	614.95	613.55	6.19	3.28	1.65	5.99	3.28	1.52	4.99	29.91	7.01	4.02	1.65	2.37	611.18
18	55.8	1.58	614.95	613.37	6.19	3.28	1.58	6.19	3.28	1.49	4.88	30.21	7.30	3.92	1.58	2.34	611.03
19	59.0	1.57	614.95	613.38	5.73	3.28	1.58	5.96	3.28	1.57	5.16	30.75	6.90	3.75	1.58	2.17	611.21
20	62.3	1.57	614.95	613.38	5.54	3.28	1.57	5.64	3.28	1.57	5.14	28.99	6.53	3.56	1.57	1.99	611.38
21	65.6	1.59	614.95	613.35	5.23	3.28	1.59	5.39	3.28	1.58	5.19	27.96	6.22	3.50	1.59	1.90	611.45
22	68.9	1.26	614.95	613.69	3.54	3.28	1.59	4.39	3.28	1.43	4.68	20.52	5.25	3.06	1.59	1.47	612.22
23	72.2	0.10	614.95	614.85	0.35	3.28	1.26	1.95	3.28	0.68	2.23	4.33	3.18	1.51	1.26	0.25	614.60
<b>Min</b>		<b>0.10</b>	<b>614.95</b>	<b>612.78</b>	<b>0.35</b>	<b>0.00</b>	<b>1.26</b>	<b>1.95</b>	<b>3.28</b>	<b>0.68</b>	<b>2.23</b>	<b>4.33</b>	<b>3.18</b>	<b>1.51</b>	<b>1.26</b>	<b>0.25</b>	<b>610.78</b>
<b>Max</b>		<b>2.17</b>	<b>614.95</b>	<b>614.85</b>	<b>6.19</b>	<b>3.28</b>	<b>2.17</b>	<b>6.19</b>	<b>3.28</b>	<b>2.15</b>	<b>7.06</b>	<b>31.34</b>	<b>7.30</b>	<b>4.17</b>	<b>2.17</b>	<b>2.37</b>	<b>614.60</b>
<b>Media</b>		<b>1.68</b>	<b>614.95</b>	<b>613.27</b>	<b>4.44</b>	<b>3.14</b>	<b>1.83</b>	<b>4.58</b>	<b>3.28</b>	<b>1.74</b>	<b>5.70</b>	<b>26.33</b>	<b>5.17</b>	<b>3.58</b>	<b>1.83</b>	<b>1.75</b>	<b>611.59</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0					

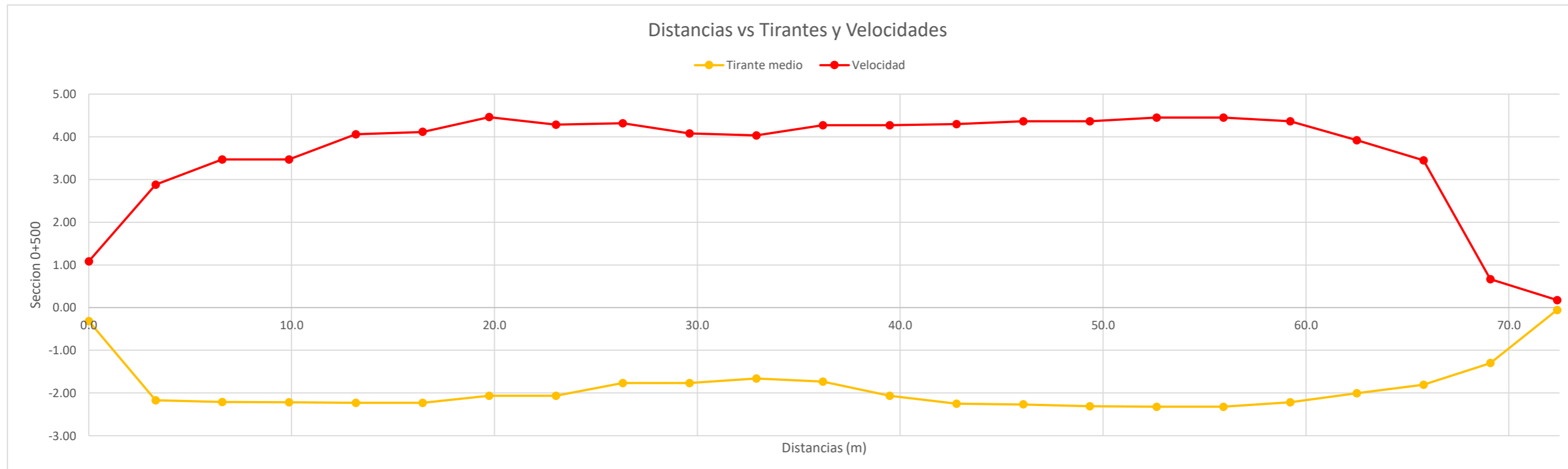
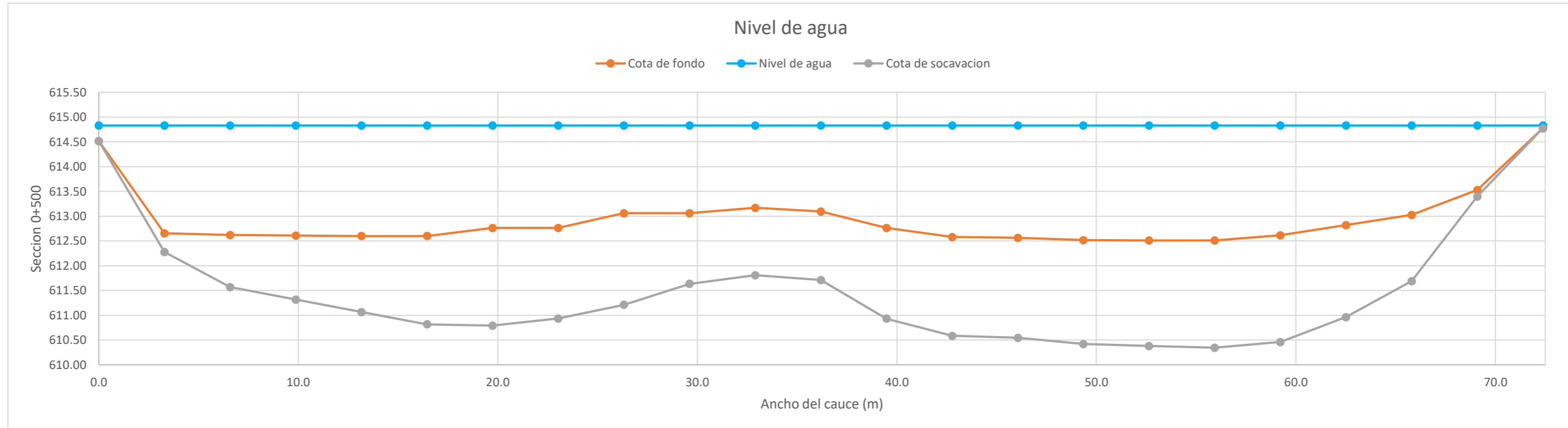
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+550
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	72.38 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.31	614.83	614.52	1.08	0.00											614.52
2	3.3	2.17	614.83	612.66	2.88	3.29	2.17	1.98	3.29	1.24	4.09	8.10	2.49	2.55	2.17	0.38	612.28
3	6.6	2.21	614.83	612.62	3.47	3.29	2.21	3.17	3.29	2.19	7.21	22.87	3.31	3.26	2.21	1.05	611.57
4	9.9	2.22	614.83	612.61	3.47	3.29	2.22	3.47	3.29	2.21	7.28	25.27	3.61	3.51	2.22	1.29	611.32
5	13.2	2.23	614.83	612.60	4.06	3.29	2.23	3.76	3.29	2.22	7.32	27.54	3.91	3.76	2.23	1.53	611.07
6	16.5	2.23	614.83	612.60	4.11	3.29	2.23	4.09	3.29	2.23	7.34	29.97	4.24	4.01	2.23	1.78	610.82
7	19.7	2.06	614.83	612.77	4.46	3.29	2.23	4.29	3.29	2.15	7.06	30.29	4.50	4.20	2.23	1.97	610.79
8	23.0	2.06	614.83	612.77	4.29	3.29	2.06	4.37	3.29	2.06	6.79	29.71	4.64	3.90	2.06	1.83	610.94
9	26.3	1.77	614.83	613.06	4.32	3.29	2.06	4.30	3.29	1.92	6.31	27.14	4.67	3.91	2.06	1.85	611.21
10	29.6	1.77	614.83	613.06	4.08	3.29	1.77	4.20	3.29	1.77	5.82	24.43	4.67	3.20	1.77	1.43	611.64
11	32.9	1.66	614.83	613.17	4.03	3.29	1.77	4.05	3.29	1.71	5.64	22.86	4.56	3.13	1.77	1.36	611.81
12	36.2	1.74	614.83	613.10	4.27	3.29	1.74	4.15	3.29	1.70	5.58	23.17	4.68	3.12	1.74	1.39	611.71
13	39.5	2.06	614.83	612.77	4.27	3.29	2.06	4.27	3.29	1.90	6.25	26.69	4.64	3.90	2.06	1.83	610.93
14	42.8	2.25	614.83	612.58	4.30	3.29	2.25	4.29	3.29	2.16	7.10	30.41	4.49	4.25	2.25	2.00	610.58
15	46.1	2.27	614.83	612.56	4.37	3.29	2.27	4.33	3.29	2.26	7.43	32.19	4.48	4.28	2.27	2.02	610.55
16	49.4	2.31	614.83	612.52	4.37	3.29	2.31	4.37	3.29	2.29	7.53	32.88	4.49	4.41	2.31	2.10	610.42
17	52.6	2.32	614.83	612.51	4.45	3.29	2.32	4.41	3.29	2.32	7.62	33.60	4.52	4.45	2.32	2.13	610.38
18	55.9	2.32	614.83	612.51	4.45	3.29	2.32	4.45	3.29	2.32	7.63	33.99	4.57	4.48	2.32	2.16	610.35
19	59.2	2.22	614.83	612.61	4.36	3.29	2.32	4.41	3.29	2.27	7.46	32.91	4.55	4.47	2.32	2.15	610.46
20	62.5	2.01	614.83	612.82	3.92	3.29	2.22	4.14	3.29	2.11	6.95	28.79	4.36	4.08	2.22	1.86	610.96
21	65.8	1.81	614.83	613.02	3.45	3.29	2.01	3.69	3.29	1.91	6.27	23.12	4.00	3.34	2.01	1.34	611.69
22	69.1	1.30	614.83	613.53	0.66	3.29	1.81	2.06	3.29	1.55	5.11	10.51	2.39	1.94	1.81	0.13	613.40
23	72.4	0.05	614.83	614.78	0.18	3.29	1.30	0.42	3.29	0.68	2.23	0.94	0.69	0.47	1.30	0.00	614.78
<b>Min</b>		<b>0.05</b>	<b>614.83</b>	<b>612.51</b>	<b>0.18</b>	<b>0.00</b>	<b>1.30</b>	<b>0.42</b>	<b>3.29</b>	<b>0.68</b>	<b>2.23</b>	<b>0.94</b>	<b>0.69</b>	<b>0.47</b>	<b>1.30</b>	<b>0.00</b>	<b>610.35</b>
<b>Max</b>		<b>2.32</b>	<b>614.83</b>	<b>614.78</b>	<b>4.46</b>	<b>3.29</b>	<b>2.32</b>	<b>4.45</b>	<b>3.29</b>	<b>2.32</b>	<b>7.63</b>	<b>33.99</b>	<b>4.68</b>	<b>4.48</b>	<b>2.32</b>	<b>2.16</b>	<b>614.78</b>
<b>Media</b>		<b>1.88</b>	<b>614.83</b>	<b>612.95</b>	<b>3.62</b>	<b>3.15</b>	<b>2.09</b>	<b>3.76</b>	<b>3.29</b>	<b>1.96</b>	<b>6.46</b>	<b>25.33</b>	<b>4.02</b>	<b>3.57</b>	<b>2.09</b>	<b>1.53</b>	<b>611.49</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM				
												Fecha: Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0							

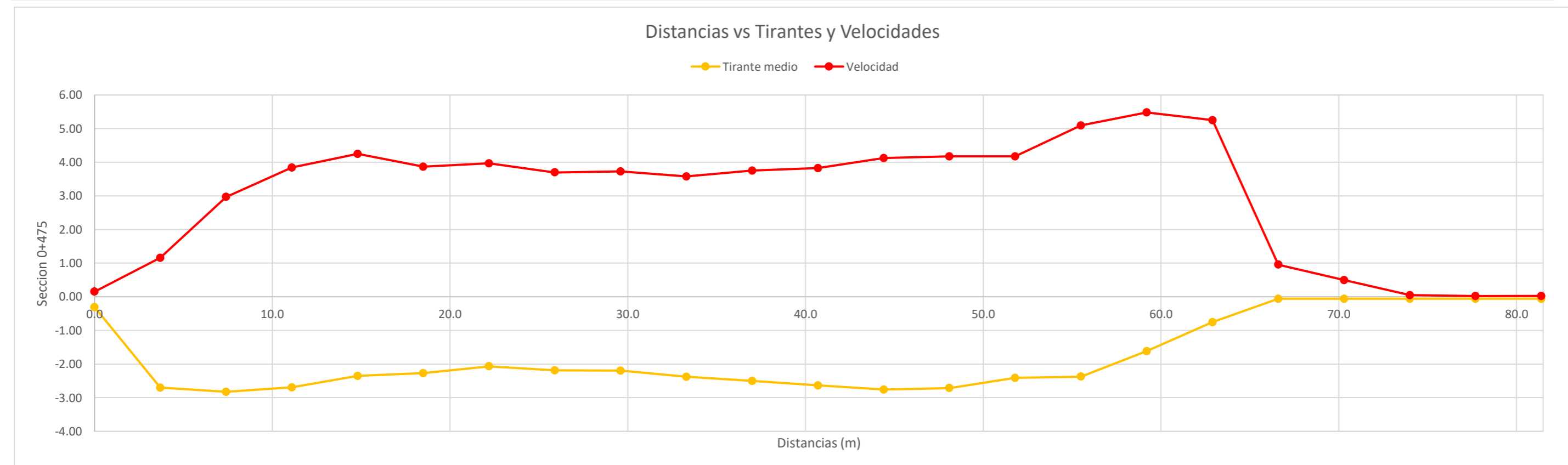
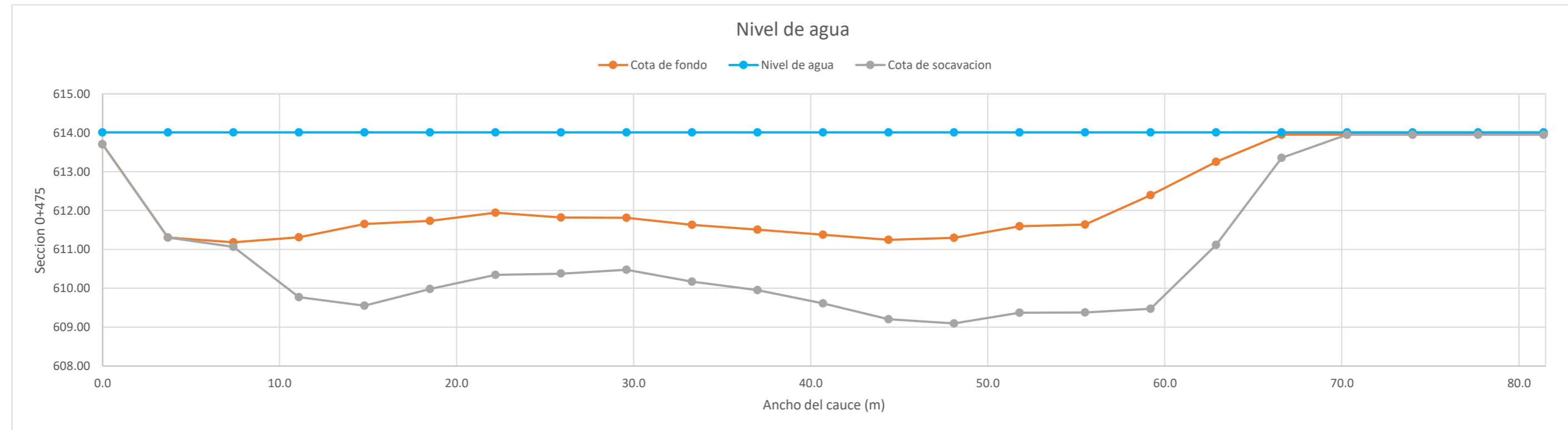
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+525
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	81.40 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.30	614.01	613.70	0.15	0.00											613.70
2	3.7	2.70	614.01	611.31	1.16	3.70	2.70	0.66	3.70	1.50	5.56	3.66	0.75	1.31	2.70	0.00	611.31
3	7.4	2.83	614.01	611.18	2.97	3.70	2.83	2.07	3.70	2.76	10.23	21.13	1.93	2.95	2.83	0.12	611.06
4	11.1	2.69	614.01	611.31	3.84	3.70	2.83	3.41	3.70	2.76	10.21	34.78	3.18	4.37	2.83	1.54	609.77
5	14.8	2.35	614.01	611.65	4.25	3.70	2.69	4.05	3.70	2.52	9.34	37.79	3.87	4.79	2.69	2.10	609.55
6	18.5	2.27	614.01	611.74	3.87	3.70	2.35	4.06	3.70	2.31	8.56	34.74	3.98	4.11	2.35	1.75	609.98
7	22.2	2.07	614.01	611.94	3.97	3.70	2.27	3.92	3.70	2.17	8.03	31.44	3.92	3.87	2.27	1.60	610.34
8	25.9	2.19	614.01	611.82	3.70	3.70	2.19	3.83	3.70	2.13	7.87	30.14	3.86	3.63	2.19	1.45	610.38
9	29.6	2.19	614.01	611.81	3.73	3.70	2.19	3.72	3.70	2.19	8.10	30.09	3.71	3.54	2.19	1.34	610.47
10	33.3	2.37	614.01	611.63	3.58	3.70	2.37	3.66	3.70	2.28	8.45	30.89	3.60	3.83	2.37	1.46	610.17
11	37.0	2.50	614.01	611.50	3.75	3.70	2.50	3.67	3.70	2.44	9.02	33.08	3.54	4.06	2.50	1.55	609.95
12	40.7	2.63	614.01	611.37	3.82	3.70	2.63	3.79	3.70	2.57	9.50	36.00	3.61	4.40	2.63	1.77	609.61
13	44.4	2.76	614.01	611.25	4.12	3.70	2.76	3.97	3.70	2.70	9.98	39.65	3.74	4.81	2.76	2.05	609.20
14	48.1	2.71	614.01	611.30	4.18	3.70	2.76	4.15	3.70	2.74	10.12	42.01	3.89	4.96	2.76	2.20	609.10
15	51.8	2.41	614.01	611.60	4.18	3.70	2.71	4.18	3.70	2.56	9.48	39.57	3.98	4.94	2.71	2.23	609.37
16	55.5	2.37	614.01	611.64	5.09	3.70	2.41	4.63	3.70	2.39	8.85	41.00	4.51	4.66	2.41	2.25	609.38
17	59.2	1.61	614.01	612.40	5.48	3.70	2.37	5.29	3.70	1.99	7.37	38.97	5.43	5.30	2.37	2.92	609.47
18	62.9	0.75	614.01	613.25	5.25	3.70	1.61	5.37	3.70	1.18	4.38	23.50	6.67	3.75	1.61	2.14	611.12
19	66.6	0.06	614.01	613.95	0.96	3.70	0.75	3.11	3.70	0.41	1.50	4.66	6.47	1.35	0.75	0.59	613.36
20	70.3	0.06	614.01	613.95	0.50	3.70	0.06	0.73	3.70	0.06	0.21	0.15	5.00	0.04	0.06	0.00	613.95
21	74.0	0.06	614.01	613.95	0.05	3.70	0.06	0.28	3.70	0.06	0.21	0.06	1.89	0.02	0.06	0.00	613.95
22	77.7	0.06	614.01	613.95	0.02	3.70	0.06	0.04	3.70	0.06	0.21	0.01	0.25	0.00	0.06	0.00	613.95
23	81.4	0.06	614.01	613.95	0.02	3.70	0.06	0.02	3.70	0.06	0.21	0.00	0.15	0.00	0.06	0.00	613.95
<b>Min</b>		<b>0.06</b>	<b>614.01</b>	<b>611.18</b>	<b>0.02</b>	<b>0.00</b>	<b>0.06</b>	<b>0.02</b>	<b>3.70</b>	<b>0.06</b>	<b>0.21</b>	<b>0.00</b>	<b>0.15</b>	<b>0.00</b>	<b>0.06</b>	<b>0.00</b>	<b>609.10</b>
<b>Max</b>		<b>2.83</b>	<b>614.01</b>	<b>613.95</b>	<b>5.48</b>	<b>3.70</b>	<b>2.83</b>	<b>5.37</b>	<b>3.70</b>	<b>2.76</b>	<b>10.23</b>	<b>42.01</b>	<b>6.67</b>	<b>5.30</b>	<b>2.83</b>	<b>2.92</b>	<b>613.95</b>
<b>Media</b>		<b>1.74</b>	<b>614.01</b>	<b>612.27</b>	<b>2.98</b>	<b>3.54</b>	<b>1.96</b>	<b>3.12</b>	<b>3.70</b>	<b>1.81</b>	<b>6.70</b>	<b>25.15</b>	<b>3.54</b>	<b>3.21</b>	<b>1.96</b>	<b>1.32</b>	<b>611.00</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM				
												Fecha: Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0							

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

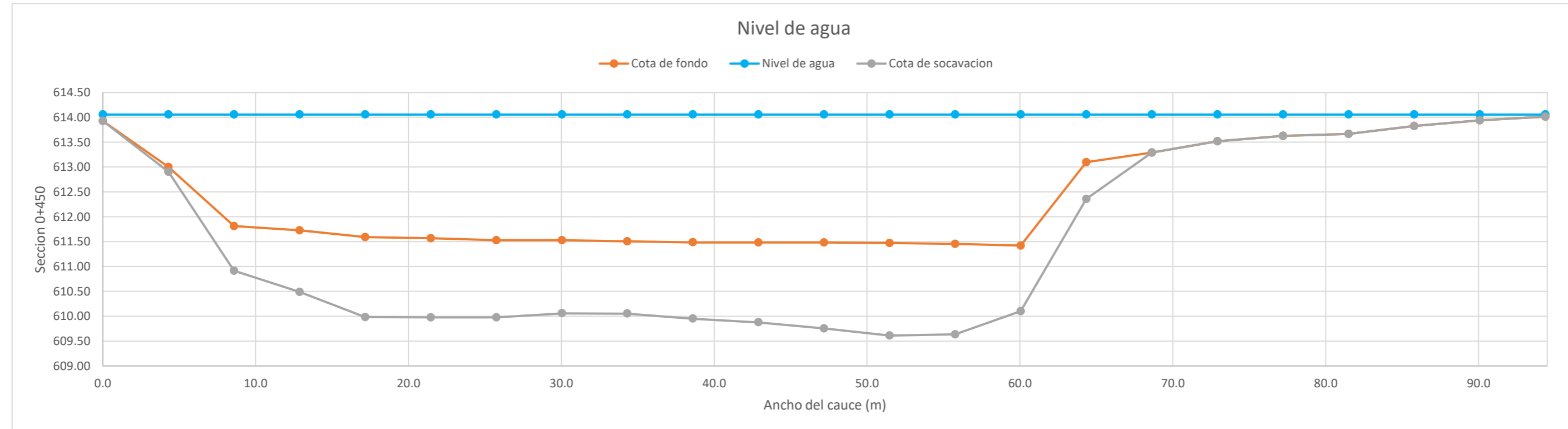
**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**


Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+500
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	94.38 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.13	614.06	613.93	1.09	0.00											613.93
2	4.3	1.05	614.06	613.00	2.54	4.29	1.05	1.81	4.29	0.59	2.54	4.61	3.03	1.15	1.05	0.10	612.91
3	8.6	2.24	614.06	611.81	3.34	4.29	2.24	2.94	4.29	1.65	7.07	20.77	3.08	3.14	2.24	0.90	610.91
4	12.9	2.33	614.06	611.73	3.94	4.29	2.33	3.64	4.29	2.28	9.80	35.65	3.40	3.57	2.33	1.24	610.49
5	17.2	2.46	614.06	611.59	4.01	4.29	2.46	3.97	4.29	2.40	10.28	40.83	3.66	4.08	2.46	1.61	609.98
6	21.5	2.49	614.06	611.57	3.91	4.29	2.49	3.96	4.29	2.48	10.62	42.04	3.61	4.08	2.49	1.59	609.98
7	25.7	2.53	614.06	611.53	3.84	4.29	2.53	3.87	4.29	2.51	10.75	41.64	3.52	4.08	2.53	1.55	609.98
8	30.0	2.53	614.06	611.53	3.73	4.29	2.53	3.78	4.29	2.53	10.84	40.97	3.42	4.00	2.53	1.47	610.06
9	34.3	2.55	614.06	611.50	3.73	4.29	2.55	3.73	4.29	2.54	10.89	40.63	3.37	4.00	2.55	1.45	610.05
10	38.6	2.57	614.06	611.49	3.90	4.29	2.57	3.82	4.29	2.56	10.99	41.94	3.44	4.10	2.57	1.54	609.95
11	42.9	2.57	614.06	611.48	3.90	4.29	2.57	3.90	4.29	2.57	11.03	43.03	3.51	4.18	2.57	1.61	609.88
12	47.2	2.57	614.06	611.48	4.19	4.29	2.57	4.05	4.29	2.57	11.04	44.67	3.64	4.30	2.57	1.73	609.75
13	51.5	2.58	614.06	611.47	4.19	4.29	2.58	4.19	4.29	2.58	11.07	46.38	3.77	4.44	2.58	1.86	609.61
14	55.8	2.60	614.06	611.45	4.05	4.29	2.60	4.12	4.29	2.59	11.13	45.83	3.70	4.42	2.60	1.82	609.64
15	60.1	2.63	614.06	611.42	2.98	4.29	2.63	3.51	4.29	2.62	11.23	39.49	3.15	3.95	2.63	1.32	610.10
16	64.4	0.96	614.06	613.10	2.09	4.29	2.63	2.54	4.29	1.80	7.70	19.53	2.58	3.37	2.63	0.74	612.36
17	68.6	0.77	614.06	613.29	1.56	4.29	0.96	1.82	4.29	0.86	3.69	6.73	2.52	0.88	0.96	0.00	613.29
18	72.9	0.54	614.06	613.52	1.31	4.29	0.77	1.44	4.29	0.65	2.79	4.00	2.28	0.60	0.77	0.00	613.52
19	77.2	0.43	614.06	613.63	1.29	4.29	0.54	1.30	4.29	0.48	2.07	2.69	2.43	0.40	0.54	0.00	613.63
20	81.5	0.39	614.06	613.67	0.71	4.29	0.43	1.00	4.29	0.41	1.75	1.75	2.04	0.26	0.43	0.00	613.67
21	85.8	0.23	614.06	613.83	0.52	4.29	0.39	0.61	4.29	0.31	1.33	0.82	1.47	0.18	0.39	0.00	613.83
22	90.1	0.12	614.06	613.94	0.36	4.29	0.23	0.44	4.29	0.17	0.75	0.33	1.49	0.09	0.23	0.00	613.94
23	94.4	0.04	614.06	614.01	0.27	4.29	0.12	0.32	4.29	0.08	0.34	0.11	1.75	0.04	0.12	0.00	614.01
<b>Min</b>		<b>0.04</b>	<b>614.06</b>	<b>611.42</b>	<b>0.27</b>	<b>0.00</b>	<b>0.12</b>	<b>0.32</b>	<b>4.29</b>	<b>0.08</b>	<b>0.34</b>	<b>0.11</b>	<b>1.47</b>	<b>0.04</b>	<b>0.12</b>	<b>0.00</b>	<b>609.61</b>
<b>Max</b>		<b>2.63</b>	<b>614.06</b>	<b>614.01</b>	<b>4.19</b>	<b>4.29</b>	<b>2.63</b>	<b>4.19</b>	<b>4.29</b>	<b>2.62</b>	<b>11.23</b>	<b>46.38</b>	<b>3.77</b>	<b>4.44</b>	<b>2.63</b>	<b>1.86</b>	<b>614.01</b>
<b>Media</b>		<b>1.62</b>	<b>614.06</b>	<b>612.43</b>	<b>2.67</b>	<b>4.10</b>	<b>1.81</b>	<b>2.76</b>	<b>4.29</b>	<b>1.69</b>	<b>7.26</b>	<b>25.66</b>	<b>2.95</b>	<b>2.70</b>	<b>1.81</b>	<b>0.93</b>	<b>611.54</b>



**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM				
												Fecha: Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0							

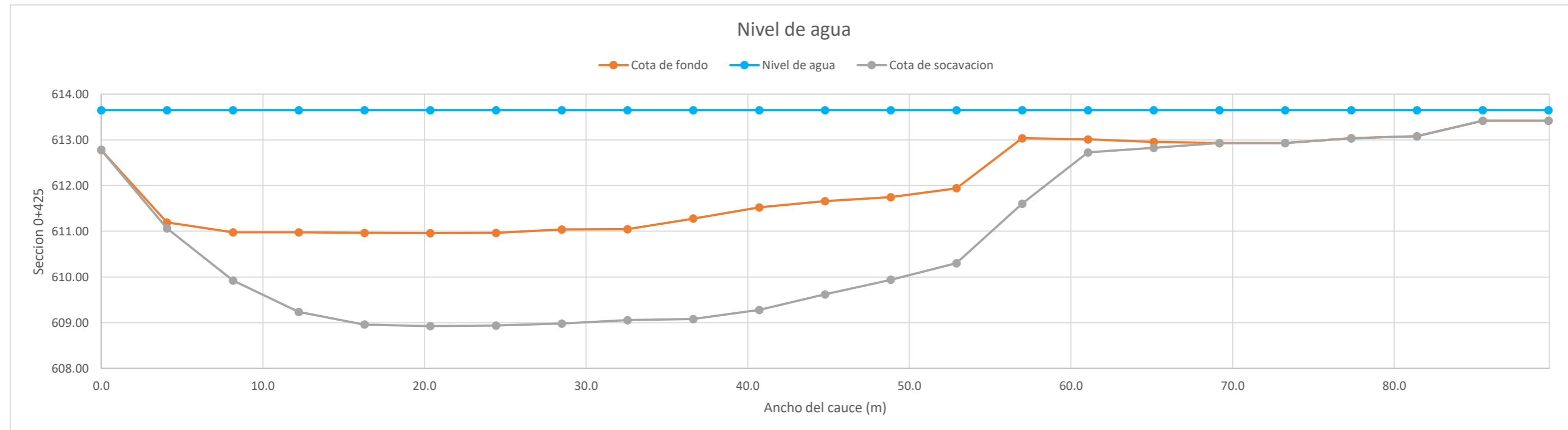
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+475
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	89.54 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.87	613.65	612.78	1.36	0.00											612.78
2	4.1	2.46	613.65	611.20	2.54	4.07	2.46	1.95	4.07	1.66	6.77	13.20	2.07	2.59	2.46	0.13	611.06
3	8.1	2.67	613.65	610.98	3.67	4.07	2.67	3.10	4.07	2.56	10.43	32.38	2.85	3.72	2.67	1.05	609.93
4	12.2	2.67	613.65	610.98	4.13	4.07	2.67	3.90	4.07	2.67	10.87	42.39	3.54	4.42	2.67	1.75	609.23
5	16.3	2.69	613.65	610.96	4.21	4.07	2.69	4.17	4.07	2.68	10.90	45.49	3.79	4.69	2.69	2.00	608.96
6	20.4	2.69	613.65	610.96	4.19	4.07	2.69	4.20	4.07	2.69	10.95	46.01	3.81	4.73	2.69	2.03	608.92
7	24.4	2.68	613.65	610.97	4.20	4.07	2.69	4.20	4.07	2.69	10.94	45.94	3.81	4.72	2.69	2.03	608.93
8	28.5	2.61	613.65	611.04	4.24	4.07	2.68	4.22	4.07	2.65	10.78	45.49	3.84	4.74	2.68	2.06	608.98
9	32.6	2.60	613.65	611.05	4.24	4.07	2.61	4.24	4.07	2.61	10.61	44.99	3.88	4.60	2.61	1.99	609.05
10	36.6	2.37	613.65	611.28	4.62	4.07	2.60	4.43	4.07	2.49	10.13	44.85	4.11	4.80	2.60	2.20	609.08
11	40.7	2.13	613.65	611.52	4.93	4.07	2.37	4.77	4.07	2.25	9.16	43.69	4.57	4.62	2.37	2.25	609.28
12	44.8	1.99	613.65	611.66	4.85	4.07	2.13	4.89	4.07	2.06	8.38	40.94	4.81	4.17	2.13	2.04	609.62
13	48.8	1.91	613.65	611.74	4.67	4.07	1.99	4.76	4.07	1.95	7.93	37.73	4.77	3.80	1.99	1.81	609.94
14	52.9	1.71	613.65	611.94	4.46	4.07	1.91	4.57	4.07	1.81	7.36	33.60	4.70	3.54	1.91	1.64	610.30
15	57.0	0.61	613.65	613.04	3.46	4.07	1.71	3.96	4.07	1.16	4.73	18.73	4.84	3.14	1.71	1.43	611.60
16	61.1	0.64	613.65	613.01	3.00	4.07	0.64	3.23	4.07	0.63	2.55	8.24	5.27	0.92	0.64	0.28	612.73
17	65.1	0.69	613.65	612.96	2.03	4.07	0.69	2.51	4.07	0.67	2.72	6.82	3.98	0.82	0.69	0.13	612.83
18	69.2	0.72	613.65	612.93	1.67	4.07	0.72	1.85	4.07	0.71	2.88	5.32	2.84	0.66	0.72	0.00	612.93
19	73.3	0.72	613.65	612.93	1.44	4.07	0.72	1.55	4.07	0.72	2.93	4.56	2.36	0.58	0.72	0.00	612.93
20	77.3	0.62	613.65	613.04	1.35	4.07	0.72	1.39	4.07	0.67	2.72	3.79	2.20	0.54	0.72	0.00	613.04
21	81.4	0.57	613.65	613.08	1.32	4.07	0.62	1.33	4.07	0.59	2.41	3.21	2.24	0.45	0.62	0.00	613.08
22	85.5	0.23	613.65	613.42	0.83	4.07	0.57	1.07	4.07	0.40	1.64	1.76	2.22	0.40	0.57	0.00	613.42
23	89.5	0.23	613.65	613.42	0.58	4.07	0.23	0.71	4.07	0.23	0.95	0.67	2.00	0.12	0.23	0.00	613.42
<b>Min</b>		<b>0.23</b>	<b>613.65</b>	<b>610.96</b>	<b>0.58</b>	<b>0.00</b>	<b>0.23</b>	<b>0.71</b>	<b>4.07</b>	<b>0.23</b>	<b>0.95</b>	<b>0.67</b>	<b>2.00</b>	<b>0.12</b>	<b>0.23</b>	<b>0.00</b>	<b>608.92</b>
<b>Max</b>		<b>2.69</b>	<b>613.65</b>	<b>613.42</b>	<b>4.93</b>	<b>4.07</b>	<b>2.69</b>	<b>4.89</b>	<b>4.07</b>	<b>2.69</b>	<b>10.95</b>	<b>46.01</b>	<b>5.27</b>	<b>4.80</b>	<b>2.69</b>	<b>2.25</b>	<b>613.42</b>
<b>Media</b>		<b>1.61</b>	<b>613.65</b>	<b>612.04</b>	<b>3.13</b>	<b>3.89</b>	<b>1.76</b>	<b>3.23</b>	<b>4.07</b>	<b>1.66</b>	<b>6.76</b>	<b>25.90</b>	<b>3.57</b>	<b>2.85</b>	<b>1.76</b>	<b>1.13</b>	<b>610.96</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>										UNALM			
											Fecha:		Mar-21	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"												Maetria:		
												Ing. Recursos Hídricos		
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0					

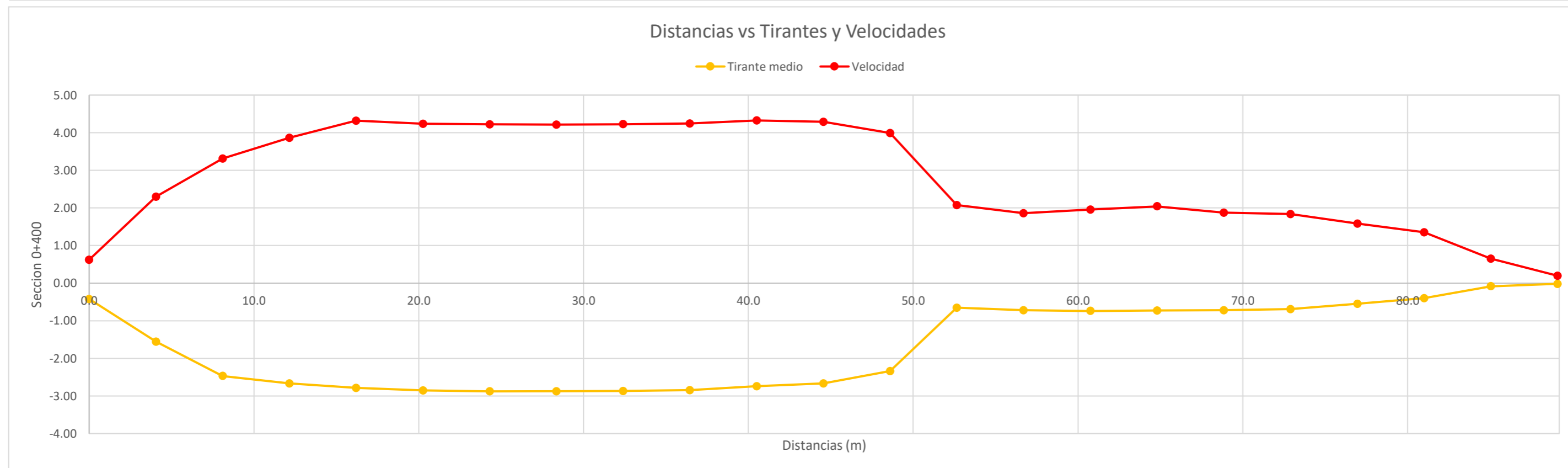
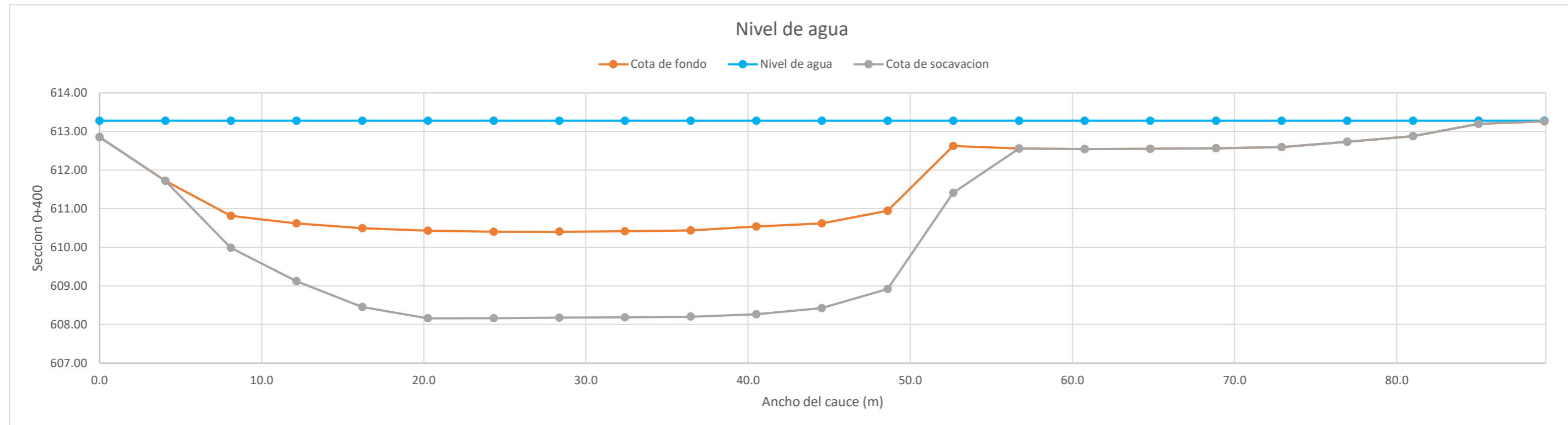
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+450
Coefficiente que depende del Tr:	$\beta$	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	$1/(1+X)$	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	89.10 m
Coefficiente de contracción:	$\mu$	1.00 ( $\mu = 1$ , si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	$\alpha$ (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.42	613.28	612.86	0.62	0.00											612.86
2	4.1	1.56	613.28	611.72	2.30	4.05	1.56	1.46	4.05	0.99	4.01	5.85	1.91	1.34	1.56	0.00	611.72
3	8.1	2.47	613.28	610.81	3.31	4.05	2.47	2.80	4.05	2.01	8.15	22.85	2.79	3.30	2.47	0.83	609.99
4	12.2	2.66	613.28	610.62	3.86	4.05	2.66	3.59	4.05	2.57	10.39	37.27	3.30	4.16	2.66	1.50	609.12
5	16.2	2.78	613.28	610.50	4.32	4.05	2.78	4.09	4.05	2.72	11.03	45.11	3.70	4.83	2.78	2.04	608.45
6	20.3	2.85	613.28	610.43	4.24	4.05	2.85	4.28	4.05	2.82	11.41	48.81	3.84	5.12	2.85	2.27	608.16
7	24.3	2.88	613.28	610.40	4.22	4.05	2.88	4.23	4.05	2.86	11.60	49.07	3.77	5.12	2.88	2.24	608.16
8	28.4	2.88	613.28	610.40	4.22	4.05	2.88	4.22	4.05	2.88	11.65	49.18	3.76	5.11	2.88	2.23	608.17
9	32.4	2.86	613.28	610.42	4.23	4.05	2.88	4.22	4.05	2.87	11.63	49.10	3.77	5.11	2.88	2.23	608.18
10	36.5	2.84	613.28	610.44	4.25	4.05	2.86	4.24	4.05	2.85	11.56	48.97	3.79	5.10	2.86	2.24	608.20
11	40.5	2.74	613.28	610.54	4.33	4.05	2.84	4.29	4.05	2.79	11.30	48.46	3.85	5.12	2.84	2.28	608.26
12	44.6	2.66	613.28	610.62	4.29	4.05	2.74	4.31	4.05	2.70	10.94	47.15	3.91	4.93	2.74	2.19	608.42
13	48.6	2.34	613.28	610.94	3.99	4.05	2.66	4.14	4.05	2.50	10.13	41.94	3.84	4.69	2.66	2.03	608.91
14	52.7	0.66	613.28	612.62	2.08	4.05	2.34	3.03	4.05	1.50	6.06	18.39	3.35	3.55	2.34	1.21	611.41
15	56.7	0.72	613.28	612.56	1.86	4.05	0.72	1.97	4.05	0.69	2.79	5.48	3.07	0.71	0.72	0.00	612.56
16	60.8	0.74	613.28	612.54	1.95	4.05	0.74	1.91	4.05	0.73	2.96	5.63	2.89	0.69	0.74	0.00	612.54
17	64.8	0.73	613.28	612.55	2.04	4.05	0.74	2.00	4.05	0.73	2.97	5.94	3.02	0.72	0.74	0.00	612.55
18	68.9	0.72	613.28	612.56	1.87	4.05	0.73	1.96	4.05	0.72	2.93	5.73	2.98	0.70	0.73	0.00	612.56
19	72.9	0.69	613.28	612.59	1.84	4.05	0.72	1.85	4.05	0.70	2.84	5.27	2.86	0.66	0.72	0.00	612.59
20	77.0	0.55	613.28	612.73	1.59	4.05	0.69	1.71	4.05	0.62	2.51	4.29	2.81	0.62	0.69	0.00	612.73
21	81.0	0.40	613.28	612.88	1.35	4.05	0.55	1.47	4.05	0.47	1.92	2.83	2.78	0.46	0.55	0.00	612.88
22	85.1	0.08	613.28	613.20	0.65	4.05	0.40	1.00	4.05	0.24	0.97	0.98	2.79	0.30	0.40	0.00	613.20
23	89.1	0.02	613.28	613.26	0.20	4.05	0.08	0.42	4.05	0.05	0.20	0.08	3.21	0.04	0.08	0.00	613.26
<b>Min</b>		<b>0.02</b>	<b>613.28</b>	<b>610.40</b>	<b>0.20</b>	<b>0.00</b>	<b>0.08</b>	<b>0.42</b>	<b>4.05</b>	<b>0.05</b>	<b>0.20</b>	<b>0.08</b>	<b>1.91</b>	<b>0.04</b>	<b>0.08</b>	<b>0.00</b>	<b>608.16</b>
<b>Max</b>		<b>2.88</b>	<b>613.28</b>	<b>613.26</b>	<b>4.33</b>	<b>4.05</b>	<b>2.88</b>	<b>4.31</b>	<b>4.05</b>	<b>2.88</b>	<b>11.65</b>	<b>49.18</b>	<b>3.91</b>	<b>5.12</b>	<b>2.88</b>	<b>2.28</b>	<b>613.26</b>
<b>Media</b>		<b>1.62</b>	<b>613.28</b>	<b>611.66</b>	<b>2.77</b>	<b>3.87</b>	<b>1.81</b>	<b>2.87</b>	<b>4.05</b>	<b>1.68</b>	<b>6.82</b>	<b>24.93</b>	<b>3.27</b>	<b>2.84</b>	<b>1.81</b>	<b>1.06</b>	<b>610.65</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM	
												Fecha:	
												Mar-21	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria:		
											Ing. Recursos Hídricos		
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0				

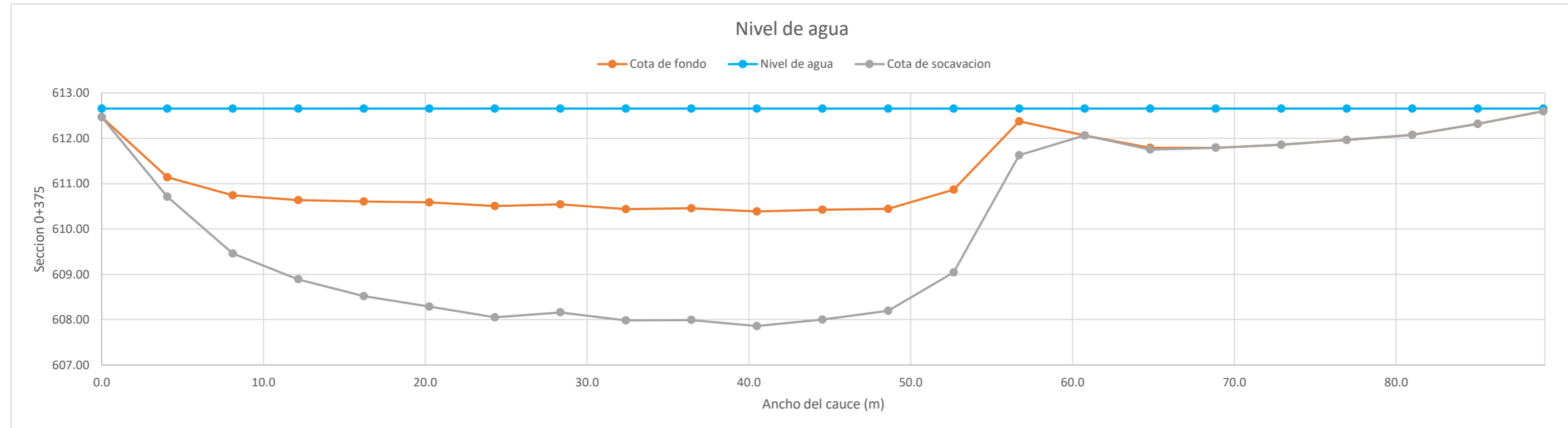
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**


Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+425
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	89.10 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.19	612.66	612.47	1.04	0.00											612.47
2	4.1	1.51	612.66	611.14	3.54	4.05	1.51	2.29	4.05	0.85	3.44	7.86	3.22	1.94	1.51	0.43	610.71
3	8.1	1.92	612.66	610.74	4.24	4.05	1.92	3.89	4.05	1.71	6.94	27.00	4.09	3.19	1.92	1.28	609.46
4	12.2	2.02	612.66	610.63	4.96	4.05	2.02	4.60	4.05	1.97	7.97	36.67	4.61	3.77	2.02	1.74	608.89
5	16.2	2.05	612.66	610.60	5.25	4.05	2.05	5.11	4.05	2.04	8.25	42.11	5.05	4.13	2.05	2.08	608.52
6	20.3	2.07	612.66	610.58	5.57	4.05	2.07	5.41	4.05	2.06	8.35	45.20	5.34	4.37	2.07	2.30	608.29
7	24.3	2.15	612.66	610.50	5.37	4.05	2.15	5.47	4.05	2.11	8.55	46.81	5.35	4.60	2.15	2.45	608.05
8	28.4	2.11	612.66	610.54	5.40	4.05	2.15	5.39	4.05	2.13	8.63	46.50	5.25	4.54	2.15	2.38	608.16
9	32.4	2.22	612.66	610.44	5.31	4.05	2.22	5.36	4.05	2.16	8.76	46.92	5.20	4.67	2.22	2.46	607.98
10	36.5	2.20	612.66	610.46	5.49	4.05	2.22	5.40	4.05	2.21	8.94	48.26	5.21	4.68	2.22	2.47	607.99
11	40.5	2.27	612.66	610.39	5.25	4.05	2.27	5.37	4.05	2.23	9.04	48.58	5.16	4.80	2.27	2.53	607.86
12	44.6	2.23	612.66	610.43	5.22	4.05	2.27	5.24	4.05	2.25	9.11	47.72	5.02	4.69	2.27	2.42	608.00
13	48.6	2.21	612.66	610.45	4.91	4.05	2.23	5.07	4.05	2.22	8.99	45.55	4.88	4.48	2.23	2.25	608.19
14	52.7	1.79	612.66	610.87	3.78	4.05	2.21	4.35	4.05	2.00	8.10	35.19	4.33	4.03	2.21	1.82	609.04
15	56.7	0.28	612.66	612.38	1.54	4.05	1.79	2.66	4.05	1.03	4.19	11.14	3.42	2.54	1.79	0.75	611.63
16	60.8	0.59	612.66	612.06	1.90	4.05	0.59	1.72	4.05	0.44	1.77	3.03	3.40	0.59	0.59	0.00	612.06
17	64.8	0.87	612.66	611.79	2.16	4.05	0.87	2.03	4.05	0.73	2.96	6.00	3.07	0.90	0.87	0.03	611.75
18	68.9	0.86	612.66	611.79	1.93	4.05	0.87	2.04	4.05	0.87	3.51	7.16	2.85	0.85	0.87	0.00	611.79
19	72.9	0.80	612.66	611.86	1.76	4.05	0.86	1.84	4.05	0.83	3.36	6.19	2.62	0.79	0.86	0.00	611.86
20	77.0	0.69	612.66	611.96	1.44	4.05	0.80	1.60	4.05	0.75	3.02	4.83	2.40	0.66	0.80	0.00	611.96
21	81.0	0.58	612.66	612.08	1.12	4.05	0.69	1.28	4.05	0.64	2.58	3.30	2.07	0.49	0.69	0.00	612.08
22	85.1	0.34	612.66	612.32	0.52	4.05	0.58	0.82	4.05	0.46	1.86	1.53	1.58	0.32	0.58	0.00	612.32
23	89.1	0.06	612.66	612.60	0.10	4.05	0.34	0.31	4.05	0.20	0.80	0.25	0.98	0.11	0.34	0.00	612.60
<b>Min</b>		<b>0.06</b>	<b>612.66</b>	<b>610.39</b>	<b>0.10</b>	<b>0.00</b>	<b>0.34</b>	<b>0.31</b>	<b>4.05</b>	<b>0.20</b>	<b>0.80</b>	<b>0.25</b>	<b>0.98</b>	<b>0.11</b>	<b>0.34</b>	<b>0.00</b>	<b>607.86</b>
<b>Max</b>		<b>2.27</b>	<b>612.66</b>	<b>612.60</b>	<b>5.57</b>	<b>4.05</b>	<b>2.27</b>	<b>5.47</b>	<b>4.05</b>	<b>2.25</b>	<b>9.11</b>	<b>48.58</b>	<b>5.35</b>	<b>4.80</b>	<b>2.27</b>	<b>2.53</b>	<b>612.60</b>
<b>Media</b>		<b>1.39</b>	<b>612.66</b>	<b>611.26</b>	<b>3.38</b>	<b>3.87</b>	<b>1.58</b>	<b>3.51</b>	<b>4.05</b>	<b>1.45</b>	<b>5.87</b>	<b>25.81</b>	<b>3.87</b>	<b>2.78</b>	<b>1.58</b>	<b>1.25</b>	<b>610.07</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**





 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0					

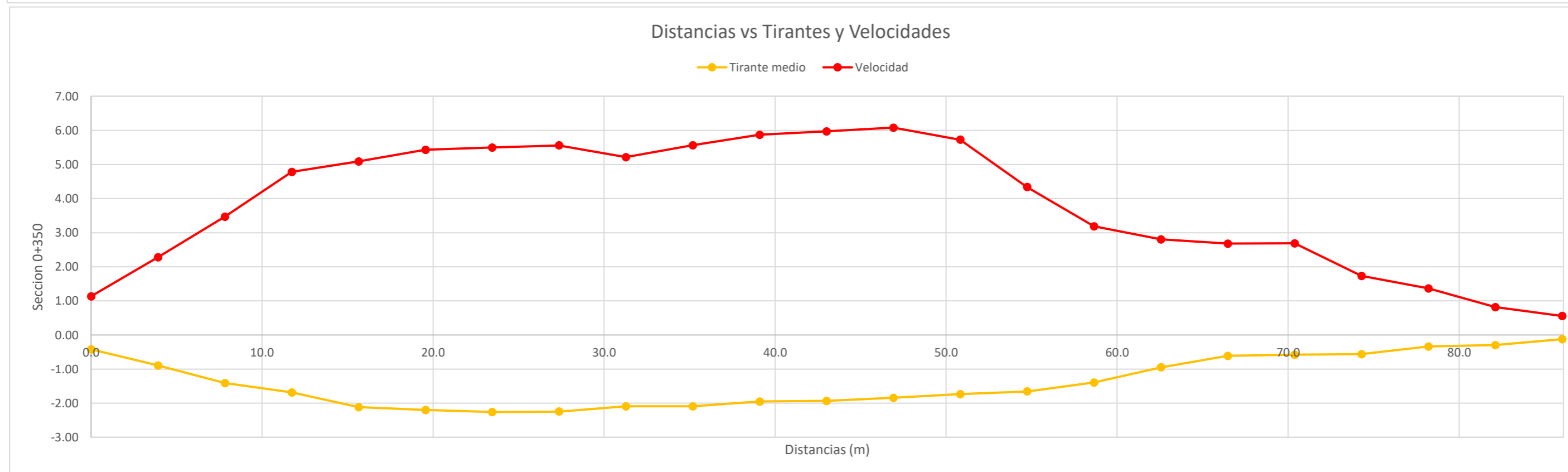
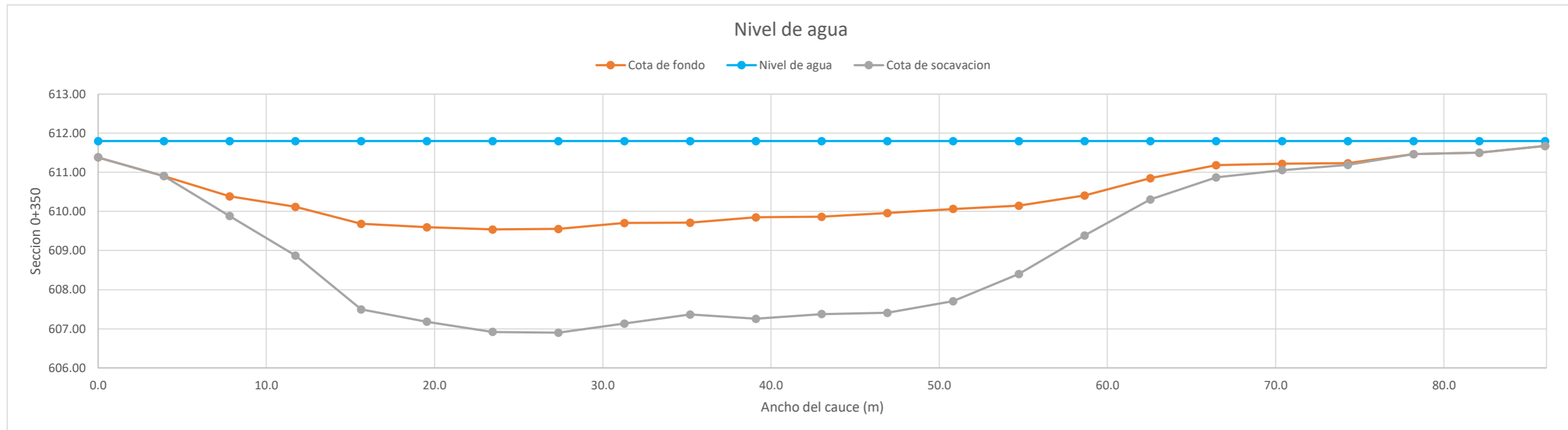
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+400
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	86.02 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.42	611.80	611.38	1.13	0.00											611.38
2	3.9	0.89	611.80	610.91	2.28	3.91	0.89	1.71	3.91	0.66	2.57	4.38	2.74	0.86	0.89	0.00	610.91
3	7.8	1.41	611.80	610.39	3.47	3.91	1.41	2.87	3.91	1.15	4.51	12.95	3.56	1.92	1.41	0.51	609.88
4	11.7	1.68	611.80	610.12	4.78	3.91	1.68	4.13	3.91	1.55	6.04	24.93	4.55	2.93	1.68	1.25	608.87
5	15.6	2.11	611.80	609.69	5.09	3.91	2.11	4.94	3.91	1.90	7.42	36.61	5.06	4.30	2.11	2.19	607.50
6	19.6	2.20	611.80	609.60	5.43	3.91	2.20	5.26	3.91	2.16	8.44	44.38	5.17	4.62	2.20	2.42	607.18
7	23.5	2.26	611.80	609.54	5.50	3.91	2.26	5.46	3.91	2.23	8.72	47.66	5.32	4.88	2.26	2.62	606.92
8	27.4	2.24	611.80	609.56	5.56	3.91	2.26	5.53	3.91	2.25	8.80	48.67	5.36	4.91	2.26	2.65	606.90
9	31.3	2.09	611.80	609.71	5.21	3.91	2.24	5.39	3.91	2.17	8.48	45.67	5.29	4.82	2.24	2.57	607.13
10	35.2	2.09	611.80	609.71	5.56	3.91	2.09	5.39	3.91	2.09	8.17	44.04	5.35	4.44	2.09	2.35	607.37
11	39.1	1.95	611.80	609.85	5.87	3.91	2.09	5.72	3.91	2.02	7.89	45.15	5.75	4.68	2.09	2.59	607.26
12	43.0	1.93	611.80	609.87	5.97	3.91	1.95	5.92	3.91	1.94	7.59	44.94	6.03	4.44	1.95	2.49	607.38
13	46.9	1.84	611.80	609.96	6.08	3.91	1.93	6.03	3.91	1.89	7.38	44.45	6.19	4.48	1.93	2.55	607.41
14	50.8	1.74	611.80	610.06	5.73	3.91	1.84	5.90	3.91	1.79	6.99	41.28	6.18	4.20	1.84	2.36	607.71
15	54.7	1.66	611.80	610.14	4.34	3.91	1.74	5.03	3.91	1.70	6.63	33.36	5.37	3.48	1.74	1.74	608.40
16	58.7	1.39	611.80	610.41	3.19	3.91	1.66	3.76	3.91	1.52	5.95	22.39	4.17	2.68	1.66	1.03	609.38
17	62.6	0.95	611.80	610.85	2.80	3.91	1.39	2.99	3.91	1.17	4.57	13.69	3.69	1.93	1.39	0.54	610.31
18	66.5	0.62	611.80	611.18	2.68	3.91	0.95	2.74	3.91	0.78	3.06	8.38	4.04	1.26	0.95	0.31	610.88
19	70.4	0.58	611.80	611.22	2.68	3.91	0.62	2.68	3.91	0.60	2.34	6.27	4.52	0.78	0.62	0.16	611.06
20	74.3	0.56	611.80	611.24	1.73	3.91	0.58	2.21	3.91	0.57	2.24	4.94	3.80	0.63	0.58	0.05	611.19
21	78.2	0.34	611.80	611.46	1.36	3.91	0.56	1.55	3.91	0.45	1.76	2.72	3.02	0.51	0.56	0.00	611.46
22	82.1	0.29	611.80	611.51	0.82	3.91	0.34	1.09	3.91	0.32	1.23	1.35	2.60	0.23	0.34	0.00	611.51
23	86.0	0.12	611.80	611.68	0.56	3.91	0.29	0.69	3.91	0.21	0.82	0.56	2.09	0.16	0.29	0.00	611.68
<b>Min</b>		<b>0.12</b>	<b>611.80</b>	<b>609.54</b>	<b>0.56</b>	<b>0.00</b>	<b>0.29</b>	<b>0.69</b>	<b>3.91</b>	<b>0.21</b>	<b>0.82</b>	<b>0.56</b>	<b>2.09</b>	<b>0.16</b>	<b>0.29</b>	<b>0.00</b>	<b>606.90</b>
<b>Max</b>		<b>2.26</b>	<b>611.80</b>	<b>611.68</b>	<b>6.08</b>	<b>3.91</b>	<b>2.26</b>	<b>6.03</b>	<b>3.91</b>	<b>2.25</b>	<b>8.80</b>	<b>48.67</b>	<b>6.19</b>	<b>4.91</b>	<b>2.26</b>	<b>2.65</b>	<b>611.68</b>
<b>Media</b>		<b>1.36</b>	<b>611.80</b>	<b>610.44</b>	<b>3.82</b>	<b>3.74</b>	<b>1.50</b>	<b>3.95</b>	<b>3.91</b>	<b>1.41</b>	<b>5.53</b>	<b>26.31</b>	<b>4.54</b>	<b>2.87</b>	<b>1.50</b>	<b>1.38</b>	<b>609.12</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM				
												Fecha: Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0							

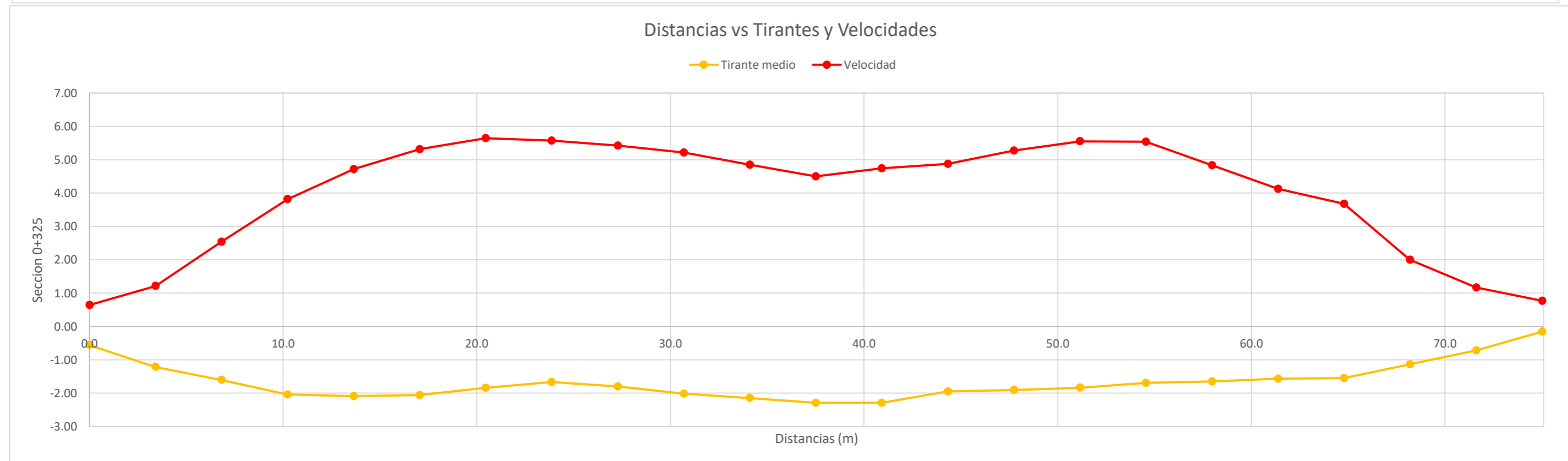
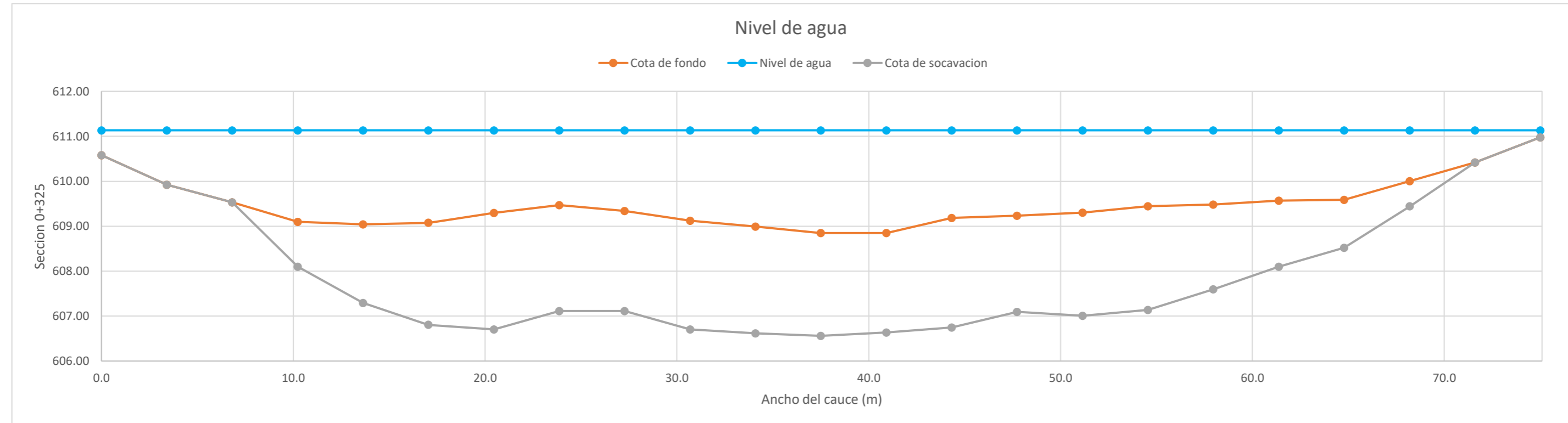
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+375
Coefficiente que depende del Tr:	$\beta$	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	$1/(1+X)$	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	75.02 m
Coefficiente de contracción:	$\mu$	1.00 ( $\mu = 1$ , si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	$\alpha$ (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.56	611.14	610.58	0.64	0.00											610.58
2	3.4	1.21	611.14	609.92	1.21	3.41	1.21	0.93	3.41	0.88	3.02	2.80	1.33	0.72	1.21	0.00	609.92
3	6.8	1.60	611.14	609.53	2.54	3.41	1.60	1.88	3.41	1.41	4.80	9.01	2.23	1.57	1.60	0.00	609.53
4	10.2	2.04	611.14	609.10	3.82	3.41	2.04	3.18	3.41	1.82	6.20	19.72	3.46	3.04	2.04	1.00	608.10
5	13.6	2.09	611.14	609.04	4.72	3.41	2.09	4.27	3.41	2.06	7.04	30.03	4.47	3.84	2.09	1.75	607.29
6	17.1	2.06	611.14	609.08	5.31	3.41	2.09	5.02	3.41	2.07	7.08	35.50	5.24	4.36	2.09	2.27	606.81
7	20.5	1.84	611.14	609.30	5.65	3.41	2.06	5.48	3.41	1.95	6.65	36.42	5.84	4.65	2.06	2.59	606.70
8	23.9	1.66	611.14	609.47	5.58	3.41	1.84	5.61	3.41	1.75	5.97	33.50	6.19	4.20	1.84	2.36	607.11
9	27.3	1.80	611.14	609.34	5.42	3.41	1.80	5.50	3.41	1.73	5.90	32.44	6.09	4.02	1.80	2.23	607.11
10	30.7	2.01	611.14	609.12	5.22	3.41	2.01	5.32	3.41	1.90	6.50	34.56	5.71	4.43	2.01	2.42	606.70
11	34.1	2.14	611.14	608.99	4.85	3.41	2.14	5.04	3.41	2.08	7.08	35.69	5.26	4.52	2.14	2.38	606.62
12	37.5	2.29	611.14	608.85	4.50	3.41	2.29	4.68	3.41	2.22	7.55	35.34	4.80	4.57	2.29	2.29	606.56
13	40.9	2.29	611.14	608.85	4.74	3.41	2.29	4.62	3.41	2.29	7.80	36.05	4.69	4.50	2.29	2.21	606.64
14	44.3	1.95	611.14	609.18	4.88	3.41	2.29	4.81	3.41	2.12	7.23	34.75	4.99	4.72	2.29	2.44	606.75
15	47.7	1.90	611.14	609.23	5.28	3.41	1.95	5.08	3.41	1.93	6.57	33.35	5.43	4.09	1.95	2.14	607.09
16	51.2	1.84	611.14	609.30	5.55	3.41	1.90	5.41	3.41	1.87	6.37	34.50	5.85	4.20	1.90	2.29	607.01
17	54.6	1.69	611.14	609.44	5.54	3.41	1.84	5.55	3.41	1.76	6.01	33.37	6.10	4.14	1.84	2.31	607.14
18	58.0	1.65	611.14	609.48	4.83	3.41	1.69	5.19	3.41	1.67	5.70	29.58	5.81	3.58	1.69	1.89	607.60
19	61.4	1.57	611.14	609.57	4.12	3.41	1.65	4.48	3.41	1.61	5.49	24.57	5.08	3.12	1.65	1.47	608.10
20	64.8	1.55	611.14	609.59	3.68	3.41	1.57	3.90	3.41	1.56	5.31	20.71	4.48	2.64	1.57	1.07	608.52
21	68.2	1.13	611.14	610.00	2.00	3.41	1.55	2.84	3.41	1.34	4.57	12.98	3.44	2.11	1.55	0.56	609.44
22	71.6	0.72	611.14	610.42	1.17	3.41	1.13	1.59	3.41	0.92	3.15	5.00	2.23	1.00	1.13	0.00	610.42
23	75.0	0.16	611.14	610.98	0.77	3.41	0.72	0.97	3.41	0.44	1.49	1.44	1.97	0.49	0.72	0.00	610.98
<b>Min</b>		<b>0.16</b>	<b>611.14</b>	<b>608.85</b>	<b>0.64</b>	<b>0.00</b>	<b>0.72</b>	<b>0.93</b>	<b>3.41</b>	<b>0.44</b>	<b>1.49</b>	<b>1.44</b>	<b>1.33</b>	<b>0.49</b>	<b>0.72</b>	<b>0.00</b>	<b>606.56</b>
<b>Max</b>		<b>2.29</b>	<b>611.14</b>	<b>610.98</b>	<b>5.65</b>	<b>3.41</b>	<b>2.29</b>	<b>5.61</b>	<b>3.41</b>	<b>2.29</b>	<b>7.80</b>	<b>36.42</b>	<b>6.19</b>	<b>4.72</b>	<b>2.29</b>	<b>2.59</b>	<b>610.98</b>
<b>Media</b>		<b>1.64</b>	<b>611.14</b>	<b>609.49</b>	<b>4.00</b>	<b>3.26</b>	<b>1.81</b>	<b>4.15</b>	<b>3.41</b>	<b>1.70</b>	<b>5.79</b>	<b>25.97</b>	<b>4.58</b>	<b>3.39</b>	<b>1.81</b>	<b>1.62</b>	<b>607.94</b>

CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM				
												Fecha: Mar-21				
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos					
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0							

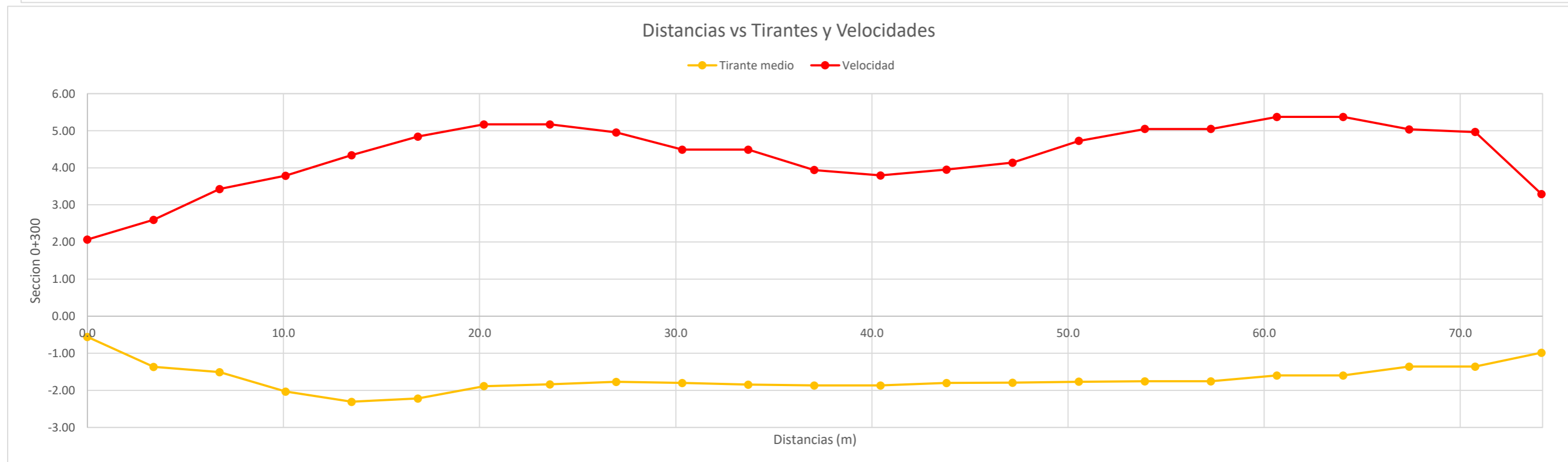
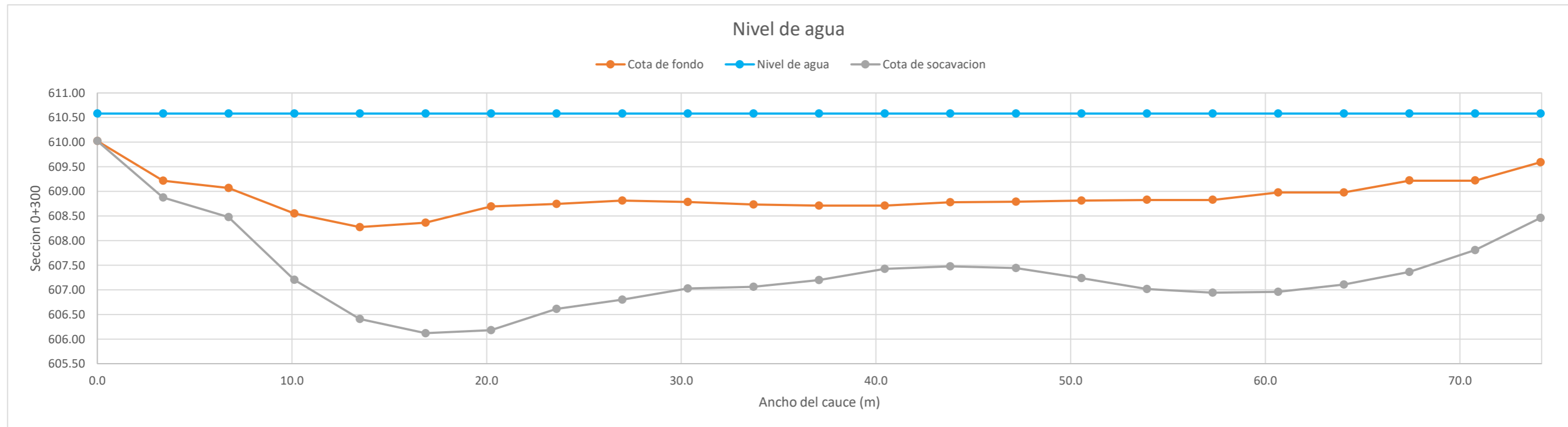
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+350
Coefficiente que depende del Tr:	$\beta$	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	$1/(1+X)$	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	74.14 m
Coefficiente de contracción:	$\mu$	1.00 ( $\mu = 1$ , si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	$\alpha$ (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.56	610.58	610.02	2.07	0.00											610.02
2	3.4	1.36	610.58	609.22	2.60	3.37	1.36	2.33	3.37	0.96	3.24	7.56	3.24	1.70	1.36	0.34	608.88
3	6.7	1.51	610.58	609.07	3.43	3.37	1.51	3.01	3.37	1.44	4.84	14.60	3.57	2.10	1.51	0.59	608.48
4	10.1	2.03	610.58	608.55	3.79	3.37	2.03	3.61	3.37	1.77	5.97	21.51	3.98	3.37	2.03	1.34	607.21
5	13.5	2.31	610.58	608.27	4.34	3.37	2.31	4.06	3.37	2.17	7.31	29.69	4.21	4.17	2.31	1.87	606.41
6	16.9	2.22	610.58	608.36	4.84	3.37	2.31	4.59	3.37	2.26	7.62	34.99	4.70	4.55	2.31	2.24	606.12
7	20.2	1.89	610.58	608.70	5.17	3.37	2.22	5.01	3.37	2.05	6.91	34.60	5.28	4.73	2.22	2.51	606.18
8	23.6	1.84	610.58	608.74	5.17	3.37	1.89	5.17	3.37	1.86	6.27	32.46	5.61	4.02	1.89	2.13	606.61
9	27.0	1.77	610.58	608.81	4.96	3.37	1.84	5.06	3.37	1.80	6.08	30.77	5.55	3.85	1.84	2.01	606.80
10	30.3	1.80	610.58	608.78	4.49	3.37	1.80	4.73	3.37	1.78	6.01	28.38	5.20	3.55	1.80	1.76	607.03
11	33.7	1.85	610.58	608.73	4.49	3.37	1.85	4.49	3.37	1.82	6.14	27.60	4.91	3.52	1.85	1.67	607.06
12	37.1	1.87	610.58	608.71	3.94	3.37	1.87	4.22	3.37	1.86	6.26	26.40	4.58	3.38	1.87	1.51	607.20
13	40.4	1.87	610.58	608.71	3.79	3.37	1.87	3.87	3.37	1.87	6.30	24.35	4.19	3.15	1.87	1.29	607.43
14	43.8	1.80	610.58	608.78	3.95	3.37	1.87	3.87	3.37	1.84	6.19	23.95	4.22	3.17	1.87	1.30	607.48
15	47.2	1.79	610.58	608.79	4.14	3.37	1.80	4.05	3.37	1.80	6.06	24.51	4.44	3.15	1.80	1.35	607.44
16	50.6	1.77	610.58	608.81	4.73	3.37	1.79	4.43	3.37	1.78	6.00	26.59	4.88	3.37	1.79	1.58	607.24
17	53.9	1.75	610.58	608.83	5.05	3.37	1.77	4.89	3.37	1.76	5.93	28.99	5.40	3.58	1.77	1.81	607.02
18	57.3	1.75	610.58	608.83	5.05	3.37	1.75	5.05	3.37	1.75	5.91	29.84	5.59	3.64	1.75	1.89	606.94
19	60.7	1.60	610.58	608.98	5.37	3.37	1.75	5.21	3.37	1.68	5.65	29.45	5.85	3.77	1.75	2.02	606.96
20	64.0	1.60	610.58	608.98	5.37	3.37	1.60	5.37	3.37	1.60	5.39	28.99	6.13	3.47	1.60	1.87	607.11
21	67.4	1.36	610.58	609.22	5.04	3.37	1.60	5.20	3.37	1.48	4.99	25.97	6.10	3.46	1.60	1.86	607.36
22	70.8	1.36	610.58	609.22	4.97	3.37	1.36	5.00	3.37	1.36	4.59	22.94	6.04	2.78	1.36	1.41	607.81
23	74.1	0.99	610.58	609.59	3.29	3.37	1.36	4.13	3.37	1.17	3.95	16.33	5.28	2.50	1.36	1.13	608.46
<b>Min</b>		<b>0.56</b>	<b>610.58</b>	<b>608.27</b>	<b>2.07</b>	<b>0.00</b>	<b>1.36</b>	<b>2.33</b>	<b>3.37</b>	<b>0.96</b>	<b>3.24</b>	<b>7.56</b>	<b>3.24</b>	<b>1.70</b>	<b>1.36</b>	<b>0.34</b>	<b>606.12</b>
<b>Max</b>		<b>2.31</b>	<b>610.58</b>	<b>610.02</b>	<b>5.37</b>	<b>3.37</b>	<b>2.31</b>	<b>5.37</b>	<b>3.37</b>	<b>2.26</b>	<b>7.62</b>	<b>34.99</b>	<b>6.13</b>	<b>4.73</b>	<b>2.31</b>	<b>2.51</b>	<b>610.02</b>
<b>Media</b>		<b>1.68</b>	<b>610.58</b>	<b>608.90</b>	<b>4.35</b>	<b>3.22</b>	<b>1.80</b>	<b>4.43</b>	<b>3.37</b>	<b>1.72</b>	<b>5.80</b>	<b>25.93</b>	<b>4.95</b>	<b>3.41</b>	<b>1.80</b>	<b>1.61</b>	<b>607.36</b>

CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>										UNALM		
											Fecha:		Mar-21
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"										Maetria:		Ing. Recursos Hídricos	
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0				

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

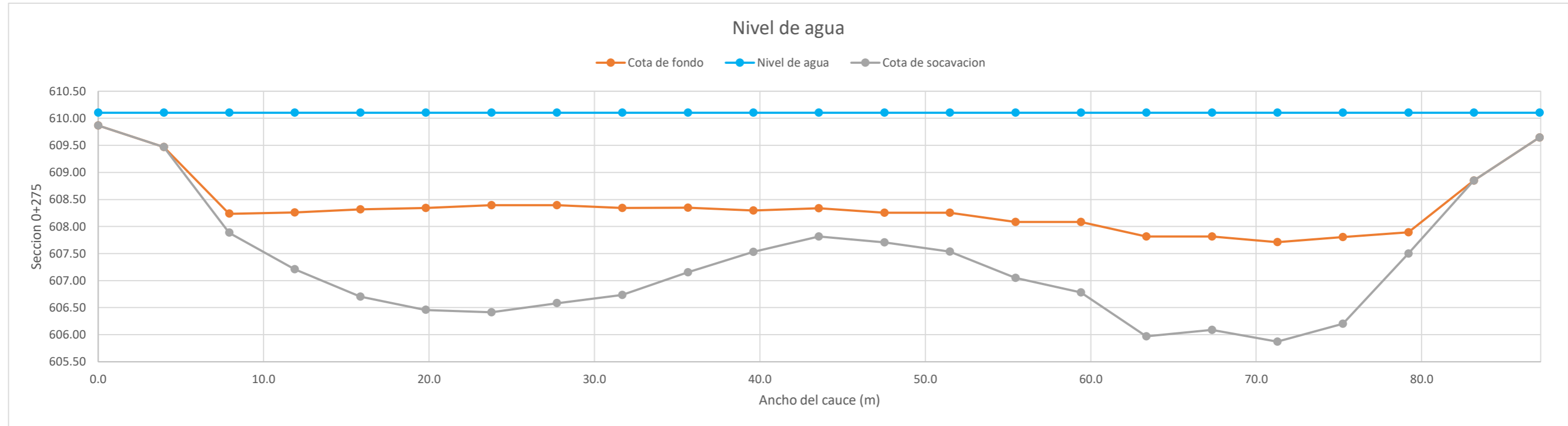
**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**


Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+325
Coefficiente que depende del Tr:	$\beta$	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	$1/(1+X)$	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	87.12 m
Coefficiente de contracción:	$\mu$	1.00 ( $\mu = 1$ , si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	$\alpha$ (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.24	610.10	609.87	1.59	0.00											609.87
2	4.0	0.63	610.10	609.47	1.37	3.96	0.63	1.48	3.96	0.43	1.72	2.54	2.95	0.58	0.63	0.00	609.47
3	7.9	1.87	610.10	608.24	3.13	3.96	1.87	2.25	3.96	1.25	4.95	11.12	2.69	2.22	1.87	0.35	607.89
4	11.9	1.84	610.10	608.26	4.26	3.96	1.87	3.69	3.96	1.85	7.35	27.12	3.80	2.91	1.87	1.05	607.21
5	15.8	1.79	610.10	608.32	5.03	3.96	1.84	4.64	3.96	1.81	7.19	33.37	4.82	3.46	1.84	1.61	606.70
6	19.8	1.76	610.10	608.34	5.45	3.96	1.79	5.24	3.96	1.77	7.02	36.79	5.48	3.67	1.79	1.88	606.46
7	23.8	1.71	610.10	608.39	5.45	3.96	1.76	5.45	3.96	1.73	6.87	37.44	5.74	3.74	1.76	1.98	606.42
8	27.7	1.71	610.10	608.40	5.12	3.96	1.71	5.28	3.96	1.71	6.76	35.73	5.60	3.52	1.71	1.81	606.58
9	31.7	1.76	610.10	608.34	4.45	3.96	1.76	4.78	3.96	1.73	6.86	32.83	5.04	3.37	1.76	1.61	606.73
10	35.6	1.76	610.10	608.35	3.67	3.96	1.76	4.06	3.96	1.76	6.96	28.28	4.26	2.95	1.76	1.19	607.15
11	39.6	1.81	610.10	608.30	2.89	3.96	1.81	3.28	3.96	1.78	7.05	23.16	3.43	2.57	1.81	0.77	607.53
12	43.6	1.77	610.10	608.34	2.90	3.96	1.81	2.90	3.96	1.79	7.07	20.48	3.02	2.33	1.81	0.52	607.81
13	47.5	1.85	610.10	608.25	2.90	3.96	1.85	2.90	3.96	1.81	7.16	20.73	3.01	2.39	1.85	0.55	607.71
14	51.5	1.85	610.10	608.25	3.48	3.96	1.85	3.19	3.96	1.85	7.32	23.35	3.29	2.57	1.85	0.72	607.54
15	55.4	2.02	610.10	608.08	3.48	3.96	2.02	3.48	3.96	1.93	7.66	26.67	3.53	3.05	2.02	1.03	607.05
16	59.4	2.02	610.10	608.08	4.38	3.96	2.02	3.93	3.96	2.02	8.00	31.43	3.93	3.32	2.02	1.30	606.78
17	63.4	2.29	610.10	607.82	4.24	3.96	2.29	4.31	3.96	2.15	8.53	36.72	4.22	4.13	2.29	1.85	605.97
18	67.3	2.29	610.10	607.82	4.22	3.96	2.29	4.23	3.96	2.29	9.05	38.30	4.07	4.01	2.29	1.73	606.09
19	71.3	2.39	610.10	607.71	4.22	3.96	2.39	4.22	3.96	2.34	9.26	39.11	4.03	4.23	2.39	1.84	605.87
20	75.2	2.30	610.10	607.80	3.63	3.96	2.39	3.93	3.96	2.35	9.29	36.48	3.75	3.99	2.39	1.60	606.20
21	79.2	2.21	610.10	607.89	1.39	3.96	2.30	2.51	3.96	2.25	8.93	22.42	2.42	2.69	2.30	0.39	607.50
22	83.2	1.25	610.10	608.85	0.48	3.96	2.21	0.93	3.96	1.73	6.86	6.40	0.98	1.26	2.21	0.00	608.85
23	87.1	0.46	610.10	609.65	0.39	3.96	1.25	0.43	3.96	0.85	3.39	1.46	0.61	0.41	1.25	0.00	609.65
<b>Min</b>		<b>0.24</b>	<b>610.10</b>	<b>607.71</b>	<b>0.39</b>	<b>0.00</b>	<b>0.63</b>	<b>0.43</b>	<b>3.96</b>	<b>0.43</b>	<b>1.72</b>	<b>1.46</b>	<b>0.61</b>	<b>0.41</b>	<b>0.63</b>	<b>0.00</b>	<b>605.87</b>
<b>Max</b>		<b>2.39</b>	<b>610.10</b>	<b>609.87</b>	<b>5.45</b>	<b>3.96</b>	<b>2.39</b>	<b>5.45</b>	<b>3.96</b>	<b>2.35</b>	<b>9.29</b>	<b>39.11</b>	<b>5.74</b>	<b>4.23</b>	<b>2.39</b>	<b>1.98</b>	<b>609.87</b>
<b>Media</b>		<b>1.72</b>	<b>610.10</b>	<b>608.38</b>	<b>3.40</b>	<b>3.79</b>	<b>1.88</b>	<b>3.51</b>	<b>3.96</b>	<b>1.78</b>	<b>7.06</b>	<b>26.00</b>	<b>3.67</b>	<b>2.88</b>	<b>1.88</b>	<b>1.08</b>	<b>607.35</b>



CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0					

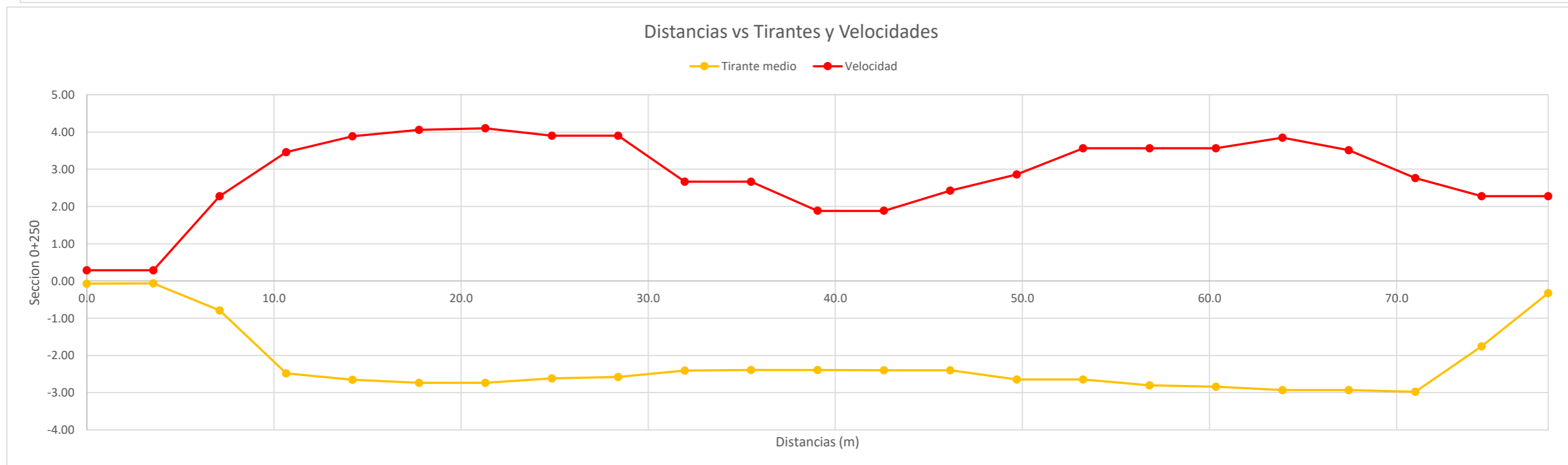
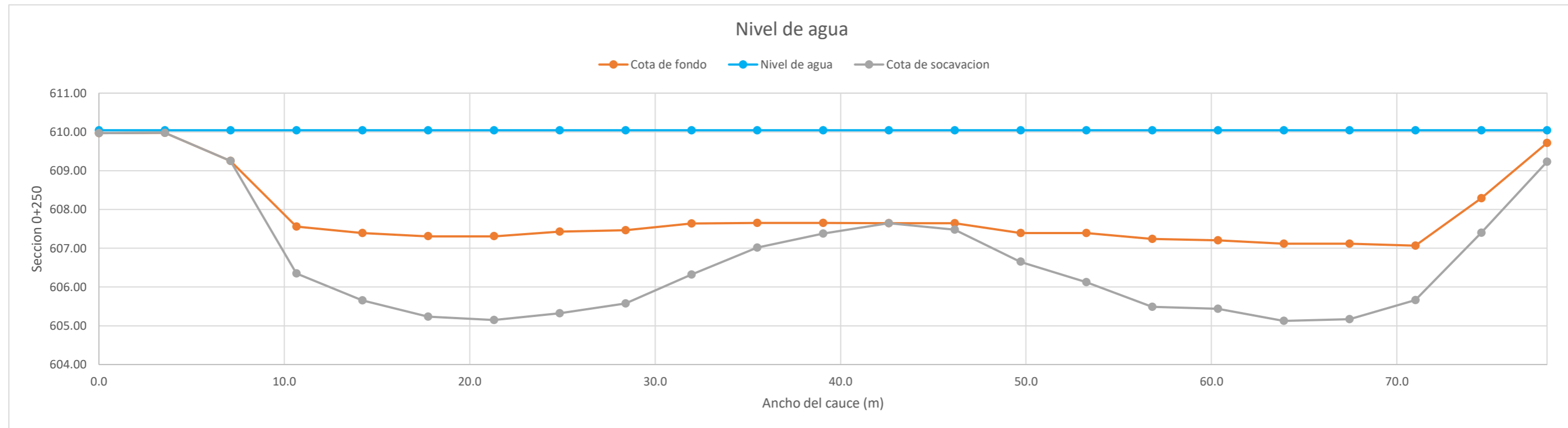
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+300
Coefficiente que depende del Tr:	$\beta$	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	$1/(1+X)$	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	78.10 m
Coefficiente de contracción:	$\mu$	1.00 ( $\mu = 1$ , si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	$\alpha$ (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.08	610.04	609.97	0.29	0.00											609.97
2	3.6	0.07	610.04	609.98	0.29	3.55	0.08	0.29	3.55	0.07	0.25	0.07	1.72	0.02	0.08	0.00	609.98
3	7.1	0.79	610.04	609.25	2.27	3.55	0.79	1.28	3.55	0.43	1.52	1.95	2.60	0.70	0.79	0.00	609.25
4	10.7	2.48	610.04	607.56	3.45	3.55	2.48	2.86	3.55	1.64	5.81	16.65	3.19	3.69	2.48	1.21	606.35
5	14.2	2.65	610.04	607.39	3.88	3.55	2.65	3.67	3.55	2.57	9.12	33.44	3.55	4.39	2.65	1.73	605.65
6	17.8	2.73	610.04	607.31	4.06	3.55	2.73	3.97	3.55	2.69	9.57	37.98	3.79	4.81	2.73	2.07	605.23
7	21.3	2.73	610.04	607.31	4.10	3.55	2.73	4.08	3.55	2.73	9.71	39.60	3.88	4.90	2.73	2.16	605.15
8	24.9	2.61	610.04	607.43	3.90	3.55	2.73	4.00	3.55	2.67	9.49	37.96	3.83	4.84	2.73	2.11	605.32
9	28.4	2.58	610.04	607.46	3.90	3.55	2.61	3.90	3.55	2.60	9.22	35.95	3.76	4.50	2.61	1.89	605.57
10	32.0	2.41	610.04	607.64	2.66	3.55	2.58	3.28	3.55	2.49	8.85	29.04	3.20	3.90	2.58	1.32	606.32
11	35.5	2.39	610.04	607.65	2.66	3.55	2.41	2.66	3.55	2.40	8.51	22.67	2.63	3.04	2.41	0.64	607.02
12	39.1	2.39	610.04	607.65	1.88	3.55	2.39	2.27	3.55	2.39	8.49	19.29	2.25	2.67	2.39	0.28	607.38
13	42.6	2.40	610.04	607.64	1.88	3.55	2.40	1.88	3.55	2.40	8.50	16.01	1.86	2.31	2.40	0.00	607.64
14	46.2	2.40	610.04	607.64	2.43	3.55	2.40	2.15	3.55	2.40	8.52	18.36	2.13	2.57	2.40	0.17	607.48
15	49.7	2.65	610.04	607.39	2.86	3.55	2.65	2.64	3.55	2.52	8.96	23.69	2.57	3.39	2.65	0.74	606.65
16	53.3	2.65	610.04	607.39	3.57	3.55	2.65	3.21	3.55	2.65	9.40	30.21	3.08	3.92	2.65	1.27	606.13
17	56.8	2.80	610.04	607.24	3.57	3.55	2.80	3.57	3.55	2.73	9.68	34.50	3.40	4.55	2.80	1.75	605.49
18	60.4	2.84	610.04	607.20	3.57	3.55	2.84	3.57	3.55	2.82	10.02	35.72	3.37	4.60	2.84	1.76	605.44
19	63.9	2.93	610.04	607.11	3.85	3.55	2.93	3.71	3.55	2.89	10.24	37.97	3.48	4.92	2.93	1.99	605.13
20	67.5	2.93	610.04	607.11	3.51	3.55	2.93	3.68	3.55	2.93	10.40	38.27	3.44	4.88	2.93	1.95	605.17
21	71.0	2.98	610.04	607.07	2.76	3.55	2.98	3.14	3.55	2.95	10.48	32.88	2.93	4.38	2.98	1.41	605.66
22	74.6	1.76	610.04	608.29	2.28	3.55	2.98	2.52	3.55	2.37	8.40	21.16	2.50	3.86	2.98	0.89	607.40
23	78.1	0.33	610.04	609.71	2.28	3.55	1.76	2.28	3.55	1.04	3.70	8.43	3.01	2.24	1.76	0.48	609.23
<b>Min</b>		<b>0.07</b>	<b>610.04</b>	<b>607.07</b>	<b>0.29</b>	<b>0.00</b>	<b>0.08</b>	<b>0.29</b>	<b>3.55</b>	<b>0.07</b>	<b>0.25</b>	<b>0.07</b>	<b>1.72</b>	<b>0.02</b>	<b>0.08</b>	<b>0.00</b>	<b>605.13</b>
<b>Max</b>		<b>2.98</b>	<b>610.04</b>	<b>609.98</b>	<b>4.10</b>	<b>3.55</b>	<b>2.98</b>	<b>4.08</b>	<b>3.55</b>	<b>2.95</b>	<b>10.48</b>	<b>39.60</b>	<b>3.88</b>	<b>4.92</b>	<b>2.98</b>	<b>2.16</b>	<b>609.98</b>
<b>Media</b>		<b>2.20</b>	<b>610.04</b>	<b>607.84</b>	<b>2.86</b>	<b>3.40</b>	<b>2.43</b>	<b>2.94</b>	<b>3.55</b>	<b>2.29</b>	<b>8.13</b>	<b>25.99</b>	<b>3.01</b>	<b>3.59</b>	<b>2.43</b>	<b>1.17</b>	<b>606.72</b>

CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0					

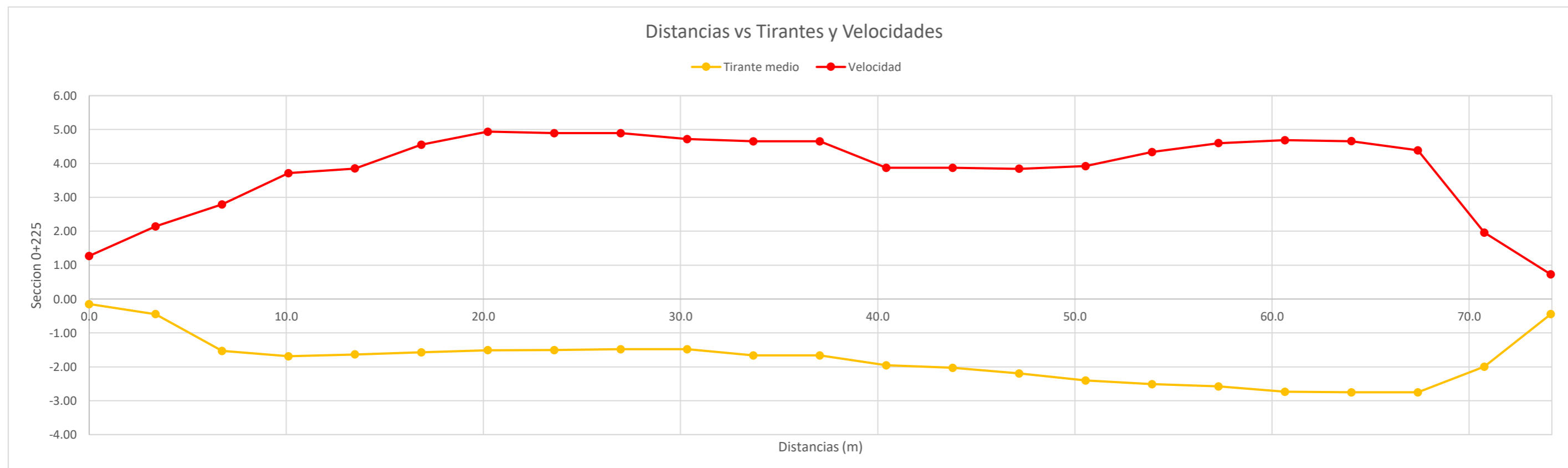
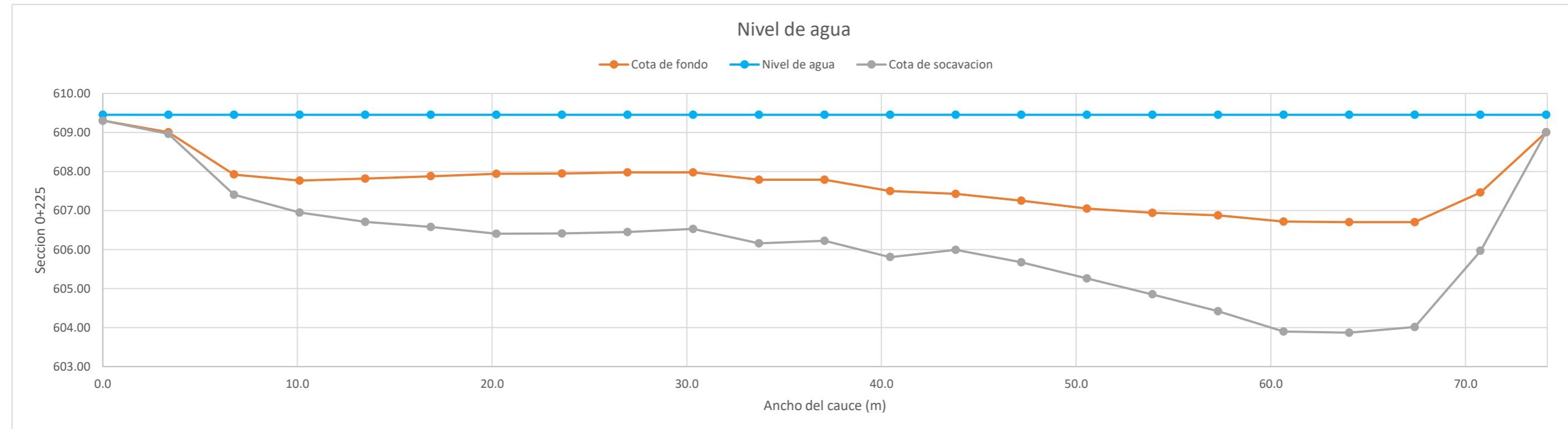
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+275
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	74.14 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.15	609.45	609.30	1.27	0.00											609.30
2	3.4	0.44	609.45	609.01	2.14	3.37	0.44	1.71	3.37	0.30	1.00	1.70	4.28	0.49	0.44	0.04	608.96
3	6.7	1.53	609.45	607.92	2.79	3.37	1.53	2.47	3.37	0.99	3.33	8.21	3.38	2.05	1.53	0.52	607.40
4	10.1	1.69	609.45	607.76	3.72	3.37	1.69	3.25	3.37	1.61	5.42	17.64	3.71	2.50	1.69	0.82	606.95
5	13.5	1.63	609.45	607.82	3.85	3.37	1.69	3.78	3.37	1.66	5.60	21.17	4.26	2.80	1.69	1.11	606.71
6	16.9	1.57	609.45	607.88	4.55	3.37	1.63	4.20	3.37	1.60	5.40	22.70	4.79	2.94	1.63	1.30	606.58
7	20.2	1.51	609.45	607.94	4.94	3.37	1.57	4.75	3.37	1.54	5.19	24.65	5.49	3.11	1.57	1.54	606.41
8	23.6	1.50	609.45	607.95	4.89	3.37	1.51	4.92	3.37	1.51	5.07	24.95	5.73	3.05	1.51	1.54	606.41
9	27.0	1.48	609.45	607.98	4.89	3.37	1.50	4.89	3.37	1.49	5.02	24.56	5.72	3.03	1.50	1.52	606.45
10	30.3	1.48	609.45	607.98	4.72	3.37	1.48	4.81	3.37	1.48	4.97	23.92	5.64	2.93	1.48	1.45	606.53
11	33.7	1.66	609.45	607.79	4.66	3.37	1.66	4.69	3.37	1.57	5.29	24.79	5.39	3.29	1.66	1.63	606.16
12	37.1	1.66	609.45	607.79	4.66	3.37	1.66	4.66	3.37	1.66	5.60	26.07	5.24	3.23	1.66	1.56	606.22
13	40.4	1.95	609.45	607.50	3.87	3.37	1.95	4.26	3.37	1.81	6.09	25.99	4.67	3.64	1.95	1.69	605.81
14	43.8	2.03	609.45	607.43	3.87	3.37	2.03	3.87	3.37	1.99	6.71	25.98	4.12	3.46	2.03	1.43	605.99
15	47.2	2.20	609.45	607.25	3.84	3.37	2.20	3.86	3.37	2.11	7.12	27.46	4.03	3.78	2.20	1.58	605.67
16	50.6	2.40	609.45	607.05	3.93	3.37	2.40	3.89	3.37	2.30	7.75	30.10	3.96	4.19	2.40	1.79	605.26
17	53.9	2.51	609.45	606.94	4.34	3.37	2.51	4.13	3.37	2.46	8.28	34.22	4.14	4.60	2.51	2.09	604.85
18	57.3	2.58	609.45	606.87	4.60	3.37	2.58	4.47	3.37	2.54	8.57	38.34	4.43	5.03	2.58	2.45	604.42
19	60.7	2.74	609.45	606.72	4.69	3.37	2.74	4.65	3.37	2.66	8.96	41.60	4.55	5.55	2.74	2.82	603.90
20	64.0	2.75	609.45	606.70	4.66	3.37	2.75	4.67	3.37	2.74	9.24	43.21	4.54	5.58	2.75	2.83	603.87
21	67.4	2.75	609.45	606.70	4.39	3.37	2.75	4.52	3.37	2.75	9.27	41.92	4.39	5.44	2.75	2.69	604.01
22	70.8	1.99	609.45	607.46	1.96	3.37	2.75	3.18	3.37	2.37	7.99	25.37	3.21	4.24	2.75	1.49	605.97
23	74.1	0.45	609.45	609.01	0.73	3.37	1.99	1.35	3.37	1.22	4.11	5.53	1.70	1.68	1.99	0.00	609.01
<b>Min</b>		<b>0.15</b>	<b>609.45</b>	<b>606.70</b>	<b>0.73</b>	<b>0.00</b>	<b>0.44</b>	<b>1.35</b>	<b>3.37</b>	<b>0.30</b>	<b>1.00</b>	<b>1.70</b>	<b>1.70</b>	<b>0.49</b>	<b>0.44</b>	<b>0.00</b>	<b>603.87</b>
<b>Max</b>		<b>2.75</b>	<b>609.45</b>	<b>609.30</b>	<b>4.94</b>	<b>3.37</b>	<b>2.75</b>	<b>4.92</b>	<b>3.37</b>	<b>2.75</b>	<b>9.27</b>	<b>43.21</b>	<b>5.73</b>	<b>5.58</b>	<b>2.75</b>	<b>2.83</b>	<b>609.30</b>
<b>Media</b>		<b>1.77</b>	<b>609.45</b>	<b>607.68</b>	<b>3.83</b>	<b>3.22</b>	<b>1.96</b>	<b>3.95</b>	<b>3.37</b>	<b>1.83</b>	<b>6.18</b>	<b>25.46</b>	<b>4.43</b>	<b>3.48</b>	<b>1.96</b>	<b>1.54</b>	<b>606.21</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0					

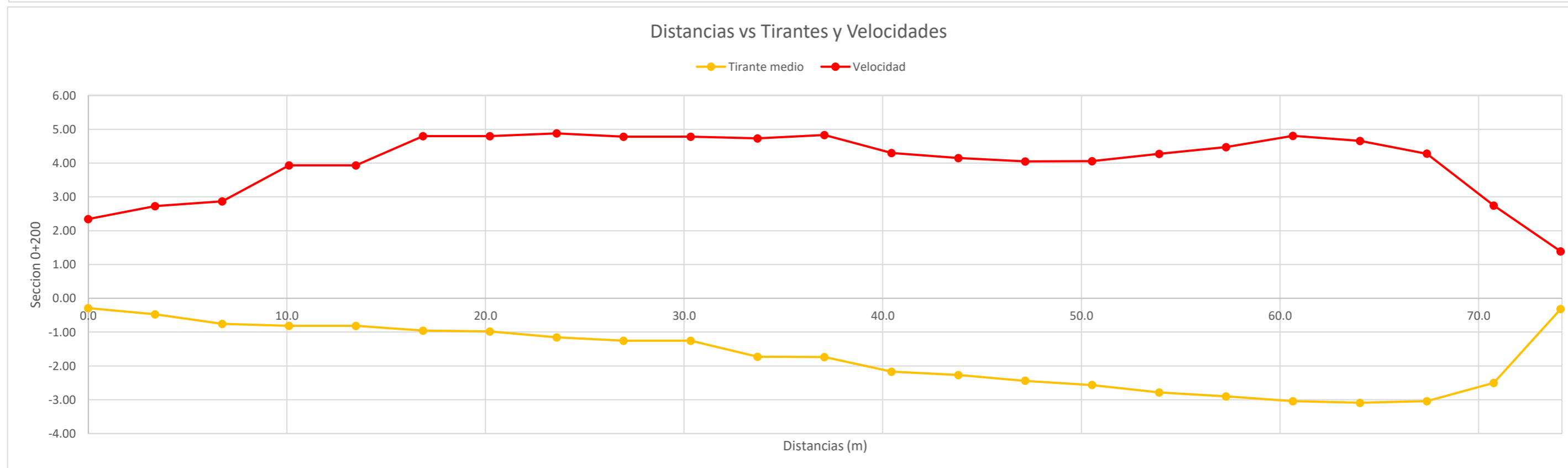
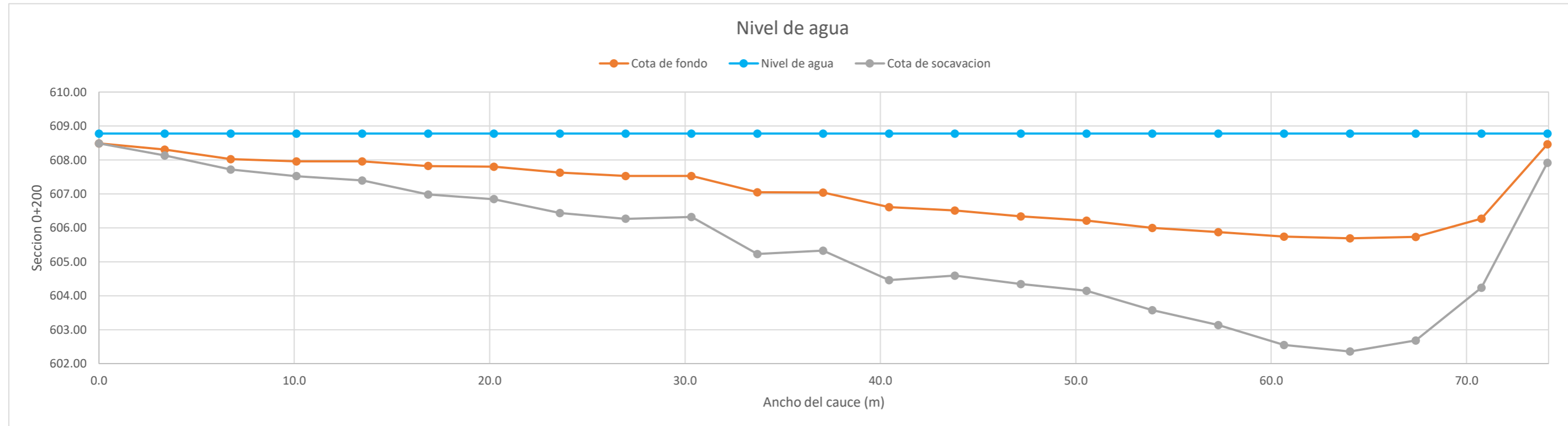
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**


Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+250
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	74.14 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.29	608.78	608.49	2.34	0.00											608.49
2	3.4	0.48	608.78	608.30	2.73	3.37	0.48	2.54	3.37	0.38	1.29	3.27	5.51	0.65	0.48	0.17	608.13
3	6.7	0.75	608.78	608.03	2.87	3.37	0.75	2.80	3.37	0.61	2.07	5.80	4.77	1.06	0.75	0.31	607.72
4	10.1	0.82	608.78	607.96	3.93	3.37	0.82	3.40	3.37	0.79	2.65	9.00	5.16	1.25	0.82	0.44	607.52
5	13.5	0.82	608.78	607.96	3.93	3.37	0.82	3.93	3.37	0.82	2.75	10.84	5.86	1.39	0.82	0.57	607.39
6	16.9	0.96	608.78	607.82	4.79	3.37	0.96	4.36	3.37	0.89	2.99	13.04	6.27	1.80	0.96	0.84	606.98
7	20.2	0.98	608.78	607.80	4.79	3.37	0.98	4.79	3.37	0.97	3.26	15.62	6.63	1.93	0.98	0.96	606.85
8	23.6	1.15	608.78	607.63	4.88	3.37	1.15	4.84	3.37	1.06	3.59	17.35	6.43	2.34	1.15	1.19	606.44
9	27.0	1.25	608.78	607.53	4.78	3.37	1.25	4.83	3.37	1.20	4.05	19.57	6.12	2.51	1.25	1.26	606.27
10	30.3	1.25	608.78	607.53	4.78	3.37	1.25	4.78	3.37	1.25	4.22	20.18	5.96	2.46	1.25	1.21	606.32
11	33.7	1.73	608.78	607.05	4.73	3.37	1.73	4.76	3.37	1.49	5.02	23.87	5.56	3.55	1.73	1.83	605.23
12	37.1	1.73	608.78	607.04	4.83	3.37	1.73	4.78	3.37	1.73	5.83	27.87	5.31	3.45	1.73	1.71	605.33
13	40.4	2.17	608.78	606.61	4.30	3.37	2.17	4.56	3.37	1.95	6.57	30.00	4.88	4.32	2.17	2.15	604.46
14	43.8	2.27	608.78	606.51	4.15	3.37	2.27	4.22	3.37	2.22	7.47	31.56	4.35	4.19	2.27	1.92	604.59
15	47.2	2.44	608.78	606.34	4.05	3.37	2.44	4.10	3.37	2.35	7.93	32.49	4.15	4.44	2.44	2.00	604.34
16	50.6	2.56	608.78	606.21	4.06	3.37	2.56	4.05	3.37	2.50	8.43	34.15	4.03	4.64	2.56	2.07	604.14
17	53.9	2.78	608.78	606.00	4.27	3.37	2.78	4.17	3.37	2.67	9.01	37.53	4.08	5.20	2.78	2.42	603.57
18	57.3	2.90	608.78	605.88	4.47	3.37	2.90	4.37	3.37	2.84	9.58	41.88	4.21	5.64	2.90	2.74	603.14
19	60.7	3.04	608.78	605.74	4.80	3.37	3.04	4.64	3.37	2.97	10.01	46.43	4.42	6.23	3.04	3.19	602.55
20	64.0	3.09	608.78	605.69	4.66	3.37	3.09	4.73	3.37	3.06	10.32	48.83	4.47	6.42	3.09	3.33	602.36
21	67.4	3.04	608.78	605.73	4.28	3.37	3.09	4.47	3.37	3.07	10.33	46.15	4.22	6.14	3.09	3.05	602.68
22	70.8	2.50	608.78	606.27	2.75	3.37	3.04	3.51	3.37	2.77	9.35	32.83	3.40	5.08	3.04	2.04	604.24
23	74.1	0.32	608.78	608.46	1.39	3.37	2.50	2.07	3.37	1.41	4.75	9.83	2.46	3.05	2.50	0.54	607.92
<b>Min</b>		<b>0.29</b>	<b>608.78</b>	<b>605.69</b>	<b>1.39</b>	<b>0.00</b>	<b>0.48</b>	<b>2.07</b>	<b>3.37</b>	<b>0.38</b>	<b>1.29</b>	<b>3.27</b>	<b>2.46</b>	<b>0.65</b>	<b>0.48</b>	<b>0.17</b>	<b>602.36</b>
<b>Max</b>		<b>3.09</b>	<b>608.78</b>	<b>608.49</b>	<b>4.88</b>	<b>3.37</b>	<b>3.09</b>	<b>4.84</b>	<b>3.37</b>	<b>3.07</b>	<b>10.33</b>	<b>48.83</b>	<b>6.63</b>	<b>6.42</b>	<b>3.09</b>	<b>3.33</b>	<b>608.49</b>
<b>Media</b>		<b>1.71</b>	<b>608.78</b>	<b>607.07</b>	<b>4.02</b>	<b>3.22</b>	<b>1.90</b>	<b>4.12</b>	<b>3.37</b>	<b>1.77</b>	<b>5.98</b>	<b>25.37</b>	<b>4.92</b>	<b>3.53</b>	<b>1.90</b>	<b>1.63</b>	<b>605.51</b>

CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL





 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM	
												Fecha:	
												Mar-21	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria:		
											Ing. Recursos Hídricos		
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0				

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

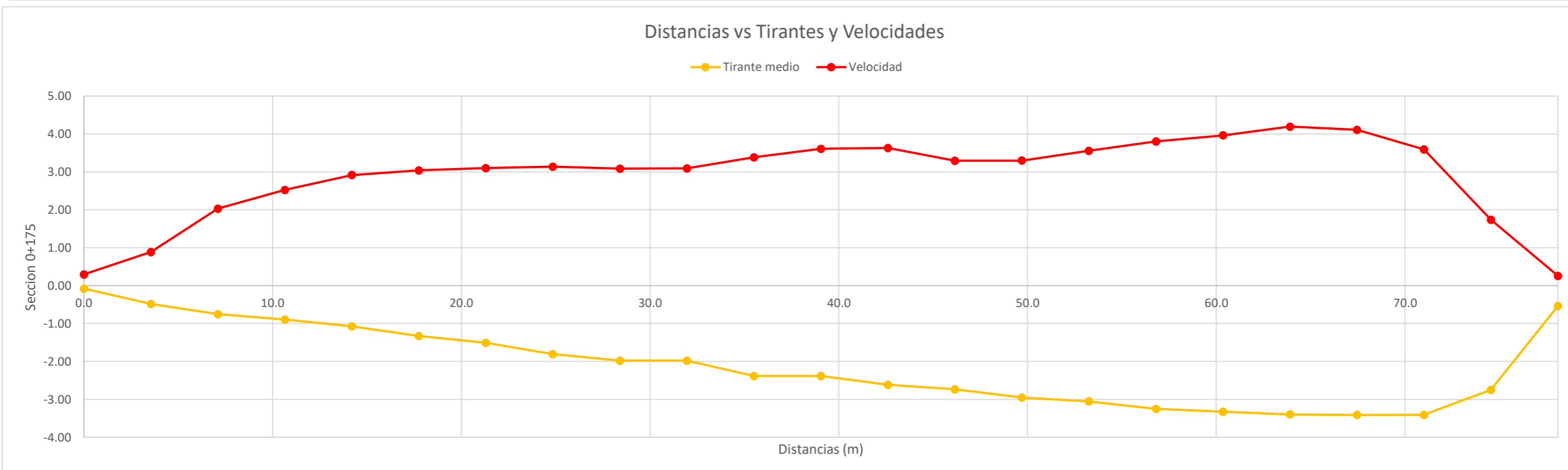
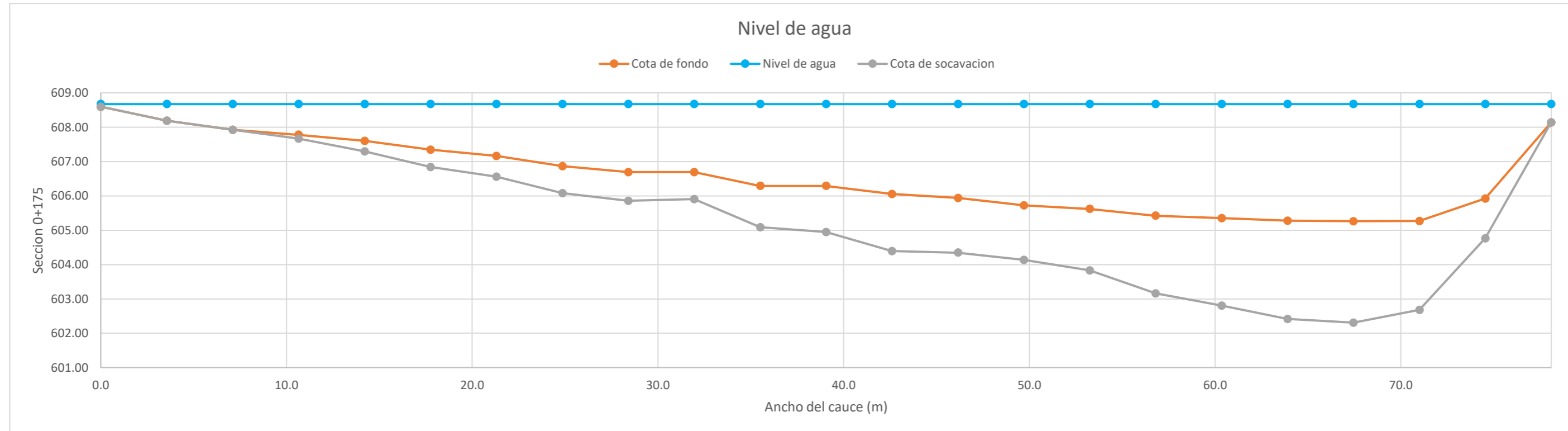
**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**


Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+225
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	78.10 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, sí no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.08	608.67	608.60	0.30	0.00											608.60
2	3.6	0.48	608.67	608.19	0.89	3.55	0.48	0.59	3.55	0.28	0.99	0.59	1.53	0.24	0.48	0.00	608.19
3	7.1	0.75	608.67	607.92	2.03	3.55	0.75	1.46	3.55	0.61	2.18	3.19	2.46	0.63	0.75	0.00	607.92
4	10.7	0.89	608.67	607.78	2.53	3.55	0.89	2.28	3.55	0.82	2.92	6.65	3.35	1.00	0.89	0.11	607.67
5	14.2	1.07	608.67	607.60	2.92	3.55	1.07	2.72	3.55	0.98	3.48	9.49	3.70	1.37	1.07	0.30	607.30
6	17.8	1.32	608.67	607.35	3.04	3.55	1.32	2.98	3.55	1.20	4.25	12.67	3.73	1.83	1.32	0.51	606.84
7	21.3	1.51	608.67	607.16	3.10	3.55	1.51	3.07	3.55	1.42	5.03	15.45	3.60	2.11	1.51	0.60	606.56
8	24.9	1.80	608.67	606.87	3.14	3.55	1.80	3.12	3.55	1.66	5.88	18.36	3.46	2.59	1.80	0.79	606.08
9	28.4	1.98	608.67	606.69	3.09	3.55	1.98	3.12	3.55	1.89	6.71	20.92	3.30	2.82	1.98	0.84	605.86
10	32.0	1.98	608.67	606.69	3.09	3.55	1.98	3.09	3.55	1.98	7.02	21.71	3.23	2.77	1.98	0.79	605.90
11	35.5	2.38	608.67	606.29	3.39	3.55	2.38	3.24	3.55	2.18	7.74	25.07	3.29	3.58	2.38	1.20	605.09
12	39.1	2.38	608.67	606.29	3.61	3.55	2.38	3.50	3.55	2.38	8.45	29.57	3.46	3.73	2.38	1.35	604.94
13	42.6	2.61	608.67	606.06	3.63	3.55	2.61	3.62	3.55	2.50	8.87	32.10	3.53	4.28	2.61	1.67	604.39
14	46.2	2.73	608.67	605.94	3.30	3.55	2.73	3.46	3.55	2.67	9.49	32.89	3.32	4.32	2.73	1.59	604.35
15	49.7	2.95	608.67	605.72	3.30	3.55	2.95	3.30	3.55	2.84	10.09	33.28	3.11	4.54	2.95	1.59	604.13
16	53.3	3.05	608.67	605.62	3.56	3.55	3.05	3.43	3.55	3.00	10.65	36.51	3.19	4.84	3.05	1.79	603.83
17	56.8	3.25	608.67	605.42	3.80	3.55	3.25	3.68	3.55	3.15	11.18	41.16	3.38	5.51	3.25	2.26	603.16
18	60.4	3.32	608.67	605.35	3.97	3.55	3.32	3.88	3.55	3.29	11.66	45.31	3.53	5.87	3.32	2.55	602.80
19	63.9	3.39	608.67	605.28	4.20	3.55	3.39	4.08	3.55	3.36	11.92	48.65	3.69	6.25	3.39	2.86	602.42
20	67.5	3.41	608.67	605.26	4.11	3.55	3.41	4.15	3.55	3.40	12.08	50.18	3.75	6.36	3.41	2.95	602.31
21	71.0	3.40	608.67	605.27	3.60	3.55	3.41	3.86	3.55	3.41	12.09	46.63	3.48	6.00	3.41	2.59	602.68
22	74.6	2.75	608.67	605.92	1.74	3.55	3.40	2.67	3.55	3.08	10.92	29.14	2.47	4.57	3.40	1.16	604.76
23	78.1	0.53	608.67	608.14	0.26	3.55	2.75	1.00	3.55	1.64	5.83	5.82	1.11	1.84	2.75	0.00	608.14
<b>Min</b>		<b>0.08</b>	<b>608.67</b>	<b>605.26</b>	<b>0.26</b>	<b>0.00</b>	<b>0.48</b>	<b>0.59</b>	<b>3.55</b>	<b>0.28</b>	<b>0.99</b>	<b>0.59</b>	<b>1.11</b>	<b>0.24</b>	<b>0.48</b>	<b>0.00</b>	<b>602.31</b>
<b>Max</b>		<b>3.41</b>	<b>608.67</b>	<b>608.60</b>	<b>4.20</b>	<b>3.55</b>	<b>3.41</b>	<b>4.15</b>	<b>3.55</b>	<b>3.41</b>	<b>12.09</b>	<b>50.18</b>	<b>3.75</b>	<b>6.36</b>	<b>3.41</b>	<b>2.95</b>	<b>608.60</b>
<b>Media</b>		<b>2.09</b>	<b>608.67</b>	<b>606.58</b>	<b>2.90</b>	<b>3.40</b>	<b>2.31</b>	<b>3.01</b>	<b>3.55</b>	<b>2.17</b>	<b>7.70</b>	<b>25.70</b>	<b>3.17</b>	<b>3.50</b>	<b>2.31</b>	<b>1.25</b>	<b>605.39</b>



**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST-GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM		
												Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos			
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0					

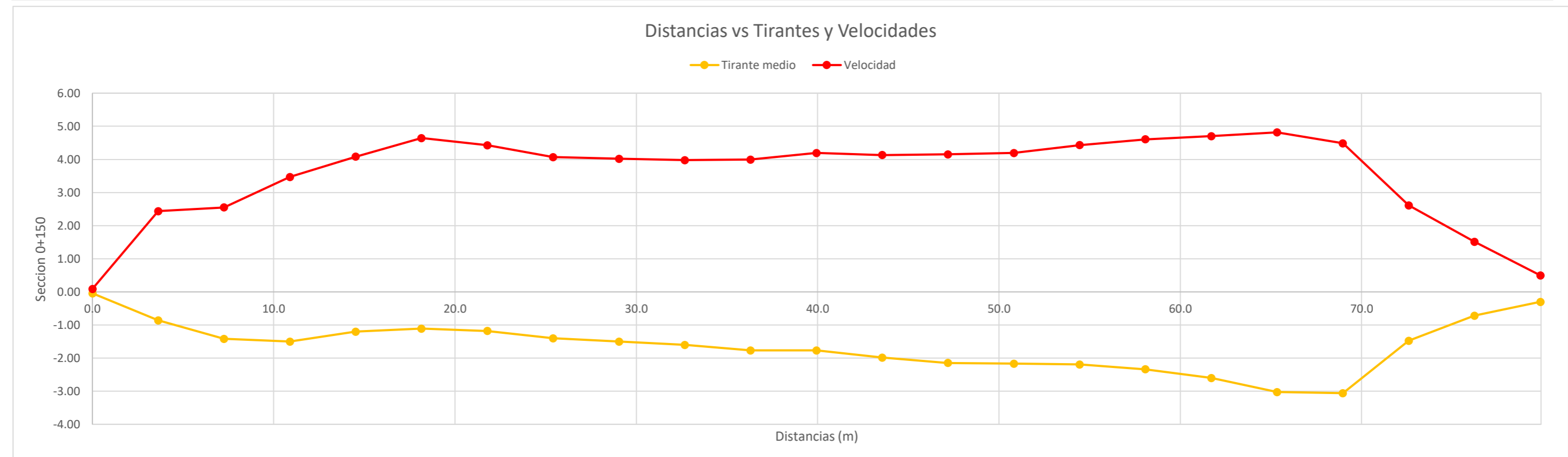
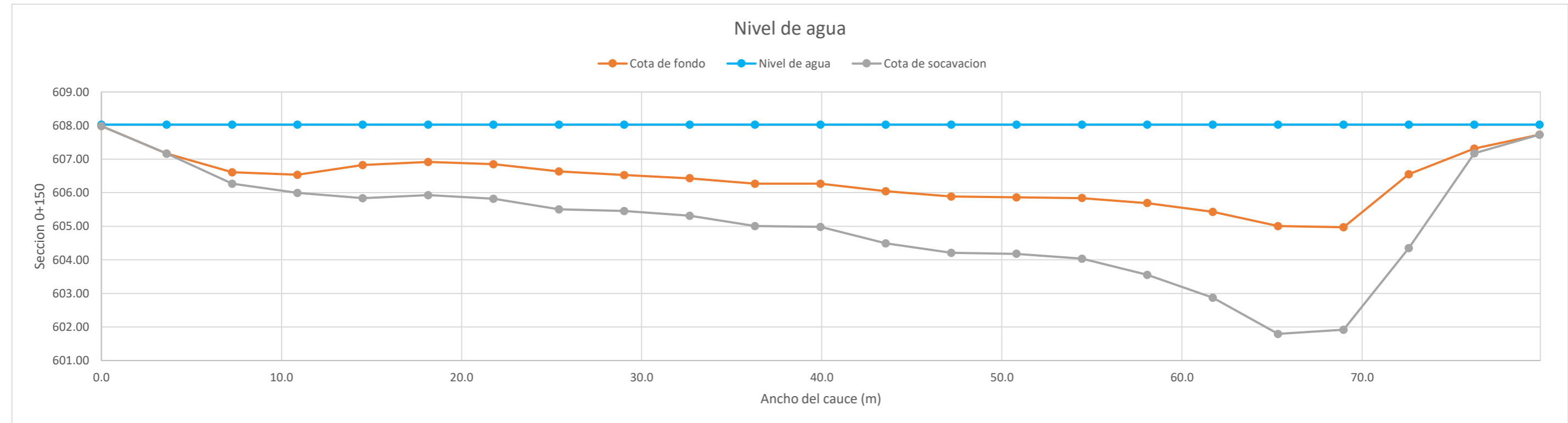
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+200
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	79.86 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.04	608.03	607.99	0.09	0.00											607.99
2	3.6	0.86	608.03	607.17	2.44	3.63	0.86	1.26	3.63	0.45	1.64	2.07	2.49	0.76	0.86	0.00	607.17
3	7.3	1.42	608.03	606.61	2.55	3.63	1.42	2.49	3.63	1.14	4.14	10.31	3.16	1.76	1.42	0.34	606.27
4	10.9	1.50	608.03	606.53	3.47	3.63	1.50	3.01	3.63	1.46	5.29	15.93	3.47	2.03	1.50	0.53	606.00
5	14.5	1.20	608.03	606.83	4.08	3.63	1.50	3.78	3.63	1.35	4.90	18.49	4.48	2.48	1.50	0.99	605.84
6	18.2	1.11	608.03	606.92	4.65	3.63	1.20	4.36	3.63	1.16	4.20	18.32	5.50	2.19	1.20	0.99	605.93
7	21.8	1.18	608.03	606.85	4.43	3.63	1.18	4.54	3.63	1.15	4.16	18.87	5.74	2.21	1.18	1.03	605.82
8	25.4	1.40	608.03	606.63	4.07	3.63	1.40	4.25	3.63	1.29	4.68	19.88	5.13	2.53	1.40	1.13	605.50
9	29.0	1.50	608.03	606.53	4.02	3.63	1.50	4.04	3.63	1.45	5.26	21.28	4.67	2.58	1.50	1.08	605.45
10	32.7	1.60	608.03	606.43	3.98	3.63	1.60	4.00	3.63	1.55	5.63	22.49	4.51	2.72	1.60	1.12	605.31
11	36.3	1.76	608.03	606.26	4.00	3.63	1.76	3.99	3.63	1.68	6.10	24.34	4.37	3.02	1.76	1.26	605.01
12	39.9	1.76	608.03	606.26	4.19	3.63	1.76	4.10	3.63	1.76	6.40	26.22	4.41	3.04	1.76	1.28	604.98
13	43.6	1.98	608.03	606.05	4.13	3.63	1.98	4.16	3.63	1.87	6.80	28.30	4.40	3.54	1.98	1.56	604.49
14	47.2	2.15	608.03	605.88	4.16	3.63	2.15	4.15	3.63	2.06	7.49	31.04	4.24	3.82	2.15	1.67	604.21
15	50.8	2.17	608.03	605.86	4.20	3.63	2.17	4.18	3.63	2.16	7.82	32.69	4.22	3.85	2.17	1.68	604.18
16	54.5	2.19	608.03	605.84	4.43	3.63	2.19	4.32	3.63	2.18	7.90	34.10	4.35	3.99	2.19	1.80	604.04
17	58.1	2.34	608.03	605.69	4.61	3.63	2.34	4.52	3.63	2.26	8.21	37.13	4.50	4.47	2.34	2.14	603.55
18	61.7	2.60	608.03	605.43	4.71	3.63	2.60	4.66	3.63	2.47	8.96	41.71	4.52	5.16	2.60	2.56	602.87
19	65.3	3.02	608.03	605.00	4.82	3.63	3.02	4.76	3.63	2.81	10.20	48.58	4.46	6.23	3.02	3.21	601.79
20	69.0	3.06	608.03	604.97	4.49	3.63	3.06	4.65	3.63	3.04	11.04	51.36	4.27	6.11	3.06	3.06	601.91
21	72.6	1.48	608.03	606.55	2.61	3.63	3.06	3.55	3.63	2.27	8.23	29.22	3.53	5.26	3.06	2.20	604.35
22	76.2	0.71	608.03	607.31	1.51	3.63	1.48	2.06	3.63	1.10	3.98	8.21	2.66	1.62	1.48	0.14	607.17
23	79.9	0.30	608.03	607.73	0.50	3.63	0.71	1.01	3.63	0.51	1.84	1.85	1.87	0.47	0.71	0.00	607.73
<b>Min</b>		<b>0.04</b>	<b>608.03</b>	<b>604.97</b>	<b>0.09</b>	<b>0.00</b>	<b>0.71</b>	<b>1.01</b>	<b>3.63</b>	<b>0.45</b>	<b>1.64</b>	<b>1.85</b>	<b>1.87</b>	<b>0.47</b>	<b>0.71</b>	<b>0.00</b>	<b>601.79</b>
<b>Max</b>		<b>3.06</b>	<b>608.03</b>	<b>607.99</b>	<b>4.82</b>	<b>3.63</b>	<b>3.06</b>	<b>4.76</b>	<b>3.63</b>	<b>3.04</b>	<b>11.04</b>	<b>51.36</b>	<b>5.74</b>	<b>6.23</b>	<b>3.06</b>	<b>3.21</b>	<b>607.99</b>
<b>Media</b>		<b>1.62</b>	<b>608.03</b>	<b>606.41</b>	<b>3.57</b>	<b>3.47</b>	<b>1.84</b>	<b>3.72</b>	<b>3.63</b>	<b>1.69</b>	<b>6.13</b>	<b>24.65</b>	<b>4.13</b>	<b>3.17</b>	<b>1.84</b>	<b>1.35</b>	<b>605.11</b>

CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL



	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM	
												Fecha: Mar-21	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos		
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0				

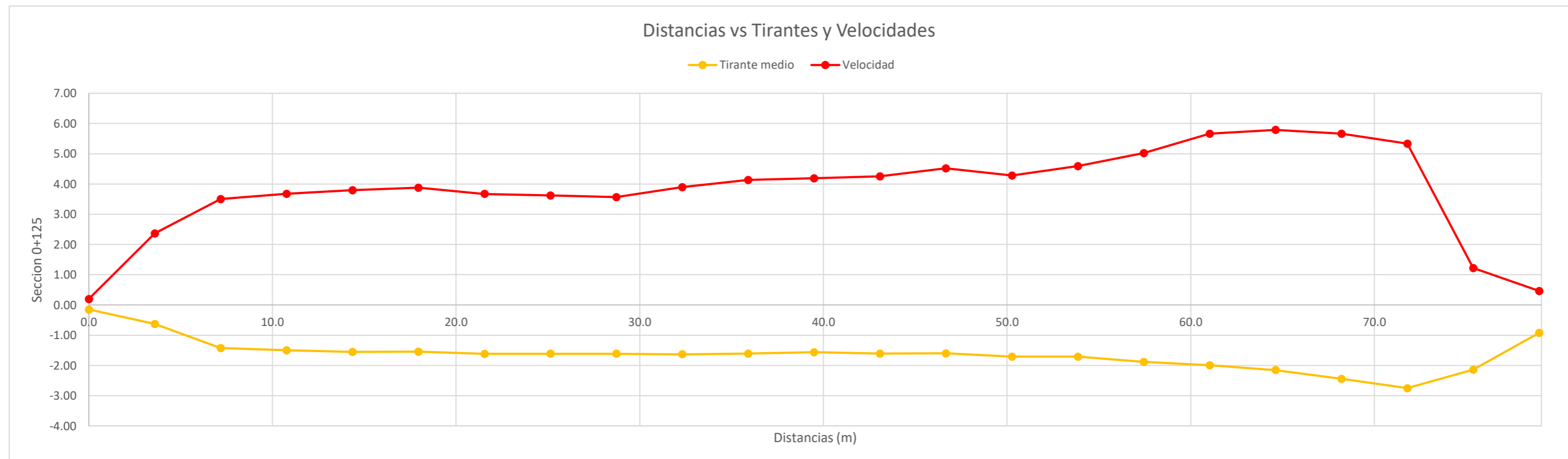
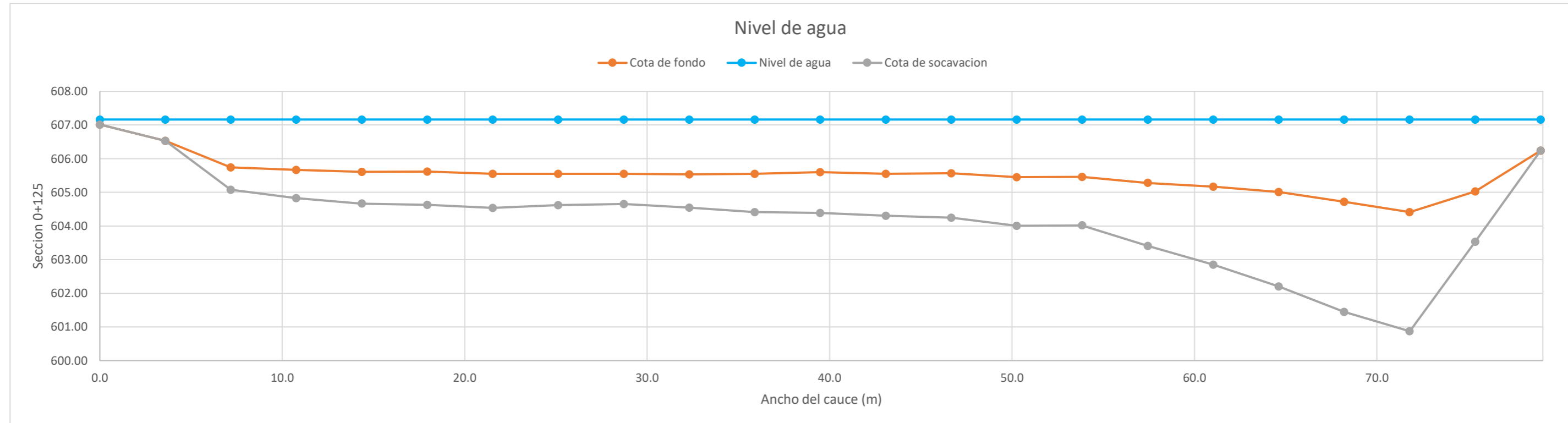
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+175
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	78.98 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.15	607.16	607.01	0.20	0.00											607.01
2	3.6	0.63	607.16	606.53	2.37	3.59	0.63	1.28	3.59	0.39	1.40	1.80	2.74	0.54	0.63	0.00	606.53
3	7.2	1.42	607.16	605.74	3.50	3.59	1.42	2.94	3.59	1.03	3.69	10.83	3.90	2.08	1.42	0.66	605.08
4	10.8	1.50	607.16	605.67	3.68	3.59	1.50	3.59	3.59	1.46	5.24	18.81	4.15	2.34	1.50	0.84	604.83
5	14.4	1.55	607.16	605.61	3.79	3.59	1.55	3.73	3.59	1.52	5.47	20.43	4.25	2.50	1.55	0.95	604.67
6	18.0	1.55	607.16	605.61	3.88	3.59	1.55	3.83	3.59	1.55	5.57	21.35	4.34	2.54	1.55	0.99	604.63
7	21.5	1.62	607.16	605.55	3.67	3.59	1.62	3.77	3.59	1.58	5.68	21.45	4.24	2.63	1.62	1.01	604.53
8	25.1	1.61	607.16	605.55	3.62	3.59	1.62	3.65	3.59	1.62	5.80	21.14	4.06	2.54	1.62	0.93	604.62
9	28.7	1.61	607.16	605.55	3.56	3.59	1.61	3.59	3.59	1.61	5.79	20.81	4.00	2.51	1.61	0.90	604.65
10	32.3	1.63	607.16	605.53	3.90	3.59	1.63	3.73	3.59	1.62	5.83	21.73	4.15	2.62	1.63	0.99	604.54
11	35.9	1.61	607.16	605.55	4.13	3.59	1.63	4.01	3.59	1.62	5.82	23.35	4.47	2.78	1.63	1.14	604.41
12	39.5	1.57	607.16	605.60	4.19	3.59	1.61	4.16	3.59	1.59	5.70	23.72	4.67	2.82	1.61	1.21	604.39
13	43.1	1.61	607.16	605.55	4.25	3.59	1.61	4.22	3.59	1.59	5.70	24.07	4.73	2.86	1.61	1.25	604.31
14	46.7	1.60	607.16	605.57	4.52	3.59	1.61	4.39	3.59	1.60	5.76	25.25	4.90	2.94	1.61	1.32	604.24
15	50.3	1.71	607.16	605.45	4.28	3.59	1.71	4.40	3.59	1.65	5.93	26.11	4.86	3.16	1.71	1.45	604.01
16	53.9	1.71	607.16	605.46	4.59	3.59	1.71	4.44	3.59	1.71	6.13	27.21	4.85	3.15	1.71	1.44	604.02
17	57.4	1.88	607.16	605.28	5.02	3.59	1.88	4.81	3.59	1.80	6.45	30.98	5.17	3.76	1.88	1.87	603.41
18	61.0	1.99	607.16	605.17	5.66	3.59	1.99	5.34	3.59	1.94	6.96	37.16	5.60	4.31	1.99	2.32	602.85
19	64.6	2.15	607.16	605.01	5.79	3.59	2.15	5.72	3.59	2.07	7.44	42.61	5.87	4.96	2.15	2.81	602.20
20	68.2	2.44	607.16	604.72	5.66	3.59	2.44	5.73	3.59	2.30	8.25	47.25	5.70	5.71	2.44	3.27	601.45
21	71.8	2.75	607.16	604.41	5.33	3.59	2.75	5.50	3.59	2.60	9.32	51.26	5.28	6.29	2.75	3.54	600.87
22	75.4	2.14	607.16	605.03	1.22	3.59	2.75	3.28	3.59	2.44	8.78	28.76	3.20	4.24	2.75	1.49	603.54
23	79.0	0.93	607.16	606.24	0.46	3.59	2.14	0.84	3.59	1.53	5.50	4.64	0.96	1.18	2.14	0.00	606.24
<b>Min</b>		<b>0.15</b>	<b>607.16</b>	<b>604.41</b>	<b>0.20</b>	<b>0.00</b>	<b>0.63</b>	<b>0.84</b>	<b>3.59</b>	<b>0.39</b>	<b>1.40</b>	<b>1.80</b>	<b>0.96</b>	<b>0.54</b>	<b>0.63</b>	<b>0.00</b>	<b>600.87</b>
<b>Max</b>		<b>2.75</b>	<b>607.16</b>	<b>607.01</b>	<b>5.79</b>	<b>3.59</b>	<b>2.75</b>	<b>5.73</b>	<b>3.59</b>	<b>2.60</b>	<b>9.32</b>	<b>51.26</b>	<b>5.87</b>	<b>6.29</b>	<b>2.75</b>	<b>3.54</b>	<b>607.01</b>
<b>Media</b>		<b>1.62</b>	<b>607.16</b>	<b>605.54</b>	<b>3.80</b>	<b>3.43</b>	<b>1.78</b>	<b>3.95</b>	<b>3.59</b>	<b>1.67</b>	<b>6.01</b>	<b>25.03</b>	<b>4.37</b>	<b>3.11</b>	<b>1.78</b>	<b>1.38</b>	<b>604.22</b>

CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL



	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM	
												Fecha: Mar-21	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos		
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0				

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

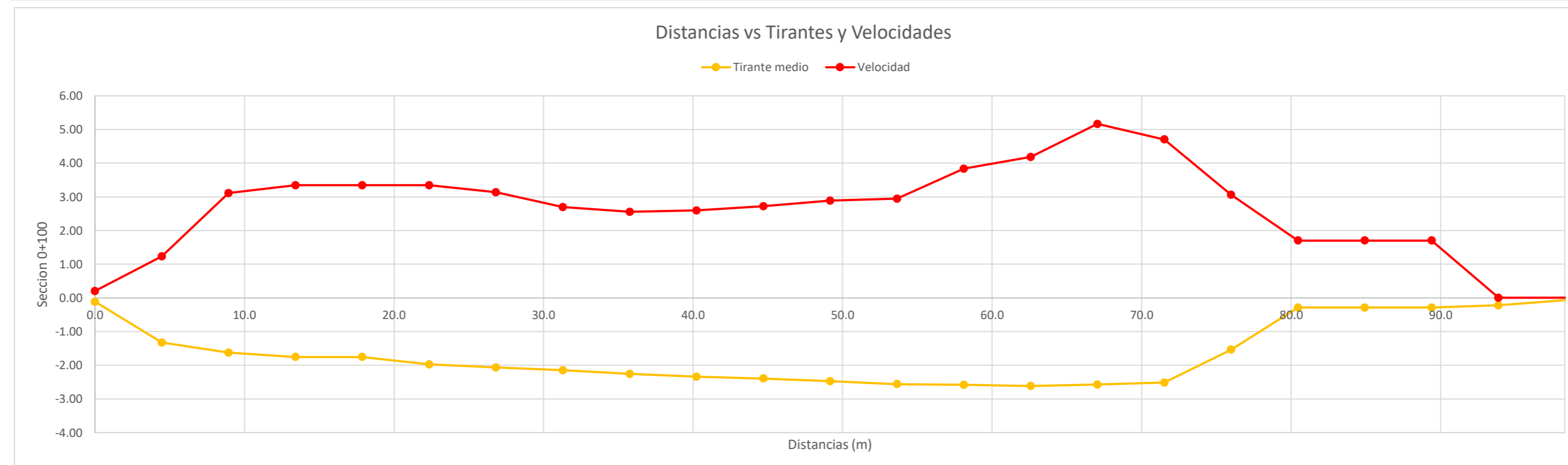
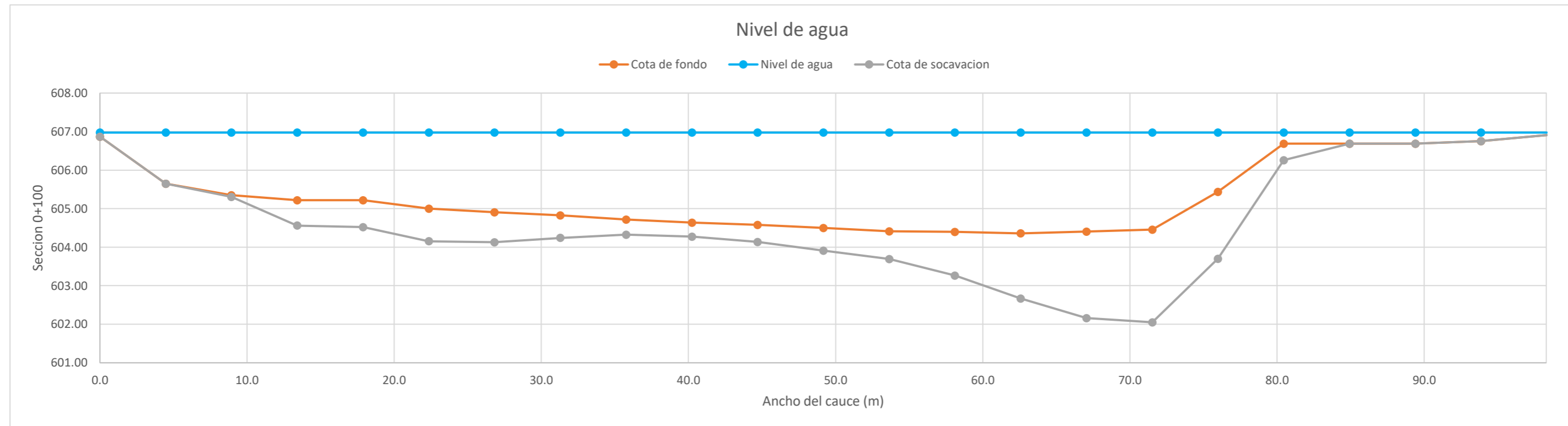
**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**


Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+150
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	98.34 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.11	606.97	606.87	0.21	0.00											606.87
2	4.5	1.33	606.97	605.65	1.23	4.47	1.33	0.72	4.47	0.72	3.20	2.31	1.08	0.69	1.33	0.00	605.65
3	8.9	1.63	606.97	605.35	3.12	4.47	1.63	2.18	4.47	1.48	6.60	14.35	2.35	1.67	1.63	0.04	605.31
4	13.4	1.75	606.97	605.22	3.35	4.47	1.75	3.23	4.47	1.69	7.55	24.42	3.32	2.41	1.75	0.66	604.56
5	17.9	1.75	606.97	605.22	3.35	4.47	1.75	3.35	4.47	1.75	7.84	26.25	3.39	2.45	1.75	0.70	604.52
6	22.4	1.98	606.97	605.00	3.35	4.47	1.98	3.35	4.47	1.86	8.33	27.91	3.31	2.82	1.98	0.84	604.15
7	26.8	2.06	606.97	604.91	3.14	4.47	2.06	3.24	4.47	2.02	9.03	29.29	3.12	2.85	2.06	0.78	604.13
8	31.3	2.15	606.97	604.82	2.70	4.47	2.15	2.92	4.47	2.11	9.42	27.49	2.76	2.73	2.15	0.58	604.24
9	35.8	2.26	606.97	604.72	2.55	4.47	2.26	2.63	4.47	2.20	9.85	25.87	2.45	2.65	2.26	0.39	604.33
10	40.2	2.34	606.97	604.64	2.60	4.47	2.34	2.58	4.47	2.30	10.26	26.44	2.37	2.70	2.34	0.36	604.28
11	44.7	2.39	606.97	604.58	2.72	4.47	2.39	2.66	4.47	2.36	10.57	28.10	2.42	2.83	2.39	0.44	604.14
12	49.2	2.47	606.97	604.50	2.89	4.47	2.47	2.80	4.47	2.43	10.87	30.48	2.53	3.06	2.47	0.59	603.91
13	53.6	2.56	606.97	604.42	2.95	4.47	2.56	2.92	4.47	2.51	11.24	32.79	2.61	3.28	2.56	0.72	603.70
14	58.1	2.58	606.97	604.40	3.84	4.47	2.58	3.39	4.47	2.57	11.48	38.95	3.01	3.71	2.58	1.13	603.26
15	62.6	2.62	606.97	604.36	4.18	4.47	2.62	4.01	4.47	2.60	11.61	46.57	3.55	4.30	2.62	1.69	602.67
16	67.1	2.57	606.97	604.41	5.17	4.47	2.62	4.68	4.47	2.59	11.59	54.19	4.14	4.86	2.62	2.24	602.16
17	71.5	2.52	606.97	604.46	4.71	4.47	2.57	4.94	4.47	2.54	11.36	56.11	4.40	4.98	2.57	2.41	602.05
18	76.0	1.54	606.97	605.44	3.06	4.47	2.52	3.89	4.47	2.03	9.06	35.19	3.73	4.25	2.52	1.74	603.70
19	80.5	0.28	606.97	606.69	1.70	4.47	1.54	2.38	4.47	0.91	4.07	9.71	3.19	1.97	1.54	0.43	606.26
20	84.9	0.28	606.97	606.69	1.70	4.47	0.28	1.70	4.47	0.28	1.27	2.17	4.26	0.27	0.28	0.00	606.69
21	89.4	0.28	606.97	606.69	1.70	4.47	0.28	1.70	4.47	0.28	1.27	2.17	4.26	0.27	0.28	0.00	606.69
22	93.9	0.22	606.97	606.75	0.00	4.47	0.28	0.85	4.47	0.25	1.13	0.96	2.30	0.17	0.28	0.00	606.75
23	98.3	0.07	606.97	606.91	0.01	4.47	0.22	0.01	4.47	0.14	0.64	0.00	0.02	0.00	0.22	0.00	606.91
<b>Min</b>		<b>0.07</b>	<b>606.97</b>	<b>604.36</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.22</b>	<b>0.01</b>	<b>4.47</b>	<b>0.14</b>	<b>0.64</b>	<b>0.00</b>	<b>0.02</b>	<b>0.00</b>	<b>0.22</b>	<b>0.00</b>	<b>602.05</b>
<b>Max</b>		<b>2.62</b>	<b>606.97</b>	<b>606.91</b>	<b>5.17</b>	<b>4.47</b>	<b>2.62</b>	<b>4.94</b>	<b>4.47</b>	<b>2.60</b>	<b>11.61</b>	<b>56.11</b>	<b>4.40</b>	<b>4.98</b>	<b>2.62</b>	<b>2.41</b>	<b>606.91</b>
<b>Media</b>		<b>1.64</b>	<b>606.97</b>	<b>605.33</b>	<b>2.62</b>	<b>4.28</b>	<b>1.83</b>	<b>2.73</b>	<b>4.47</b>	<b>1.71</b>	<b>7.65</b>	<b>24.62</b>	<b>2.94</b>	<b>2.50</b>	<b>1.83</b>	<b>0.72</b>	<b>604.65</b>



CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL



	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM	
												Fecha: Mar-21	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos		
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0				

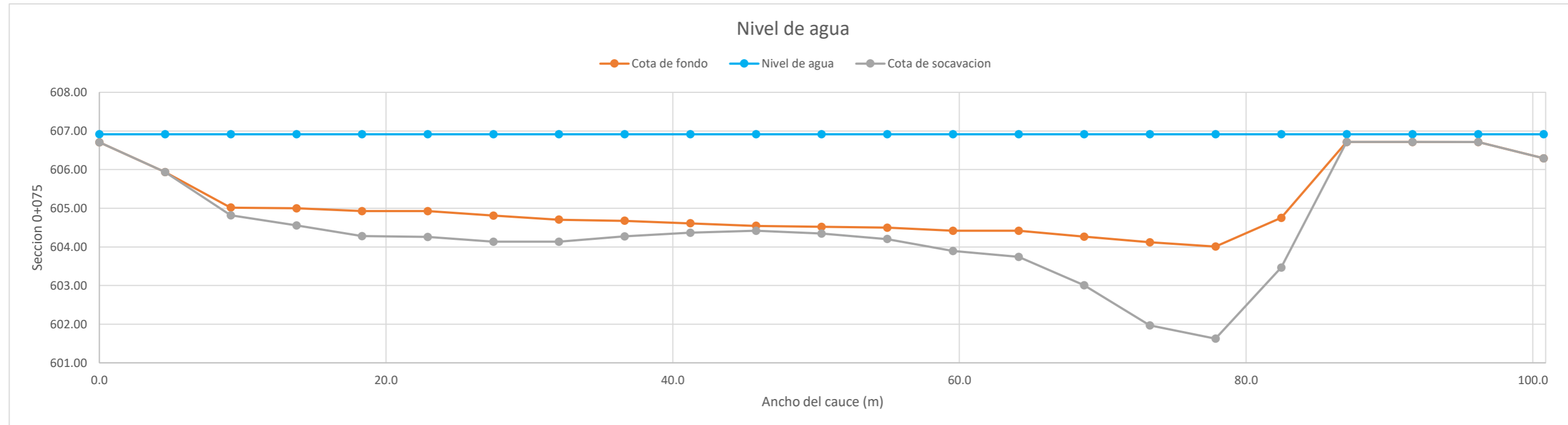
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+125
Coefficiente que depende del Tr:	β	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	1/(1+X)	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	100.76 m
Coefficiente de contracción:	μ	1.00 ( μ = 1, si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	α (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.20	606.91	606.71	0.85	0.00											606.71
2	4.6	0.98	606.91	605.94	1.87	4.58	0.98	1.36	4.58	0.59	2.71	3.68	2.25	0.82	0.98	0.00	605.94
3	9.2	1.90	606.91	605.02	2.62	4.58	1.90	2.24	4.58	1.44	6.58	14.77	2.44	2.10	1.90	0.20	604.82
4	13.7	1.92	606.91	605.00	3.07	4.58	1.92	2.85	4.58	1.91	8.73	24.85	2.77	2.35	1.92	0.44	604.56
5	18.3	1.98	606.91	604.93	3.17	4.58	1.98	3.12	4.58	1.95	8.93	27.91	3.02	2.63	1.98	0.65	604.28
6	22.9	1.98	606.91	604.93	3.17	4.58	1.98	3.17	4.58	1.98	9.09	28.85	3.05	2.65	1.98	0.67	604.26
7	27.5	2.10	606.91	604.81	3.01	4.58	2.10	3.09	4.58	2.04	9.36	28.94	2.94	2.78	2.10	0.68	604.13
8	32.1	2.21	606.91	604.70	2.79	4.58	2.21	2.90	4.58	2.16	9.87	28.63	2.70	2.78	2.21	0.57	604.13
9	36.6	2.24	606.91	604.68	2.57	4.58	2.24	2.68	4.58	2.22	10.18	27.31	2.47	2.64	2.24	0.40	604.28
10	41.2	2.30	606.91	604.61	2.34	4.58	2.30	2.46	4.58	2.27	10.40	25.56	2.25	2.54	2.30	0.24	604.37
11	45.8	2.37	606.91	604.54	2.28	4.58	2.37	2.31	4.58	2.34	10.70	24.71	2.10	2.50	2.37	0.13	604.42
12	50.4	2.39	606.91	604.52	2.46	4.58	2.39	2.37	4.58	2.38	10.91	25.85	2.14	2.57	2.39	0.18	604.35
13	55.0	2.41	606.91	604.50	2.55	4.58	2.41	2.51	4.58	2.40	11.01	27.62	2.26	2.71	2.41	0.30	604.20
14	59.5	2.50	606.91	604.42	2.93	4.58	2.50	2.74	4.58	2.46	11.24	30.85	2.45	3.02	2.50	0.53	603.89
15	64.1	2.50	606.91	604.42	2.93	4.58	2.50	2.93	4.58	2.50	11.43	33.54	2.61	3.17	2.50	0.68	603.74
16	68.7	2.65	606.91	604.26	4.03	4.58	2.65	3.48	4.58	2.57	11.79	41.07	3.07	3.90	2.65	1.25	603.01
17	73.3	2.79	606.91	604.12	4.74	4.58	2.79	4.39	4.58	2.72	12.47	54.70	3.79	4.94	2.79	2.15	601.97
18	77.9	2.91	606.91	604.01	4.33	4.58	2.91	4.54	4.58	2.85	13.05	59.20	3.87	5.29	2.91	2.38	601.63
19	82.4	2.16	606.91	604.75	2.19	4.58	2.91	3.26	4.58	2.53	11.60	37.83	2.88	4.20	2.91	1.29	603.47
20	87.0	0.20	606.91	606.72	0.30	4.58	2.16	1.25	4.58	1.18	5.40	6.73	1.47	1.67	2.16	0.00	606.72
21	91.6	0.20	606.91	606.72	0.30	4.58	0.20	0.30	4.58	0.20	0.91	0.27	0.94	0.05	0.20	0.00	606.72
22	96.2	0.20	606.91	606.71	0.30	4.58	0.20	0.30	4.58	0.20	0.91	0.28	0.94	0.05	0.20	0.00	606.71
23	100.8	0.62	606.91	606.29	0.02	4.58	0.62	0.16	4.58	0.41	1.89	0.30	0.33	0.10	0.62	0.00	606.29
<b>Min</b>		<b>0.20</b>	<b>606.91</b>	<b>604.01</b>	<b>0.02</b>	<b>0.00</b>	<b>0.20</b>	<b>0.16</b>	<b>4.58</b>	<b>0.20</b>	<b>0.91</b>	<b>0.27</b>	<b>0.33</b>	<b>0.05</b>	<b>0.20</b>	<b>0.00</b>	<b>601.63</b>
<b>Max</b>		<b>2.91</b>	<b>606.91</b>	<b>606.72</b>	<b>4.74</b>	<b>4.58</b>	<b>2.91</b>	<b>4.54</b>	<b>4.58</b>	<b>2.85</b>	<b>13.05</b>	<b>59.20</b>	<b>3.87</b>	<b>5.29</b>	<b>2.91</b>	<b>2.38</b>	<b>606.72</b>
<b>Media</b>		<b>1.81</b>	<b>606.91</b>	<b>605.10</b>	<b>2.39</b>	<b>4.38</b>	<b>2.01</b>	<b>2.47</b>	<b>4.58</b>	<b>1.88</b>	<b>8.60</b>	<b>25.16</b>	<b>2.40</b>	<b>2.52</b>	<b>2.01</b>	<b>0.58</b>	<b>604.55</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM	
												Fecha: Mar-21	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos		
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0				

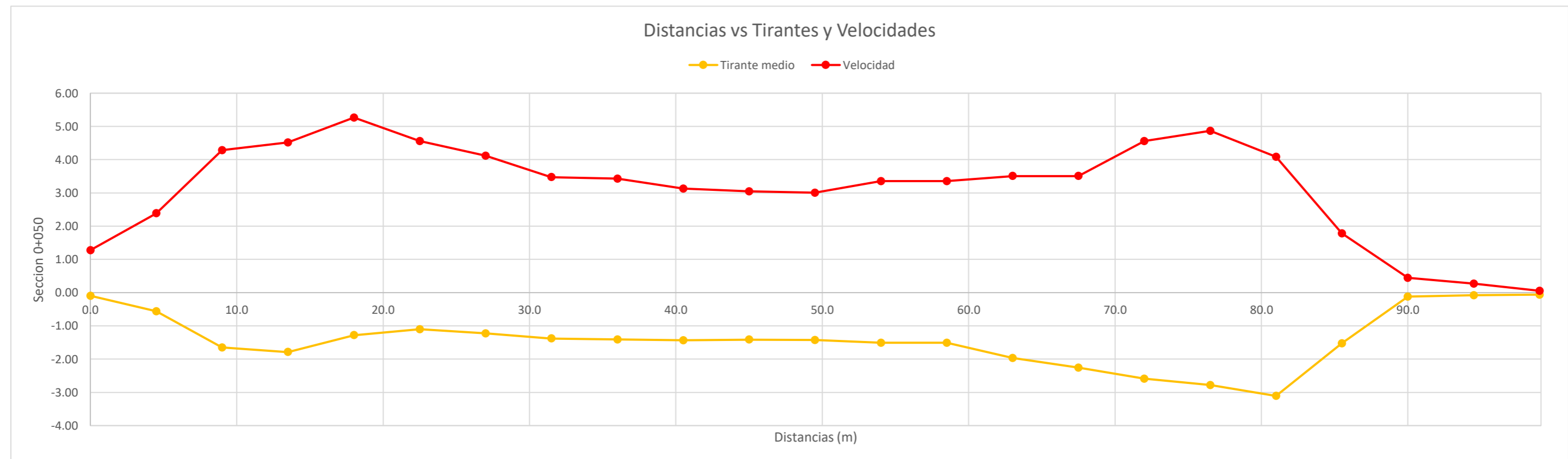
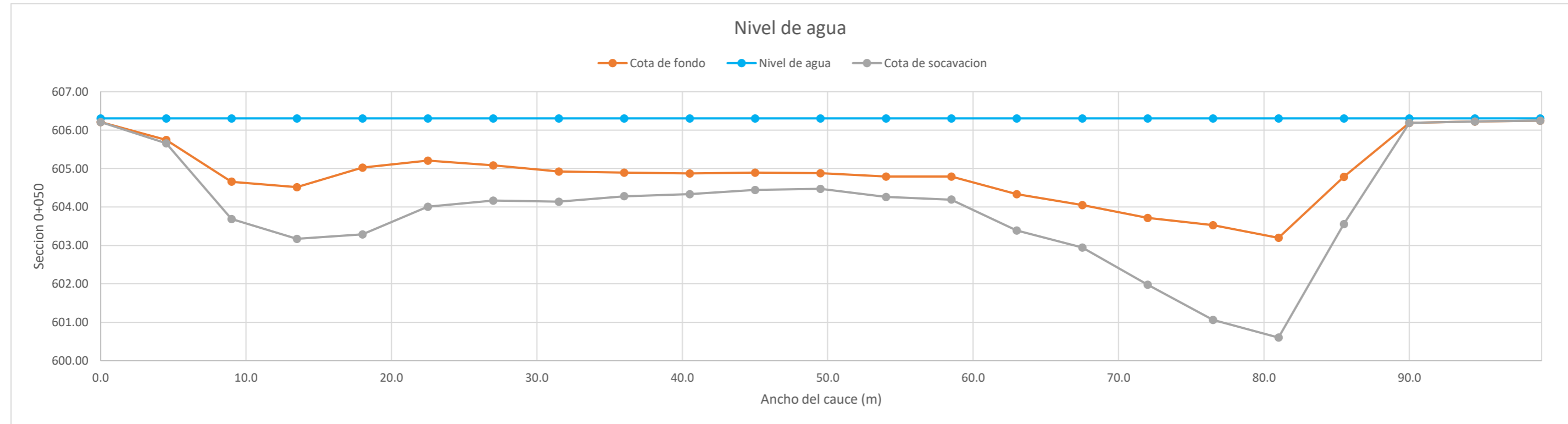
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+100
Coefficiente que depende del Tr:	$\beta$	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	$1/(1+X)$	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	99.00 m
Coefficiente de contracción:	$\mu$	1.00 ( $\mu = 1$ , si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	$\alpha$ (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.10	606.30	606.21	1.28	0.00											606.21
2	4.5	0.56	606.30	605.75	2.39	4.50	0.56	1.83	4.50	0.33	1.47	2.70	4.22	0.65	0.56	0.09	605.66
3	9.0	1.65	606.30	604.66	4.29	4.50	1.65	3.34	4.50	1.10	4.96	16.55	4.08	2.61	1.65	0.97	603.69
4	13.5	1.79	606.30	604.52	4.52	4.50	1.79	4.40	4.50	1.72	7.72	34.00	4.48	3.13	1.79	1.35	603.17
5	18.0	1.28	606.30	605.02	5.27	4.50	1.79	4.89	4.50	1.53	6.90	33.74	5.20	3.53	1.79	1.74	603.29
6	22.5	1.10	606.30	605.20	4.56	4.50	1.28	4.91	4.50	1.19	5.35	26.30	5.81	2.48	1.28	1.20	604.00
7	27.0	1.22	606.30	605.08	4.12	4.50	1.22	4.34	4.50	1.16	5.23	22.67	5.18	2.13	1.22	0.91	604.17
8	31.5	1.38	606.30	604.93	3.48	4.50	1.38	3.80	4.50	1.30	5.85	22.22	4.32	2.17	1.38	0.79	604.14
9	36.0	1.41	606.30	604.89	3.43	4.50	1.41	3.45	4.50	1.39	6.28	21.67	3.81	2.02	1.41	0.61	604.28
10	40.5	1.43	606.30	604.87	3.13	4.50	1.43	3.28	4.50	1.42	6.39	20.96	3.60	1.97	1.43	0.54	604.34
11	45.0	1.41	606.30	604.89	3.05	4.50	1.43	3.09	4.50	1.42	6.40	19.76	3.39	1.88	1.43	0.45	604.44
12	49.5	1.42	606.30	604.88	3.00	4.50	1.42	3.03	4.50	1.42	6.38	19.30	3.32	1.83	1.42	0.41	604.47
13	54.0	1.51	606.30	604.79	3.36	4.50	1.51	3.18	4.50	1.47	6.60	20.99	3.44	2.04	1.51	0.53	604.26
14	58.5	1.51	606.30	604.79	3.36	4.50	1.51	3.36	4.50	1.51	6.80	22.82	3.59	2.11	1.51	0.60	604.19
15	63.0	1.97	606.30	604.34	3.51	4.50	1.97	3.43	4.50	1.74	7.82	26.86	3.48	2.91	1.97	0.95	603.39
16	67.5	2.25	606.30	604.05	3.51	4.50	2.25	3.51	4.50	2.11	9.50	33.33	3.31	3.36	2.25	1.10	602.95
17	72.0	2.59	606.30	603.72	4.56	4.50	2.59	4.03	4.50	2.42	10.89	43.94	3.64	4.33	2.59	1.74	601.98
18	76.5	2.78	606.30	603.52	4.87	4.50	2.78	4.71	4.50	2.68	12.08	56.91	4.12	5.24	2.78	2.46	601.06
19	81.0	3.11	606.30	603.20	4.08	4.50	3.11	4.48	4.50	2.94	13.24	59.29	3.81	5.70	3.11	2.59	600.60
20	85.5	1.52	606.30	604.78	1.78	4.50	3.11	2.93	4.50	2.31	10.42	30.54	2.69	4.33	3.11	1.22	603.56
21	90.0	0.12	606.30	606.19	0.45	4.50	1.52	1.11	4.50	0.82	3.69	4.11	1.56	1.11	1.52	0.00	606.19
22	94.5	0.08	606.30	606.22	0.27	4.50	0.12	0.36	4.50	0.10	0.44	0.16	1.73	0.04	0.12	0.00	606.22
23	99.0	0.06	606.30	606.24	0.06	4.50	0.08	0.16	4.50	0.07	0.31	0.05	0.98	0.02	0.08	0.00	606.24
<b>Min</b>		<b>0.06</b>	<b>606.30</b>	<b>603.20</b>	<b>0.06</b>	<b>0.00</b>	<b>0.08</b>	<b>0.16</b>	<b>4.50</b>	<b>0.07</b>	<b>0.31</b>	<b>0.05</b>	<b>0.98</b>	<b>0.02</b>	<b>0.08</b>	<b>0.00</b>	<b>600.60</b>
<b>Max</b>		<b>3.11</b>	<b>606.30</b>	<b>606.24</b>	<b>5.27</b>	<b>4.50</b>	<b>3.11</b>	<b>4.91</b>	<b>4.50</b>	<b>2.94</b>	<b>13.24</b>	<b>59.29</b>	<b>5.81</b>	<b>5.70</b>	<b>3.11</b>	<b>2.59</b>	<b>606.24</b>
<b>Media</b>		<b>1.40</b>	<b>606.30</b>	<b>604.90</b>	<b>3.14</b>	<b>4.30</b>	<b>1.63</b>	<b>3.26</b>	<b>4.50</b>	<b>1.46</b>	<b>6.58</b>	<b>24.49</b>	<b>3.63</b>	<b>2.53</b>	<b>1.63</b>	<b>0.92</b>	<b>604.02</b>

CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL



	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM	
												Fecha: Mar-21	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos		
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0				

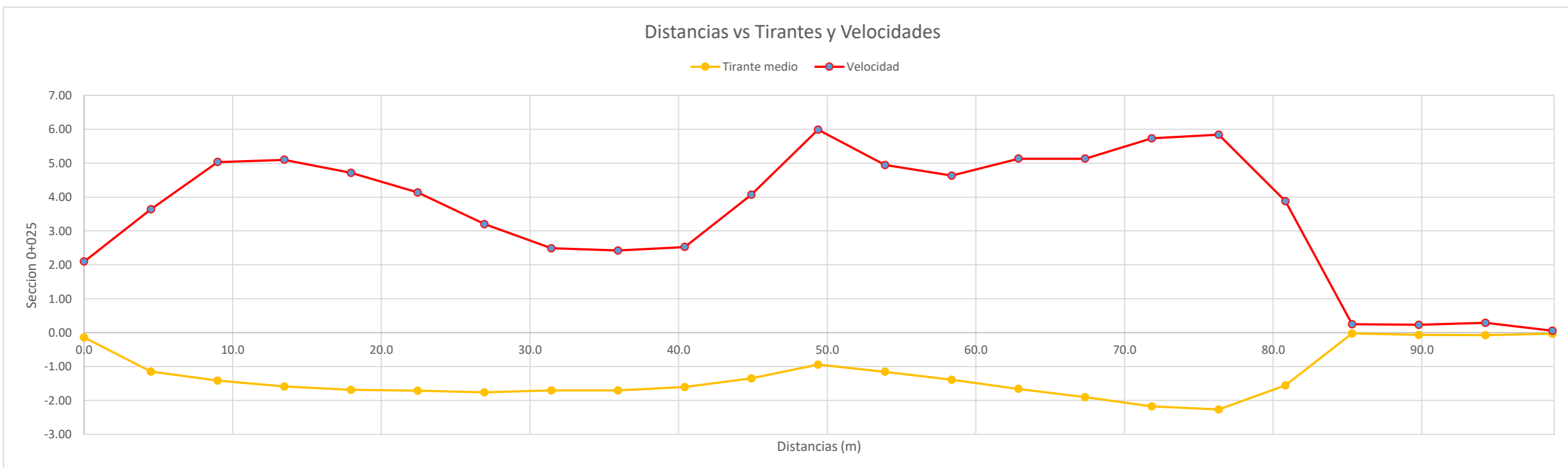
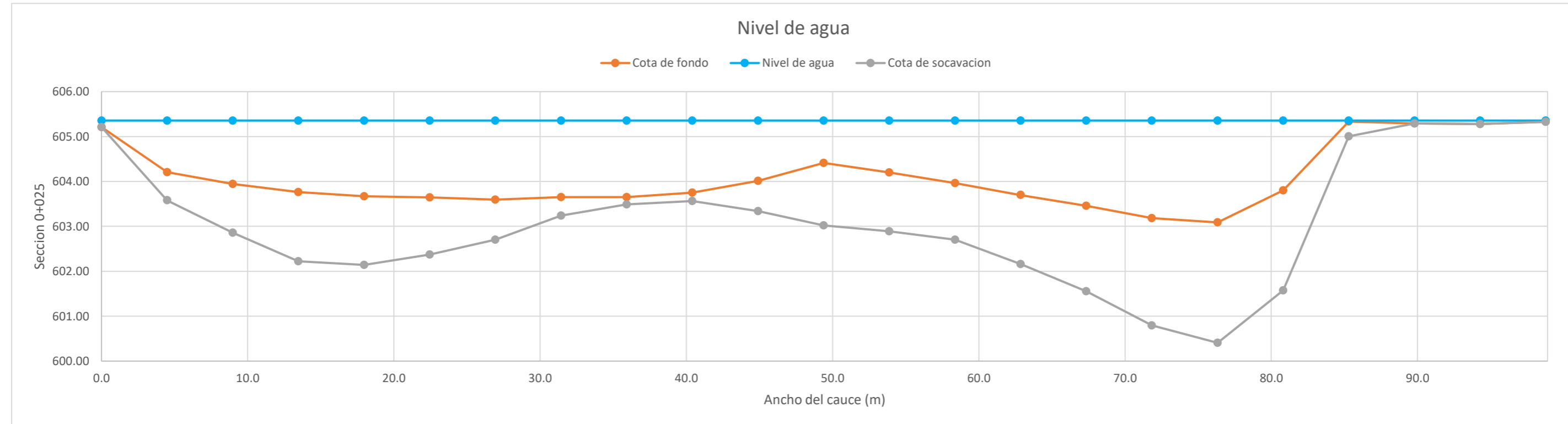
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**


Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+075
Coefficiente que depende del Tr:	$\beta$	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	$1/(1+X)$	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	98.78 m
Coefficiente de contracción:	$\mu$	1.00 ( $\mu = 1$ , si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	$\alpha$ (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.14	605.36	605.21	2.10	0.00											605.21
2	4.5	1.15	605.36	604.20	3.64	4.49	1.15	2.87	4.49	0.65	2.91	8.34	4.54	1.78	1.15	0.63	603.58
3	9.0	1.41	605.36	603.94	5.03	4.49	1.41	4.34	4.49	1.28	5.75	24.95	4.97	2.50	1.41	1.08	602.86
4	13.5	1.59	605.36	603.77	5.10	4.49	1.59	5.07	4.49	1.50	6.74	34.16	5.44	3.13	1.59	1.54	602.22
5	18.0	1.69	605.36	603.67	4.71	4.49	1.69	4.91	4.49	1.64	7.36	36.10	5.09	3.21	1.69	1.53	602.14
6	22.5	1.71	605.36	603.65	4.14	4.49	1.71	4.43	4.49	1.70	7.63	33.75	4.53	2.98	1.71	1.27	602.37
7	26.9	1.76	605.36	603.60	3.20	4.49	1.76	3.67	4.49	1.74	7.79	28.58	3.72	2.66	1.76	0.90	602.70
8	31.4	1.70	605.36	603.65	2.49	4.49	1.76	2.84	4.49	1.73	7.78	22.13	2.89	2.17	1.76	0.41	603.24
9	35.9	1.71	605.36	603.65	2.42	4.49	1.71	2.46	4.49	1.70	7.65	18.81	2.51	1.87	1.71	0.16	603.49
10	40.4	1.61	605.36	603.75	2.53	4.49	1.71	2.48	4.49	1.66	7.43	18.39	2.56	1.89	1.71	0.19	603.56
11	44.9	1.35	605.36	604.01	4.07	4.49	1.61	3.30	4.49	1.48	6.63	21.86	3.57	2.27	1.61	0.67	603.34
12	49.4	0.94	605.36	604.41	5.99	4.49	1.35	5.03	4.49	1.14	5.14	25.85	6.05	2.74	1.35	1.39	603.02
13	53.9	1.15	605.36	604.20	4.95	4.49	1.15	5.47	4.49	1.05	4.71	25.75	6.84	2.47	1.15	1.31	602.89
14	58.4	1.39	605.36	603.96	4.63	4.49	1.39	4.79	4.49	1.27	5.72	27.39	5.50	2.66	1.39	1.26	602.70
15	62.9	1.66	605.36	603.70	5.13	4.49	1.66	4.88	4.49	1.53	6.85	33.44	5.20	3.20	1.66	1.54	602.16
16	67.4	1.90	605.36	603.45	5.13	4.49	1.90	5.13	4.49	1.78	7.99	41.03	5.16	3.80	1.90	1.90	601.56
17	71.8	2.17	605.36	603.18	5.73	4.49	2.17	5.43	4.49	2.04	9.15	49.70	5.20	4.56	2.17	2.39	600.80
18	76.3	2.27	605.36	603.09	5.84	4.49	2.27	5.79	4.49	2.22	9.97	57.71	5.38	4.95	2.27	2.68	600.41
19	80.8	1.56	605.36	603.80	3.88	4.49	2.27	4.86	4.49	1.91	8.58	41.72	4.76	4.50	2.27	2.23	601.57
20	85.3	0.02	605.36	605.33	0.25	4.49	1.56	2.06	4.49	0.79	3.54	7.32	2.96	1.88	1.56	0.33	605.01
21	89.8	0.06	605.36	605.29	0.23	4.49	0.06	0.24	4.49	0.04	0.20	0.05	1.96	0.02	0.06	0.00	605.29
22	94.3	0.08	605.36	605.28	0.29	4.49	0.08	0.26	4.49	0.07	0.32	0.08	1.56	0.02	0.08	0.00	605.28
23	98.8	0.03	605.36	605.33	0.06	4.49	0.08	0.17	4.49	0.05	0.24	0.04	1.24	0.02	0.08	0.00	605.33
<b>Min</b>		<b>0.02</b>	<b>605.36</b>	<b>603.09</b>	<b>0.06</b>	<b>0.00</b>	<b>0.06</b>	<b>0.17</b>	<b>4.49</b>	<b>0.04</b>	<b>0.20</b>	<b>0.04</b>	<b>1.24</b>	<b>0.02</b>	<b>0.06</b>	<b>0.00</b>	<b>600.41</b>
<b>Max</b>		<b>2.27</b>	<b>605.36</b>	<b>605.33</b>	<b>5.99</b>	<b>4.49</b>	<b>2.27</b>	<b>5.79</b>	<b>4.49</b>	<b>2.22</b>	<b>9.97</b>	<b>57.71</b>	<b>6.84</b>	<b>4.95</b>	<b>2.27</b>	<b>2.68</b>	<b>605.33</b>
<b>Media</b>		<b>1.26</b>	<b>605.36</b>	<b>604.09</b>	<b>3.55</b>	<b>4.29</b>	<b>1.46</b>	<b>3.66</b>	<b>4.49</b>	<b>1.32</b>	<b>5.91</b>	<b>25.32</b>	<b>4.16</b>	<b>2.51</b>	<b>1.46</b>	<b>1.06</b>	<b>603.08</b>

CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL





	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM	
												Fecha:	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria:		Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0				

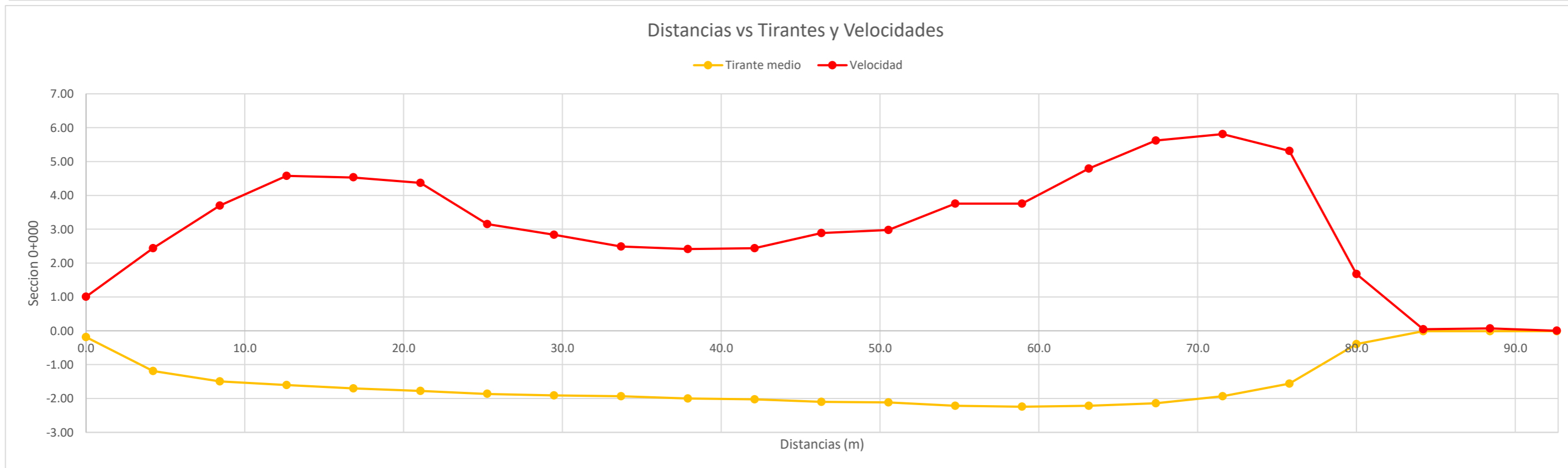
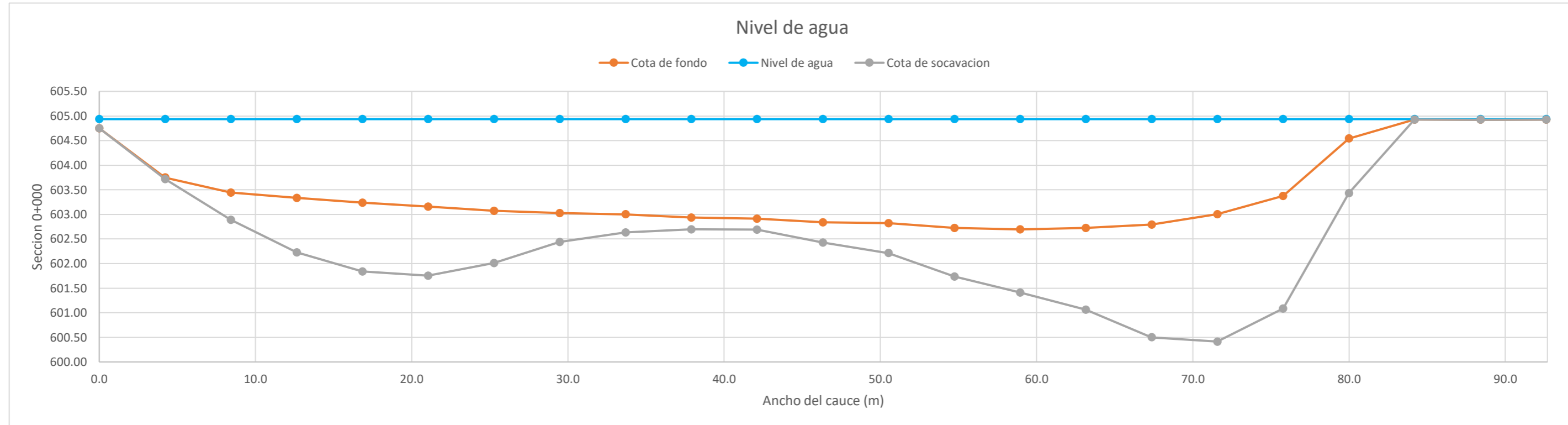
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+050
Coefficiente que depende del Tr:	$\beta$	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	$1/(1+X)$	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	92.62 m
Coefficiente de contracción:	$\mu$	1.00 ( $\mu = 1$ , si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	$\alpha$ (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.19	604.94	604.75	1.01	0.00											604.75
2	4.2	1.19	604.94	603.75	2.44	4.21	1.19	1.72	4.21	0.69	2.90	4.99	2.67	1.22	1.19	0.03	603.72
3	8.4	1.49	604.94	603.44	3.70	4.21	1.49	3.07	4.21	1.34	5.65	17.33	3.51	2.04	1.49	0.55	602.89
4	12.6	1.60	604.94	603.34	4.58	4.21	1.60	4.14	4.21	1.55	6.52	26.97	4.47	2.71	1.60	1.11	602.23
5	16.8	1.70	604.94	603.24	4.53	4.21	1.70	4.55	4.21	1.65	6.95	31.63	4.80	3.10	1.70	1.40	601.84
6	21.1	1.78	604.94	603.16	4.37	4.21	1.78	4.45	4.21	1.74	7.32	32.59	4.60	3.18	1.78	1.40	601.76
7	25.3	1.86	604.94	603.07	3.15	4.21	1.86	3.76	4.21	1.82	7.67	28.85	3.82	2.92	1.86	1.06	602.01
8	29.5	1.91	604.94	603.03	2.83	4.21	1.91	2.99	4.21	1.89	7.94	23.78	3.00	2.50	1.91	0.59	602.44
9	33.7	1.94	604.94	603.00	2.49	4.21	1.94	2.66	4.21	1.92	8.09	21.53	2.65	2.30	1.94	0.37	602.63
10	37.9	2.00	604.94	602.94	2.42	4.21	2.00	2.45	4.21	1.97	8.28	20.32	2.43	2.24	2.00	0.24	602.70
11	42.1	2.02	604.94	602.91	2.44	4.21	2.02	2.43	4.21	2.01	8.47	20.56	2.38	2.25	2.02	0.22	602.69
12	46.3	2.10	604.94	602.84	2.88	4.21	2.10	2.66	4.21	2.06	8.67	23.08	2.59	2.51	2.10	0.41	602.43
13	50.5	2.11	604.94	602.82	2.98	4.21	2.11	2.93	4.21	2.11	8.86	25.97	2.83	2.72	2.11	0.61	602.21
14	54.7	2.21	604.94	602.72	3.75	4.21	2.21	3.36	4.21	2.16	9.11	30.65	3.22	3.20	2.21	0.99	601.74
15	58.9	2.24	604.94	602.69	3.75	4.21	2.24	3.75	4.21	2.23	9.38	35.21	3.56	3.53	2.24	1.28	601.41
16	63.2	2.21	604.94	602.72	4.79	4.21	2.24	4.27	4.21	2.23	9.38	40.07	4.05	3.90	2.24	1.66	601.06
17	67.4	2.14	604.94	602.79	5.62	4.21	2.21	5.21	4.21	2.18	9.17	47.71	4.97	4.51	2.21	2.29	600.50
18	71.6	1.93	604.94	603.00	5.81	4.21	2.14	5.71	4.21	2.04	8.58	49.03	5.58	4.73	2.14	2.59	600.41
19	75.8	1.56	604.94	603.37	5.31	4.21	1.93	5.56	4.21	1.75	7.36	40.93	5.74	4.22	1.93	2.29	601.08
20	80.0	0.39	604.94	604.54	1.68	4.21	1.56	3.50	4.21	0.98	4.12	14.40	4.58	2.67	1.56	1.11	603.43
21	84.2	0.01	604.94	604.93	0.05	4.21	0.39	0.86	4.21	0.20	0.85	0.73	2.66	0.29	0.39	0.00	604.93
22	88.4	0.01	604.94	604.93	0.07	4.21	0.01	0.06	4.21	0.01	0.05	0.00	1.21	0.00	0.01	0.00	604.93
23	92.6	0.01	604.94	604.93	0.00	4.21	0.01	0.04	4.21	0.01	0.04	0.00	0.76	0.00	0.01	0.00	604.93
<b>Min</b>		<b>0.01</b>	<b>604.94</b>	<b>602.69</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.04</b>	<b>4.21</b>	<b>0.01</b>	<b>0.04</b>	<b>0.00</b>	<b>0.76</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>600.41</b>
<b>Max</b>		<b>2.24</b>	<b>604.94</b>	<b>604.93</b>	<b>5.81</b>	<b>4.21</b>	<b>2.24</b>	<b>5.71</b>	<b>4.21</b>	<b>2.23</b>	<b>9.38</b>	<b>49.03</b>	<b>5.74</b>	<b>4.73</b>	<b>2.24</b>	<b>2.59</b>	<b>604.93</b>
<b>Media</b>		<b>1.51</b>	<b>604.94</b>	<b>603.43</b>	<b>3.07</b>	<b>4.03</b>	<b>1.67</b>	<b>3.19</b>	<b>4.21</b>	<b>1.57</b>	<b>6.61</b>	<b>24.38</b>	<b>3.46</b>	<b>2.58</b>	<b>1.67</b>	<b>0.92</b>	<b>602.55</b>

CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL



	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM	
												Fecha: Mar-21	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos		
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0				

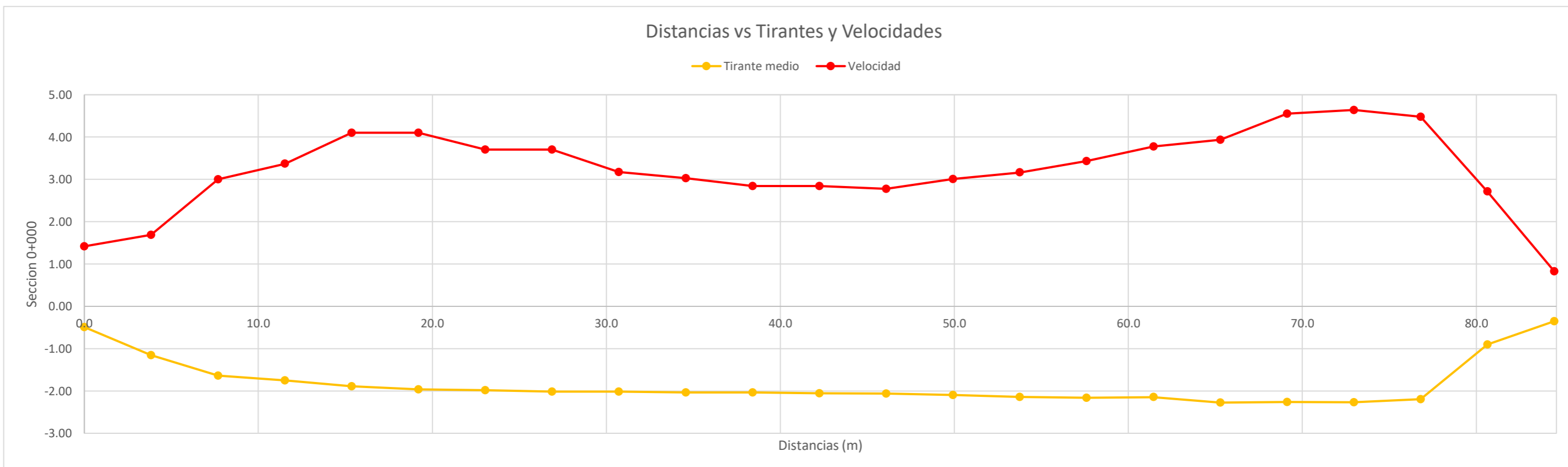
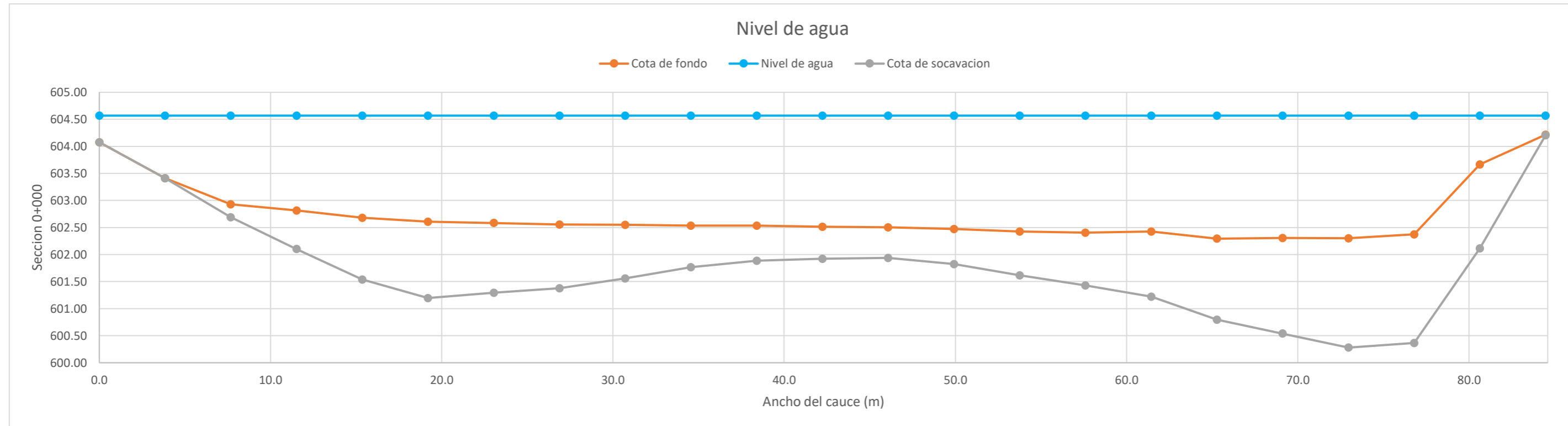
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**


**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+025
Coefficiente que depende del Tr:	$\beta$	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	$1/(1+X)$	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	84.48 m
Coefficiente de contracción:	$\mu$	1.00 ( $\mu = 1$ , si no hay obstaculos como estribos o pilares)

ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	$\alpha$ (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.49	604.57	604.08	1.42	0.00											604.08
2	3.8	1.15	604.57	603.41	1.69	3.84	1.15	1.55	3.84	0.82	3.16	4.91	2.24	1.02	1.15	0.00	603.41
3	7.7	1.64	604.57	602.93	3.00	3.84	1.64	2.34	3.84	1.40	5.36	12.57	2.70	1.88	1.64	0.24	602.69
4	11.5	1.75	604.57	602.82	3.37	3.84	1.75	3.18	3.84	1.70	6.51	20.73	3.42	2.47	1.75	0.71	602.10
5	15.4	1.89	604.57	602.68	4.10	3.84	1.89	3.74	3.84	1.82	6.99	26.12	3.91	3.03	1.89	1.14	601.54
6	19.2	1.96	604.57	602.61	4.10	3.84	1.96	4.10	3.84	1.93	7.39	30.33	4.21	3.37	1.96	1.41	601.19
7	23.0	1.98	604.57	602.58	3.70	3.84	1.98	3.90	3.84	1.97	7.57	29.57	3.98	3.27	1.98	1.29	601.30
8	26.9	2.01	604.57	602.55	3.70	3.84	2.01	3.70	3.84	2.00	7.68	28.43	3.76	3.19	2.01	1.18	601.38
9	30.7	2.02	604.57	602.55	3.17	3.84	2.02	3.44	3.84	2.01	7.74	26.60	3.48	3.01	2.02	0.99	601.56
10	34.6	2.03	604.57	602.53	3.03	3.84	2.03	3.10	3.84	2.02	7.77	24.11	3.13	2.80	2.03	0.77	601.77
11	38.4	2.03	604.57	602.53	2.84	3.84	2.03	2.94	3.84	2.03	7.81	22.92	2.96	2.68	2.03	0.65	601.89
12	42.2	2.06	604.57	602.51	2.84	3.84	2.06	2.84	3.84	2.04	7.85	22.31	2.86	2.65	2.06	0.59	601.92
13	46.1	2.06	604.57	602.51	2.78	3.84	2.06	2.81	3.84	2.06	7.91	22.22	2.82	2.63	2.06	0.57	601.94
14	49.9	2.10	604.57	602.47	3.01	3.84	2.10	2.89	3.84	2.08	7.98	23.11	2.90	2.74	2.10	0.65	601.83
15	53.8	2.14	604.57	602.43	3.16	3.84	2.14	3.09	3.84	2.12	8.13	25.11	3.07	2.95	2.14	0.81	601.62
16	57.6	2.16	604.57	602.41	3.43	3.84	2.16	3.30	3.84	2.15	8.26	27.24	3.27	3.14	2.16	0.98	601.43
17	61.4	2.14	604.57	602.42	3.78	3.84	2.16	3.60	3.84	2.15	8.27	29.80	3.57	3.36	2.16	1.20	601.22
18	65.3	2.27	604.57	602.29	3.94	3.84	2.27	3.86	3.84	2.21	8.48	32.72	3.79	3.77	2.27	1.50	600.80
19	69.1	2.26	604.57	602.31	4.55	3.84	2.27	4.24	3.84	2.27	8.71	36.98	4.14	4.04	2.27	1.77	600.54
20	73.0	2.27	604.57	602.30	4.64	3.84	2.27	4.60	3.84	2.27	8.70	39.99	4.48	4.29	2.27	2.02	600.28
21	76.8	2.19	604.57	602.37	4.48	3.84	2.27	4.56	3.84	2.23	8.57	39.07	4.47	4.28	2.27	2.01	600.37
22	80.6	0.90	604.57	603.67	2.71	3.84	2.19	3.60	3.84	1.55	5.94	21.38	3.99	3.74	2.19	1.55	602.12
23	84.5	0.35	604.57	604.22	0.83	3.84	0.90	1.77	3.84	0.63	2.40	4.26	2.92	0.91	0.90	0.01	604.21
<b>Min</b>		<b>0.35</b>	<b>604.57</b>	<b>602.29</b>	<b>0.83</b>	<b>0.00</b>	<b>0.90</b>	<b>1.55</b>	<b>3.84</b>	<b>0.63</b>	<b>2.40</b>	<b>4.26</b>	<b>2.24</b>	<b>0.91</b>	<b>0.90</b>	<b>0.00</b>	<b>600.28</b>
<b>Max</b>		<b>2.27</b>	<b>604.57</b>	<b>604.22</b>	<b>4.64</b>	<b>3.84</b>	<b>2.27</b>	<b>4.60</b>	<b>3.84</b>	<b>2.27</b>	<b>8.71</b>	<b>39.99</b>	<b>4.48</b>	<b>4.29</b>	<b>2.27</b>	<b>2.02</b>	<b>604.21</b>
<b>Media</b>		<b>1.82</b>	<b>604.57</b>	<b>602.75</b>	<b>3.23</b>	<b>3.67</b>	<b>1.97</b>	<b>3.33</b>	<b>3.84</b>	<b>1.88</b>	<b>7.24</b>	<b>25.02</b>	<b>3.46</b>	<b>2.96</b>	<b>1.97</b>	<b>1.00</b>	<b>601.79</b>

**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**



	<b>Anexo N°12 CALCULO DE LA SOCAVACION GENERAL PARA TR=500 AÑOS</b>											UNALM	
												Fecha: Mar-21	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"											Maetria: Ing. Recursos Hídricos		
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo:	12	Revisión :	0				

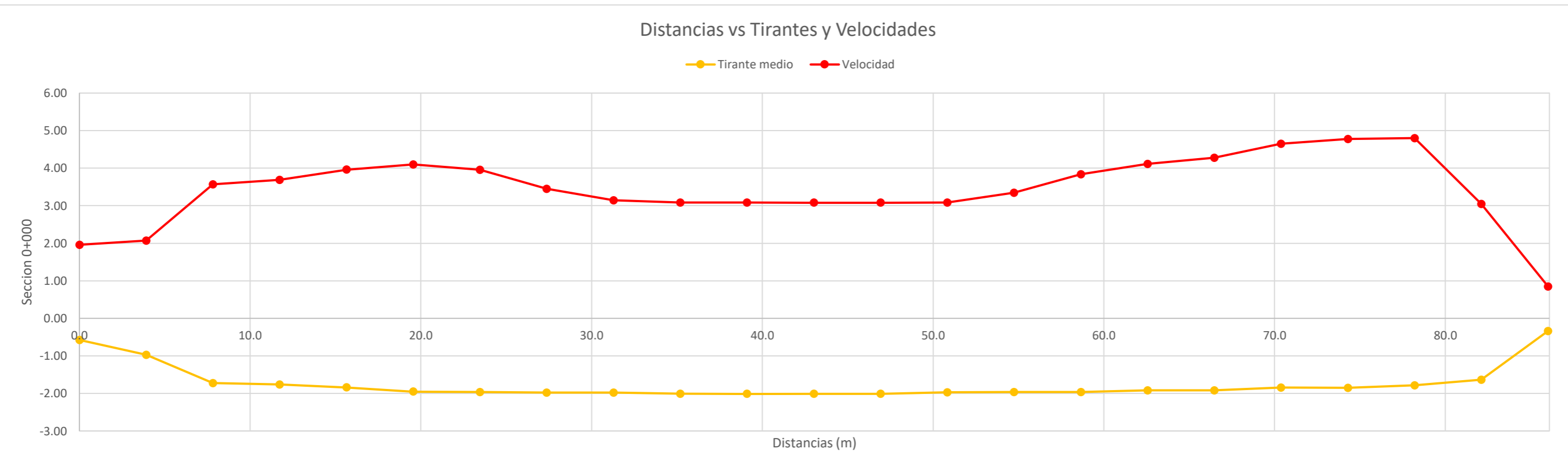
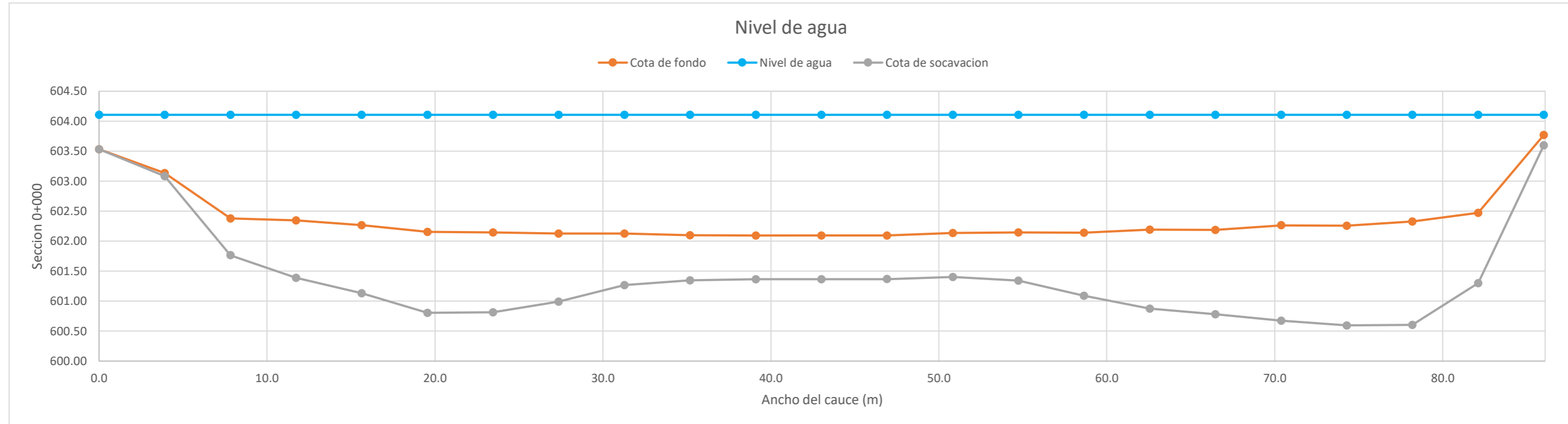
**CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL**

**METODO DE LISCHTVAN - LEBEDIEV**

Caudal de diseño:	Q	578.60 m <sup>3</sup> /s
Periodo de retorno:	Tr	500.00 años
Diametro medio:	dm	123.63 mm
Seccion:		0+000
Coefficiente que depende del Tr:	$\beta$	1.06
Exponente variable en funcion del dm:	X	0.27
Coefficiente exponencial:	$1/(1+X)$	0.79
Ancho promedio de la seccion:	L	86.02 m
Coefficiente de contracción:	$\mu$	1.00 ( $\mu = 1$ , si no hay obstaculos como estribos o pilares)


ITEM	Distancias	Calado (m)	Cota de agua (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Calado Máximo (m)	Velocidad Media (m/s)	Ancho de la seccion (m)	Calado Medio (m)	Area Parcial (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	$\alpha$ (°)	ds (m)	do (m)	ds-do (m)	Cota de socavacion (msnm)
1	0.0	0.57	604.11	603.53	1.96	0.00											603.53
2	3.9	0.97	604.11	603.13	2.07	3.91	0.97	2.01	3.91	0.77	3.02	6.09	2.99	1.02	0.97	0.05	603.08
3	7.8	1.73	604.11	602.38	3.57	3.91	1.73	2.82	3.91	1.35	5.27	14.88	3.28	2.34	1.73	0.62	601.76
4	11.7	1.76	604.11	602.35	3.69	3.91	1.76	3.63	3.91	1.74	6.82	24.75	3.83	2.72	1.76	0.96	601.39
5	15.6	1.84	604.11	602.27	3.96	3.91	1.84	3.83	3.91	1.80	7.04	26.93	4.00	2.98	1.84	1.14	601.13
6	19.6	1.95	604.11	602.16	4.10	3.91	1.95	4.03	3.91	1.90	7.41	29.86	4.13	3.30	1.95	1.35	600.80
7	23.5	1.96	604.11	602.15	3.95	3.91	1.96	4.03	3.91	1.96	7.65	30.78	4.09	3.29	1.96	1.33	600.81
8	27.4	1.98	604.11	602.13	3.45	3.91	1.98	3.70	3.91	1.97	7.70	28.50	3.75	3.11	1.98	1.14	600.99
9	31.3	1.98	604.11	602.13	3.14	3.91	1.98	3.30	3.91	1.98	7.74	25.50	3.33	2.84	1.98	0.86	601.27
10	35.2	2.01	604.11	602.10	3.08	3.91	2.01	3.11	3.91	1.99	7.79	24.27	3.14	2.76	2.01	0.75	601.35
11	39.1	2.01	604.11	602.10	3.08	3.91	2.01	3.08	3.91	2.01	7.85	24.23	3.10	2.74	2.01	0.73	601.37
12	43.0	2.01	604.11	602.10	3.08	3.91	2.01	3.08	3.91	2.01	7.86	24.24	3.10	2.74	2.01	0.73	601.37
13	46.9	2.01	604.11	602.10	3.08	3.91	2.01	3.08	3.91	2.01	7.86	24.23	3.10	2.74	2.01	0.73	601.37
14	50.8	1.97	604.11	602.14	3.08	3.91	2.01	3.08	3.91	1.99	7.78	23.99	3.11	2.75	2.01	0.74	601.40
15	54.7	1.96	604.11	602.14	3.34	3.91	1.97	3.21	3.91	1.97	7.69	24.71	3.26	2.77	1.97	0.80	601.34
16	58.7	1.97	604.11	602.14	3.84	3.91	1.97	3.59	3.91	1.96	7.68	27.58	3.64	3.02	1.97	1.05	601.09
17	62.6	1.92	604.11	602.19	4.12	3.91	1.97	3.98	3.91	1.94	7.59	30.19	4.05	3.28	1.97	1.31	600.88
18	66.5	1.92	604.11	602.19	4.28	3.91	1.92	4.20	3.91	1.92	7.50	31.46	4.29	3.32	1.92	1.41	600.78
19	70.4	1.84	604.11	602.26	4.65	3.91	1.92	4.46	3.91	1.88	7.35	32.81	4.59	3.51	1.92	1.59	600.68
20	74.3	1.85	604.11	602.26	4.77	3.91	1.85	4.71	3.91	1.85	7.22	34.02	4.88	3.51	1.85	1.66	600.60
21	78.2	1.78	604.11	602.33	4.80	3.91	1.85	4.79	3.91	1.82	7.10	34.00	4.98	3.57	1.85	1.72	600.61
22	82.1	1.63	604.11	602.47	3.05	3.91	1.78	3.93	3.91	1.71	6.67	26.20	4.18	2.95	1.78	1.17	601.30
23	86.0	0.34	604.11	603.77	0.85	3.91	1.63	1.95	3.91	0.98	3.85	7.51	2.59	1.81	1.63	0.17	603.60
<b>Min</b>		<b>0.34</b>	<b>604.11</b>	<b>602.10</b>	<b>0.85</b>	<b>0.00</b>	<b>0.97</b>	<b>1.95</b>	<b>3.91</b>	<b>0.77</b>	<b>3.02</b>	<b>6.09</b>	<b>2.59</b>	<b>1.02</b>	<b>0.97</b>	<b>0.05</b>	<b>600.60</b>
<b>Max</b>		<b>2.01</b>	<b>604.11</b>	<b>603.77</b>	<b>4.80</b>	<b>3.91</b>	<b>2.01</b>	<b>4.79</b>	<b>3.91</b>	<b>2.01</b>	<b>7.86</b>	<b>34.02</b>	<b>4.98</b>	<b>3.57</b>	<b>2.01</b>	<b>1.72</b>	<b>603.60</b>
<b>Media</b>		<b>1.74</b>	<b>604.11</b>	<b>602.37</b>	<b>3.44</b>	<b>3.74</b>	<b>1.87</b>	<b>3.53</b>	<b>3.91</b>	<b>1.80</b>	<b>7.02</b>	<b>25.31</b>	<b>3.70</b>	<b>2.87</b>	<b>1.87</b>	<b>1.00</b>	<b>601.41</b>

CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION EN LA SECCION TRANSVERSAL



**ANEXO 13: CÁLCULO DE LA SOCAVACIÓN LOCAL TR=10 AÑOS**



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°13 CALCULO DE LA SOCAVACION LOCAL PARA TR=10 AÑOS</b>			UNALM	
				Fecha: Mar-21	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rimac - Caso Puente Morón"					Maetria: Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis
				Anexo:	13
				Revisión :	0

**CALCULO DE SOCAVACIÓN LOCAL EN PILAS**

**DATOS INICIALES:**

Parámetro	Definición	Valores (*)
h (m)	Tirante hidráulico en pila (aguas arriba)	1.8
a (m)	Ancho pilar	1.2
a' (m)	Ancho proyectado de pila	1.2
Vo (m/s)	Velocidad Media de la corriente frente a la Pila	2.3
F	Número de Froude sección aguas arriba	0.5
D <sub>50</sub> (mm)	Diámetro del material del lecho en una mezcla en la que 50% es	90.0

(\*) Parámetros hidráulicos obtenidos mediante el modelo IBER

**1 METODO DE LAURSEN Y TOCH (1953,1956)**

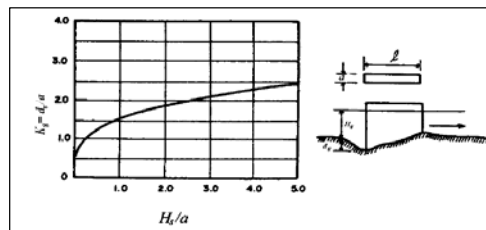
Parámetro	Definición	Valores
Kf	Coefficiente que depende de la forma de la nariz de la pila	1.0
Hs	Profundidad de agua que queda despues de la socavacion por conti	1.8
a	Ancho de la pila (m)	1.2
Hs/a	Relacion profundidad socavacion y ancho de la pila	1.5
Kg	Coefficiente que depende de la relacion Hs/a	2.2
ds	Profundidad de socavacion local medida a partir del fondo del ca	2.6

Ecuacion :  $d_s = K_f K_g a$

FORMA DE LA NARIZ	COEFICIENTE $K_f'$ DE SCHNEIBLE
RECTANGULAR $l/a = 4$	1.00
SEMICIRCULAR	0.90
ELIPTICA $\frac{E}{r} = \frac{2}{1}$	0.81
	0.75
LENTICULAR $\frac{E}{r} = \frac{2}{1}$	0.81
	0.69

FORMA DE LA NARIZ	SEGUN TISON
BISELADA $l/a = 4$	0.78
PERFIL HIDRODINAMICO $l/a = 4$	0.75



**2 METODO DE NEILL (1964)**

Parámetro	Definición	Valores
h	Profundidad del flujo aguas arriba de la pila (m)	1.8
a'	Ancho proyectado de la pila (m)	1.2
Kf	Factor que depende la nariz de la pila ( Pila redondeada Kf=1.2)	1.5
ds	Profundidad de socavacion local medida a partir del fondo del ca	2.0

Ecuacion :  $d_s = 1.5 (a')^{0.7} h^{0.3}$

**3 METODO DE LARRAS (1963)**

Parámetro	Definición	Valores
a	Ancho de la pila (m)	1.2
L	Largo de la pila (m)	3.2
L/a	Relacion entre el largo y ancho de la pila	2.7
Kf	Factor de correccion por la forma de la pila	1.3
Ko	Factor de correccion por el angulo de ataque de la corriente	1.1
K	Producto de Kf x Ko	1.4
ds	Profundidad de socavacion local medida a partir del fondo del ca	1.7

Ecuacion :  $d_s = 1.05 K a^{0.75}$

Tabla 3.3 Factor de corrección  $K_f$  por forma de la pila. Métodos de Larras y Melville y Sutherland. Adaptada de Figuera C. y Pérez G., 1989 y Melville B. W., 1988.

en planta	Largo/ancho de la pila	$K_f$			
		Chalote	Isos	Tiene	Escalado
Circular	1.0	1.00	1.00	1.00	1.00
Lenticular	2.0 3.0 4.0 7.0	0.73	0.97 0.76	0.67 0.41	
Perfil hidrodinámico o Joukowski	4.0 4.1 4.5	0.86		0.76	
Elíptica	2.0 3.0		0.91 0.83		
Ojival	4.0	0.92		0.86	
Circular doble	4.0	0.95			
Oblonga	1.0 1.5 2.0 3.0 4.0		1.00 1.00 1.00 1.00		
Rectangular chafada	4.0		1.03	1.01	
Rectangular	0.25 4.0 4.5 5.3 9.3		1.30	1.40 1.40 1.40	1.25
Nariz triangular a 60°					0.75
Nariz triangular a 90°					1.25
Nariz parabólica					0.56

Tabla 3.4 Factor de corrección  $K_\phi$  por ángulo de ataque del flujo. Método de Larras.

Forma de la pila en planta	Largo/ancho de la pila	$K_\phi$				
		0°	10°	15°	30°	45°
Lenticular	1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	2.0	0.91				
	3.0	0.76	0.98	1.02	1.24	1.13
Perfil hidrodinámico	4.0	0.76				
	4.0	0.86		1.09		1.50
Elíptica	2.0	0.91				
	3.0	0.83	0.98	1.06	1.24	1.13
Ojival	4.0	0.92				1.17
Oblonga	2.0	1.00				
	3.0	1.00	1.02	1.13	1.24	
	4.0	1.00		1.15		1.52
Rectangular	4.5					1.60
	2.0	1.11		1.38		1.56
	4.0	1.11		1.72		2.17
	4.0(x)	1.11		1.99		2.94
	4.5					2.09
	6.0	1.11		2.20		2.69
	8.0	1.11		2.23		3.05
10.0	1.11		2.48		3.43	

Figura 3.7 Formas usuales de pilas. Método de Larras. Figuera C. y Pérez G., 1989.

4 METODO DE ARUNACHALAM (1965,1967)

Parámetro	Definición	Valores
a	Ancho de la pila (m)	1.2
Q	Caudal de avenida (m3/s)	300.5
B	Ancho del cauce (m)	67.3
q	Caudal unitario (m3/s .m)	4.5
ds	Profundidad de socavacion local medida a partir del fondo del ca	3.5

$$\text{Ecuacion : } d_s = 1.334 q^{2/3} \left[ 1.95 \left( \frac{1.334 q^{2/3}}{a} \right)^{-1/6} - 1 \right]$$

5 METODO DE MAZA-SANCHEZ (1968)

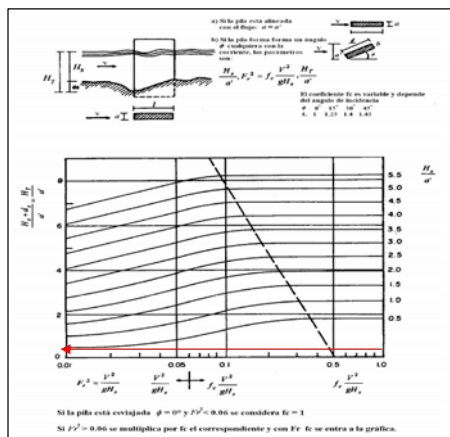
Parámetro	Definición	Valores
Hs	Profundidad del agua hacia aguas arriba de la pila antes de la soca	1.8
V	Velocidad media de la corriente frente la pila (m/s)	2.3
Fr <sup>2</sup>	Numero de Froude al cuadrado aguas arriba	0.3
fc	Factor de correccion	1.0
Fr <sup>2</sup>	Numero de Froude al cuadrado aplicando con factor de correccion	0.3
a'	Ancho de la pila (m)	1.2
Hs/a'	Relacion	1.5
(Hs+ds)/a'	Relacion de tablas (Fr <sup>2</sup> vs Hs/a')	3.4
ds	Profundidad de socavacion local medida a partir del fondo del ca	2.3


Tabla 3.5 Factor de corrección  $f_c$  Método de Maza-Sánchez.

$\phi$	0°	15°	30°	45°
$f_c$	1.0	1.25	1.40	1.45

$\phi$  = ángulo de ataque del flujo

Si la pila está sesgada con respecto al flujo y  $Fr^2 < 0.06$ , se trabaja con  $f_c = 1.0$ .  
Si la pila está sesgada con respecto al flujo y  $Fr^2 \geq 0.06$ , se trabaja con la siguiente expresión:



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°13 CALCULO DE LA SOCAVACION LOCAL PARA TR=10 AÑOS</b>				UNALM	
					Fecha:	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rimac - Caso Puente Morón"					Maetria: Ing. Recursos Hídricos	
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo: 13
						Revisión : 0

**6 METODO DE BREUSERS, NICOLLET Y SHEN (1977)**

Parámetro	Definición	Valores
a	Dimetro de la pila circular (m)	1.2
ds	Prof. max de socavacion medida del nivel medio del lecho (m)	1.7

Ecuacion :  $d_s = 1.4 a$

Parámetro	Definición	Valores
a	Dimetro de la pila circular (m)	1.2
V	Velocidad media del flujo (m/s)	2.3
Vc	Velocidad critica (m/s)	1.8
h	Profundidad del agua (m)	1.8
Ang	Angulo de ataque	0.0
l	Longitud de la pila (m)	3.2
V/Vc	Relacion entre velocidad media y velocidad critica	1.2
h/a	Relacion entre profundidad de agua y diametro del pilar	1.5
l/a	Relacion entre la longitud y el ancho de la pila	2.7
f1(V/Vc)	Funcion f1	1.0
f2(h/a)	Funcion f2	1.8
f3 (forma)	Funcion f3	1.3
f4 (Ang l/a)	Funcion f4	1.0
ds	Profundidad de socavacion por debajo del lecho original (m)	2.8

Ecuacion :  $d_s = a f_1 \left(\frac{V}{V_c}\right) f_2 \left(\frac{h}{a}\right) f_3(forma) f_4 \left(\theta \frac{l}{a}\right)$

**7 METODO DE FROELICH (1991)**

Parámetro	Definición	Valores
a'	Ancho proy. de la pila con relacion al angulo de ataque (m)	1.2
a	Ancho de la pila, adicionado como un factor de seguridad (m)	1.2
Kf	Factor de correccion por la forma de la pila	1.3
h	Profundidad del flujo directamente aguas arriba de la pila (m)	1.8
Fr	Número de Froude en la sección aguas arriba de la pila	0.5
D50	Diam. de lecho en una mexcla cuyo 50% es menor (mm)	90.0
ds	Profundidad de socavación (m)	1.9

Ecuacion :  $d_s = 0.32 f' \cdot 2h \cdot 47 \cdot 22 \cdot 50^{09+}$

Forma de la pila	K <sub>f</sub>
Punta cuadrada	1.3
Pila con punta circular	1.0
Pila con punta aguda o triangular	0.7

**8 METODO DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE COLORADO (CSU) O FHWA (HEC-18)**

Parámetro	Definición	Valores
h	Profundidad de flujo aguas arriba de la pila (m)	1.8
V	Velocidad media del flujo (m/s)	2.3
a	Ancho de la pila (m)	1.2
Kf	Factor de correccion por forma del pilar	1.1
Kφ	Factor de correccion por angulo de ataque de la corriente	1.0
Kc	Factor de correccion por la forma del lecho	1.1
Ka	Factor por acorazamiento del hoyo (entre 0.4 y 1.0 )	0.8
Fr	Numero de Froude	0.5
ds/h	Relacion entre socavacion y profundidad de flujo	1.1
ds	Profundidad de socavacion (m)	2.1

Ecuacion :  $d_s = 2.0 h f \phi c a \left(\frac{l}{h}\right)^{0.7}$

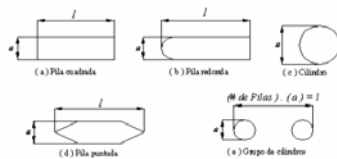


Figura 3.12 Formas típicas de pilas. HEC-18. 1993.

Factor de corrección por la forma de la pila K<sub>f</sub> Método CSU. HEC-18. 1993.

Forma de la pila	K <sub>f</sub>
Nariz cuadrada	1.1
Nariz redonda	1.0
Cilíndrica	1.0
Punta aguda	0.9
Grupo de cilindros	1.0

3.10 Factor de corrección por la forma del lecho K<sub>c</sub> Método CSU. HEC-18. 1993.


Condición del lecho	Altura de la duna H [pies]	K <sub>c</sub>
Socavación en agua clara	N/A	1.1
Lecho plano y antidunas	N/A	1.1
Dunas pequeñas	2 < H < 10	1.1
Dunas mediana	10 < H < 30	1.1 a 1.2
Dunas grandes	H > 30	1.3

Factor de corrección por el ángulo de ataque del flujo K<sub>φ</sub> Método CSU. HEC-18. 1993.

Angulo de ataque	l/g = 4	l/g = 8	l/g = 12
0°	1.0	1.00	1.0
15°	1.5	2.00	2.5
30°	2.0	2.75	3.5
45°	2.3	3.30	4.3
90°	2.5	3.90	5.0

Criterios para adoptar K<sub>c</sub> (HEC-18, 2001).

D <sub>50</sub> ≤ 2 mm o D <sub>95</sub> ≤ 20 mm	K <sub>c</sub> = 1.0
D <sub>50</sub> ≥ 2 mm y D <sub>95</sub> ≥ 20 mm	K <sub>c</sub> = 0.4(l/g) <sup>0.15</sup>

 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°13 CALCULO DE LA SOCAVACION LOCAL PARA TR=10 AÑOS</b>				UNALM	
					Fecha:	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rimac - Caso Puente Morón"					Maetria: Ing. Recursos Hídricos	
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo: 13
					Revisión :	0

**9 METODO DE LA YAROSLAVTZIEV (1969)**

Parámetro	Definición	Valores
Kf	Coefficiente que depende de la forma de la pila y del angulo de ataque	12.4
Kv	Coefficiente que esta en funcion del número de Froude de la pila	0.8
e	Coefficientes de corrección que depende la ubicación de la pila en el cauce	0.8
Kh	Coefficiente que depende de la relación Hs/b1	0.7
D85	Diametro característico que indica el 85% del peso del material del cauce (mm)	212.5
V	Velocidad media de la corriente aguas arriba del pilar (m/s)	2.3
b1	Proyección del ancho del pilar sobre un plano perpendicular a la corriente (m)	1.2
yn	Tirante normal aguas arriba del pilar (m)	1.8
ds	Profundidad de socavacion a partir del lecho (m)	1.2

Valores del coeficiente de forma

Forma del pilar	kr
Rectangulares con aristas rectas	12.4
Circulares	10
Pilares rectangulares con aristas redondeadas	$k_f = 8.5 + 1.5 \tan^2 \alpha$

\* hasta  $\alpha = 30^\circ$ , sufriendo variaciones cuando existen zapatas y pilotes protruyentes en el fondo.

Coeficiente de corrección

Localización del pilar	e
Cauce principal	0.6
Cauce de avenidas	1.0

$$= f v \left( \frac{h}{y_n} \right)^2 - 30 \quad \log(v) = 0.28 \sqrt[3]{\frac{2}{1}} \quad \log(h) = 0.17 - 0.35 \frac{1}{1}$$

**10 METODO DE JAIN Y FISHER (1979)**

Parámetro	Definición	Valores
y1	Tirante aguas arriba del pilar (m)	1.8
a	Ancho del pilar (m)	1.2
V	Velocidad media de la corriente aguas arriba del pilar (m/s)	2.3
Fr	Numero de Froude	0.5
D50	Diámetro representativo D50 (mm)	90.0
Y	Peso específico del agua (N/m3)	9800.0
Ys	Peso específico del sedimento (N/m3)	26166.0
Δ	Densidad relativa de las partículas sumergidas	1.7
S	Pendiente (m/m)	0.0
τ*	Parametro de Shields o esfuerzo cortante adimensional	0.2
τc	Esfuerzo cortante crítico (N/m2) - De tablas	76.6
ρ	Densidad (kg/m3)	1000.0
U*c	Velocidad crítica de la partícula (m/s)	0.3
v	Viscosidad cinemática (m2/s)	0.0
δ	Parametro δ (m)	0.0
ks/δ	Relación, donde Ks=D50	2147.4
X	Factor de Einstein X en la ecuación log. de la vel. (1950). Ver fig	1.0
Vc	Velocidad crítica (m/s)	3.7
Fe	Froude crítico (m/s)	0.9
Ys	Socavación (m)	2.7

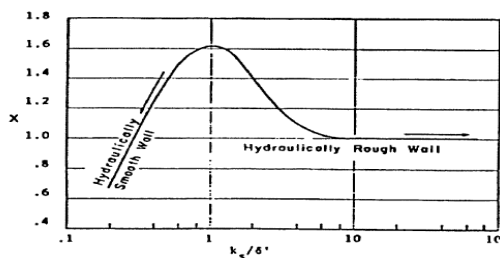
$$s_* = \left( \frac{c}{s} \right) = 11.6 \frac{s}{\Delta} \quad s_* = \frac{h}{\Delta} \frac{s}{m}$$

$$c = (s) 50 \quad c = (2.5 \ln(11 \frac{s}{50}))$$

$$c = \frac{c}{\sqrt{1}} \quad \Delta \frac{s}{m}$$

$$(c) 0.2 \frac{s}{m} 2.0 (c) \left( \frac{1}{1} \right)$$

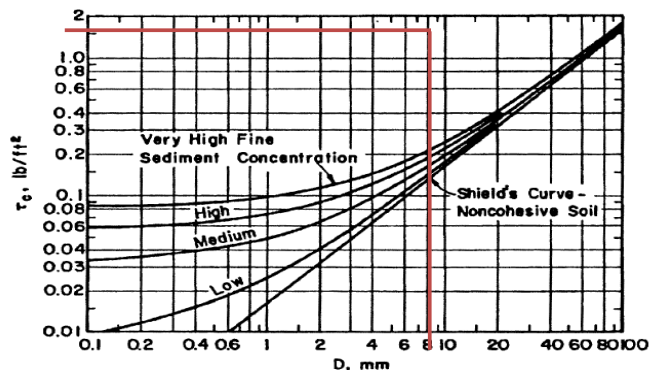
$$(c) < 0 \quad \frac{s}{m} = 1.85 (c) \left( \frac{1}{1} \right)$$



D1 = D50 = 90.0 mm

De tabla se obtiene Tc

Tc = 1.6 lb/ft2  
Tc = 77 N/m2



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°13 CALCULO DE LA SOCAVACION LOCAL PARA TR=10 AÑOS</b>			UNALM	
				Fecha:	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rimac - Caso Puente Morón"					Maetria: Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis
				Anexo:	13
					Revisión : 0

**11 METODO DE FLORES - AGUIRRE PE (1977)**

Parámetro	Definición	Valores
h	Tirante aguas arriba del pilar (m)	1.8
a	Ancho del pilar (m)	1.2
V	Velocidad media de la corriente aguas arriba del pilar (m/s)	2.3
S	Pendiente del cauce (m/m)	0.0
Fr	Numero de Froude	0.5
D50	Diámetro representativo D50 (mm)	90.0
D80	Diámetro representativo D80 (mm)	171.4
ρ	Densidad del agua (kg/m <sup>3</sup> )	1000.0
ρs	Densidad del sedimento (kg/m <sup>3</sup> )	2670.0
D*	Parametro adimensional	4353.9
τ*	Parametro de Shields o esfuerzo cortante adimensional	0.1
τc	Esfuerzo cortante critico de Shields (N/m <sup>2</sup> )	168.5
U*c	Velocidad critica de la partícula (m/s)	0.4
D50/a	Condicion de empleo de las formulas 0.0118<D50/b<0.0922	0.1
τo	Esfuerzo cortante normal de Shields (N/m <sup>2</sup> )	321.4
Ys	Socavación empleando D80 (m)	0.4
Ys	Socavación empleando D50 (m)	0.5

$$s = \left[ \left( \frac{s}{1} \right)^2 \right]^{1/2} \quad m \quad \text{Garcia y Maza (1997)}$$

$$s = 0.21 \left( \frac{c}{s} \right)^{0.80} \quad \text{si } s \geq 182.011861 \quad s < 0.06$$

$$s = \frac{0.2061}{s} + 0.0947 - \left[ \frac{44.6685}{s} \right] \quad \text{si } 3.46 < s < 182.011861$$

**12 METODO DE MELVILLE Y SUTHERLAND (1988)**

Parámetro	Definición	Valores
h	Tirante aguas arriba del pilar (m)	1.8
a	Ancho del pilar (m)	1.2
V	Velocidad media de la corriente aguas arriba del pilar (m/s)	2.3
D50	Diámetro representativo D50 (mm)	90.0
Ki	Factor de corrección por intensidad del flujo	1.7
Kh	Factor de corrección por profundidad del flujo	0.9
Kd	Factor de corrección por tamaño del sedimento	0.7
Kσ	Factor de corrección por gradación del sedimento	1.0
Kf	Factor de corrección por la forma de la pila	1.1
Kφ	Factor de corrección por ángulo de ataque del flujo	1.1
σg	Desviación estándar de los sedimentos (D84/D50)	2.4
D84	Diámetro representativo D84 (mm)	212.5
m	Exponente en función del Dmax	1.3
Dmáx	Diámetro máximo representativo o D90 (mm)	270.3
D50a	Diámetro 50 del lecho acorazado (mm)	150.2
V*ca	Velocidad cortante critica de acorazamiento a D50a (m/s)	0.4
V*c	Velocidad cortante critica correspondiente a D50 (m/s)	0.3
Vca	Velocidad critica de acorazamiento correspondiente a V*ca (m/s)	4.1
Vc	Velocidad critica correspondiente a V*c (m/s)	3.4
Va	Velocidad critica de acorazamiento (m/s)	3.3
Va > Vc	Condicion de que el lecho se acorace	No se acoraza
ds	Profundidad de socavación local (m)	1.5

$$g = \frac{84}{50} \quad \text{max } \frac{m}{g} < 50$$

$$s = \sqrt{50a}$$

Dmax asumido	m
D90	1.28
D95	1.65
D98	2.06
D99	2.34

Fuente: Melville, B.W., 1988.

$$s = 0.0305 \sqrt{50} - \frac{0.0065}{50}$$

$$c = 5.75 s \left( 5.53 \frac{h}{50} \right)$$

$$a < 0.8 ca$$

$$i < 2.4 \left[ \frac{(a-c)}{c} \right]$$

$$i < 2.4$$

$$s = i h d \sigma f \phi$$

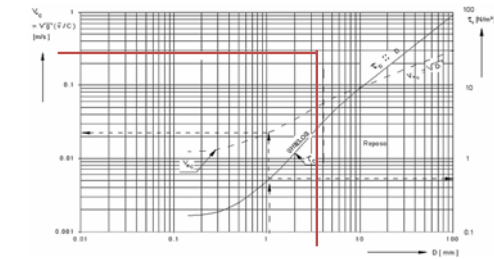
$$1 < 50 < 100$$

$$ca = 5.75 s \left( 5.53 \frac{h}{50a} \right)$$

$$\text{Si } \frac{V-(V_a-V_c)}{V_c} < 1$$

$$\text{Si } \frac{V-(V_a-V_c)}{V_c} > 1 \quad h$$

$$\phi < 1.1, f < 1.1, \sigma < 1.0$$




$$a = 0.57 \left( \frac{2.24}{50} \right) \quad \frac{h}{50} > 2.6$$

$$a < 1.0 \quad \frac{h}{50} < 2.6$$

$$h < 1.0 \quad \frac{h}{50} > 2.6$$

$$h < 0.78 \left( \frac{h}{50} \right) \quad \frac{h}{50} < 2.6$$

 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°13 CALCULO DE LA SOCAVACION LOCAL PARA TR=10 AÑOS</b>			UNALM	
				Fecha: Mar-21	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rimac - Caso Puente Morón"					Maetria: Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por: SPVB	Revisado por: TOVB	Emitido para: Tesis	Anexo: 13	Revisión : 0	

### 13 METODO DE LEON (2000)

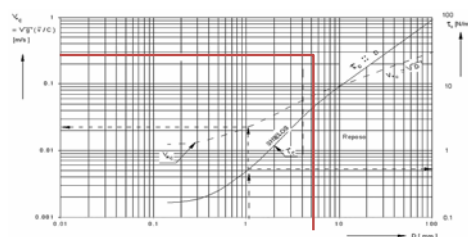
Parámetro	Definición	Valores
h	Tirante aguas arriba del pilar (m)	1.8
a	Ancho del pilar (m)	1.2
V	Velocidad media de la corriente aguas arriba del pilar (m/s)	2.3
S	Pendiente del cauce (m/m)	0.018
Fr	Numero de Froude	0.5
D80	Diámetro representativo D80 (mm)	171
Y	Peso específico del agua (N/m <sup>3</sup> )	9800
Ys	Peso específico del sedimento (N/m <sup>3</sup> )	26166
τ	Esfuerzo de corte hidráulico sobre el lecho (N/m <sup>2</sup> )	321
V*c	Velocidad cortante crítica (m/s)	0.4
ρ	Densidad del agua (kg/m <sup>3</sup> )	1000
τc	Esfuerzo cortante critico de Shields (N/m <sup>2</sup> )	171
Ys	Profundidad de socavación total en el pilar (m)	<b>1.0</b>

$$s = 0.66 \left( \frac{c}{c} \right)$$

$$> 40 = h$$

$$* = \sqrt{80} \quad 100 < 80$$

$$* = \sqrt{c}$$



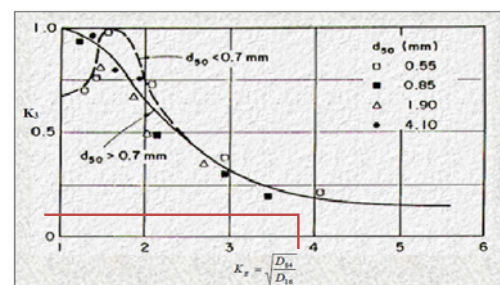
### 14 METODO DE LA UNIVERSIDAD DE AUCKLAND (1990)

UAK - en FHWA aplicado para lechos con material graduado y/o acorazado

Parámetro	Definición	Valores
a	Ancho del pilar (m)	1.2
S	Pendiente del cauce (m/m)	0.018
D50	Diámetro representativo D50 (mm)	90
D84	Diámetro representativo D84 (mm)	201
D16	Diámetro representativo D16 (mm)	8
K1	Coefficiente para el tipo de pilar.	1.1
K2	Coefficiente para el ángulo de ataque del flujo.	1.0
K3	Coefficiente por el efecto de la graduación del sedimento Tabla K3 vs Kg	0.2
Kg	Coefficiente de gradación	5.0
Kfs	Coefficiente de seguridad por Copp y Johnson 1987	1.50
b/D50	Relacion b/D50	13.33
Ys	Profundidad de socavación total en el pilar (m)	<b>0.70</b>

Nariz del pilar	K1=Ks
Nariz cuadrada	1.1
Nariz redondeada	1
Cilindro circular	1
Nariz aguda	0.9
Grupo de cilindros	1

Incidenci (°)	K2=K0		
	l/a=4	l/a=8	l/a=12
0	1.0	1.0	1.0
15	1.5	2.0	2.5
30	2.0	2.5	3.5
45	2.3	3.3	4.3
90	2.5	3.9	5.0



$$s = 2.1 \quad 1 \quad 2 \quad 3 \quad f_s \quad \frac{1}{50} \quad 1 \quad 8$$

$$s = 0.45 \quad 1 \quad 2 \quad 3 \quad f_s \left( \frac{1}{50} \right) \quad \frac{1}{50} \quad 1 \quad 8$$

### 15 METODO DE SHEPPARD Y MILLER (2006)


Este método es el último desarrollado en la actualidad

$$\frac{s}{*} = 2.5 \quad 1 \quad 2 \quad 3$$

$$\frac{s}{*} = 1 \left[ 2.2 \left( \frac{1}{c} \quad 1 \right) \quad 2 \quad .5 \left( \frac{1p}{c} \quad 1 \right) \quad 3 \right] \quad h$$

$$0.4 \leq \frac{1}{c} \leq 1.0$$

$$1.0 \leq \frac{1p}{c} \leq \frac{1p}{c}$$

 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°13 CALCULO DE LA SOCAVACION LOCAL PARA TR=10 AÑOS</b>			UNALM		
				Fecha:		Mar-21
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rimac - Caso Puente Morón"					Maetria: Ing. Recursos Hídricos	
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo: 13
						Revisión : 0

$$h = \left[ \frac{1}{c} \left( \frac{1}{c} \right)^2 \right]$$

$$h = 1.2 \left[ \left( \frac{1}{c} \right)^2 \right]$$

$$h = \left[ \frac{1}{0.4 \left( \frac{1}{50} \right) + 10.6 \left( \frac{1}{50} \right)} \right]$$

$$h = 0.0305 \sqrt{50} - \frac{0.0065}{50} \quad 1 < 50 < 100$$

$$c = 5.75 \quad \left( 5.53 \frac{1}{50} \right)$$

$$h = \frac{1}{c} > \frac{1p}{c}$$

$$1p = \begin{cases} 1p1 & 1p1 & 1p2 \\ 1p2 & 1p2 & 1p1 \end{cases}$$

Donde  $h =$

Factor de forma = 1, Circular

Factor de forma =  $0.86 + 0.97 \left( \left| \frac{1}{4} \right| \right)^4$ , Rectangular

Parámetro	Definición	Valores
a	Ancho del pilar (m)	1.2
y1	Tirante aguas arriba del pilar (m)	1.8
D50	Diámetro representativo D50 (mm)	90.0
f	Factor de forma del pilar	1.2
a*	Ancho efectivo del pilar (m)	1.5
V1	Velocidad media de la corriente aguas arriba del pilar (m/s)	2.3
V*c	Velocidad cortante crítica del sedimento (m/s)	0.3
Vc	Velocidad crítica del diámetro representativo D50 (m/s)	3.4
V1P1	Velocidad pico calculada en lecho vivo (m/s)	17.0
V1P2	Velocidad pico calculada en lecho vivo (m/s)	2.5
V1P	Velocidad final pico calculada en lecho vivo (m/s)	17.0
a*/D50	Relacion del ancho del pilar - tamaño del sedimento	16.4
f1	Factor de forma del pilar	0.8
f2	Factor de intensidad de flujo	0.8
f3	Factor de tamaño del sedimento	0.9
V1/Vc	Condicion de aplicación de formula respecto a la velocidad media	0.7
V1P/Vc	Condicion de aplicación de formula respecto a la velocidad crítica	5.0
ys	Profundidad de socavación total en el pilar (m)	1.4

### 16 METODO CHINO SIMPLIFICADO (1996)

Ecuación para cauces con material grueso en sistema ingles

Para agua clara

$$s = 1.141 s \cdot \dot{o} \cdot m \left( \frac{o}{c} \frac{ic}{ic} \right) \quad o \cdot c \quad c \cdot 3 \cdot 28 \left( \frac{o}{m} \right) \left( 8.85 m + 6.05 \cdot 7 \left[ \frac{10 + 0.3048 o}{(0.3048 m)} \right] \right)$$

Para lecho vivo

$$s = 0.950 s \cdot \dot{o} \cdot m \left( \frac{o}{c} \frac{ic}{ic} \right)^c \quad o \cdot c \quad \left( \frac{c}{o} \right)^{Dm} \quad ic = 0.645 \left( \frac{m}{c} \right)^c$$

Ks	Coficiente simplificado de forma del pilar
1.10	Pilares nariz cuadrada
1.00	Pilares cilindricos
0.80	Pilares con nariz redonda
0.66	Pilares con nariz aguda

Parámetro	Definición	S. Inte.	S. Ingl.
a	Ancho del pilar (m) / (pies)	1.2	3.9
y0	Tirante aguas arriba del pilar (m) / (pies)	1.8	6.0
Ks	Coficiente simplificado de forma de pilar	1.1	1.1
Vo	Velocidad media de la corriente aguas arriba del pilar	2.3	7.4
Dm	Diámetro medio representativo (mm) / (pies)	123.6	0.4
Vc	Velocidad crítica del diámetro representativo (m/s)	2.8	9.1
c	Exponente C	0.0	0.0
Vic	Velocidad de aprox correspondiente a la vel crítica (m)	0.0	0.0
ys	Profundidad de socavación total en el pilar (m) / (pies)	1.0	3.3


### 17 METODO DE FROELICH (1996)

De la investigacion realizada por Landers y Mueller, partiendo de la ecuacion de Froehlich en 1988.

$$s = 0.32 \phi \cdot i \cdot \left( \frac{e}{c} \right) \cdot \left( \frac{o}{c} \right) \cdot \left( \frac{1}{50} \right)^c$$

φ	Coficiente de forma del pilar
1.30	Pilar nariz cuadrada
1.00	Pilar nariz redonda
0.70	Pilar nariz aguda



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°13 CALCULO DE LA SOCAVACION LOCAL PARA TR=10 AÑOS</b>			UNALM		
				Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rimac - Caso Puente Morón"					Maetria: Ing. Recursos Hídricos	
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	
				Anexo:	13	
					Revisión :	0

Parámetro	Definición	S. Inte.	S. Ingl.
a	Ancho del pilar (m) / (pies)	1.2	3.9
y <sub>0</sub>	Tirante aguas arriba del pilar (m) / (pies)	1.8	6.0
be	Coefficiente simplificado de forma de pilar	1.2	3.9
Fr	Número de Froude	0.5	0.5
D <sub>50</sub>	Diámetro medio representativo (mm) / (pies)	90.0	0.3
ys	Profundidad de socavación total en el pilar (m) / (pies)	0.6	2.1

### 18 METODO DE LA ECUACION DE DISEÑO DE FROEHLICH (1996)

Froehlich modificó su ecuación dejando de subestimar el valor de la socavacion

$$s = 0.32\phi \quad i \left(\frac{b_e}{b}\right) \left(\frac{y_0}{b}\right) \left(\frac{b}{D_{50}}\right) +$$

Parámetro	Definición	S. Inte.	S. Ingl.
a	Ancho del pilar (m) / (pies)	1.2	3.9
ysi	Profundidad de socavación ec. 3.18 (m) / (pies)	0.6	2.1
ys	Profundidad de socavación total en el pilar (m) / (pies)	1.8	6.1

### 19 METODO HEC-18/ECUACION DE JONES (1996)

Ecuación basada Richardson y otros, 1993. de la CSU. Donde según Jones D<sub>50</sub> > 60 mm

$$s = 2.0 \left(\frac{0.1234}{0}\right) i^3$$

$$4 = [1 - 0.89(1 - R)^2]$$

$$R = \left[ \frac{0}{c_{90}} \frac{i_{50}}{i_{50}} \right]$$

$$i_{50} = 0.645 \left(\frac{50}{c_{50}}\right) c_{50}$$

$$c_{50} = 11.21 \left(\frac{0}{0}\right)^{6/50}$$

$$c_{90} = 11.21 \left(\frac{0}{90}\right)^{6/90}$$


$$90 = 50 \left(\frac{84}{50}\right)$$

Correction Factor	Value or Equation
<b>K<sub>1</sub>: Pier-nose shape</b>	
Square nose	1.1
Round nose	1.0
Circular cylinder	1.0
Group of cylinders	1.0
Sharp nose	.9
<b>K<sub>2</sub>: Angle of attack of flow (θ)</b>	
	[Cosθ + (L/b) Sinθ] <sup>0.65</sup> , where θ = angle of attack of flow If L/b > 12, use 12 as a maximum
<b>K<sub>3</sub>: Bed condition</b>	
Clear-water scour	1.1
Live-bed scour	
Plane-bed and antidune bedform	1.1
Small dunes, 3 ft > dune height ≥ 0.6 ft	1.1
Medium dunes, 9 ft > dune height ≥ 3 ft	1.1 to 1.2
Large dunes, dune height > 9 ft	1.3

Parámetro	Definición	S. Inte.	S. Ingl.
y <sub>0</sub>	Prof. de flujo aguas arriba de la pila (m) / (pies)	1.8	6.0
V <sub>0</sub>	Velocidad media del flujo (m/s) / (pies/s)	2.3	7.4
b	Ancho de la pila (m) / (pies)	1.2	3.9
Fr <sub>1</sub>	Número de Froude	0.5	0.5
D <sub>50</sub>	Diámetro representativo D50 (mm) / (pies)	90	0.3
D <sub>84</sub>	Diámetro representativo D84 (mm) / (pies)	201	0.7
D <sub>90</sub>	Diámetro representativo D90 (mm) / (pies)	253	0.8
K <sub>1</sub>	Factor de correcion por forma del pilar	1.1	1.1
K <sub>2</sub>	Factor de correc. por angulo de ataque de la corriente	1.0	1.0
K <sub>3</sub>	Factor de correcion por la forma del lecho	1.1	1.1
K <sub>4</sub>	Factor por acorazamiento del hoyo (entre 0.4 y 1.0)	0.66	0.66
V <sub>c50</sub>	Vel. crit de mov. de partícula D50 (m/s) / (pies/s)	3.1	10.1
V <sub>c90</sub>	Vel. crit de mov. de partícula D90 (m/s) / (pies/s)	4.3	14.2
V <sub>i50</sub>	Vel. de aprox. Del sedimento D50 (m/s) / (pies/s)	1.7	5.7
VR	Ratio de velocidad	0.2	0.2
ys	Prof. de socavación total en el pilar (m) / (pies)	1.7	5.6

### 20 METODO HEC-18/ECUACION DE MUELLER (1996)

Parámetro	Definición	S. Inte.	S. Ingl.
y <sub>0</sub>	Prof. de flujo aguas arriba de la pila (m) / (pies)	1.8	6.0
V <sub>0</sub>	Vel. media del flujo (m/s) / (pies/s)	2.3	7.4
b	Ancho de la pila (m) / (pies)	1.2	3.9
Fr <sub>1</sub>	Número de Froude	0.5	0.5
D <sub>50</sub>	Diámetro representativo D50 (mm) / (pies)	90	0.3
D <sub>84</sub>	Diámetro representativo D84 (mm) / (pies)	201	0.7
D <sub>95</sub>	Diámetro representativo D95 (mm) / (pies)	338	1.1
K <sub>1</sub>	Factor de correcion por forma del pilar	1.1	1.1
K <sub>2</sub>	Factor de corre. por angulo de ataque de corriente	1.0	1.0
K <sub>3</sub>	Factor de corre. por la forma del lecho	1.1	1.1
K <sub>4</sub>	Factor por acorazamiento del hoyo (0.4 y 1.0)	0.4	0.4
V <sub>c50</sub>	Vel. Crit. de mov. de partícula D50 (m/s) / (pies/s)	3.3	11.0
V <sub>c95</sub>	Vel. Crit. de mov. de partícula D90 (m/s) / (pies/s)	5.2	17.0
V <sub>i50</sub>	Vel. de aprox. para el sedimento D50 (m/s) / (pies/s)	1.9	6.2
V <sub>i95</sub>	Vel. de aprox. para el sedimento D95 (m/s) / (pies/s)	3.1	10.3
ys	Prof. de socavación total en el pilar (m) / (pies)	1.1	3.7

 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°13 CALCULO DE LA SOCAVACION LOCAL PARA TR=10 AÑOS</b>			UNALM	
				Fecha: Mar-21	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rimac - Caso Puente Morón"					Maetria: Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por: SPVB	Revisado por: TOVB	Emitido para: Tesis	Anexo: 13	Revisión : 0	

$$c_{50} = 12.21 \left( \frac{0}{50} \right)^{0.6} / \frac{50}{95}$$

$$c_{95} = 12.21 \left( \frac{0}{95} \right)^{0.6} / \frac{95}{195}$$

$$c_{40} = 0.4 \left( \frac{0}{c_{50}} \frac{i_{50}}{i_{95}} \right)$$

$$i_{95} = 0.645 \left( \frac{95}{c_{95}} \right)$$

**CALCULO DE SOCAVACIÓN LOCAL EN ESTRIBOS:**

**1 METODO DE LIU CHANG Y SKINNER (1961)**

Parametro	Definicion	Valores
h	Profundidad media del flujo aguas arriba en el cauce principal (m)	1.8
V	Velocidad media del flujo aguas arriba (m/s)	2.3
Fr	Numero de Froude aguas arriba de la seccion	0.5
L	Longitud del estribo que se opone al paso del agua (m)	0.0
Kf	Coefficiente de correccion de forma del estribo (1.1 - 2.15)	2.2
ds	Profundidad de socavacion de equilibrio (m)	0.0

$$\frac{d_s}{h} = K_f \left( \frac{L}{h} \right)^{0.4} Fr^{0.33}$$

**2 METODO DE ARTAMONOV (1961)**

Parametro	Definicion	Valores
h	Profundidad media del flujo aguas arriba en el cauce principal (m)	1.8
Kθ	Coefficiente de correccion Kθ (θ= 90°)	1.0
Q1	Caudal interceptado por el estribo 1 (m3/s)	0.0
Q2	Caudal interceptado por el estribo 2 (m3/s)	0.0
Qd	Caudal total (m3/s)	300.5
Q2/Qd	Relacion entre el caudal interceptado por el pilar y el caudal total	0.0
KQ	Coefficiente de correccion KQ	0.0
Km	Coefficiente de correccion Km (m=3)	1.0
HT	Profundidad de agua al pie del estribo (m)	0.0

$$H_T = K_\theta K_Q K_m h$$

θ	20°	60°	90°	120°	150°
Kθ	0.84	0.94	1.00	1.07	1.19

Q1/Qd	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
KQ	2.00	2.65	3.22	3.45	3.67	3.87	4.06	4.20

Talud m	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0
Km	1.00	0.91	0.85	0.83	0.61	0.50

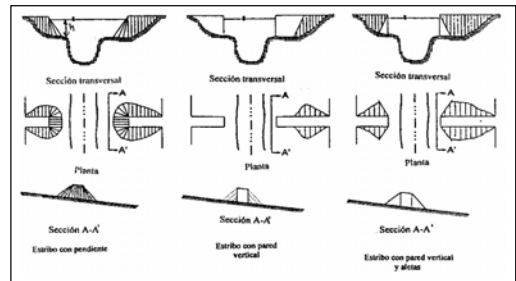
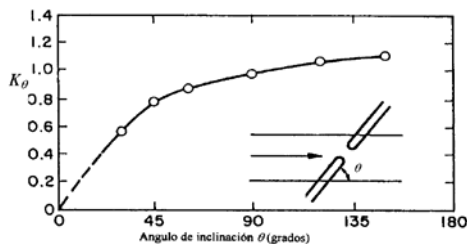
mH:1V


**3 METODO DE FROELICH (1993)**

Parametro	Definicion	Valores
v	Velocidad media del flujo aguas arriba de la seccion (m/s)	2.3
he	Profundidad media del flujo aguas arriba de la seccion (m)	1.8
Kf	Coefficiente de forma (Kf=1, 0.82, 0.55)	1.0
Ko	Coefficiente de correccion que depende del angulo de ataque del flujo	1.0
L	Longitud del estribo y acceso al puente que se opone al paso del agua (m)	0.0
Fr	Numero de Froude	0.5
ds	Profundidad de socavacion (m)	0.0

$$\frac{d_s}{h_g} = 2.27 K_f K_\theta \left( \frac{L}{h_g} \right)^{0.43} Fr^{0.61} + 1$$

Descripción	Kf
Estribo con pared vertical	1.00
Estribo con pared vertical y aletas	0.82
Estribo con pendiente hacia el cauce	0.55




 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA INDIANA</small>	<b>Anexo N°13 CALCULO DE LA SOCAVACION LOCAL PARA TR=10 AÑOS</b>			UNALM
				Fecha: Mar-21
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rimac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por: SPVB	Revisado por: TOVB	Emitido para: Tesis	Anexo: 13	Revisión : 0

**RESUMEN DE CALCULO DE LA SOCAVACION**

<b>SOCAVACION LOCAL EN PILAS</b>		<b>Valor (m)</b>
1	METODO DE LAURSEN Y TOCH (1953,1956) (*)	2.64
2	METODO DE NEILL (1964)	2.04
3	METODO DE LARRAS (1963)	1.74
4	METODO DE ARUNACHALAM (1965,1967)	3.52
5	METODO DE MAZA-SANCHEZ (1968) (*)	2.26
6	METODO DE BREUSERS, NICOLLET Y SHEN (1977)	1.68
7	METODO DE FROEHLICH (1991) (*)	1.87
8	METODO DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE COLORADO	2.05
9	METODO DE YAROSLAVTZIEV (1969) (*)	1.23
10	METODO DE JAIN Y FISHER (1979)	2.65
11	METODO DE FLORES - AGUIRRE PE (1977)	0.55
12	METODO DE MELVILLE Y SUTHERLAND (1988)	1.53
13	METODO DE LEON (2000)	0.96
14	METODO DE LA UNIVERSIDAD DE AUKLAND (1990)	0.70
15	METODO DE SHEPPARD Y MILLER (2006)	1.38
16	METODO CHINO SIMPLIFICADO (1996)	0.99
17	METODO DE FROEHLICH (1996)	0.64
18	METODO DE LA ECUACION DE DISEÑO DE FROEHLICH	1.84
19	METODO HEC-18/ECUACION DE JONES (1996)	1.70
20	METODO HEC-18/ECUACION DE MUELLER (1996)	1.13
<b>SOCAVACION LOCAL EN ESTRIBOS</b>		<b>Valor</b>
1	METODO DE LIU CHANG Y SKINNER (1933)	0.00
2	METODO DE ARTAMONOV (1961)	0.00
3	METODO DE FROEHLICH (1991)	0.00

(\*) Metodo mas usado

**ANEXO 14: CÁLCULO DE LA SOCAVACIÓN LOCAL TR=500 AÑOS**

 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA HUELVA</small>	<b>Anexo N°14 CALCULO DE LA SOCAVACION LOCAL PARA TR=500 AÑOS</b>				UNALM
					Fecha:
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"					Maetria: Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis
				Anexo:	14
				Revisión :	0

### CALCULO DE SOCAVACIÓN LOCAL EN PILAS

#### DATOS INICIALES:

Parámetro	Definición	Valores (*)
h (m)	Tirante hidráulico en pila (aguas arriba)	3.1
a (m)	Ancho pilar	1.2
a' (m)	Ancho proyectado de pila	1.2
Vo (m/s)	Velocidad Media de la corriente frente a la Pila	2.7
F	Número de Froude sección aguas arriba	0.5
D <sub>50</sub> (mm)	Diámetro del material del lecho en una mezcla en la que 50% es m	90.0

(\*) Parámetros hidráulicos obtenidos mediante el modelo IBER

#### 1 METODO DE LAURSEN Y TOCH (1953,1956)

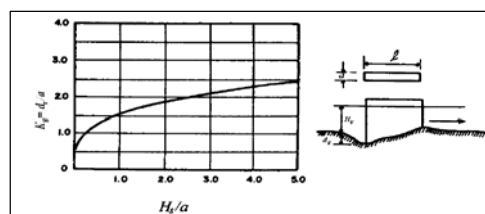
Parámetro	Definición	Valores
Kf	Coefficiente que depende de la forma de la nariz de la pila	1.0
Hs	Profundidad de agua que queda despues de la socavacion por contraccion (m)	3.1
a	Ancho de la pila (m)	1.2
Hs/a	Relacion profundidad socavacion y ancho de la pila	2.6
Kg	Coefficiente que depende de la relacion Hs/a	2.2
ds	Profundidad de socavacion local medida a partir del fondo del cauce (m)	2.6

$$\text{Ecuacion : } d_s = K_f K_g a$$

FORMA DE LA NARIZ	COEFICIENTE K <sub>f</sub> DE SCHNEIBLE
RECTANGULAR $l/a = 4$	1.00
SEMICIRCULAR	0.90
ELIPTICA $\frac{p}{r} = \frac{2}{j}$	0.81
	0.75
LENTICULAR $\frac{p}{r} = \frac{2}{j}$	0.81
	0.69

FORMA DE LA NARIZ	SEGÚN TISON
BISELADA $l/a = 4$	0.78
PERFIL HIDRODINAMICO $l/a = 4$	0.75



#### 2 METODO DE NEILL (1964)

Parámetro	Definición	Valores
h	Profundidad del flujo aguas arriba de la pila (m)	3.1
a'	Ancho proyectado de la pila (m)	1.2
Kf	Factor que depende la nariz de la pila ( Pila redondeada Kf=1.2)	1.5
ds	Profundidad de socavacion local medida a partir del fondo del cauce (m)	2.4

$$\text{Ecuacion : } d_s = 1.5 (a')^{0.7} h^{0.3}$$

#### 3 METODO DE LARRAS (1963)

Parámetro	Definición	Valores
a	Ancho de la pila (m)	1.2
L	Largo de la pila (m)	3.2
L/a	Relacion entre el largo y ancho de la pila	2.7
Kf	Factor de correccion por la forma de la pila	1.3
Ko	Factor de correccion por el angulo de ataque de la corriente	1.1
K	Producto de Kf x Ko	1.4
ds	Profundidad de socavacion local medida a partir del fondo del cauce (m)	1.7

$$\text{Ecuacion : } d_s = 1.05 K a^{0.75}$$

Tabla 3.3 Factor de corrección  $K_f$  por forma de la pila. Métodos de Larras y Melville y Sutherland. Adaptada de Higuera C. y Pérez G., 1989 y Melville B. W., 1988.

en planta	Largo/ancho de la pila	Chavete	Isna	Traves	Eccardo	Verticalidad
Circular	1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	
Lenticular	2.0 3.0 4.0 7.0	0.73	0.97 0.76	0.67 0.41		
Perfil hidrodinámico o Ioskovska	4.0 4.1 4.5	0.86		0.76	0.76	
Elíptica	2.0 3.0		0.91 0.83			
Oval	4.0	0.92		0.86		
Circular doble	4.0	0.95				
Oblonga	1.0 1.5 2.0 3.0 4.0		1.00 1.00 1.00			
Rectangular chaflanada	4.0	1.03		1.00		
Rectangular	0.25 4.0 4.5 5.3 9.3		1.30	1.40 1.40 1.40	1.25	
Nariz triangular a 60°						0.75
Nariz triangular a 90°						1.25
Nariz parabólica						0.56

Tabla 3.4 Factor de corrección  $K_\phi$  por ángulo de ataque del flujo. Método de Larras.

Forma de la pila en planta	Largo/ancho de la pila	$K_\phi$					
		0°	10°	15°	20°	30°	45°
Lenticular	1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	2.0	0.91				1.13	
	3.0	0.76	0.98	1.02	1.24	1.00	2.02
Perfil hidrodinámico	4.0	0.76				1.50	1.97
	4.5	0.86		1.09		1.40	1.36
Elíptica	2.0	0.91				1.13	
	3.0	0.83	0.98	1.06	1.24	1.13	
Oval	4.0	0.92		1.18		1.51	
	4.0	0.92		1.18		1.51	
Oblonga	2.0	1.00				1.17	
	3.0	1.00	1.02	1.13	1.24	1.52	1.65
	4.0	1.00		1.15		1.60	1.66
Rectangular	2.0	1.11		1.38		1.56	1.65
	4.0	1.11		1.72		2.17	2.43
	4.0(x)	1.11		1.99		2.94	3.28
	4.5					2.09	
	6.0			2.20		2.69	3.05
	8.0	1.11		2.23		3.03	3.64
	10.0	1.11		2.48		3.43	4.16

Figura 3.7 Formas usuales de pilas. Método de Larras. Higuera C. y Pérez G., 1989.

**4 METODO DE ARUNACHALAM (1965,1967)**

Parámetro	Definición	Valores
a	Ancho de la pila (m)	1.2
Q	Caudal de avenida (m <sup>3</sup> /s)	578.6
B	Ancho del cauce (m)	74.2
q	Caudal unitario (m <sup>3</sup> /s.m)	7.8
ds	Profundidad de socavacion local medida a partir del fondo del cauce (m)	4.3

Ecuacion :  $d_s = 1.334 q^{2/3} \left[ 1.95 \left( \frac{1.334 q^{2/3}}{a} \right)^{-1/6} - 1 \right]$

**5 METODO DE MAZA-SANCHEZ (1968)**

Parametro	Definicion	Valores
Hs	Profundidad del agua hacia aguas arriba de la pila antes de la socavacion (m)	3.1
V	Velocidad media de la corriente frente a la pila (m/s)	2.7
Fr <sup>2</sup>	Numero de Froude al cuadrado aguas arriba	0.2
fc	Factor de correccion	1.0
Fr <sup>2</sup>	Numero de Froude al cuadrado aplicando con factor de correccion	0.2
a'	Ancho de la pila (m)	1.2
Hs/a'	Relacion	2.6
(Hs+ds)/a'	Relacion de tablas (Fr <sup>2</sup> vs Hs/a')	4.7
ds	Profundidad de socavacion local medida a partir del fondo del cauce (m)	2.5

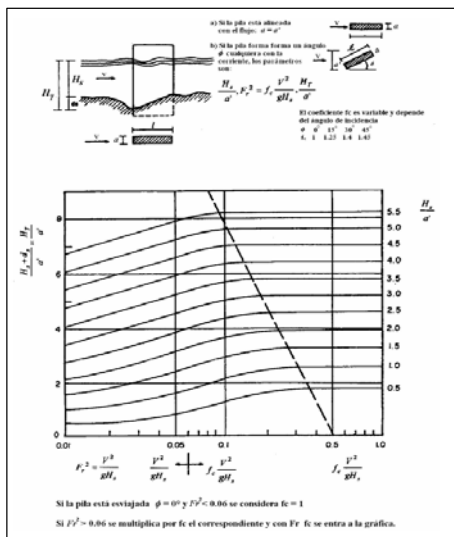


Tabla 3.5 Factor de corrección  $f_c$  Método de Maza-Sánchez.


$\phi$	0°	15°	30°	45°
$f_c$	1.0	1.25	1.40	1.45

$\phi$  = ángulo de ataque del flujo

Si la pila está sesgada con respecto al flujo y  $Fr^2 < 0.06$ , se trabaja con  $f_c = 1.0$ .  
 Si la pila está sesgada con respecto al flujo y  $Fr^2 \geq 0.06$ , se trabaja con la siguiente expresión:

**6 METODO DE BREUSERS, NICOLET Y SHEN (1977)**

Parámetro	Definición	Valores
a	Dimetro de la pila circular (m)	1.2
ds	Profundidad maxima de socavacion medida desde el nivel medio del lecho (m)	1.7

 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°14 CALCULO DE LA SOCAVACION LOCAL PARA TR=500 AÑOS</b>				UNALM	
					Fecha:	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"						Maetria: Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	Anexo: 14
						Revisión : 0

Ecuacion :  $d_s = 1.4 a$

Parámetro	Definición	Valores
a	Dimetro de la pila circular (m)	1.2
V	Velocidad media del flujo (m/s)	2.7
Vc	Velocidad critica (m/s)	3.2
h	Profundidad del agua (m)	3.1
Ang	Angulo de ataque	0.0
l	Longitud de la pila (m)	3.2
V/Vc	Relacion entre velocidad media y velocidad critica	0.9
h/a	Relacion entre profundidad de agua y diametro del pilar	2.6
l/a	Relacion entre la longitud y el ancho de la pila	2.7
f1 (V/Vc)	Funcion f1	0.7
f2 (h/a)	Funcion f2	2.0
f3 (forma)	Funcion f3	1.3
f4 (Ang l/a)	Funcion f4	1.0
ds	Profundidad de socavacion por debajo del lecho original (m)	2.2

Ecuacion :  $d_s = a f_1 \left(\frac{V}{V_c}\right) f_2 \left(\frac{h}{a}\right) f_3 (forma) f_4 \left(\frac{l}{a}\right)$

7 METODO DE FROEHLICH (1991)

Parámetro	Definición	Valores
a'	Ancho proyectado de la pila con relacion al angulo de ataque (m)	1.2
a	Ancho de la pila, adicionado como un factor de seguridad (m)	1.2
Kf	Factor de correccion por la forma de la pila	1.3
h	Profundidad del flujo directamente aguas arriba de la pila (m)	3.1
Fr	Número de Froude en la sección aguas arriba de la pila	0.5
D50	Diametro de la partícula de lecho en una mezcla cuyo 50% es menor (mm)	90.0
ds	Profundidad de socavación (m)	2.0

Ecuacion :  $d_s = 0.32 f' \cdot h^{.47} \cdot D_{50}^{-.22} \cdot Fr^{-.09}$

Forma de la pila	K <sub>f</sub>
Punta cuadrada	1.3
Pila con punta circular	1.0
Pila con punta aguda o triangular	0.7

8 METODO DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE COLORADO (CSU) O FHWA (HEC-18)

Parámetro	Definición	Valores
h	Profundidad de flujo aguas arriba de la pila (m)	3.1
V	Velocidad media del flujo (m/s)	2.7
a	Ancho de la pila (m)	1.2
Kf	Factor de correccion por forma del pilar	1.1
Kφ	Factor de correccion por angulo de ataque de la corriente	1.0
Kc	Factor de correccion por la forma del lecho	1.1
Ka	Factor por acorazamiento del hoyo (entre 0.4 y 1.0 )	0.8
Fr	Numero de Froude	0.5
ds/h	Relacion entre socavacion y profundidad de flujo	0.8
ds	Profundidad de socavacion (m)	2.4

Ecuacion :  $d_s = 2.0 h f \phi c a \left(\frac{a}{h}\right)^{.0}$

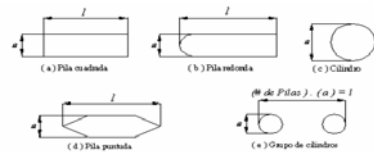


Figura 3.12 Formas típicas de pilas. HEC-18. 1993.

Factor de corrección por la forma de la pila K<sub>f</sub> Método CSU. HEC-18. 1993.

Forma de la pila	K <sub>f</sub>
Nariz cuadrada	1.1
Nariz redonda	1.0
Cilindrica	1.0
Punta aguda	0.9
Grupo de cilindros	1.0

Factor de corrección por el ángulo de ataque del flujo K<sub>φ</sub> Método CSU. HEC-18. 1993.

Ángulo de ataque	l/a = 4	l/a = 8	l/a = 12
0°	1.0	1.00	1.0
15°	1.5	2.00	2.5
30°	2.0	2.75	3.5
45°	2.3	3.30	4.3
90°	2.5	3.90	5.0


3.10 Factor de corrección por la forma del lecho K<sub>c</sub> Método CSU. HEC-18. 1993.

Condición del lecho	Altura de la duna H [pies]	K <sub>c</sub>
Socavación en agua clara	N/A	1.1
Lecho plano y antidunas	N/A	1.1
Dunas pequeñas	2 < H < 10	1.1
Dunas mediana	10 < H < 30	1.1 a 1.2
Dunas grandes	H > 30	1.3

Criterios para adoptar K<sub>c</sub> (HEC-18, 2001).

D <sub>50</sub> < 2 mm o D <sub>50</sub> < 20 mm	K <sub>c</sub> = 1.0
D <sub>50</sub> ≥ 2 mm y D <sub>50</sub> ≥ 20 mm	K <sub>c</sub> = 0.4(τ <sub>c</sub> ) <sup>0.15</sup>



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°14 CALCULO DE LA SOCAVACION LOCAL PARA TR=500 AÑOS</b>				UNALM
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rimac - Caso Puente Morón"					Maetria: Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis
				Anexo:	14
					Revisión : 0

**9 METODO DE LA YAROSLAVTZIEV (1969)**

Parámetro	Definición	Valores
Kf	Coefficiente que depende de la forma de la pila y del angulo de ataque	12.4
Kv	Coefficiente que esta en funcion del número de Froude de la pila	0.8
e	Coefficientes de corrección que depende la ubicación de la pila en el cauce	0.8
Kh	Coefficiente que depende de la relación Hs/b1	0.5
D85	Diámetro característico que indica el 85% del peso del material del cauce (mm)	212.5
V	Velocidad media de la corriente aguas arriba del pilar (m/s)	2.7
b1	Proyeccion del ancho del pilar sobre un plano perpendicular a la corriente (m)	1.2
yn	Tirante normal aguas arriba del pilar (m)	3.1
ds	Profundidad de socavacion a partir del lecho (m)	2.6

Valores del coeficiente de forma

Forma del pilar	Kf
Rectangulares con aristas rectas	12.4
Circulares	10
Pilares rectangulares con aristas redondeadas	$k_f = 8.5 + 1.5 \sin \alpha^*$

\* hasta  $\alpha = 30^\circ$ , sufriendo variaciones cuando existen zapatas y pilotes protruyentes en el fondo.

Coeficiente de corrección

Localización del pilar	e
Cauce principal	0.6
Cauce de avenidas	1.0

$$= f v (h) \frac{2}{85} \log(v) = -0.28 \sqrt[3]{\frac{2}{1}} \log(h) 0.17 - 0.35 \frac{1}{1}$$

**10 METODO DE JAIN Y FISHER (1979)**

Parámetro	Definición	Valores
yl	Tirante aguas arriba del pilar (m)	3.1
a	Ancho del pilar (m)	1.2
V	Velocidad media de la corriente aguas arriba del pilar (m/s)	2.7
Fr	Numero de Froude	0.5
D50	Diámetro representativo D50 (mm)	90.0
Y	Peso específico del agua (N/m3)	9800.0
Ys	Peso específico del sedimento (N/m3)	26166.0
$\Delta$	Densidad relativa de las partículas sumergidas	1.7
S	Pendiente (m/m)	0.0
$\tau^*$	Parametro de Shields o esfuerzo cortante adimensional	0.4
$\tau_c$	Esfuerzo cortante crítico (N/m2) - De tablas	76.6
$\rho$	Densidad (kg/m3)	1000.0
U*c	Velocidad crítica de la partícula (m/s)	0.3
v	Viscosidad cinemática (m2/s)	0.0
$\delta$	Parametro $\delta$ (m)	0.0
ks/ $\delta$	Relación, donde Ks=D50	2147.4
X	Factor de Einstein X en la ecuación logarítmica de la vel (1950). Ver fig.	1.0
Vc	Velocidad crítica (m/s)	4.1
Fc	Froude crítico (m/s)	0.7
Ys	Socavación (m)	3.3

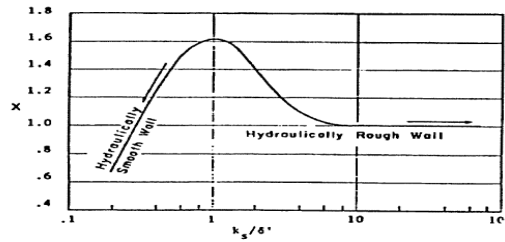
$$s = \left(\frac{c}{s}\right)^{.5} = 11.6 \frac{h}{\Delta m} \quad s = \frac{h}{\Delta m}$$

$$c = (s) .50 \quad c = (2.5 \ln(11 / 50))$$

$$c = \frac{c}{\sqrt{1}}$$

$$\left(\frac{c}{s}\right) 0.2 \quad \frac{s}{2} .0( - c) .25 \left(\frac{1}{1}\right)^{.5}$$

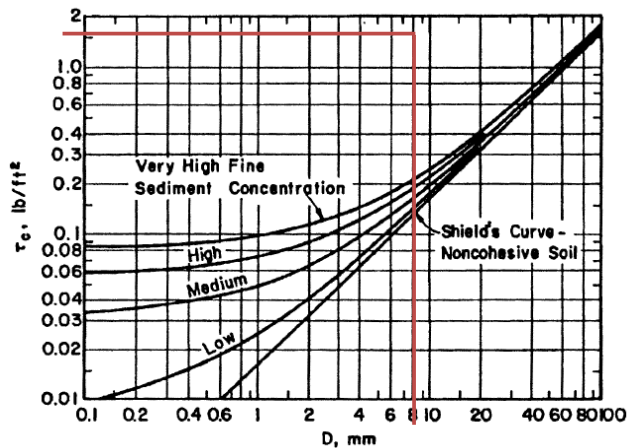
$$\left(\frac{c}{s}\right) < 0 \quad \frac{s}{1} .85( c) .25 \left(\frac{1}{1}\right)^{.5}$$




D1 = D50 = 90.0 mm

De tabla se obtiene Tc

Tc = 1.6 lb/ft2  
Tc = 77 N/m2



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA HUELVA</small>	<b>Anexo N°14 CALCULO DE LA SOCAVACION LOCAL PARA TR=500 AÑOS</b>				UNALM
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"					Maetria: Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para: Tesis	Anexo: 14
					Revisión : 0

**11 METODO DE FLORES - AGUIRRE PE (1977)**

Parámetro	Definición	Valores
h	Tirante aguas arriba del pilar (m)	3.1
a	Ancho del pilar (m)	1.2
V	Velocidad media de la corriente aguas arriba del pilar (m/s)	2.7
S	Pendiente del cauce (m/m)	0.0
Fr	Numero de Froude	0.5
D50	Diámetro representativo D50 (mm)	90.0
D80	Diámetro representativo D80 (mm)	171.4
ρ	Densidad del agua (kg/m <sup>3</sup> )	1000.0
ρs	Densidad del sedimento (kg/m <sup>3</sup> )	2670.0
D*	Parametro adimensional	4353.9
τ*	Parametro de Shields o esfuerzo cortante adimensional	0.1
τc	Esfuerzo cortante critico de Shields (N/m <sup>2</sup> )	168.5
U*c	Velocidad critica de la partícula (m/s)	0.4
D50/a	Condicion de empleo de las formulaciones 0.0118<D50/b<0.0922	0.1
τo	Esfuerzo cortante normal de Shields (N/m <sup>2</sup> )	547.4
Ys	Socavación empleando D80 (m)	0.5
Ys	Socavación empleando D50 (m)	0.5

$$* = \left[ \left( \frac{s}{1} \right) \right]^{3/2} \quad \text{García y Maza (1997)}$$

$$3.46 < * < 182.011861 \quad * = \frac{0.2061}{s^{0.9690}} + 0.0947 - \left[ \frac{44.6685}{*} \right]^{5170}$$

$$c = \left( \frac{s}{c} \right)^{0.80} \quad * \geq 182.011861 \quad * \geq 0.06$$

$$* = \left( \frac{c}{s} \right)^{0.59} \quad s \left( \frac{1.56 - 1.41 \frac{80}{s}}{c} \right)^{0.62 + 0.02 D_{50} / s}$$

$$s \geq 0.21 \left( \frac{c}{s} \right)^{0.80}$$

**12 METODO DE MELVILLE Y SUTHERLAND (1988)**

Parámetro	Definición	Valores
h	Tirante aguas arriba del pilar (m)	3.1
a	Ancho del pilar (m)	1.2
V	Velocidad media de la corriente aguas arriba del pilar (m/s)	2.7
D50	Diámetro representativo D50 (mm)	90.0
Ki	Factor de corrección por intensidad del flujo	1.8
Kh	Factor de corrección por profundidad del flujo	1.0
Kd	Factor de corrección por tamaño del sedimento	0.7
Kσ	Factor de corrección por gradación del sedimento	1.0
Kf	Factor de corrección por la forma de la pila	1.1
Kφ	Factor de corrección por ángulo de ataque del flujo	1.1
σg	Desviación estándar de los sedimentos (D84/D50)	2.4
D84	Diámetro representativo D84 (mm)	212.5
m	Exponente en función del Dmax	1.3
Dmáx	Diámetro máximo representativo o D90 (mm)	270.3
D50a	Diámetro 50 del lecho acorazado (mm)	150.2
V*ca	Velocidad cortante critica de acorazamiento a D50a (m/s)	0.4
V*c	Velocidad cortante critica correspondiente a D50 (m/s)	0.3
Vca	Velocidad critica de acorazamiento a V*ca (m/s)	4.6
Vc	Velocidad critica a V*c (m/s)	3.8
Va	Velocidad critica de acorazamiento (m/s)	3.7
Va > Vc	Condicion de que el lecho se acorace	No se acoraza
ds	Profundidad de socavación local (m)	1.8

$$g = \frac{84}{50} \quad \text{max } g \leq 50$$

$$* = \sqrt{50a}$$

$$* \geq 0.0305 \sqrt{50} - \frac{0.0065}{50}$$

$$c \geq 0.75 * \left( 5.53 \frac{h}{50} \right)$$

$$a \geq 0.8 c_a$$

$$i \geq 2.4 \left[ \frac{(a - c)}{c} \right]$$

$$i \geq 2.4$$

$$s \quad i \quad h \quad a \quad \sigma \quad f \quad \phi$$

Dmax asumido	m
D90	1.28
D95	1.65
D98	2.06
D99	2.34

Fuente: Melville, B.W., 1988.

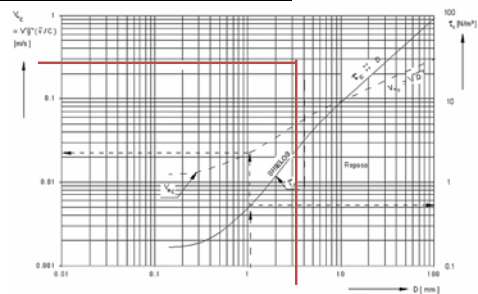
$$1 < 50 < 100$$

$$c_a \geq 0.75 * \left( 5.53 \frac{h}{50a} \right)$$

$$\text{Si } \frac{V - (V_a - V_c)}{V_c} < 1$$

$$\text{Si } \frac{V - (V_a - V_c)}{V_c} > 1 \quad h$$

$$\phi \geq 1.1, f \geq 1.1, \sigma \geq 1.0$$




$$d \geq 0.57 \left( \frac{2.24 h}{50} \right) \quad \frac{h}{50} > 2.5$$

$$d \geq 1.0 \quad \frac{h}{50} > 2.5$$

$$h \geq 1.0 \quad \frac{h}{50} > 2.6$$

$$h \geq 0.78 \left( \frac{h}{50} \right)^{0.255} \quad \frac{h}{50} < 2.6$$

 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA HUELVA</small>	<b>Anexo N°14 CALCULO DE LA SOCAVACION LOCAL PARA TR=500 AÑOS</b>				UNALM
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"					Maetria: Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por: SPVB	Revisado por: TOVB	Emitido para: Tesis	Anexo: 14	Revisión: 0	

**13 METODO DE LEON (2000)**

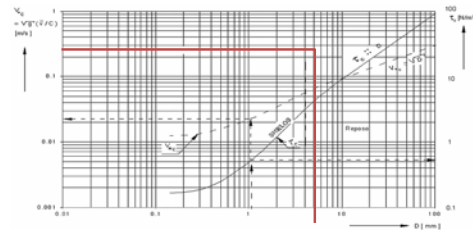
Parámetro	Definición	Valores
h	Tirante aguas arriba del pilar (m)	3.1
a	Ancho del pilar (m)	1.2
V	Velocidad media de la corriente aguas arriba del pilar (m/s)	2.7
S	Pendiente del cauce (m/m)	0.0
Fr	Numero de Froude	0.5
D80	Diámetro representativo D80 (mm)	171.4
Y	Peso específico del agua (N/m3)	9800.0
Ys	Peso específico del sedimento (N/m3)	26166.0
τ	Esfuerzo de corte hidráulico sobre el lecho (N/m2)	546.8
V*c	Velocidad cortante crítica (m/s)	0.4
ρ	Densidad del agua (kg/m3)	1000.0
τc	Esfuerzo cortante critico de Shields (N/m2)	171.4
Ys	Profundidad de socavación total en el pilar (m)	1.1

$$s = 0.66 \left(\frac{\tau}{\tau_c}\right)^{.31}$$

$$s > 40 \quad = h$$

$$s = \sqrt{80} \quad 100 < 80$$

$$s = \sqrt{c}$$



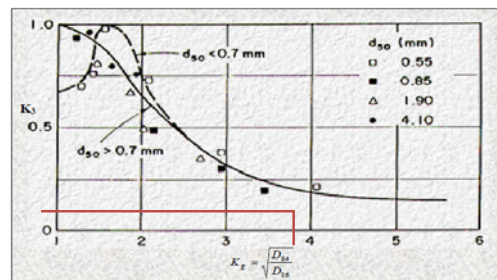
**14 METODO DE LA UNIVERSIDAD DE AUCKLAND (1990)**

UAK - en FHWA aplicado para lechos con material graduado y/o acorazado

Parámetro	Definición	Valores
a	Ancho del pilar (m)	1.2
S	Pendiente del cauce (m/m)	0.0
D50	Diámetro representativo D50 (mm)	90.0
D84	Diámetro representativo D84 (mm)	201.3
D16	Diámetro representativo D16 (mm)	7.9
K1	Coefficiente para el tipo de pilar.	1.1
K2	Coefficiente para el ángulo de ataque del flujo.	1.0
K3	Coefficiente por el efecto de la graduación del sedimento Tabla K3 vs Kg	0.2
Kg	Coefficiente de gradación	5.0
Kfs	Coefficiente de seguridad por Copp y Johnson 1987	1.5
b/D50	Relacion b/D50	13.3
Ys	Profundidad de socavación total en el pilar (m)	0.7

Forma de la nariz del pilar	K1=Ks
Nariz cuadrada	1.1
Nariz redondeada	1
Cilindro circular	1
Nariz aguda	0.9
Grupo de cilindros	1

Incidenci (°)	K2=K0		
	l/a=4	l/a=8	l/a=12
0	1.0	1.0	1.0
15	1.5	2.0	2.5
30	2.0	2.5	3.5
45	2.3	3.3	4.3
90	2.5	3.9	5.0



$$K_3 < 2 \quad f_s = 1/3$$

$$K_3 > 2 \quad f_s = 1/5$$

$$s = 2.1 \cdot 1.2 \cdot 3 \cdot f_s$$

$$s = 0.45 \cdot 1.2 \cdot 3 \cdot f_s \left(\frac{1}{50}\right)^{.53}$$

$$\frac{1}{50} = 1.8$$

$$\frac{1}{50} = 1.8$$

**15 METODO DE SHEPPARD Y MILLER (2006)**


Este método es el último desarrollado en la actualidad

$$\frac{s}{*} = 2.5 \cdot 1.2 \cdot 3$$

$$\frac{s}{*} = 1 \cdot 2.2 \left( \frac{1}{c} \cdot 1 \right) \cdot 2 \cdot .5 \left( \frac{1p}{c} \cdot 1 \right) \cdot 3 \quad h$$

$$\frac{s}{*} = 2.2 \cdot 1 \quad h \quad \frac{1}{c} > \frac{1p}{c}$$

$$1 \cdot h \left[ \left( \frac{1}{*} \right)^4 \right] \quad 1p1 = 5 \cdot c \quad 1p2 = 0.6 \sqrt{1} \quad 1p = \begin{cases} 1p1 & 1p1 & 1p2 \\ 1p2 & 1p2 & 1p1 \end{cases}$$

 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGROPECUARIA LA HUELVA</small>	<b>Anexo N°14 CALCULO DE LA SOCAVACION LOCAL PARA TR=500 AÑOS</b>			UNALM
				Fecha: Mar-21
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rimac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para: Tesis
			Anexo: 14	Revisión: 0

$$2 \quad 1 - 1.2 \left[ \left( \frac{1}{c} \right)^2 \right]$$

$$3 = \left[ \frac{\frac{50}{a^*}}{0.4 \left( \frac{a^*}{50} \right)^2 + 10.6 \left( \frac{a^*}{50} \right)^{-0.3}} \right]$$

Donde  $a^* = h$

Factor de forma = 1, Circular

Factor de forma =  $0.86 + 0.97 \left( \left| \frac{a^*}{4} \right| \right)^4$ , Rectangular

$$* \quad 0.0305 \sqrt{50} - \frac{0.0065}{50} \quad 1 < 50 < 100$$

$$c \quad 5 \quad .75 \quad * \quad \left( 5.53 \frac{1}{50} \right)$$

Parámetro	Definición	Valores
a	Ancho del pilar (m)	1.2
y1	Tirante aguas arriba del pilar (m)	3.1
D50	Diámetro representativo D50 (mm)	90.0
f	Factor de forma del pilar	1.2
a*	Ancho efectivo del pilar (m)	1.5
V1	Velocidad media de la corriente aguas arriba del pilar (m/s)	2.7
V*c	Velocidad cortante crítica del sedimento (m/s)	0.3
Vc	Velocidad crítica del diámetro representativo D50 (m/s)	3.8
V1P1	Velocidad pico calculada en lecho vivo (m/s)	19.0
V1P2	Velocidad pico calculada en lecho vivo (m/s)	3.3
V1P	Velocidad final pico calculada en lecho vivo (m/s)	19.0
a*/D50	Relacion del ancho del pilar - tamaño del sedimento	16.4
f1	Factor de forma del pilar	0.9
f2	Factor de intensidad de flujo	0.9
f3	Factor de tamaño del sedimento	0.9
V1/Vc	Condicion de aplicación de formula respecto a la velocidad media	0.7
V1P/Vc	Condicion de aplicación de formula respecto a la velocidad crítica	5.0
ys	Profundidad de socavación total en el pilar (m)	1.6

### 16 METODO CHINO SIMPLIFICADO (1996)

Ecuación para cauces con material grueso en sistema ingles

Para agua clara

$$s \quad 1 \quad .141 \quad s \quad .6 \quad 0 \quad .15 \quad m \quad -0.07 \quad \left( \frac{a}{c} \frac{ic}{ic} \right) \quad 0 \quad c \quad c \quad 3 \quad .28 \quad \left( \frac{a}{m} \right)^{.14} \quad \left( 8.85 \quad m \quad 6 \quad .05 \quad -7 \quad \left[ \frac{10 + 0.3048 \quad 0}{(0.3048 \quad m) \cdot 72} \right] \right)^{.5}$$

Para lecho vivo

$$s \quad 0 \quad .950 \quad s \quad .6 \quad 0 \quad .15 \quad m \quad -0.07 \quad \left( \frac{a}{c} \frac{ic}{ic} \right)^c \quad 0 \quad c \quad \left( \frac{c}{0} \right)^{.20 + .23 \log D_m} \quad ic \quad 0 \quad .645 \quad \left( \frac{m}{c} \right)^{.053} \quad c$$

Ks	Coefficiente simplificado de forma del pilar
1.10	Pilares nariz cuadrada
1.00	Pilares cilindricos
0.80	Pilares con nariz redonda
0.66	Pilares con nariz aguda


Parámetro	Definición	S. Inte.	S. Ingl.
a	Ancho del pilar (m) / (pies)	1.2	3.9
y0	Tirante aguas arriba del pilar (m) / (pies)	3.1	10.2
Ks	Coefficiente simplificado de forma de pilar	1.1	1.1
Vo	Velocidad media de la corriente aguas arriba del pilar (m/s) / (pies/s)	2.7	8.9
Dm	Diámetro medio representativo (mm) / (pies)	123.6	0.4
Vc	Velocidad crítica del diámetro representativo (m/s)	3.0	9.8
c	Exponente C	0.0	0.0
Vic	Velocidad de aprox correspondiente a la vel crítica (m/s) / (pies/s)	0.0	0.0
ys	Profundidad de socavación total en el pilar (m) / (pies)	1.2	3.9

### 17 METODO DE FROEHLICH (1996)

De la investigación realizada por Landers y Mueller, partiendo de la ecuacion de Froehlich en 1988.

$$s \quad 0 \quad .32 \quad \phi \quad i \quad 2 \quad \left( \frac{e}{c} \right)^{.62} \quad \left( \frac{0}{c} \right)^{.46} \quad \left( \frac{c}{50} \right)^{.08}$$

φ	Coefficiente de forma del pilar
1.30	Pilar nariz cuadrada
1.00	Pilar nariz redonda
0.70	Pilar nariz aguda

 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA HUELVA</small>	<b>Anexo N°14 CALCULO DE LA SOCAVACION LOCAL PARA TR=500 AÑOS</b>			UNALM
				Fecha: Mar-21
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rímac - Caso Puente Morón"				Maetria: Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por: SPVB	Revisado por: TOVB	Emitido para: Tesis	Anexo: 14	Revisión : 0

Parámetro	Definición	S. Inte.	S. Ingl.
a	Ancho del pilar (m) / (pies)	1.2	3.9
y0	Tirante aguas arriba del pilar (m) / (pies)	3.1	10.2
be	Coficiente simplificado de forma de pilar	1.2	3.9
Fr	Número de Froude	0.5	0.5
D50	Diámetro medio representativo (mm) / (pies)	90.0	0.3
ys	Profundidad de socavación total en el pilar (m) / (pies)	<b>0.8</b>	2.7

### 18 METODO DE LA ECUACION DE DISEÑO DE FROEHLICH (1996)

Froehlich modificó su ecuación dejando de subestimar el valor de la socavacion

$$s = 0.32 \cdot \left(\frac{b_e}{b}\right)^2 \cdot \left(\frac{y_0}{b}\right)^{0.62} \cdot \left(\frac{D_{50}}{b}\right)^{0.46} \cdot \left(\frac{b}{D_{50}}\right)^{0.08} + i^{0.43}$$

Parámetro	Definición	S. Inte.	S. Ingl.
a	Ancho del pilar (m) / (pies)	1.2	3.9
ysi	Profundidad de socavación ec. 3.18 (m) / (pies)	0.8	2.7
ys	Profundidad de socavación total en el pilar (m) / (pies)	<b>2.0</b>	6.6

### 19 METODO HEC-18/ECUACION DE JONES (1996)

Ecuación basada Richardson y otros, 1993. de la CSU. Donde según Jones D50 > 60 mm

$$s = 2.0 \cdot \left(\frac{b}{D_{50}}\right)^{0.1} \cdot \left(\frac{y_0}{b}\right)^{0.2} \cdot \left(\frac{D_{50}}{b}\right)^{0.4} \cdot \left(\frac{b}{D_{50}}\right)^{0.053} \cdot \left(\frac{D_{50}}{90}\right)^{0.282} \cdot i^{0.43}$$

$$R = \left[ \frac{0}{c_{90}} \cdot \frac{i_{50}}{i_{50}} \right]$$

$$c_{50} = 11.21 \cdot \left(\frac{D_{50}}{90}\right)^{0.6} \cdot \left(\frac{D_{50}}{90}\right)^{0.3}$$

$$c_{90} = 11.21 \cdot \left(\frac{D_{50}}{90}\right)^{0.6} \cdot \left(\frac{D_{50}}{90}\right)^{0.3}$$


$$90 = 50 \cdot \left(\frac{84}{50}\right)^{0.282}$$

Correction Factor	Value or Equation
<b>K<sub>1</sub>: Pier-nose shape</b>	
Square nose	1.1
Round nose	1.0
Circular cylinder	1.0
Group of cylinders	1.0
Sharp nose	.9
<b>K<sub>2</sub>: Angle of attack of flow (θ)</b>	
	$(\cos \theta + (L/b) \sin \theta)^{0.65}$ where θ = angle of attack of flow If L/b > 12, use 12 as a maximum
<b>K<sub>3</sub>: Bed condition</b>	
Clear-water scour	1.1
Live-bed scour:	
Plane-bed and antidune bedform	1.1
Small dunes, 3 ft > dune height ≥ 0.6 ft	1.1
Medium dunes, 9 ft > dune height ≥ 3 ft	1.1 to 1.2
Large dunes, dune height > 9 ft	1.3

Parámetro	Definición	S. Inte.	S. Ingl.
y0	Profundidad de flujo aguas arriba de la pila (m) / (pies)	3.1	10.2
Vo	Velocidad media del flujo (m/s) / (pies/s)	2.7	8.9
b	Ancho de la pila (m) / (pies)	1.2	3.9
Fr1	Número de Froude	0.5	0.5
D50	Diámetro representativo D50 (mm) / (pies)	90	0.3
D84	Diámetro representativo D84 (mm) / (pies)	201	0.7
D90	Diámetro representativo D90 (mm) / (pies)	253	0.8
K1	Factor de correccion por forma del pilar	1.1	1.1
K2	Factor de correccion por angulo de ataque de la corriente	1.0	1.0
K3	Factor de correccion por la forma del lecho	1.1	1.1
K4	Factor por acorazamiento del hoyo (entre 0.4 y 1.0)	0.74	0.74
Vc50	Velocidad critica de movimiento de partícula D50 (m/s) / (pies/s)	3.3	11.0
Vc90	Velocidad critica de movimiento de partícula D90 (m/s) / (pies/s)	4.7	15.5
Vi50	Velocidad de aproximacion para el sedimento D50 (m/s) / (pies/s)	1.9	6.2
VR	Ratio de velocidad	0.3	0.3
ys	Profundidad de socavación total en el pilar (m) / (pies)	<b>2.2</b>	7.2

### 20 METODO HEC-18/ECUACION DE MUELLER (1996)

Parámetro	Definición	S. Inte.	S. Ingl.
y0	Profundidad de flujo aguas arriba de la pila (m) / (pies)	3.1	10.2
Vo	Velocidad media del flujo (m/s) / (pies/s)	2.7	8.9
b	Ancho de la pila (m) / (pies)	1.2	3.9
Fr1	Número de Froude	0.5	0.5
D50	Diámetro representativo D50 (mm) / (pies)	90	0.3
D84	Diámetro representativo D84 (mm) / (pies)	201	0.7
D95	Diámetro representativo D95 (mm) / (pies)	338	1.1
K1	Factor de correccion por forma del pilar	1.1	1.1
K2	Factor de correccion por angulo de ataque de la corriente	1.0	1.0
K3	Factor de correccion por la forma del lecho	1.1	1.1
K4	Factor por acorazamiento del hoyo (entre 0.4 y 1.0)	0.5	0.5
Vc50	Velocidad critica de movimiento de partícula D50 (m/s) / (pies/s)	3.6	12.0
Vc95	Velocidad critica de movimiento de partícula D90 (m/s) / (pies/s)	5.7	18.6
Vi50	Velocidad de aproximacion para el sedimento D50 (m/s) / (pies/s)	2.1	6.7
Vi95	Velocidad de aproximacion para el sedimento D95 (m/s) / (pies/s)	3.4	11.2
ys	Profundidad de socavación total en el pilar (m) / (pies)	<b>1.4</b>	4.6

 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</small>	<b>Anexo N°14 CALCULO DE LA SOCAVACION LOCAL PARA TR=500 AÑOS</b>			UNALM	
				Fecha: Mar-21	
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rimac - Caso Puente Morón"					Maetria: Ing. Recursos Hídricos
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis Anexo: 14
					Revisión: 0

$$c_{50} = 12.21 \left( \frac{L}{h} \right)^{0.6} \left( \frac{V}{h_s} \right)^{0.3}$$

$$c_{95} = 12.21 \left( \frac{L}{h} \right)^{0.6} \left( \frac{V}{h_s} \right)^{0.3} \left( \frac{K_f}{1.0} \right)^{0.43}$$

$$d_s = 4.0 \left( \frac{L}{h} \right)^{0.4} \left( \frac{V}{h_s} \right)^{0.33} F_r^{0.33}$$

**CALCULO DE SOCAVACIÓN LOCAL EN ESTRIBOS**

**1 METODO DE LIU CHANG Y SKINNER (1961)**

Parametro	Definición	Valores
h	Profundidad media del flujo aguas arriba en el cauce principal (m)	3.1
V	Velocidad media del flujo aguas arriba (m/s)	2.7
Fr	Numero de Froude aguas arriba de la seccion	0.5
L	Longitud del estribo que se opone al paso del agua (m)	0.0
Kf	Coefficiente de correccion de forma del estribo (1.1 - 2.15)	2.2
ds	Profundidad de socavacion de equilibrio (m)	0.0

$$\frac{d_s}{h} = K_f \left( \frac{L}{h} \right)^{0.4} F_r^{0.33}$$

**2 METODO DE ARTAMONOV (1961)**

Parametro	Definición	Valores
h	Profundidad media del flujo aguas arriba en el cauce principal (m)	3.1
Kθ	Coefficiente de correccion Kθ (θ= 90°)	1.0
Q1	Caudal interceptado por el estribo 1 (m3/s)	0.0
Q2	Caudal interceptado por el estribo 2 (m3/s)	0.0
Qd	Caudal total (m3/s)	578.6
Q2/Qd	Relacion entre el caudal interceptado por el pilar y el caudal total	0.0
KQ	Coefficiente de correccion KQ	0.0
Km	Coefficiente de correccion Km (m=3)	1.0
HT	Profundidad de agua al pie del estribo (m)	0.0

$$H_T = K_\theta K_Q K_m h$$

θ	20°	60°	90°	120°	150°
Kθ	0.84	0.94	1.00	1.07	1.19

Q1/Qd	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
KQ	2.00	2.65	3.22	3.45	3.67	3.87	4.06	4.20

Talud m	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0
Km	1.00	0.91	0.85	0.83	0.61	0.50

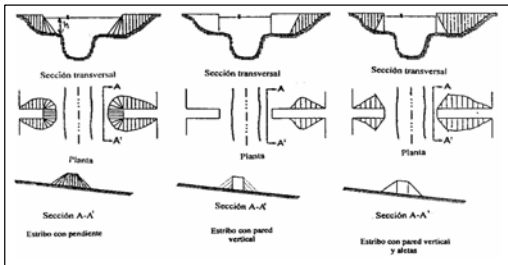
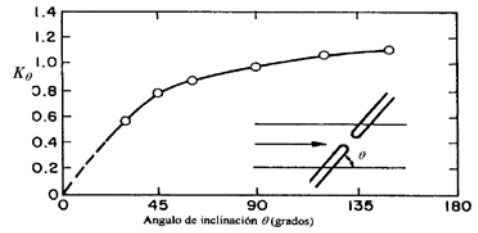
mH:1V


**3 METODO DE FROEHLICH (1993)**

Parametro	Definición	Valores
v	Velocidad media del flujo aguas arriba de la seccion (m/s)	2.7
he	Profundidad media del flujo aguas arriba de la seccion (m)	3.1
Kf	Coefficiente de forma (Kf=1, 0.82, 0.55)	1.0
Ko	Coefficiente de correccion que depende del angulo de ataque del flujo	1.0
L	Longitud del estribo y acceso al puente que se opone al paso del agua (m)	0.0
Fr	Numero de Froude	0.5
ds	Profundidad de socavacion (m)	0.0

$$\frac{d_s}{h_e} = 2.27 K_f K_\theta \left( \frac{L}{h_e} \right)^{0.43} F_{re}^{0.61} + 1$$

Descripción	Kf
Estribo con pared vertical	1.00
Estribo con pared vertical y aletas	0.82
Estribo con pendiente hacia el cauce	0.55



 <b>MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS</b> <small>ESCUELA DE POST GRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA INGENIERA</small>	<b>Anexo N°14 CALCULO DE LA SOCAVACION LOCAL PARA TR=500 AÑOS</b>			UNALM		
				Fecha: Mar-21		
Tesis: "Simulación del Proceso de Socavación del cauce del Río Rimac - Caso Puente Morón"					Maetria: Ing. Recursos Hídricos	
Elaborado por:	SPVB	Revisado por:	TOVB	Emitido para:	Tesis	
				Anexo:	14	
					Revisión :	0

**RESUMEN DE CALCULO DE LA SOCAVACION**

<b>SOCAVACION LOCAL EN PILAS</b>		<b>Valor</b>
1	METODO DE LAURSEN Y TOCH (1953,1956) (*)	2.64
2	METODO DE NEILL (1964)	2.39
3	METODO DE LARRAS (1963)	1.74
4	METODO DE ARUNACHALAM (1965,1967)	4.33
5	METODO DE MAZA-SANCHEZ (1968) (*)	2.54
6	METODO DE BREUSERS, NICOLLET Y SHEN (1977)	1.68
7	METODO DE FROEHLICH (1991) (*)	2.04
8	METODO DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DE COLORADO (CSU) O FHWA (HE)	2.38
9	METODO DE YAROSLAVTZIEV (1969) (*)	2.63
10	METODO DE JAIN Y FISHER (1979)	3.31
11	METODO DE FLORES - AGUIRRE PE (1977)	0.47
12	METODO DE MELVILLE Y SUTHERLAND (1988)	1.84
13	METODO DE LEON (2000)	1.13
14	METODO DE LA UNIVERSIDAD DE AUKLAND (1990)	0.70
15	METODO DE SHEPPARD Y MILLER (2006)	1.64
16	METODO CHINO SIMPLIFICADO (1996)	1.19
17	METODO DE FROEHLICH (1996)	0.82
18	METODO DE LA ECUACION DE DISEÑO DE FROEHLICH (1996)	2.02
19	METODO HEC-18/ECUACION DE JONES (1996)	2.21
20	METODO HEC-18/ECUACION DE MUELLER (1996)	1.39
<b>SOCAVACION LOCAL EN ESTRIBOS</b>		<b>Valor</b>
1	METODO DE LIU CHANG Y SKINNER (1933)	0.00
2	METODO DE ARTAMONOV (1961)	0.00
3	METODO DE FROEHLICH (1991)	0.00

(\*) Metodo mas usado en Latinoamerica