

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS**



**“APLICACIÓN DE LA GEOESTADÍSTICA A MODELOS
HIDROLÓGICOS EN LA CUENCA DEL RÍO CAÑETE”**

Presentada por:

DOMINGO MARCELO PORTUGUEZ MAURTUA

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

Lima - Perú

2017

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS**

**“APLICACIÓN DE LA GEOESTADÍSTICA A MODELOS
HIDROLÓGICOS EN LA CUENCA DEL RÍO CAÑETE”**

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

Presentada por:

DOMINGO MARCELO PORTUGUEZ MAURTUA

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Mg.Sc. Ricardo Apaella Nalvarte
PRESIDENTE

Ph.D. Eduardo Chavarri Velarde
PATROCINADOR

Dr. Abel Mejía Marcacuzco
MIEMBRO

Dr. Néstor Montalvo Arquíñigo
MIEMBRO

DEDICATORIA

A Eliana, mi esposa por su amor y apoyo incondicional en cada momento de mi vida sobre todo en los momentos difíciles.

A mis hijas Josselyn y Abigail, mis motivos de superación e inspiración para ser cada vez mejor.

A mis padres, Toribio y Bartola, por creer en mi capacidad y darme la oportunidad de forjarme un futuro diferente.

A mis hermanos, Roberto que hace unos años partió de este mundo pero su presencia y enseñanzas siempre tengo presente, Agustín, Jesús, Jorge, Raul y Mirtha cada uno de ellos muy especiales, gracias por creer en mí.

AGRADECIMIENTOS

Mi eterna gratitud a nuestro creador Dios, por su amor infinito e iluminarme su sabiduría.

A mi alma matter Universidad Nacional Agraria La Molina, a la Escuela de Posgrado, a la Maestria de Recursos Hidricos, en especial a los docentes y al personal administrativo por sus aportes y apoyo en mi formación academica.

Al Ph.D. Eduardo Chavarri quien, con su apoyo y confianza me ha orientado en el desarrollo de la investigación.

Al MgSc. Ricardo Apacla, Dr. Abel Mejia, Dr. Nestor Montalvo, miembros del Jurado por su tiempo, sugerencias y apoyo.

Un agradecimiento muy especial a mi amigo y colega Ing. Luis Yampufé, por su apoyo para la obtención de información para el desarrollo de la investigación.

INDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Objetivo general	2
1.2	Objetivos específicos.....	2
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1	Geomática.....	3
2.1.1	Sistema de Información Geográfica - SIG	3
a.	SIG como integrador de información	4
b.	SIG como integrador de tecnologías	4
c.	Componentes de un SIG.....	5
d.	Modelos en un SIG.....	6
e.	Tipos de Datos.....	7
f.	Dimensiones de los Datos Geográficos	7
2.1.2	Modelo Digital del Terreno	8
a.	Modelo Digital de Elevaciones.....	8
b.	Modelo Digital de Precipitaciones (Isoyetas).....	9
c.	Modelo vectorial: red de triángulos irregulares (TIN).	9
d.	Cálculo de variables topográficas a partir de un MDT.....	9
2.2	Geoestadística.....	9
2.2.1	Análisis exploratorios de datos espaciales.....	10
a.	Histograma:	11
b.	Gráfico de probabilidad normal Q-Q y general Q-Q:.....	12
c.	Análisis de tendencia	13
d.	Transformación de los datos.....	13
2.2.2	Autocorrelacion espacial.	14
a.	Semivarianza empírica	15
b.	Covarianza empírica.....	16
2.2.3	Técnicas de interpolación espacial.	17
a.	Métodos Determinísticos.....	17
b.	Métodos Geoestadísticos	17
2.2.4	Interpolación por el método kriging.	18
a.	Kriging ordinario o puntual	19

b.	Kriging universal	19
c.	Kriging simple	19
d.	Kriging indicador.....	19
e.	Kriging disyuntivo	20
f.	Cokriging	20
2.2.5	Modelo del semivariograma en kriging.....	20
2.2.6	Modelo de covarianza en kriging.	22
2.3	Conceptos Hidrológicos	24
2.3.1	Cuenca Hidrográfica.....	24
2.3.2	Ciclo Hidrológico.	24
2.3.3	Escorrentía	25
2.3.4	Precipitación.	25
2.3.5	Evaporación	25
2.3.6	Evapotranspiración	25
2.3.7	Infiltración	26
2.3.8	Intercepción	26
2.4	Análisis de Frecuencia para una variable hidrológica.....	26
2.4.1	Distribución Normal	26
2.4.2	Distribución Log Normal 2P	28
2.4.3	Distribución Log Pearson III	29
2.4.4	Distribución de valor extremo	30
2.5	Prueba de la bondad de ajuste.....	31
2.5.1	Prueba Chi Cuadrado X ²	32
2.5.2	Prueba de Smirnov - Kolmogorov (S-K).....	32
2.6	Modelos Precipitación - Escorrentía.....	34
2.6.1	Métodos empíricos	35
a.	Método de envoltentes	35
b.	Método de la fórmula racional.....	36
2.6.2	Métodos del Hidrograma Unitario.....	37
a.	Hidrográma adimensional SCS (Servicio de Conservación de Suelos – USA)	38
b.	Hidrograma unitario de Snyder	39
c.	Hidrograma unitario de Clark.....	42
2.6.3	Métodos de simulación de escurrimiento	45
a.	Modelo de onda cinemática.....	45

2.7	Métodos de abstracción	47
2.7.1	Método de Curva Número	47
2.7.2	Condiciones hidrológicas	50
2.7.3	Grupo hidrológico.....	50
2.7.4	Condiciones antecedentes de humedad AMC	51
2.8	Métodos de transito hidrológico en ríos	53
2.8.1	Modelo de Onda Cinemática para transito	53
2.8.2	Método de Muskingum.....	54
a.	Obtención de los parámetros K y X.....	55
2.9	Hietogramas de diseño utilizando análisis de eventos de una tormenta.....	57
2.10	Precipitación total y efectiva	59
2.11	Tiempo de concentración (Tc).....	59
2.11.1	Método de estimación del Tiempo de Concentracion	60
a.	Kirpich.....	60
b.	SCS	60
c.	Californiana (del U.S.B.R.)	60
d.	Temez	61
e.	Kerby	61
2.12	Calibración de los modelos hidrologicos.....	61
2.13	Rendimiento de los modelos.....	63
2.13.1	Coefficiente de Nash-Sutcliffe.....	63
2.13.2	Sesgo Relativo (PBIAS)	64
2.13.3	Errores Porcentuales	64
2.13.4	Criterio de Evaluación de los Rendimientos de los Modelos	65
2.14	Modelamiento hidrológico mediante HEC HMS	66
III.	MATERIALES Y METODOS.....	67
3.1	Generalidades del área de estudio	67
3.2	Materiales y equipos.....	68
3.2.1	Información Cartográfica y raster.....	68
3.2.2	Información Meteorológica.	69
3.2.3	Hardware y Software	70
3.3	Metodología.....	70
3.3.1	Modelo Conceptual para la estimación de escorrentía directa	70
3.3.2	Tratamiento de la información hidrológica	71

a.	Homogenizacion y Regionalizacion por el Metodo del Vector Regional	71
b.	Prueba de Normalidad	72
c.	Análisis de frecuencia de información hidrológica	73
d.	Prueba de bondad de ajuste para las diferentes estaciones.....	73
3.3.3	Interpolación espacial de las precipitaciones.....	73
3.3.4	Estimación de esorrentía directa.....	73
a.	Delimitación de área de interés (en subcuencas).....	74
b.	Mapa de Pendiente.....	74
c.	Mapa Hidrológico.....	74
d.	Modelamiento hidrológico	75
e.	Estructura de regulación en la cuenca	79
f.	Calibracion del Modelo	82
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION	83
4.1	Tratamiento de la información hidrológica	83
4.1.1	Homogenizacion y Regionalizacion	83
4.1.2	Prueba de Normalidad	87
4.1.3	Análisis de frecuencia de las precipitaciones	92
4.1.4	Prueba de bondad de ajuste para las diferentes estaciones.....	93
a.	Precipitación para diferente periodo de retorno en cada estación	94
4.2	Interpolación espacial de las precipitaciones.....	95
4.2.1	Análisis exploratorio.....	95
a.	Transformación de los datos.....	95
b.	Normal QQPlot.....	97
c.	Semivariograma/Covarianza	98
d.	Semivariograma empírico.....	105
e.	Análisis de isotropía y anisotropía.....	106
4.2.2	Interpolación por el método kriging	108
4.2.3	Generación de línea de gradiente de precipitación	111
4.3	Estimación de esorrentía directa	114
4.3.1	Generacion de hidrograma observado	114
a.	Parametros físicos de la cuenca	114
b.	hidrograma unitario SCS	114
c.	Hidrograma observado para diferente periodo de retorno.....	115
4.3.2	Modelacion Hidrologica	119

a. Método MET01	120
b. Método MET02	121
c. Método MET03	122
d. Método MET04	123
e. Método MET05	123
f. Método MET06	124
g. Caudales Simulados vs los Observados.....	125
4.3.3 Calibración del Modelo	126
a. Coeficiente de eficiencia y Errores porcentuales	127
b. Resultados obtenidos después de la calibración	129
V. CONCLUSIONES.....	132
VI. RECOMENDACIONES	133
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	134
ANEXOS	139

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Prueba de Smirnov - kolmogorov.....	33
Cuadro 2: Valores del hidrograma adimensional SCS	39
Cuadro 3: Condiciones hidrológicas.....	50
Cuadro 4: Grupo hidrológico de suelos.....	50
Cuadro 5: Condiciones antecedentes de humedad - AMC	51
Cuadro 6: Números de curva para distintas condiciones hidrológicas	51
Cuadro 7: Distribuciones de lluvia SCS	58
Cuadro 8: Coeficiente de retardo.....	61
Cuadro 9: Información requerida por HEC - HMS.	65
Cuadro 10: Información cartográfica	68
Cuadro 11: Estaciones pluviométrica e hidrometrica.....	69
Cuadro 12: Métodos utilizados en la modelación hidrológica	74
Cuadro 13: Información de ingreso al HEC-HMS – Hidrograma adimensional SCS	76
Cuadro 14: Información de ingreso al HEC-HMS – Hidrograma unitario de Snyder	76
Cuadro 15: Información de ingreso al HEC-HMS – Hidrograma unitario de Clark.....	77
Cuadro 16: Datos de ingreso al HEC-HMS – Método Onda Cinemática	78
Cuadro 17: Datos de ingreso al HEC-HMS – Método Muskingum.....	79
Cuadro 18: Batimetría Presa – Paucarcocha.....	80
Cuadro 19: Batimetría - Presa Capilluca	81
Cuadro 20: Parametros del análisis del Vector Regional, análisis preliminar.....	85
Cuadro 21: Parametros del análisis del Vector Regional, estaciones homogeneas.....	86
Cuadro 22: Análisis de frecuencia precipitación (mm) – Parte I	92
Cuadro 23: Análisis de frecuencia precipitación (mm)– Parte II	92
Cuadro 24: Análisis de frecuencia de caudal (m ³ /s)– Parte I.....	93
Cuadro 25: Análisis de frecuencia de caudal (m ³ /s) – Parte II	93
Cuadro 26: Función de distribución mejor ajustada según prueba de bondad	93
Cuadro 27: Precipitaciones para diferente periodo de retorno en cada estación.....	94
Cuadro 28: Caudales para diferente periodo de retorno	94
Cuadro 29: Precipitaciones transformada para diferente Tr.....	96
Cuadro 30: Parámetros estadísticos a partir de los histogramas.....	96
Cuadro 31: Parámetros de Semivariograma típico.	108

Cuadro 32: Errores de predicción estadístico de Semivariograma típico.....	109
Cuadro 33: Parametros físicos de la cuenca del rio Cañete.....	114
Cuadro 34: Valores del hidrograma unitario SCS de la cuenca del rio Cañete.....	115
Cuadro 35: Valores del hidrograma para TR 25 años	116
Cuadro 36: Valores del hidrograma para TR 50 años	116
Cuadro 37: Valores del hidrograma para TR 100 años	117
Cuadro 38: Valores del hidrograma para TR 500 años	118
Cuadro 39: Precipitación por cada Subcuenca (Estaciones Ficticias).....	119
Cuadro 40: Descargas máximas por subcuencas y estación de interés Sosci.....	120
Cuadro 41: Descargas máximas por subcuencas y estación de interés Sosci.....	121
Cuadro 42: Descargas máximas por subcuencas y estación de interés Sosci.....	122
Cuadro 43: Descargas máximas por subcuencas y estación de interés Sosci.....	123
Cuadro 44: Descargas máximas por subcuencas y estación de interés Sosci.....	124
Cuadro 45: Descargas máximas por subcuencas y estación de interés Sosci.....	124
Cuadro 46: Descargas máximas simulados y observados - Estación Sosci	125
Cuadro 47: Parámetros sensibles para cada método.....	127
Cuadro 48: Coeficiente de Eficiencia y Errores porcentuales - TR 25 años	127
Cuadro 49: Coeficiente de Eficiencia y Errores porcentuales - TR 50 años	128
Cuadro 50: Coeficiente de Eficiencia y Errores porcentuales - TR 100 años	128
Cuadro 51: Coeficiente de Eficiencia y Errores porcentuales - TR 500 años	128
Cuadro 52: Caudales picos observados y simulados	129

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de un SIG con sus tres subsistemas fundamentales.....	5
Figura 2: Elementos que forman el sistema SIG	6
Figura 3: Dimensión de los datos geográficos.....	8
Figura 4: Histograma, diferentes asimetría y simetría.....	12
Figura 5: Construcción de un gráfico de probabilidad normal Histograma	12
Figura 6: Construcción de un gráfico general Q-Q para dos conjuntos de datos	13
Figura 7: Semivariograma empírico	16
Figura 8: Grafica de la covarianza empírica.....	17
Figura 9: Expresión de la autocorrelación en función de la distancia	18
Figura 10: Estructura de un semivariograma típico.....	21
Figura 11: Relación entre la covarianza y la distancia	22
Figura 12: Modelos isotrópico y anisótropo.....	23
Figura 13: Modelos teóricos de semivariogramas	24
Figura 14: Envolverte Mundial de Creager	36
Figura 15: a) Hidrográma Adimensional del SCS b) Hidrográma Unitario triangular	39
Figura 16: a) Hidrográma unitario estándar ($t_p = 5.5t_r$) b) Hidrográma Unitario requerido ($t_{pR} \neq 5.5t_r$).....	40
Figura 17: Modelo Conceptual del hidrograma unitario de Clark.....	43
Figura 18: Variables en el método de abstracciones de precipitación del SCS.....	48
Figura 19: Calibración del parámetro X, con el método tradicional	56
Figura 20: Hietogramas de lluvia de 24 horas del SCS.....	58
Figura 21: Mapa de Ubicación y sistema hidrográfico de la Cuenca del río Cañete	68
Figura 22: Modelo Conceptual para la modelación hidrológica	70
Figura 23: Batiemtria embalse Paucarcocha	81
Figura 24: Batiemtria embalse Capillucas.....	82
Figura 25: Indices anuales del vector y de las estacionesa, análisis preliminar	83
Figura 26: Acumulado de los índices de las estaciones y del Vector, análisis preliminar ..	84
Figura 27: Acumulado de los índices de las estaciones y del Vector, estaciones homogeneas	86
Figura 28: Analisis de normalidad de la estacion Ayaviri.....	87

Figura 29: Prueba de normalidad de la estacion Carania	88
Figura 30: Prueba de normalidad de la estacion Colonia	88
Figura 31: Prueba de normalidad de la estacion Huancata.....	88
Figura 32: Prueba de normalidad de la estacion Huangascar	89
Figura 33: Prueba de normalidad de la estacion Huantan	89
Figura 34: Prueba de normalidad de la estacion Huañec.....	89
Figura 35: Prueba de normalidad de la estacion Huarochiri	90
Figura 36: Prueba de normalidad de la estacion San Pedro de Huarcapana.....	90
Figura 37: Prueba de normalidad de la estacion Tanta.....	90
Figura 38: Prueba de normalidad de la estacion Vilca	91
Figura 39: Prueba de normalidad de la estacion Yauricocha	91
Figura 40: Prueba de normalidad de la estacion Yauyos.....	91
Figura 41: Grafico de probabilidad normal Q-Q para: a) TR 25 años, b) TR 50 años, c) TR 100 años y d) TR 500 años	98
Figura 42: Semivariograma para:TR 25 años	100
Figura 43: Covariograma para:TR 25 años	100
Figura 44: Semivariograma paraTR 50 años	101
Figura 45: Covariograma para:TR 50 años	102
Figura 46: Semivariograma paraTR 100 años	102
Figura 47: Covariograma para:TR 100 años	103
Figura 48: Semivariograma paraTR 500 años	104
Figura 49: Covariograma para:TR 500 años	104
Figura 50: Semivariograma empírico para TR 25 años.....	105
Figura 51: Semivariograma empírico para TR 50 años.....	105
Figura 52: Semivariograma empírico para TR 100 años.....	106
Figura 53: Semivariograma empírico para TR 500 años.....	106
Figura 54: Semivariograma direccional para TR 25 años	107
Figura 55: Semivariograma direccional para TR 50 años	107
Figura 56: Semivariograma direccional para TR 100 años	107
Figura 57: Semivariograma direccional para TR 500 años	108
Figura 58: Isoyeta para TR 25 años.....	109
Figura 59: Isoyeta para TR 50 años.....	110
Figura 60: Isoyeta para TR 100 años.....	110
Figura 61: Isoyeta para TR 500 años.....	111

Figura 62: Línea de gradiente de precipitación	111
Figura 63: Hidrograma adimensional SCS de la cuenca del rio Cañete.....	115
Figura 64: Hidrograma TR 25 de la cuenca del rio Cañete	116
Figura 65: Hidrograma TR 50 de la cuenca del rio Cañete	117
Figura 66: Hidrograma TR 100 de la cuenca del rio Cañete	118
Figura 67: Hidrograma TR 500 de la cuenca del rio Cañete	119
Figura 68: Comparación de caudales picos observados y simulado para cada método	129

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 : Precipitación máximas 24 horas	139
Anexo 2: Caudales máximos diarios del rio Cañete 1926 – 2016 - Estación Socsi.....	145
Anexo 3: Distancias, Semivarianza y Covarianzas para TR 25 años	146
Anexo 4: Distancias, Semivarianza y Covarianzas para TR 50 años	148
Anexo 5: Distancias, Semivarianza y Covarianzas para TR 100 años	150
Anexo 6: Distancias, Semivarianza y Covarianzas para TR 500 años	152
Anexo 7: Distribución horaria de las estaciones ficticias para TR 25 años	154
Anexo 8: Distribución horaria de las estaciones ficticias para TR 50 años	157
Anexo 9: Distribución horaria de las estaciones ficticias para TR 100 años	160
Anexo 10: Distribución horaria de las estaciones ficticias para TR 500 años	163
Anexo 11: Parámetro de calibración del Escenario MET01 para TR 25 años	166
Anexo 12: Parámetro de calibración del Escenario MET01 para TR 50 años	166
Anexo 13: Parámetro de calibración del Escenario MET01 para TR 100 años	167
Anexo 14: Parámetro de calibración del Escenario MET01 para TR 500 años	168
Anexo 15: Parámetro de calibración del Escenario MET02 para TR 25 años	169
Anexo 16: Parámetro de calibración del Escenario MET02 para TR 50 años	170
Anexo 17: Parámetro de calibración del Escenario MET02 para TR 100 años	171
Anexo 18: Parámetro de calibración del Escenario MET02 para TR 500 años	172
Anexo 19: Parámetro de calibración del Escenario MET03 para TR 25 años	173
Anexo 20: Parámetro de calibración del Escenario MET03 para TR 50 años	174
Anexo 21: Parámetro de calibración del Escenario MET03 para TR 100 años	175
Anexo 22: Parámetro de calibración del Escenario MET03 para TR 500 años	176
Anexo 23: Parámetro de calibración del Escenario MET04 para TR 25 años	176
Anexo 24: Parámetro de calibración del Escenario MET04 para TR 50 años	177
Anexo 25: Parámetro de calibración del Escenario MET04 para TR 100 años	178
Anexo 26: Parámetro de calibración del Escenario MET04 para TR 500 años	180
Anexo 27: Parámetro de calibración del Escenario MET05 para TR 25 años	180
Anexo 28: Parámetro de calibración del Escenario MET05 para TR 50 años	181
Anexo 29: Parámetro de calibración del Escenario MET05 para TR 100 años	183
Anexo 30: Parámetro de calibración del Escenario MET05 para TR 500 años	184
Anexo 31: Parámetro de calibración del Escenario MET06 para TR 25 años	185

Anexo 32: Parámetro de calibración del Escenario MET06 para TR 50 años	186
Anexo 33: Parámetro de calibración del Escenario MET06 para TR 100 años	187
Anexo 34: Parámetro de calibración del Escenario MET06 para TR 500 años	188
Anexo 35: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET01 para TR 25 años	189
Anexo 36: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET01 para TR 50 años	190
Anexo 37: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET01 para TR 100 años	192
Anexo 38: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET01 para TR 500 años	194
Anexo 39: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET02 para TR 25 años	195
Anexo 40: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET02 para TR 50 años	197
Anexo 41: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET02 para TR 100 años	199
Anexo 42: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET02 para TR 500 años	200
Anexo 43: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET03 para TR 25 años	202
Anexo 44: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET03 para TR 50 años	204
Anexo 45: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET03 para TR 100 años	205
Anexo 46: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET03 para TR 500 años	207
Anexo 47: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET04 para TR 25 años	209
Anexo 48: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET04 para TR 50 años	210
Anexo 49: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET04 para TR 100 años	212
Anexo 50: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET04 para TR 500 años	214
Anexo 51: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET05 para TR 25 años	215
Anexo 52: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET05 para TR 50 años	217
Anexo 53: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET05 para TR 100 años	219
Anexo 54: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET05 para TR 500 años	220
Anexo 55: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET06 para TR 25 años	222
Anexo 56: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET06 para TR 50 años	224
Anexo 57: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET06 para TR 100 años	225
Anexo 58: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET06 para TR 500 años	227

APLICACIÓN DE LA GEOESTADÍSTICA A MODELOS HIDROLÓGICOS EN LA CUENCA DEL RÍO CAÑETE

RESUMEN

La escasez y la dificultad de obtener información pluviométrica, la ausencia de registros continuos de longitud considerable, son factores limitantes que asocian la incertidumbre a la variación temporal y espacial de la precipitación, son unas de las principales fuentes de error en modelos de precipitación escorrentía.

Generalmente para obtener la distribución espacial de la precipitación se han utilizado interpolacion de valores medidos en las estaciones situadas dentro o en las cercanías de la cuenca con los procedimientos comúnmente usados como Thiessen o Isoyetas que son métodos determinísticos.

El objetivo principal de la investigación es la generación de las Isoyetas en la Cuenca de río Cañete mediante la propuesta de un procedimiento de interpolación. La metodología se fundamenta en el uso de técnicas geoestadísticas, permitiendo la cuantificación de la variación temporal y espacial de la lluvia eficientemente y ser utilizados en modelo hidrológico que permita transformar la lluvia en escorrentía, teniendo en cuenta que es un proceso complejo por los diversos factores físicos que también controlan, como son: pendiente del terreno, textura del suelo, cobertura y uso del suelo, principalmente, más aún, cuando estos factores son tan dinámicos en el tiempo, sobre todo en cuencas sometidas a una fuerte presión humana, ya que pueden alterar la producción de la escorrentía. Por ello, es necesario utilizar herramienta que faciliten la caracterización de la cuenca de manera rápida al surgir cambios y así determinar con eficiencia la oferta hídrica.

El resultado de la modelación hidrológica fue la estimación de la escorrentía directa, que resulta de gran interés para diversas aplicaciones: estudios de impacto ambiental, ordenamiento territorial, manejo de cuencas y recursos naturales, predicción de riesgos ante huaycos y/o inundaciones e implementar un sistema de alerta temprana.

Palabras claves: Geoestadística, interpolación con métodos geoestadísticos, modelación hidrológica, máximas avenidas.

APPLICATION OF SPACE INTERPOLATION OF PRECIPITATION IN HYDROLOGICAL MODELS

ABSTRACT

The scarcity and the difficulty of obtaining the rainfall information, the absence of continuous records of considerable length, are limiting factors that associate the uncertainty with the temporal and spatial variation of the precipitation, are one of the main sources of error in Rainfall precipitation models.

Generally to obtain the spatial distribution of precipitation, it has been used interpolation of measured values in the stations located inside or around of the basin with the commonly used procedures as Thiessen or Isoyetas that are deterministic methods.

The main objective of the research is the generation of the Isoyetes in the Cañete River Basin through the proposal of an interpolation procedure. The methodology is based in the use of geostatistical techniques, allowing the quantification of the temporal and spatial variation of the rain efficiently and be used in a hydrological model that allows to transform the rain in runoff, taking into account that it is a complex process due to the different Physical factors that also control, such as: slope of the land, soil texture, coverage and soil use mainly when these factors are so dynamic in the time, especially in submitted basins to strong human pressure, as can alter the production of the runoff. For this reason, it is necessary to use a tool that facilitates the characterization of the basin in a quick manner to appear changes and thus efficiently determine the water supply.

The result of the hydrological modeling was the estimation of the direct runoff, which is of great interest for several applications: environmental impact studies, territorial order, watershed management and natural resources, prediction of risks to huaycos and / or floods and to implement a Early warning system.

Keywords: Geostatistics, interpolation with geostatistical methods, hydrological modeling, maximum avenues.

I. INTRODUCCIÓN

Los desastres naturales se suscitan debido a la ocurrencia de fenómenos climáticos, los cuales se están dando con mayor ocurrencia como consecuencia del cambio climático provocando fenómenos atmosféricos extremos (sequías y lluvias torrenciales). Estos constituyen uno de los problemas que profundizan la crisis en la economía, causando grandes pérdidas humanas y materiales, los mismos que ocurren sin que el hombre pueda evitarlo y en muchos casos sin que puedan ser mitigados los daños, previniéndolos, anticipándose a los hechos. En estas circunstancias, es necesario poner mayor énfasis en los estudios de prevención y protección en zonas vulnerables a desastres naturales.

Por otro lado, la escasez de información pluviométrica, la dificultad en su obtención, la ausencia de registros continuos de longitud considerable, son factores limitantes que asocian la incertidumbre a la variación temporal y espacial de la precipitación, son unas de las principales fuentes de error al ser aplicado en modelos de precipitación escorrentía. Generalmente para obtener la distribución espacial de la precipitación se han utilizado interpolación de valores medidos en las estaciones situadas dentro o en las cercanías de la cuenca con los procedimientos comúnmente usados como Thiessen o Isoyetas que son métodos determinísticos (Ferreira et al., 2013).

El método kriging es una técnica de interpolación que se basa en el análisis de la estructura geoestadística de variación de la variable. Es decir, se apoya en el conocimiento del comportamiento de la variable en el espacio. Así, la forma del semivariograma obtenido, indica la capacidad de predicción que tiene cada punto en función de la distancia que lo separa con otro punto. Los datos más allá del alcance, es decir cuando el semivariograma se vuelve plano, tienen la mínima capacidad predictora y por ende no intervienen en la interpolación. Para la aplicación del kriging se debe suministrar los parámetros del semivariograma, el tipo de interpolación deseada (puntual o por bloques) y la estrategia adecuada para la selección de puntos para la interpolación. Si el número de valores en el

espacio es suficiente, la mejor estrategia para evitar problemas de estacionariedad puede ser disminuir el radio de búsqueda, Mientras que la interpolación puntual estima el valor de la variable en un punto del espacio, en la interpolación por bloques se estima el valor de variable con la media de un área predeterminada que rodea a ese punto. El resultado final del kriging es un mapa con los valores interpolados de la variable. Sin embargo, a diferencia de otras técnicas, la geoestadística permite representar en el espacio (en forma de varianza o desviación estándar) el grado de incertidumbre o error de cada interpolación. Por tanto, a cada punto del espacio interpolado se le puede asociar una distribución teórica, lo que además permite la posibilidad de realizar simulaciones probabilísticas, representando el resultado del kriging como la probabilidad de que la variable alcance un determinado valor (Fabián et al., 2013).

Cada microcuenca presenta características únicas que la identifican y diferencian de su entorno. Sin embargo, los procesos hidrológicos que en ella se desarrollan son similares: precipitación, infiltración, evapotranspiración, escurrimiento. En este contexto, la predicción y el modelado digital representan una alternativa interesante para la generación de información hidrológica de variables dinámicas como las precipitaciones y los caudales. El presente trabajo se orienta a determinar la interpolación espacial de la precipitación para ser aplicado en modelos hidrológicos, que nos permita cuantificar la estimación de escorrentía directa de eventos máximos en la cuenca del río Cañete, para tal propósito se utilizará herramientas geomáticas.

1.1 Objetivo general

- Aplicación de la geoestadística para la interpolación espacial de la precipitación a modelos hidrológicos en la cuenca del río Cañete.

1.2 Objetivos específicos

- Realizar el tratamiento de la información hidrológica.
- Realizar la interpolación espacial de las precipitaciones para periodos de retornos de 25, 50, 100 y 500 años.
- Estimar la escorrentía directa para periodos de retornos de 25, 50, 100 y 500 años, utilizando modelos hidrológicos a escala de cuencas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Geomática

Es una disciplina que engloba las Geociencias con la integración y aplicación de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC).

Esta suma de Geociencias + TIC hace posible la captura, procesamiento, análisis, interpretación, almacenamiento, modelización, aplicación y difusión de información digital geoespacial o localizada, aplicable en los ámbitos de la ingeniería, el territorio y la sociedad.

2.1.1 Sistema de Información Geográfica - SIG

Es una herramienta software que permite analizar, almacenar y desplegar información con datos geográficos referenciados en el globo terrestre. Se entiende por datos referenciados a los mapas los cuales poseen coordenadas geográficas reales. (Marín, 2006).

Los sistemas de información geográfica (SIG) son, básicamente, herramientas informáticas que procesan y analizan datos con alguna componente espacial. Una definición más completa considera un sistema de información geográfica como un conjunto de herramientas diseñado para la adquisición, análisis y representación de datos espaciales. (Ordoñez, Martínez - Alegría, 2003).

Algunas definiciones de SIG:

“Una base de datos computarizada que contiene información espacial” (Cebrián, 1985).

“Un sistema que utiliza una base de datos espacial para generar respuestas ante preguntas de naturaleza geográfica” (Goodchild et al, 1996).

“Un potente conjunto de herramientas para recolectar, almacenar, recuperar a voluntad, transformar y presentar datos espaciales procedentes del mundo real” (Burrough y McDonnell, 1998).

“Sistema de hardware, software y procedimientos diseñado para realizar la captura, almacenamiento, manipulación, análisis, modelización y presentación de datos referenciados espacialmente para la resolución de problemas complejos de planificación y gestión” (Bosque, 1997).

a. SIG como integrador de información

Si bien un SIG tiene una inherente naturaleza integradora y esta puede enfocarse desde muchos puntos de vista, el elemento tal vez más relevante en este sentido es la propia información que un SIG maneja y las características de esta. Conceptualmente, el verdadero pilar de esa naturaleza integradora del SIG reside en la información geográfica con la que se trabaja, que provee la amalgama adecuada para que un SIG sea un sistema sólido y cohesionado, confiriéndole a su vez sus propias características y su interés como herramienta polivalente.

Muchas disciplinas trabajan con información de distinta naturaleza. En ellas, no siempre resulta sencillo buscar elementos en común para poder unir y coordinar toda esa información bajo un único punto de vista conceptual. En otras ocasiones, disciplinas que en la práctica presentan una interacción real (puede decirse que, de un modo u otro, todas las disciplinas están interrelacionadas) resultan difíciles de integrar desde el punto de vista teórico, y no es sencillo ponerlas en un marco común de trabajo.

b. SIG como integrador de tecnologías

Puede pensarse que los SIG son meramente herramientas informáticas y que la única tecnología que reside tras ellas es la propia tecnología informática. Sin embargo, el papel integrador de los SIG hace que sean la herramienta elegida para la gestión de resultados y elementos producidos por otras tecnologías, muchas de las cuales se encuentran actualmente en pleno desarrollo.

La popularización de los SIG y su mayor presencia en una buena parte de los ámbitos de trabajo actuales han traído como consecuencia una mayor conciencia acerca de la importancia de la componente espacial de la información, así como sobre las posibilidades que la utilización de esta ofrece. Por ello, una gran parte de las tecnologías que han surgido en los últimos años (y seguramente de las que surjan en los próximos) se centran en el

aprovechamiento de la información espacial, y están conectadas en mayor o menor medida a un SIG para ampliar su alcance y sus capacidades. Por su posición central en el conjunto de todas las tecnologías, los SIG cumplen además un papel de unión entre ellas, conectándolas y permitiendo una relación fluida alrededor de las funcionalidades y elementos base de un Sistema de Información Geográfica.

c. Componentes de un SIG

Los SIG son sistemas complejos que integran una serie de distintos elementos interrelacionados. El estudio de todos y cada uno de estos elementos es el fundamento para el estudio global de los Sistemas de Información Geográfica.

Una forma de entender el sistema SIG es como formado por una serie de subsistemas, cada uno de ellos encargado de una serie de funciones particulares. Es habitual citar tres subsistemas fundamentales:

- **Subsistema de datos.** Se encarga de las operaciones de entrada y salida de datos, y la gestión de estos dentro del SIG. Permite a los otros subsistemas tener acceso a los datos y realizar sus funciones en base a ellos.
- **Subsistema de visualización y creación cartográfica.** Crea representaciones a partir de los datos (mapas, leyendas, etc.), permitiendo así la interacción con ellos. Entre otras, incorpora también las funcionalidades de edición.
- **Subsistema de análisis.** Contiene métodos y procesos para el análisis de los datos geográficos.

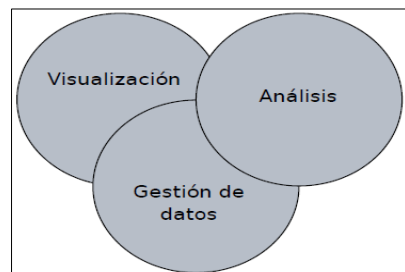


Figura 1: Esquema de un SIG con sus tres subsistemas fundamentales
Fuente: Olaya V., 2011

Otra forma distinta de ver el sistema SIG es atendiendo a los elementos básicos que lo componen. Cinco son los elementos principales que se contemplan tradicionalmente en este aspecto:

- **Datos.** Los datos son la materia prima necesaria para el trabajo en un SIG, y los que contienen la información geográfica vital para la propia existencia de los SIG.
- **Métodos.** Un conjunto de formulaciones y metodologías a aplicar sobre los datos.
- **Software.** Es necesaria una aplicación informática que pueda trabajar con los datos e implemente los métodos anteriores.
- **Hardware.** El equipo necesario para ejecutar el software.
- **Personas.** Las personas son las encargadas de diseñar y utilizar el software, siendo el motor del sistema SIG.

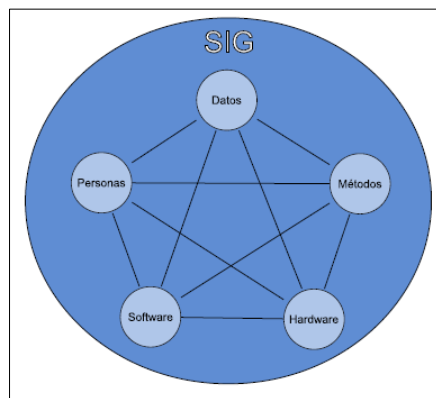


Figura 2: Elementos que forman el sistema SIG
Fuente: Olaya V., 2011

d. Modelos en un SIG

Normalmente se llevan a cabo tres etapas para pasar de la realidad del terreno al nivel de abstracción que se representa en el computador y se maneja en los SIG y que definen la estructura de los datos, estas 3 etapas se llevan a cabo pasando por tres modelos los cuales son:

- **Modelo Conceptual:** Es la conceptualización de la realidad por medio de la definición de objetos de la superficie de la tierra con sus relaciones espaciales y características que se representan en un esquema describiendo esos fenómenos del mundo real.

- **Modelo Lógico:** Es el diseño detallado de las bases de datos que contiene la información alfa numérica y los niveles de información gráfica se capturarán, con los atributos que describen cada entidad, identificadores, conectores, tipo de dato (numérico o carácter) y su longitud; además, se define la geometría (punto, línea o área) de cada una de ellas.
- **Modelo Físico:** Es la implementación de los anteriores modelos en el programa o software seleccionado y los equipos específicos en que se vaya a trabajar y por esto se realiza de acuerdo con sus propias especificaciones. El modelo físico determina en qué forma se debe almacenar los datos, cumpliendo con las restricciones y aprovechando las ventajas del sistema específico a utilizar.

e. Tipos de Datos

Los tipos de datos pueden ser: numérico, vector y raster. A continuación, se describirá de manera breve, en que consiste cada tipo de data:

- **Data Numérica:** Los datos numéricos son datos estadísticos que incluye un componente geográfico que se puede unir con archivos vectoriales. El tipo más común de datos numéricos son datos demográficos provenientes de un censo, datos taquimétricos proviene de un levantamiento topográfico, datos de precipitación, etc.
- **Data Vectorial:** Los datos vectoriales son datos que tienen un componente espacial X, Y coordenadas asignadas a la misma. Los archivos vectoriales pueden contener conjuntos de puntos, líneas o polígonos que se hace referencia en un espacio geográfico. La representación de fenómenos geográficos es representada mediante punto, líneas o polígonos.
- **Data Raster:** un ráster consta de una matriz de celdas (o píxeles) organizadas en filas y columnas (o una cuadrícula) en la que cada celda contiene un valor que representa información, como la temperatura, precipitación, elevación, etc. Los rásteres son fotografías aéreas digitales, imágenes de satélite, imágenes digitales o incluso mapas escaneados.

f. Dimensiones de los Datos Geográficos

Un concepto a tener en cuenta en relación con las componentes de la información geográfica es la dimensión. Los elementos que registramos pueden ir desde sencillos puntos (0D) hasta

volúmenes tridimensionales (3D). Un caso particular y muy frecuente lo encontramos cuando estudiamos la forma tridimensional del terreno, pero tratando la elevación como variable temática, no como una parte más de la componente espacial. En este caso, tenemos una serie de valores de elevación (Z) localizados en el plano XY. Esto no es realmente equivalente a utilizar una componente espacial tridimensional, ya que no permite recoger en un mismo punto distintos valores (no puede, por ejemplo, modelizarse la forma de una cueva o un objeto vertical), por lo que se conoce como representación en 2.5 dimensiones (2.5D).

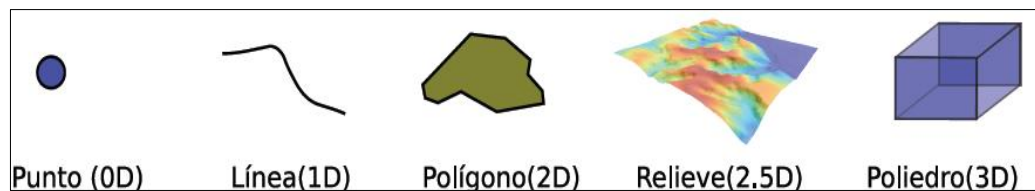


Figura 3: Dimensión de los datos geográficos

Fuente: Olaya V., 2011

2.1.2 Modelo Digital del Terreno

Un Modelo Digital del Terreno es una estructura numérica de datos que representan la distribución espacial de una variable cuantitativa y continua. Los Modelos Digitales del Terreno o MDT son, por tanto, modelos simbólicos ya que las relaciones de correspondencia que se establecen con el objeto real tienen la forma de algoritmo o formalismo matemático. (Felicísimo, 1994).

a. Modelo Digital de Elevaciones

Los Modelos Digitales de Elevación (MDE) se definen como una estructura numérica de datos que representan la distribución espacial de la altitud de la superficie del terreno (Felicísimo, 1994).

De forma general, la unidad básica de información en un MDE es un valor de altitud, z, al que acompañan los valores correspondientes de x e y, expresados en un sistema de proyección geográfica para una precisa referenciación espacial. Las variantes aparecen cuando se definen las interrelaciones entre estas unidades elementales de información. (Felicísimo, 1994).

b. Modelo Digital de Precipitaciones (Isoyetas)

Surge así el concepto que, por mera extensión, se denomina Modelo Digital de Precipitaciones (MDP), y que no es sino una nueva malla en cada una de cuyas celdas se contendrá un valor de precipitación asociado a la misma.

c. Modelo vectorial: red de triángulos irregulares (TIN).

Esta estructura de datos se compone de un conjunto de triángulos irregulares adosados y que suele identificarse por las siglas de su denominación inglesa: triangulated irregular network, TIN. Los triángulos se construyen ajustando un plano a tres puntos cercanos no colineales, y se adosan sobre el terreno formando un mosaico que puede adaptarse a la superficie con diferente grado de detalle, en función de la complejidad del relieve.

d. Cálculo de variables topográficas a partir de un MDT

- **Pendiente** La pendiente en un punto del terreno se define como el ángulo existente entre el vector normal a la superficie en ese punto y la vertical. Su estimación es sencilla a partir del MDE y se basa en el cálculo de la pendiente de un plano de ajuste en cada punto o celda del modelo.
- **Orientación:** La orientación en un punto puede definirse como el ángulo existente entre el vector que señala el Norte y la proyección sobre el plano horizontal del vector normal a la superficie en ese punto. Como en el caso de la pendiente, el valor de orientación se estima directamente a partir del MDE.
- **Curvatura:** La curvatura en un punto puede definirse como la tasa de cambio en la pendiente y depende, por tanto, de las derivadas de segundo grado de la altitud, es decir, de los cambios de pendiente en el entorno del punto. La curvatura tiene especial interés como variable influyente en fenómenos como la escorrentía superficial, canalización de aludes, erosión y flujos en general.

2.2 Geoestadística

La geoestadística es una rama de la estadística que trata fenómenos espaciales (Journel & Huijbregts, 1978). Su interés primordial es la estimación, predicción y simulación de dichos fenómenos (Myers, 1987). Esta herramienta ofrece una manera de describir la continuidad

espacial, que es un rasgo distintivo esencial de muchos fenómenos naturales, y proporciona adaptaciones de las técnicas clásicas de regresión para tomar ventajas de esta continuidad (Isaaks & Srivastava, 1989). Petitgas (1996), la define como una aplicación de la teoría de probabilidades a la estimación estadística de variables espaciales.

La modelación espacial es la adición más reciente a la literatura estadística. Geología, ciencias del suelo, agronomía, ingeniería agrícola, forestal, astronomía, o cualquier disciplina que trabaja con datos colectados en diferentes locaciones espaciales necesita desarrollar modelos que indiquen cuando hay dependencia entre las medidas de los diferentes sitios. Usualmente dicha modelación concierne con la predicción espacial, pero hay otras áreas importantes como la simulación y el diseño muestral (Cressie, 1989).

Cuando el objetivo es hacer predicción, la geoestadística opera básicamente en dos etapas. La primera es el análisis estructural, en la cual se describe la correlación entre puntos en el espacio. En la segunda fase se hace predicción en sitios de la región no muestreados por medio de la técnica kriging. Este es un proceso que calcula un promedio ponderado de las observaciones muestrales. Los pesos asignados a los valores muestrales son apropiadamente determinados por la estructura espacial de correlación establecida en la primera etapa y por la configuración de muestreo (Petitgas, 1996).

2.2.1 Análisis exploratorios de datos espaciales.

El análisis exploratorio de datos espaciales, comprende un conjunto de herramientas, principalmente de tipo gráfico, con las que se exploran los datos antes de usar las técnicas de interpolación, los objetivos en líneas generales son:

- Examinar la distribución de los datos
- Detectar valores extremos (outliers) locales y globales.
- Buscar tendencias globales
- Examinar la autocorrelación espacial y variación direccional de los datos
- Entender la covariación entre múltiples variables
- Realizar transformaciones de los datos si son requeridas.

Las herramientas para efectuar los análisis son: histograma, mapa de polígonos de Varonoi, gráfico de probabilidad normal Q-Q, análisis de tendencia, grafico del semivariograma / covarianza, grafico general Q-Q y gráfico de covarianza cruzada.

a. Histograma:

Permite una descripción univariadas de los datos. Presenta una distribución de frecuencia, que son series de barras que agrupan los valores observados en un determinado número de clases o intervalos.

Las medidas de centralidad nos dan idea de donde está el centro y otras partes de la distribución. La media es el promedio aritmético de los datos, da idea del centro de la distribución. La mediana representa una porción acumulada del 0.50, los datos se ordenan en forma creciente, el 50% de ellos están por debajo de la mediana y el otro 50% por arriba. El primer y tercer cuartil corresponden a una porción acumulada de 0.25 y 0.75 respectivamente, como datos están ordenado en forma creciente, el 25% de los valores están por debajo del primer cuartil y el 25% de los datos están por encima del tercer cuartil.

Las medidas de dispersión detectan la dispersión de los valores alrededor del valor medio, en cierta manera miden la anchura de la distribución. La varianza de los datos es la media del cuadrado de las desviaciones. Es muy sensible a valores extremos. La desviación típica es la raíz cuadrada de la varianza. Describe la dispersión de los datos respecto a la media en las mismas unidades que los datos originales. Cuanto más pequeñas sean la varianza y la desviación típica más agrupados estarán los datos alrededor del valor medio.

Algunas medidas de forma como el coeficiente de asimetría o sesgo (skewness), estudian el grado de concentración de la masa de los valores a un lado u otro de la media. Si la masa de los valores es inferior a la media, se dice que la distribución esta sesgada positivamente, o que tiene asimetría positiva, en este caso aparece una cola de valores grandes a la derecha. El coeficiente de asimetría está por encima de cero. Si hay más valores superiores a la media, la distribución esta sesgada negativamente o tiene asimetría negativa aparece una cola de valores pequeños a la izquierda, el coeficiente será inferior a cero. Una distribución perfectamente simétrica tiene un sesgo igual a cero.

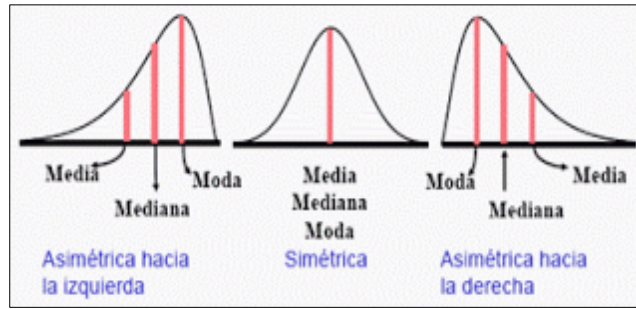


Figura 4: Histograma, diferentes asimetría y simetría

Fuente: Johnston et al., 2001

b. Gráfico de probabilidad normal Q-Q y general Q-Q:

Estos gráficos representan los cuantiles de una distribución. El gráfico Q-Q normal representa los cuantiles reales y teóricos de una distribución normal, ver Figura 5, los valores correspondientes a una distribución normal vienen representados por la recta y los puntos son las puntuaciones reales de los individuos, valores observados frente a los esperados que serían los de la recta. Si los puntos se acercan a la recta el ajuste a ley normal o gaussiana, es aceptable, cuanto más se alejen el ajuste, no existirá ajuste. En el eje X figuran los cuantiles de una distribución normal y en el eje Y los cuantiles de la variable que se está normalizando.

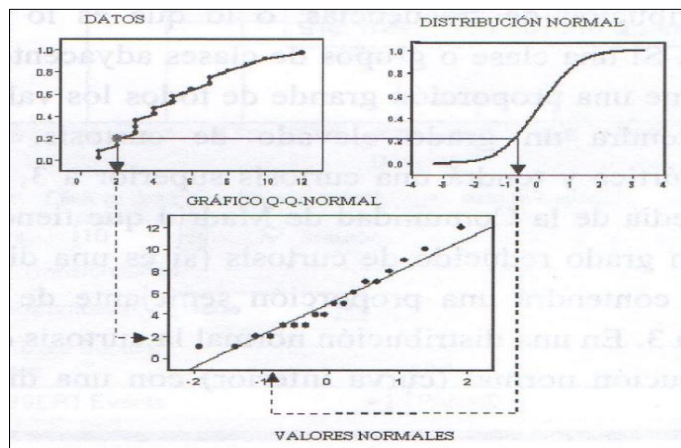


Figura 5: Construcción de un gráfico de probabilidad normal Histograma

Fuente: Johnston et al., 2001

El gráfico general Q-Q ver Figura 6, es utilizado para comparar el grado de semejanza en la distribución de los valores de dos conjuntos de datos. En el eje horizontal se coloca la frecuencia acumulada de una variable y en el eje vertical la frecuencia acumulada de la otra variable del segundo conjunto de datos.

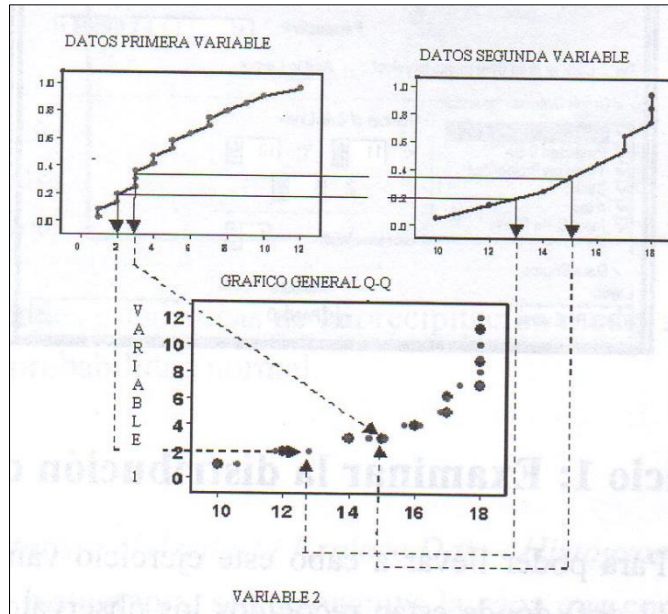


Figura 6: Construcción de un gráfico general Q-Q para dos conjuntos de datos
Fuente: Johnston et al., 2001

c. Análisis de tendencia

Nos proporciona un gráfico en tres dimensiones que ayuda identificar tendencias globales en los datos. La localización de los puntos muestrales son dibujados sobre un plano x,y , el valor de cada punto es representado por la altura de un vector en la dimensión z . la única característica de esta herramienta es que los valores son proyectados en dos direcciones; la dirección norte-sur sobre un plano y,z y la dirección este-oeste sobre un plano x,z . el resultado es un gráfico de dispersión visto en tres dimensiones. Sobre cada plano lateral se ajustan polinomios y las curvas son representadas sobre los gráficos.

d. Transformación de los datos

Algunos métodos de interpolación como el Kriging ordinario, simple y universal, cuando se utilizan para hacer mapas de probabilidad o de cuantiles, requieren que los datos se ajustan a una distribución normal. Además, el kriging ordinario, descansa sobre la suposición de estacionariedad, bien de la media, que es la estacionariedad de primer orden, asumiendo que la media es constante entre muestras y es independiente del lugar. O bien sobre estacionariedad de segundo orden referida a la covarianza o estacionariedad intrínseca referida a la semivarianza. La estacionariedad de segundo orden supone que la varianza es la misma entre dos puntos cualquiera que estén a la misma distancia y dirección.

Para hacer que los datos estén normalmente distribuidos y además satisfaga la asunción de igualdad de su variabilidad (igualdad de sus varianzas), o por lo menos a que las varianzas sean más constantes se pueden llevar a cabo transformaciones de los mismos. Si bien antes de transformar una variable hemos de tener en cuenta las características y forma de su distribución. El tipo de transformación dependerá del grado de asimetría y de la ubicación de los casos extremos. Debemos tener en cuenta que en una distribución normal los valores de la media y la mediana coinciden y en consecuencia la razón de estos valores debe ser a 1. Por lo tanto, este es uno de los criterios para determinar cuál es la mejor transformación, que el cociente entre ambos estadísticos se aproxime a la unidad. Otros serán que la asimetría este próximo a 0 y la curtosis próximo a 3.

Métodos de transformación que permite el análisis Geoestadísticos:

- **Transformación de Box-Cox:**

$Y(s) = \frac{(Z(s)^\lambda - 1)}{\lambda}$ para $\lambda \neq 0$. Siendo $Y(s)$ el valor resultante de la transformación, $Z(s)$ el valor original de la variable, y λ el exponente al que elevo la variable original. La transformación de la raíz cuadrada es un caso especial de transformación Box-Cox cuando $\lambda = 1/2$ (0.5)

- **Transformación logarítmica:**

Se considera parte de la transformación Box-Cox cuando $\lambda = 0$, la fórmula es $Y(s) = \ln(Z(s))$ para $Z(s) > 0$ siendo \ln logaritmo natural. La transformación logarítmica se utiliza cuando los datos presentan una asimetría positiva y por lo tanto existe un grupo de datos con valores muy elevados.

- **Transformación arcseno:**

La transformación arcseno tiene la siguiente formula $Y(s) = \sin^{-1}(Z(s))$ para $Z(s)$ entre 0 y 1. Esta transformación se utiliza cuando los datos están en proporciones o porcentajes. Muchas veces cuando los datos están en proporciones la varianza más pequeña está cerca de 0 y la varianza más grande cerca de 0.5.

2.2.2 Autocorrelacion espacial.

La autocorrelacion espacial asume que las cosas que están más cerca son más parecidas que las cosas que están más lejos. Además, se asume el principio de estacionariedad, que consiste en que si dos lugares están a una distancia y dirección similar tendrán similares diferencias

al cuadrado entre sus valores (estacionariedad de segundo orden). Para medir la autocorrelacion espacial se construye el semivariograma empírico donde se representa en el eje Y la mitad de las diferencias al cuadrado entre cada par de lugares y en el eje X la distancia que lo separa. Para calcular las distancias entre dos lugares se utiliza la fórmula de la distancia euclidiana:

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (1)$$

a. Semivarianza empírica

Para calcular, se halla la diferencia entre los valores de esos dos lugares, se eleva al cuadrado y se multiplica por 0.5. la formula general es: $\gamma = 0.5 * \text{promedio}[(\text{valor del lugar } i - \text{valor del valor } j)^2]$ en la formula figura el promedio, porque lo habitual es agrupar las diferencias en un determinado número de intervalos (lag bins), y después se halla el promedio de las distancias y el promedio de las semivarianzas entre todos los pares de lugares que hay en el mismo intervalo. Esto sucede cuando el tamaño de la muestra es grande y el número de pares de valores que se genera resulta inmanejable. Por ejemplo, un intervalo (lag) estaría constituido por todos los pares de lugares cuyas distancias estuvieran comprendidas entre 0 y 1, entre 1 y 2 metros formarían el segundo intervalo y así sucesivamente. Después se halla el promedio de todos los pares de puntos que hay en cada intervalo (promedio de las distancias y promedio de la semivarianza de los valores) y ese promedio se representa por un punto sobre el semivariograma. En el eje horizontal figuran las distancias (h) y en el eje vertical los valores de la semivarianza de la variable en esos lugares $\gamma(h)$. la representación de todos los puntos constituye el semivariograma empírico, de sus características se deduce la autocorrelacion espacial de la variable, así como la detección de los valores extremos o outliers.

En este grafico los pares de lugares que estén más próximos, y que aparezcan más a la izquierda del eje X, tendrán valores más similares, más cerca del origen del eje Y. A medida que los puntos se alejan hacia la derecha estarán separados por mayores distancias y a medida que estén situados más altos sobre el eje Y representarán mayores diferencias entre ellos. Si esto ocurre, los datos tendrán dependencia espacial. Cuando la autocorrelacion espacial solo depende de la distancia entre dos lugares se dice que hay isotropía. Pero si en la

autocorrelacion espacial hay influencias direccionales se dice que hay anisotropía, es decir, que la autocorrelacion varía según la dirección elegida.

La forma que adopte la nube de puntos del semivariograma va a depender del número de clases o intervalos (lags) en que agrupemos las distancias y de la amplitud de cada uno de esos intervalos. Si la amplitud es demasiado grande pueden desaparecer la autocorrelacion de pequeño alcance. Por el contrario, si la amplitud es demasiado pequeña, puede haber intervalos vacios o con pocos pares de puntos por lo que el promedio de los mismos sea poco representativo. Existe una norma general de que si multiplicamos la amplitud del intervalo (lag) por el número de intervalos (lags), la cifra que obtengamos tendrían que ser la mitad de la distancia más grande entre todos los puntos. También se puede tener en cuenta la distancia que se encuentra el alcance (rango) de la variable (distancia que señala la estabilidad de la semivarianza) cuando modelamos el semivariograma; si el alcance es pequeño, podemos disminuir la amplitud del intervalo, si el alcance es grande, podremos incrementar su amplitud, la Figura 7 muestra la distribución del Semivariograma empírico.

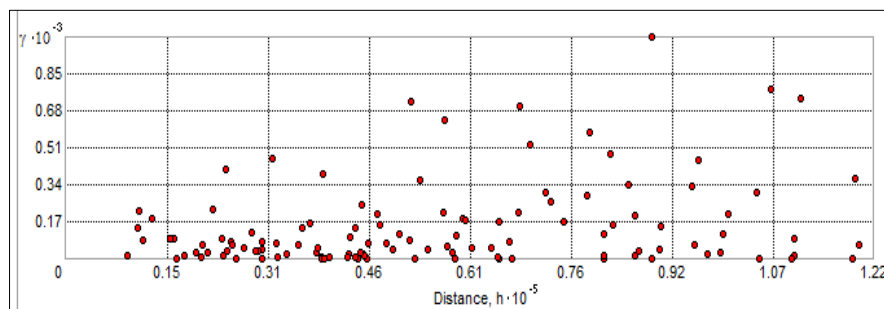


Figura 7: Semivariograma empírico

Fuente: Elaboracion propia

b. Covarianza empírica

Se obtiene con la siguiente formula $cov = (z(s_i) - \bar{z}) * (z(s_j) - \bar{z})$, que expresa el producto cruzado entre todos los pares de valores, siendo \bar{z} el promedio de los datos.

El resultado de aplicar esta fórmula será positivo cuando los valores de los dos lugares emparejados tengan tendencia a variar juntos; será negativo cuando los valores de los dos lugares tengan tendencias a variar en direcciones opuestas; será nulo cuando los dos varían independiente. La manera de construir el grafico es semejante al semivariograma, en el eje X se representan las distancias entre los lugares y en el eje Y se representa la covarianza, ver Figura 8.

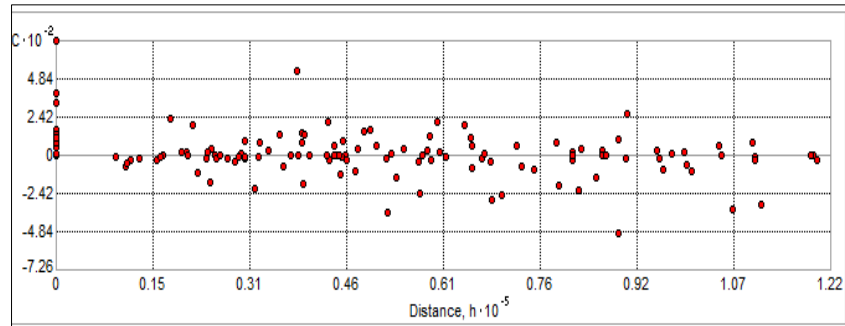


Figura 8: Grafica de la covarianza empírica

Fuente: Elaboracion propia

2.2.3 Técnicas de interpolación espacial.

La interpolación se puede definir como un procedimiento que permite calcular el valor de una variable en una posición del espacio (punto no muestral, con un valor estimado), conocido los valores de esa variable en otras posiciones del espacio (puntos muestrales con valores reales) (Bosques, 1992, p. 375).

Los métodos de interpolación son:

- Métodos Determinísticas
- Métodos Geoestadísticos

a. Métodos Determinísticos

Tienen como objetivo generar superficie de fenómenos que son continuos en el espacio sin llevar a cabo ningún análisis previo de la autocorrelación de la variable a interpolar. Generalmente formulan unas suposiciones generales, habitualmente no contrastadas, sobre el carácter general de la superficie a interpolar, y en función de ellas establecen la función matemática de interpolación (métodos directos).

b. Métodos Geoestadísticos

Tiene como objetivo generar superficie que incorporan las propiedades estadísticas de los datos muestrales y que proporcionan una medida del error de las mismas, siendo este último un indicador de una buena o mala predicción. Todos los métodos geoestadísticos forman parte de la familia del kriging (nombre derivado de su inventor D. G. Krige).

2.2.4 Interpolación por el método kriging.

La aplicación del kriging se realiza en dos etapas; en la primera se cuantifica la estructura espacial de los datos y, en la segunda, se realiza una predicción. Para cuantificar la estructura espacial primero se calcula el semivariograma empírico y después el teórico mediante el ajuste a los datos de un modelo de dependencia espacial. Para realizar la predicción de un valor no muestral sobre un lugar específico se utilizarán el modelo ajustado del semivariograma, la configuración espacial de los datos y los valores de los puntos muestrales que existen alrededor del lugar de predicción.

Kriging asume que el fenómeno que se está estudiando, toma valores (no necesariamente medido) en todas partes del área de estudio, es decir, tiene una continuidad espacial. En cuanto al tipo de datos con los que trabaja el kriging pueden ser numérico de tipo continuo o entero, datos categóricos ordenados o sin ordenar e incluso pueden ser datos binarios. Para acomodarse a todos los tipos de valores se han desarrollado las diferentes formas de kriging. Estos métodos se apoyan en modelos matemáticos que incluyen probabilidad. Es decir, que cuando se realiza la predicción esta va asociada a una probabilidad, ver Figura 9.

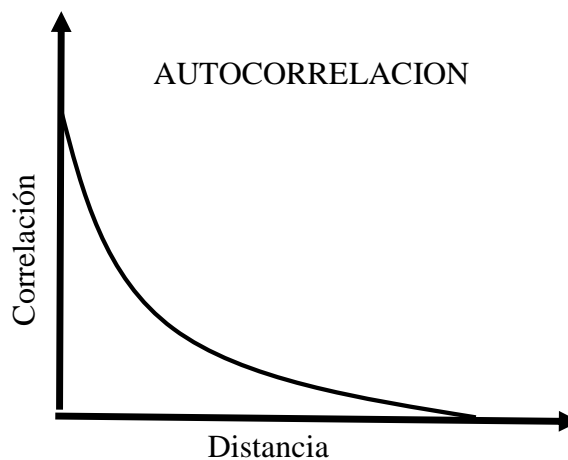


Figura 9: Expresión de la autocorrelación en función de la distancia
Fuente: Johnston et al., 2001)

Existen diferentes tipos de kriging:

- Kriging ordinario o puntual
- Kriging universal
- Kriging simple
- Kriging indicador
- Kriging disyuntivo

- Cokriging

a. Kriging ordinario o puntual

Asume que la variable es estacionaria y que no tiene tendencia, su ecuación es:

$$Z(s) = \mu(s) + \varepsilon(s) \quad (2)$$

Siendo $Z(s)$ la variable de interés; $\mu(s)$ una constante (media) desconocida, $\varepsilon(s)$ los errores aleatorios; s simplemente indica el valor con unas determinadas coordenadas espaciales X (longitud) e Y (latitud).

b. Kriging universal

Se utiliza cuando existe tendencia en los datos o un lento cambio en los valores medios, cuya ecuación es la misma que la anterior, salvo que $\mu(s)$ es la tendencia, que es modelada mediante una función polinómica de tal modo que $Z(s) = \beta_0 + \beta_1 x_1(s) + \beta_2 x_2(s) + \dots + \beta_p x_p(s) + \varepsilon(s)$.

Donde $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ son los coeficientes de tendencia y $\varepsilon(s)$ los errores que se supone que son estacionarios.

c. Kriging simple

Semejante al kriging ordinario, salvo que considera la media de los datos una constante conocida y que la suma de los pesos nos da 1.

d. Kriging indicador

Si transformamos los valores de $Z(s)$, de continuos a binarios, por ejemplo poniendo 0 si $Z(s)$ está por debajo de algún valor o 1 si está por encima, podríamos predecir la probabilidad de que $Z(s)$ este por encima de un determinado valor umbral. Las predicciones basadas en este modelo forman el kriging indicador o método de interpolación no lineal.

e. Kriging disyuntivo

Si hacemos transformaciones no específicas de $Z(s)$ denominándolas $f_i(Z(s_i))$ para la j -ésima variable podemos formar predictores de funciones de variables; por ejemplo, si queremos predecir el lugar s_0 se forma el kriging disyuntivo predictor de $g(Z(s_0))$ usando datos $f_i(Z(s_i))$

f. Cokriging

Cuando se tiene más de una variable, el modelo será:

$$Z_j(s) = \mu_j(s) + \varepsilon_j(s) \text{ hasta la } j\text{-ésima variable.}$$

Se puede considerar una tendencia diferente para cada variable, y además de la autorrelacion de los errores $\varepsilon_j(s)$, también la correlacion cruzada entre los errores $\varepsilon_j(s)$ y $\varepsilon_k(s)$ de las dos variables. Los modelos basados en más de una variable forman la base del cokriging, dentro del cual existen los mismos tipos que existían dentro del kriging (cokriging ordinario, universal, simple, indicador cokriging, cokriging de probabilidad y disyuntivo).

Tanto el kriging como el cokriging son métodos de predicción cuyo último objetivo es crear una superficie de valores estimados. Pero además proporcionan mapas de los errores estándar y mapas de probabilidad.

2.2.5 Modelo del semivariograma en kriging.

El semivariograma nos permite analizar la autocorrelacion espacial de la variable. Las funciones del semivariograma y de la covarianza cuantifican la asunción de que las cosas que están más próximas tienden a ser más similares que las que están más lejos. Ambas miden la fuerza de la correlación estadística en función de la distancia. Recordemos que el semivariograma es definido como $\gamma(s_i, s_j) = 1/2 \text{ var } (Z(s_i) - Z(s_j))$, donde var es la varianza.

Si dos lugares s_i y s_j están más próximos el uno al otro en términos de distancias medida $d(s_i, s_j)$, se espera que sean similares y que la diferencia en sus valores, $Z(s_i) - Z(s_j)$, sea pequeña. Por el contrario si s_i y s_j se alejan, se harán menos similares y la diferencia en sus valores $Z(s_i) - Z(s_j)$ se hará mayor. Esta asunción se puede constatar en la figura,

que muestra la estructura de un semivariograma típico. Observamos como la varianza de las diferencias se incrementa con la distancia, por lo que el semivariograma es una función de disimilaridad.

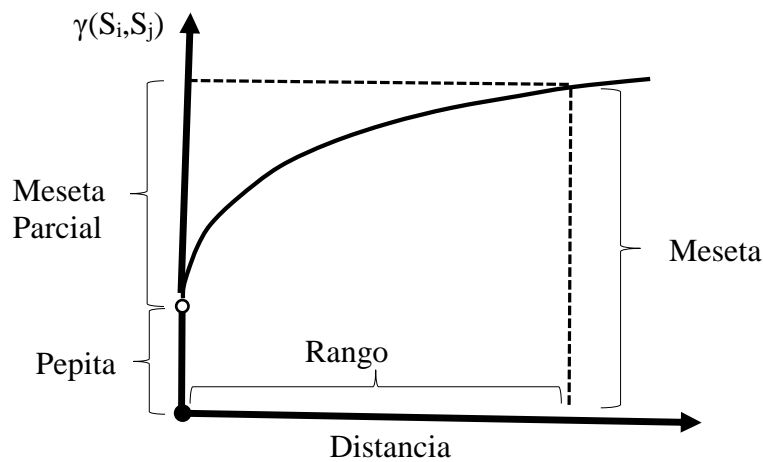


Figura 10: Estructura de un semivariograma típico

Fuente: Johnston et al., 2001

Existen varios modelos de funciones, pero hay unos parámetros que son comunes a todos. La meseta o *sill* es el valor estable de γ ; coincide con el valor de la varianza normal de esa variable. Muchas veces está compuesto de dos partes: una discontinuidad en el origen, que se denomina *efecto nugget* (efecto pepita), y la meseta parcial (partial sill), que juntos conforman la meseta. A su vez el nugget que representa la varianza mínima y el punto en que la recta corta el eje y, se debe a errores de medida o variaciones de microescala. El *alcance* o *range* es la distancia a partir de la cual el valor de γ se estabiliza. Indica la influencia espacial de la autocorrelacion en la variable, es decir, la distancia hasta la que influye en su entorno cada punto.

El *alcance* muestra que la variabilidad de un hecho geográfico no aumenta más al hacerlo la distancia de separación, por lo que los valores de ese hecho son independientes entre sí cuando están separados por esa distancia. La autocorrelacion, por lo tanto, solo aparece dentro del alcance del semivariograma.

En la línea de ajuste se pueden distinguir dos partes: una ascendente desde el cero hasta la meseta, cuya pendiente muestra el grado de continuidad espacial de la variable estudiada. Si la pendiente es muy fuerte, la variable es poco continua, es decir, cambia rápidamente de valor en distancias reducidas; si la pendiente es suave, la variable cambia poco entre puntos que están poco separados, existe continuidad espacial. La otra parte es la horizontal que está

más allá del alcance y que muestra todas las distancias entre puntos que no presentan autocorrelación espacial (Bosque, 1992, p. 198).

2.2.6 Modelo de covarianza en kriging.

La función covarianza es definida por la siguiente expresión:

$$C(s_i, s_j) = cov(Z(s_i), Z(s_j)) \quad (3)$$

Dos lugares s_i y s_j que estén más próximos, serán más similares y su covarianza será mayor. Por el contrario, si están más alejados, serán más desiguales y su covarianza tenderá a cero. Como se observa en la figura, la función de la covarianza disminuye con la distancia por lo que es una función de similitud.

Hay una relación entre la función del semivariograma y la covarianza que es:

$\gamma(s_i, s_j) = sill - C(s_i, s_j)$ y que se constata comparando ambas figuras.

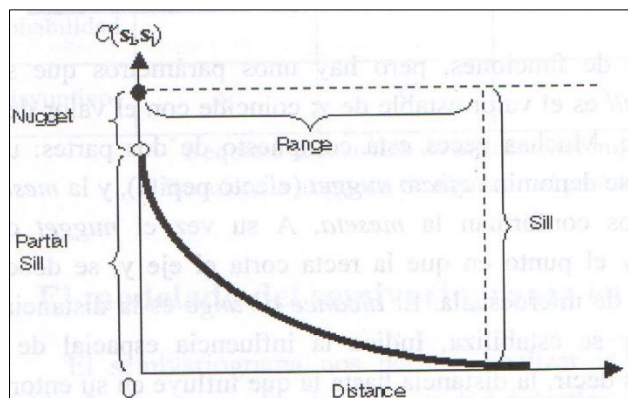


Figura 11: Relación entre la covarianza y la distancia

Fuente: Johnston et al., 2001

Al existir equivalencia entre esas funciones se pueden hacer predicciones usando cualquiera de ellas.

Las funciones del semivariograma y de la covarianza pueden variar no solo con la distancia sino también con la dirección, ver Figura 12. El modelo isotrópico es aquel que es el mismo

en todas direcciones, mientras que el modelo anisotrópico alcanza la meseta más rápidamente en unas direcciones que en otras.

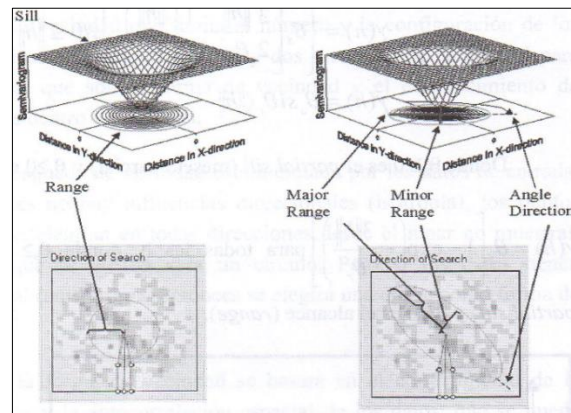


Figura 12: Modelos isotrópico y anisotrópico

Fuente: Johnston et al., 2001

Cuando los datos tienen anisotropía las diferencias en los valores de los datos cambian bastante más con la distancia en una dirección que en otra. La anisotropía puede ser detectada generando semivariogramas experimentales en direcciones ortogonales y observando si hay diferencias en los gráficos resultantes.

En la Figura 12 se muestra, en el lado izquierdo el modelo isotrópico (es igual en todas direcciones) y en el lado derecho el modelo anisotrópico (varía según la dirección). La longitud del eje mayor para alcanzar la meseta se llama alcance mayor y la longitud del eje menor para alcanzar la meseta se llama alcance menor.

Con las funciones del semivariograma y covarianza se estiman los modelos teóricos que son los que utilizan el kriging para predecir valores y calcular los errores típicos.

El analista geoestadístico proporciona catorce funciones, las más usadas son:

- Modelo Esférico o de Matheron
- Modelo exponencial
- Modelo Lineal

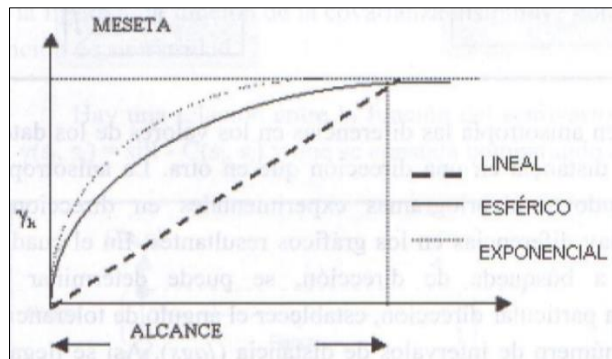


Figura 13: Modelos teóricos de semivariogramas

Fuente: Johnston et al., 2001

2.3 Conceptos Hidrológicos

2.3.1 Cuenca Hidrográfica.

Segun Vasquez et al, 20000, se presentan algunas definiciones sobre cuencas hidrográficas: “Es área natural o unidad de territorio, delimitada por una divisoria topográfica (dovortium aquarum), que capta la precipitación y drena el agua de escorrentía hasta un colector común, denominado río principal”.

“Cuenca hidrográfica es la superficie cuyas aguas fluyen a un mismo río, lago o mar”.

“Cuenca hidrográfica es el sistema que interrelaciona factores naturales, sociales, económicos, políticos e institucionales y que son variables en el tiempo”.

“Cuenca hidrográficas es el área o ámbito geográfico, delimitado por el dovortium aquarum, donde ocurre el ciclo hidrológico e interactúan los factores naturales sociales, económicos, políticos e institucionales y que son variables en el tiempo”.

2.3.2 Ciclo Hidrológico.

El ciclo hidrológico es el foco central de la hidrología. El ciclo no tiene principio ni fin y sus diversos procesos ocurren en forma continua. En la Figura 14 muestra una visión esquemática del ciclo hidrológico. La radiación solar produce la evaporación del agua existente. Por procesos atmosféricos (enfriamiento) el vapor de agua se condensa y luego se precipita en forma de lluvia. (Chow et al, 2000)

2.3.3 Escorrentía

La escorrentía superficial es el fenómeno más importante desde el punto de vista de ingeniería, y consiste en la ocurrencia y el transporte de agua en la superficie terrestre. (Monsalve, 1999).

El escurrimiento se define como el agua proveniente de la precipitación que circula sobre o bajo la superficie terrestre y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca. (Aparicio, 2003).

2.3.4 Precipitación.

La precipitación es toda forma de agua cuyo origen está en las nubes, y cae a la superficie terrestre en forma de lluvia, granizo, garúa o nieve.

La precipitación incluye la lluvia, la nieve y otros procesos mediante los cuales el agua cae a la superficie terrestre, tales como granizo y nevisca. La formación de la precipitación requiere la elevación de una masa de agua en la atmósfera de tal manera que se enfríe y parte de la humedad se condense. (Chow, et al 2000).

2.3.5 Evaporación

La evaporación es el proceso por el cual el agua líquida pasa al estado de vapor en condiciones naturales. (Monsalve, 1999).

2.3.6 Evapotranspiración

El conocimiento de la evapotranspiración o uso consuntivo es un factor determinante en el diseño de sistema de riego, incluyendo las obras de almacenamiento, conducción, distribución y drenaje. Especialmente, el volumen útil de una presa para abastecer a una zona de riego depende en gran medida del uso consuntivo. (Aparicio, 2003). Es el conjunto de los fenómenos de evaporación y transpiración. (Monsalve, 1999).

2.3.7 Infiltración

Se define como el movimiento del agua, a través de la superficie del suelo y hacia adentro del mismo, producido por la acción de las fuerzas gravitacionales y capilares. (Aparicio, 2003).

Infiltración es el proceso por el cual el agua penetra desde la superficie del terreno hacia el suelo. Muchos factores influyen en la tasa de infiltración, incluyendo la condición de la superficie del suelo y su cubierta vegetal, las propiedades del suelo, tales como la porosidad y la conductividad hidráulica y el contenido de humedad presente en el suelo. (Chow et al, 2000).

2.3.8 Intercepción

La intercepción es un tema importante en la modelación de tormentas de baja intensidad y de alta intensidad. Generalmente, las tormentas que tienen una frecuencia alta de ocurrencia son sustancialmente abstraídas por intercepción. Por el contrario, para las tormentas de alta intensidad y baja frecuencia de ocurrencia, la intercepción generalmente es una fracción muy pequeña del total de la lluvia. La modelación detallada de la intercepción usualmente está garantizada en modelos de proceso continuo. Para los modelos de eventos aislados, la intercepción es pequeña comparada con la infiltración. (Ponce, 1989).

2.4 Análisis de Frecuencia para una variable hidrológica

2.4.1 Distribución Normal

La distribución normal surge del teorema del límite central, el cual establece que si una secuencia de variables aleatorias x , son independientes y están idénticamente distribuidas con media μ y una varianza σ^2 , entonces la distribución de la suma de n de estas variables aleatorias, $Y = \sum_{i=1}^n x_i$, tiende hacia la distribución normal con media $n\mu$ y varianza $n\sigma^2$ a medida que n aumenta. El punto importante es que esto es cierto sin importar cuál es la función de distribución de X .

Así, por ejemplo, la distribución de probabilidad de la media de la muestra $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ puede aproximarse como una distribución normal con media μ y varianza $\left(\frac{1}{n}\right)^2 n\sigma^2 = \frac{\sigma^2}{n}$ sin importar cuál es la distribución de x . Las variables hidrológicas, como la precipitación anual,

calculadas como la suma de los efectos de muchos eventos independientes tienden a seguir la distribución normal. Las principales limitaciones de la distribución normal en la descripción de variables hidrológicas son, por un lado, que esta variable varía a lo largo de un rango

continuo $[-\infty, \infty]$, mientras que la mayor parte de las variables hidrológicas son negativas, y por otro lado, que es simétrica alrededor de la media, mientras que la información hidrológica tiende a ser asimétrica.

Método mediante Función de densidad:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (4)$$

Rango:

$$-\infty \leq x \leq \infty$$

Estimación de parámetros:

$$\mu = \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (5)$$

$$\sigma = S_x = \left\{ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

Método mediante el Factor de frecuencia:

$$K_T = \frac{x_T - \mu}{\sigma} \quad (7)$$

Despejando y reemplazando:

$$x_T = K_T S_x \pm \bar{x} \quad (8)$$

Si el valor de z corresponde a una probabilidad de excedencia de p ($p = 1/T$) puede calcularse encontrando el valor de una variable intermedia w

$$w = \left[\ln\left(\frac{1}{p^2}\right) \right]^{1/2} \quad (9)$$

$$0 < p \leq 0.5$$

Y luego calculando z utilizando la aproximación:

$$z = w - \frac{2.515517 + 0.802853w + 0.010328w^2}{1 + 1.432788w + 0.189269w^2 + 0.001308w^3} \quad (10)$$

Donde:

$$K_T = z \quad (11)$$

2.4.2 Distribución Log Normal 2P

Si la variable aleatoria $Y = \text{Log}X$ esta normalmente distribuida, entonces se dice que X está distribuida en forma lognormal. Chow (1954) llego a la conclusión de que esta distribución se aplica a variables hidrológicas formadas como productos de otras variables debido a que si $x = x_1, x_2, x_3, \dots, X_n$ entonces $y = \log x = \sum_{i=1}^n \log x_i = \sum_{i=1}^n y_i$, la cual tiende a la distribución normal para valores grandes de n siempre y cuando los X , sean independientes y estén idénticamente distribuidos. Se ha encontrado que la distribución lognormal describe la distribución de la conductividad hidráulica en un medio poroso (Freeze, 1975), la distribución de tamaño de gotas de lluvia en una tormenta y otras variables hidrológicas. La distribución lognormal tiene las ventajas sobre la distribución normal de que está limitada ($x > 0$) y de que la transformación log tiende a reducir la asimetría positiva comúnmente encontrada en información hidrológica, debido a que al tomar logaritmos se reducen en una proporción mayor los números grandes que los números pequeños. Algunas limitaciones de la distribución lognormal son, por un lado, que tiene solamente dos parámetros y , por otro lado, que requiere que los logaritmos de los datos sean simétricos alrededor de la media.

Metodo mediante Función de densidad:

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(y - \mu_y)^2}{2\sigma_y^2}\right) \quad (12)$$

Donde:

$$Y = \log x \quad (13)$$

Rango:

$$x > 0$$

Estimación de parámetros:

$$\mu_y = \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln(x_i) \quad (14)$$

$$\sigma_y = S_y = \left\{ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\ln(x_i) - \bar{y})^2 \right\}^{1/2} \quad (15)$$

Metodo mediante Factor de frecuencia:

$$y_T = K_T S_y \pm \bar{y} \quad (16)$$

Para esta distribución, se aplica el mismo procedimiento que la distribución normal, excepto que este se aplica a los logaritmos de las variables, su media y su desviación estándar

2.4.3 Distribución Log Pearson III

Si los X sigue una distribución Pearson tipo III, entonces se dice que x sigue una distribución log-Pearson tipo III. Esta es la distribución estándar para análisis de frecuencia de crecientes máximas anuales en los Estados Unidos (Berson, 1968). Como un caso especial, cuando $\log X$ es simétrico alrededor de su media, la distribución log-Pearson tipo III se reduce a la distribución lognormal.

La localización de límite ϵ en la distribución log-Pearson tipo III depende de la asimetría de la información. Si ésta tiene asimetría positiva, entonces $\text{Log}x \geq \epsilon$ y ϵ es un límite inferior, mientras que si la información tiene asimetría negativa, $\text{Log}x \leq \epsilon$ y ϵ es un límite superior. La transformación log reduce la asimetría de la información transformada y puede producir información transformada con asimetría negativa utilizando información original con asimetría positiva. En este caso, la aplicación de la distribución log-Pearson tipo III impondría un límite superior artificial a la información. Dependiendo de los valores de los parámetros, la distribución log-Pearson tipo III puede asumir muchas formas diferentes.

La distribución log-Pearson tipo III se desarrolló como un método para ajustar una curva a cierta información. Su uso está justificado por que se ha encontrado que arroja buenos resultados en muchas aplicaciones, particularmente para la información de picos crecientes.

Metodo Mediante Función de densidad:

$$f(x) = \frac{\lambda^\beta (y - \epsilon)^{\beta-1} e^{-\lambda(y-\epsilon)}}{x\Gamma(\beta)} \quad (17)$$

Donde:

$$y = \log x \quad (18)$$

Rango:

$$\log x \geq \epsilon$$

Estimación de parámetros:

$$\lambda = \frac{S_y}{\sqrt{\beta}} \quad (19)$$

$$\beta = \left[\frac{2}{C_s(y)} \right]^2 \quad (20)$$

$$\epsilon = \bar{y} - S_y \sqrt{\beta} \quad (21)$$

Suponiendo que $C_s(y)$ es positivo.

Metodo mediante Factor de frecuencia:

$$y_T = K_T S_y \pm \bar{y} \quad (22)$$

$$K_T = z + (z^2 - 1)k + \frac{1}{3}(z^3 - 6z)k^2 - (z^2 - 1)k^3 + zk^4 + \frac{1}{3}k^5 \quad (23)$$

$$\text{Donde: } k = C_s/6 \quad (24)$$

2.4.4 Distribución de valor extremo

Los valores extremos son valores máximos o mínimos seleccionados de conjuntos de datos. Por ejemplo, el caudal máximo anual en un lugar dado es el mayor caudal registrado durante un año y los valores de cada máximo anual para cada año de registro histórico conforman un conjunto de valores extremos que puede analizarse estadísticamente. Fisher y Tippett (1928) han demostrado que las distribuciones de valores extremos seleccionados de conjuntos de muestras de cualquier distribución de probabilidad convergen en una de las tres formas de distribuciones de valor extremo, llamado tipo I, II y III, respectivamente, cuando el número de valores extremos seleccionados es grande. Las propiedades de las tres formas limitantes fueron desarrolladas en mayor detalle por Gumbel (1941) para la distribución de Valor Extremo tipo I (EVI, por sus siglas en inglés), por Frechet (1927) para la distribución Valor Extremo tipo II (EVII) y por Weibull (1939) para la distribución de valor Extremo tipo III (EVIII).

Jenkinson (1955) demostró que estas tres formas limitantes eran casos especiales de una distribución única llamada la distribución de Valor Extremo General (GEV, por sus siglas en inglés). La función de distribución de probabilidad para GEV es:

$$F(x) = \exp \left[- \left(1 - k \frac{x - \mu}{\alpha} \right)^{1/k} \right] \quad (25)$$

Donde k, μ, α son parámetros que deben ser determinados.

Los tres casos limitantes son 1) para $k = 0$, la distribución de Valor Extremo tipo I, 2) para $k < 0$, la distribución de valor Extremo tipo II, y 3) para $k > 0$, la distribución de Valor Extremo tipo III. En todos los tres casos, se supone que α es positivo.

Para la distribución EVI, x no tiene límites, mientras que para EVII, x está acotado por debajo (por $\mu + \alpha/k$), y para la distribución EVIII, x está similarmente acotado por arriba. Las distribuciones EVI y EVII también se conocen como la distribución Gumbel y Frechet respectivamente. Si una variable x está descrita por la distribución EVIII, entonces se dice que $-x$ tiene una distribución Weibull.

La ecuación específicamente de la Distribución Gumbel

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \exp \left[- \frac{x - \mu}{\alpha} - \exp \left(- \frac{x - \mu}{\alpha} \right) \right] \quad (26)$$

Rango:

$$-\infty < X < \infty$$

Estimación de parámetros:

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} S_x \quad (27)$$

$$\mu = \bar{x} - 0.5772\alpha \quad (28)$$

Metodo mediante Factor de frecuencia:

$$x_T = K_T S_x \pm \bar{x} \quad (29)$$

$$K_T = - \frac{\sqrt{6}}{\pi} \left\{ 0.5772 + \ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right] \right\} \quad (30)$$

2.5 Prueba de la bondad de ajuste

Las pruebas de bondad de ajuste son pruebas de hipótesis que se usan para evaluar si un conjunto de datos es una muestra independiente de la distribución elegida.

En la teoría estadística, las pruebas de bondad de ajuste más conocidas son la X^2 y la Kolmogorov – Smirnov, las cuales se describen a continuación.

2.5.1 Prueba Chi Cuadrado X2

Esta prueba fue propuesta por Karl Pearson en 1900, se aplica para verificar bondad de las distribuciones normales y log normales.

Para aplicar la prueba, el primer paso es dividir los datos en un número k de intervalos de clase. Luego se calcula el parámetro estadístico:

Una medida de las discrepancias entre las frecuencias observadas (f_o) y las frecuencias calculadas (f_c) por medio de una distribución teórica está dada por el estadístico χ^2 .

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(f_o - f_c)^2}{f_c} \quad (31)$$

Donde:

$$\sum f_o = \sum f_c \quad (32)$$

Si el estadístico $\chi^2 = 0$ significa que las distribuciones teórica y empírica ajustan exactamente, mientras que si el estadístico $\chi^2 > 0$, ellas difieren. La distribución del estadístico χ^2 se puede asimilar a una distribución Chi-cuadrado con $(k - n - 1)$ grados de libertad, donde k es el número de intervalos y n es el número de los parámetros de la distribución teórica. La función χ^2 se encuentra tabulada. Supóngase que una hipótesis H_o es aceptar que una distribución empírica se ajusta a una distribución Normal. Si el valor calculado de χ^2 por la ecuación anterior es mayor que algún valor crítico de χ^2 , con niveles de significancia α de 0.05 y 0.01 (el nivel de confianza es $1 - \alpha$) se puede decir que las frecuencias observadas difieren significativamente de las frecuencias esperadas (o calculadas) y entonces la hipótesis H_o se rechaza, si ocurre lo contrario entonces se acepta.

2.5.2 Prueba de Smirnov - Kolmogorov (S-K)

Método por el cual se comprueba la bondad de ajuste de las distribuciones, asimismo permite elegir la más representativa, es decir la de mejor ajuste.

Esta prueba consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia D entre la función de distribución de probabilidad observada $P(x)$ y la estimada $P_o(x)$:

$$D_n = \max(P(x) - P_o(x)) \quad (33)$$

La prueba requiere que el valor D_n calculado con la expresión anterior sea menor que el valor tabulado D_n para un nivel de probabilidad requerido.

Esta prueba es fácil de realizar y comprende las siguientes etapas:

El estadístico D_n es la máxima diferencia entre la función de distribución acumulada de la muestra y la función de distribución acumulada teórica escogida.

Se fija el nivel de probabilidad α , valores de 0.05 y 0.01 son los más usuales.

El valor crítico $D\alpha$ de la prueba debe ser obtenido de tablas en función de α y n .

Si el valor calculado D_n es mayor que el $D\alpha$, la distribución escogida se debe rechazar.

Cuadro 1: Prueba de Smirnov - kolmogorov.

Prueba de Smirnov-kolmogorov. Valores críticos $D_{\max}(\alpha, n)$					
Nivel de significancia α					
Tamaño de la Muestra	0.2	0.15	0.1	0.05	0.01
1	0.900	0.925	0.950	0.875	0.995
2	0.684	0.726	0.776	0.842	0.929
3	0.565	0.597	0.642	0.708	0.828
4	0.494	0.525	0.564	0.624	0.733
5	0.446	0.474	0.510	0.565	0.669
6	0.410	0.436	0.470	0.521	0.618
7	0.381	0.405	0.438	0.486	0.577
8	0.358	0.381	0.411	0.457	0.543
9	0.339	0.360	0.388	0.432	0.514
10	0.322	0.342	0.368	0.410	0.490
11	0.307	0.326	0.352	0.391	0.468
12	0.295	0.313	0.338	0.375	0.450
13	0.284	0.302	0.325	0.361	0.433
14	0.274	0.292	0.314	0.349	0.418
15	0.266	0.283	0.304	0.338	0.404
16	0.258	0.274	0.295	0.328	0.392
17	0.250	0.266	0.286	0.318	0.381
18	0.244	0.259	0.278	0.309	0.371

19	237.00	0.252	0.272	0.301	0.363
20	0.231	0.246	0.264	0.294	0.356
25	0.210	0.220	0.240	0.270	0.320
30	0.190	0.200	0.220	0.240	0.290
35	0.180	0.190	0.201	0.230	0.270
≥35	$1.07/\sqrt{N}$	$1.14/\sqrt{N}$	$1.22/\sqrt{N}$	$1.36/\sqrt{N}$	$1.63/\sqrt{N}$

Fuente: Chow et al., 1994

2.6 Modelos Precipitación - Escorrentía

Es común que no se cuente con registros adecuados de escurrimiento en un sitio de interés para determinar los parámetros necesarios para el diseño y operación de obras hidráulicas. En general, los registros de precipitación son más abundantes que los de escurrimientos y , además, no se afectan por cambios en la cuenca, como construcción de obras de almacenamiento y derivación, talas, urbanización, etc. Por ello, es conveniente contar con métodos que permitan determinar el escurrimiento en una cuenca mediante las características de la misma y la precipitación. Las características de la cuenca se conocen por medio de planos topográficos y de uso de suelo, y la precipitación a través de mediciones directas en el caso de predicción de avenidas frecuentes.

Para el estudio de los modelos precipitación -escorrentía se les ha clasificado de acuerdo con la información requerida y en general se tiene la clasificación siguiente:

- **Métodos empíricos.** Se han desarrollado dos tipos de métodos: en los primeros únicamente se necesitan para su aplicación de las características fisiográficas de la cuenca donde se localiza la corriente de análisis; en los otros, se utilizan en forma simultánea las características fisiográficas y los datos de precipitación.
- **Métodos del hidrograma unitario.** En este tipo de métodos es necesario tener disponible, en la cuenca de estudio, registros simultáneos de lluvias y escurrimientos.
- **Métodos de simulación del escurrimiento.** Para su aplicación se requiere información detallada de las características de la cuenca y de datos hidrológicos simultáneos de la misma y de modelos matemáticos complicados.

2.6.1 Métodos empíricos

Los métodos empíricos se han estructurado a través de ecuaciones matemáticas, en las cuales intervienen alguna de las características de la cuenca, así como condiciones del uso del suelo, pendiente del terreno, longitud o pendiente del cauce principal y la intensidad o altura de lluvia total que produce el gasto máximo. Aspecto fundamental de este tipo de métodos es que únicamente proporcionan el gasto máximo o pico.

a. Método de envolventes

El método más común es el desarrollado por *Creager* y para su desarrollo relacionó los gastos máximos observados en el mundo respecto al área de la cuenca donde ocurrieron. Posteriormente, al trazar una línea que envuelve a todos los gastos máximos obtuvo una curva representada por una ecuación del tipo siguiente:

$$Q_p = 1.303 C (0.386 A)^\alpha \quad (34)$$

$$\alpha = \frac{0.936}{A^{0.048}} \quad (35)$$

Donde:

Q_p = Gasto pico o máximo (m^3/s)

A = Área de la Cuenca (km^2)

C = Constante de Creager

Los valores de la constante C son conocidos como valores de la envolvente y el valor mundial de C es igual a 100. En la Figura 14 se muestra la envolvente mundial de Creager. Para el caso específico de la República del Perú, los valores de la constante C para cada una de las 24 Regiones que se han establecido en nuestro país.

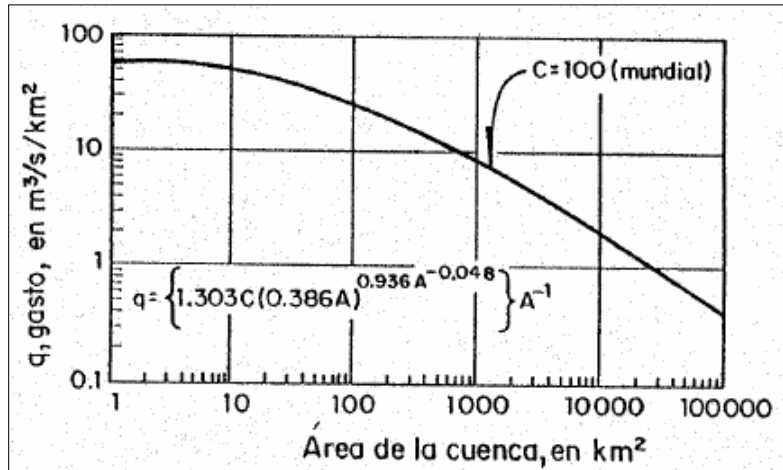


Figura 14: Envolvente Mundial de Creager

Fuente: Breña a., 2006

b. Método de la fórmula racional

La mayoría de los métodos empíricos se han derivado del método racional y en la literatura americana se le menciona en Kuichling (1989). No obstante, otros autores citan que los principios básicos de este método fueron desarrollados por Mulvaney en Irlanda en 1851.

La ecuación que define la formula racional es:

$$Q_p = \frac{C I A}{360} \quad (36)$$

Donde:

Q = caudal máximo, en m^3/s

C = coeficiente de escorrentía, que depende de la cobertura vegetal, la pendiente y el tipo de suelo, sin dimensiones

I = intensidad máxima de la lluvia, para una duración igual al tiempo de concentración, y para un período de retorno dado, en mm/hr

A = área de la cuenca, en has

El coeficiente $1/360$ corresponde a la transformación de unidad.

Para el caso en que el área de la cuenca esté expresada en km^2 la fórmula es:

$$Q_p = \frac{C I A}{3.6} \quad (37)$$

Siendo los demás parámetros con las mismas unidades (Villón, 2002).

2.6.2 Métodos del Hidrograma Unitario

Monroy, R. dijo que un hidrograma unitario es la respuesta hidrológica de una cuenca ante una precipitación unitaria, la cual es uniformemente distribuida en el espacio y tiempo. Se considera que las lluvias son de distribución uniforme y de intensidad constante en toda el área de drenaje de la cuenca.

Existen los hidrogramas unitarios sintéticos (HU'S) los cuales son derivados de la forma empírica, este tipo de hidrograma se utiliza para las cuencas que no han sido aforadas; trata de establecer el tiempo base y el tiempo al caudal pico de este hidrograma en función a las características morfométricas de la cuenca hidrográfica cuyo valor se obtiene de la cartografía de la zona.

Existen tres tipos de hidrogramas unitarios sintéticos (Chow et al., 1988):

- Los que relacionan las características del hidrograma unitario con las características de la cuenca (Snyder, Gray, etc).
- Los basados en hidrogramas unitarios adimensionales (SCS).
- Los basados en modelos de almacenamiento y tránsito de la cuenca (Clark, Nash, etc).

Del mismo modo que para los modelos lluvia-escorrentía, en el mundo se han realizado gran variedad de modelos para estimar hidrogramas de escorrentía superficial en cualquier punto de la cuenca hidrográfica (Monsalve, 1999; Chow et al., 1988; Viessman & Lewis, 1996).

La aplicación del método de hidrogramas unitarios consiste en cuatro pasos (Hoggan, 1997):

- Determinar el hietograma de precipitación para la cuenca.
- Estimar las pérdidas, restarlas del hietograma de precipitación para obtener la precipitación de excesos.
- Transformar la precipitación de excesos dentro de la escorrentía directa con un hidrograma unitario.
- Agregar el flujo base a la escorrentía directa para obtener el hidrograma total de escorrentía.

a. Hidrográma adimensional SCS (Servicio de Conservación de Suelos – USA)

Es un hidrográma adimensional SCS (Soil Conservation Service) es hidrograma unitario sintético en el cual se expresan los caudales en función del caudal pico, q_p y los tiempos en función del tiempo al pico, T_p Figura 15a. Los valores de q_p y T_p se estiman basándose en el hidrográma unitario triangular del SCS (Figura 15b).

Dados el caudal y el tiempo de retardo para la duración de una lluvia efectiva, el hidrograma unitario puede estimarse a partir del hidrograma sintético adimensional para la cuenca dada, Figura 15 a.

Basándose en una gran cantidad de hidrográma unitarios, el SCS sugiere que el tiempo de recesión puede aproximarse a $1,67 T_p$. Como el área bajo el hidrograma unitario debería ser igual a una escorrentía directa de 1cm, puede demostrarse que:

$$q_p = \frac{0.208 A}{T_p} \quad (38)$$

Donde

q_p = Caudal en $[m^3/s \cdot mm]$

A = Área de la cuenca $[km^2]$ y

T_p = Tiempo al pico del hidrograma unitario triangular $[hr]$.

Para el cálculo del tiempo al pico (T_p) se pueden emplear las siguientes ecuaciones:

$$T_p = \frac{t_r}{2} + t_p \quad (39)$$

Adicionalmente, en estudios de hidrogramas unitarios de muchas cuencas rurales indican que el tiempo de ratardo $t_p \cong 0.6T_c$ donde T_c es el tiempo de concentración de la cuenca.

$$T_p = \frac{t_r}{2} + 0.6T_c \quad (40)$$

Donde:

t_r = Duración de precipitación de exceso (h)

T_c = Tiempo de concentración (h)

t_p = Tiempo de retarde (h)

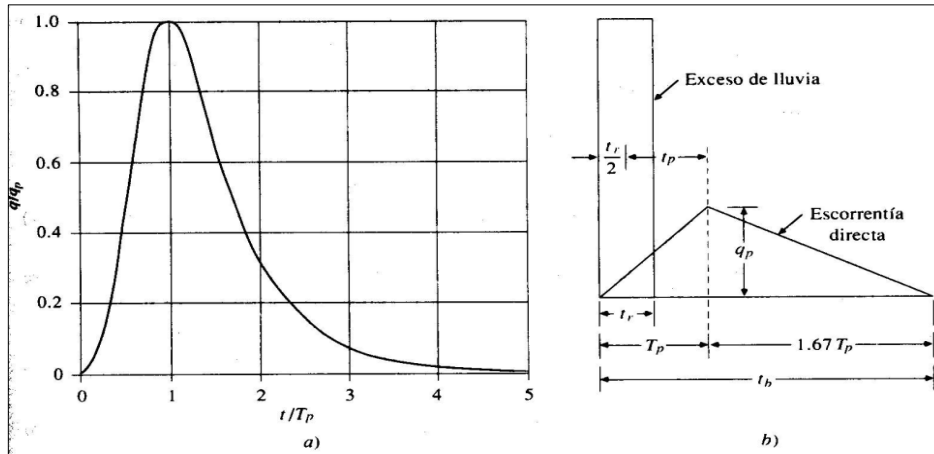


Figura 15: a) Hidrográma Adimensional del SCS b) Hidrográma Unitario triangular
Fuente: Chow et al., 1994

En el Cuadro 2 se muestra los valores del hidrograma adimensional SCS.

Cuadro 2: Valores del hidrograma adimensional SCS

t/t_p	Q/Q_p	t/t_p	Q/Q_p	t/t_p	Q/Q_p	t/t_p	Q/Q_p	t/t_p	Q/Q_p
0.0	0.00								
0.2	0.10	1.2	0.93	2.2	0.207	3.2	0.040	4.2	0.010
0.4	0.31	1.4	0.78	2.4	0.147	3.4	0.029	4.4	0.007
0.6	0.66	1.6	0.56	2.6	0.107	3.6	0.021	4.6	0.003
0.8	0.93	1.8	0.39	2.8	0.077	3.8	0.015	4.8	0.002
1.0	1.00	2.0	0.28	3.0	0.055	4.0	0.011	5.0	0.000

Fuente: Chow et al., 1994

b. Hidrograma unitario de Snyder

En 1938, Snyder introdujo el concepto del hidrograma unitario sintético. Mediante el análisis de las condiciones de escurrimiento en un gran número de cuencas, Snyder fue capaz de desarrollar valores para la duración de la escorrentía y niveles máximos de inundación para los diferentes tipos de cuencas bajo condiciones variables. Su procedimiento permite a los hidrólogos estudiar y analizar las cuencas de drenaje en las áreas de 30 a 30.000 kilómetros cuadrados para los registros que no estaban disponibles o no eran fiables. Esto incluyó un gran número de cuencas en los Estados Unidos.

Snyder definió el hidrograma unitario estándar como aquel cuya duración de lluvia t_r está relacionada con el retardo de la cuenca t_p por (Chow et al., 1988):

$$t_p = 5.5t_r \quad (41)$$

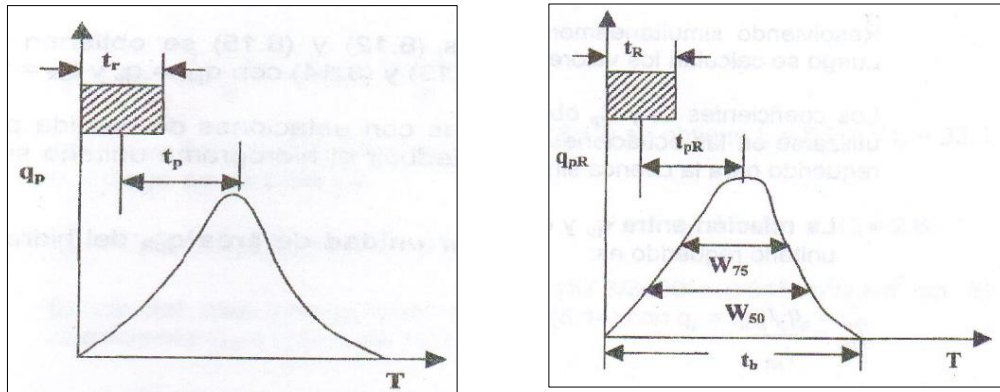


Figura 16: a) Hidrográma unitario estándar ($t_p = 5.5t_r$) b) Hidrográma Unitario requerido ($t_{pR} \neq 5.5t_{rR}$)

Fuente: Chow et al., 1994

Para un hidrográma unitario estándar se encontró que:

- Tiempo de retardo t_p :

$$t_p = C_1 C_t (LL_c)^{0.3} \quad (42)$$

Donde:

t_p = Tiempo de retardo (h)

L = Longitud del cauce principal hasta la divisoria de aguas arriba (km)

L_c = Longitud del cauce principal hasta la altura del centroide de la cuenca (km)

$C_1 = 0.75$ (1 en el sistema ingles)

C_t = Coeficiente de retardo basado en cuencas instrumentadas en la misma región, su valor varía entre 1.35 (pendientes altas) y 2.65 (pendientes bajas), también es posible estimar de la siguiente manera:

$$C_t = \frac{2.65}{(\sqrt{i})^{0.38}} \quad (43)$$

Donde:

i : pendiente de cauce principal en (%)

- Caudal pico q_p por unidad de área del HU ($m^3/s.km^2$):

$$q_p = \frac{C_2 C_p}{t_p} \quad (44)$$

Donde:

$C_2 = 2.75$ (640 en el sistema ingles)

C_p = Coeficiente basado en cuencas instrumentadas en la misma región, (rango de valor 0.56 – 0.69).

Para calcular los parámetros C_t y C_p de una cuenca instrumentada, los valores de L y L_c son medidos en el mapa de la cuenca. A partir de un hidrograma unitario deducido se obtienen los valores de su duración efectiva t_R en horas, su tiempo de retardo en la cuenca t_{pR} en horas y su caudal pico por unidad de área q_{pR} en ($m^3/s.km.cm$).

Si:

$$t_{pR} = 5.5 t_R \quad (45)$$

entonces:

$$t_R = t_r \quad t_{pR} = t_p, \quad y \quad q_{pR} = q_p$$

C_t y C_p se calculan utilizando las ecuaciones (44) y (45).

Si:

t_{pR} es muy diferente a $5.5t_R$, el tiempo de retardo estándar será:

$$t_p = t_{pR} + \frac{t_r - t_R}{4} \quad (46)$$

Resolviendo simultáneamente las ecuaciones (41) y (44), se obtienen t_r y t_p , luego se calculan los valores de C_t y C_p de (42) y (43) con $q_{pR} = q_p$ y $t_{pR} = t_p$

Los coeficientes C_t y C_p obtenidos de cuencas con estaciones de medida pueden utilizarse en las ecuaciones anteriores para deducir el hidrograma unitario sintético requerido para la cuenca sin información.

- Relación entre q_p y el caudal pico por unidad de área q_{pR} del hidrograma unitario requerido es :

$$q_{pR} = \frac{q_p t_p}{t_{pR}} \quad (47)$$

- Tiempo base t_b del hidrograma unitario puede determinarse utilizando el hecho de que el área bajo el hidrograma unitario es equivalente a una escorrentía directa de 1 cm. Suponiendo una forma triangular para el hidrograma unitario, el tiempo base puede estimarse por:

$$t_b = \frac{C_3}{q_{pR}} \quad (48)$$

Donde:

$C_3 = 5.56$ (1290 en sistema ingles)

- El ancho en horas de un hidrograma unitario para un caudal igual a cierto porcentaje del caudal pico q_{pR} está dado por:

$$W = C_w q_{pR}^{-1.08} \quad (49)$$

Donde:

$C_w = 1.22$ (440 en sistema ingles) para un ancho del 75% y 2.14 (770 en sistema ingles) para un ancho del 50%.

Usualmente un tercio de este ancho se distribuye antes del momento en que ocurre el pico del hidrograma unitario y dos tercios después de dicho pico.

c. Hidrograma unitario de Clark

Clark en 1945 desarrolló su hidrograma unitario, se calcula transitando un incremento unitario de precipitación efectiva, a través de un histograma de tiempo-área y luego a través de un embalse lineal hipotético; este método utiliza el concepto de hidrograma unitario instantáneo (HUI) para definir un único hidrograma para una cuenca.

El hidrograma unitario de Clark consiste en la superposición de un tramo de transporte lineal que representa el retraso, y un embalse lineal, que representa la amortiguación (estos dos componentes se modelan separadamente). El flujo de salida del tramo de transporte lineal es el flujo de entrada del embalse lineal, y el flujo de salida del embalse lineal es el HUI. El tramo de transporte lineal emplea el método de las isocronas (relación entre el área y tiempo) para describir la propagación de la escorrentía en la cuenca. Las isocronas representan la superficie porcentual de la cuenca que se encuentra a un tiempo de viaje determinado del punto de desagüe. La relación de área-tiempo se realiza dividiendo el área de la cuenca en varias subcuencas con distinto tiempo de recorrido de la escorrentía superficial, desde la línea isocrona seleccionada hasta el punto de salida.

El método de las isocronas se efectúa en los siguientes pasos (Hoggan, 1997):

- Se divide la cuenca en varias subcuencas, tal que el intervalo T_c tiempo de recorrido, a través de cada una, sea igual al tiempo de recorrido desde el punto más alejado

dividido por el número de subcuencas más uno. Las líneas divisorias de las subcuencas se denominan isocronas, cuyo número debe ser mayor a 5.

- Se calculan las áreas parciales que se encuentran limitadas por cada isocrona.
- Se construye el polígono de área y tiempo de viaje. Para el hidrograma unitario, con una lluvia efectiva también unitaria. La lluvia efectiva es instantánea.
- El polígono de áreas, puede, por lo tanto, representar el hidrograma de entrada al embalse hipotético, el cual se transita hacia la salida.
- Se transforma el hidrograma transitado del punto anterior, a unidades de caudal usando un factor de f obteniendo así el Hidrograma Unitario Instantáneo (HUI).

$$f = \frac{\text{Lluvia efectiva unitaria en } m \times \text{Área total } m^2}{\text{Intervalo entre isocronas en seg.} \times 100} \quad (50)$$

- Promediando las ordenadas del HUI se obtiene el HUI para una duración igual al intervalo entre isocronas.
- Se transforma el HU resultante al HU para la duración de la lluvia efectiva deseada mediante el procedimiento de la curva S.

En la siguiente grafica se observa el procedimiento llevado a cabo cuando se emplea el hidrograma unitario de Clark (Hoggan, 1997):

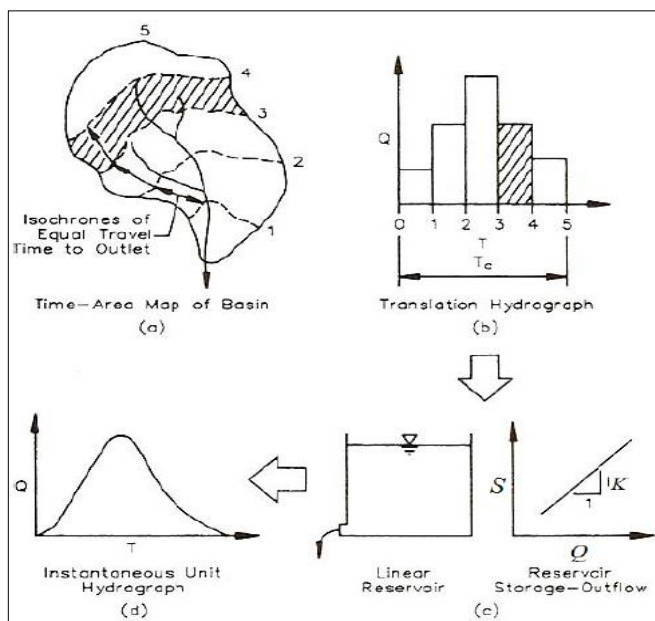


Figura 17: Modelo Conceptual del hidrograma unitario de Clark
Fuente: Hoggan, 1997

El componente de embalse lineal representa los efectos globalizados de almacenamiento y resistencia en la cuenca. El caudal de salida del embalse y el almacenamiento se relacionan de la siguiente manera (Hoggan, 1997):

$$S_i = KQ_i \quad (51)$$

Donde:

S_i = Almacenamiento al final del periodo i

Q_i = Caudal de salida durante el periodo i

K = Coeficiente de almacenamiento

El caudal de salida del embalse lineal es analizado por medio de una ecuación de continuidad (Hoggan, 1997):

$$\bar{I}_i - \frac{Q_{i-1} + Q_i}{2} = \frac{S_i - S_{i-1}}{\Delta t} \quad (52)$$

Donde:

\bar{I}_i = Caudal de entrada promedio en el periodo i , determinado de la relación de área-tiempo.

Combinando las ecuaciones [1] y [1]

$$\bar{I}_i - \frac{Q_{i-1} + Q_i}{2} = \frac{KQ_i - KQ_{i-1}}{\Delta t} \quad (53)$$

Realizando una sustitución de la siguiente manera

$$c = \frac{2\Delta t}{2K + \Delta t} \quad (54)$$

Se obtiene la siguiente ecuación:

$$Q_i = c\bar{I}_i + (1 - c)Q_{i-1} \quad (55)$$

Un hidrograma unitario de duración Δt se calcula como unpromedio de dos hidrogramas unitarios instantáneos espaciados con un intervalo de tiempo Δt por medio de las siguientes ecuaciones:

$$U_i = 0.5(Q_i + Q_{i-1}) \quad (56)$$

Donde:

U_i = Hidrograma unitario

Los parámetros del método de Clark son el tiempo de concentración (T_c) y el coeficiente de almacenamiento (K), los cuales representan la curva del embalse lineal del almacenamiento y el caudal de salida. Los parámetros se pueden obtener de los hidrogramas de los eventos (ver Figura 17), el tiempo de concentración se puede obtener gráficamente (el tiempo de duración entre el instante en que se termina la precipitación y el punto de inflexión ó cambio de curvatura del hidrograma); el parámetro K se puede estimar dividiendo la descarga de la escorrentía directa en el punto de inflexión entre la pendiente de la curva en ese punto. El punto de inflexión para el flujo de entrada al embalse lineal es cero, por lo tanto, en ese término se puede quitar y la ecuación [2] queda de la siguiente manera

$$-\frac{Q_{i-1}+Q_i}{2} = \frac{S_i-S_{i-1}}{\Delta t} \quad (57)$$

Sustituyendo la relación lineal de la ecuación [51] para S_i y S_{i-1} y despejando K , queda de la siguiente manera:

$$K = \frac{(Q_{i-1} + Q_i)/2}{-[(Q_i - Q_{i-1})/\Delta t]} \quad (58)$$

Esto indica que K es igual a la descarga promedio del punto de inflexión dividido por el negativo de la pendiente del punto de inflexión del hidrograma. Otro medio para estimar el valor del parámetro K es determinando el volumen restante después del punto de inflexión y dividirlo por el volumen del flujo en ese punto. Por otro lado, K puede ser determinado como un promedio de los resultados de los análisis de diferentes hidrogramas.

2.6.3 Métodos de simulación de escurrimiento

a. Modelo de onda cinemática

La modelación del proceso de transformación lluvia-escorrentía también puede efectuarse a través de la aplicación de las ecuaciones del movimiento del agua sobre la superficie de la cuenca. Esto permite el conocimiento en detalle de las características del flujo sobre la superficie de la cuenca, pero como contrapartida, es necesario tener información de dicha superficie con el suficiente detalle espacial. La superficie de la cuenca es simulada a través de porciones de plano inclinado, definidos por una rugosidad, una longitud, un ancho y una

pendiente. El comportamiento del flujo sobre estos planos inclinados se considerará equivalente al comportamiento del mismo sobre la superficie de nuestra cuenca.

El movimiento del agua puede describirse a través de las ecuaciones del flujo no permanente. Existe una simplificación de estas ecuaciones en función de considerar que sólo las fuerzas de gravedad y de fricción son relevantes en la descripción del movimiento, simplificación que se conoce como aproximación de la onda cinemática.

Analizando el flujo en un plano inclinado permeable de rugosidad n y pendiente S_o que se produciría como consecuencia de una lluvia de intensidad i uniforme sobre este plano y de una tasa de infiltración f también uniforme a través del plano. El caudal unitario, q y el calado y , de dicho flujo, deben cumplir las ecuaciones de continuidad y de cantidad de movimiento (o equilibrio de fuerzas) siguientes:

$$\frac{\partial q}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial t} = i - f \quad (59)$$

$$q = \frac{y^{\frac{5}{3}} S_o^{\frac{1}{2}}}{n} \quad (60)$$

Si derivamos la ecuación de equilibrio de fuerzas con respecto al calado, nos queda:

$$\frac{\partial q}{\partial y} = \frac{5}{3} \frac{y^{\frac{2}{3}} S_o^{\frac{1}{2}}}{n} \quad (61)$$

Que se transforma, previa multiplicación del numerador y denominador por el calado, en:

$$\frac{\partial q}{\partial y} = \frac{5}{3} \frac{y^{\frac{5}{3}} S_o^{\frac{1}{2}}}{y^n} = \frac{5}{3} \frac{q}{y} = \frac{5}{3} v = c \quad (62)$$

Donde c es la celeridad con que se propaga una perturbación, en este caso una onda de caudal, por efecto exclusivo de la gravedad y de la fricción. Combinando esta ecuación con la continuidad, podemos llegar a:

$$\frac{\partial q}{\partial t} + c \frac{\partial q}{\partial x} = c(i - f) \quad (63)$$

Que es una ecuación diferencial de primer orden en términos de caudal q . si consideramos $c = dx/dt$, igual a la pendiente de una línea característica, se llega a que la derivada total de q en esa línea, es igual a la celeridad por la diferencia entre la intensidad i y la tasa de infiltración f :

$$\frac{\partial q}{\partial t} = c(i - f) \quad (64)$$

Para resolver esta ecuación se debe recurrir a unos esquemas numéricos en diferencias finitas.

2.7 Métodos de abstracción

Las abstracciones hidrológicas son los procesos físicos que actúan para reducir la precipitación total a precipitación efectiva. La precipitación efectiva constituye el escurrimiento de superficie. Hay varios procesos por los cuales la precipitación es abstraída por la cuenca, señalándose como importantes los siguientes; la interceptión, la infiltración, el almacenaje de superficie, la evaporación y evapotranspiración. (Ponce, 1989).

Para modelos de eventos, el énfasis está en la infiltración. Por ejemplo, el método del número de curva de escurrimiento SCS, que es ampliamente usado en modelos de eventos, tiene en cuenta en forma explícita la infiltración. Todas las otras abstracciones están agrupadas en un parámetro inicial de abstracción, definida como una fracción de la retención potencial máxima $I_a = 0.2 \times S$ (Ponce, 1989).

2.7.1 Método de Curva Número

Este método fue desarrollado por el U.S. Soil Conservation Service (SCS) para calcular las abstracciones de la precipitación de una tormenta y se basa en la estimación de la esorrentía superficial de una lluvia a partir de datos de las características de la cobertura vegetal, uso del suelo y características del suelo. A partir de estos datos, se obtiene una asociación suelo-vegetación con un determinado tipo de infiltración. No requiere hidrogramas y en este caso, la esorrentía debe ser estimada para determinar el caudal disponible.

Dada la complejidad del proceso de retención tanto por interceptión de la vegetación como por almacenamiento del terreno, infiltración, etc. resulta muy difícil evaluar la lluvia eficaz

en una tormenta. Por ello se puede recurrir a este método, que cuantifica las abstracciones totales en una cuenca en función de las características de vegetación, capacidad de infiltración, etc.

Viendo que se dispone de un histograma que refleja la precipitación total caída, dato obtenido de un pluviógrafo, se debe separar la parte de esa precipitación que genera escorrentía directa, denominada exceso de precipitación o precipitación neta o efectiva. La precipitación que no genera escorrentía constituye la retención superficial o infiltración y es agua perdida para la escorrentía directa y se denomina abstracciones.

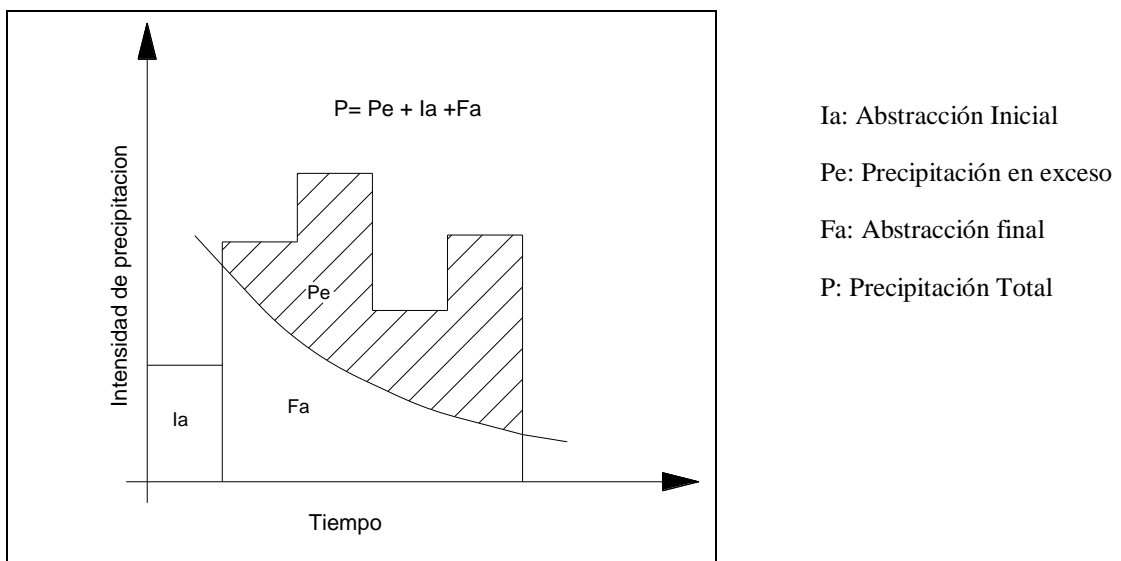


Figura 18: Variables en el método de abstracciones de precipitación del SCS
Fuente: Chow et al., 1994

El método de índice de curva asume la proporcionalidad entre pérdidas y precipitaciones.

$$\frac{F}{S} = \frac{P}{p} \quad (65)$$

Donde:

P : Precipitación total.

p : Exceso de precipitación (escorrentía).

F : Retención existente actualmente.

S : Retención potencial máxima.

Pero:

$$F = P - p \quad (66)$$

Queda:

$$p = \frac{P^2}{p + S} \quad (67)$$

Pero por otra parte existen una serie de pérdidas iniciales (I_a) que el método evalúa como:

$$I_a = 0.2 \times S \quad (68)$$

Quedando:

$$p = \frac{(P - 0.2 \times S)^2}{P + S - 0.2 \times S} \quad (69)$$

O bien:

$$p = \frac{(P - 0.2 \times S)^2}{(P + 0.8 \times S)} \quad (70)$$

Para evaluar el valor de S, el método propone el denominado índice de curva CN según la relación (SI):

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (71)$$

Para evaluar el número de curva CN se consideran los siguientes parámetros:

- Tipo de uso (bosque, pastizal, terreno cultivable, etc.)
- Tipo de tratamiento agrícola.
- Condiciones hidrológicas (pobres, medias, buenas.)
- Tipo de suelo a efecto de infiltración.
- Antecedentes hidrológicos.

Cada tipo complejo de suelo-vegetación tiene un Valor denominado Número de Curva o Número Hidrológico. (Chow et al, 2000).

2.7.2 Condiciones hidrológicas

La condición hidrológica se refiere a la capacidad de la superficie de la cuenca para favorecer o dificultar el escurrimiento directo, esto se encuentra en función de la cobertura vegetal. Puede aproximarse de la siguiente forma, ver Cuadro 3:

Cuadro 3: Condiciones hidrológicas

Cobertura Vegetal	Condiciones hidrológicas
> 75% del área	buenas
entre 50% y 75% del área	regular
< 50% del área	pobre

Fuente: Villon M., 2002

2.7.3 Grupo hidrológico

La determinación del grupo hidrológico del suelo está relacionada con la tasa de infiltración y la tasa de transmisión, las clases textural según grupo hidrológico, ver Cuadro 4.

Cuadro 4: Grupo hidrológico de suelos

Grupo Hidrológico	Características	Clase textural
Grupo A	Presenta menor escorrentía, debido a las características de impermeabilidad del suelo, se presentan altas velocidades de infiltración, con drenaje bueno a excelente	Arcillo-arenosa Arcillo-limosa Arcillosa
Grupo B	Son terrenos profundos y sueltos, con presencia predominante de arenas, grava Comprende suelos con permeabilidad moderada y en consecuencia su velocidad de infiltración también es moderada constituida por terrenos arenosos menos profundos que el grupo A, con drenaje medio y algo profundo.	Franco-limosa Franca Limosa
Grupo C	Suelos con poca permeabilidad y presenta un estrato impermeable que impide la infiltración	Franco-arcillo-arenosa Franco-arcillo-limosa Franco-arcillosa
Grupo D	Presenta mayor escorrentía porque los suelos prácticamente son impermeables. Los suelos tienen bajas velocidades de	Arcillo-arenosa Arcillo-limosa Arcillosa

infiltración cuando está saturados. Asimismo, pueden tratarse de suelos con nivel freático alto y permanente o suelos someros sobre horizontes impermeables.

Fuente: Elaboración Propia

2.7.4 Condiciones antecedentes de humedad AMC

La condición o estado de humedad del suelo tiene en cuenta los antecedentes previos de humedad de la cuenca; determinado por la lluvia total en el período de 5 días anterior a la tormenta.

El SCS usa tres intervalos de Condiciones antecedentes de humedad:

- Condiciones Secas (AMC I), el límite inferior de humedad o el límite superior de S. Hay un mínimo potencial de escurrimiento. Los suelos de la cuenca están lo suficientemente secos para permitir el arado de cultivos.
- Condiciones normales (AMC II), es el promedio de humedad propuesto por el SCS.
- Condiciones húmedas (AMC III), es el límite superior de humedad o el límite inferior de S. Hay máximo potencial de escurrimiento. La cuenca está prácticamente saturada por lluvias anteriores.

Cuadro 5: Condiciones antecedentes de humedad - AMC

Condiciones antecedentes de humedad AMC	Precipitación antecedentes total de 5 días previo al evento en consideración (mm)	
	Estación seca	Estación en crecimiento
I	Menor a 12.7	Menor a 35.56
II	12.7 a 27.94	35.56 a 53.34
III	Más de 27.94	Más de 53.34

Fuente: Chow et al., 1994

Cuadro 6: Números de curva para distintas condiciones hidrológicas

Uso del suelo o cobertura	Sistema de laboreo	Condición hidrológica para infiltración	Grupo hidrológico del suelo			
			A	B	C	D
Barbecho	Líneas	Mala	77	86	91	94

	Líneas	Mala	72	81	88	91
	Líneas	Buena	67	78	85	89
Cultivos en línea	En contorno	Mala	70	79	84	88
	En contorno	Buena	66	75	82	86
	En contorno/ terrazas	Mala	66	74	80	82
	En contorno/ terrazas	Buena	62	71	78	81
	Líneas	Mala	65	76	84	88
	Líneas	Buena	63	75	83	87
Cultivos densos	En contorno	Mala	63	74	82	85
	En contorno	Buena	61	73	81	84
	En contorno/ terrazas	Mala	61	72	79	82
	En contorno/ terrazas	Buena	59	70	78	81
	Líneas	Mala	66	77	85	89
Forrajeras y leguminosas o pasturas en rotación	Líneas	Buena	58	72	81	85
	En contorno	Mala	64	75	83	85
	En contorno	Buena	55	69	78	83
	En contorno/ terrazas	Mala	63	73	80	83
	En contorno/ terrazas	Buena	51	67	76	80
		Mala	68	79	86	89
		Regular	49	69	79	84
Pastura natural		Buena	39	61	74	80
	En contorno	Mala	47	67	81	88
	En contorno	Regular	25	59	75	83
	En contorno	Buena	6	35	70	79
Praderas		Buena	30	58	71	78
		Mala	45	66	77	83
Bosques		Regular	36	60	73	79

Fuente: USBR. 1973

A partir de las condiciones normales de números de curva (AMC II), se puede estimar para condiciones secas (AMC I) y condiciones húmedas (AMC –III), de la siguiente manera:

$$CN(I) = \frac{4.2CN(II)}{10 - 0.058CN(II)} \quad (72)$$

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)} \quad (73)$$

2.8 Métodos de transito hidrológico en ríos

El tránsito de caudales es un procedimiento para determinar el tiempo y la magnitud del caudal en un punto del curso de agua usando hidrográma en uno o más puntos aguas arriba. Durante el análisis se puede para seguir el caudal a través del sistema hidrológico.

La agrupación de caudales de agua de diversa procedencia (superficial, etc.) en un punto de un cauce y su variación a lo largo del tiempo constituye un hidrográma. El discurrir de estos caudales hacia aguas abajo, a lo largo de un determinado tramo de cauce, da lugar a un nuevo hidrograma en el extremo de aguas abajo del mismo.

2.8.1 Modelo de Onda Cinemática para transito

El modelo de la Onda Cinemática utiliza la ecuación de conservación de la cantidad de movimiento queda expresado como:

$$S_o = S_f \quad (74)$$

Donde S_o es la pendiente del fondo del cauce en el tramo considerado, calculable a partir de información topográfica o batimétrica y S_f es la pendiente de fricción o de la línea de energía del flujo, calculable a partir de alguna fórmula de resistencia, como por ejemplo la de Manning.

Si expresamos la velocidad media del flujo a través de la ecuación de Manning, el caudal sería igual a:

$$Q = AV = A \frac{Rh^{\frac{2}{3}} S_o^{\frac{1}{2}}}{n} = A^{\frac{5}{3}} \cdot \frac{S_o^{\frac{1}{2}}}{nP^{\frac{2}{3}}} \quad (75)$$

Donde A es el area de la sección transversal y P es el perímetro mojado. Despejando A , tenemos:

$$A = \left(\frac{nP^{\frac{2}{3}}}{S_o^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{5}} Q^{\frac{3}{5}} = \alpha Q^{\beta} \quad (76)$$

2.8.2 Método de Muskingum

El método de Muskingum fue presentado por McCarthy (1938) y maneja relaciones caudal-almacenamiento. Este método modela el almacenamiento en un cauce mediante la combinación de dos tipos de almacenamientos.

Un almacenamiento prismático, formado por un volumen de sección transversal constante a lo largo del cauce prismático.

Un almacenamiento en cuña, formado por la diferencia entre los caudales de entrada y salida, o bien, por la pendiente de la lámina de agua en el tramo considerado.

Durante el avance de la avenida el caudal de entrada es mayor que el de salida y se forma lo que se denomina cuña positiva y durante la recesión el caudal de entrada es menor al caudal de salida, formándose una cuña negativa.

El volumen de almacenamiento prismático es proporcional al caudal de salida, ya que se supone que el caudal de salida es proporcional al área de la sección del cauce.

El método de Muskingum se basa en la ecuación de continuidad, puede escribirse para el caudal en

$$x = (i + 1)\Delta x \quad (77)$$

y

$$t = (j + 1)\Delta t: \quad (78)$$

$$Q_{i+1}^{j+1} = C_1 Q_i^{j+1} + C_2 Q_i^j + C_3 Q_{i+1}^j \quad (79)$$

Donde C1, C2, y C3 están definidas en las siguientes ecuaciones:

$$C_1 = \frac{\Delta t - 2KX}{2K(1 - X) + \Delta t} \quad (80)$$

$$C_2 = \frac{\Delta t + 2KX}{2K(1 - X) + \Delta t} \quad (81)$$

$$C_3 = \frac{2K(1 - X) - \Delta t}{2K(1 - X) + \Delta t} \quad (82)$$

La suma de C1, C2, y C3 debe ser igual a 1. El valor de K puede determinarse si se encuentran disponibles los hidrogramas de entrada y de salida observados para un tramo de río, el valor de X es un factor de ponderación que oscila entre 0 y 0,5.

El valor de K lo podemos calcular de la siguiente expresión:

$$k = \frac{0.5\Delta t[(I_{j+1} + I_j) - (Q_{j+1} + Q_j)]}{X(I_{j+1} - I_j) + (1 - x)(Q_{j+1} - Q_j)} \quad (83)$$

a. Obtención de los parámetros K y X

Existen diferentes métodos que permiten conocer el valor de K y X, se describen algunos de ellos.

Método con información escasa

En aquellos casos donde no se tienen datos suficientes, se le puede asignar al parámetro X valores entre 0 y 0.3 y K se hace igual al tiempo entre los gastos pico de los hidrogramas de entrada y de salida del tramo de río o bien se puede estimar con la expresión:

$$K = 0.18 \left(\frac{\Delta X}{i^{0.25}} \right)^{0.76} \quad (84)$$

Donde:

K : parámetro en hr.

i: pendiente del tramo del río, en %;

ΔX : longitud del tramo del río, en km.

Una expresión alternativa es:

$$K = 0.6 * T_c \quad (85)$$

Donde:

T_c : Tiempo de concentración.

Método de calibración tradicional

Este criterio se aplica cuando se dispone de una avenida que haya sido aforada en los extremos del tramo de interés del río (Fuentes y Franco, 1999).

El procedimiento de calibración es el siguiente:

1. Se divide el hidrograma de entrada y salida en intervalos de tiempo Δt , a partir de un tiempo inicial común.

2. Se calcula el almacenamiento promedio para cada intervalo con la ecuación:

$$\Delta V = \Delta t \left[\frac{I_i + I_{i+1}}{2} - \frac{O_i + O_{i+1}}{2} \right] \quad (86)$$

3. Se calcula V_T definido como el almacenamiento acumulado.

4. Se supone un valor de X

5. Se calcula Y con la expresión:

$$Y = XI + (1 - X)O \quad (87)$$

6. Se dibujan los valores de V_T (paso 3) y los de Y (paso 5), para la X supuesta (ver Figura 20).

7. Se observa si los puntos se ajustan a una recta, en caso afirmativo se continúa con el paso 8, si no es así, se supone otra X y se regresa al paso 4.

8. Una vez seleccionado el valor adecuado de X , el parámetro K resulta ser igual a la pendiente de la recta de ajuste (ver Figura 19).

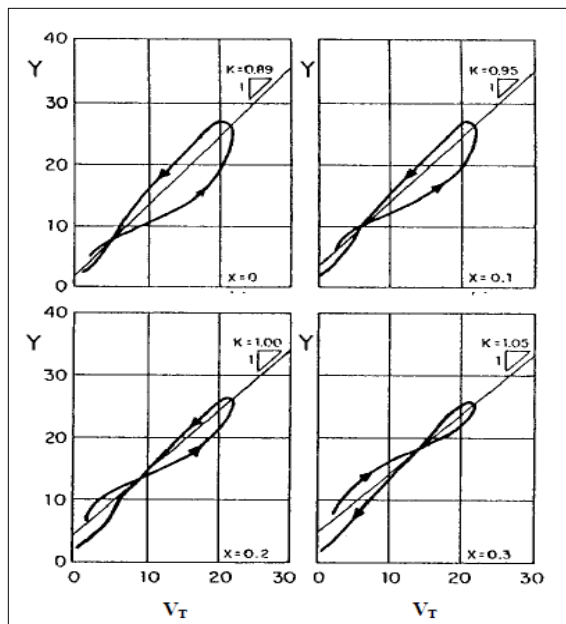


Figura 19: Calibración del parámetro X , con el método tradicional

Fuente: Chow et al., 1994

Método de calibración de Overton

Se usa cuando se conoce el gasto pico y el tiempo en que se presenta éste para los hidrogramas de entrada y salida en el tramo del río.

Para encontrar los parámetros K y X, Overton deduce dos expresiones suponiendo que el hidrograma de entrada tiene la forma de un triángulo isósceles y que K es menor al tiempo pico de este hidrograma (Viessman, 1977).

Las expresiones que permiten estimar el valor de los parámetros K y X son:

$$K = 1.41(T_p - t_p) \quad (88)$$

$$X = 0.71 \frac{t_p}{K} \left[\frac{I_p - O_p}{I_p} \right] \quad (89)$$

Donde:

T_p : tiempo pico del hidrograma de salida del tramo del río

t_p : tiempo pico del hidrograma de entrada al tramo del río

I_p : es el gasto pico del hidrograma de entrada al tramo del río

O_p : gasto pico del hidrograma de salida del tramo del río.

2.9 Hietogramas de diseño utilizando análisis de eventos de una tormenta

El servicio de conservación de suelos del departamento de agricultura de los estados Unidos (SCS), desarrolló hietogramas sintéticos de tormentas para realizarse en los estados unidos con duraciones de tormenta de 6 y 24 horas. Estos hietogramas se dedujeron al utilizar la información presentada por Hershfield (1961) y Miller, Frederick y Tracey (1973) y datos de tormentas adicionales. (Ven Te Chow, 2000).

Existen cuatro tormentas de 24 horas de duración, llamadas tipo I, tipo AI, II y III, respectivamente.

Los tipos I y IA corresponden al clima marítimo del pacifico con inviernos húmedos y veranos secos.

El tipo III corresponde al golfo de México y las áreas costeras del atlántico, donde las tormentas tropicales producen lluvias de 24 horas muy grandes.

El tipo II corresponde al resto del país de Estados Unidos.

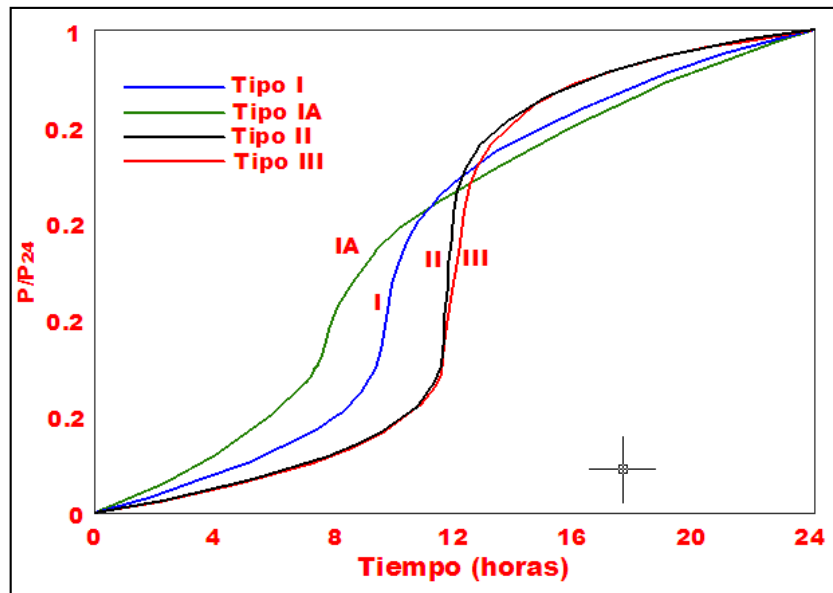


Figura 20: Hietogramas de lluvia de 24 horas del SCS
Fuente: Chow et al., 1994

Cuadro 7: Distribuciones de lluvia SCS

Tiempo (h)	t/24	Factores Adimensionales P_t/P_{24}			
		Tipo I	Tipo IA	Tipo II	Tipo III
0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2.0	0.083	0.035	0.050	0.022	0.020
4.0	0.167	0.076	0.116	0.048	0.043
6.0	0.250	0.125	0.206	0.080	0.072
7.0	0.292	0.156	0.268	0.098	0.089
8.0	0.333	0.194	0.425	0.120	0.115
8.5	0.354	0.219	0.480	0.133	0.130
9.0	0.375	0.254	0.520	0.147	0.148
9.5	0.396	0.303	0.550	0.163	0.167
9.8	0.406	0.362	0.561	0.172	0.178
10.0	0.417	0.515	0.577	0.181	0.189
10.5	0.438	0.583	0.601	0.204	0.216

11.00	0.458	0.624	0.624	0.235	0.250
11.5	0.479	0.654	0.645	0.283	0.298
11.8	0.490	0.669	0.655	0.357	0.339
12.0	0.500	0.682	0.664	0.663	0.500
12.5	0.521	0.706	0.683	0.735	0.702
13.0	0.542	0.727	0.701	0.772	0.751
13.5	0.563	0.748	0.719	0.799	0.785
14.0	0.583	0.767	0.736	0.820	0.811
16.0	0.667	0.830	0.800	0.880	0.886
20.0	0.833	0.926	0.906	0.952	0.957
24.0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Fuente: Chow et al., 1994

2.10 Precipitación total y efectiva

El exceso de precipitación o precipitación efectiva (P_e), es la precipitación que no se retiene en la superficie terrestre y tampoco se infiltra en el suelo. Después de fluir a través de la superficie de la cuenca, el exceso de precipitación se convierte en escorrentía directa a la salida de la cuenca bajo la suposición de flujo superficial hortoniano.

Las gráficas de exceso de precipitación vs. el tiempo o hietograma de exceso de precipitación es un componente clave para el estudio de las relaciones lluvia-escorrentía. La diferencia entre el hietograma de lluvia total y el hietograma de exceso de precipitación se conoce como abstracciones o pérdidas. Las pérdidas son primordialmente agua absorbida por filtración con algo de intercepción y almacenamiento superficial.

El hietograma de exceso de precipitación puede calcularse a partir del hietograma de precipitación en una o dos formas, dependiendo de si existe o no información de caudales disponibles para la tormenta.

2.11 Tiempo de concentración (T_c)

Se define como el tiempo mínimo necesario para que todos los puntos de una cuenca estén aportando agua de escorrentía de forma simultánea al punto de salida, punto de desagüe o punto de cierre. Está determinado por el tiempo que tarda en llegar a la salida de la cuenca el agua que procede del punto hidrológicamente más alejado, y representa el momento a

partir del cual el caudal de escorrentía es constante, al tiempo que máximo; el punto hidrológicamente más alejado es aquél desde el que el agua de escorrentía emplea más tiempo en llegar a la salida.

2.11.1 Método de estimación del Tiempo de Concentración

a. Kirpich

$$t_c = 0.000325 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \quad (90)$$

Donde:

t_c = tiempo de concentración (hr)

L = Longitud del cauce (m)

S = Pendiente media de recorrido del cauce (m/m)

b. SCS

Ecuación desarrollada por el SCS a partir de información de cuencas de uso agrícola, la ecuación supone que $t_c = 1.67$ tiempo de retardo.

$$t_c = \frac{0.644L^{0.8} \left[\left(\frac{1000}{CN} \right) - 9 \right]^{0.7}}{1900S^{0.5}} \quad (91)$$

Donde:

t_c = tiempo de concentración (hr)

L = Longitud del cauce (m)

CN = Numero de curva SCS

S = Pendiente media (%)

c. Californiana (del U.S.B.R.)

$$t_c = 0.066 \left(\frac{L}{S^{1/2}} \right)^{0.77} \quad (92)$$

Donde:

t_c = tiempo de concentración (hr)

L = Longitud del cauce (km)

S = Pendiente media del cauce (m/m)

d. Temez

$$t_c = 0.3 \left(\frac{L}{S^{1/4}} \right)^{0.77} \quad (93)$$

Donde:

t_c = tiempo de concentración (hr)

L = Longitud del cauce (km)

S = Pendiente media del cauce (m/m)

e. Kerby

$$t_c = c \left(\frac{L}{S^{1/2}} \right)^{0.467} \quad (94)$$

Donde:

Tc = Tiempo de concentración (min.)

S = Pendiente (m/m)

L = Longitud del curso principal (m)

c = Coeficiente de retardo (ver Cuadro 8)

Cuadro 8: Coeficiente de retardo.

Tipo de superficie	Valor de c
Suave	0.02
Mala hierba, césped desnudo	0.30
Hierba promedio	0.40
Hierba densa	0.80

Fuente: Aparicio et al., 2003

2.12 Calibración de los modelos hidrológicos

Cada modelo generalmente tiene dos tipos de parámetros, parámetros físicos y parámetros del procedimiento.

Los parámetros físicos representan las propiedades físicas de la cuenca hidrográfica, como son: área de la cuenca hidrográfica, pendientes de la superficie, superficies impermeables de la cuenca entre otros; y los parámetros del procedimiento representan las propiedades de la cuenca hidrográfica que no se miden directamente, como son: la profundidad efectiva de

almacenamiento de agua en la superficie del suelo, la tasa efectiva del flujo lateral interno, el coeficiente de la tasa de no linealidad del control de percolación para el almacenamiento de aguas subterráneas, entre otros.

El proceso de calibración del modelo consta de dos partes, que son: especificación de los parámetros y la estimación de los parámetros; la primera parte se basa en las propiedades de la cuenca hidrográfica, como son: propiedades físicas que no representan condiciones futuras, y el procedimiento de los parámetros para establecer los rango límites de iteración (máximos y mínimos); la segunda parte consiste en utilizar diferentes técnicas de diseño con el fin de minimizar la incertidumbre de los datos estimados, para poder encontrar el mejor ajuste de la información y su posterior uso (Singh, 1995).

La obtención de los parámetros se realiza mediante procesos de optimización, los cuales pueden ser manuales o utilizando herramientas computacionales, dependiendo de la complejidad en el análisis de la información. Para efectos de generalización de los parámetros, por medio de una metodología manual no se puede establecer una única solución, mientras que por medio de herramientas computacionales es más fácil encontrar una única respuesta.

El proceso de calibración consta de los siguientes pasos (Singh, 1995):

- **Definición de la Función Objetivo:** Es una ecuación que se emplea para calcular una medida numérica de la diferencia entre los resultados del modelo simulado (generalmente el hidrograma de escurrimiento) y los registrados en la cuenca de estudio. El propósito de la calibración del modelo es, encontrar los valores de los parámetros que optimizan (valores máximos o mínimos) el valor numérico de la función objetivo.
- **Optimización del Algoritmo:** El propósito es limitar el rango de valores que pueden tomar los parámetros, encontrar los valores apropiados máximos y/o mínimos de estos parámetros y de esta manera mejorar la confiabilidad de los resultados. Dentro de los métodos de búsqueda se encuentran locales y globales; los primeros tienen como propósito encontrar los valores mínimos de la función objetivo y a su vez se dividen en métodos de búsqueda directos y gradientes; mientras que los segundos diseñan eficientemente modelos para encontrar el valor mínimo de las funciones multimodales, las estrategias empleadas se basan en los siguientes criterios: criterio determinístico, criterio estocástico y/o una combinación de los dos determinístico y estocástico. Pero

en la calibración de modelos hidrológicos no lineales, únicamente existen estudios realizados mediante el criterio estocástico y/o combinación de los dos.

- ***Criterio de finalización:*** El proceso iterativo debe especificar un punto para finalizar las iteraciones, donde la pendiente de la función sea cero y el valor de la función objetivo sea el menor. Una alternativa es emplear el método de la función de convergencia, la cual termina el proceso iterativo si la diferencia entre el valor actual y el próximo valor es menor o igual a 0.001; otro método es la convergencia de los parámetros, donde lo importante es determinar si la diferencia entre los parámetros es menor o igual a 0.001;
- ***Calibración de los datos:*** Es muy importante tener en cuenta la cantidad y calidad de los datos, ya que afecta directamente los resultados obtenidos. Dependiendo de estas condiciones se puede analizar la sensibilidad de los parámetros; los posibles errores en el proceso de obtención de información disminuyen la confiabilidad de los parámetros estimados.
- ***Proceso de Validación:*** El propósito es encontrar cualquier imperfección, como, por ejemplo: durante el proceso de calibración, en el análisis de las suposiciones del modelo seleccionado con el cual se calibran los datos, la selección de los parámetros, entre otros. Este método consiste en examinar el rendimiento de una parte de los datos que no se van a calibrar.
- ***Análisis de Sensibilidad:*** El análisis de sensibilidad consiste en observar si un cambio en el valor del parámetro afecta con gran importancia el resultado, para este caso se dice que existe sensibilidad en los parámetros; pero si el valor del parámetro no afecta el resultado se dice que no existe sensibilidad.

2.13 Rendimiento de los modelos

El rendimiento de los modelos usualmente se enfoca en un “criterio de exactitud”, el cual se apoya en la cuantificación del rendimiento de data observada y simulada, utilizándose el coeficiente de eficiencia de Nash-Sutcliffe (NSE) (Nash & Sutcliffe, 1970), además se utilizaron criterios de respuestas de eficiencia como el RMSE y BIAS.

2.13.1 Coeficiente de Nash-Sutcliffe

Es una forma de normalizar la función objetivo de mínimos cuadrados. Determina la magnitud relativa de la varianza residual en comparación con la variación de datos medidos,

un ajuste perfecto de este criterio viene dado por la unidad, un ajuste negativo indica que un modelo es “pobre” y no se ajusta a los datos observados. Mientras más cercano a uno sea este criterio estadístico mejor será la bondad de ajuste. Se obtiene de la siguiente manera:

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{i_{obs}} - Q_{i_{sim}})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{i_{obs}} - \overline{Q_{obs}})^2} \quad (95)$$

Donde:

$Q_{i_{obs}}$ Valor del i-esimo del caudal observado que está siendo evaluado

$Q_{i_{sim}}$ Valor del i-esimo del caudal simulado que está siendo evaluado.

$\overline{Q_{obs}}$ Valor promedio del caudal observado sobre el periodo de datos

2.13.2 Sesgo Relativo (PBIAS)

Es una medida que indica la tendencia promedio de los datos simulados a ser mayores o menores que los datos observados, es decir para reflejar la sistemática del modelo para la sub o sobre-producción de caudales (Gupta, Bastidas, Sorooshian, Shuttleworth, & Yang, 1999), un valor de 0 indica un ajuste perfecto. Por tanto, valores obtenidos con este indicador se verán contrastados con la curva de duración que será construida para las mejores simulaciones en cada estructura. Se obtiene como:

$$PBIAS = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{i_{obs}} - Q_{i_{sim}})}{\sum_{i=1}^n (Q_{i_{obs}})} \quad (96)$$

2.13.3 Errores Porcentuales

Para obtener los errores porcentuales se emplean las expresiones matemáticas que se muestran en las ecuaciones:

Error porcentual en el Caudal pico

$$E_p = \frac{|Q_{p_{obs}} - Q_{p_{sim}}|}{Q_{p_{obs}}} \times 100 \quad (97)$$

Donde:

$Q_{p_{obs}}$: Caudal pico observado en m³/s

$Q_{p_{sim}}$: Caudal pico simulado en m³/s

Error porcentual en el Tiempo pico

$$E_{pt} = \frac{|t_{p_{obs}} - t_{p_{sim}}|}{t_{p_{obs}}} \times 100 \quad (98)$$

Donde:

$t_{p_{obs}}$: Tiempo pico observado en min

$t_{p_{sim}}$: Tiempo pico simulado en min

Error porcentual en Volumen

$$E_v = \frac{|V_{p_{obs}} - V_{p_{sim}}|}{V_{p_{obs}}} \times 100 \quad (99)$$

Donde:

$V_{p_{obs}}$: Volumen observado en m³

$V_{p_{sim}}$: Volumen simulado en m³

2.13.4 Criterio de Evaluación de los Rendimientos de los Modelos

En el Cuadro 9 se muestra los valores y la clasificación del rendimiento de los modelos.

Cuadro 9: Información requerida por HEC - HMS.

Criterio Estadístico	Valores	Clasificación del rendimiento
Coeficiente de Nash-Sutcliffe	$0.75 < NSE \leq 1.00$	Excelente
	$0.65 < NSE \leq 0.75$	Bueno
	$0.50 < NSE \leq 0.65$	Satisfactorio
	$0.40 < NSE \leq 0.50$	Aceptable
	$NSE \leq 0.40$	Malo
RMSE	Valor inferior a la mitad de la desviación estándar	Satisfactorio
PBIAS	$PBIAS < \pm 10$	Excelente
	$\pm 10 \leq PBIAS < \pm 15$	Bueno
	$\pm 15 \leq PBIAS < \pm 25$	Satisfactorio
	$PBIAS \geq \pm 25$	Malo

Fuente: Moriasi et al., 2007

2.14 Modelamiento hidrológico mediante HEC HMS

El HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System) es un programa de simulación hidrológica tipo evento, lineal y semidistribuido, desarrollado para estimar los hidrogramas de salida en una cuenca o varias subcuencas (caudales máximos y tiempos al pico) a partir de información de lluvia, aplicando para ello métodos de cálculo de transformación de lluvia a escorrentía, pérdidas por infiltración y flujo base que han alcanzado cierta popularidad en los Estados Unidos y por extensión en nuestro país.

La versión actual del modelo HEC-HMS es atractiva porque trabaja en un ambiente de ventanas mucho más amigable, porque permite visualizar los resultados de las simulaciones en forma gráfica, tabulada y más expedita para el usuario.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Generalidades del área de estudio

La cuenca del río Cañete tiene en general la forma de una L, cuya rama menor, orientada de Oeste a Este, se ubica en la parte baja. La rama mayor, bastante irregular y orientada de Norte a Sur, está conformada por las montañas que constituyen la cuenca media y alta y cuya línea de cumbres separa a la cuenca, por el Norte y Este, de la cuenca del río Mantaro (divisoria continental). La cuenca del río Cañete tiene una extensión de 6,078.5 Km², de la cual 79.47%, o sea 4,830.90 Km², situada por encima de los 2,500 m.s.n.m., corresponde a la cuenca imbrífera o húmeda.

El río Cañete nace en la laguna Ticllacocha, ubicada al pie de las cordilleras de Ticlla y Pichahuarco a una altitud de 4 429 m.s.n.m. en la divisoria de cuencas con el río Mala. Luego de recorrer 235.67 Km., presentando una pendiente promedio de 1.85%, desemboca en el Océano Pacífico.

Inicialmente, discurre en dirección Sur-Norte hasta la laguna de Paucarcocha, recibiendo en este tramo el aporte de las lagunas de Unca, Pomacocha, Llica, Piscacocha y Chupiscocha. A continuación, el río cambia de dirección bruscamente discurriendo de Oeste a Este hasta llegar a la localidad de Vilca, incrementando su caudal con los desagües de las lagunas Pariachata, Pilicocha, Suerococha y Mullococha, alimentadas por los deshielos de los nevados Azulcocha y Escalera. Nuevamente, cambia de dirección siguiendo el rumbo NE-SO hasta su intersección con la quebrada Aucampi; a partir de este punto discurre siguiendo un alineamiento NO-SE, hasta su confluencia con el río Caca. Aguas abajo de este punto, el río Cañete discurre con un rumbo sensiblemente NE-SO hasta su desembocadura al mar.

A lo largo de su recorrido, el río Cañete recibe el aporte de numerosos afluentes, entre los cuales cabe mencionar, por la margen derecha, los ríos Miraflores, Yauyos, Huantuya

(Carania) y Aucampi y, por la margen izquierda, los ríos Alis, Laraos, Huantán, Tupe, Cacara y Huangascar, principalmente. Ver Figura 21.

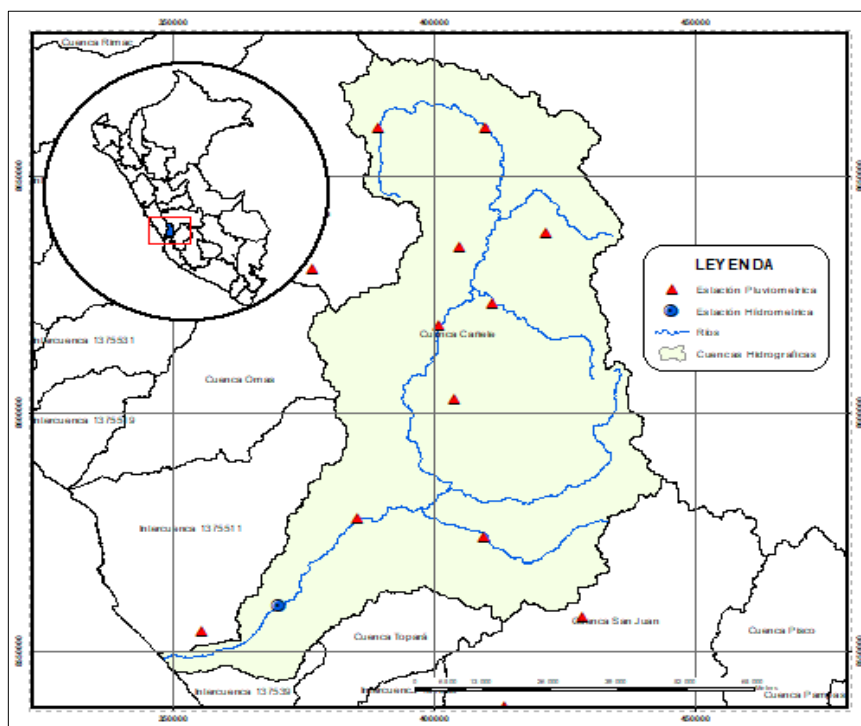


Figura 21: Mapa de Ubicación y sistema hidrográfico de la Cuenca del río Cañete
Fuente: Elaboración propia

3.2 Materiales y equipos.

3.2.1 Información Cartográfica y raster.

En el Cuadro 10, se muestra las informaciones cartográficas y raster utilizada en el modelo hidrológico.

Cuadro 10: Información cartográfica

Información	Fuente	Descripción	Formato
Carta Nacional	Instituto Geográfico Nacional - IGN	Cartas Nacionales.	Vector
Red hídrica	Autoridad Nacional del Agua - ANA	Río y quebrada	Vector
Cuencas hidrográficas	Autoridad Nacional del Agua - ANA	Delimitación de la cuenca del río Cañete	Vector

Mapa de Curva Numero	Autoridad Nacional del Agua - ANA	Grid de valores de numero de curva en la cuenca del río Cañete	Raster
Topografía	ASTERGDEM (NASA)	Modelo Digital de Elevación (DEM) resolución 30m x 30m	Raster

Fuente: Elaboración Propia

3.2.2 Información Meteorológica.

En el Cuadro 11 se muestra la información recopilada de precipitación máxima en 24 horas de 16 estaciones pluviométricas e hidrométrica, se muestra periodo de registro y ubicación de cada estación, en la Figura 21 se muestra la ubicación espacial de las estaciones.

Cuadro 11: Estaciones pluviométrica e hidrometrica

Estaciones	Periodo		Coordenadas Geográficas		Cotas msnm.
	Desde	hasta	Latitud S	Longitud W	
Ayaviri	1963	2016	76° 08' 01''	12° 23' 01''	3228
Cañete	1970	2009	76° 19' 50.5''	13° 04' 30.2''	158
Carania	1963	2016	75° 52' 20.7''	12° 20' 40.8''	3875
Colonia	1963	1988	75° 53' 01''	12° 38' 01''	3308
Huancata	1963	2016	76° 13' 01''	12° 13' 01''	2700
Huanguascar	1963	2016	75° 50' 2.2''	12° 53' 55.8''	2533
Huantan	1965	1990	75° 49' 01''	12° 27' 01''	3219
Huañec	1965	2016	76° 08' 01''	12° 17' 01''	3205
Huarochiri	1963	2016	76° 14' 01''	12° 08' 01''	3146
Pacaran	1964	2016	76° 03' 18.3''	12° 51' 43.4''	683
San Juan de Yanac	1966	2015	75° 47' 47''	13° 13' 13''	2502
San Pedro de Huacarpana	1997	2015	75° 39' 39''	13° 03' 03''	3794
Tanta	1963	2016	76° 01' 01''	12° 07' 01''	4323
Vilca	1964	2016	75° 49' 34.9''	12° 06' 53.8''	3864
Yauricocha	1986	2016	75° 43' 22.5''	12° 19' 00''	4675
Yauyos	1963	2016	75° 54' 38.2''	12° 29' 31.4''	2327
Socsi*	1926	2016	76° 12' 00.0''	13° 02' 00''	430

Fuente: Elaboración Propia

* Estacion Hidrometrica

3.2.3 Hardware y Software

- Computadora i5 2.66 Ghz DD 500 GB y 4 GB de Memoria y monitor de 15 “.
- Software ArcGIS 10.3.1
- Extensión Geostatistical Analyst para ArcGIS 10.3.1
- Extensión 3D Analyst para ArcGIS 10.3.1
- Extension Spatial Analyst para ArcGIS 10.3.1
- Extension ArcHydro Tools
- Extensión HEC – GeoHMS
- Software HEC – HMS 4.2
- Software HEC – DSSvalue 2.0.1
- Software Hydrognomon.

3.3 Metodología

3.3.1 Modelo Conceptual para la estimación de escorrentía directa

El modelo conceptual contempla los factores que intervienen en la predicción de la escorrentía, en la Figura 22 se muestra el detalle del modelo conceptual.

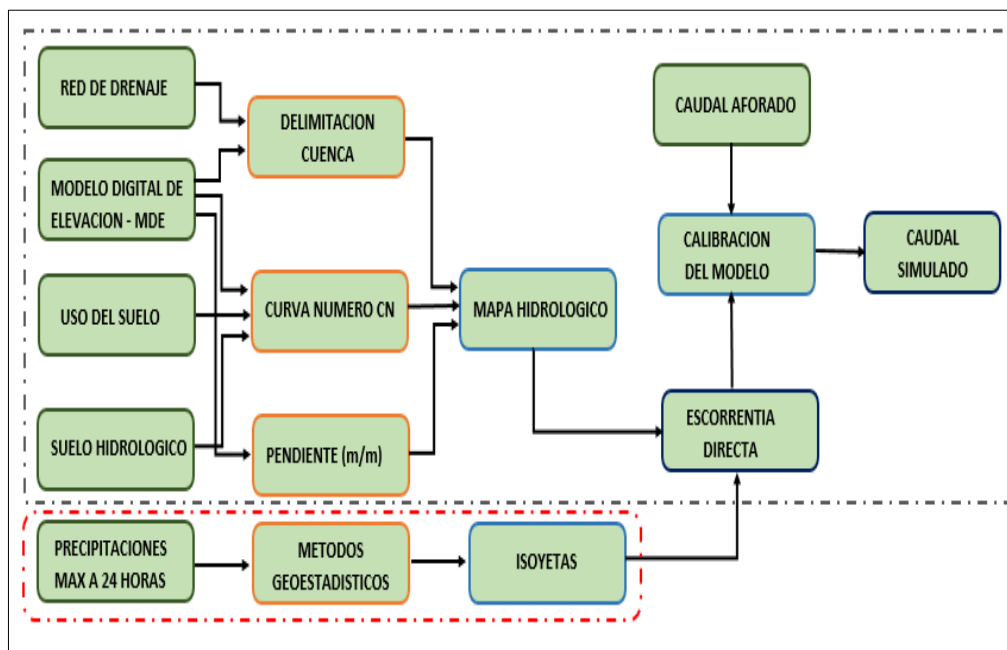


Figura 22: Modelo Conceptual para la modelación hidrológica

Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Tratamiento de la información hidrológica

a. Homogenización y Regionalización por el Método del Vector Regional

Para la obtención del Vector Regional, se aplicó el método de Brunet-Moret para las series temporales de precipitación máxima en 24 horas de 16 estaciones meteorológicas mediante el paquete computacional HYDRACCESS. Esta metodología permite utilizar registros de precipitación incompletos y, por tanto, no se ha realizado una completación de datos.

Primero, se debe crear un conjunto de datos de las precipitaciones de la zona de estudio (matriz A), donde las columnas representan las estaciones (M) y las filas los años (N); es decir, una matriz de dimensión NxM. La matriz A corresponde a la suma de dos matrices (B y E). La primera (B) representa la información teórica buscada y la segunda (E), las perturbaciones aleatorias.

Según Brune-Moret (1979), una zona climática puede estar representada por un vector cuya esperanza matemática es igual a 1. Entonces, la matriz A (B+E) se representa mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{P_{ij}}{P_{mj}} = Z_i + E_{ij} \quad (100)$$

Donde:

P_{ij} = Precipitación máxima en 24 horas de la estación j para el año i

P_{mj} = Precipitación media extendida de la precipitación máxima en 24 horas de la estación j

Z_i = Índice pluviométrico regional para el año i

E_{ij} = Fluctuación aleatoria del año i de la estación j

La matriz A se compone de las precipitaciones de M estaciones durante N años y, por lo general, se encuentra con datos faltantes. Con el fin de determinar cada P_{mj} y Z_i , y usando el método de Mínimos Cuadrados, el algoritmo del cálculo consiste en minimizar la sumatoria de la ecuación:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \left(\frac{P_{ij}}{P_{mj}} - Z_i \right)^2 \quad (101)$$

Si en el año i , se tiene p estaciones con información y se deriva la ecuación anterior por Z_i , se obtienen N ecuaciones:

$$Z_i = \frac{1}{p} \sum_{j=1}^p \left(\frac{P_{ij}}{P_{mj}} \right) \quad (102)$$

Al reemplazar el valor de Z_i en la Ecuación 102 y derivando por $1/P_{mj}$, se obtienen M ecuaciones con M incógnitas. De la solución de este sistema de ecuaciones, se obtiene el índice pluviométrico regional por año, cuyo conjunto de datos son conocidos como el vector regional. De igual manera, para cada estación se obtendrá un índice anual pluviométrico que corresponderá a la serie de valores de P_{ij}/P_{mj} .

b. Prueba de Normalidad

Las pruebas de Normalidad nos indican si se debe rechazar o no la hipótesis de que los datos provienen de una población distribuida normalmente.

La prueba de Anderson-Darling es usada para probar si una muestra viene de una distribución específica. Esta prueba es una modificación de la prueba de Kolmogorov-Smirnov donde se les da más peso a las colas de la distribución que la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

La prueba de Anderson-Darling se define como:

Ho: Los datos siguen una distribución especificada.

Ha: Los datos no siguen la distribución especificada.

El estadístico de prueba de Anderson-Darling se define como:

$$A^2 = -N - S \quad (103)$$

Se tiene:

$$S = \sum_{i=1}^N \frac{(2i-1)}{N} [\ln F(Y_i) + \ln(1 - F(Y_{N+1-i}))] \quad (104)$$

Donde:

N: Numero de datos

F(Y): Funcion de distribución empírica.

c. Análisis de frecuencia de información hidrológica

El objetivo del análisis de frecuencia de información hidrológica es relacionar la magnitud de los eventos extremos con su frecuencia de ocurrencia mediante el uso de distribuciones de probabilidad, para periodos de retorno de 25, 50, 100 y 500 años, se utilizaron las siguientes distribuciones de probabilidad.

- Distribución Normal.
- Distribución Log Normal II Parámetros
- Distribución Log Pearson Tipo III
- Distribución Gumbel (Distribución extrema Max)

d. Prueba de bondad de ajuste para las diferentes estaciones.

Para la prueba de bondad de ajuste se utilizó los métodos Kolmogorov – Smirnov y Chi Cuadrado, para determinar el mejor ajuste que tienen los datos de Precipitación máxima 24 horas con respecto a las distribuciones de probabilidad teóricas, el mejor ajuste es aquel cálculo menor sobre el teórico.

3.3.3 Interpolación espacial de las precipitaciones

Para la realización de la interpolación espacial de las precipitaciones, es importante realizar antes el análisis exploratorio de las precipitaciones, utilizando las herramientas: histogramas, grafico de probabilidad normal Q-Q, análisis de tendencias, grafico del semivariograma / covarianza, grafico general Q-Q y gráfico de covarianza cruzada. Con el resultado del análisis exploratorio espacial, posteriormente se utilizó el método geostatístico Kriging tipo Ordinario, para la generación de las isoyetas para diferentes periodos de retornos.

3.3.4 Estimación de escorrentía directa.

Para la estimación de la escorrentía directa, previamente se debe conocer información física como el limite de la cuenca de interés, mapa de pendiente, mapa hidrológico, entre otros.

a. Delimitación de área de interés (en subcuencas).

Para la delimitación de áreas de intreres en menores fraciones (subcuencas), se usó parte de los recursos que nos brinda el ArcGIS 10.3.1, las extensiones ArcHydro y el HEC-GeoHMS. A partir del Modelo Digital de Elevación con resolución espacial de 30 m. y la red de drenaje, se procedió a delimitar la Cuenca del Rio Cañete, inicialmente por defecto se generaron múltiples microcuencas en toda el área de estudio, como producto final la Cuenca quedo conformada por 14 Subcuenca, ver Anexo de mapas M-01, para optimizar el modelamiento hidrológico.

b. Mapa de Pendiente

El mapa de Pendiente, se generó a partir del Modelo Digital de Elevación de la cuenca, utilizando la extensión ArcHydro. El mapa de pendientes resultante puede obtenerse tanto en forma de porcentaje como en grados. Para este modelo es necesario generarlo en porcentaje, ver Anexo de mapas M-02.

c. Mapa Hidrológico

El Mapa Hidrológico se genera a partir de la delimitación de área de interés (ítem a), información de Curva Numero, abstracción inicial, pendiente, estaciones ficticias para cada subcuenca y red hídrica para cada subcuenca (ríos y quebradas), en esta fase se definio los métodos para abstracción de precipitación, transformación precipitación – escorrentía y transito de caudal, el mapa hidrológico se muestra en el Anexo de mapas M-04.

El Cuadro 12 muestra las diferentes combinaciones utilizada en la modelación: Abstracción, Transformación y Tránsito de cauce.

Cuadro 12: Métodos utilizados en la modelación hidrológica

Métodos	Abstracción	Transformación	Tránsito de cauce
MET01	SCS	SCS	Onda Cinematica
MET02	SCS	SCS	Muskingum
MET03	SCS	Snyder	Onda Cinematica
MET04	SCS	Snyder	Muskingum
MET05	SCS	Clark	Onda Cinematica
MET06	SCS	Clark	Muskingum

Fuente: Elaboración Propia

d. Modelamiento hidrológico

La Modelación Hidrológica se realizó con el modelo HEC-HMS, se simuló la respuesta que tendrá la cuenca del río en su escurrimiento superficial, como producto de la precipitación, mediante la representación de la cuenca como un sistema interconectado de componentes hidrológicos e hidráulicos.

Para realizar la modelación, a partir del mapa hidrológico generado en ArcGIS, además se debe disponer de la siguiente información:

- Características de la precipitación, utilizando hietogramas sintéticos de tormentas con duraciones de 24 horas. Es importante señalar que las precipitaciones parciales deben introducirse en intervalos fijos, para este modelo se ha generado una distribución horaria cada 30 min., ver Anexos 7, 8, 9 y 10.

Para la realización del modelamiento se tomaron las siguientes consideraciones:

Abstracciones de Precipitación

En el caso de las abstracciones, se seleccionó el método del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos, SCS. Se necesitan 3 tipos de datos: la pérdida inicial (en mm), el número de curva (CN) y el porcentaje de suelo impermeable en la cuenca. La pérdida inicial es la cantidad de lluvia en mm que se produce antes de ocasionar el flujo superficial. Por otro lado, el número de curva se define en base al tipo de suelo, cobertura vegetal y prácticas de pastoreo, para este modelo se utilizó el raster de número de curva, las mismas que se muestra en el Anexo de mapas M-03.

Transformación Precipitación - Escorrentía

Para la fase de Transformación: Precipitación – Escorrentía, donde se estima la escorrentía a partir de la precipitación; se utilizaron los métodos del hidrograma unitario:

- Hidrográma adimensional SCS
- Hidrograma unitario de Snyder
- Hidrograma unitario de Clark

Para el hidrograma adimensional SCS se requiere el SCSLag, (también llamado tiempo de retardo), el Cuadro 13 muestra los parámetros calculado, según formulas empíricas y raster de numero de curva.

Cuadro 13: Información de ingreso al HEC-HMS – Hidrograma adimensional SCS

Subcuenca	Área (Km ²)	S (m/m)	CN (SCS)	Ia (mm)	TLag (min)
W650	447.1	0.40	80.32	12.54	139.37
W740	364.4	0.54	77.22	15.24	139.00
W770	585.8	0.52	74.80	17.63	169.93
W780	420.3	0.42	78.28	14.21	158.86
W870	516.4	0.41	75.24	17.17	202.10
W890	616.3	0.41	76.81	15.64	248.31
W940	403.8	0.54	72.99	19.38	147.80
W970	31.5	0.69	73.24	19.29	49.16
W1000	452.9	0.54	72.89	19.59	181.67
W1100	492.1	0.52	78.35	14.42	149.63
W1110	517.9	0.38	74.90	17.51	212.35
W4360	269.7	0.42	79.01	13.52	130.68
W4370	294.0	0.34	79.53	13.16	127.04
W4410	378.5	0.47	78.84	13.68	140.71

Fuente: Elaboración Propia

En el caso del método de Snyder, se requieren básicamente dos: t_p , que es el tiempo en horas que transcurre entre el centro de gravedad de la precipitación y el caudal pico; y C_p que se estima en base a cuencas vecinas de características similares, este rango de valor varía entre 0.56 y 0.69. Ver Cuadro 14 los parámetros de ingreso al HEC –HMS.

Cuadro 14: Información de ingreso al HEC-HMS – Hidrograma unitario de Snyder

Subcuenca	Área (Km ²)	CN (SCS)	Ia (mm)	L (m)	Lc (m)	Tp (hr)	Cp
W650	447.1	80.32	12.54	37341.9	12258.3	9.28	0.60
W740	364.4	77.22	15.24	39580.4	18352.9	10.11	0.60

W770	585.8	74.80	17.63	45903.3	16831.0	9.99	0.60
W780	420.3	78.28	14.21	42002.9	22397.5	11.02	0.60
W870	516.4	75.24	17.17	49659.7	20687.2	11.16	0.60
W890	616.3	76.81	15.64	68469.8	32649.5	14.49	0.60
W940	403.8	72.99	19.38	36969.8	12333.9	8.00	0.60
W970	31.5	73.24	19.29	10905.7	4066.9	3.49	0.60
W1000	452.9	72.89	19.59	47296.4	12292.8	9.16	0.60
W1100	492.1	78.35	14.42	44579.9	15479.9	9.56	0.60
W1110	517.9	74.90	17.51	49352.4	26079.9	11.56	0.60
W4360	269.7	79.01	13.52	33679.2	10502.0	8.52	0.60
W4370	294.0	79.53	13.16	29180.9	9549.4	7.78	0.60
W4410	378.5	78.84	13.68	39207.9	16094.2	10.59	0.60

Fuente: Elaboración Propia

En el caso del método de Clark, los parámetros son el tiempo de concentración (Tc) y el coeficiente de almacenamiento (K), los cuales representan la curva del embalse lineal del almacenamiento y el caudal de salida, en el Cuadro 15 se muestra los parámetros de ingreso al HEC-HMS.

Cuadro 15: Información de ingreso al HEC-HMS – Hidrograma unitario de Clark

Subcuenca	Área (Km ²)	CN (SCS)	Ia (mm)	Tc (hr)	K (hr)
W650	447.1	80.32	12.54	3.48	0.50
W740	364.4	77.22	15.24	3.27	0.50
W770	585.8	74.80	17.63	3.44	0.50
W780	420.3	78.28	14.21	3.48	0.50
W870	516.4	75.24	17.17	3.85	0.50
W890	616.3	76.81	15.64	5.21	0.50
W940	403.8	72.99	19.38	2.56	0.50
W970	31.5	73.24	19.29	0.77	0.50
W1000	452.9	72.89	19.59	3.52	0.50
W1100	492.1	78.35	14.42	3.30	0.50
W1110	517.9	74.90	17.51	3.59	0.50
W4360	269.7	79.01	13.52	3.16	0.50

W4370	294.0	79.53	13.16	2.72	0.50
W4410	378.5	78.84	13.68	3.88	0.50

Fuente: Elaboración Propia

Transito hidrológico en cauce

Para el Transito hidrológico de cauce, el programa HEC-HMS permite escoger entre los siguientes modelos a la hora de tratar de representar la transformación que experimenta el hidrográma entre los puntos inicial y final de un tramo de cauce, para ello se utilizó los modelo:

- Onda Cinemática.
- Muskingum.

El método de la Onda Cinemática, requiere datos de la geometría del canal principal, el cual se modela asumiendo que el canal es un trapecio, un triángulo o un círculo. Se necesita por lo tanto el ancho de la base (o diámetro), la inclinación de los taludes (z), el coeficiente de rugosidad del cauce (n = coeficiente de Manning), la pendiente de la línea de energía, S_f y la longitud del tramo, L . La pendiente de la línea de energía se asume igual a la pendiente del canal en el tramo de interés, ver Cuadro 16.

Cuadro 16: Datos de ingreso al HEC-HMS – Método Onda Cinemática

Nombre	Longitud (m)	S (m/m)	n Manning	Tipo Sección	Ancho (m)	xH:1V
R120	28,567.0	0.028	0.125	Trapezoidal	35.0	0.35
R170	18,683.0	0.025	0.050	Trapezoidal	40.0	0.75
R290	34,656.0	0.026	0.050	Trapezoidal	45.0	0.50
R360	16,505.0	0.027	0.060	Trapezoidal	50.0	0.50
R410	7,196.5	0.019	0.060	Trapezoidal	55.0	0.50
R460	21,361.0	0.016	0.050	Trapezoidal	55.0	0.50
R570	22,789.0	0.013	0.050	Trapezoidal	70.0	0.50
R1180	11,894.0	0.016	0.070	Trapezoidal	50.0	0.30
R4430	21,030.0	0.015	0.050	Trapezoidal	25.0	0.50

Fuentes: Elaboración Propia.

Las variables de entrada del método de Muskingum son K y X, que se basan en mediciones de hidrogramas realizados en el cauce. K es una medida del tiempo de transporte de una onda de un punto a otro, expresándose en unidades de tiempo (horas) y X es una variable adimensional que fluctúa entre 0 y 0.5, estos valores se calculado tomando en cuentas las ecuaciones 85 y 86, los resultados se muestran en el Cuadro 17.

Cuadro 17: Datos de ingreso al HEC-HMS – Método Muskingum

Nombre	Longitud (m)	K (hr)	X	Subreach n
R120	28567.0	1.89	0.25	1
R170	18683.0	1.39	0.30	1
R290	34656.0	2.22	0.20	1
R360	16505.0	1.25	0.30	1
R410	7196.5	0.72	0.30	1
R460	21361.0	1.69	0.25	1
R570	22789.0	1.83	0.20	1
R1180	11894.0	1.08	0.30	1
R4430	21030.0	1.69	0.25	1

Fuente: Elaboración Propia

e. Estructura de regulación en la cuenca

En la cuenca del río cañete se ubica dos embalses, uno de regulación denominado Paucarcocha y de captación llamada Capilluca, que se ubican en las Coordenadas UTM 393384.12 E, 8664613.61 N y 395672.33E, 8594193.07 N respectivamente.

El embalse de regulación Paucarcocha se realizó mediante el represamiento de la laguna natural del mismo nombre, ubicada a 4220 msnm en el distrito de Tanta, provincia de Yauyos, a aproximadamente 200 km de la costa de Lima. Permite almacenar los excedentes de agua durante la época de lluvias, para que éstos puedan ser aprovechados en los meses en los que no llueve (estiaje), el volumen aprovechable del embalse de regulación es de 70 millones de metros cúbicos, los cuales se obtienen por encima del volumen natural de la laguna.

En la localidad de Capillucas, distrito de Allauca, provincia de Yauyos se ubica la presa de regulación horaria Capillucas de 35,7 metros de altura, con un volumen máximo de

almacenamiento de 0.8 MMC. La regulación horaria permite que la central hidroeléctrica El Platanal despache durante las horas de mayor valor para el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional.

En los Cuadros 18 y 19, los graficos 23 y 24 muestran la batimetría de los embalses.

Cuadro 18: Batimetría Presa – Paucarcocha

Cotas (msnm.)	Área (km2)	Volumen (MMC)	Cotas (msnm.)	Área (km2)	Volumen (MMC)
4220.8	1.54	0.00	4236.0	3.10	36.86
4221.0	1.97	0.29	4237.0	3.18	40.00
4222.0	1.76	1.97	4238.0	3.25	43.21
4223.0	1.88	3.79	4239.0	3.33	46.51
4224.0	1.99	5.73	4240.0	3.40	49.87
4225.0	2.10	7.77	4241.0	3.47	53.31
4226.0	2.21	9.92	4242.0	3.54	56.82
4227.0	2.36	12.21	4243.0	3.61	60.39
4228.0	2.47	14.63	4244.0	3.67	64.03
4229.0	2.56	17.14	4245.0	3.73	67.73
4230.0	2.62	19.74	4245.8	3.78	70.74
4231.0	2.68	22.39	4246.0	3.79	71.50
4232.0	2.77	25.11	4247.0	3.85	75.32
4233.0	2.86	27.93	4248.0	3.91	79.20
4234.0	2.94	30.82	4249.0	3.96	83.13
4235.0	3.02	33.80	4250.0	4.01	87.12

Fuente: Elaboración Propia

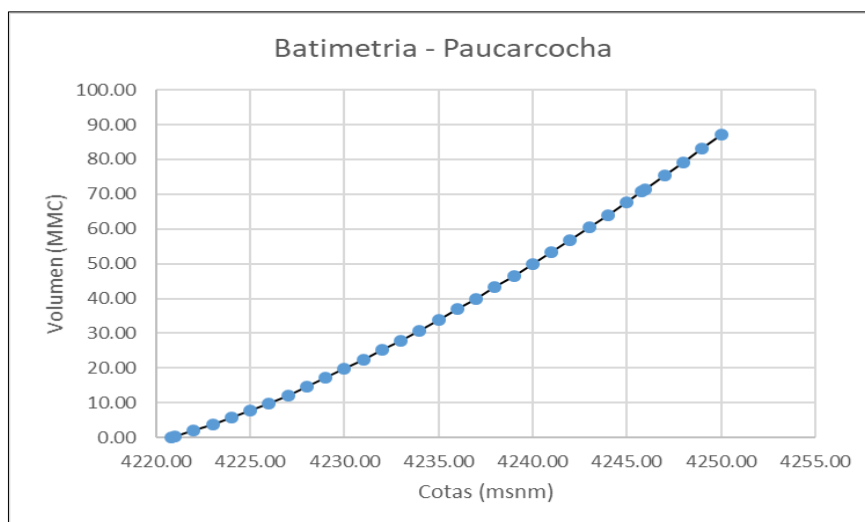


Figura 23: Batiemtria embalse Paucarcocha

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 19: Batimetría - Presa Capilluca

Cotas (msnm.)	Área (km2)	Volumen (MMC)	Cotas (msnm.)	Área (km2)	Volumen (MMC)
1530.2	0.00	0.00	1542.0	0.14	0.73
1531.0	0.01	0.00	1543.0	0.15	0.85
1532.0	0.02	0.02	1543.2	0.16	0.96
1533.0	0.03	0.04	1544.0	0.17	1.14
1534.0	0.04	0.07	1545.0	0.18	1.34
1535.0	0.06	0.12	1546.0	0.19	1.53
1536.0	0.07	0.18	1547.0	0.20	1.73
1537.0	0.08	0.26	1548.0	0.21	1.93
1538.0	0.10	0.35	1549.0	0.22	2.15
1539.0	0.11	0.45	1550.0	0.23	2.38
1540.0	0.12	0.56	1551.0	0.24	2.62
1541.0	0.14	0.65	1552.0	0.25	2.87

Fuente: Elaboración Propia

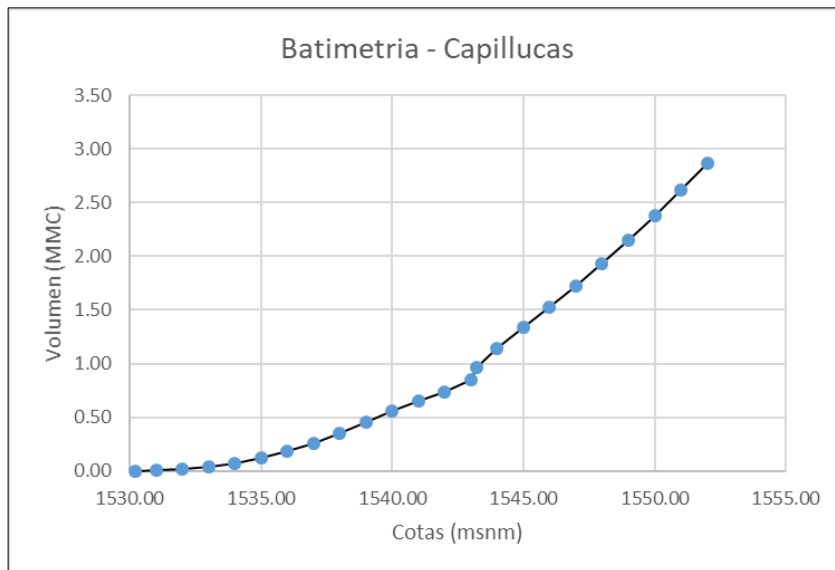


Figura 24: Batimetría embalse Capillucas
Fuente: Elaboración Propia

f. Calibración del Modelo

Como en todo modelo, para que los resultados de la simulación representen con algún grado de confiabilidad el comportamiento de la cuenca que se está analizando, es necesario someterlos a pruebas de calibración y análisis de sensibilidad de los parámetros involucrados.

El Modelo hidrológico HMS realiza la estimación de los parámetros automáticamente a partir de una selección inicial de todos los valores por parte del usuario, hasta producir un ajuste óptimo de los valores calculados con los observados. El programa permite calibrar los parámetros asociados con:

- Las pérdidas por infiltración
- Los métodos de transformación de la lluvia en escorrentía
- El flujo base
- El tránsito de caudales desde las subcuencas

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Tratamiento de la información hidrológica

4.1.1 Homogenizacion y Regionalizacion

Al realizar el análisis con el paquete computacional HYDRACCESS, corresponde a Gráfico_Índices, donde se muestran los índices anuales del Vector y de las estaciones, esta primera salida gráfica, da una buena idea del comportamiento de las estaciones respecto al Vector y en algunos casos pueden, de antemano, reconocerse estaciones con comportamiento diferente al Vector calculado o de algunos años con datos probablemente erróneos. La Figura 25 muestra el Gráfico de Índices, en ella se puede apreciar la existencia de estaciones con comportamiento distinto a las demás constituyentes del grupo y que, por lo tanto, están contaminando este Vector (que se muestra de color rojo continuo).

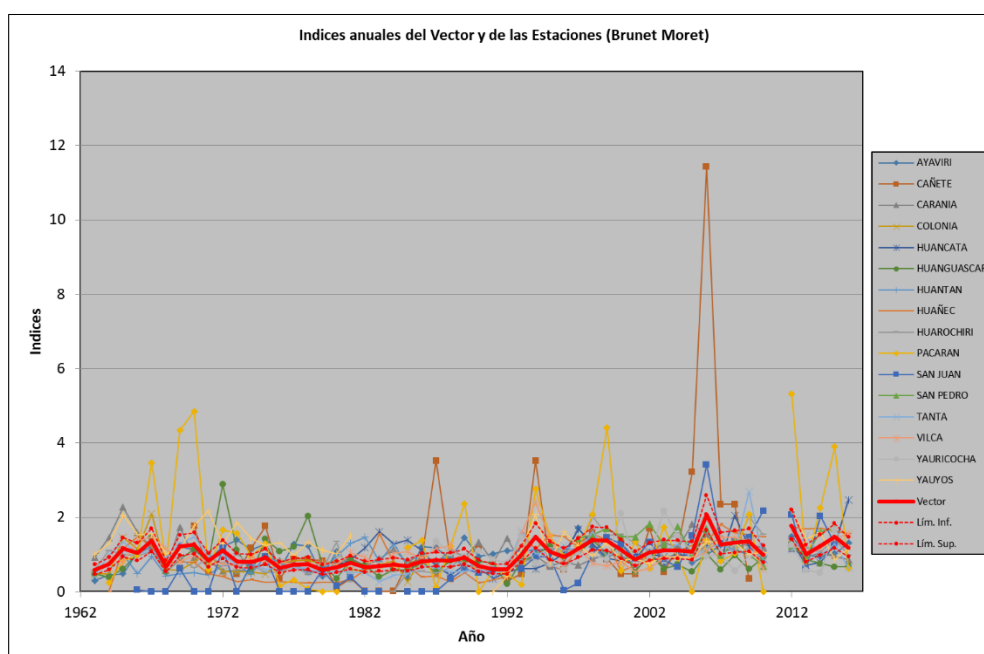


Figura 25: Indices anuales del vector y de las estaciones, análisis preliminar

Otro gráfico de salida importante, se encuentra en Gráfico_Acumuladas, que presenta la doble acumulación de los índices de las estaciones en el eje Y y del Vector en el eje X. La

Figura 26 muestra este gráfico, donde se pueden ver algunos cambios de pendiente en los datos de las estaciones, lo cual refleja la probabilidad de datos erróneos en esos años.

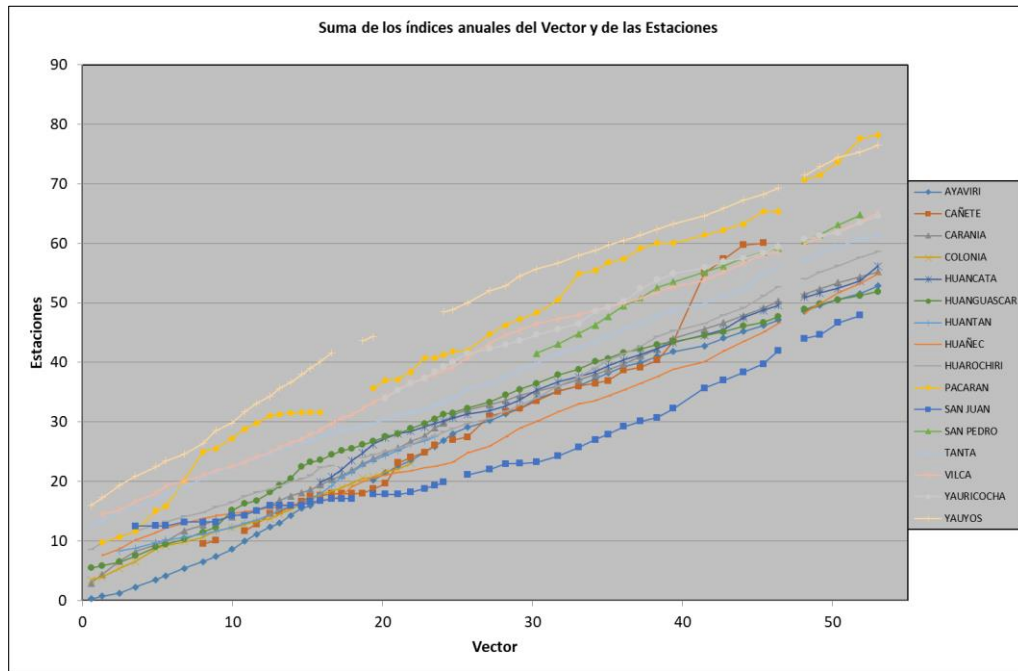


Figura 26: Acumulado de los índices de las estaciones y del Vector, análisis preliminar

El Cuadro 20 muestra los valores encontrados, cada una de las columnas contiene importante información. Inicialmente se muestran las estaciones, por su “*Id_Estación*” que puede ser el código o el nombre según se haya hecho la elección; la columna “*Nº Años*” corresponde a los años de datos con que cuenta cada estación. La siguiente columna “*D.E Obs*” presenta las Desviaciones estándar observadas y la columna “*Coef. Variacion*” los Coeficientes de Variación; estos dos últimos parámetros, son importantes para reconocer la variabilidad multianual de las estaciones, y son, además, buenos indicadores de una misma zona, regida por un clima homogéneo. Las columnas “*Media Obs*” y “*Media Calculada*” corresponden a las Medias observadas y calculadas para cada estación, la columna “*Media Desvio*” es la Media de los Desvíos y la “*D.E. Desvio*”, la Desviación Estándar de los Desvíos (D.E.D); este parámetro tiene una gran importancia respecto a la calidad de la estación, puesto que, estaciones sometidas a un mismo régimen multianual, deben tener una D.E.D semejante y nunca muy elevado, así mismo, el valor de este parámetro será diferente en determinadas regiones, bastante bajo donde la variabilidad es poco significativa (llano amazónico brasileño, por ejemplo) y mas elevado donde es alta la variabilidad de las lluvias (región andina o vertiente pacífico, por ejemplo), de modo tal que esta variación debe tenerse en

cuenta dependiendo de la región donde se realiza el análisis, la columna “*Homog B.M.*”, corresponde a un test de Homogeneidad planteado por Brunet Moret, y da una idea acerca de encontrar rupturas dentro de la serie cronológica de cada estación. La columna “*Correl./Vector*” es también de gran importancia para la crítica de los datos, representa la Correlación de cada estación respecto al Vector. Aquí puede verse que correlaciones muy bajas o negativas, corresponden a estaciones que no se encuentran dentro de la zona homogénea o presentan mayor probabilidad de errores, así mismo, se espera que las estaciones de una misma zona climática tengan valores cercanos de Correlación/Vector. No obstante, debe hacerse un chequeo de las estaciones con Correlaciones bajas, pues esto puede deberse a un problema de muestreo si tiene una duración muy corta.

Cuadro 20: Parametros del análisis del Vector Regional, análisis preliminar

Id Estación	Nº Años	D.E. Obs.	Coef. Variación	Media Obs.	Media Calculada	Media Desvíos	D.E. Desvíos	Homog B.M.	Correl. /Vector
Ayaviri	49	8	0.291	27.6	27	-0.003	0.35	0	0.341
Cañete	38	3.3	1.439	2.3	1.7	0.359	1.722	0.242	0.713
Carania	53	6.9	0.350	19.6	19.5	0.004	0.377	0.25	0.357
Colonia	26	11.1	0.483	23	29.9	-0.072	0.316	0.464	0.537
Huancata	36	8.6	0.424	20.2	19.7	-0.023	0.456	0.033	0.303
Huanguascar	53	10.6	0.488	21.7	24.5	-0.115	0.47	0	0.277
Huantan	26	11.6	0.357	32.4	41.7	-0.076	0.372	0	-0.131
Huañec	52	7.2	0.606	12	13.2	-0.099	0.419	0.002	0.674
Huarochiri	51	8	0.434	18.4	19.1	-0.047	0.347	0.051	0.586
Pacaran	48	3.4	0.983	3.5	2.5	0.338	1.212	0.303	0.628
San Juan	47	8.1	1.024	7.9	10.9	-0.296	0.628	0.001	0.719
San Pedro	18	5.5	0.244	22.5	16.5	0.107	0.387	0.001	0.26
Tanta	53	10.7	0.446	24	25.7	-0.069	0.336	0.61	0.62
Vilca	52	7.3	0.358	20.4	20.6	-0.017	0.343	0.011	0.471
Yauricocha	30	11.4	0.392	29.1	27.9	-0.08	0.492	0.232	0.102
Yauyos	46	6.7	0.363	18.5	15.2	0.185	0.476	0	0.363

Fuente: Elaboración Propia

De los graficos 24, 25 y el Cuadro 20 se observan que las estaciones Cañete, Pacaran y San Juan de Yanac muestran variabilidad multianual de las estaciones, se realizo nuevamente el

análisis del vector regional sin las estaciones Cañete, Pacaran y san Juan de Yanac, como resultado del análisis se muestra la grafica del Acumulado de los índices de las estaciones homogéneas, ver Figura 27.

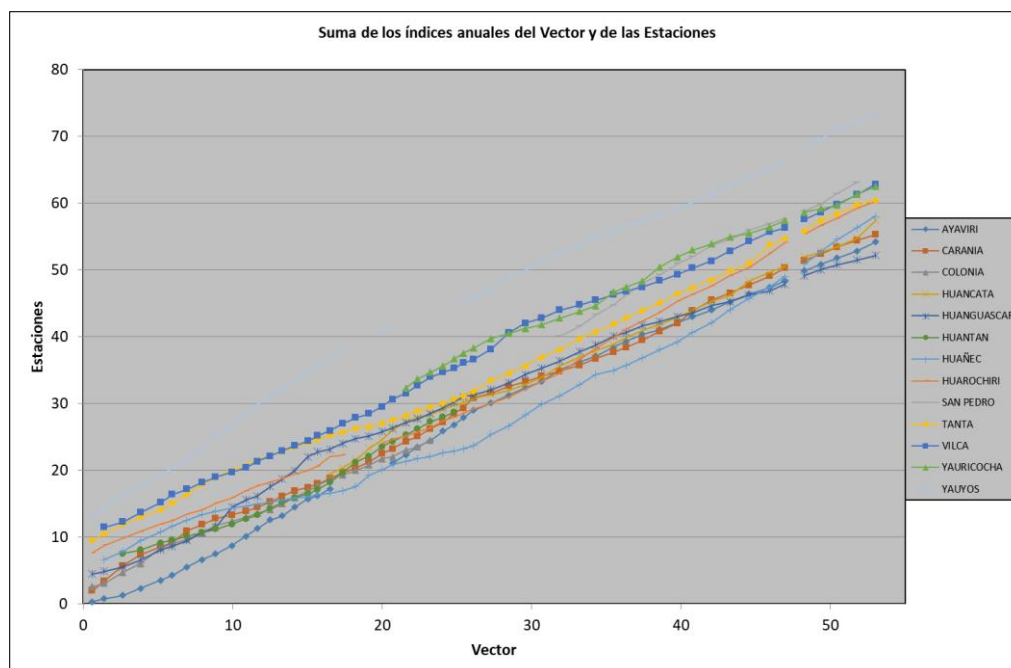


Figura 27: Acumulado de los índices de las estaciones y del Vector, estaciones homogéneas

El Cuadro 21, muestra los parámetros del análisis del vector regional, no se toma en cuenta las estaciones Cañete, Pacaran y San Juan de Yanac, finalmente quedan 13 estaciones de las 16, mostrando mejor comportamiento homogéneo.

Cuadro 21: Parametros del análisis del Vector Regional, estaciones homogéneas

Id Estación	No Años	D.E. Obs.	Coef. Variación	Media Obs.	Media Calculada	Media Desvíos	D.E. Desvíos	Homog B.M.	Correl. /Vector
Ayaviri	49	8	0.291	27.6	26.7	0.024	0.297	0	0.372
Carania	53	6.9	0.35	19.6	19.1	0.024	0.356	0.367	0.301
Colonia	26	11.1	0.483	23	26.6	-0.028	0.306	0.475	0.754
Huancata	36	8.6	0.424	20.2	18.8	0.038	0.407	0.053	0.434
Huanguascar	53	10.6	0.488	21.7	23.8	-0.091	0.438	0.002	0.292
Huantan	26	11.6	0.357	32.4	37.8	-0.043	0.331	0	0.073
Huañec	52	7.2	0.606	12	12.1	-0.019	0.45	0	0.787

Huarochiri	51	8	0.434	18.4	18.3	0.005	0.324	0	0.694
San Pedro	18	5.5	0.244	22.5	16.6	0.185	0.383	0.004	0.117
Tanta	53	10.7	0.446	24	24.7	-0.029	0.309	0.008	0.739
Vilca	52	7.3	0.358	20.4	20.3	-0.003	0.305	0.157	0.519
Yauricocha	30	11.4	0.392	29.1	28.4	-0.051	0.404	0.301	0.236
Yauyos	46	6.7	0.363	18.5	15.4	0.178	0.448	0	0.34

Fuente: Elaboración Propia

4.1.2 Prueba de Normalidad

La prueba de normalidad se utilizó la prueba de Anderson – Darling, para un total de 13 estaciones, los resultados se muestran en las Figura 28 hasta la Figura 40, en las graficas se muestran la tendencia de la data, teniendo un limite máximo y un minimo, dependiente de la cantidad de registro por estación se agruparon en tiempo de retraso, por ejemplo la estación San Pedro de Huarcapana cuenta con 18 años de registro agrupando en 6 para el tiempo de retraso, otro caso son las estaciones Carania, Huangascar y Tanta cada una tiene 53 años de registro y se agruparon en 18.

Las estaciones que se adaptan a la prueba de normalidad, son aquellas en la cual el 90% de su tendencia deben estar entre el limite máximo y limite minimo, visualizando los graficos se determina que las estaciones Colonia, Huañec y Huarochiri, no pasan la prueba de normalidad, osea del total de 13 solo 10 pasan la prueba de normalidad, las cuales son: Ayaviri, Carania, Huancata, Huangascar, Huantan, San Pedro de Huacarpana, Tanta, Vilca, Yauricocha y Yauyos.

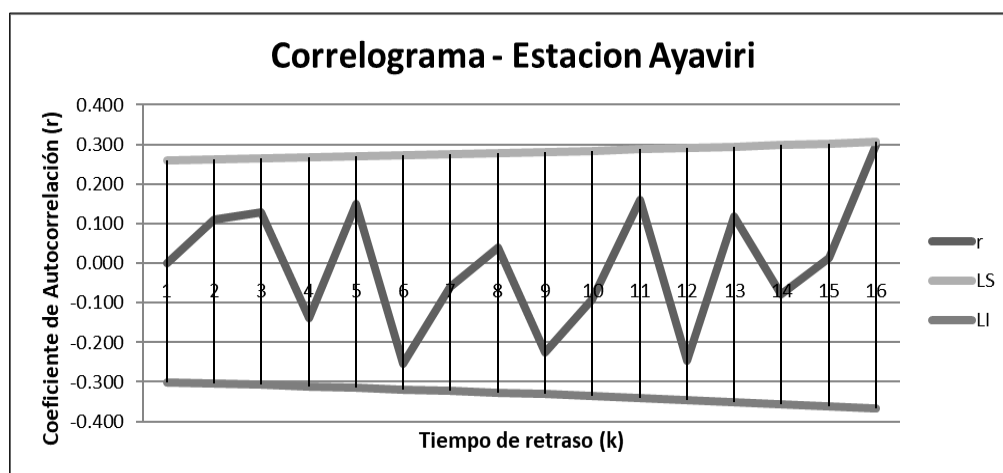


Figura 28: Analisis de normalidad de la estacion Ayaviri

Fuente: Elaboración Propia

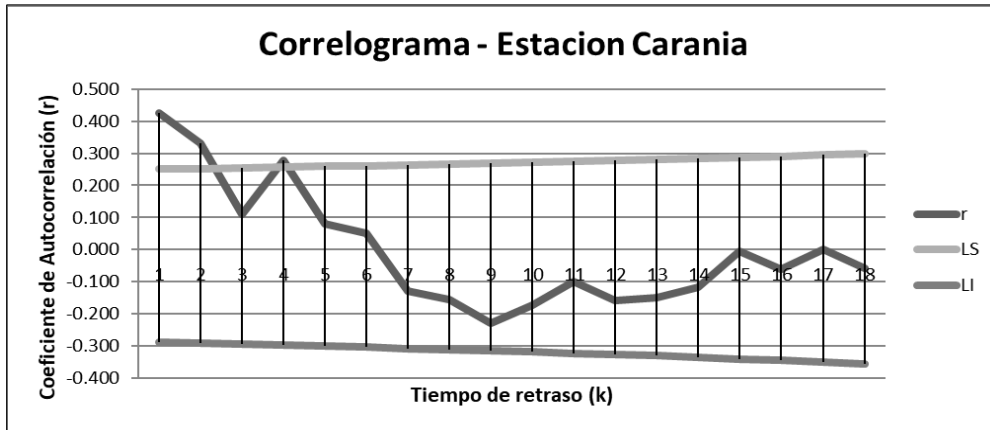


Figura 29: Prueba de normalidad de la estacion Carania
Fuente: Elaboración Propia

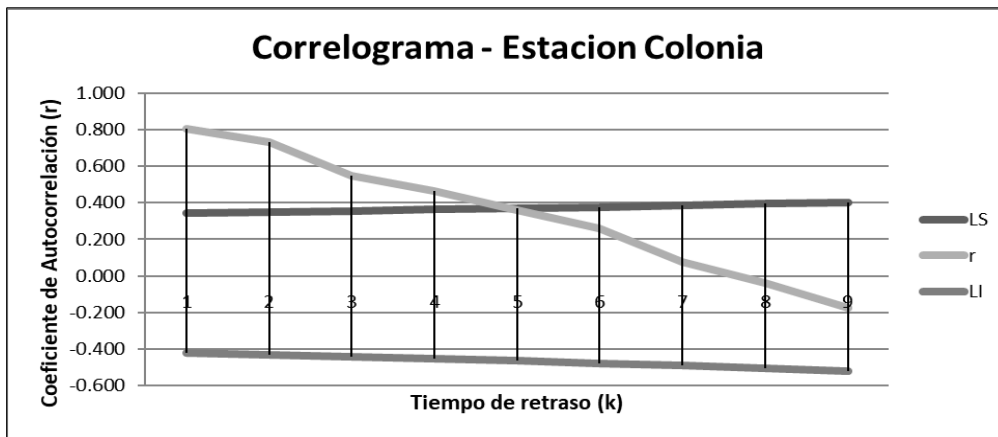


Figura 30: Prueba de normalidad de la estacion Colonia
Fuente: Elaboración Propia

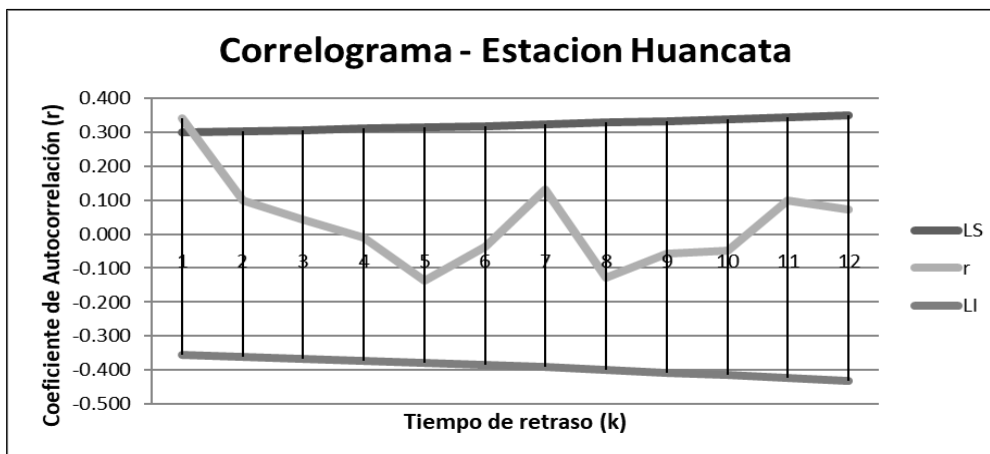


Figura 31: Prueba de normalidad de la estacion Huancata
Fuente: Elaboración Propia

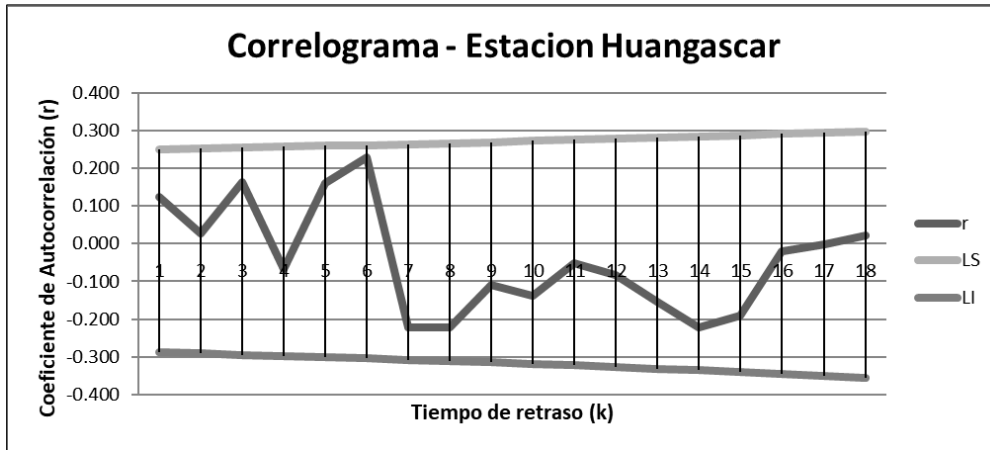


Figura 32: Prueba de normalidad de la estacion Huangascar
Fuente: Elaboración Propia

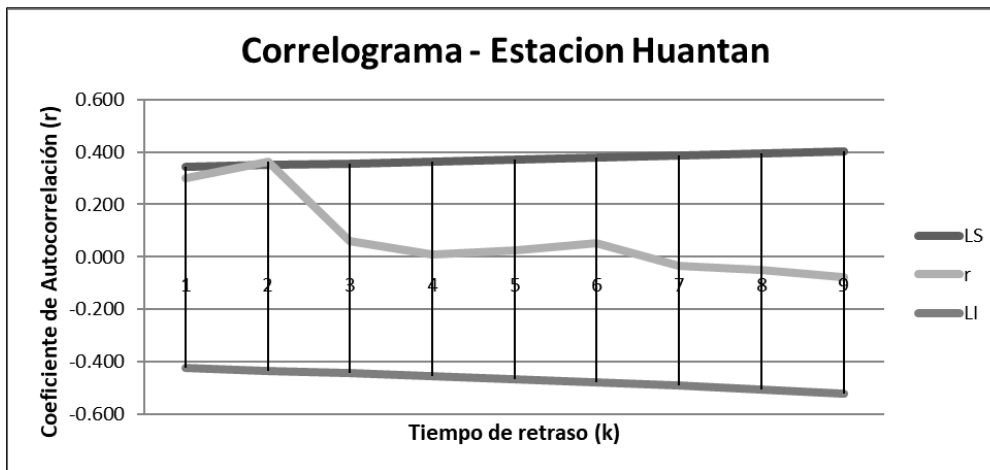


Figura 33: Prueba de normalidad de la estacion Huantan
Fuente: Elaboración Propia

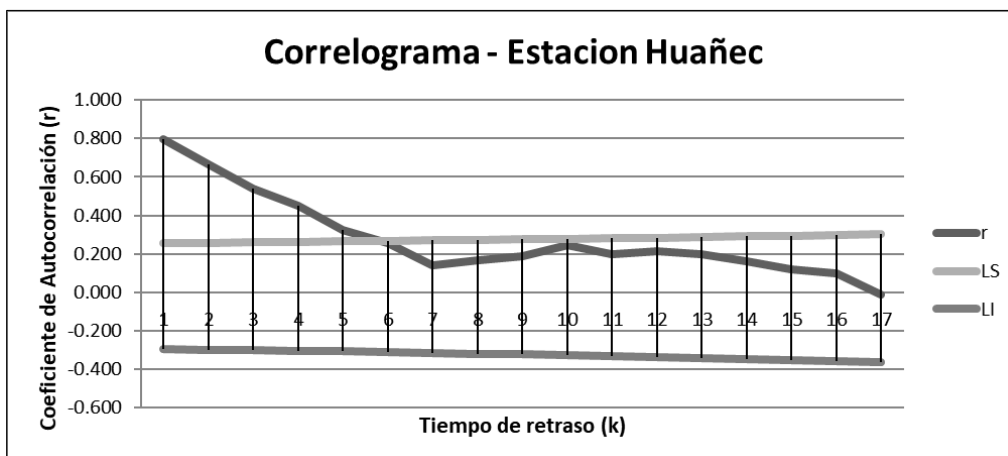


Figura 34: Prueba de normalidad de la estacion Huañec
Fuente: Elaboración Propia

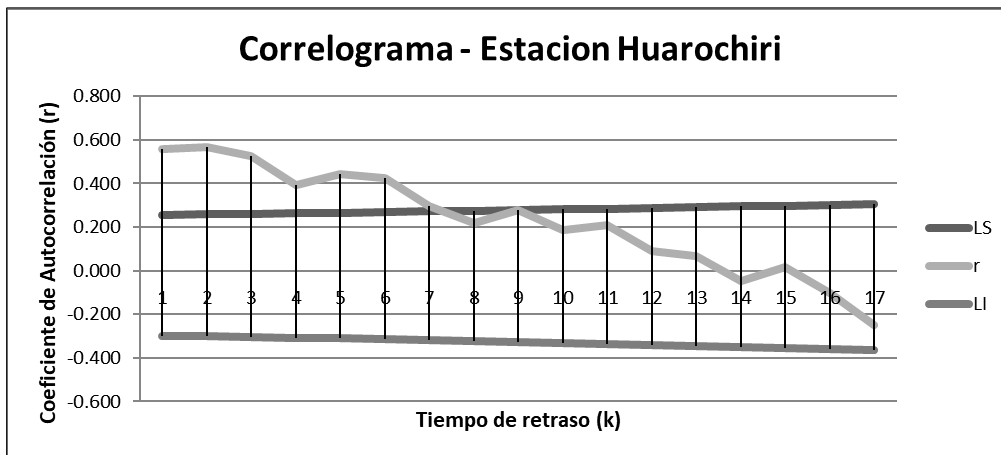


Figura 35: Prueba de normalidad de la estación Huarochiri
Fuente: Elaboración Propia

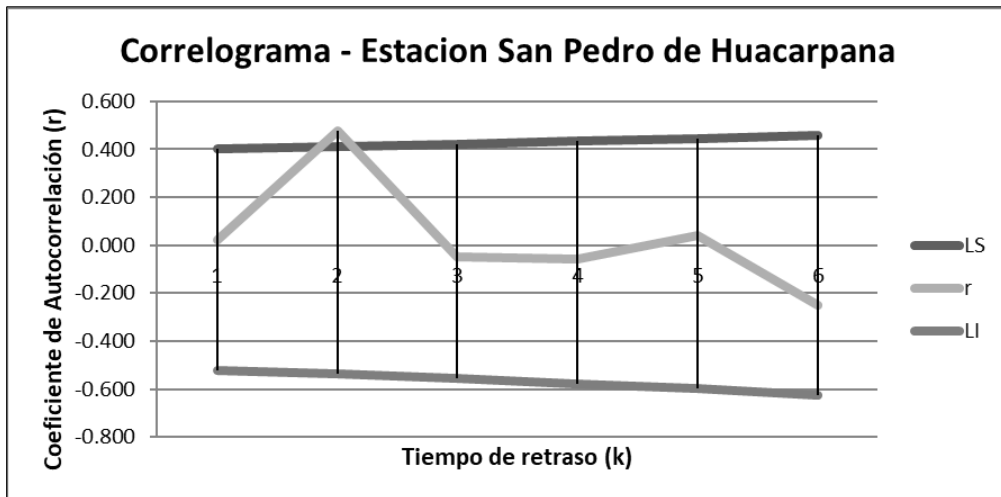


Figura 36: Prueba de normalidad de la estación San Pedro de Huacarpana
Fuente: Elaboración Propia

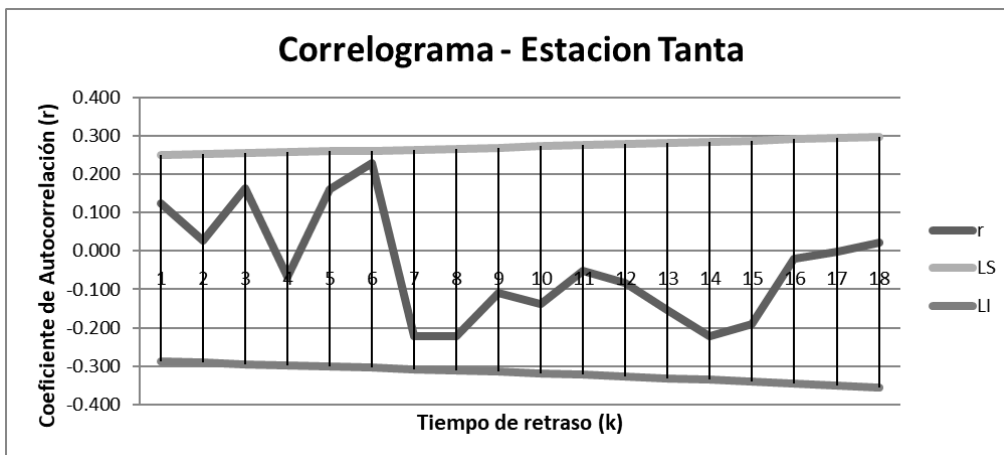


Figura 37: Prueba de normalidad de la estación Tanta
Fuente: Elaboración Propia

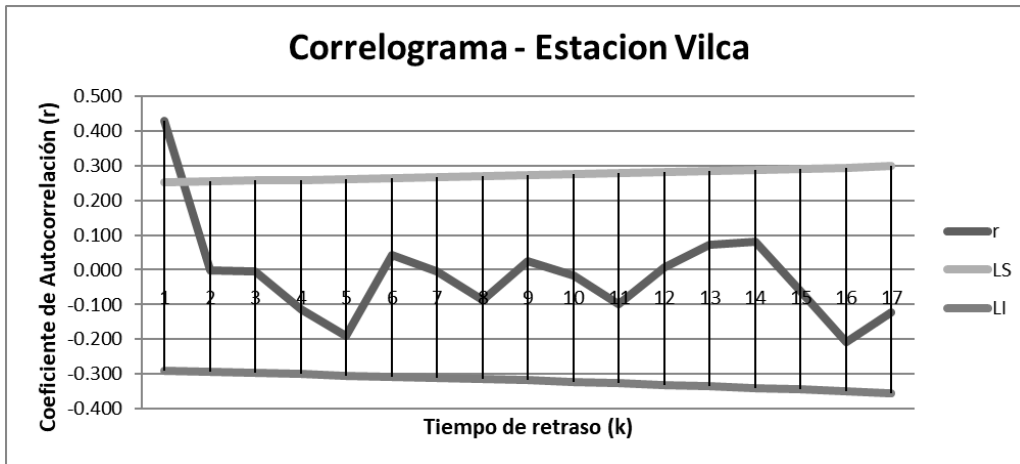


Figura 38: Prueba de normalidad de la estación Vilca
Fuente: Elaboración Propia

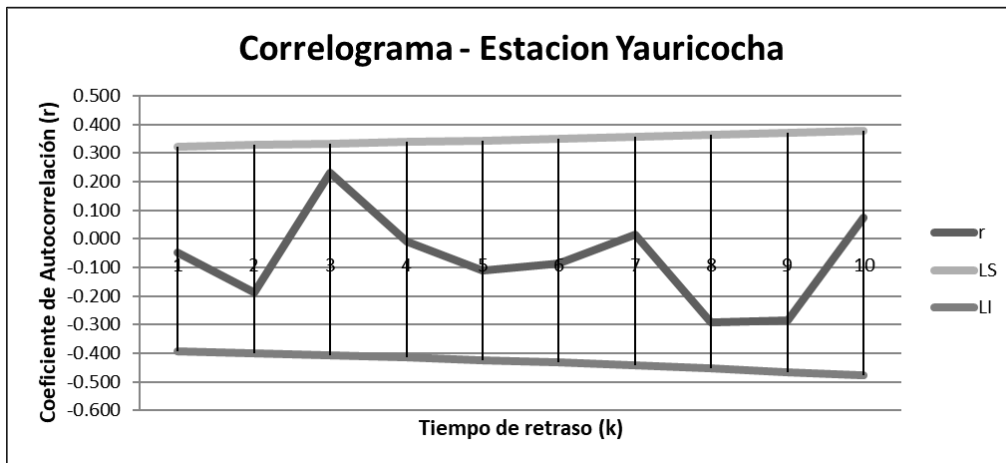


Figura 39: Prueba de normalidad de la estación Yauricocha
Fuente: Elaboración Propia

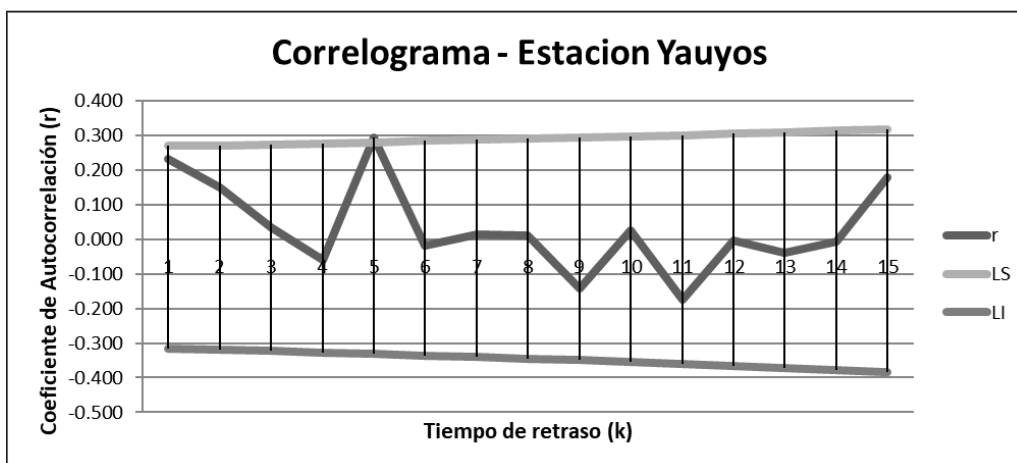


Figura 40: Prueba de normalidad de la estación Yauyos
Fuente: Elaboración Propia

4.1.3 Análisis de frecuencia de las precipitaciones

Los análisis de frecuencia se realizaron para las 10 estaciones que pasaron la prueba de normalidad, utilizándose las funciones de distribuciones de probabilidad teóricas: normal, Log-normal, Log-Pearson III y Gumbel, los resultados se muestran en los Cuadros 22 y 23 para cada estación pluviométrica y los Cuadros 24 y 25 análisis de frecuencia de la estación hidrométrica Sosci:

Cuadro 22: Análisis de frecuencia precipitación (mm) – Parte I

Estaciones	Normal				Log-Normal			
	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR
	25	50	100	500	25	50	100	500
Ayaviri	41.6	44.1	46.2	50.7	49.2	55.5	61.3	75.0
Carania	31.6	33.7	35.6	39.4	32.9	36.3	39.7	47.5
Huancata	35.2	37.8	40.1	44.9	38.0	43.0	48.1	60.2
Huanguascar	40.2	43.4	46.3	52.1	42.9	49.1	55.5	70.9
Huantan	52.7	56.2	59.3	65.7	55.9	62.2	68.3	82.6
San Pedro de Huacarpana	32.1	33.8	35.3	38.3	35.2	38.2	41.2	47.9
Tanta	42.7	45.9	48.8	54.7	46.9	53.6	60.4	76.9
Vilca	31.7	33.9	35.9	39.9	32.3	35.8	39.3	47.3
Yauricocha	46.6	49.9	52.9	59.0	46.9	52.1	57.3	69.3
Yauyos	29.7	31.6	33.3	36.7	32.3	35.8	39.2	47.2

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 23: Análisis de frecuencia precipitación (mm)– Parte II

Estaciones	Log-Pearson III				Gumbel			
	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR
	25	50	100	500	25	50	100	500
Ayaviri	38.0	38.5	39.2	44.3	43.9	48.4	52.7	62.8
Carania	33.3	37.0	40.8	49.7	33.6	37.4	41.1	49.8
Huancata	37.8	42.7	47.5	59.1	37.7	42.4	47.1	57.8
Huanguascar	42.0	47.5	53.1	65.9	43.3	49.1	54.8	68.1
Huantan	57.3	64.5	71.8	89.9	56.1	62.4	68.7	83.2
San Pedro de Huacarpana	31.6	32.8	33.8	36.1	33.7	36.8	39.8	46.7

Tanta	45.8	51.6	57.4	70.7	45.8	51.7	57.5	70.9
Vilca	34.5	39.8	45.5	60.5	33.9	37.8	41.8	50.9
Yauricocha	51.5	60.7	70.9	98.9	49.8	55.9	61.9	75.7
Yauyos	30.7	33.1	35.3	39.9	31.5	34.9	38.3	46.0

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 24: Análisis de frecuencia de caudal (m³/s)– Parte I

Estaciones	Normal				Log-Normal			
	TR 25	TR 50	TR 100	TR 500	TR 25	TR 50	TR 100	TR 500
Socci	598.5	645.4	687.6	772.9	649.7	744.2	840.9	1077.0

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 25: Análisis de frecuencia de caudal (m³/s) – Parte II

Estaciones	Log-Pearson III				Gumbel			
	TR 25	TR 50	TR 100	TR 500	TR 25	TR 50	TR 100	TR 500
Socci	656.1	755.8	858.9	1115.4	643.8	728.7	812.9	1007.6

Fuente: Elaboración Propia

4.1.4 Prueba de bondad de ajuste para las diferentes estaciones.

Para la prueba de bondad de ajuste se utilizó los métodos Kolmogorov – Smimov y Chi Cuadrado, para determinar el mejor ajuste que tienen los datos de Precipitación máxima 24 horas con respecto a las distribuciones de probabilidad teóricas, el mejor ajuste es aquel cálculo menor sobre el teórico. En el Cuadro 26 se muestra la distribución de frecuencia que mejor se ajusta a cada estación.

Cuadro 26: Función de distribución mejor ajustada según prueba de bondad

Estaciones	Distribución de Frecuencia ajustada
Ayaviri	Normal
Carania	Log-Pearson III
Huancata	Gumbel

Huanguascar	Gumbel
Huantan	Normal
San Pedro de Huacarpana	Normal
Tanta	Log-Pearson III
Vilca	Log-Pearson III
Yauricocha	Log-Normal
Yauyos	Gumbel
Socsi	Log-Normal

Fuente: Elaboración Propia, (*) Estación hidrométrica

a. Precipitación para diferente periodo de retorno en cada estación

Las precipitaciones para diferente periodo de retorno, después de haber realizado la prueba de bondad de ajuste en cada estación pluviométrica, los resultados se muestran en los Cuadros 27 y 28.

Cuadro 27: Precipitaciones para diferente periodo de retorno en cada estación

Estaciones	PP (mm)			
	Tr 25 años	Tr 50 años	Tr 100 años	Tr 500 años
Ayaviri	41.6	44.1	46.2	50.7
Carania	33.3	37.0	40.8	49.7
Huancata	37.7	42.4	47.1	57.8
Huanguascar	43.3	49.1	54.8	68.1
Huantan	52.7	56.2	59.3	65.7
San Pedro de Huacarpana	32.1	33.8	35.3	38.3
Tanta	45.8	51.6	57.4	70.7
Vilca	34.5	39.8	45.5	60.5
Yauricocha	46.9	52.1	57.3	69.3
Yauyos	31.5	34.9	38.3	46.0

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 28: Caudales para diferente periodo de retorno

Estaciones	Q (m ³ /s)			
	Tr 25 años	Tr 50 años	Tr 100 años	Tr 500 años
Socsi	649.7	744.2	840.9	1077.0

Fuente: Elaboración Propia

4.2 Interpolación espacial de las precipitaciones

4.2.1 Análisis exploratorio

Realizar el análisis exploratorio es muy importante, porque nos permita cuantificar la calidad de los datos, midiendo los errores estadísticos de la precipitación de las 10 estaciones del Cuadro 27.

a. Transformación de los datos

La variable precipitación presenta datos sesgados por lo que se hace necesario realizar una transformación, con el fin de que este se asemeje a una distribución normal. Los resultados se muestran en el Cuadro 29, los diferentes valores de Box Cox, que permita asemejar a una distribución normal, así mismo se muestra otros valores estadísticos como la media, Mediana, Coeficiente de Asimetría y Coeficiente de Kurtosis.

Para la transformación Box Cox a partir de la información del cuadro 27, aplicando la siguiente ecuación:

$$Y_{(s)} = \frac{(Z^{\lambda}_{(s)} - 1)}{\lambda}$$

Ejemplo de cálculo para Tr 25 años para la estación Ayaviri.

$$Y_{(s)} = \frac{(41.6^1 - 1)}{1} = 40.6$$

Otro ejemplo de cálculo para Tr 500 años para la estación Ayaviri.

$$Y_{(s)} = \frac{(50.7^{0.7} - 1)}{0.7} = 20.9$$

Las precipitaciones transformadas para todas las estaciones en estudio, se muestra en el Cuadro 29.

Cuadro 29: Precipitaciones transformada para diferente Tr

Estaciones	PP (mm)			
	Tr 25 años	Tr 50 años	Tr 100 años	Tr 500 años
Ayaviri	40.6	43.1	45.2	20.9
Carania	32.3	36.0	39.8	20.6
Huancata	36.7	41.4	46.1	23.0
Huanguascar	42.3	48.1	53.8	26.0
Huantan	51.7	55.2	58.3	25.3
San Pedro de Huacarpana	31.1	32.8	34.3	16.9
Tanta	44.8	50.6	56.4	26.7
Vilca	33.5	38.8	44.5	23.8
Yauricocha	45.9	51.1	56.3	26.3
Yauyos	30.5	33.9	37.3	19.4

Fuente: Elaboración Propia

Los valores obtenidos a partir de análisis de transformación para el TR 25 años, es que la media es el promedio aritmético de los datos (33.37 mm). Nos da idea del centro de la distribución. La mediana representa una proporción acumulada del 0.50 (32.90 mm), si los datos los ordenamos de forma creciente, el 50% de ellos están por debajo de la mediana y el otro 50% por arriba; esta se ajustó a valores en la cual la razón entre la media y la mediana es cercana a 1. El valor del coeficiente de asimetría o sesgo, tiene el valor de (-0.66) esto quiere decir que la distribución esta sesgada negativamente o tiene asimetría negativa, que aparece con una cola de valores pequeños a la izquierda, el coeficiente será inferior a cero. Con respecto al valor del coeficiente de Kurtosis los valores son cercano a 3.

De forma análoga se analiza para los otros periodos de retornos, ver resultados en Cuadro 30.

Cuadro 30: Parámetros estadísticos a partir de los histogramas.

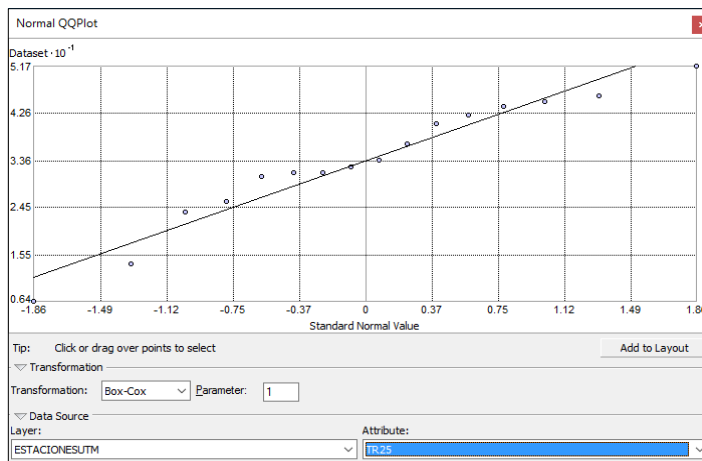
Parámetros	TR 25 años	TR 50 años	TR 100 años	TR 500 años
Transformación	Box Cox: 1.0	Box Cox: 1.0	Box Cox: 1.0	Box Cox: 0.7
Media	33.37	37.38	41.42	21.11
Mediana	32.90	37.40	42.12	20.72

Coef. de asimetría	-0.66	-0.60	-0.50	-0.46
Kurtosis	2.95	2.79	2.62	2.63

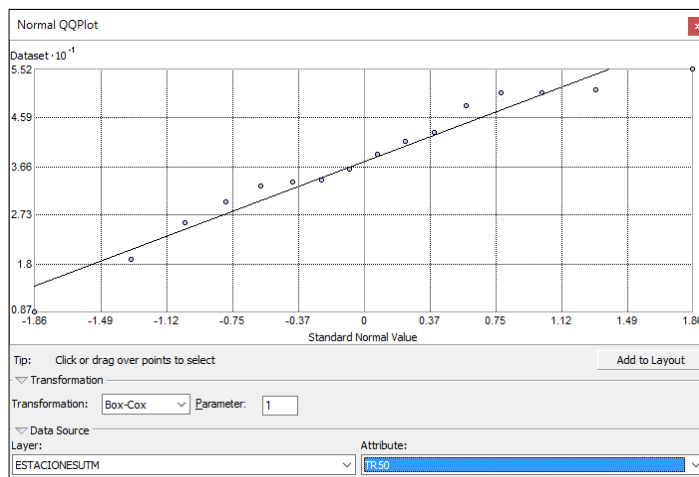
Fuente: Elaboración Propia

b. Normal QQPlot

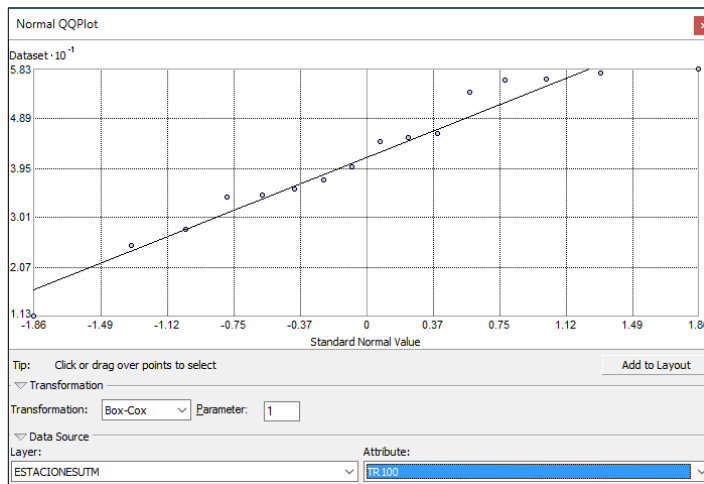
En la gráfica Normal QQPlot, visualmente se observa que los puntos ploteados están muy cercano a la línea recta, esto quiere decir que la muestra con la transformación realizada previamente, se está ajustando a una distribución normal teórica, estos gráficos representan los cuantiles reales y teóricos de una distribución normal. Los valores correspondientes a una distribución normal vienen representados por la recta y los puntos son puntuaciones reales de la precipitación, valores observados frente a los esperados que sería la recta, como se puede observar en la Figura 41 a, 41 b, 41 c y 41 d, los periodos de retornos en estudio se asemejan a una distribución normal.



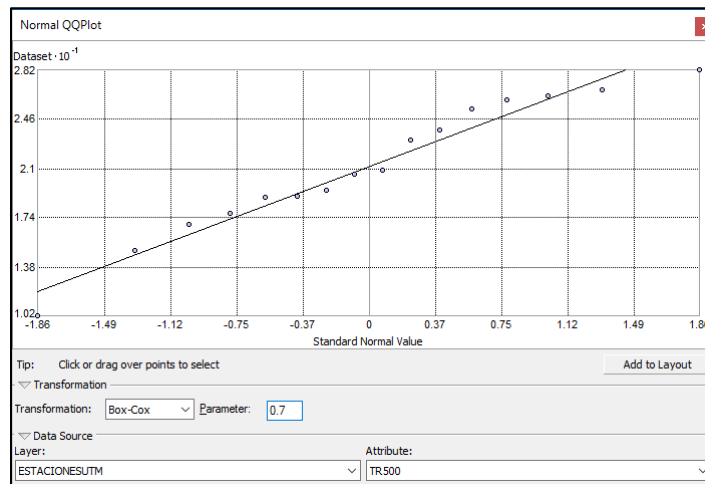
a)



b)



c)



d)

Figura 41: Grafico de probabilidad normal Q-Q para: a) TR 25 años, b) TR 50 años, c) TR 100 años y d) TR 500 años

c. Semivariograma/Covarianza

El Semivariograma nos permite analizar el comportamiento espacial de la precipitación sobre la cuenca en estudio, obteniendo como resultado un variograma experimental que refleja la distancia máxima y la forma en que un punto tiene influencia sobre otro punto a diferentes distancias, es decir, su autocorrelacion espacial.

Para construir el semivariograma empirico donde se represente en el eje X las distancias entre dos lugares, utilizando la fórmula de distancia euclidiana:

$$d_{ij} = \sqrt{(E_i - E_j)^2 + (N_i - N_j)^2}$$

Donde:

E_i, E_j : Coordenada Este en el punto i / Coordenada Este en el punto j

N_i, N_j : Coordenada Norte en el punto i / Coordenada Norte en el punto j

Para representar los valores de Semivarianza en el eje Y se utilizó la siguiente formula:

$$\gamma(h) = 0.5 \times [PP_i - PP_j]^2$$

Donde:

PP_i : Precipitación en el punto i

PP_j : Precipitación en el punto j

Y para representar los valores de la Covarianza en el eje Y se utilizó la siguiente formula:

$$C(h) = (PP_i - \overline{PP}) \times (PP_j - \overline{PP})$$

Donde:

\overline{PP} : Precipitación media de la serie analizada

El Anexo 3, muestra los valores de las diferentes distancias entre estaciones y la Semivarianza y Covarianza de las Precipitaciones para el periodo de retorno de 25 años.

Con data del Anexo 3 se grafica el Semivariograma, en el eje X se asigna el valor de Distancia (h) y para el eje Y el valor de Semivarianza $\gamma(h)$, la cual se muestra en la Figura 42, a partir de esta grafica se deduce la autocorrelacion espacial de la precipitación, así como la detección de valores extremos, los pares de lugares que están más próximos, y que aparecen más a la izquierda del eje X, tendrán valores mas similares, más cerca del origen del eje Y. A medida que los puntos se alejan hacia la derecha están separados por mayores distancias y a medida que estén situados mas alto sobre el eje Y presentaran mayores diferencias entre ellos. Esto nos indica que no solo hay que tener en cuenta la distancia entre los lugares sino también la dirección a la hora de explorar la auto correlación espacial.

Del grafico de Semivariograma se observa que, a la distancia de 88,802.1 m., se tiene el mayor valor de semivarianza (1022.9), del total de 120 combinaciones el 90% tiene valor de

semivarianza por debajo de 400, esto quiere decir que así se tenga grandes distancias de separación entre estaciones, sus valores de precipitaciones presentan bajas diferencias.

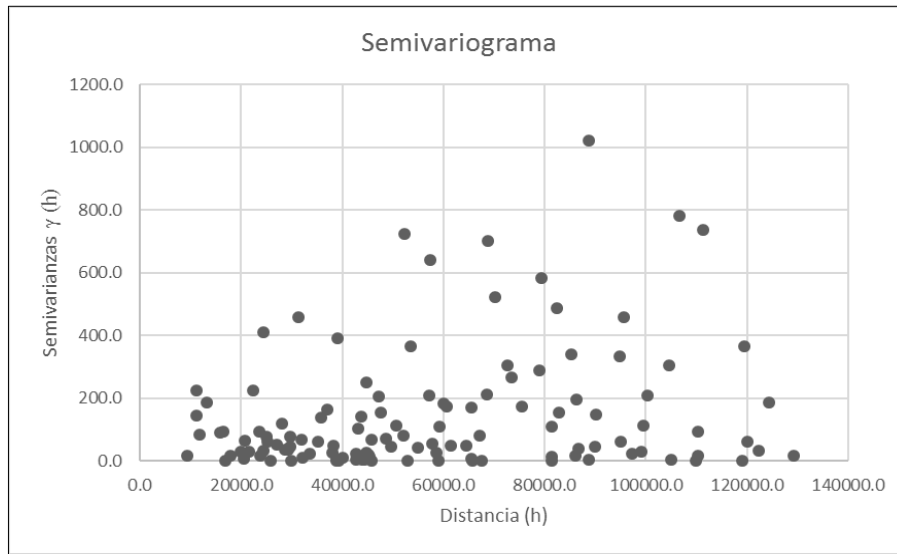


Figura 42: Semivariograma para:TR 25 años

Fuente: Elaboración Propia

De modo similar como se elaboró el gráfico anterior, se construye el Covariograma, asignándose para el eje X el valor de Distancia (h) y para el eje Y el valor de Covarianza C (h), la cual se muestra en la Figura 43, se observa que del total de valores emparejados (120) el 50% tienen tendencias a variar juntos, esto quiere decir que el valor de la precipitación varía con la distancia, los otros 45% de valores a variar en dirección opuesta, el valor de la precipitación aumentar a menor distancia o viceversa y 5% nulos o sea cuando los dos valores son independientes.

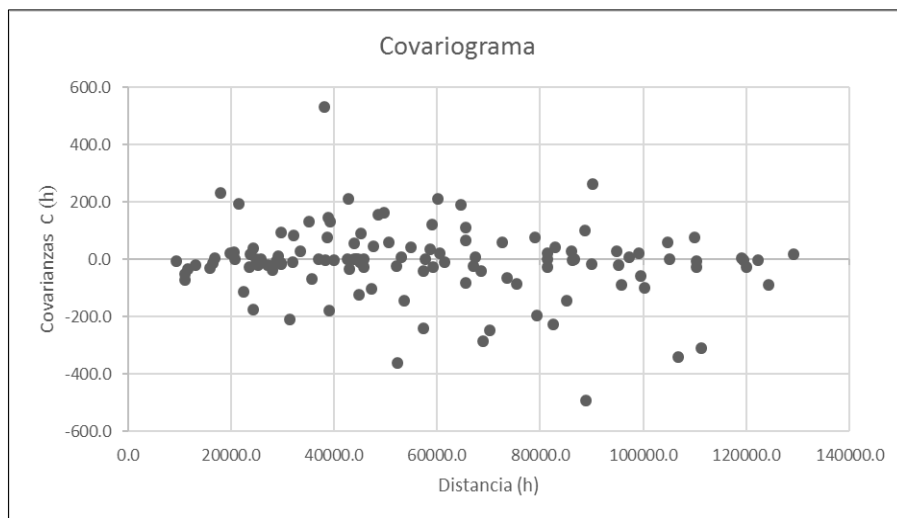


Figura 43: Covariograma para:TR 25 años

Fuente: Elaboración Propia

El Anexo 4, muestra los valores de las diferentes distancias entre estaciones y la Semivarianza y Covarianza de las Precipitaciones para el periodo de retorno de 50 años.

Con data del Anexo 4 se grafica el Semivariograma, en el eje X se asigna el valor de Distancia (h) y para el eje Y el valor de Semivarianza γ (h), la cual se muestra en la Figura 44, se observa que, a la distancia de 88,802.1 m., se tiene el mayor valor de semivarianza (1080.2), del total de 120 combinaciones el 90% tiene valor de semivarianza por debajo de 400, esto quiere decir que así se tenga grandes distancias de separación entre estaciones, sus valores de precipitaciones presentan bajas diferencias.

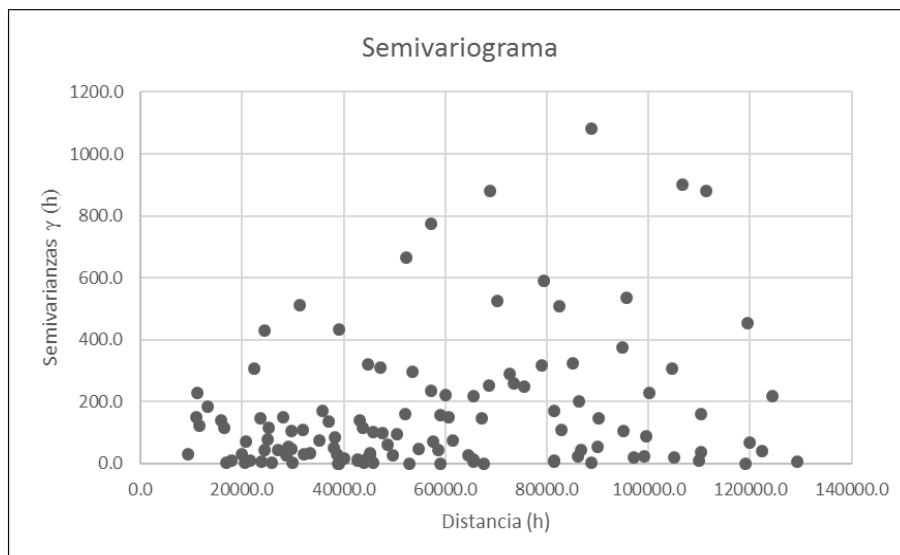


Figura 44: Semivariograma para TR 50 años

Fuente: Elaboración Propia

De modo similar como se elaboró el gráfico anterior, se construye el Covariograma, asignándose para el eje X el valor de Distancia (h) y para el eje Y el valor de Covarianza C (h), la cual se muestra en la Figura 45, se observa que del total de valores emparejados (120) el 50% tienen tendencias a variar juntos, esto quiere decir que el valor de la precipitación varía con la distancia y los otros 50% de valores a variar en dirección opuesta, es decir el valor de la precipitación aumentar a menor distancia o viceversa.

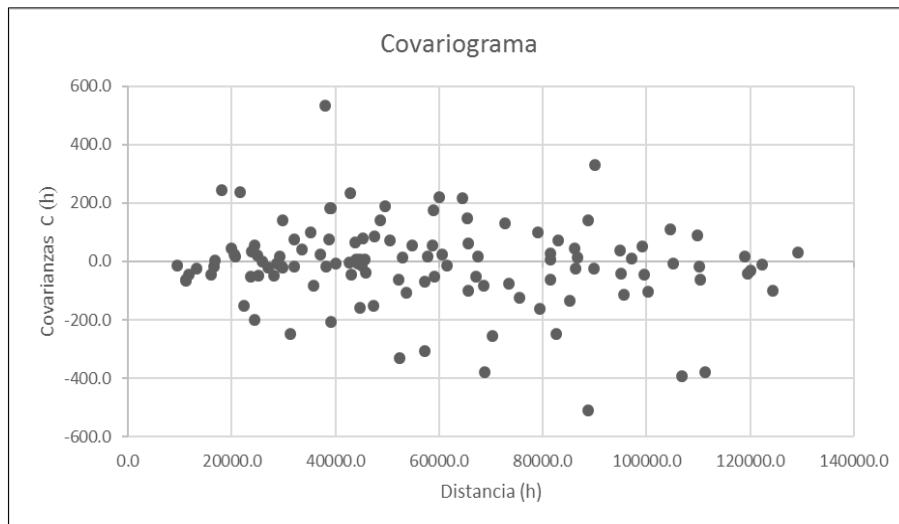


Figura 45: Covariograma para:TR 50 años

Fuente: Elaboración Propia

El Anexo 5, muestra los valores de las diferentes distancias entre estaciones y la Semivarianza y Covarianza de las Precipitaciones para el periodo de retorno de 100 años.

Con data del Anexo 5 se grafica el Semivariograma, en el eje X se asigna el valor de Distancia (h) y para el eje Y el valor de Semivarianza $\gamma(h)$, la cual se muestra en la figura 46, se observa que, a la distancia de 88,802.1 m., se tiene el mayor valor de semivarianza (1105.0), del total de 120 combinaciones el 95% tiene valor de semivarianza por debajo de 600, esto quiere decir que así se tenga grandes distancias de separación entre estaciones, sus valores de precipitaciones presentan bajas diferencias.

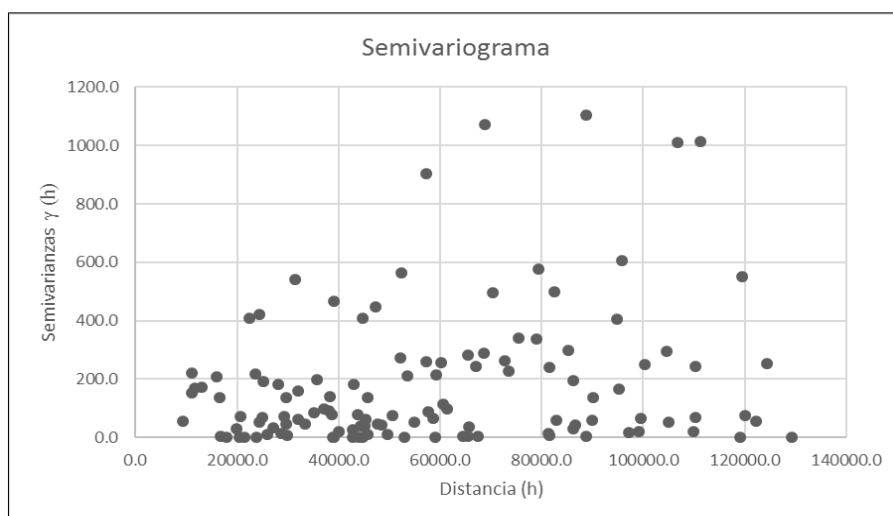


Figura 46: Semivariograma paraTR 100 años

Fuente: Elaboración Propia

Se construye el Covariograma, asignándose para el eje X el valor de Distancia (h) y para el eje Y el valor de Covarianza C (h), la cual se muestra en la Figura 47, se observa que del total de valores emparejados (120) el 50% tienen tendencias a variar juntos, esto quiere decir que el valor de la precipitación varía con la distancia y los otros 50% de valores a variar en dirección opuesta, es decir el valor de la precipitación aumentar a menor distancia o viceversa.

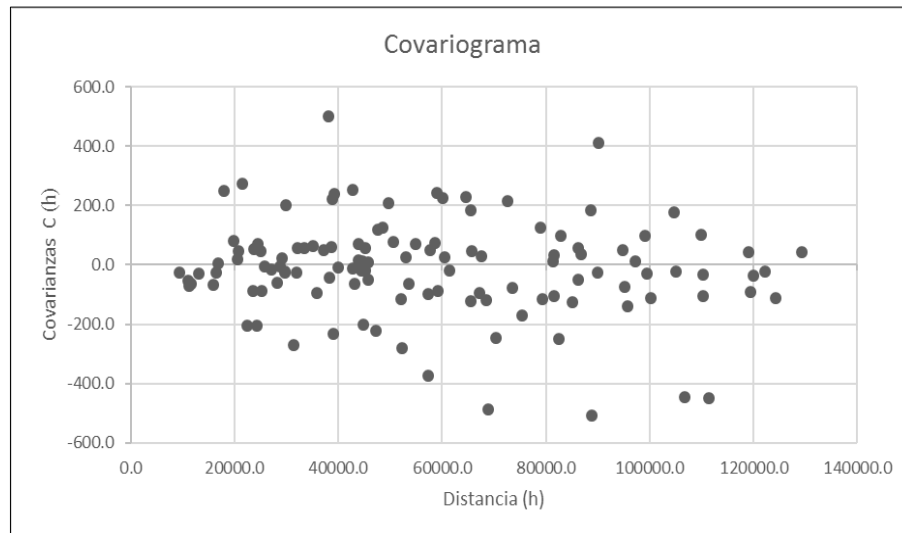


Figura 47: Covariograma para:TR 100 años

Fuente: Elaboración Propia

El Anexo 6, muestra los valores de las diferentes distancias entre estaciones y la Semivarianza y Covarianza de las Precipitaciones para el periodo de retorno de 500 años.

Con data del Anexo 6 se grafica el Semivariograma, en el eje X se asigna el valor de Distancia (h) y para el eje Y el valor de Semivarianza γ (h), la cual se muestra en la Figura 48, se observa que, a la distancia de 68833.7 m., se tiene el mayor valor de semivarianza (1576.4), del total de 120 combinaciones el 95% tiene valor de semivarianza por debajo de 800, esto quiere decir que así se tenga grandes distancias de separación entre estaciones, sus valores de precipitaciones presentan bajas diferencias.

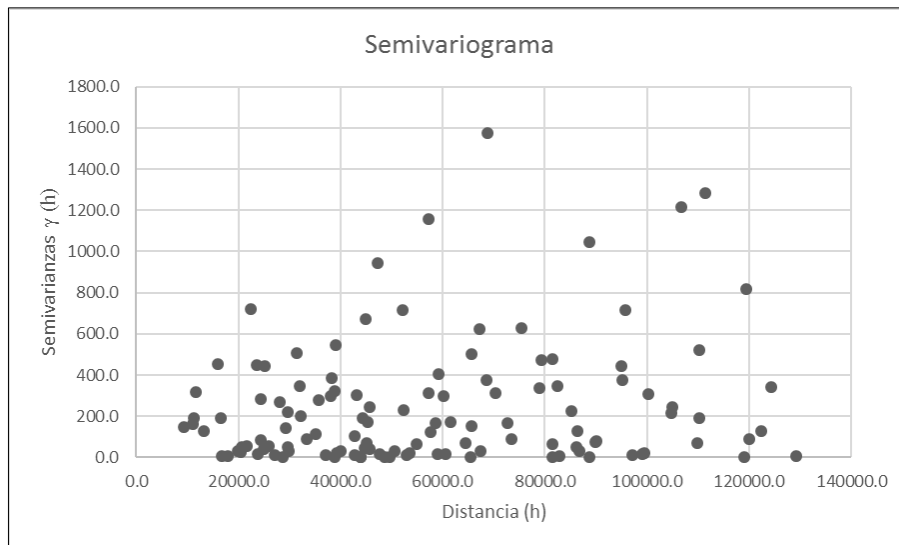


Figura 48: Semivariograma para TR 500 años

Fuente: Elaboración Propia

Se construye el Covariograma, asignándose para el eje X el valor de Distancia (h) y para el eje Y el valor de Covarianza C (h), la cual se muestra en la Figura 49, se observa que del total de valores emparejados (120) el 50% tienen tendencias a variar juntos, esto quiere decir que el valor de la precipitación varía con la distancia y los otros 50% de valores a variar en dirección opuesta, es decir el valor de la precipitación aumenta a menor distancia o viceversa.

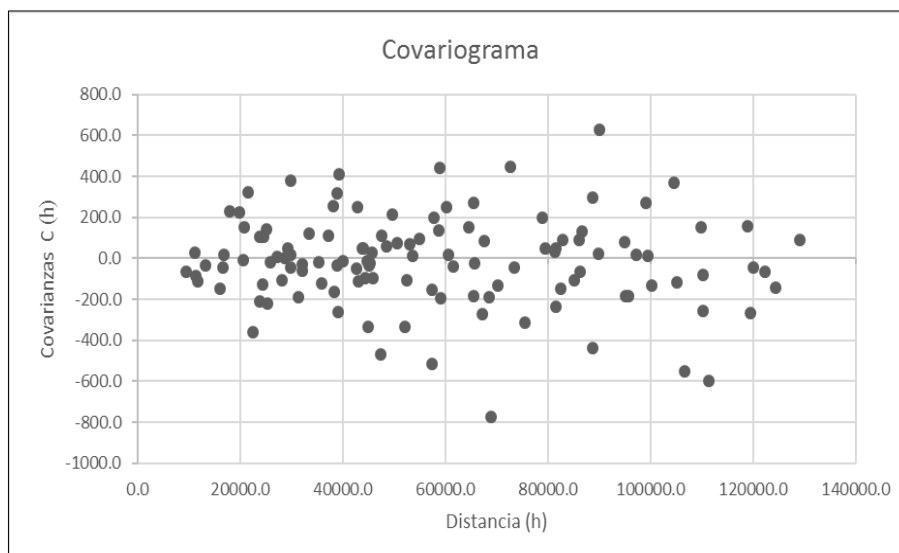


Figura 49: Covariograma para TR 500 años

Fuente: Elaboración Propia

d. Semivariograma empírico

Podemos definir los modelos de semivariogramas que mejor se ajustan a esa distribución y luego usar estos modelos para las estimaciones posteriores.

En el análisis geoestadísticos proporciona catorce funciones, las más usadas son:

- Modelo Esférico
- Modelo exponencial
- Modelo Lineal

Los gráficos 50, 51, 52 y 53 muestran los semivariograma empírico para los periodos de retornos de 25, 50, 100 y 500 años respectivamente.

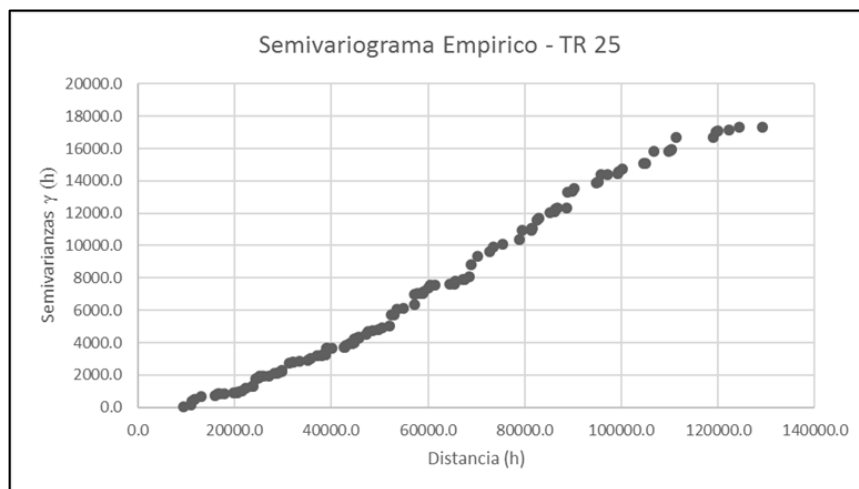


Figura 50: Semivariograma empírico para TR 25 años

Fuente: Elaboración Propia

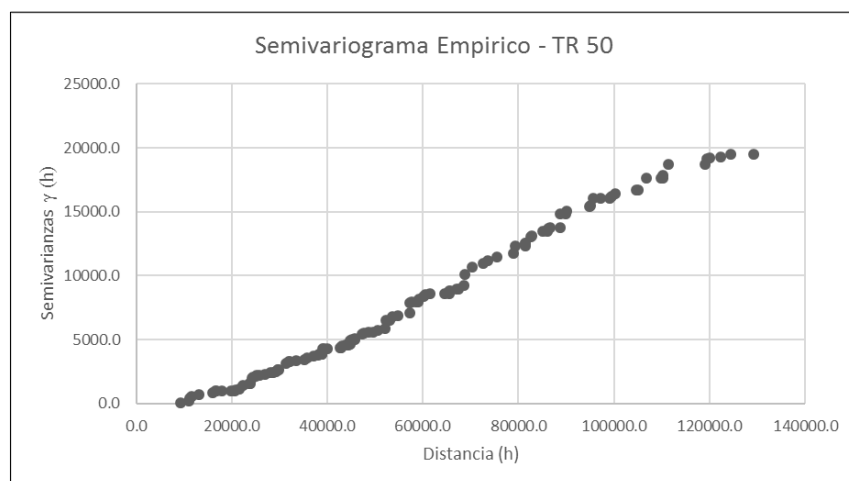


Figura 51: Semivariograma empírico para TR 50 años

Fuente: Elaboración Propia

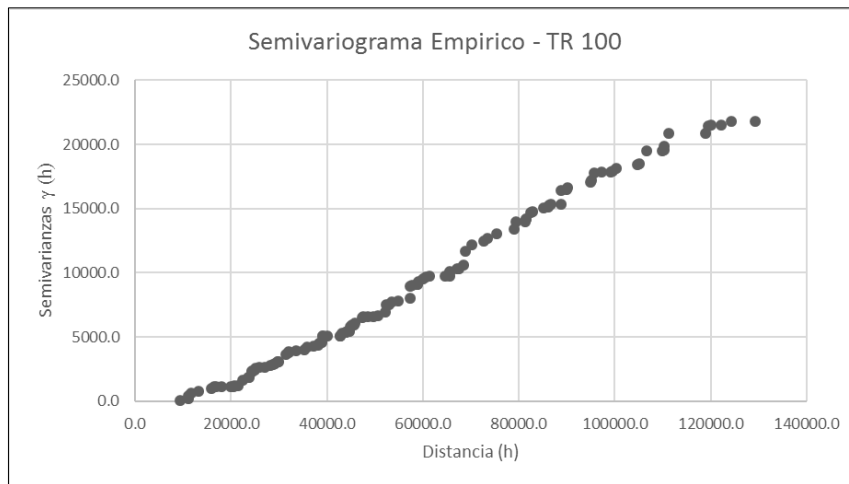


Figura 52: Semivariograma empírico para TR 100 años
 Fuente: Elaboración Propia

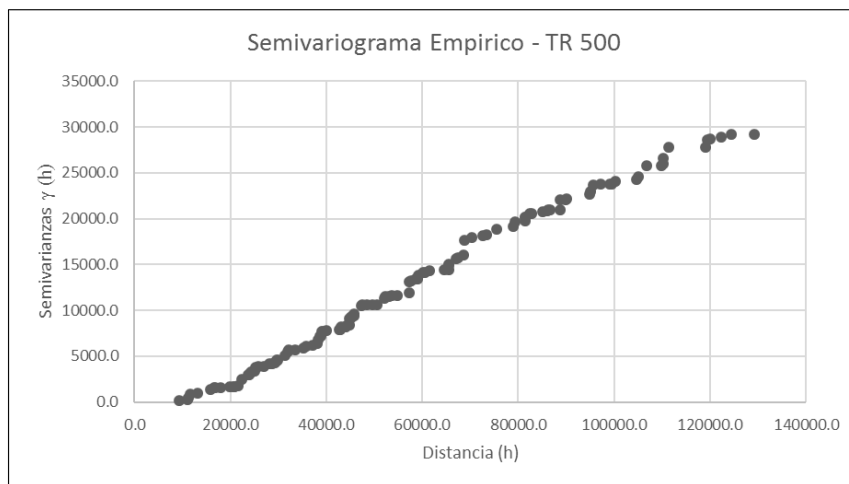


Figura 53: Semivariograma empírico para TR 500 años
 Fuente: Elaboración Propia

e. Análisis de isotropía y anisotropía

La isotropía es cuando sus propiedades siempre tienen el mismo comportamiento independientemente de la dirección, mientras que la anisotropía las propiedades varían con la dirección.

Para analizar si la precipitación tiene comportamiento isotrópico o anisotrópico, se construyó semivariograma direccional para 0° , 45° , 90° y 135° , las cuales se muestran en las Figuras 54, 55, 56 y 57 para los periodos de retornos 25, 50, 100 y 500 años, respectivamente.

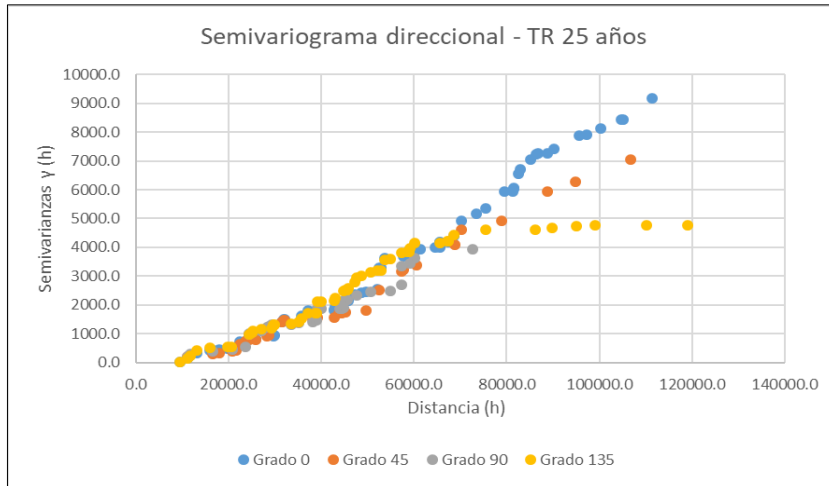


Figura 54: Semivariograma direccional para TR 25 años
 Fuente: Elaboración Propia

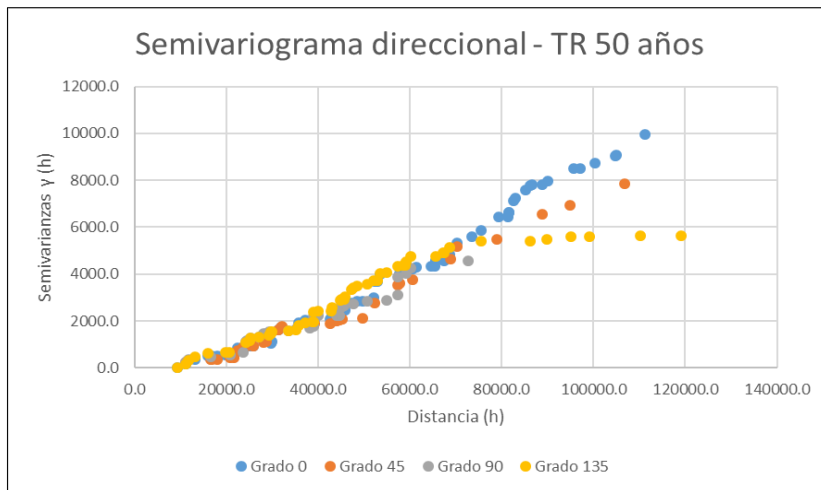


Figura 55: Semivariograma direccional para TR 50 años
 Fuente: Elaboración Propia

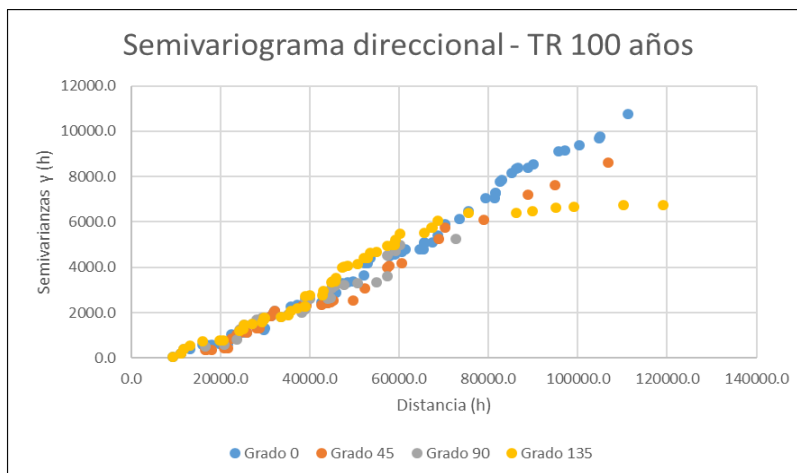


Figura 56: Semivariograma direccional para TR 100 años
 Fuente: Elaboración Propia

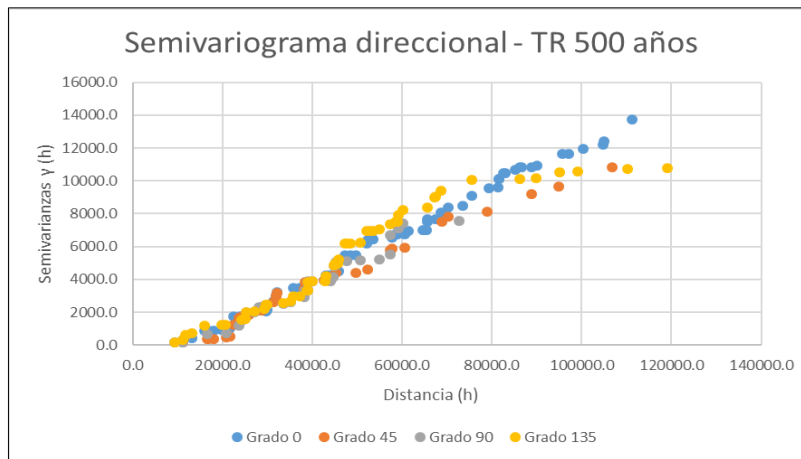


Figura 57: Semivariograma direccional para TR 500 años

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2 Interpolación por el método kriging

El método kriging, se basa en modelos estadísticos que incluyen la auto correlación (relación estadística entre los valores medidos). No solo posee la capacidad de producir una superficie de predicción, sino que, además proveen algunas herramientas para medir la certeza o precisión de estas predicciones.

Para la generación de los mapas de isoyetas se utilizó el modelo Kriging Ordinario, que está basada en una media constante de los datos (μ), variable estacionaria que no tiene tendencia y en unos errores $\varepsilon(s)$ con dependencia espacial.

Los modelos teóricos de semivariograma utilizado son: Esferico, Esferico, Exponencial y Exponencial para los TR 25, 50, 100 y 500 años respectivamente. Los demás parámetros de la estructura de un semivariograma típico (ver Figura 10), se muestran en el Cuadro 31.

Cuadro 31: Parámetros de Semivariograma típico.

Parámetros	TR 25 años	TR 50 años	TR 100 años	TR 500 años
Kriging tipo	Ordinario	Ordinario	Ordinario	Ordinario
Transformación	Box Cox: 1.0	Box Cox: 1.0	Box Cox: 1.0	Box Cox: 0.7
Modelo	Esférico	Esférico	Exponencial	Exponencial
Pepita	61.44	68.78	49.73	7.82
Rango	94785.80	94785.80	94785.80	94785.80
Meseta parcial	109.49	124.77	168.16	20.74

Fuente: Elaboración Propia

Los parámetros estadísticos óptimos que permita que el modelo prediga con errores mínimo se muestran en el Cuadro 32, se generan los mapas de Isoyetas para los TR de 25, 50, 100 y 500 años respectivamente, ver Figuras 58, 59, 60 y 61.

Cuadro 32: Errores de predicción estadístico de Semivariograma típico.

Parámetros	TR 25	TR 50	TR 100	TR 500
Media	0.57	0.59	0.42	0.32
Media estandarizada	0.025	0.023	0.009	-0.006
Raiz-Media-Cuadratica Estandarizada	1.00	1.01	1.06	1.03
Error medio estandar	10.87	11.53	12.49	15.00
Raiz-Media-Cuadrada	10.85	11.68	13.22	15.54

Fuente: Elaboración Propia

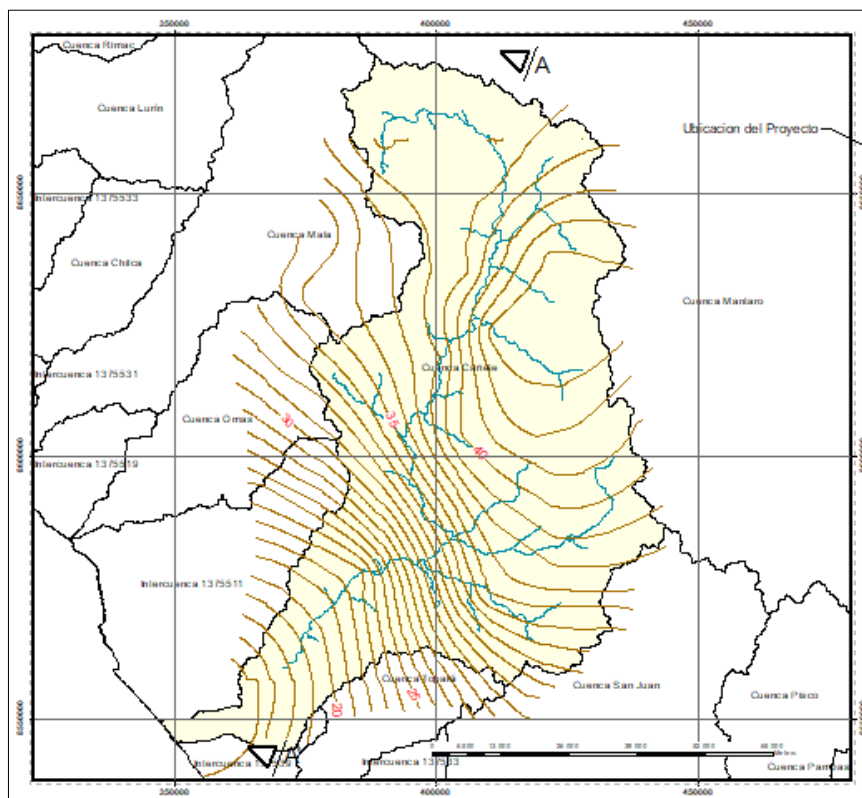


Figura 58: Isoyeta para TR 25 años

Fuente: Elaboración Propia

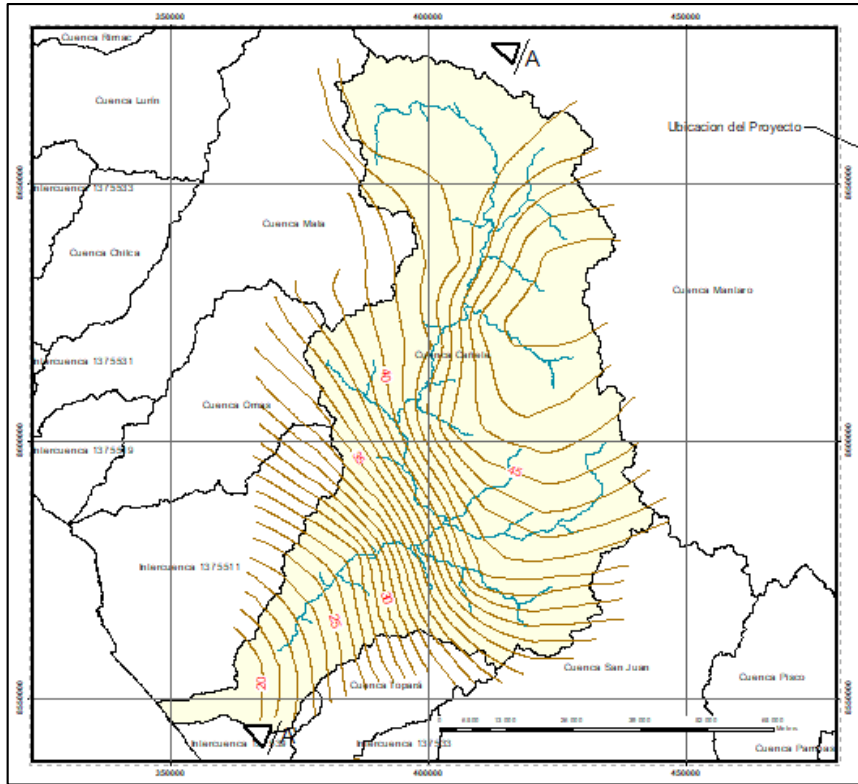


Figura 59: Isoyeta para TR 50 años
 Fuente: Elaboración Propia

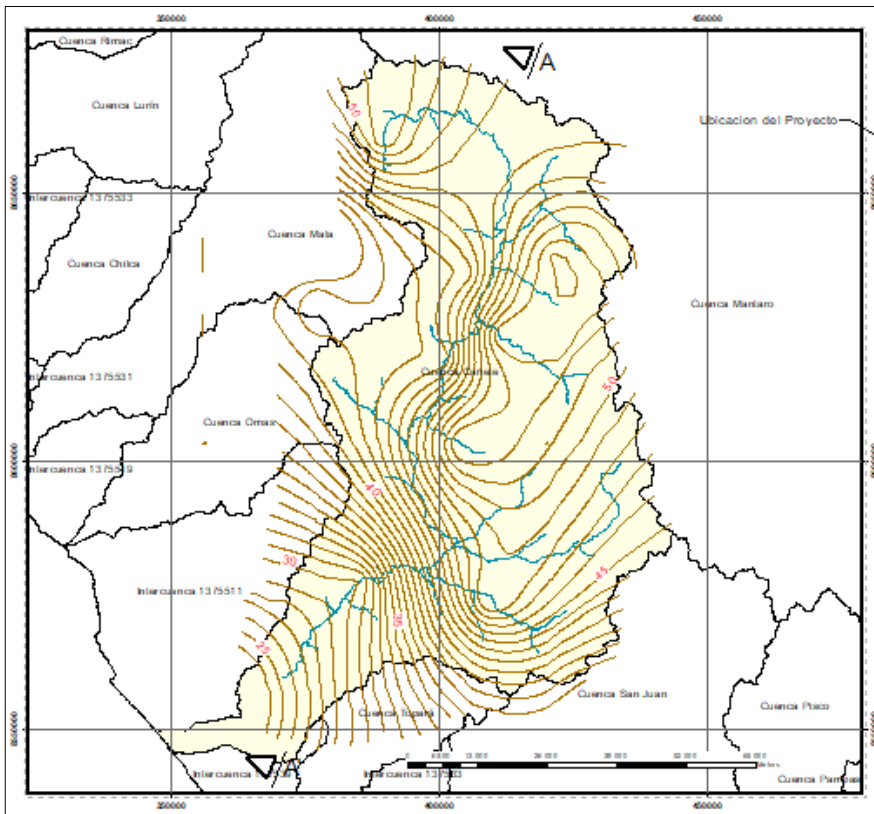


Figura 60: Isoyeta para TR 100 años
 Fuente: Elaboración Propia

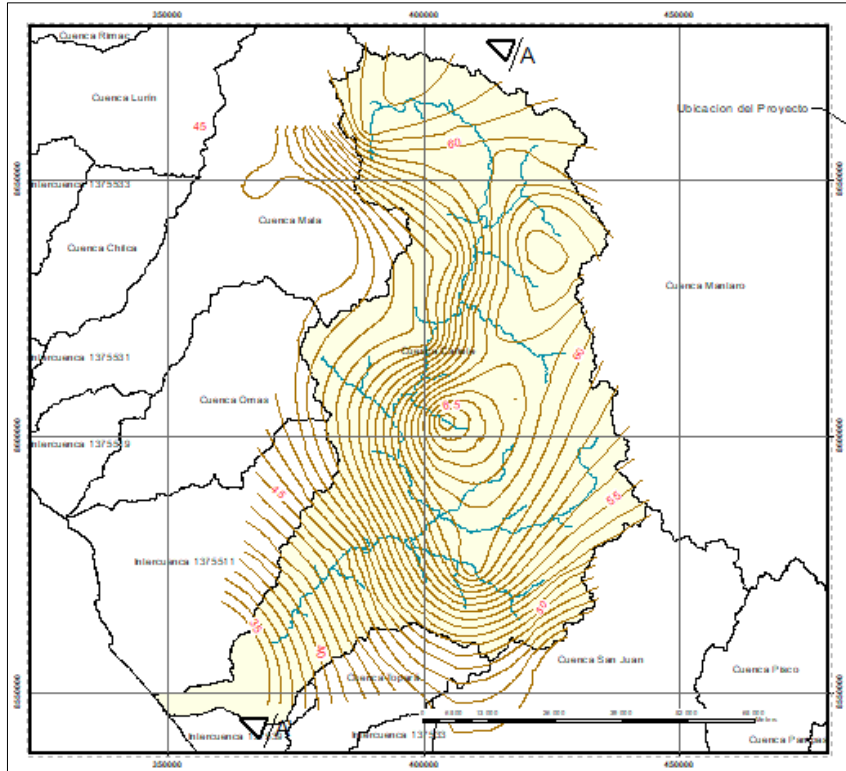


Figura 61: Isoyeta para TR 500 años
Fuente: Elaboración Propia

4.2.3 Generación de línea de gradiente de precipitación

Desde los mapas de isoyetas, se realiza el corte A – A' (ver las Figuras 58, 59, 60 y 61), se generan las líneas de gradiente de precipitación, en dirección desde aguas arriba a aguas abajo (dirección Suroeste), para diferente periodo de retorno, ver Figura 62.

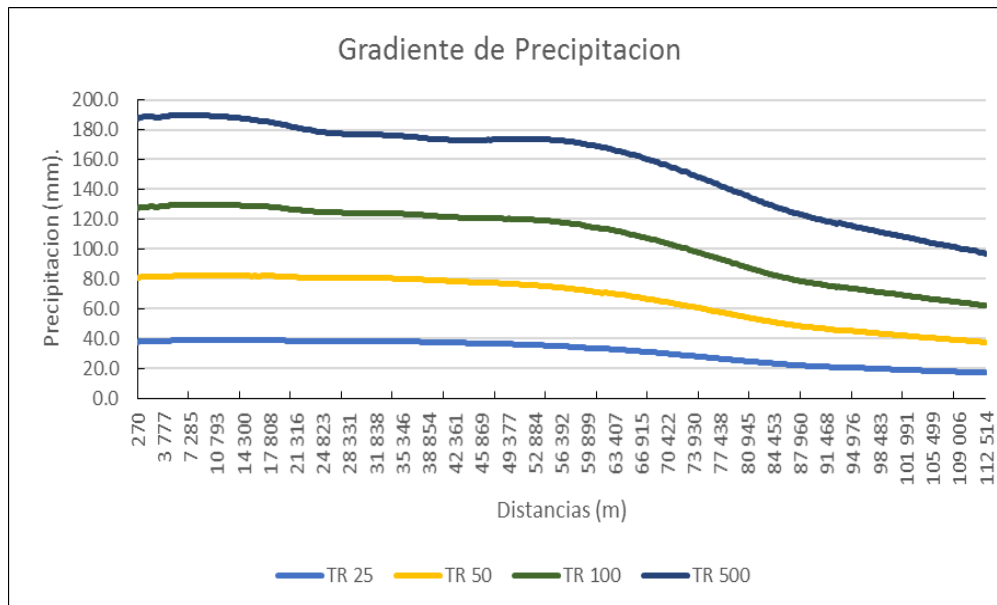


Figura 62: Línea de gradiente de precipitación
Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de la interpolación espacial de la precipitación revelan lo siguiente:

- A partir del análisis exploratorio se cuantifico la calidad de los datos, fue necesario realizar el ajuste de la data de precipitación a una distribución normal teórica (ver Figura 40), se visualiza las precipitaciones ploteadas muy cercano a la línea recta, esto se logró al realizar proceso de transformación, que fue a Box Cox con parámetros λ igual a 1, 1, 1 y 0.7 para TR 25, 50, 100 y 500 años, respectivamente. Paralelamente al proceso de transformación se ajustó los parámetros de la media y mediana, logrando que la razón entre ellas debe ser cercano a 1, asimismo el coeficiente de Kurtosis cercano a 3, por lo tanto, la distribución de los datos se puede aceptar como normal.
- A partir del semivariograma se analizó la continuidad o dependencia espacial de la precipitación y su posterior ajuste a un modelo teórico, lo cual permitió cuantificar el grado y la escala de la variación espacial. Se obtuvieron valores de semivarianza máximas de 1022.9, 1080.2, 1105.0 y 1576.4 para TR 25, 50, 100 y 500 años respectivamente, cada uno tienen mediciones de rangos, que es la distancia en que la semivarianza dejan de aumentar. El rango, por tanto, indica la distancia a partir de la cual las muestras son espacialmente independientes unas de otras, y representa el tamaño de grano o mancha que representa la variable (Paramá, 2006). Para nuestro caso de estudio se obtuvo rangos de 88 802.1 m. para los TR 25, 50 y 100 años, coincidentes en sus rangos para una semivarianza máxima, sin embargo, para TR 500 años se tiene un rango de 68 833.7 m., a una menor distancia alcanza el valor máximo de semivarianza, esto se debe al tipo de transformación aplicada es diferente para esta muestra. La variación del valor de nuestra variable con el espacio es diferente con respecto a la dirección de éste, esto ocurre porque la variable tiene un comportamiento anisotrópico.
- Analizando las Figuras 50, 51, 52 y 53, la forma del semivariograma empírico se asemeja a los modelos teórico Esférico o/y Exponencial; por otro lado, las Figuras 54, 55, 56 y 57 la tendencia del semivariograma direccional tiene un comportamiento isotrópico por tener una tendencia hacia una misma dirección.
- Del análisis de los parámetros estadísticos del modelo Kriging Ordinario, para que las predicciones sean insesgadas, es decir, que su sesgo sea nulo por ser su esperanza igual al parámetro que se desea estimar, la *Mean* (media) tendría que estar próximo a cero, este

parámetro está muy influida por la escala de los datos es mejor utilizar la *Mean Standardized* (media estandarizada) que también deberá estar cerca de cero, así mismo para que los valores predichos estén lo más cerca posible de los valores observados, la *Root-Mean-Square Standardized* (error cuadrático medio) deberá estar cercano a 1 (uno), y con respecto a la variabilidad de las predicciones, se debe verificar que *Average Standard Error* (error típico medio) estadísticamente debe ser igual a *Root-Mean-Square* (error cuadrático medio), si el error típico medio es más grande que el error cuadrático medio, se está sobreestimando la variabilidad, y si es más pequeño, se está subestimando la variabilidad de las predicciones.

- Analizando la línea de gradiente de precipitación, Figura 62, las mayores concentraciones de precipitaciones se producen en la parte alta y va descendiendo en dirección a la parte baja, así mismo se observa que las líneas de gradiente para TR 25 y TR 50 ambos desciende regularmente, sin embargo los TR 100 y TR 500 se muestra más irregular en su trayecto hay bajadas y subidas de precipitación, las Figuras 58, 59, 60 y 61 muestran la espacialización de la precipitación para cada TR; así mismo se puede observar que la diferencia entre el valor máximo y mínimo de las precipitaciones para el TR 25 años es de aproximadamente 20 mm., para TR 50 años es 40 mm, para TR 100 años es 65 mm y para TR 500 años es aproximadamente 95 mm., claramente se observa que en parte baja de la cuenca por ser zona árida presenta menores precipitaciones. Según, (Rau et al., 2016), la cuenca del río Cañete se ubica en la Región 4, es la región más larga situada entre la llanura costera y las estribaciones de los Andes occidentales, considerado como mas seca del país, con variabilidad interanual muy comunes en las regiones costeras, pero cuenta con un periodo húmedo de enero a marzo.

Existen estudios que analizan la distribución espacial y temporal de la irregularidad de las precipitaciones (Sarricolea et al., 2013): mediante el índice de concentración (CI) aplicada a precipitaciones diarias, el propósito fue generar una regionalización climática basada en un índice diario que mide la irregularidad de las precipitaciones, esta aplicación estaría dentro de la hidrología determinística, sin embargo, no están ampliamente disponible datos de lluvia de alta resolución espacial, especialmente en las regiones en desarrollo, una práctica común para obtener estos datos es a través de la interpolación, basada en datos de lluvia disponibles en resoluciones más gruesas o puntos cercanos (Sivakumar et al., 2013), por ello es

importante el uso métodos geoestadísticos, para el desarrollo de muchos de los esquemas de interpolación de la precipitación a través del espacio.

4.3 Estimación de escorrentía directa

4.3.1 Generación de hidrograma observado

Para la generación de hidrogramas de los caudales máximos observado desde el punto de interés, estación hidrométrica Socsi, se ha tomado como referencia el hidrograma Adimensional del SCS y las características físicas de la cuenca en estudio.

a. Parametros físicos de la cuenca

Los parámetros físicos se obtuvieron a partir de la Estacion hidrométrica socsi hacia aguas arriba, de la cuenca delimitada con herramientas SIG, y los parámetros se obtuvieron a partir del hidrograma adimensional SCS, los valores se muestran en el Cuadro 33.

Cuadro 33: Parametros físicos de la cuenca del rio Cañete

Parametros	Abrev	Unidad	Valor
Area	A	km ²	5, 790.9
Longitud de Cauce	L	M	211,846.6
Cotas aguas arriba		msnm	5826.0
Cotas aguas abajo		msnm	298.0
Tiempo de Concentracion	T _c	h	16.7
Duracion en exceso	d _e	h	8.2
Tiempo de retraso	T _r	h	10.0
Tiempo pico	T _p	h	14.1
Tiempo base	T _b	h	37.7
Gasto pico	q _p	m ³ /s/mm	85.4
Facto de conversion Tr 25 años		mm	7.6
Factor de conversión Tr 50 años		mm	8.7
Factor de conversión Tr 100 años		mm	9.9
Factor de conversión Tr 500 años		mm	12.6

Fuente: Elaboración Propia

b. hidrograma unitario SCS

A partir de los valores del hidrograma Adimensional SCS, (ver Cuadro 2), se construye el hidrograma unitario SCS de la cuenca del río Cañete, para el tiempo se obtiene multiplicando

el Tiempo pico T_p (hora) por el valor adimensional t/t_p y para el caudal unitario se multiplica el Gasto pico ($m^3/s/mm$) por el valor adimensional Q/Q_p . los resultados se muestran en el Cuadro 34 y la Figura 63 muestra el hidrograma unitario SCS de la cuenca del río Cañete.

Cuadro 34: Valores del hidrograma unitario SCS de la cuenca del río Cañete

t	q	t	q	t	q	t	q	t	q
hr	$m^3/s/mm$	hr	$m^3/s/mm$	hr	$m^3/s/mm$	hr	$m^3/s/mm$	hr	$m^3/s/mm$
2.8	8.5	16.9	79.4	31.0	17.7	45.1	3.4	59.2	0.9
5.6	26.5	19.7	66.6	33.8	12.6	47.9	2.5	62.1	0.6
8.4	56.4	22.6	47.8	36.7	9.1	50.8	1.8	64.9	0.3
11.3	79.4	25.4	33.3	39.5	6.6	53.6	1.3	67.7	0.1
14.1	85.4	28.2	23.9	42.3	4.7	56.4	0.9	70.5	0.0

Fuente: Elaboración Propia

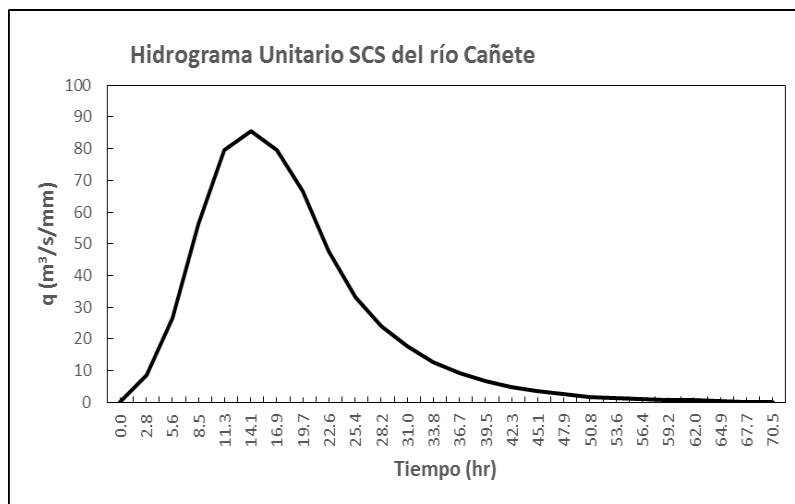


Figura 63: Hidrograma adimensional SCS de la cuenca del río Cañete

Fuente: Elaboración Propia

c. Hidrograma observado para diferente periodo de retorno

A partir de los valores del hidrograma unitario SCS de la cuenca del río Cañete (Cuadro 34), se construye el hidrograma de caudales observados para el periodo de retorno de 25 años, se obtiene multiplicando el valor de q ($m^3/s/mm$) por el valor del Factor de conversión Tr 25 años, los resultados se muestra en el Cuadro 35 y la Figura 64 muestra el hidrograma para TR 25 años de la cuenca del río Cañete.

Cuadro 35: Valores del hidrograma para TR 25 años

T	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T	Q
hr	m ³ /s	hr	m ³ /s	hr	m ³ /s	hr	m ³ /s	hr	m ³ /s
2.8	64.9	16.9	604.2	31.0	134.5	45.1	25.9	59.2	6.5
5.6	201.4	19.7	506.7	33.8	95.5	47.9	18.8	62.1	4.6
8.4	428.8	22.6	363.8	36.7	69.5	50.8	13.6	64.9	1.9
11.3	604.2	25.4	253.4	39.5	50.0	53.6	9.7	67.7	0.9
14.1	649.7	28.2	181.9	42.3	35.7	56.4	7.2	70.5	0.0

Fuente: Elaboración Propia

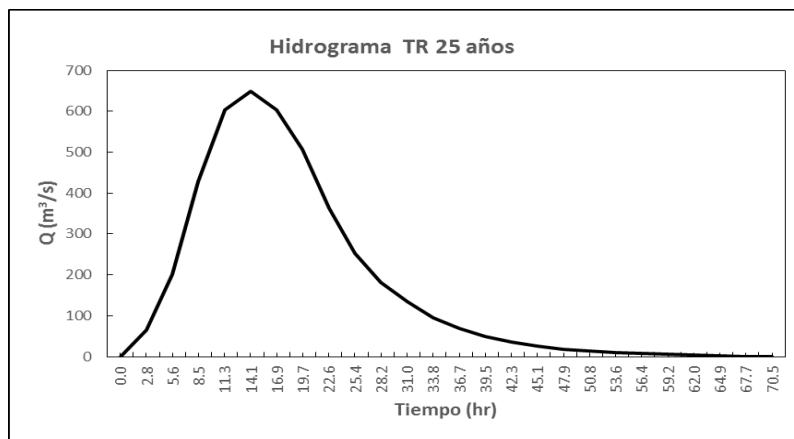


Figura 64: Hidrograma TR 25 de la cuenca del río Cañete

Fuente: Elaboración Propia

A partir de los valores del hidrograma unitario SCS de la cuenca del río Cañete (Cuadro 34), se construye el hidrograma de caudales observados para el periodo de retorno de 50 años, se obtiene multiplicando el valor de q (m³/s/mm) por el valor del Factor de conversión Tr 50 años, los resultados se muestra en el Cuadro 36 y la Figura 65 muestra el hidrograma para TR 50 años de la cuenca del río Cañete.

Cuadro 36: Valores del hidrograma para TR 50 años

T	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T	Q
hr	m ³ /s	hr	m ³ /s	hr	m ³ /s	hr	m ³ /s	hr	m ³ /s
2.8	74.4	16.9	692.1	31.0	154.1	45.1	29.8	59.2	7.4
5.6	230.7	19.7	580.5	33.8	109.4	47.9	21.6	62.1	5.2
8.4	491.2	22.6	416.8	36.7	79.6	50.8	15.6	64.9	2.2
11.3	692.1	25.4	290.3	39.5	57.3	53.6	11.2	67.7	1.1
14.1	744.2	28.2	208.4	42.3	40.9	56.4	8.2	70.5	0.0

Fuente: Elaboración Propia

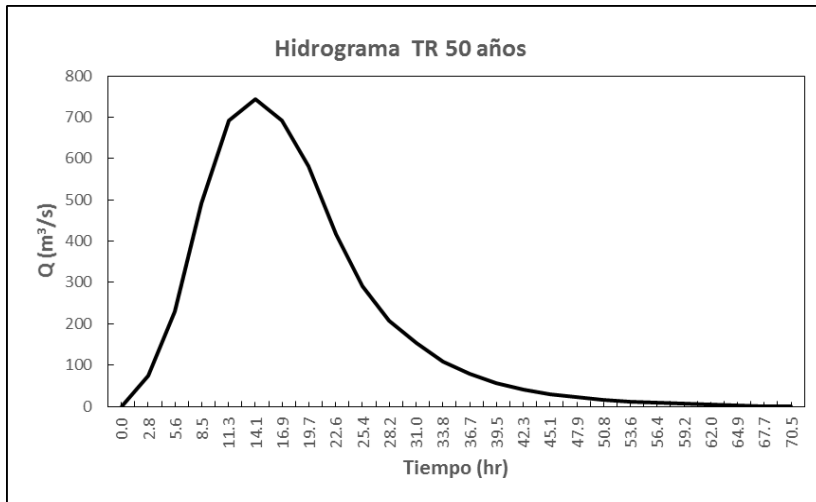


Figura 65: Hidrograma TR 50 de la cuenca del río Cañete
Fuente: Elaboración Propia

A partir de los valores del hidrograma unitario SCS de la cuenca del río Cañete (Cuadro 34), se construye el hidrograma de caudales observados para el periodo de retorno de 100 años, se obtiene multiplicando el valor de q ($m^3/s/mm$) por el valor del Factor de conversión Tr 100 años, los resultados se muestra en el Cuadro 37 y la Figura 66 muestra el hidrograma para TR 100 años de la cuenca del río Cañete.

Cuadro 37: Valores del hidrograma para TR 100 años

T	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T	Q
hr	m ³ /s	hr	m ³ /s	hr	m ³ /s	hr	m ³ /s	hr	m ³ /s
2.8	84.1	16.9	782.1	31.0	174.1	45.1	33.6	59.2	8.4
5.6	260.7	19.7	655.9	33.8	123.6	47.9	24.4	62.1	5.9
8.4	555.1	22.6	470.9	36.7	89.9	50.8	17.7	64.9	2.5
11.3	782.1	25.4	327.9	39.5	64.8	53.6	12.6	67.7	1.3
14.1	840.9	28.2	235.5	42.3	46.3	56.4	9.3	70.5	0.0

Fuente: Elaboración Propia

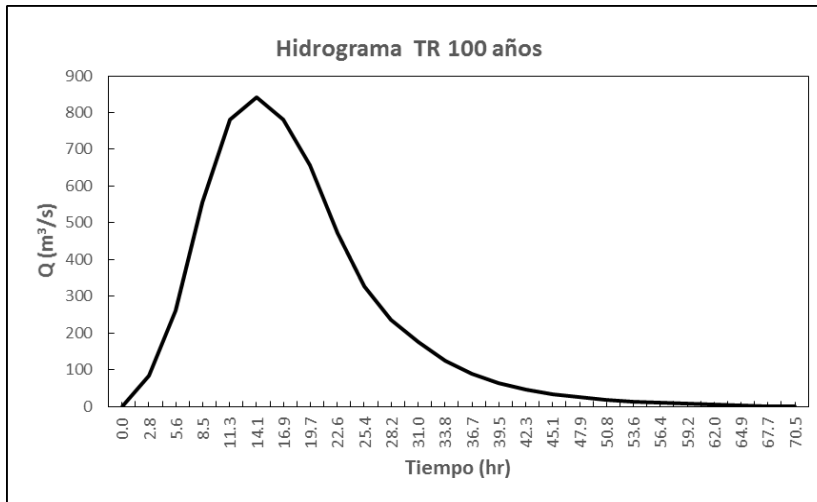


Figura 66: Hidrograma TR 100 de la cuenca del río Cañete
Fuente: Elaboración Propia

A partir de los valores del hidrograma unitario SCS de la cuenca del río Cañete (Cuadro 34), se construye el hidrograma de cuadales observados para el periodo de retorno de 500 años, se obtiene multiplicando el valor de q ($m^3/s/mm$) por el valor del Factor de conversión Tr 500 años, los resultados se muestra en el Cuadro 38 y la Figura 67 muestra el hidrograma para TR 500 años de la cuenca del río Cañete.

Cuadro 38: Valores del hidrograma para TR 500 años

T	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T	Q
hr	m ³ /s	hr	m ³ /s	hr	m ³ /s	hr	m ³ /s	hr	m ³ /s
2.8	107.7	16.9	1001.6	31.0	222.9	45.1	43.1	59.2	10.8
5.6	333.9	19.7	840.1	33.8	158.3	47.9	31.2	62.1	7.5
8.4	710.8	22.6	603.1	36.7	115.2	50.8	22.6	64.9	3.2
11.3	1001.6	25.4	420.0	39.5	82.9	53.6	16.2	67.7	1.6
14.1	1077.0	28.2	301.6	42.3	59.2	56.4	11.9	70.5	0.0

Fuente: Elaboración Propia

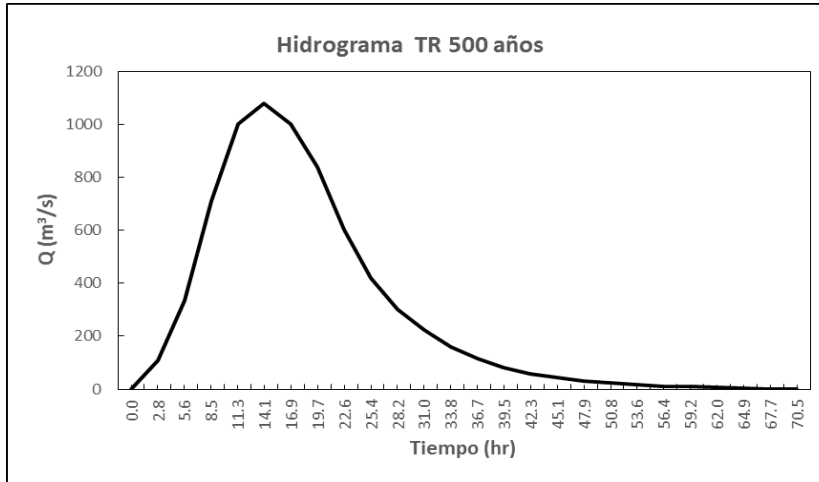


Figura 67: Hidrograma TR 500 de la cuenca del río Cañete
Fuente: Elaboración Propia

Los resultados del hidrograma observado revelan lo siguiente:

- La generación de los hidrograma observado, se realizo en base al hidrograma adimensional SCS, para ello fue necesario conocer los parámetros físicos de la cuenca, calculándose un tiempo pico de 14.1 horas para caudales pico de 649.7 m³/s, 744.2 m³/s, 840.9 m³/s y 1077 m³/s para periodos de retorno de 25 años, 50 años, 100 años y 500 años respectivamente, este hidrograma de caudales máximos diarios observados es necesario, para ser utilizado en la calibración del modelo hidrológico.

4.3.2 Modelacion Hidrologica

Para la Modelacion hidrológica para descargas máximas, se debe conocer las precipitaciones de cada Subcuenca, que se obtiene a partir de los mapas de Isoyetas generadas con el método Kriging, ver Cuadro 39. En los Anexos 7, 8, 9 y 10 se muestra la distribución horaria de la precipitación, tomando como referencia el desarrollo de hietograma sintético del Servicio de Conservación de Suelo del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

Cuadro 39: Precipitación por cada Subcuenca (Estaciones Ficticias)

Estaciones Ficticias	PP (mm)			
	TR 25 años	TR 50 años	TR 100 años	TR 500 años
W650	41.16	45.84	50.36	61.24
W740	42.06	46.4	51.24	60.59
W770	39.33	43.68	47.21	57.11

W780	43.26	47.82	52.11	61.55
W870	34.36	38.61	43.11	53.82
W890	39.86	44.41	47.65	57.58
W940	38.7	43.84	50.13	62.69
W970	32.68	37.66	44.27	57.64
W1000	26.66	31.4	36.28	51.13
W1100	20.48	24.59	28.96	41.89
W1110	35.42	39.75	45.26	54.65
W4360	38.690	43.570	49.080	61.150
W4370	38.970	43.630	50.760	61.630
W4410	38.880	43.400	47.730	59.770

Fuente: Elaboración Propia

Para la generación de descargas máximas, se requiere informaciones que se muestran en los Cuadros correspondiente al ítem 3.3.4 y precipitaciones generadas que se muestran en el Cuadro 39, la simulación se realiza según métodos planteados (ver Cuadro 12), como resultados obtienen descargas para cada subcuencas y punto de control (estación hidrométrica Socsi), los resúmenes de los resultados se muestran en los Cuadros 40, 41, 42, 43, 44 y 45.

a. Método MET01

El Cuadro 40 muestra los resultados de los caudales simulados de cada una de las subunidades (14 subcuencas) y el punto de control (estación hidrométrica Socsi), para los TR 25, 50, 100 y 500 años, utilizando el Método MET01 (Abstracción: SCS, Transformación: hidrograma unitario del SCS y Transito de cauce: Onda Cinemática).

Cuadro 40: Descargas máximas por subcuencas y estación de interés Socsi

Subcuencas	Descarga máxima (m ³ /s)			
	TR=25	TR =50	TR=100	TR=500
W650	68.30	91.30	117.60	192.40
W740	44.60	56.70	72.60	114.30
W770	50.30	64.60	77.00	122.20
W780	60.30	76.70	95.70	147.00

W870	32.10	43.60	56.80	95.60
W890	63.10	80.50	94.40	146.70
W940	28.80	39.70	54.10	93.10
W970	1.50	2.20	3.30	6.30
W1000	7.80	16.10	26.10	62.60
W1100	8.00	16.30	26.40	65.00
W1110	33.70	45.60	62.10	12.90
W4360	31.80	42.40	58.80	105.10
W4370	36.80	48.90	74.30	123.30
W4410	44.30	57.70	74.00	134.40
Est. Socsi	497.90	657.50	860.80	1319.60

Fuente: Elaboración Propia

b. Método MET02

El Cuadro 41 muestra los resultados de los caudales simulados de cada una de las subunidades (14 subcuencas) y el punto de control (estación hidrométrica Socsi), para los TR 25, 50, 100 y 500 años, utilizando el Método MET02 (Abstracción: SCS, Transformación: hidrograma unitario del SCS y Transito de cauce: Muskingum).

Cuadro 41: Descargas máximas por subcuencas y estación de interés Socsi

Subcuencas	Descarga máxima (m ³ /s)			
	TR=25	TR =50	TR=100	TR=500
W650	68.30	91.30	117.60	192.40
W740	44.60	56.70	72.60	114.30
W770	50.30	64.60	77.00	122.20
W780	60.30	76.70	95.70	147.00
W870	32.10	43.60	56.80	95.60
W890	63.10	80.50	94.40	146.70
W940	28.80	39.70	54.10	93.10
W970	1.50	2.20	3.30	6.30
W1000	7.80	16.10	26.10	62.60
W1100	8.00	16.30	26.40	65.00
W1110	33.70	45.60	62.10	12.90

W4360	31.80	42.40	58.80	105.10
W4370	36.80	48.90	74.30	123.30
W4410	44.30	57.70	74.00	134.40
Est. Socsi	477.60	635.60	819.70	1228.70

Fuente: Elaboración Propia

c. Método MET03

El Cuadro 42 muestra los resultados de los caudales simulados de cada una de las subunidades (14 subcuencas) y el punto de control (estación hidrométrica Socsi), para los TR 25, 50, 100 y 500 años, utilizando el Método MET03 (Abstracción: SCS, Transformación: hidrograma unitario del Snyder y Transito de cauce: Onda Cinemática).

Cuadro 42: Descargas máximas por subcuencas y estación de interés Socsi

Subcuencas	Descarga máxima (m ³ /s)			
	TR=25	TR =50	TR=100	TR=500
W650	50.00	63.30	77.10	112.80
W740	31.40	40.00	50.40	72.20
W770	33.10	44.70	55.00	87.30
W780	41.00	51.70	62.60	88.40
W870	18.60	27.10	37.20	65.30
W890	35.30	47.10	56.20	87.00
W940	20.10	29.60	42.70	73.20
W970	1.30	2.00	3.10	5.70
W1000	3.60	9.00	16.20	46.40
W1100	3.70	9.10	16.70	47.40
W1110	19.40	28.00	40.50	6.00
W4360	24.40	32.30	42.00	65.40
W4370	29.40	38.00	52.50	76.70
W4410	30.60	39.90	49.50	79.30
Est. Socsi	328.10	446.70	585.10	893.10

Fuente: Elaboración Propia

d. Método MET04

El Cuadro 43 muestra los resultados de los caudales simulados de cada una de las subunidades (14 subcuencas) y el punto de control (estación hidrométrica Socsi), para los TR 25, 50, 100 y 500 años, utilizando el Método MET04 (Abstracción: SCS, Transformación: hidrograma unitario del Snyder y Transito de cauce: Muskingum).

Cuadro 43: Descargas máximas por subcuencas y estación de interés Socsi

Subcuencas	Descarga máxima (m ³ /s)			
	TR=25	TR =50	TR=100	TR=500
W650	50.00	63.30	77.10	112.80
W740	31.40	40.00	50.40	72.20
W770	33.10	44.70	55.00	87.30
W780	41.00	51.70	62.60	88.40
W870	18.60	27.10	37.20	65.30
W890	35.30	47.10	56.20	87.00
W940	20.10	29.60	42.70	73.20
W970	1.30	2.00	3.10	5.70
W1000	3.60	9.00	16.20	46.40
W1100	3.70	9.10	16.70	47.40
W1110	19.40	28.00	40.50	6.00
W4360	24.40	32.30	42.00	65.40
W4370	29.40	38.00	52.50	76.70
W4410	30.60	39.90	49.50	79.30
Est. Socsi	314.30	424.00	551.00	833.50

Fuente: Elaboración Propia

e. Método MET05

El Cuadro 44 muestra los resultados de los caudales simulados de cada una de las subunidades (14 subcuencas) y el punto de control (estación hidrométrica Socsi), para los TR 25, 50, 100 y 500 años, utilizando el Método MET05 (Abstracción: SCS, Transformación: hidrograma unitario del Clark y Transito de cauce: Onda Cinematica).

Cuadro 44: Descargas máximas por subcuencas y estación de interés Socsi

Subcuencas	Descarga máxima (m ³ /s)			
	TR=25	TR =50	TR=100	TR=500
W650	77.50	106.70	140.70	231.40
W740	45.20	60.70	83.20	137.30
W770	51.10	65.20	78.70	139.50
W780	64.70	89.30	114.90	183.70
W870	33.20	44.50	57.40	106.40
W890	64.10	83.60	103.40	177.70
W940	29.80	40.50	55.00	106.90
W970	1.50	2.30	3.40	6.60
W1000	8.90	17.30	27.20	63.70
W1100	8.50	16.80	26.90	66.90
W1110	35.10	46.60	63.10	14.50
W4360	32.10	47.40	69.00	127.30
W4370	38.50	56.00	89.80	151.20
W4410	44.70	63.40	84.40	157.20
Est. Socsi	508.40	670.50	870.80	1363.40

Fuente: Elaboración Propia

f. Método MET06

El Cuadro 45 muestra los resultados de los caudales simulados de cada una de las subunidades (14 subcuencas) y el punto de control (estación hidrométrica Socsi), para los TR 25, 50, 100 y 500 años, utilizando el Método MET06 (Abstracción: SCS, Transformación: hidrograma unitario del Clark y Transito de cauce: Muskingum).

Cuadro 45: Descargas máximas por subcuencas y estación de interés Socsi

Subcuencas	Descarga máxima (m ³ /s)			
	TR=25	TR =50	TR=100	TR=500
W650	77.50	106.70	140.70	231.40
W740	45.20	60.70	83.20	137.30
W770	51.10	65.20	78.70	139.50
W780	64.70	89.30	114.90	183.70

W870	33.20	44.50	57.40	106.40
W890	64.10	83.60	103.40	177.70
W940	29.80	40.50	55.00	106.90
W970	1.50	2.30	3.40	6.60
W1000	8.90	17.30	27.20	63.70
W1100	8.50	16.80	26.90	66.90
W1110	35.10	46.60	63.10	14.50
W4360	32.10	47.40	69.00	127.30
W4370	38.50	56.00	89.80	151.20
W4410	44.70	63.40	84.40	157.20
Est. Socsi	488.50	649.40	836.40	1250.80

Fuente: Elaboración Propia

g. Caudales Simulados vs los Observados

Se muestran los caudales picos simulados y los caudales picos observados para diferentes periodos de retorno, ver Cuadro 46.

Cuadro 46: Descargas máximas simulados y observados - Estación Socsi

TR	Q _{obs}	MET01	MET02	MET03	MET04	MET05	MET06
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
25	649.7	497.9	477.6	328.1	314.3	508.4	488.5
50	744.2	657.5	635.6	446.7	424.0	670.5	649.4
100	840.9	860.8	819.7	585.1	551.0	870.8	836.4
500	1077.0	1319.6	1228.7	893.1	833.5	1363.4	1250.8

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de la modelación hidrológica nos revelan lo siguiente:

- Desde los mapas de isoyetas generadas para los diferentes periodos de retornos, se obtienen las precipitaciones de cada una de las unidades de drenaje del modelo hidrológico, se procedió a realizar la generación de los hietogramas de diseño, es decir la distribución temporal de las precipitaciones máximas. Para ello se utilizó la metodología de hietograma sintético desarrollado por Servicio de Conservación de Suelos del departamento de agricultura de los estados Unidos, para tormentas de

duración de 24 horas de tipo IA, en el Cuadro 39 se muestra la precipitación acumulada para cada unidad de drenaje y los Anexos 7, 8, 9 y 10 la distribución horaria de la precipitación con intervalo de tiempo cada 30 minutos.

- En el desarrollo de este estudio se optó por los hidrogramas unitarios sintéticos del SCS, de Snyder y de Clark, seleccionados principalmente porque los tres poseen las características de ser modelos de eventos, agrupados, de origen empírico y además poseer parámetros ajustables.
- En el modelo hidrológico se desprecia el flujo base, esto debido a la magnitud del evento.
- Desde la estación hidrométrica Socsi, se estimaron caudales máximos por diferentes métodos y periodo de retorno, se observa que para los TR 25 y 50 años, los 6 métodos subestiman los caudales picos, para el TR 100 los métodos MET01 y MET05 sobrestima y el resto subestima los caudales picos y para TR 500, los métodos MET03 y MET04 subestima y el resto sobreestima los caudales picos, además se puede observar que los MET03 y MET04 que utiliza para el proceso de transformación el hidrograma de Snyder, sus resultados son muy subestimado en comparación con los otros métodos en todos los periodos de retorno.
- Así mismo, en los Cuadros 40, 41, 42, 43, 44 y 45 se muestran los resultados de caudales máximos para cada unidad de drenaje y por cada método planteado, también se analiza que las unidades W970 y W650 tiene los caudales pico de valor mínimo y máximo respectivamente, afectado principalmente por el área de la unidad de drenaje y las precipitaciones que se cuantifica en ella.

4.3.3 Calibración del Modelo

Con el programa de modelación hidrológica HEC HMS, la opción *Optimization Trial Manager* se identificaron los parámetros sensibles para cada Método, como se muestra en el Cuadro 47.

Los valores iniciales y finales de cada parámetro y cada subcuenca se muestran en los Anexo 11 hasta el Anexo 34.

Cuadro 47: Parámetros sensibles para cada método

Métodos	Parámetros		
	Abstracción	Transformación	Tránsito de cauce
MET01	CN Ia	LagTime	Coef. Manning
MET02	CN Ia	LagTime	Muskingum - K Muskingum - X
MET03	CN Ia	Peaking Coefficient Standard lag	Coef. Manning
MET04	CN Ia	Peaking Coefficient Standard lag	Muskingum - K Muskingum - X
MET05	CN Ia	Storage Coefficient Time of Concentration	Coef. Manning
MET06	CN Ia	Storage Coefficient Time of Concentration	Muskingum - K Muskingum - X

Fuente: Elaboración Propia

a. Coeficiente de eficiencia y Errores porcentuales

En los Cuadros 48, 49, 50 y 51 se muestran los coeficientes de Nash-Sutcliffe y PBIAS, los errores porcentuales en el Caudal pico, en el Tiempo pico y en Volumen para cada método planteado.

Cuadro 48: Coeficiente de Eficiencia y Errores porcentuales - TR 25 años

METODOS	Coeficientes de Eficiencias		Errores Porcentuales		
	NSE	PBIAS	Ep	Ept	Ev
MET01	0.72	5.28	0.20	10.70	14.00
MET02	0.78	4.65	8.40	3.60	15.20
MET03	0.68	5.67	29.8	3.60	20.30
MET04	0.77	4.75	22.50	10.70	19.50
MET05	0.80	4.46	6.70	0.00	9.00

MET06	0.77	4.74	7.80	7.10	16.10
-------	------	------	------	------	-------

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 49: Coeficiente de Eficiencia y Errores porcentuales - TR 50 años

METODOS	Coeficientes de Eficiencias		Errores Porcentuales		
	NSE	PBIAS	Ep	Ept	Ev
MET01	0.81	4.31	19.20	3.60	1.10
MET02	0.88	3.45	12.00	3.60	4.60
MET03	0.56	6.62	41.80	7.10	5.70
MET04	0.77	4.78	16.40	17.90	20.80
MET05	0.84	3.97	19.50	0.00	9.20
MET06	0.85	3.85	6.20	7.10	3.40

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 50: Coeficiente de Eficiencia y Errores porcentuales - TR 100 años

METODOS	Coeficientes de Eficiencias		Errores Porcentuales		
	NSE	PBIAS	Ep	Ept	Ev
MET01	0.74	5.05	6.80	10.70	20.20
MET02	0.58	6.48	8.30	78.60	31.00
MET03	0.40	7.70	45.60	0.00	24.70
MET04	0.57	6.52	42.10	25.00	8.40
MET05	0.84	4.04	2.10	3.60	9.60
MET06	0.75	4.93	10.60	17.90	9.70

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 51: Coeficiente de Eficiencia y Errores porcentuales - TR 500 años

METODOS	Coeficientes de Eficiencias		Errores Porcentuales		
	NSE	PBIAS	Ep	Ept	Ev
MET01	0.76	4.87	0.60	14.30	8.90
MET02	0.68	5.59	2.00	14.30	20.20
MET03	0.37	7.87	46.90	3.60	3.8
MET04	0.41	7.63	1.40	3.60	51.20

MET05	0.82	4.24	5.30	14.30	4.30
MET06	0.85	3.86	2.40	7.10	9.80

Fuente: Elaboración Propia

b. Resultados obtenidos después de la calibración

Identificado los parámetros en el análisis de sensibilidad se procedió a realizar la calibración del modelo para los seis metodos, el Cuadro 52 muestra los resultados de los caudales picos observado y los caudales picos simulados calibrados, para cada periodo de retorno y métodos, tomando como punto de control la estación hidrométrica Socci, lugar en el cuál se tiene registrado caudales aforados.

Cuadro 52: Caudales picos observados y simulados

TR	Q _{obs} m ³ /s	MET01 m ³ /s	MET02 m ³ /s	MET03 m ³ /s	MET04 m ³ /s	MET05 m ³ /s	MET06 m ³ /s
25	649.7	645.8	592.5	454.0	501.3	603.5	697.6
50	744.2	598.8	651.7	431.6	619.6	886.1	695.6
100	840.9	780.5	768.1	456.2	837.7	855.4	749.0
500	1077.0	1066.2	1051.3	570.0	1057.5	1072.8	1046.9

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 68 se observa los caudales picos agrupado en TR 25, 50, 100 y 500 años, los métodos en donde se utiliza para la transformación el hidrograma SCS y el Hidrograma de Clark, nos muestran mejores resultados esto debido a que se tienen mejores valores de coeficiente de eficiencia y menor error porcentual.

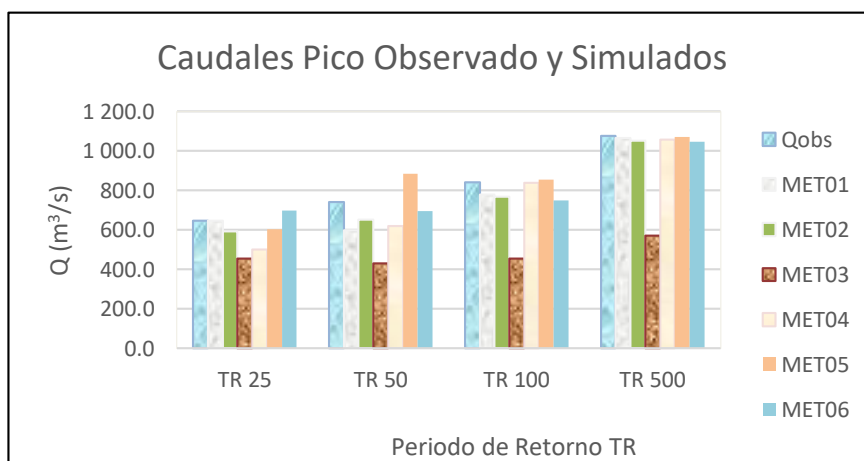


Figura 68: Comparación de caudales picos observados y simulado para cada método

Los resultados de la calibración del modelo hidrológico nos revelan lo siguiente:

- Las funciones objetivo que utiliza el modelo hidrológico HMS para la calibración son las siguientes:
 - Ajuste ponderado por mínimos cuadrados
 - Sumatoria del cuadrado de los residuos (no ponderada)
 - Suma de los valores absolutos de los residuos
 - Porcentaje de error respecto al caudal pico
 - Nash Sutcliffe.

Como función objetivo se seleccionó Nash Sutcliffe, esta decisión se tomó luego de evaluar cinco de esas funciones y obtener los mejores resultados, observando en los hirogramas y los estadísticos de eficiencias.

- Así mismo, el modelo HMS emplea dos métodos de búsqueda y aproximación a los valores óptimos: El método del gradiente univariado que cambia un parámetro por iteración y el método de Nelder & Mead que los cambia todos en una misma iteración. Para nuestra modelación se utilizó ambos métodos, obteniendo buenos resultados con el método gradiente univariado, la cual se utilizó en el modelo.
- Para evaluar la confiabilidad de los resultados en el proceso de calibración, es muy importante tener en cuenta la cantidad y calidad de los datos, estos afectan directamente en los resultados, dependiendo de las condiciones del modelo se analizó la sensibilidad de los parámetros, que consistió en observar si un cambio en el valor del parámetro afecta con gran importancia el resultado, para este caso se dice que existe sensibilidad en los parámetros, pero si el valor del parámetro no afecta el resultado se dice que no existe sensibilidad, el Cuadro 47 se muestran los parámetros sensibles para cada método planteado y en los Anexos 11 al 34 se muestran los valores iniciales y finales óptimo obtenido en la calibración del modelo.
- En los Cuadros 48, 49, 50 y 51 se muestran valores de los coeficientes de Nash-Sutcliffe, PBIAS y los Errores porcentuales obtenidos, para el TR 25 años la combinación MET05 y MET02 muestran mejores coeficientes de eficiencia (Nash 0.80 y 0.78, PBIAS 4.46 y 4.65) y los menores Errores porcentuales se obtiene en MET05 (6.7%, 0.0% y 9 % para Ep, Ept y Ev respectivamente); para TR 50 años la combinación MET02, MET06 y

MET05 muestran los mejores coeficientes de eficiencia (Nash 0.88, 0.85 y 0.84, PBIAS 3.45, 3.85 y 3.97) y los menores Errores porcentuales se obtiene en MET06 (6.2%, 7.1% y 3.4 % para Ep, Ept y Ev respectivamente);. para TR 100 años la combinación MET05 y MET06 muestran los mejores coeficientes de eficiencia (Nash 0.84 y 0.75, PBIAS 4.04 y 4.93) y los menores Errores porcentuales se obtiene en MET05 (2.1%, 3.6% y 9.6 % para Ep, Ept y Ev respectivamente) y para TR 500 años la combinación MET06, MET05 y MET01 muestran los mejores coeficientes de eficiencia (Nash 0.85, 0.82 y 0.76, PBIAS 3.86, 4.24 y 4.87) y los menores Errores porcentuales se obtiene en MET06 (2.4%, 7.1% y 9.8 % para Ep, Ept y Ev respectivamente), como se puede observar, en la combinación donde se ha modelado con el HU de Clark en la mayoría de los eventos analizados presenta el valor mayor de este coeficiente y menor error porcentual, por lo tanto, el comportamiento de este HU en la estimación de la escorrentía superficial es el más adecuado y sus resultados representan confiablemente un hidrograma de escorrentía similar al hidrograma registrado.

- De acuerdo al análisis de los coeficientes de eficiencias y los errores porcentuales los resultados de los caudales simulados y calibrados son 603.5 m³/s, 695.6 m³/s, 855.4 m³/s y 1046.9 m³/s versus los caudales observados 649.7 m³/s, 744.2 m³/s, 840.9 m³/s y 1077 m³/s para TR 25, 50, 100 y 500 años respectivamente.

V. CONCLUSIONES

- Que, mediante el tratamiento y exploración de la precipitación, se logro examinar la distribución de los datos, detección de valores extremos, exploración de la autocorrelacion espacial y la variación direccional de los datos, para posteriormente realizar las transformaciones de los datos si son requeridos, para esta investigación fue necesario realizar transformaciones.
- La geoestadística se muestra como una metodología eficiente para la generación de las Isoyetas, permitiendo la cuantificación de la variación temporal y espacial de la precipitación
- Asi mismo, es una alternativa eficiente ante la escasez de información pluviométrica, ante la dificultad en su obtención, ante la ausencia de registros continuos de longitud considerable, obteniendo como resultado la distribución espacial de la precipitacion para diferente periodo de retorno.
- En la modelación hidrológica, se puede concluir que la combinación donde se ha modelado con el hidrograma unitario sintético de Clark, arroja los mejores valores coeficiente de eficiencia y se tiene los menores errores porcentuales, por lo tanto, el comportamiento de este HU en la estimación de la escorrentía superficial es el más eficiente y sus resultados representan confiablemente un hidrograma de escorrentía similar al hidrograma registrado.
- La presente investigación ha logrado estimar la escorrentía directa máxima del río Cañete en la Estacion hidrométrica Socsi, alcanzando un máximo de $1046.9 \text{ m}^3/\text{s}$ (TR 500 años) y un mínimo de $697.6 \text{ m}^3/\text{s}$ (TR 25 años).

VI. RECOMENDACIONES

- En este estudio para la generación de las Isoyetas, solo se utilizó la variable precipitación obtenidas de las estaciones terrestre, sin embargo, puede existir otras variables que puedan influir directamente en la variación temporal y espacial de esta, como por ejemplo la topografía, temperatura, etc., sobre todo usar variables de fácil obtención, cuando se tiene más de una variable se recomienda el uso de método geoestadístico Cokriging.
- En general, los parámetros hidrológicos son medidos y registrados en forma convencional, aumentando la incertidumbre del registro de la información, se recomienda la instalación de estaciones automatizadas en la cuenca del río Cañete, así disminuir los riesgos de alteraciones de la data y poder ser usada en los modelos con data confiable.
- Las cuencas hidrográficas son sistemas abiertos de procesos y respuestas, en cuyo comportamiento participan factores físicos y humanos, son altamente dinámicas, por lo cual es importante actualizar los mapas de cobertura y uso de suelos, que sirve para el sustento de cálculo del valor de Número de Curva, siendo uno de las variables de entrada más sensibles en los modelos hidrológicos.
- En nuestro país, recientemente hemos sufrido el fenómeno climatológico “Niño Costero”, afectando mayormente en la parte centro y norte de nuestra costa, con el incremento de los caudales en los cauces de los ríos, causando numerosas pérdidas humanas y materiales. Este tipo de estudio se muestra como una herramienta alternativa de implementación para un sistema de alerta temprana ante huaycos y/o inundaciones.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANA, 2010. Estudio de Máximas Avenidas en las Cuencas de la Vertiente del Pacífico - Cuencas de la Costa Centro. Dirección de Conservación y Planeamiento

Aparicio, F. J. 2003. Fundamentos de hidrología de superficie. Mexico D.F. Mexico. Editorial Limusa, S. A. 300 p

Benhamrouche, A. & J. Martín-Vide, 2012. Avances metodológicos en el análisis de la concentración diaria de la precipitación en la España peninsular. Anales de Geografía de la Universidad Complutense, 32: 11-27.

Bosques, S. J. 1997. Sistemas de información geográfica. Madrid, España. Editorial Rialp, S.A., 2ª edición. 452 p

Breña, P. A. & Jacobo, V. M. 2006. Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial. Universidad Autónoma Metropolitana. Ciudad de México, México.

Burrough, P. A. & McDonnell, R. 1998. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment. Oxford University Press. 193 p

Buzai, G. & Baxendale, C. 2011. Análisis socioespacial con sistema de información geográfica Tomo 1. Buenos Aires Argentina. Lugar Editorial S.A. 302 p.

Buzai, G. & Baxendale, C. 2012. Análisis socioespacial con sistema de información geográfica Tomo 2. Buenos Aires Argentina. Lugar Editorial S.A. 315 p.

Cañada, T. R., Cervera, C. B., Fernandez, G. F., Gomez, G. N., Martinez, S. P., Moreno, J. A., Prieto, F. M., Rodriguez, E. J. & Vidal, D. M. 2006. Sistemas y analisis de la informacion geografica. España. RA-MA Editorial. 895 p.

Cebrian, J. A. 1999. Información Geográfica y Sistemas de Información Geográfica, Universidad de Cantabri, España. 85 p

Chow, V. T., Maidment, D. R & Mays, L. W. 2000. Hidrología Aplicada, Bogotá Colombia, Editorial Mc GRAW HILL Interamericana - Primera Edición. 584 p

Chow, V. T., Maidment, D. R & Mays, L. W. 2000. Hidraulica en Canales Abiertos. Bogotá Colombia, Editorial Mc GRAW HILL Interamericana- Primera Edición. 584 p

Chereque, M. W. 1989. Hidrologia. Lima, Peru. Editorial Lugo. 220 p

Fabián A., Gonzales P., Alirio M., Luna G. & Ospinal D. 2013. Proyecto de grado para obtener el título de Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones. Director: Martínez, D. Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ingenierías.

Felicisimo, A. M. 1994. Modelos digitales del terreno. Introducción y aplicaciones en ciencias ambientales. Pentalfa, Oviedo España. 222 p

Ferrerira G., Morresi M., Dileo A. & Marcus R. 2013. Caracterización espacial de la precipitación en una red densa de corta longitud de registro. Santa Fe, Argentina. XXIV Congreso Nacional del Agua 2013. San Juan, Argentina.

Giraldo, R. 2006. Introducción a la Geoestadística, Teoría y Aplicación, Universidad Nacional de Colombia. Colombia. 94 p

Goodchild, M. F., Steyaert, L. T., Bradley, O., Johnston, C., Maidment, D., Crane, M. & Glendinning, S. 1996. GIS and Environmental Modeling: Progress and Research Issues. GIS World Books. Fort Collins, USA. 486 p.

Goovaerts P. 2000. Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall. *Journal of Hydrology* 228: 113–129.

Mazzilli, N., Guinot, V., & Jourde, H. 2012. Sensitivity analysis of conceptual model calibration to initialisation bias. Application to karst spring discharge models. *Adv. Water Resour.* 42. 1-16.

Mejia, M. A. 2001. *Hidrologia Aplicada Volumen 1*. Lima, Peru. Centro de impresiones y Publicaciones – Facultad de Ingenieria Agricola. 108 p.

Mejia, M. A. 2001. *Hidrologia Aplicada Volumen 2*. Lima, Peru. Centro de impresiones y Publicaciones – Facultad de Ingenieria Agricola. 188 p.

Molnar, P. 2011. Calibration. *Watershed Modelling, SS 2011*. Institute of Environmental Engineering, Chair of Hydrology and Water Resources Management, ETH Zürich. Switzerland.

Monroy, J. C. 2010. Análisis del ajuste, sensibilidad e incertidumbre de los parámetros del modelo del SCS, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad De Ingeniería, Departamento De Ingeniería Civil, Bogotá Colombia

Monsalve, S. G. 1999. *Hidrología en la Ingeniería*. Bogotá, Colombia. Editorial Alfaomega segunda edición, 360 p

Muñoz, C. R. & Ritter, R. A. 2005 *Hidrologia Agroforestal*. Madrid España. Ediciones Mundi-Prensa. 348 p.

Olaya, V. V 1.0. 2011 *Sistemas de Informacion Geografica*

Ordoñez, C. & Martinez-Alegria, R. 2003. *Sistema de información Geográfica*, Madrid España, Editorial Ra-Ma. 227 p

Paramá, R. 2006. *Heterogeneidad Espacial de Nutrientes del Suelo en Ecosistemas Terrestres*. Tesis Doctoral. Universidad de Vigo.

Ponce, V. 1989. Engineering Hydrology. USA..Editorial Prentice Hall. 105 p

Us Army Corps of Engineers Institute for Water Resources Hydrologic Engineering Center. 2009. Hydrologic Modeling System HEC – DSSValue. HEC Data Storage System Visual Utility Engine. User´s Manual. Editor CEIWR-HEC

Rau P., Bourrel L., Labat D., Melo P., Dewitte B., Frappart F., Lavado W. & Felipe O. 2016. Regionalization of rainfall over the Peruvian Pacific slope and coast. International Journal Of Climatology. Published online in Wiley Online Library

Sanchez, J. F. 2011. Hidrología Superficial. Universidad de Salamanca Departamento de Geología. España.

Sarricolea P., Herrera M. & Araya C. 2013. Análisis de la concentración diaria de las precipitaciones en Chile central y su relación con la componente zonal (subtropicalidad) y meridiana (orográfica). Investig. Geogr. Chile, 45: 37-50.

Sivakumar B., Woldemeskel F. & Singh V. 2013. Spatial Rainfall Correlations and Their Implications for Raingage Network and Rainfall Interpolation. Proceedings of 2013 IAHR World Congress.

Us Army Corps of Engineers Institute for Water Resources Hydrologic Engineering Center. 2015. Hydrologic Modeling System HEC – HMS. Applications Guide.

Us Army Corps of Engineers Institute for Water Resources Hydrologic Engineering Center. 2000. Hydrologic Modeling System HEC – GeoHMS. User´s Manual. Editor Janes H. Doan.

Us Army Corps of Engineers Institute for Water Resources Hydrologic Engineering Center. 2000. Hydrologic Modeling System HEC – HMS. Technical Reference Manual. Editor Arlen D. Feldman.

Us Army Corps of Engineers Institute for Water Resources Hydrologic Engineering Center. 2016. Hydrologic Modeling System HEC – HMS. User´s Manual. Editor A. Scharffenberg.

Valcarcel, G. H. 2016. Analisis de Incertidumbre en Modelos Hidrologicos usando HEC – HMS. Trabajo de grado para optar por el título de Especialista en Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Bogota, Colombia.

Vasquez, A., Torres, C., Teran, R., Alfaro, J., Vilchez, G.& Alcantara, J. 2000. Manejo de Cuencas Altoandinas Tomo I. Lima, Perú. Editorial Escuela Superior de Administración de Aguas Charles Sutton. 516 p

Villón, B. M. 2005. Hidrologia Estadistica. Lima Peu. Editorial Villon 433 p.

Villón, B. M. 2005. HidroEsta, software para cálculos hidrológicos. Revista Trimestral Tecnología en marcha del Tecnológico de Costa Rica. 18 (2). 67-75 p.

Villón, B. M. 2005. Manual del usuario del HidroEsta, software para cálculos hidrológicos. Lima Peu. Editorial Villon 289 p.

ANEXOS

Anexo 1 : Precipitación máximas 24 horas

Años	Estación	Ayaviri	Cañete	Carania	Colonia	Huancata	Huanguascar
	Longitud	76° 08'1	76° 19'50.5	75° 52'20.7	75° 53'1	76° 13'1	75° 50'2.2
	Latitud	12° 23'1	13° 04'30.2	12° 20'40.8	12° 38'1	12° 13'1	12° 53'54.8
	Cotas (msnm)	3228	158	3875	3308	2700	2533
1963	mm	8.1		17.9	14.3		11.5
1964	mm	12.0		28.4	14.2		9.5
1965	mm	13.0		44.3	43.5		15.0
1966	mm	28.5		31.2	34.4		25.1
1967	mm	32.1		23.0	62.8		35.3
1968	mm	19.7		11.3	18.1		12.9
1969	mm	33.5		33.8	17.2		21.3
1970	mm	29.9	3.0	18.2	24.2		28.0
1971	mm	22.7	0.9	16.6	31.5		19.6
1972	mm	33.0		10.8	16.3		70.5
1973	mm	37.6	0.8	11.0	15.8		27.2
1974	mm	30.5	2.0	11.0	15.7		12.7
1975	mm	34.8	3.0	15.3	14.1		34.6
1976	mm	16.1	0.6	16.4	23.2		26.5
1977	mm	34.4	1.5	14.9	24.9		29.4
1978	mm	33.4	1.5	10.4	25.2		49.8
1979	mm	11.2	1.4	10.4	22.4		18.1
1980	mm	29.0	0.2	15.2	25.5	13.9	8.5
1981	mm		0.6	17.5	17.6	17.0	21.0
1982	mm		0.0	13.3	17.2	23.2	17.2
1983	mm		0.0	17.2	21.5	31.6	9.7
1984	mm		0.0	22.3	25.0	25.1	14.9
1985	mm	9.8	1.3	15.0	8.0	27.2	13.8
1986	mm	32.7	1.5	20.4	26.5	21.8	19.0
1987	mm	31.9	6.0	14.9	12.5	13.6	13.1
1988	mm	23.8	1.5	21.9	27.3	8.6	20.4
1989	mm	39.4	1.5	18.1		14.1	20.0
1990	mm	25.6	2.0	26.0		12.5	20.0
1991	mm	27.4		15.6		6.9	19.0
1992	mm	29.9	0.5	28.0		10.5	5.0
1993	mm	29.7	0.8	14.8		12.0	20.0
1994	mm	30.2	6.0	18.8		12.0	24.0
1995	mm	30.2	1.2	13.3		15.3	30.0
1996	mm	24.6	1.0	15.9		20.3	23.0
1997	mm	46.2	2.2	13.8		33.0	25.3
1998	mm	32.4	2.7	17.3		25.3	33.8

1999	mm	23.1	1.5	19.5	17.7	24.3
2000	mm	35.4	0.8	18.6	16.3	30.6
2001	mm	24.0	0.8	14.3	19.6	12.8
2002	mm	28.7	2.9	19.7	20.1	24.8
2003	mm	18.2	0.9	25.6	18.4	15.0
2004	mm	29.2	2.0	23.4	19.2	17.7
2005	mm	21.0	5.5	35.4	19.3	13.0
2006	mm	26.5	19.5	30.1	25.0	25.1
2007	mm	34.2	4.0	20.7	17.0	14.6
2008	mm	30.4	4.0	23.0	40.3	24.0
2009	mm	27.3	0.6	25.5	24.0	14.8
2010	mm	25.5		22.7	17.0	22.6
2011	mm					
2012	mm	40.2		22.5	26.5	31.6
2013	mm	26.2		18.1	14.0	21.0
2014	mm	25.5		20.3	15.5	18.5
2015	mm	27.8		18.7	24.7	16.2
2016	mm	35.2		16.8	48.5	16.6

Años	Estación	Huantan	Huañec	Huarochiri	Pacaran	San Juan
	Longitud	75° 49'1	76° 08'1	76° 14'1	76° 03'18.3	75° 47'47
	Latitud	12° 27'1	12° 17'1	12° 08'1	12° 51'43.4	13° 13'13
	Cotas (msnm)	3219	3205	3146	683	2502
1963	mm			11.0		
1964	mm		0.0	21.0	0.6	
1965	mm	41.6	15.2	19.0	2.1	
1966	mm	20.0	19.4	18.5	2.5	0.5
1967	mm	39.8	15.9	20.6	8.8	0.0
1968	mm	17.7	10.3	9.8	1.8	0.0
1969	mm	20.3	10.5	17.2	11.0	6.8
1970	mm	21.2	10.4	12.2	12.3	0.0
1971	mm	18.5	6.2	17.8	1.5	0.0
1972	mm	29.3	5.4	14.6	4.2	12.8
1973	mm	30.2	3.5	19.2	4.0	0.0
1974	mm	20.0	4.3	13.8	2.4	8.2
1975	mm	40.1	3.2	9.8	3.3	10.3
1976	mm	32.4	3.5	10.2	0.4	0.0
1977	mm	27.6	3.2	13.2	0.8	0.0
1978	mm	22.0	3.1	9.2	0.2	0.0
1979	mm	23.8	3.2	11.2	0.0	6.3
1980	mm	39.9	3.2	25.5	0.0	1.6
1981	mm	54.3	4.2	5.0		4.2
1982	mm	61.2	7.6			0.0
1983	mm	33.6	20.5			0.0
1984	mm	53.4	10.1	0.0		
1985	mm	29.2	9.4	10.2	3.0	0.0
1986	mm	36.2	5.2	10.6	3.5	0.0
1987	mm	35.5	5.7	9.6	0.3	0.0
1988	mm	39.5	3.5	12.4	3.1	3.7
1989	mm	27.7	6.8	18.6	6.0	6.8
1990	mm	27.8	3.1	9.3	0.0	5.5
1991	mm		4.2	12.5	1.5	6.2
1992	mm		5.3	10.5	1.2	
1993	mm		20.6	16.2	0.5	6.7
1994	mm		15.0	16.0	7.0	10.3
1995	mm		20.0	22.3	3.8	10.3
1996	mm		19.3	20.7	2.4	0.4
1997	mm		15.6	22.5	3.0	2.5
1998	mm		20.3	38.6	5.3	11.3
1999	mm		18.2	28.7	11.2	15.9
2000	mm		7.3	29.4	1.4	14.0
2001	mm		9.4	24.8	3.4	9.7
2002	mm		13.3	20.7	1.6	14.6

2003	mm	15.2	25.1	4.4	9.5
2004	mm	14.3	30.0	2.3	7.2
2005	mm	16.4	18.6	0.0	16.5
2006	mm	17.5	22.8	3.5	37.4
2007	mm	23.8	28.2	2.1	14.2
2008	mm	20.8	22.4	2.6	14.7
2009	mm	20.2	38.5	5.3	15.9
2010	mm	19.3	29.3	0.0	23.8
2011	mm				
2012	mm	22.8	24.3	13.5	22.6
2013	mm	22.1	22.5	2.0	6.7
2014	mm	22.3	20.4	5.7	22.2
2015	mm	21.5	26.9	9.9	14.0
2016	mm	20.5	18.8	1.6	

AÑO	Estación	San Pedro	Tanta	Vilca	Yauricocha	Yauyos
	Longitud	75° 39'39	76° 01'1	75° 49'34.9	75° 43'22.5	75° 54'38.2
	Latitud	13° 03'3	12° 07'1	12° 06'53.8	12° 19'0	12° 29'31.4
	Cotas (msnm)	3794	4323	3864	4675	2327
1963	mm		11.0			15.2
1964	mm		25.4	17.6		19.5
1965	mm		34.5	16.4		31.4
1966	mm		26.6	28.0		23.3
1967	mm		28.0	30.5		23.6
1968	mm		23.7	23.8		15.4
1969	mm		33.0	16.3		17.4
1970	mm		37.9	20.2		26.8
1971	mm		24.5	16.4		33.0
1972	mm		26.1	15.2		19.4
1973	mm		18.2	14.0		28.2
1974	mm		19.3	19.1		21.5
1975	mm		15.1	16.1		19.0
1976	mm		17.5	16.2		20.0
1977	mm		16.4	15.2		14.8
1978	mm		16.3	14.0		20.1
1979	mm		11.7	16.1		16.9
1980	mm		14.4	15.0		15.5
1981	mm		13.1	21.4		22.8
1982	mm		13.3	19.1		
1983	mm		6.7	12.1		
1984	mm		11.3	21.2		10.0
1985	mm		12.4	21.9		10.8
1986	mm		18.0	18.5	18.0	
1987	mm		16.8	24.0	37.6	
1988	mm		13.8	25.4	28.8	
1989	mm		13.9	15.0	26.1	
1990	mm		15.8	12.0	30.8	
1991	mm		11.5	16.3	24.0	0.0
1992	mm		16.0	9.4	21.5	6.3
1993	mm		41.6	32.0	40.5	17.3
1994	mm		26.4	49.5	21.8	31.5
1995	mm		27.0	30.0	20.2	12.2
1996	mm		31.7	15.0	16.6	24.3
1997	mm	23.6	27.4	24.2	28.2	18.8
1998	mm	25.0	41.8	15.6	27.6	14.7
1999	mm	28.0	24.5	14.3	24.4	19.9
2000	mm	24.2	28.9	16.5	58.6	12.9
2001	mm	24.2	22.7	10.8	20.6	13.3
2002	mm	30.0	28.2	13.1	25.8	11.6

2003	mm	20.6	28.0	18.5	60.4	14.4
2004	mm	28.7	32.9	19.9	41.3	14.2
2005	mm	16.0	22.0	18.5	30.4	13.6
2006	mm	27.8	29.5	22.0	26.2	20.6
2007	mm	16.0	33.6	30.0	29.0	19.8
2008	mm	22.6	27.8	30.0	15.4	19.9
2009	mm	16.4	69.2	28.0	26.9	15.1
2010	mm	11.2	22.0	12.5	27.6	15.9
2011	mm					
2012	mm	20.2	28.7	26.5	35.3	33.0
2013	mm	16.0	38.6	21.5	16.1	21.7
2014	mm	26.7	25.3	23.8	14.1	24.1
2015	mm	27.9	33.2	29.4	46.5	13.2
2016	mm		16.4	32.0	32.5	17.7

Anexo 2: Caudales máximos diarios del río Cañete 1926 – 2016 - Estación Socsi

No.	AÑO	Q máx. (m3/s)	No.	AÑO	Q máx. (m3/s)	No.	AÑO	Q máx. (m3/s)
1	1926	455.00	32	1957	228.32	62	1987	487.30
2	1927	120.00	33	1958	270.40	63	1988	420.30
3	1928	198.00	34	1959	700.00	64	1989	377.00
4	1929	342.00	35	1960	488.75	65	1990	189.00
5	1930	263.00	36	1961	597.62	66	1991	372.00
6	1931	148.60	37	1962	566.24	67	1992	164.30
7	1932	850.00	38	1963	242.37	68	1993	390.00
8	1933	176.00	39	1964	153.06	69	1994	550.00
9	1934	305.00	40	1965	214.70	70	1995	500.00
10	1935	386.00	41	1966	201.00	71	1996	310.00
11	1936	265.00	42	1967	343.00	72	1997	350.00
12	1937	283.76	43	1968	154.00	73	1998	348.00
13	1938	401.99	44	1969	316.00	74	1999	420.00
14	1939	308.53	45	1970	408.00	75	2000	350.00
15	1940	141.28	46	1971	430.00	76	2001	255.00
16	1941	301.13	47	1972	900.00	77	2002	204.00
17	1942	319.22	48	1973	450.10	78	2003	215.00
18	1943	324.13	49	1974	326.00	79	2004	196.00
19	1944	396.55	50	1975	298.00	80	2005	167.00
20	1945	350.00	51	1976	332.00	81	2006	250.00
21	1946	354.00	52	1977	249.00	82	2007	285.00
22	1947	353.00	53	1978	216.00	83	2008	250.00
23	1948	279.00	54	1979	182.80	84	2009	230.14
24	1949	198.00	55	1980	100.10	85	2010	141.00
25	1950	244.74	56	1981	257.10	86	2011	235.00
26	1951	485.00	57	1982	120.00	87	2012	318.00
27	1952	360.00	58	1983	228.00	88	2013	266.00
28	1953	555.00	59	1984	425.50	89	2014	232.00
29	1954	657.00	60	1985	165.60	90	2015	215.00
30	1955	700.00	61	1986	370.50	91	2016	186.00
31	1956	470.00						

Anexo 3: Distancias, Semivarianza y Covarianzas para TR 25 años

Distancia h	Semivarianza γ (h)	Covarianza C (h)	Distancia H	Semivarianza γ (h)	Covarianza C (h)
9393.7	15.3	-7.3	52372.8	722.8	-360.9
11060.1	144.2	-70.6	52966.8	0.2	6.3
11179.0	223.4	-52.1	53600.2	364.2	-143.3
11685.1	85.2	-32.4	54853.7	43.0	42.0
13144.7	187.2	-19.3	57272.0	209.9	-40.2
15927.8	89.9	-30.1	57297.5	642.3	-239.8
16548.1	93.3	-13.3	57697.5	54.5	1.3
16820.8	1.6	3.0	58622.3	26.1	35.2
17967.3	16.2	230.5	58951.2	0.4	121.1
19839.6	28.3	21.4	59129.0	109.5	-27.7
20541.4	7.7	24.2	60102.2	182.8	210.6
20741.6	64.3	1.4	60564.7	174.3	20.9
21530.5	29.9	193.2	61430.3	49.6	-9.4
22380.5	224.3	-111.4	64543.5	50.1	191.7
23651.5	93.3	-25.2	65503.1	6.8	112.2
23813.1	15.6	17.5	65569.9	168.9	-82.6
24337.5	409.8	-175.6	65622.9	1.3	64.7
24411.5	33.0	38.2	67126.9	81.4	-23.2
24985.8	77.9	1.5	67483.9	0.2	6.4
25201.6	62.0	-19.9	68545.2	210.7	-40.9
25894.6	0.7	-0.1	68833.7	703.1	-284.5
27044.4	51.1	-20.7	70286.6	522.6	-248.6
28151.8	119.4	-35.9	72682.5	305.0	60.3
28723.6	34.6	-7.7	73487.0	265.9	-65.7
29195.9	37.5	10.3	75428.9	173.4	-86.5
29689.1	78.4	-12.1	78978.1	290.2	76.7
29713.4	44.7	-16.0	79417.1	584.8	-195.6
29823.9	1.4	94.0	81406.2	0.7	2.4
31383.3	458.7	-208.4	81471.8	110.1	-28.2
31978.8	67.5	-11.2	81487.2	12.4	22.3
32107.4	8.8	83.2	82513.0	486.4	-226.1
33455.0	23.6	27.7	82871.4	153.7	43.4
35203.8	60.8	132.8	85187.6	340.9	-143.0

35783.4	139.8	-69.6	86134.8	15.5	29.7
37099.1	165.1	2.2	86285.3	197.0	-2.4
38064.8	26.0	531.4	86696.7	38.5	1.1
38279.5	48.4	-1.2	88730.8	3.3	102.0
38762.5	5.4	76.7	88802.1	1022.9	-492.8
38870.7	0.6	144.5	89890.8	45.1	-16.2
39053.3	392.3	-177.8	90118.8	148.3	261.8
39161.1	2.1	133.1	94880.2	334.9	28.5
40045.9	9.6	-3.5	95125.8	61.6	-19.6
42700.2	4.4	-0.3	95716.0	458.1	-89.8
42803.4	23.3	209.7	97189.8	22.8	8.3
43067.1	102.4	-32.6	99176.1	28.0	21.7
43826.1	142.5	56.2	99511.2	113.7	-56.8
43970.6	5.2	0.4	100251.4	208.5	-98.5
44367.5	2.7	-0.3	104665.4	306.0	59.2
44719.4	25.5	0.9	105051.8	2.8	-0.3
44812.8	249.1	-122.5	106730.0	781.7	-339.5
45113.9	19.1	-9.5	109873.2	1.8	76.0
45264.6	14.3	91.5	110244.5	15.5	-7.5
45701.5	0.6	2.3	110289.6	93.8	-25.6
45751.7	69.0	-25.3	111318.5	737.3	-308.8
47294.1	205.6	-102.6	119004.2	0.0	4.9
47589.5	153.0	44.1	119490.3	366.1	-3.3
48545.1	70.9	154.2	119996.8	62.2	-26.1
49642.1	44.1	162.8	122286.7	31.5	-1.0
50575.3	111.9	61.0	124353.5	185.9	-89.6
52092.1	81.9	-23.6	129224.5	15.8	17.2

Anexo 4: Distancias, Semivarianza y Covarianzas para TR 50 años

Distancia h	Semivarianza γ (h)	Covarianza C (h)	Distancia H	Semivarianza γ (h)	Covarianza C (h)
9393.7	31.3	-15.6	52372.8	664.7	-332.1
11060.1	149.0	-65.8	52966.8	0.1	13.5
11179.0	226.2	-61.9	53600.2	296.5	-106.1
11685.1	121.7	-46.6	54853.7	47.4	55.4
13144.7	183.2	-24.0	57272.0	235.0	-69.2
15927.8	140.1	-46.1	57297.5	775.4	-306.8
16548.1	114.2	-18.5	57697.5	70.4	18.5
16820.8	2.3	4.7	58622.3	42.7	53.4
17967.3	8.1	244.9	58951.2	0.0	175.7
19839.6	29.6	45.0	59129.0	155.8	-53.5
20541.4	1.4	22.9	60102.2	221.3	219.3
20741.6	70.2	18.5	60564.7	150.0	25.1
21530.5	10.3	236.0	61430.3	72.5	-14.4
22380.5	308.0	-153.3	64543.5	25.1	216.1
23651.5	146.7	-51.5	65503.1	4.7	147.2
23813.1	4.7	35.0	65569.9	218.6	-101.4
24337.5	431.0	-199.6	65622.9	12.6	60.8
24411.5	42.5	53.3	67126.9	147.1	-51.5
24985.8	76.5	19.2	67483.9	0.6	15.9
25201.6	116.6	-48.9	68545.2	250.2	-81.4
25894.6	3.8	-1.9	68833.7	879.9	-380.5
27044.4	42.0	-19.8	70286.6	525.9	-256.9
28151.8	148.6	-47.8	72682.5	290.6	131.3
28723.6	24.7	-7.7	73487.0	257.4	-75.1
29195.9	52.3	15.6	75428.9	248.0	-123.8
29689.1	106.4	-17.8	78978.1	317.8	99.7
29713.4	45.8	-22.1	79417.1	590.6	-163.0
29823.9	3.3	141.8	81406.2	5.2	6.2
31383.3	509.8	-247.6	81471.8	168.2	-63.0
31978.8	106.7	-17.9	81487.2	8.7	26.6
32107.4	28.6	75.3	82513.0	509.1	-247.2
33455.0	32.8	40.2	82871.4	109.2	72.5
35203.8	73.3	101.1	85187.6	323.6	-136.1

35783.4	168.2	-81.8	86134.8	22.2	43.0
37099.1	134.5	24.8	86285.3	201.2	-26.0
38064.8	50.2	535.5	86696.7	43.2	14.9
38279.5	84.1	-16.1	88730.8	3.3	141.6
38762.5	28.7	75.4	88802.1	1080.2	-510.4
38870.7	0.1	182.3	89890.8	52.6	-26.0
39053.3	431.3	-206.0	90118.8	146.4	332.1
39161.1	0.1	182.6	94880.2	373.7	38.6
40045.9	14.4	-5.4	95125.8	106.3	-41.6
42700.2	11.9	-4.8	95716.0	535.0	-115.4
42803.4	10.4	235.7	97189.8	19.8	10.3
43067.1	139.8	-46.0	99176.1	24.5	53.0
43826.1	115.4	64.9	99511.2	88.8	-43.5
43970.6	3.5	5.6	100251.4	229.2	-105.2
44367.5	13.9	-5.4	104665.4	307.5	111.5
44719.4	9.2	7.9	105051.8	17.8	-6.4
44812.8	321.1	-159.3	106730.0	901.0	-394.8
45113.9	28.1	-14.0	109873.2	7.7	88.5
45264.6	32.6	78.2	110244.5	37.0	-18.4
45701.5	3.2	5.2	110289.6	158.8	-60.6
45751.7	100.4	-37.2	111318.5	879.1	-379.9
47294.1	308.5	-153.5	119004.2	0.2	17.8
47589.5	99.3	85.4	119490.3	452.4	-40.0
48545.1	60.7	142.7	119996.8	68.1	-30.8
49642.1	25.2	190.3	122286.7	40.9	-10.7
50575.3	94.8	71.6	124353.5	218.2	-101.3
52092.1	159.1	-60.7	129224.5	7.1	29.7

Anexo 5: Distancias, Semivarianza y Covarianzas para TR 100 años

Distancia h	Semivarianza γ (h)	Covarianza C (h)	Distancia H	Semivarianza γ (h)	Covarianza C (h)
9393.7	55.1	-27.2	52372.8	563.1	-281.6
11060.1	153.1	-52.2	52966.8	1.4	24.4
11179.0	221.8	-70.3	53600.2	209.7	-63.6
11685.1	168.0	-63.6	54853.7	52.1	69.0
13144.7	171.9	-27.8	57272.0	258.8	-98.9
15927.8	207.3	-67.4	57297.5	903.6	-373.3
16548.1	136.1	-24.4	57697.5	86.6	49.2
16820.8	3.2	6.8	58622.3	66.7	75.3
17967.3	2.1	251.0	58951.2	0.8	241.9
19839.6	30.7	80.1	59129.0	214.5	-87.0
20541.4	0.3	17.7	60102.2	254.7	227.1
20741.6	70.8	45.4	60564.7	112.8	27.4
21530.5	0.2	273.7	61430.3	98.6	-20.4
22380.5	409.6	-204.4	64543.5	4.4	228.0
23651.5	216.1	-87.4	65503.1	3.0	184.2
23813.1	0.1	53.7	65569.9	281.8	-122.2
24337.5	422.2	-206.6	65622.9	36.8	47.3
24411.5	52.9	69.4	67126.9	243.1	-94.8
24985.8	69.9	45.1	67483.9	4.4	29.7
25201.6	190.5	-88.3	68545.2	288.5	-120.4
25894.6	11.0	-5.0	68833.7	1072.3	-487.7
27044.4	31.8	-15.9	70286.6	496.8	-247.6
28151.8	180.9	-61.9	72682.5	264.3	214.5
28723.6	14.9	-6.3	73487.0	227.1	-77.4
29195.9	72.5	22.5	75428.9	340.1	-169.6
29689.1	137.4	-24.5	78978.1	336.7	125.4
29713.4	46.8	-22.3	79417.1	575.6	-114.9
29823.9	7.2	200.8	81406.2	15.0	11.7
31383.3	539.9	-269.9	81471.8	241.6	-105.8
31978.8	159.1	-26.6	81487.2	5.7	31.4
32107.4	61.8	57.0	82513.0	499.3	-248.9
33455.0	45.3	57.0	82871.4	58.4	97.5
35203.8	85.5	64.5	85187.6	298.7	-127.5

35783.4	198.8	-93.5	86134.8	30.0	57.6
37099.1	96.0	51.3	86285.3	194.0	-50.6
38064.8	90.5	501.8	86696.7	43.8	37.6
38279.5	139.8	-41.6	88730.8	3.2	185.2
38762.5	76.6	61.8	88802.1	1105.0	-508.8
38870.7	0.0	221.9	89890.8	59.8	-27.2
39053.3	467.6	-231.2	90118.8	135.0	412.0
39161.1	0.9	240.6	94880.2	405.3	49.5
40045.9	19.8	-7.6	95125.8	166.5	-72.6
42700.2	25.9	-12.6	95716.0	604.1	-139.9
42803.4	1.9	252.4	97189.8	17.4	12.4
43067.1	182.4	-62.2	99176.1	21.5	97.5
43826.1	78.1	69.4	99511.2	64.5	-28.8
43970.6	1.3	14.1	100251.4	250.9	-112.1
44367.5	39.5	-17.8	104665.4	294.3	176.3
44719.4	0.3	11.6	105051.8	51.6	-21.6
44812.8	407.3	-203.3	106730.0	1011.2	-447.4
45113.9	38.8	-19.3	109873.2	18.8	103.2
45264.6	60.9	56.7	110244.5	69.3	-33.1
45701.5	8.9	9.6	110289.6	243.3	-106.4
45751.7	137.1	-51.6	111318.5	1014.8	-449.8
47294.1	446.4	-221.6	119004.2	0.8	41.7
47589.5	45.5	118.7	119490.3	549.5	-91.4
48545.1	41.6	125.7	119996.8	74.3	-35.1
49642.1	10.1	209.5	122286.7	56.0	-22.9
50575.3	75.0	78.5	124353.5	252.7	-112.7
52092.1	271.9	-115.4	129224.5	1.4	44.2

Anexo 6: Distancias, Semivarianza y Covarianzas para TR 500 años

Distancia h	Semivarianza γ (h)	Covarianza C (h)	Distancia H	Semivarianza γ (h)	Covarianza C (h)
9393.7	145.5	-64.5	52372.8	229.0	-106.6
11060.1	162.0	29.7	52966.8	13.7	70.4
11179.0	193.7	-83.4	53600.2	20.3	12.0
11685.1	316.8	-110.3	54853.7	65.4	96.5
13144.7	128.0	-33.7	57272.0	310.5	-154.2
15927.8	453.0	-147.7	57297.5	1159.2	-513.2
16548.1	191.7	-42.6	57697.5	122.8	197.6
16820.8	6.8	15.4	58622.3	167.1	135.1
17967.3	6.4	230.8	58951.2	14.9	442.1
19839.6	32.9	222.8	59129.0	406.1	-195.0
20541.4	25.7	-8.6	60102.2	299.9	249.2
20741.6	52.2	152.6	60564.7	14.6	19.7
21530.5	54.3	323.2	61430.3	169.6	-39.7
22380.5	722.0	-360.7	64543.5	67.6	154.1
23651.5	446.7	-210.9	65503.1	0.7	272.2
23813.1	18.8	107.2	65569.9	501.2	-185.0
24337.5	283.7	-125.7	65622.9	152.3	-24.2
24411.5	82.3	104.4	67126.9	624.5	-273.1
24985.8	39.0	141.1	67483.9	29.6	85.6
25201.6	443.7	-220.8	68545.2	374.6	-187.2
25894.6	57.8	-20.6	68833.7	1576.4	-771.0
27044.4	10.8	9.4	70286.6	312.0	-134.9
28151.8	270.5	-105.5	72682.5	168.5	446.7
28723.6	0.5	3.8	73487.0	91.7	-44.6
29195.9	145.0	48.7	75428.9	628.4	-310.9
29689.1	219.9	-46.1	78978.1	339.3	198.9
29713.4	48.9	17.4	79417.1	471.2	49.1
29823.9	32.0	381.1	81406.2	64.6	34.6
31383.3	506.3	-188.8	81471.8	479.0	-236.9
31978.8	349.0	-59.6	81487.2	1.2	47.7
32107.4	200.0	-28.1	82513.0	347.7	-145.8
33455.0	89.1	120.5	82871.4	6.2	90.1
35203.8	113.0	-20.6	85187.6	225.6	-104.4

35783.4	279.9	-123.2	86134.8	52.8	90.0
37099.1	13.8	111.5	86285.3	130.4	-65.2
38064.8	296.0	254.3	86696.7	29.4	131.5
38279.5	385.9	-161.2	88730.8	3.3	294.3
38762.5	323.9	-36.4	88802.1	1045.6	-435.2
38870.7	1.0	315.7	89890.8	76.1	21.1
39053.3	545.5	-263.7	90118.8	80.6	629.1
39161.1	23.4	408.9	94880.2	441.9	80.3
40045.9	33.1	-14.1	95125.8	373.7	-181.8
42700.2	104.1	-51.0	95716.0	717.1	-182.0
42803.4	12.4	249.6	97189.8	13.7	19.3
43067.1	303.8	-114.1	99176.1	16.0	270.6
43826.1	1.5	48.7	99511.2	19.3	11.8
43970.6	3.4	46.6	100251.4	308.0	-132.1
44367.5	193.5	-94.2	104665.4	216.5	367.7
44719.4	47.8	-12.6	105051.8	244.6	-114.5
44812.8	670.1	-333.6	106730.0	1215.7	-550.6
45113.9	69.9	-34.9	109873.2	69.5	151.0
45264.6	173.2	-26.0	110244.5	190.3	-78.3
45701.5	39.8	28.4	110289.6	522.9	-256.1
45751.7	244.2	-98.3	111318.5	1285.2	-595.4
47294.1	944.0	-467.1	119004.2	3.0	158.2
47589.5	17.8	109.4	119490.3	819.3	-266.1
48545.1	0.0	61.0	119996.8	89.5	-43.7
49642.1	2.9	215.1	122286.7	127.8	-63.9
50575.3	30.9	76.3	124353.5	343.5	-142.9
52092.1	714.0	-331.7	129224.5	6.8	88.2

Anexo 7: Distribución horaria de las estaciones ficticias para TR 25 años

Horas	W650	W740	W770	W780	W870	W890	W940
00:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
00:30	0.515	0.526	0.492	0.541	0.430	0.498	0.484
01:00	1.029	1.052	0.983	1.082	0.859	0.997	0.968
01:30	1.544	1.577	1.475	1.622	1.289	1.495	1.451
02:00	2.058	2.103	1.967	2.163	1.718	1.993	1.935
02:30	2.465	2.519	2.356	2.591	2.058	2.388	2.318
03:00	3.416	3.491	3.264	3.591	2.852	3.308	3.212
03:30	3.824	3.907	3.654	4.019	3.192	3.703	3.595
04:00	4.775	4.879	4.562	5.018	3.986	4.624	4.489
04:30	5.701	5.825	5.447	5.992	4.759	5.521	5.360
05:00	6.627	6.772	6.332	6.965	5.532	6.417	6.231
05:30	7.553	7.718	7.217	7.938	6.305	7.314	7.101
06:00	8.479	8.664	8.102	8.912	7.078	8.211	7.972
06:30	9.755	9.968	9.321	10.253	8.143	9.447	9.172
07:00	11.031	11.272	10.540	11.594	9.208	10.682	10.372
07:30	14.262	14.574	13.628	14.990	11.906	13.811	13.410
08:00	17.493	17.876	16.715	18.386	14.603	16.941	16.448
08:30	19.757	20.189	18.878	20.765	16.493	19.133	18.576
09:00	21.403	21.871	20.452	22.495	17.867	20.727	20.124
09:30	22.638	23.133	21.632	23.793	18.898	21.923	21.285
10:00	23.749	24.269	22.693	24.961	19.826	22.999	22.330
10:30	24.737	25.278	23.637	25.999	20.650	23.956	23.259
11:00	25.684	26.245	24.542	26.994	21.441	24.873	24.149
11:30	26.548	27.129	25.368	27.903	22.162	25.710	24.962
12:00	27.330	27.928	26.115	28.725	22.815	26.467	25.697
12:30	28.112	28.727	26.862	29.547	23.468	27.224	26.432
13:00	28.853	29.484	27.570	30.325	24.086	27.942	27.129
13:30	29.594	30.241	28.278	31.104	24.705	28.659	27.825
14:00	30.294	30.956	28.947	31.839	25.289	29.337	28.483
14:30	30.952	31.629	29.576	32.532	25.839	29.975	29.102
15:00	31.611	32.302	30.205	33.224	26.388	30.612	29.722
15:30	32.269	32.975	30.835	33.916	26.938	31.250	30.341
16:00	32.928	33.648	31.464	34.608	27.488	31.888	30.960
16:30	33.473	34.205	31.985	35.181	27.943	32.416	31.473
17:00	34.019	34.763	32.506	35.754	28.399	32.944	31.986
17:30	34.564	35.320	33.027	36.328	28.854	33.472	32.498
18:00	35.109	35.877	33.548	36.901	29.309	34.001	33.011
18:30	35.655	36.434	34.070	37.474	29.764	34.529	33.524
19:00	36.200	36.992	34.591	38.047	30.220	35.057	34.037
19:30	36.746	37.549	35.112	38.620	30.675	35.585	34.549
20:00	37.291	38.106	35.633	39.194	31.130	36.113	35.062
20:30	37.775	38.601	36.095	39.702	31.534	36.582	35.517
21:00	38.258	39.095	36.557	40.210	31.938	37.050	35.972

21:30	38.742	39.589	37.019	40.718	32.341	37.518	36.426
22:00	39.225	40.083	37.481	41.227	32.745	37.987	36.881
22:30	39.709	40.577	37.944	41.735	33.149	38.455	37.336
23:00	40.193	41.072	38.406	42.243	33.553	38.923	37.791
23:30	40.676	41.566	38.868	42.752	33.956	39.392	38.245
00:00	41.160	42.060	39.330	43.260	34.360	39.860	38.700

Horas	W970	W1000	W1100	W1110	W4360	W4370	W4410
00:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
00:30	0.409	0.333	0.256	0.443	0.484	0.487	0.486
01:00	0.817	0.667	0.512	0.886	0.967	0.974	0.972
01:30	1.226	1.000	0.768	1.328	1.451	1.461	1.458
02:00	1.634	1.333	1.024	1.771	1.935	1.949	1.944
02:30	1.958	1.597	1.227	2.122	2.318	2.334	2.329
03:00	2.712	2.213	1.700	2.940	3.211	3.235	3.227
03:30	3.036	2.477	1.903	3.291	3.594	3.620	3.612
04:00	3.791	3.093	2.376	4.109	4.488	4.521	4.510
04:30	4.526	3.692	2.836	4.906	5.359	5.397	5.385
05:00	5.261	4.292	3.297	5.703	6.229	6.274	6.260
05:30	5.997	4.892	3.758	6.500	7.100	7.151	7.134
06:00	6.732	5.492	4.219	7.297	7.970	8.028	8.009
06:30	7.745	6.318	4.854	8.395	9.170	9.236	9.215
07:00	8.758	7.145	5.489	9.493	10.369	10.444	10.420
07:30	11.324	9.238	7.096	12.273	13.406	13.503	13.472
08:00	13.889	11.331	8.704	15.054	16.443	16.562	16.524
08:30	15.686	12.797	9.830	17.002	18.571	18.706	18.662
09:00	16.994	13.863	10.650	18.418	20.119	20.264	20.218
09:30	17.974	14.663	11.264	19.481	21.280	21.434	21.384
10:00	18.856	15.383	11.817	20.437	22.324	22.486	22.434
10:30	19.641	16.023	12.308	21.287	23.253	23.421	23.367
11:00	20.392	16.636	12.780	22.102	24.143	24.317	24.261
11:30	21.079	17.196	13.210	22.846	24.955	25.136	25.078
12:00	21.700	17.702	13.599	23.519	25.690	25.876	25.816
12:30	22.320	18.209	13.988	24.192	26.425	26.617	26.555
13:00	22.909	18.689	14.356	24.829	27.122	27.318	27.255
13:30	23.497	19.169	14.725	25.467	27.818	28.019	27.955
14:00	24.052	19.622	15.073	26.069	28.476	28.682	28.616
14:30	24.575	20.048	15.401	26.636	29.095	29.305	29.238
15:00	25.098	20.475	15.729	27.203	29.714	29.929	29.860
15:30	25.621	20.901	16.056	27.769	30.333	30.552	30.482
16:00	26.144	21.328	16.384	28.336	30.952	31.176	31.104
16:30	26.577	21.681	16.655	28.805	31.465	31.692	31.619
17:00	27.010	22.034	16.927	29.275	31.977	32.209	32.134

17:30	27.443	22.388	17.198	29.744	32.490	32.725	32.649
18:00	27.876	22.741	17.469	30.213	33.003	33.241	33.165
18:30	28.309	23.094	17.741	30.683	33.515	33.758	33.680
19:00	28.742	23.447	18.012	31.152	34.028	34.274	34.195
19:30	29.175	23.801	18.284	31.621	34.540	34.790	34.710
20:00	29.608	24.154	18.555	32.091	35.053	35.307	35.225
20:30	29.992	24.467	18.796	32.507	35.508	35.765	35.682
21:00	30.376	24.780	19.036	32.923	35.962	36.223	36.139
21:30	30.760	25.094	19.277	33.339	36.417	36.681	36.596
22:00	31.144	25.407	19.517	33.755	36.872	37.138	37.053
22:30	31.528	25.720	19.758	34.171	37.326	37.596	37.509
23:00	31.912	26.033	19.999	34.588	37.781	38.054	37.966
23:30	32.296	26.347	20.239	35.004	38.235	38.512	38.423
00:00	32.680	26.660	20.480	35.420	38.690	38.970	38.880

Anexo 8: Distribución horaria de las estaciones ficticias para TR 50 años

Horas	W650	W740	W770	W780	W870	W890	W940
00:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
00:30	0.573	0.580	0.546	0.598	0.483	0.555	0.548
01:00	1.146	1.160	1.092	1.196	0.965	1.110	1.096
01:30	1.719	1.740	1.638	1.793	1.448	1.665	1.644
02:00	2.292	2.320	2.184	2.391	1.931	2.221	2.192
02:30	2.746	2.779	2.616	2.864	2.313	2.660	2.626
03:00	3.805	3.851	3.625	3.969	3.205	3.686	3.639
03:30	4.259	4.311	4.058	4.442	3.587	4.126	4.073
04:00	5.317	5.382	5.067	5.547	4.479	5.152	5.085
04:30	6.349	6.426	6.050	6.623	5.347	6.151	6.072
05:00	7.380	7.470	7.032	7.699	6.216	7.150	7.058
05:30	8.412	8.514	8.015	8.775	7.085	8.149	8.045
06:00	9.443	9.558	8.998	9.851	7.954	9.148	9.031
06:30	10.864	10.997	10.352	11.333	9.151	10.525	10.390
07:00	12.285	12.435	11.706	12.816	10.347	11.902	11.749
07:30	15.884	16.078	15.135	16.570	13.378	15.388	15.191
08:00	19.482	19.720	18.564	20.324	16.409	18.874	18.632
08:30	22.003	22.272	20.966	22.954	18.533	21.317	21.043
09:00	23.837	24.128	22.714	24.866	20.077	23.093	22.797
09:30	25.212	25.520	24.024	26.301	21.236	24.426	24.112
10:00	26.450	26.773	25.203	27.592	22.278	25.625	25.296
10:30	27.550	27.886	26.252	28.740	23.205	26.690	26.348
11:00	28.604	28.954	27.256	29.840	24.093	27.712	27.356
11:30	29.567	29.928	28.174	30.844	24.903	28.644	28.277
12:00	30.438	30.810	29.004	31.752	25.637	29.488	29.110
12:30	31.309	31.691	29.833	32.661	26.371	30.332	29.943
13:00	32.134	32.526	30.620	33.522	27.066	31.131	30.732
13:30	32.959	33.362	31.406	34.383	27.761	31.931	31.521
14:00	33.738	34.150	32.148	35.196	28.417	32.686	32.266
14:30	34.472	34.893	32.847	35.961	29.035	33.396	32.968
15:00	35.205	35.635	33.546	36.726	29.652	34.107	33.669
15:30	35.939	36.378	34.245	37.491	30.270	34.817	34.371
16:00	36.672	37.120	34.944	38.256	30.888	35.528	35.072
16:30	37.279	37.735	35.523	38.890	31.400	36.116	35.653
17:00	37.887	38.350	36.102	39.523	31.911	36.705	36.234
17:30	38.494	38.964	36.680	40.157	32.423	37.293	36.815
18:00	39.102	39.579	37.259	40.790	32.934	37.882	37.396
18:30	39.709	40.194	37.838	41.424	33.446	38.470	37.976
19:00	40.316	40.809	38.417	42.058	33.957	39.059	38.557
19:30	40.924	41.424	38.995	42.691	34.469	39.647	39.138
20:00	41.531	42.038	39.574	43.325	34.981	40.235	39.719
20:30	42.070	42.584	40.087	43.887	35.434	40.757	40.234
21:00	42.608	43.129	40.601	44.449	35.888	41.279	40.749

21:30	43.147	43.674	41.114	45.011	36.342	41.801	41.264
22:00	43.686	44.219	41.627	45.572	36.795	42.323	41.780
22:30	44.224	44.764	42.140	46.134	37.249	42.845	42.295
23:00	44.763	45.310	42.654	46.696	37.703	43.366	42.810
23:30	45.301	45.855	43.167	47.258	38.156	43.888	43.325
00:00	45.840	46.400	43.680	47.820	38.610	44.410	43.840

Horas	W970	W1000	W1100	W1110	W4360	W4370	W4410
00:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
00:30	0.471	0.393	0.307	0.497	0.545	0.545	0.543
01:00	0.942	0.785	0.615	0.994	1.089	1.091	1.085
01:30	1.412	1.178	0.922	1.491	1.634	1.636	1.628
02:00	1.883	1.570	1.230	1.988	2.179	2.182	2.170
02:30	2.256	1.881	1.473	2.381	2.610	2.613	2.600
03:00	3.126	2.606	2.041	3.299	3.616	3.621	3.602
03:30	3.499	2.917	2.284	3.693	4.048	4.053	4.032
04:00	4.369	3.642	2.852	4.611	5.054	5.061	5.034
04:30	5.216	4.349	3.406	5.505	6.034	6.043	6.011
05:00	6.063	5.055	3.959	6.400	7.015	7.024	6.987
05:30	6.911	5.762	4.512	7.294	7.995	8.006	7.964
06:00	7.758	6.468	5.066	8.189	8.975	8.988	8.940
06:30	8.925	7.442	5.828	9.421	10.326	10.340	10.286
07:00	10.093	8.415	6.590	10.653	11.677	11.693	11.631
07:30	13.049	10.880	8.520	13.773	15.097	15.118	15.038
08:00	16.006	13.345	10.451	16.894	18.517	18.543	18.445
08:30	18.077	15.072	11.803	19.080	20.914	20.942	20.832
09:00	19.583	16.328	12.787	20.670	22.656	22.688	22.568
09:30	20.713	17.270	13.525	21.863	23.964	23.997	23.870
10:00	21.730	18.118	14.188	22.936	25.140	25.175	25.042
10:30	22.634	18.871	14.779	23.890	26.186	26.222	26.083
11:00	23.500	19.594	15.344	24.804	27.188	27.225	27.082
11:30	24.291	20.253	15.861	25.639	28.103	28.141	27.993
12:00	25.006	20.850	16.328	26.394	28.930	28.970	28.818
12:30	25.722	21.446	16.795	27.149	29.758	29.799	29.642
13:00	26.400	22.011	17.238	27.865	30.543	30.585	30.423
13:30	27.078	22.577	17.680	28.580	31.327	31.370	31.205
14:00	27.718	23.110	18.098	29.256	32.068	32.112	31.942
14:30	28.320	23.613	18.492	29.892	32.765	32.810	32.637
15:00	28.923	24.115	18.885	30.528	33.462	33.508	33.331
15:30	29.525	24.618	19.279	31.164	34.159	34.206	34.026
16:00	30.128	25.120	19.672	31.800	34.856	34.904	34.720
16:30	30.627	25.536	19.998	32.327	35.433	35.482	35.295
17:00	31.126	25.952	20.324	32.853	36.011	36.060	35.870

17:30	31.625	26.368	20.649	33.380	36.588	36.638	36.445
18:00	32.124	26.784	20.975	33.907	37.165	37.216	37.020
18:30	32.623	27.200	21.301	34.433	37.743	37.794	37.595
19:00	33.122	27.616	21.627	34.960	38.320	38.373	38.170
19:30	33.621	28.032	21.953	35.487	38.897	38.951	38.745
20:00	34.120	28.448	22.279	36.014	39.474	39.529	39.320
20:30	34.562	28.817	22.567	36.481	39.986	40.041	39.830
21:00	35.005	29.186	22.856	36.948	40.498	40.554	40.340
21:30	35.447	29.555	23.145	37.415	41.010	41.067	40.850
22:00	35.890	29.924	23.434	37.882	41.522	41.579	41.360
22:30	36.332	30.293	23.723	38.349	42.034	42.092	41.870
23:00	36.775	30.662	24.012	38.816	42.546	42.605	42.380
23:30	37.217	31.031	24.301	39.283	43.058	43.117	42.890
00:00	37.660	31.400	24.590	39.750	43.570	43.630	43.400

Anexo 9: Distribución horaria de las estaciones ficticias para TR 100 años

Horas	W650	W740	W770	W780	W870	W890	W940
00:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
00:30	0.630	0.641	0.590	0.651	0.539	0.596	0.627
01:00	1.259	1.281	1.180	1.303	1.078	1.191	1.253
01:30	1.889	1.922	1.770	1.954	1.617	1.787	1.880
02:00	2.518	2.562	2.361	2.606	2.156	2.383	2.507
02:30	3.017	3.069	2.828	3.121	2.582	2.854	3.003
03:00	4.180	4.253	3.918	4.325	3.578	3.955	4.161
03:30	4.678	4.760	4.386	4.841	4.005	4.427	4.657
04:00	5.842	5.944	5.476	6.045	5.001	5.527	5.815
04:30	6.975	7.097	6.539	7.217	5.971	6.600	6.943
05:00	8.108	8.250	7.601	8.390	6.941	7.672	8.071
05:30	9.241	9.403	8.663	9.562	7.911	8.744	9.199
06:00	10.374	10.555	9.725	10.735	8.881	9.816	10.327
06:30	11.935	12.144	11.189	12.350	10.217	11.293	11.881
07:00	13.496	13.732	12.652	13.965	11.553	12.770	13.435
07:30	17.450	17.755	16.358	18.056	14.938	16.511	17.370
08:00	21.403	21.777	20.064	22.147	18.322	20.251	21.305
08:30	24.173	24.595	22.661	25.013	20.693	22.872	24.062
09:00	26.187	26.645	24.549	27.097	22.417	24.778	26.068
09:30	27.698	28.182	25.966	28.661	23.711	26.208	27.572
10:00	29.058	29.565	27.240	30.067	24.874	27.494	28.925
10:30	30.266	30.795	28.373	31.318	25.909	28.638	30.128
11:00	31.425	31.974	29.459	32.517	26.901	29.734	31.281
11:30	32.482	33.050	30.450	33.611	27.806	30.734	32.334
12:00	33.439	34.023	31.347	34.601	28.625	31.640	33.286
12:30	34.396	34.997	32.244	35.591	29.444	32.545	34.239
13:00	35.302	35.919	33.094	36.529	30.220	33.403	35.141
13:30	36.209	36.842	33.944	37.467	30.996	34.260	36.043
14:00	37.065	37.713	34.747	38.353	31.729	35.070	36.896
14:30	37.871	38.532	35.502	39.187	32.419	35.833	37.698
15:00	38.676	39.352	36.257	40.020	33.108	36.595	38.500
15:30	39.482	40.172	37.013	40.854	33.798	37.358	39.302
16:00	40.288	40.992	37.768	41.688	34.488	38.120	40.104
16:30	40.955	41.671	38.394	42.378	35.059	38.751	40.768
17:00	41.623	42.350	39.019	43.069	35.630	39.383	41.432
17:30	42.290	43.029	39.645	43.759	36.202	40.014	42.097
18:00	42.957	43.708	40.270	44.450	36.773	40.645	42.761
18:30	43.624	44.387	40.896	45.140	37.344	41.277	43.425
19:00	44.292	45.066	41.521	45.831	37.915	41.908	44.089
19:30	44.959	45.745	42.147	46.521	38.486	42.540	44.754
20:00	45.626	46.423	42.772	47.212	39.058	43.171	45.418
20:30	46.218	47.026	43.327	47.824	39.564	43.731	46.007
21:00	46.810	47.628	43.882	48.436	40.071	44.291	46.596

21:30	47.401	48.230	44.436	49.049	40.577	44.851	47.185
22:00	47.993	48.832	44.991	49.661	41.084	45.410	47.774
22:30	48.585	49.434	45.546	50.273	41.590	45.970	48.363
23:00	49.177	50.036	46.101	50.885	42.097	46.530	48.952
23:30	49.768	50.638	46.655	51.498	42.603	47.090	49.541
00:00	50.360	51.240	47.210	52.110	43.110	47.650	50.130

Horas	W970	W1000	W1100	W1110	W4360	W4370	W4410
00:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
00:30	0.553	0.454	0.362	0.566	0.614	0.635	0.597
01:00	1.107	0.907	0.724	1.132	1.227	1.269	1.193
01:30	1.660	1.361	1.086	1.697	1.841	1.904	1.790
02:00	2.214	1.814	1.448	2.263	2.454	2.538	2.387
02:30	2.652	2.173	1.735	2.711	2.940	3.041	2.859
03:00	3.674	3.011	2.404	3.757	4.074	4.213	3.962
03:30	4.113	3.370	2.690	4.205	4.560	4.716	4.434
04:00	5.135	4.208	3.359	5.250	5.693	5.888	5.537
04:30	6.131	5.025	4.011	6.269	6.798	7.030	6.611
05:00	7.127	5.841	4.663	7.287	7.902	8.172	7.685
05:30	8.124	6.657	5.314	8.305	9.006	9.314	8.758
06:00	9.120	7.474	5.966	9.324	10.110	10.457	9.832
06:30	10.492	8.598	6.864	10.727	11.632	12.030	11.312
07:00	11.864	9.723	7.761	12.130	13.153	13.604	12.792
07:30	15.340	12.571	10.035	15.683	17.006	17.588	16.538
08:00	18.815	15.419	12.308	19.236	20.859	21.573	20.285
08:30	21.250	17.414	13.901	21.725	23.558	24.365	22.910
09:00	23.020	18.866	15.059	23.535	25.522	26.395	24.820
09:30	24.349	19.954	15.928	24.893	26.994	27.918	26.252
10:00	25.544	20.934	16.710	26.115	28.319	29.289	27.540
10:30	26.606	21.804	17.405	27.201	29.497	30.507	28.686
11:00	27.624	22.639	18.071	28.242	30.626	31.674	29.784
11:30	28.554	23.401	18.679	29.193	31.657	32.740	30.786
12:00	29.395	24.090	19.229	30.053	32.589	33.705	31.693
12:30	30.236	24.779	19.780	30.913	33.522	34.669	32.600
13:00	31.033	25.432	20.301	31.727	34.405	35.583	33.459
13:30	31.830	26.085	20.822	32.542	35.289	36.496	34.318
14:00	32.583	26.702	21.315	33.311	36.123	37.359	35.129
14:30	33.291	27.283	21.778	34.036	36.908	38.172	35.893
15:00	33.999	27.863	22.241	34.760	37.693	38.984	36.657
15:30	34.708	28.444	22.705	35.484	38.479	39.796	37.420
16:00	35.416	29.024	23.168	36.208	39.264	40.608	38.184
16:30	36.003	29.505	23.552	36.808	39.914	41.281	38.816
17:00	36.589	29.985	23.935	37.407	40.565	41.953	39.449

17:30	37.176	30.466	24.319	38.007	41.215	42.626	40.081
18:00	37.762	30.947	24.703	38.607	41.865	43.298	40.714
18:30	38.349	31.428	25.087	39.206	42.516	43.971	41.346
19:00	38.935	31.908	25.470	39.806	43.166	44.643	41.979
19:30	39.522	32.389	25.854	40.406	43.816	45.316	42.611
20:00	40.109	32.870	26.238	41.006	44.466	45.989	43.243
20:30	40.629	33.296	26.578	41.537	45.043	46.585	43.804
21:00	41.149	33.722	26.918	42.069	45.620	47.181	44.365
21:30	41.669	34.149	27.259	42.601	46.197	47.778	44.926
22:00	42.189	34.575	27.599	43.133	46.773	48.374	45.487
22:30	42.709	35.001	27.939	43.665	47.350	48.971	46.048
23:00	43.230	35.427	28.279	44.196	47.927	49.567	46.608
23:30	43.750	35.854	28.620	44.728	48.503	50.164	47.169
00:00	44.270	36.280	28.960	45.260	49.080	50.760	47.730

Anexo 10: Distribución horaria de las estaciones ficticias para TR 500 años

Horas	W650	W740	W770	W780	W870	W890	W940
00:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
00:30	0.766	0.757	0.714	0.769	0.673	0.720	0.784
01:00	1.531	1.515	1.428	1.539	1.346	1.440	1.567
01:30	2.297	2.272	2.142	2.308	2.018	2.159	2.351
02:00	3.062	3.030	2.856	3.078	2.691	2.879	3.135
02:30	3.668	3.629	3.421	3.687	3.224	3.449	3.755
03:00	5.083	5.029	4.740	5.109	4.467	4.779	5.203
03:30	5.689	5.629	5.306	5.718	5.000	5.349	5.824
04:00	7.104	7.028	6.625	7.140	6.243	6.679	7.272
04:30	8.482	8.392	7.910	8.525	7.454	7.975	8.683
05:00	9.860	9.755	9.195	9.910	8.665	9.270	10.093
05:30	11.238	11.118	10.480	11.294	9.876	10.566	11.504
06:00	12.615	12.482	11.765	12.679	11.087	11.861	12.914
06:30	14.514	14.360	13.535	14.587	12.755	13.646	14.858
07:00	16.412	16.238	15.305	16.495	14.424	15.431	16.801
07:30	21.220	20.994	19.789	21.327	18.649	19.951	21.722
08:00	26.027	25.751	24.272	26.159	22.874	24.472	26.643
08:30	29.395	29.083	27.413	29.544	25.834	27.638	30.091
09:00	31.845	31.507	29.697	32.006	27.986	29.942	32.599
09:30	33.682	33.325	31.411	33.853	29.601	31.669	34.480
10:00	35.335	34.960	32.952	35.514	31.054	33.224	36.172
10:30	36.805	36.415	34.323	36.992	32.346	34.606	37.677
11:00	38.214	37.808	35.637	38.407	33.584	35.930	39.119
11:30	39.500	39.081	36.836	39.700	34.714	37.139	40.435
12:00	40.663	40.232	37.921	40.869	35.736	38.233	41.626
12:30	41.827	41.383	39.006	42.039	36.759	39.327	42.817
13:00	42.929	42.474	40.034	43.147	37.728	40.364	43.946
13:30	44.032	43.564	41.062	44.254	38.697	41.400	45.074
14:00	45.073	44.594	42.033	45.301	39.612	42.379	46.140
14:30	46.052	45.564	42.947	46.286	40.473	43.300	47.143
15:00	47.032	46.533	43.860	47.270	41.334	44.221	48.146
15:30	48.012	47.503	44.774	48.255	42.195	45.143	49.149
16:00	48.992	48.472	45.688	49.240	43.056	46.064	50.152
16:30	49.803	49.275	46.445	50.056	43.769	46.827	50.983
17:00	50.615	50.078	47.201	50.871	44.482	47.590	51.813
17:30	51.426	50.880	47.958	51.687	45.195	48.353	52.644
18:00	52.238	51.683	48.715	52.502	45.908	49.116	53.475
18:30	53.049	52.486	49.472	53.318	46.622	49.879	54.305
19:00	53.861	53.289	50.228	54.133	47.335	50.642	55.136
19:30	54.672	54.092	50.985	54.949	48.048	51.405	55.966
20:00	55.483	54.895	51.742	55.764	48.761	52.167	56.797
20:30	56.203	55.606	52.413	56.488	49.393	52.844	57.534
21:00	56.923	56.318	53.084	57.211	50.026	53.521	58.270

21:30	57.642	57.030	53.755	57.934	50.658	54.197	59.007
22:00	58.362	57.742	54.426	58.657	51.290	54.874	59.744
22:30	59.081	58.454	55.097	59.380	51.923	55.550	60.480
23:00	59.801	59.166	55.768	60.104	52.555	56.227	61.217
23:30	60.520	59.878	56.439	60.827	53.188	56.903	61.953
00:00	61.240	60.590	57.110	61.550	53.820	57.580	62.690

Horas	W970	W1000	W1100	W1110	W4360	W4370	W4410
00:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
00:30	0.721	0.639	0.524	0.683	0.764	0.770	0.747
01:00	1.441	1.278	1.047	1.366	1.529	1.541	1.494
01:30	2.162	1.917	1.571	2.049	2.293	2.311	2.241
02:00	2.882	2.557	2.095	2.733	3.058	3.082	2.989
02:30	3.453	3.063	2.509	3.274	3.663	3.692	3.580
03:00	4.784	4.244	3.477	4.536	5.075	5.115	4.961
03:30	5.355	4.750	3.892	5.077	5.681	5.725	5.553
04:00	6.686	5.931	4.859	6.339	7.093	7.149	6.933
04:30	7.983	7.082	5.802	7.569	8.469	8.536	8.278
05:00	9.280	8.232	6.744	8.799	9.845	9.922	9.623
05:30	10.577	9.382	7.687	10.028	11.221	11.309	10.968
06:00	11.874	10.533	8.629	11.258	12.597	12.696	12.313
06:30	13.661	12.118	9.928	12.952	14.493	14.606	14.165
07:00	15.448	13.703	11.227	14.646	16.388	16.517	16.018
07:30	19.972	17.717	14.515	18.936	21.188	21.355	20.710
08:00	24.497	21.730	17.803	23.226	25.989	26.193	25.402
08:30	27.667	24.542	20.107	26.232	29.352	29.582	28.690
09:00	29.973	26.588	21.783	28.418	31.798	32.048	31.080
09:30	31.702	28.122	23.040	30.058	33.633	33.897	32.874
10:00	33.258	29.502	24.171	31.533	35.284	35.561	34.487
10:30	34.642	30.729	25.176	32.845	36.751	37.040	35.922
11:00	35.967	31.905	26.139	34.102	38.158	38.457	37.296
11:30	37.178	32.979	27.019	35.249	39.442	39.751	38.552
12:00	38.273	33.950	27.815	36.288	40.604	40.922	39.687
12:30	39.368	34.922	28.611	37.326	41.765	42.093	40.823
13:00	40.406	35.842	29.365	38.310	42.866	43.203	41.899
13:30	41.443	36.762	30.119	39.293	43.967	44.312	42.975
14:00	42.423	37.632	30.831	40.222	45.006	45.360	43.991
14:30	43.345	38.450	31.501	41.097	45.985	46.346	44.947
15:00	44.268	39.268	32.172	41.971	46.963	47.332	45.903
15:30	45.190	40.086	32.842	42.846	47.942	48.318	46.860
16:00	46.112	40.904	33.512	43.720	48.920	49.304	47.816
16:30	46.876	41.581	34.067	44.444	49.730	50.121	48.608
17:00	47.639	42.259	34.622	45.168	50.540	50.937	49.400

17:30	48.403	42.936	35.177	45.892	51.351	51.754	50.192
18:00	49.167	43.614	35.732	46.616	52.161	52.570	50.984
18:30	49.931	44.291	36.287	47.341	52.971	53.387	51.776
19:00	50.694	44.969	36.842	48.065	53.781	54.204	52.568
19:30	51.458	45.646	37.397	48.789	54.592	55.020	53.360
20:00	52.222	46.324	37.952	49.513	55.402	55.837	54.152
20:30	52.899	46.925	38.445	50.155	56.120	56.561	54.854
21:00	53.576	47.525	38.937	50.797	56.839	57.285	55.556
21:30	54.254	48.126	39.429	51.439	57.557	58.009	56.259
22:00	54.931	48.727	39.921	52.081	58.276	58.733	56.961
22:30	55.608	49.328	40.413	52.724	58.994	59.458	57.663
23:00	56.285	49.928	40.906	53.366	59.713	60.182	58.365
23:30	56.963	50.529	41.398	54.008	60.431	60.906	59.068
00:00	57.640	51.130	41.890	54.650	61.150	61.630	59.770

Anexo 11: Parámetro de calibración del Escenario MET01 para TR 25 años

Elemento	Parámetro	Unidad	Valor Inicial	Valor Optimizado	Sensibilidad Función Objetivo
W890	SCS Curve Number - Curve Number		76.805	99	-5.18
W770	SCS Curve Number - Curve Number		72.801	48.3	-0.04
W1110	SCS Curve Number - Curve Number		74.9	70.495	0.22
W870	SCS Curve Number - Curve Number		75.236	70.812	0.21
W1100	SCS Curve Number - Curve Number		78.345	73.738	-0.02
W890	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	15.644	10.016	0.33
W770	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.628	26.003	-0.26
W1110	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.507	17.26	-0.02
W870	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.172	10.303	-0.09
W1100	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.419	4.2723	0.02
W890	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	248.31	108.15	0.28
W770	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	169.93	50.35	0
W1110	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	212.35	62.919	0.03
W870	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	202.1	59.881	-0.07
W1100	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	149.63	95.803	0.04
W1000	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	181.67	53.828	0.01

Anexo 12: Parámetro de calibración del Escenario MET01 para TR 50 años

Elemento	Parámetro	Unidad	Valor Inicial	Valor Optimizado	Sensibilidad Función Objetivo
W740	SCS Curve Number - Curve Number		77.222	74.164	0.06
W870	SCS Curve Number - Curve Number		75.236	49.154	0.01
W970	SCS Curve Number - Curve Number		73.235	99	-0.43
W1000	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.59	8.7067	0.07
W1100	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.419	6.4084	0.05
W1110	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.507	11.438	0.14
W4360	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.517	19.992	-0.1
W4410	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.676	30.771	-0.13
W770	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.628	11.752	0.08
W940	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.376	12.659	0.12
W970	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.295	12.606	0.03
W1000	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	181.67	80.742	0.02
W1100	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	149.63	97.758	0.02
W1110	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	212.35	94.378	0.05
W4360	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	130.68	294.03	-0.02
W4370	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	127.04	192.24	-0.01
W650	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	139.37	133.85	-0.02
W740	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	139	90.813	0.02
W780	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	158.86	70.604	0.03

W870	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	202.1	131.31	0.01
W890	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	248.31	110.36	0.08
W940	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	147.8	65.689	0.03
R1180	Kinematic Wave - Manning's n		0.07	0.10465	0.13
R460	Kinematic Wave - Manning's n		0.05	0.0326667	0.03

Anexo 13: Parámetro de calibración del Escenario MET01 para TR 100 años

Elemento	Parámetro	Unidad	Valor Inicial	Valor Optimizado	Sensibilidad Función Objetivo
W1000	SCS Curve Number - Curve Number		72.885	99	-1.19
W1100	SCS Curve Number - Curve Number		78.345	99	-0.44
W1110	SCS Curve Number - Curve Number		74.9	73.402	0.31
W4360	SCS Curve Number - Curve Number		79.013	54.497	-0.96
W4370	SCS Curve Number - Curve Number		79.529	77.938	-0.34
W4410	SCS Curve Number - Curve Number		78.841	77.264	0.44
W650	SCS Curve Number - Curve Number		80.315	78.709	0.8
W740	SCS Curve Number - Curve Number		77.221	51.481	0.21
W770	SCS Curve Number - Curve Number		74.801	73.305	0.52
W780	SCS Curve Number - Curve Number		78.284	52.189	0.17
W870	SCS Curve Number - Curve Number		75.236	73.731	0.35
W890	SCS Curve Number - Curve Number		76.805	75.269	0.5
W940	SCS Curve Number - Curve Number		72.99	73.329	0.25
W970	SCS Curve Number - Curve Number		73.235	99	-0.04
W1000	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.59	13.06	0.17
W1100	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.419	14.131	0.18
W1110	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.507	11.671	-0.01
W4360	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.517	13.517	1.21
W4370	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.163	12.9	0.81
W4410	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.676	20.514	-0.35
W650	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	12.538	18.807	-0.27
W740	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	15.244	15.244	0.04
W780	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.211	14.063	0.03
W940	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.376	12.917	0
W970	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.295	18.909	0.01
W1000	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	181.67	121.11	0.14
W1100	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	149.63	97.758	0.08
W1110	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	212.35	141.57	0.05
W770	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	169.93	169.74	0.01
W870	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	202.1	134.73	0.02
W890	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	248.31	165.54	0.05
W940	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	147.8	98.533	0.04
R1180	Kinematic Wave - Manning's n		0.07	0.105	-0.06
R120	Kinematic Wave - Manning's n		0.125	0.41675	-0.45

R170	Kinematic Wave - Manning's n	0.05	0.075	0.23
R290	Kinematic Wave - Manning's n	0.05	0.075	0.14
R410	Kinematic Wave - Manning's n	0.06	0.0588	0.02
R4430	Kinematic Wave - Manning's n	0.05	0.0497551	1.13
R460	Kinematic Wave - Manning's n	0.05	0.049	0.06
R570	Kinematic Wave - Manning's n	0.05	0.0333333	0.08

Anexo 14: Parámetro de calibración del Escenario MET01 para TR 500 años

Elemento	Parámetro	Unidad	Valor Inicial	Valor Optimizado	Sensibilidad Función Objetivo
W1000	SCS Curve Number - Curve Number		72.885	69.999	0.14
W1100	SCS Curve Number - Curve Number		78.345	52.23	0.04
W1110	SCS Curve Number - Curve Number		74.9	73.402	0.04
W4360	SCS Curve Number - Curve Number		79.013	52.675	0.22
W4370	SCS Curve Number - Curve Number		79.529	53.019	0.08
W4410	SCS Curve Number - Curve Number		78.841	52.561	0.18
W650	SCS Curve Number - Curve Number		80.315	78.709	0.66
W740	SCS Curve Number - Curve Number		77.221	75.677	0.27
W770	SCS Curve Number - Curve Number		74.801	49.867	0.26
W780	SCS Curve Number - Curve Number		78.284	52.189	0.11
W870	SCS Curve Number - Curve Number		75.236	72.827	0.39
W890	SCS Curve Number - Curve Number		76.805	99	-1.81
W940	SCS Curve Number - Curve Number		72.99	71.53	0.15
W970	SCS Curve Number - Curve Number		73.235	99	-0.18
W1100	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.419	9.6127	0.01
W1110	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.507	17.593	-0.05
W4360	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.517	13.472	-0.15
W4370	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.163	19.745	-0.06
W4410	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.676	13.676	-0.07
W650	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	12.538	18.807	-0.03
W740	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	15.244	15.32	-0.02
W770	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.628	17.716	-0.23
W780	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.211	14.281	-0.08
W870	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.172	17.243	-0.05
W890	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	15.644	15.331	0.15
W940	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.376	12.917	0.01
W970	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.295	18.909	0.03
W1000	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	181.67	121.11	0.03
W1100	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	149.63	146.64	0.03
W1110	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	212.35	318.52	-0.01
W4360	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	130.68	196.02	-0.08
W4370	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	127.04	190.56	-0.02
W4410	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	140.71	93.807	0.09

W740	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	139	139	0.03
W770	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	169.93	113.29	-0.2
W780	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	158.86	185.47	0.01
W870	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	202.1	198.06	0.02
W890	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	248.31	110.36	0.13
W940	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	147.8	98.533	0.03
W970	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	49.157	32.771	0.01
R1180	Kinematic Wave - Manning's n		0.07	0.105	-0.07
R120	Kinematic Wave - Manning's n		0.125	0.125	-0.16
R170	Kinematic Wave - Manning's n		0.05	0.0492146	-0.02
R290	Kinematic Wave - Manning's n		0.05	0.075	-0.19
R410	Kinematic Wave - Manning's n		0.06	0.04	0.09
R460	Kinematic Wave - Manning's n		0.05	0.0513616	-0.36
R570	Kinematic Wave - Manning's n		0.05	0.0333333	0.05

Anexo 15: Parámetro de calibración del Escenario MET02 para TR 25 años

Elemento	Parametro	Unidad	Valor Inicial	Valor Optimizado	Sensibilidad Funcion Objetivo
W4360	SCS Curve Number - Curve Number		79.013	75.884	0.12
W4370	SCS Curve Number - Curve Number		79.529	77.938	0.29
W740	SCS Curve Number - Curve Number		77.221	75.677	0.39
W770	SCS Curve Number - Curve Number		74.801	49.867	0.05
W780	SCS Curve Number - Curve Number		78.284	76.718	0.65
W870	SCS Curve Number - Curve Number		75.236	73.731	0.29
W940	SCS Curve Number - Curve Number		72.99	99	-1.44
W970	SCS Curve Number - Curve Number		73.235	99	-0.32
W1000	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.59	29.385	0
W1100	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.419	6.4084	0.03
W1110	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.507	3.389	0.03
W4360	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.517	20.276	-0.1
W4410	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.676	20.514	-0.18
W650	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	12.538	12.576	-0.18
W770	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.628	26.442	-0.1
W870	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.172	17.208	-0.12
W890	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	15.644	6.8138	0.06
W940	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.376	12.659	0.19
W970	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.295	8.5756	0.02
W1110	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	212.35	92.49	0.08
W4360	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	130.68	150.28	-0.01
W4370	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	127.04	127.04	-0.02
W4410	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	140.71	140.71	-0.02
W740	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	139	139	0
W870	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	202.1	202.1	0

W890	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	248.31	72.102	0.08
W970	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	49.157	32.771	0
R170	Muskingum - K	HR	1.399	3.163	-0.1
R290	Muskingum - K	HR	2.222	3.3425	-0.07
R290	Muskingum - x		0.2	0.2	-0.02

Anexo 16: Parámetro de calibración del Escenario MET02 para TR 50 años

Elemento	Parámetro	Unidad	Valor Inicial	Valor Optimizado	Sensibilidad Funcion Objetivo
W1100	SCS Curve Number - Curve Number		78.345	99	-6.98
W1110	SCS Curve Number - Curve Number		74.9	73.402	0.12
W4370	SCS Curve Number - Curve Number		79.529	80.154	0.18
W4410	SCS Curve Number - Curve Number		78.841	52.561	0.05
W650	SCS Curve Number - Curve Number		80.315	35.696	0.04
W740	SCS Curve Number - Curve Number		77.221	60.682	0.09
W770	SCS Curve Number - Curve Number		74.801	75.259	0.23
W780	SCS Curve Number - Curve Number		78.284	52.189	0.08
W870	SCS Curve Number - Curve Number		75.236	75.624	0.13
W890	SCS Curve Number - Curve Number		76.805	99	-8.31
W940	SCS Curve Number - Curve Number		72.99	71.53	-0.37
W1000	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.59	29.385	-0.03
W1100	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.419	9.4204	0.58
W1110	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.507	26.261	-0.06
W4360	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.517	20.276	-0.09
W4370	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.163	19.745	-0.09
W4410	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.676	20.514	-0.04
W650	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	12.538	12.538	-0.01
W740	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	15.244	22.866	-0.06
W770	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.628	26.442	-0.19
W780	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.211	21.317	-0.04
W870	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.172	25.758	-0.14
W890	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	15.644	15.331	0.84
W940	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.376	3.8274	0.05
W1100	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	149.63	146.64	0.26
W1110	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	212.35	141.57	0.01
W4360	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	130.68	196.02	-0.02
W4370	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	127.04	190.56	-0.03
W4410	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	140.71	211.06	-0.01
W740	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	139	208.5	-0.01
W770	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	169.93	254.9	-0.03
W890	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	248.31	108.15	0.35
W940	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	147.8	98.533	0.09
R1180	Muskingum - K	HR	1.078	1.0823	-0.13

R290	Muskingum - K	HR	2.222	2.2325	-0.24
R360	Muskingum - K	HR	1.254	1.2602	-0.11
R410	Muskingum - K	HR	0.715	0.7007	0.08
R460	Muskingum - K	HR	1.685	1.6513	0.2
R570	Muskingum - K	HR	1.83	1.7934	0.22
R4430	Muskingum - x		0.25	0.25015	-0.01

Anexo 17: Parámetro de calibración del Escenario MET02 para TR 100 años

Elemento	Parámetro	Unidad	Valor Inicial	Valor Optimizado	Sensibilidad Función Objetivo
W1000	SCS Curve Number - Curve Number		72.885	99	-1.49
W1100	SCS Curve Number - Curve Number		78.345	99	-0.67
W1110	SCS Curve Number - Curve Number		74.9	73.402	0.26
W4360	SCS Curve Number - Curve Number		79.013	77.433	0.12
W4370	SCS Curve Number - Curve Number		79.529	77.938	0.13
W4410	SCS Curve Number - Curve Number		78.841	77.264	0.31
W650	SCS Curve Number - Curve Number		80.315	78.709	0.48
W740	SCS Curve Number - Curve Number		77.221	75.677	0.34
W770	SCS Curve Number - Curve Number		74.801	73.305	0.49
W780	SCS Curve Number - Curve Number		78.284	76.718	0.34
W870	SCS Curve Number - Curve Number		75.236	73.731	0.17
W940	SCS Curve Number - Curve Number		72.99	71.53	0.21
W970	SCS Curve Number - Curve Number		73.235	99	-0.06
W1000	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.59	13.06	0.2
W1100	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.419	14.131	0.21
W4360	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.517	20.375	-0.06
W4370	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.163	19.841	-0.06
W4410	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.676	13.676	-0.09
W650	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	12.538	12.538	-0.1
W770	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.628	17.478	-0.12
W780	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.211	21.317	-0.14
W870	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.172	25.758	-0.15
W1000	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	181.67	121.11	0.13
W1100	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	149.63	146.64	0.11
W1110	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	212.35	141.57	0.03
W4360	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	130.68	196.02	-0.02
W780	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	158.86	105.91	-0.01
W890	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	248.31	73.573	0.03
W940	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	147.8	98.533	0.02
R1180	Muskingum - K	HR	1.078	1.0788	0.01
R120	Muskingum - K	HR	1.885	1.8916	0.06
R170	Muskingum - K	HR	1.399	3.1478	0.03
R290	Muskingum - K	HR	2.222	7.4992	-0.01

R360	Muskingum - K	HR	1.254	1.2602	0
R4430	Muskingum - K	HR	1.689	2.4828	0.08
R460	Muskingum - K	HR	1.685	1.6513	0.08
R570	Muskingum - K	HR	1.83	1.7934	0.17

Anexo 18: Parámetro de calibración del Escenario MET02 para TR 500 años

Elemento	Parámetro	Unidad	Valor Inicial	Valor Optimizado	Sensibilidad Función Objetivo
W1000	SCS Curve Number - Curve Number		72.885	99	-0.36
W1100	SCS Curve Number - Curve Number		78.345	98.68	-0.1
W4360	SCS Curve Number - Curve Number		79.013	77.433	0.62
W4370	SCS Curve Number - Curve Number		79.529	77.938	0.55
W4410	SCS Curve Number - Curve Number		78.841	77.264	0.55
W650	SCS Curve Number - Curve Number		80.315	78.709	0
W740	SCS Curve Number - Curve Number		77.221	50.451	0.1
W770	SCS Curve Number - Curve Number		74.801	73.305	0.5
W780	SCS Curve Number - Curve Number		78.284	51.146	0.17
W870	SCS Curve Number - Curve Number		75.236	73.731	0.37
W890	SCS Curve Number - Curve Number		76.805	75.269	0.49
W940	SCS Curve Number - Curve Number		72.99	71.53	0.29
W970	SCS Curve Number - Curve Number		73.235	99	0.02
W1000	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.59	13.06	0.04
W1100	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.419	14.131	0.05
W4360	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.517	13.584	-0.08
W4370	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.163	13.228	-0.25
W4410	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.676	20.514	-0.03
W650	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	12.538	63.474	0
W740	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	15.244	22.866	-0.06
W770	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.628	26.442	-0.08
W780	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.211	14.263	-0.05
W870	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.172	17.172	0.08
W890	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	15.644	10.429	-0.03
W940	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.376	12.917	-0.02
W1000	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	181.67	121.11	0.09
W1100	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	149.63	146.64	0.1
W4360	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	130.68	196.02	0.12
W4370	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	127.04	190.56	-0.12
W4410	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	140.71	131.97	0.14
W650	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	139.37	209.06	0
W890	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	248.31	162.23	0.07
W940	SCS Unit Hydrograph - Lag Time	MIN	147.8	144.84	0.04
R1180	Muskingum - K	HR	1.078	1.617	0.06
R120	Muskingum - K	HR	1.885	1.8905	-0.05

R170	Muskingum - K	HR	1.399	1.4023	0.11
R290	Muskingum - K	HR	2.222	2.2299	0.04
R360	Muskingum - K	HR	1.254	1.2602	-0.02
R570	Muskingum - K	HR	1.83	1.1956	0.06

Anexo 19: Parámetro de calibración del Escenario MET03 para TR 25 años

Elemento	Parámetro	Unidad	Valor Inicial	Valor Optimizado	Sensibilidad Funcion Objetivo
W1100	SCS Curve Number - Curve Number		78.345	99	-2.14
W4370	SCS Curve Number - Curve Number		79.529	53.019	0.1
W4410	SCS Curve Number - Curve Number		78.841	77.264	0.16
W650	SCS Curve Number - Curve Number		80.315	78.709	0.15
W740	SCS Curve Number - Curve Number		77.221	75.677	0.18
W870	SCS Curve Number - Curve Number		75.236	73.731	-0.05
W890	SCS Curve Number - Curve Number		76.805	75.269	0.1
W940	SCS Curve Number - Curve Number		72.99	99	-5.7
W970	SCS Curve Number - Curve Number		73.235	99	-0.35
W1100	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.419	9.6127	0.25
W1110	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.507	11.671	0
W4370	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.163	13.048	-0.02
W4410	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.676	13.736	-0.03
W650	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	12.538	12.592	-0.14
W740	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	15.244	15.316	-0.06
W780	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.211	21.317	-0.16
W870	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.172	25.758	0.02
W890	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	15.644	10.429	0.02
W940	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.376	3.7508	0.1
W970	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.295	12.863	0.03
W4410	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.4	0.1
W780	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.588	0.04
W940	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.60293	-0.45
W970	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.60147	-0.02
W1100	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	9.564	6.376	0.13
W1110	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	11.556	11.325	0.04
W4410	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	10.589	15.884	-0.03
W890	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	14.486	9.6573	0.09
W940	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	8.001	3.4849	0.24
W970	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	3.491	3.4212	0.01
R1180	Kinematic Wave - Manning's n		0.07	0.070261	-0.03
R120	Kinematic Wave - Manning's n		0.125	0.27947	-0.19
R170	Kinematic Wave - Manning's n		0.05	0.0501844	-0.11
R290	Kinematic Wave - Manning's n		0.05	0.11242	-0.13
R360	Kinematic Wave - Manning's n		0.06	0.09	-0.07

R4430	Kinematic Wave - Manning's n	0.05	0.0501805	-0.07
R570	Kinematic Wave - Manning's n	0.05	0.0333333	0.02

Anexo 20: Parámetro de calibración del Escenario MET03 para TR 50 años

Elemento	Parámetro	Unidad	Valor Inicial	Valor Optimizado	Sensibilidad Funcion Objetivo
W1100	SCS Curve Number - Curve Number		78.345	99	-3.92
W4360	SCS Curve Number - Curve Number		79.013	79.174	0.02
W4370	SCS Curve Number - Curve Number		79.529	53.019	0
W4410	SCS Curve Number - Curve Number		78.841	79.207	0.09
W650	SCS Curve Number - Curve Number		80.315	35.696	0.02
W870	SCS Curve Number - Curve Number		75.236	73.731	0.06
W890	SCS Curve Number - Curve Number		76.805	75.269	0.09
W940	SCS Curve Number - Curve Number		72.99	48.66	-0.02
W970	SCS Curve Number - Curve Number		73.235	99	-0.29
W1100	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.419	9.4204	0.29
W1110	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.507	11.671	0.01
W4360	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.517	20.276	-0.01
W4370	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.163	13.224	0
W770	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.628	26.442	-0.05
W940	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.376	12.917	0.02
W970	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.295	12.863	0.02
W1100	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.882	0.06
W4360	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.588	0
W4370	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.4	0
W4410	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.588	0.01
W740	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.588	0.01
W970	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.60148	-0.02
W1100	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	9.564	6.2485	0.25
W4360	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	8.518	8.528	-0.01
W4370	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	7.784	7.8214	-0.01
W4410	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	10.589	7.0593	0
W940	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	8.001	5.334	0.01
W970	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	3.491	3.4212	0.01
R1180	Kinematic Wave - Manning's n		0.07	0.0700088	-0.01
R120	Kinematic Wave - Manning's n		0.125	1	-0.1
R170	Kinematic Wave - Manning's n		0.05	0.0501313	-0.01
R290	Kinematic Wave - Manning's n		0.05	0.11269	-0.07
R360	Kinematic Wave - Manning's n		0.06	0.09	-0.04
R4430	Kinematic Wave - Manning's n		0.05	0.16875	-1.23
R570	Kinematic Wave - Manning's n		0.05	0.075	-0.01

Anexo 21: Parámetro de calibración del Escenario MET03 para TR 100 años

Elemento	Parámetro	Unidad	Valor Inicial	Valor Optimizado	Sensibilidad Funcion Objetivo
W1000	SCS Curve Number - Curve Number		72.885	99	-0.97
W1100	SCS Curve Number - Curve Number		78.345	99	-3.51
W4360	SCS Curve Number - Curve Number		79.013	77.433	0.05
W4410	SCS Curve Number - Curve Number		78.841	77.264	0.14
W650	SCS Curve Number - Curve Number		80.315	52.472	0.07
W740	SCS Curve Number - Curve Number		77.221	75.677	0.15
W770	SCS Curve Number - Curve Number		74.801	73.305	0.11
W780	SCS Curve Number - Curve Number		78.284	78.432	0.13
W890	SCS Curve Number - Curve Number		76.805	75.269	0.13
W970	SCS Curve Number - Curve Number		73.235	99	-0.26
W1000	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.59	13.06	0.11
W1100	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.419	9.4204	0.23
W4360	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.517	20.276	-0.01
W4410	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.676	13.742	-0.05
W740	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	15.244	22.866	-0.06
W780	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.211	14.282	-0.04
W970	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.295	12.863	0.02
W1100	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.882	0.06
W4410	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.60314	0.04
W740	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.588	0.02
W780	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.4	0.03
W970	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.60151	-0.02
W1000	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	9.163	8.9797	0.11
W1100	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	9.564	6.2485	0.27
W4360	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	8.518	12.777	0
W4370	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	7.784	11.676	-0.02
W650	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	9.279	9.2241	-0.03
W780	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	11.018	16.527	-0.07
R1180	Kinematic Wave - Manning's n		0.07	0.105	-0.06
R120	Kinematic Wave - Manning's n		0.125	0.2824	-0.05
R170	Kinematic Wave - Manning's n		0.05	0.075	0.02
R290	Kinematic Wave - Manning's n		0.05	0.25313	-0.12
R360	Kinematic Wave - Manning's n		0.06	0.055988	-0.01
R4430	Kinematic Wave - Manning's n		0.05	0.16875	-0.53

Anexo 22: Parámetro de calibración del Escenario MET03 para TR 500 años

Elemento	Parámetro	Unidad	Valor Inicial	Valor Optimizado	Sensibilidad Función Objetivo
W1100	SCS Curve Number - Curve Number		78.345	99	-4.92
W4360	SCS Curve Number - Curve Number		79.013	77.433	0.21
W4370	SCS Curve Number - Curve Number		79.529	77.938	0.43
W4410	SCS Curve Number - Curve Number		78.841	35.04	0.05
W650	SCS Curve Number - Curve Number		80.315	78.709	0.28
W740	SCS Curve Number - Curve Number		77.221	77.419	0.31
W770	SCS Curve Number - Curve Number		74.801	44.881	0.17
W780	SCS Curve Number - Curve Number		78.284	76.718	0.33
W870	SCS Curve Number - Curve Number		75.236	73.731	0.24
W890	SCS Curve Number - Curve Number		76.805	75.269	0.13
W940	SCS Curve Number - Curve Number		72.99	71.53	-0.06
W970	SCS Curve Number - Curve Number		73.235	99	-0.33
W1000	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.59	13.06	0.03
W1100	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.419	9.6127	0.25
W650	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	12.538	28.348	-0.16
W740	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	15.244	22.866	-0.09
W940	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.376	18.988	0.08
W970	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.295	12.863	0.02
W1100	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.882	0.1
W4360	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.4	-0.02
W890	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.11852	0.04
W970	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.60148	-0.03
W1000	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	9.163	8.9797	0.07
W1100	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	9.564	6.2485	0.44
W4360	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	8.518	12.777	-0.08
W740	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	10.107	10.011	-0.02
W870	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	11.163	10.94	0.05
W940	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	8.001	5.3425	0.04
R1180	Kinematic Wave - Manning's n		0.07	0.105	0.02
R120	Kinematic Wave - Manning's n		0.125	0.2813	-0.03
R170	Kinematic Wave - Manning's n		0.05	0.0492876	-0.11
R290	Kinematic Wave - Manning's n		0.05	0.075	0.05

Anexo 23: Parámetro de calibración del Escenario MET04 para TR 25 años

Elemento	Parámetro	Unidad	Valor Inicial	Valor Optimizado	Sensibilidad Función Objetivo
W1100	SCS Curve Number - Curve Number		78.345	99	-0.05
W4360	SCS Curve Number - Curve Number		79.013	52.675	0.02
W4370	SCS Curve Number - Curve Number		79.529	77.938	0.13

W4410	SCS Curve Number - Curve Number		78.841	77.264	0.1
W650	SCS Curve Number - Curve Number		80.315	78.709	0.21
W740	SCS Curve Number - Curve Number		77.221	75.677	0.11
W770	SCS Curve Number - Curve Number		74.801	73.305	0.2
W780	SCS Curve Number - Curve Number		78.284	76.718	0.13
W870	SCS Curve Number - Curve Number		75.236	67.067	0.1
W890	SCS Curve Number - Curve Number		76.805	75.269	0.25
W940	SCS Curve Number - Curve Number		72.99	99	-5.97
W970	SCS Curve Number - Curve Number		73.235	99	-0.24
W1100	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.419	9.6127	0.09
W4360	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.517	13.585	-0.01
W4370	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.163	13.209	-0.04
W4410	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.676	13.743	-0.03
W650	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	12.538	18.807	-0.09
W740	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	15.244	22.866	-0.08
W770	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.628	17.696	-0.09
W780	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.211	21.317	-0.08
W940	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.376	3.7508	0.14
W970	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.295	12.863	0.03
W4410	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.4	0.03
W780	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.4	0.03
W940	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.60294	-0.51
W4360	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	8.518	12.777	-0.01
W4370	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	7.784	11.676	-0.03
W4410	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	10.589	15.884	-0.04
W780	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	11.018	11.018	-0.02
W890	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	14.486	9.6573	0.00
W940	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	8.001	3.4849	0.46
R1180	Muskingum - K	HR	1.078	1.0808	0.38
R120	Muskingum - K	HR	1.885	1.8909	0.36
R170	Muskingum - K	HR	1.399	2.0985	0.33
R290	Muskingum - K	HR	2.222	7.4992	0.28
R360	Muskingum - K	HR	1.254	1.2602	-0.03
R4430	Muskingum - K	HR	1.689	2.5335	0.34

Anexo 24: Parámetro de calibración del Escenario MET04 para TR 50 años

Elemento	Parametro	Unidad	Valor Inicial	Valor Optimizado	Sensibilidad Funcion Objetivo
W1100	SCS Curve Number - Curve Number		78.345	99	-4.96
W1110	SCS Curve Number - Curve Number		74.9	73.402	0.07
W4360	SCS Curve Number - Curve Number		79.013	77.433	0.13
W4370	SCS Curve Number - Curve Number		79.529	53.019	0.04
W4410	SCS Curve Number - Curve Number		78.841	52.561	0.04

W650	SCS Curve Number - Curve Number		80.315	78.709	0.21
W740	SCS Curve Number - Curve Number		77.221	51.481	0.05
W770	SCS Curve Number - Curve Number		74.801	73.305	0.3
W780	SCS Curve Number - Curve Number		78.284	76.718	0.26
W870	SCS Curve Number - Curve Number		75.236	73.731	0.22
W890	SCS Curve Number - Curve Number		76.805	75.269	0.18
W940	SCS Curve Number - Curve Number		72.99	99	-2.7
W970	SCS Curve Number - Curve Number		73.235	99	-0.19
W1100	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.419	6.2803	0.26
W1110	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.507	26.261	-0.08
W650	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	12.538	18.807	-0.08
W780	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.211	21.317	-0.09
W890	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	15.644	23.466	-0.11
W940	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.376	12.659	0.26
W970	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.295	12.863	0.03
W1100	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.882	0.12
W650	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.588	0.02
W940	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.60294	-0.26
W970	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.60155	-0.02
W1100	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	9.564	6.2485	0.52
W940	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	8.001	3.4849	0.32
R1180	Muskingum - K	HR	1.078	1.081	0
R120	Muskingum - K	HR	1.885	1.8919	0.01
R170	Muskingum - K	HR	1.399	7.2338	-0.04
R290	Muskingum - K	HR	2.222	5.02	-0.04
R360	Muskingum - K	HR	1.254	1.2602	0.03
R4430	Muskingum - K	HR	1.689	2.5404	0.02
R460	Muskingum - K	HR	1.685	1.6513	0.19
R570	Muskingum - K	HR	1.83	1.7934	0.21

Anexo 25: Parámetro de calibración del Escenario MET04 para TR 100 años

Elemento	Parametro	Unidad	Valor Inicial	Valor Optimizado	Sensibilidad Funcion Objetivo
W1000	SCS Curve Number - Curve Number		72.885	71.427	0.01
W1100	SCS Curve Number - Curve Number		78.345	99	-3.93
W1110	SCS Curve Number - Curve Number		74.9	73.402	0.02
W4360	SCS Curve Number - Curve Number		79.013	52.675	0.01
W4370	SCS Curve Number - Curve Number		79.529	77.938	0.09
W4410	SCS Curve Number - Curve Number		78.841	52.561	0.02
W650	SCS Curve Number - Curve Number		80.315	78.709	0.1
W740	SCS Curve Number - Curve Number		77.221	51.481	0.02
W770	SCS Curve Number - Curve Number		74.801	49.867	0.02
W780	SCS Curve Number - Curve Number		78.284	76.718	0.13

W870	SCS Curve Number - Curve Number		75.236	73.731	0.07
W890	SCS Curve Number - Curve Number		76.805	75.269	0.08
W940	SCS Curve Number - Curve Number		72.99	99	-2.21
W970	SCS Curve Number - Curve Number		73.235	99	-0.27
W1000	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.59	13.06	0.01
W1100	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.419	9.6127	0.27
W1110	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.507	26.261	-0.02
W4360	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.517	13.517	-0.01
W4370	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.163	19.745	-0.04
W4410	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.676	20.514	-0.01
W650	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	12.538	18.807	-0.03
W740	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	15.244	15.308	-0.01
W770	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.628	17.7	-0.01
W780	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.211	14.275	-0.03
W870	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.172	17.196	-0.02
W890	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	15.644	23.466	-0.04
W940	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.376	12.917	0.18
W970	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.295	12.863	0.02
W1100	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.9	-0.03
W1110	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.4	0.01
W4360	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.4	0.01
W4370	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.588	0.03
W650	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.4	0.02
W740	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.4	0.01
W770	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.4	0.01
W780	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.588	0.03
W870	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.57485	0.02
W890	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.588	0.01
W940	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.60294	-0.26
W970	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.60156	-0.02
W1000	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	9.163	8.9797	0.01
W1100	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	9.564	6.376	0.32
W1110	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	11.556	17.334	-0.01
W4360	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	8.518	8.557	-0.01
W4370	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	7.784	7.8151	-0.03
W650	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	9.279	9.2395	-0.02
W740	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	10.107	10.107	-0.01
W770	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	9.989	14.984	-0.01
W780	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	11.018	10.827	0
W940	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	8.001	5.334	0.15
W970	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	3.491	3.4212	0.01
R1180	Muskingum - K	HR	1.078	1.0812	-0.27
R120	Muskingum - K	HR	1.885	1.8922	-0.31
R170	Muskingum - K	HR	1.399	2.0985	-0.32
R290	Muskingum - K	HR	2.222	3.333	-0.37
R360	Muskingum - K	HR	1.254	1.2602	-0.05

R4430	Muskingum - K	HR	1.689	2.5335	-0.33
R460	Muskingum - K	HR	1.685	1.6513	0.04
R570	Muskingum - K	HR	1.83	1.7934	0.05
R1180	Muskingum - x		0.3	0.45	-0.16
R120	Muskingum - x		0.25	0.375	-0.17
R170	Muskingum - x		0.3	0.30137	-0.17
R290	Muskingum - x		0.2	0.20013	-0.17
R360	Muskingum - x		0.3	0.3015	-0.01
R4430	Muskingum - x		0.25	0.25	-0.17

Anexo 26: Parámetro de calibración del Escenario MET04 para TR 500 años

Elemento	Parametro	Unidad	Valor Inicial	Valor Optimizado	Sensibilidad Funcion Objetivo
W1100	SCS Curve Number - Curve Number		78.345	99	-1.89
W740	SCS Curve Number - Curve Number		77.221	74.163	0.26
W770	SCS Curve Number - Curve Number		74.801	71.839	0.15
W890	SCS Curve Number - Curve Number		76.805	73.764	0.25
W940	SCS Curve Number - Curve Number		72.99	99	-1.2
W970	SCS Curve Number - Curve Number		73.235	99	-0.03
W1100	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.419	9.4204	0.11
W780	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.211	14.353	0.08
W890	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	15.644	23.583	-0.11
W940	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.376	8.4393	0.06
W1100	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.93	0
W940	Snyder Unit Hydrograph - Peaking Coefficient		0.6	0.9	0.01
W1100	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	9.564	4.1657	0.28
W4370	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	7.784	26.276	-0.2
W940	Snyder Unit Hydrograph - Standard lag	HR	8.001	3.4849	0.12
R120	Muskingum - K	HR	1.885	2.8403	0.06
R170	Muskingum - K	HR	1.399	4.7405	-0.13
R360	Muskingum - K	HR	1.254	1.2664	0
R4430	Muskingum - K	HR	1.689	1.696	0.07

Anexo 27: Parámetro de calibración del Escenario MET05 para TR 25 años

Elemento	Parametro	Unidad	Valor Inicial	Valor Optimizado	Sensibilidad Funcion Objetivo
W1000	SCS Curve Number - Curve Number		72.885	69.999	0.04
W1110	SCS Curve Number - Curve Number		74.9	99	-3.9
W4360	SCS Curve Number - Curve Number		79.013	79.694	0.09
W4370	SCS Curve Number - Curve Number		79.529	77.238	0.23
W4410	SCS Curve Number - Curve Number		78.841	79.068	0.44

W650	SCS Curve Number - Curve Number		80.315	78.709	0.32
W740	SCS Curve Number - Curve Number		77.221	75.677	0.33
W770	SCS Curve Number - Curve Number		74.801	73.305	0.34
W780	SCS Curve Number - Curve Number		78.284	76.718	0.3
W870	SCS Curve Number - Curve Number		75.236	73.731	0.09
W890	SCS Curve Number - Curve Number		76.805	99	-4.51
W940	SCS Curve Number - Curve Number		72.99	71.53	0.08
W1000	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.59	19.687	-0.05
W1110	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.507	17.157	0.94
W4360	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.517	20.276	0.06
W4370	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.163	12.9	-0.09
W4410	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.676	20.514	-0.16
W650	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	12.538	28.211	-0.37
W740	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	15.244	15.244	-0.2
W770	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.628	17.71	-0.08
W780	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.211	14.211	-0.2
W870	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.172	25.758	-0.29
W890	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	15.644	15.331	0.66
W940	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.376	29.064	-0.11
W1110	Clark Unit Hydrograph - Storage Coefficient	HR	0.5	0.33333	0.11
W4370	Clark Unit Hydrograph - Storage Coefficient	HR	0.5	0.4925	0.2
W4410	Clark Unit Hydrograph - Storage Coefficient	HR	0.5	0.50205	0
W890	Clark Unit Hydrograph - Storage Coefficient	HR	0.5	0.33333	0.04
W1110	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	3.585	1.5615	0.17
W4360	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	3.157	4.7355	-0.15
W4370	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	2.723	2.8613	0.01
W740	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	3.265	3.1429	0.01
W780	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	3.479	3.4094	0.01
W870	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	3.852	5.778	-0.01
W890	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	5.214	5.1097	0.29
R1180	Kinematic Wave - Manning's n		0.07	0.07	-0.05
R120	Kinematic Wave - Manning's n		0.125	0.18798	-0.17
R170	Kinematic Wave - Manning's n		0.05	0.075	0.12
R290	Kinematic Wave - Manning's n		0.05	0.0491074	0.04
R410	Kinematic Wave - Manning's n		0.06	0.0485442	0
R4430	Kinematic Wave - Manning's n		0.05	0.075	-0.18
R570	Kinematic Wave - Manning's n		0.05	0.0333333	0.15

Anexo 28: Parámetro de calibración del Escenario MET05 para TR 50 años

Elemento	Parametro	Unidad	Valor Inicial	Valor Optimizado	Sensibilidad Funcion Objetivo
W1100	SCS Curve Number - Curve Number		78.345	99	-3.86
W1110	SCS Curve Number - Curve Number		74.9	49.933	0.09

W4360	SCS Curve Number - Curve Number		79.013	77.433	0.27
W4370	SCS Curve Number - Curve Number		79.529	77.938	0.28
W4410	SCS Curve Number - Curve Number		78.841	52.561	0.08
W650	SCS Curve Number - Curve Number		80.315	80.49	0.49
W740	SCS Curve Number - Curve Number		77.221	51.481	0.08
W770	SCS Curve Number - Curve Number		74.801	49.867	0.18
W780	SCS Curve Number - Curve Number		78.284	99	-0.13
W890	SCS Curve Number - Curve Number		76.805	75.269	0.2
W940	SCS Curve Number - Curve Number		72.99	71.53	0.24
W1000	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.59	29.385	-0.05
W1100	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.419	9.4204	0.48
W1110	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.507	11.671	0.01
W4360	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.517	20.276	-0.16
W4370	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.163	19.745	-0.2
W4410	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.676	20.514	-0.41
W650	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	12.538	12.538	-0.04
W740	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	15.244	22.866	-0.06
W770	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.628	11.752	-0.09
W780	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.211	6.316	-0.29
W870	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.172	25.758	-0.48
W890	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	15.644	10.429	0.13
W940	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.376	18.988	-0.01
W970	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.295	12.863	0.01
W1100	Clark Unit Hydrograph - Storage Coefficient	HR	0.5	0.33333	0.03
W780	Clark Unit Hydrograph - Storage Coefficient	HR	0.5	0.5	-0.34
W890	Clark Unit Hydrograph - Storage Coefficient	HR	0.5	0.33333	0.03
W940	Clark Unit Hydrograph - Storage Coefficient	HR	0.5	0.33333	0.01
W1100	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	3.585	3.5133	0.17
W1110	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	3.585	3.5133	0.02
W4370	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	2.723	2.723	0.34
W650	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	3.477	5.2155	-0.36
W770	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	3.443	2.2953	0.01
W890	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	5.214	2.271	0.1
W940	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	2.561	1.7073	0.02
R1180	Kinematic Wave - Manning's n		0.07	0.07009	0.22
R120	Kinematic Wave - Manning's n		0.125	0.12562	-0.47
R170	Kinematic Wave - Manning's n		0.05	0.075	-0.45
R290	Kinematic Wave - Manning's n		0.05	0.045	-0.14
R360	Kinematic Wave - Manning's n		0.06	0.05945	-0.07
R410	Kinematic Wave - Manning's n		0.06	0.04	0.03
R460	Kinematic Wave - Manning's n		0.05	0.0333	0.05
R570	Kinematic Wave - Manning's n		0.05	0.0333	0.11

Anexo 29: Parámetro de calibración del Escenario MET05 para TR 100 años

Elemento	Parametro	Unidad	Valor Inicial	Valor Optimizado	Sensibilidad Funcion Objetivo
W1000	SCS Curve Number - Curve Number		72.885	69.999	0.05
W1110	SCS Curve Number - Curve Number		74.9	73.402	0.27
W4360	SCS Curve Number - Curve Number		79.013	35.117	0
W4370	SCS Curve Number - Curve Number		79.529	77.938	0
W4410	SCS Curve Number - Curve Number		78.841	77.264	0.2
W650	SCS Curve Number - Curve Number		80.315	78.709	0.74
W740	SCS Curve Number - Curve Number		77.221	75.677	0.19
W770	SCS Curve Number - Curve Number		74.801	49.867	0.11
W780	SCS Curve Number - Curve Number		78.284	76.899	0.61
W870	SCS Curve Number - Curve Number		75.236	73.731	0.28
W890	SCS Curve Number - Curve Number		76.805	99	-1.25
W940	SCS Curve Number - Curve Number		72.99	71.53	0.3
W1000	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.59	29.385	-0.11
W1100	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.419	9.6127	0.05
W1110	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.507	11.671	0.05
W4360	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.517	20.276	-0.01
W4370	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.163	19.745	-0.01
W4410	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.676	30.793	-0.21
W650	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	12.538	12.437	-0.09
W740	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	15.244	34.299	-0.22
W770	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.628	26.442	-0.12
W780	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.211	14.003	-0.09
W870	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.172	25.758	-0.19
W890	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	15.644	15.331	0.25
W890	Clark Unit Hydrograph - Storage Coefficient	HR	0.5	0.49	0.05
W1100	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	3.585	3.5133	0.04
W1110	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	3.585	2.39	0.06
W4370	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	2.723	2.6724	-0.01
W650	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	3.477	3.3954	-0.04
W890	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	5.214	5.1097	0.25
W940	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	2.561	2.5098	0.02
R120	Kinematic Wave - Manning's n		0.125	0.63281	-0.06
R170	Kinematic Wave - Manning's n		0.05	0.04984	-0.19
R360	Kinematic Wave - Manning's n		0.06	0.06003	-0.05
R410	Kinematic Wave - Manning's n		0.06	0.04	0.03
R4430	Kinematic Wave - Manning's n		0.05	0.0675	0.27
R460	Kinematic Wave - Manning's n		0.05	0.0526	0.04
R570	Kinematic Wave - Manning's n		0.05	0.0487	0.16

Anexo 30: Parámetro de calibración del Escenario MET05 para TR 500 años

Elemento	Parametro	Unidad	Valor Inicial	Valor Optizado	Sensibilidad Funcion Objetivo
W1000	SCS Curve Number - Curve Number		72.885	69.999	0.13
W1100	SCS Curve Number - Curve Number		78.345	76.778	0.04
W4360	SCS Curve Number - Curve Number		79.013	52.232	0.17
W4370	SCS Curve Number - Curve Number		79.529	77.938	0.21
W4410	SCS Curve Number - Curve Number		78.841	51.509	-0.2
W650	SCS Curve Number - Curve Number		80.315	35.517	0.2
W740	SCS Curve Number - Curve Number		77.221	46.333	-0.24
W770	SCS Curve Number - Curve Number		74.801	73.305	0.3
W780	SCS Curve Number - Curve Number		78.284	79.165	0.17
W870	SCS Curve Number - Curve Number		75.236	74.44	0.19
W890	SCS Curve Number - Curve Number		76.805	99	-0.94
W940	SCS Curve Number - Curve Number		72.99	71.53	0.22
W970	SCS Curve Number - Curve Number		73.235	71.77	0.01
W1000	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.59	29.385	-0.04
W1100	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.419	9.6127	0.05
W4360	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.517	20.276	0.09
W4370	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.163	13.031	0
W4410	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.676	30.771	-0.09
W650	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	12.538	18.807	0.01
W780	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.211	14.125	0.29
W870	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.172	38.783	-0.24
W890	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	15.644	15.331	0.03
W1100	Clark Unit Hydrograph - Storage Coefficient	HR	0.5	0.3333	0.01
W940	Clark Unit Hydrograph - Storage Coefficient	HR	0.5	0.49	0.01
W1000	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	3.301	2.2007	0.01
W1100	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	3.585	3.5133	0.08
W780	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	3.479	3.6011	0.03
W870	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	3.852	3.8205	-0.01
W890	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	5.214	3.4065	0.02
W940	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	2.561	1.7073	0.02
R120	Kinematic Wave - Manning's n		0.125	0.1853	0.02
R360	Kinematic Wave - Manning's n		0.06	0.06	0
R410	Kinematic Wave - Manning's n		0.06	0.0588	0.02
R460	Kinematic Wave - Manning's n		0.05	0.049	0.04
R570	Kinematic Wave - Manning's n		0.05	0.0224	-0.03

Anexo 31: Parámetro de calibración del Escenario MET06 para TR 25 años

Elemento	Parametro	Unidad	Valor Inicial	Valor Optimizado	Sensibilidad Funcion Objetivo
W1000	SCS Curve Number - Curve Number		72.885	71.427	0.06
W1100	SCS Curve Number - Curve Number		78.345	99	0.64
W1110	SCS Curve Number - Curve Number		74.9	99	1.64
W4360	SCS Curve Number - Curve Number		79.013	77.433	0.13
W4370	SCS Curve Number - Curve Number		79.529	77.938	0.11
W4410	SCS Curve Number - Curve Number		78.841	77.264	0.46
W650	SCS Curve Number - Curve Number		80.315	53.543	0.09
W740	SCS Curve Number - Curve Number		77.221	75.677	0.47
W770	SCS Curve Number - Curve Number		74.801	75.206	0.24
W780	SCS Curve Number - Curve Number		78.284	52.189	0.16
W870	SCS Curve Number - Curve Number		75.236	50.157	0.08
W890	SCS Curve Number - Curve Number		76.805	99	5.28
W940	SCS Curve Number - Curve Number		72.99	71.53	0.09
W1000	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.59	19.688	-0.09
W1100	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.419	9.6127	0.22
W1110	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.507	11.671	0.05
W4360	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.517	20.276	-0.11
W4370	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.163	19.745	-0.12
W4410	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.676	13.737	-0.15
W650	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	12.538	18.807	-0.1
W740	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	15.244	15.32	-0.16
W770	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.628	26.442	-0.29
W780	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.211	14.28	-0.08
W870	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.172	17.255	-0.08
W890	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	15.644	15.704	-0.29
W940	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.376	29.064	-0.16
W970	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.295	28.943	-0.01
W1100	Clark Unit Hydrograph - Storage Coefficient	HR	0.5	0.33333	0.02
W1110	Clark Unit Hydrograph - Storage Coefficient	HR	0.5	0.33333	0.03
W4370	Clark Unit Hydrograph - Storage Coefficient	HR	0.5	0.75	-0.01
W890	Clark Unit Hydrograph - Storage Coefficient	HR	0.5	0.33333	0.01
W1100	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	3.585	3.5133	0.09
W1110	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	3.585	3.5133	0.15
W4360	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	3.157	3.1728	-0.01
W4370	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	2.723	2.7042	-0.01
W4410	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	3.88	3.8992	-0.02
W650	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	3.477	3.4941	-0.01
W740	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	3.265	3.2699	-0.01
W770	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	3.443	3.4481	-0.01
W780	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	3.479	3.4841	-0.01
W890	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	5.214	5.1097	0.08
R1180	Muskingum - K	HR	1.078	1.0781	-0.02

R120	Muskingum - K	HR	1.885	2.8275	0.05
R290	Muskingum - K	HR	2.222	2.5553	-0.01
R360	Muskingum - K	HR	1.254	1.2586	-0.01
R410	Muskingum - K	HR	0.715	0.7007	0.02
R4430	Muskingum - K	HR	1.689	1.6552	0.03
R460	Muskingum - K	HR	1.685	1.6513	0.18
R570	Muskingum - K	HR	1.83	1.7934	0.19
R120	Muskingum - x		0.25	0.375	-0.05
R290	Muskingum - x		0.2	0.201	-0.02
R360	Muskingum - x		0.3	0.3015	-0.01
R4430	Muskingum - x		0.25	0.375	-0.02
R460	Muskingum - x		0.25	0.245	0.02
R570	Muskingum - x		0.2	0.2	0.02

Anexo 32: Parámetro de calibración del Escenario MET06 para TR 50 años

Elemento	Parametro	Unidad	Valor Inicial	Valor Optimizado	Sensibilidad Funcion Objetivo
W1100	SCS Curve Number - Curve Number		78.345	99	-3.79
W1110	SCS Curve Number - Curve Number		74.9	73.402	0.22
W4360	SCS Curve Number - Curve Number		79.013	77.433	0.25
W4370	SCS Curve Number - Curve Number		79.529	51.959	0.08
W4410	SCS Curve Number - Curve Number		78.841	77.264	0
W650	SCS Curve Number - Curve Number		80.315	78.709	0.81
W740	SCS Curve Number - Curve Number		77.221	75.677	0.48
W770	SCS Curve Number - Curve Number		74.801	48.87	0.08
W870	SCS Curve Number - Curve Number		75.236	50.157	0.04
W890	SCS Curve Number - Curve Number		76.805	99	-4.6
W940	SCS Curve Number - Curve Number		72.99	71.53	0.22
W1000	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.59	29.385	-0.05
W1100	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.419	9.4204	0.35
W1110	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.507	26.261	-0.16
W4360	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.517	20.376	-0.21
W4370	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.163	13.228	-0.04
W4410	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.676	46.157	0
W650	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	12.538	12.546	-0.13
W770	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.628	26.442	-0.12
W780	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.211	14.281	-0.09
W870	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.172	25.758	-0.09
W890	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	15.644	15.331	0.38
W1100	Clark Unit Hydrograph - Storage Coefficient	HR	0.5	0.3333	0.02
W890	Clark Unit Hydrograph - Storage Coefficient	HR	0.5	0.3333	0.02
W1100	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	3.585	3.5133	0.14
W4410	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	3.88	3.8992	0

W890	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	5.214	1.514	0.06
W940	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	2.561	2.5098	0.01
R1180	Muskingum - K	HR	1.078	1.0782	-0.04
R120	Muskingum - K	HR	1.885	1.8917	-0.1
R170	Muskingum - K	HR	1.399	1.4036	-0.07
R360	Muskingum - K	HR	1.254	1.2602	-0.01
R410	Muskingum - K	HR	0.715	0.7007	0.07
R4430	Muskingum - K	HR	1.689	2.5456	-0.1
R460	Muskingum - K	HR	1.685	1.6513	0.16
R570	Muskingum - K	HR	1.83	1.7934	0.17

Anexo 33: Parámetro de calibración del Escenario MET06 para TR 100 años

Elemento	Parametro	Unidad	Valor Inicial	Valor Optimizado	Sensibilidad Funcion Objetivo
W1000	SCS Curve Number - Curve Number		72.885	69.999	0.06
W1100	SCS Curve Number - Curve Number		78.345	99	-2.52
W1110	SCS Curve Number - Curve Number		74.9	73.402	0.2
W4360	SCS Curve Number - Curve Number		79.013	77.433	0.24
W4370	SCS Curve Number - Curve Number		79.529	35.346	0.12
W4410	SCS Curve Number - Curve Number		78.841	51.509	0.14
W650	SCS Curve Number - Curve Number		80.315	78.709	0.43
W740	SCS Curve Number - Curve Number		77.221	46.333	0.15
W770	SCS Curve Number - Curve Number		74.801	73.305	0.46
W780	SCS Curve Number - Curve Number		78.284	76.718	0.51
W870	SCS Curve Number - Curve Number		75.236	73.731	0.27
W890	SCS Curve Number - Curve Number		76.805	75.269	0.31
W940	SCS Curve Number - Curve Number		72.99	71.53	0.17
W970	SCS Curve Number - Curve Number		73.235	99	-0.29
W1000	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.59	13.06	0.04
W1100	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.419	14.131	0.46
W1110	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.507	11.671	0.03
W4360	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.517	20.276	-0.18
W4370	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.163	12.976	-0.11
W4410	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.676	20.514	-0.14
W650	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	12.538	18.807	-0.25
W740	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	15.244	22.866	-0.04
W770	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	17.628	11.752	-0.04
W780	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.211	14.237	-0.09
W890	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	15.644	10.429	0.03
W940	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.376	12.917	0.02
W970	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.295	12.863	0.02
W1100	Clark Unit Hydrograph - Storage Coefficient	HR	0.5	0.33333	0.02
W1000	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	3.301	2.2007	0.02

W1100	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	3.585	3.5133	0.1
W1110	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	3.585	3.5133	0.04
W770	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	3.443	3.3741	0.02
W870	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	3.852	3.852	-0.02
W890	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	5.214	3.476	0.06
W940	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	2.561	2.5098	0.03
R170	Muskingum - K	HR	1.399	4.7216	-0.03
R290	Muskingum - K	HR	2.222	3.3494	-0.2
R410	Muskingum - K	HR	0.715	0.7007	0.06
R460	Muskingum - K	HR	1.685	1.6513	0.2
R570	Muskingum - K	HR	1.83	1.7934	0.23
R4430	Muskingum - x		0.25	0.375	-0.22

Anexo 34: Parámetro de calibración del Escenario MET06 para TR 500 años

Elemento	Parametro	Unidad	Valor Inicial	Valor Optimizado	Sensibilidad Funcion Objetivo
W1100	SCS Curve Number - Curve Number		78.345	99	-1.79
W4360	SCS Curve Number - Curve Number		79.013	75.884	0.42
W4370	SCS Curve Number - Curve Number		79.529	76.38	0.22
W4410	SCS Curve Number - Curve Number		78.841	51.509	0.15
W650	SCS Curve Number - Curve Number		80.315	52.472	0.28
W740	SCS Curve Number - Curve Number		77.221	50.451	0.14
W780	SCS Curve Number - Curve Number		78.284	46.97	0.19
W870	SCS Curve Number - Curve Number		75.236	49.154	0.11
W890	SCS Curve Number - Curve Number		76.805	75.622	0.74
W940	SCS Curve Number - Curve Number		72.99	99	-0.35
W970	SCS Curve Number - Curve Number		73.235	66	0.02
W1000	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	19.59	19.59	-0.05
W1100	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.419	13.848	0.22
W4360	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.517	20.377	-0.15
W4370	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.163	29.617	-0.18
W4410	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	13.676	20.602	-0.1
W740	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	15.244	22.89	-0.14
W780	SCS Curve Number - Initial Abstraction	MM	14.211	14.249	-0.05
W1100	Clark Unit Hydrograph - Time of Concentration	HR	3.585	2.3422	0.11
R170	Muskingum - K	HR	1.399	2.093	-0.12
R290	Muskingum - K	HR	2.222	3.3496	-0.25
R410	Muskingum - K	HR	0.715	0.46713	0.03
R460	Muskingum - K	HR	1.685	1.1009	0.07
R570	Muskingum - K	HR	1.83	1.1956	0.09

Anexo 35: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET01 para TR 25 años

Fecha	Hora	Q _{Sim}	Q _{Obs}	Fecha	Hora	Q _{Sim}	Q _{Obs}
1/01/2000	00:00	0.0	0.0	2/01/2000	12:00	137.3	93.1
1/01/2000	00:30	0.0	2.9	2/01/2000	12:30	127.1	87.9
1/01/2000	01:00	0.0	5.7	2/01/2000	13:00	118.0	83.2
1/01/2000	01:30	0.0	10.3	2/01/2000	13:30	109.7	78.6
1/01/2000	02:00	0.0	25.4	2/01/2000	14:00	102.3	74.1
1/01/2000	02:30	0.0	40.5	2/01/2000	14:30	95.5	69.6
1/01/2000	03:00	0.0	57.1	2/01/2000	15:00	89.1	65.0
1/01/2000	03:30	0.0	75.8	2/01/2000	15:30	83.2	61.1
1/01/2000	04:00	0.0	94.4	2/01/2000	16:00	78.1	59.0
1/01/2000	04:30	0.0	117.9	2/01/2000	16:30	73.3	56.9
1/01/2000	05:00	3.4	145.2	2/01/2000	17:00	68.8	54.8
1/01/2000	05:30	309.2	172.4	2/01/2000	17:30	64.9	52.7
1/01/2000	06:00	309.4	204.7	2/01/2000	18:00	61.1	50.6
1/01/2000	06:30	309.4	239.1	2/01/2000	18:30	57.7	48.7
1/01/2000	07:00	309.3	273.6	2/01/2000	19:00	54.4	46.9
1/01/2000	07:30	308.8	313.3	2/01/2000	19:30	51.3	45.2
1/01/2000	08:00	306.1	354.1	2/01/2000	20:00	48.6	43.4
1/01/2000	08:30	300.8	394.1	2/01/2000	20:30	45.9	41.7
1/01/2000	09:00	291.7	427.1	2/01/2000	21:00	43.5	40.0
1/01/2000	09:30	277.8	460.2	2/01/2000	21:30	41.1	38.2
1/01/2000	10:00	264.7	493.2	2/01/2000	22:00	39.0	36.5
1/01/2000	10:30	278.1	526.2	2/01/2000	22:30	37.0	34.7
1/01/2000	11:00	376.2	559.3	2/01/2000	23:00	35.1	33.0
1/01/2000	11:30	537.4	584.5	2/01/2000	23:30	33.4	31.3
1/01/2000	12:00	628.1	597.0	3/01/2000	00:00	31.7	29.5
1/01/2000	12:30	645.8	609.5	3/01/2000	00:30	30.2	27.8
1/01/2000	13:00	616.0	622.1	3/01/2000	01:00	28.7	26.0
1/01/2000	13:30	580.1	634.6	3/01/2000	01:30	27.3	24.5
1/01/2000	14:00	544.4	647.1	3/01/2000	02:00	26.0	23.6
1/01/2000	14:30	511.1	642.0	3/01/2000	02:30	24.8	22.7
1/01/2000	15:00	483.1	632.5	3/01/2000	03:00	23.7	21.8
1/01/2000	15:30	459.3	622.9	3/01/2000	03:30	22.6	21.0
1/01/2000	16:00	440.5	613.3	3/01/2000	04:00	21.6	20.1
1/01/2000	16:30	428.4	603.7	3/01/2000	04:30	20.7	19.2
1/01/2000	17:00	426.0	592.2	3/01/2000	05:00	19.8	18.3
1/01/2000	17:30	440.4	573.6	3/01/2000	05:30	18.9	17.5
1/01/2000	18:00	478.3	554.9	3/01/2000	06:00	18.1	16.6
1/01/2000	18:30	520.0	536.2	3/01/2000	06:30	17.4	15.7
1/01/2000	19:00	540.2	517.6	3/01/2000	07:00	16.7	14.8
1/01/2000	19:30	545.4	498.9	3/01/2000	07:30	16.0	13.9
1/01/2000	20:00	542.2	476.8	3/01/2000	08:00	15.4	13.1
1/01/2000	20:30	537.5	451.0	3/01/2000	08:30	14.8	12.2
1/01/2000	21:00	533.7	425.2	3/01/2000	09:00	14.2	11.6

1/01/2000	21:30	533.1	399.5	3/01/2000	09:30	13.6	11.1
1/01/2000	22:00	536.2	373.7	3/01/2000	10:00	13.1	10.5
1/01/2000	22:30	545.6	347.9	3/01/2000	10:30	12.6	9.9
1/01/2000	23:00	557.2	333.7	3/01/2000	11:00	12.2	9.3
1/01/2000	23:30	568.0	320.8	3/01/2000	11:30	11.7	8.8
2/01/2000	00:00	575.6	307.9	3/01/2000	12:00	11.3	8.2
2/01/2000	00:30	577.9	295.0	3/01/2000	12:30	10.9	7.6
2/01/2000	01:00	574.5	282.0	3/01/2000	13:00	10.5	7.0
2/01/2000	01:30	569.0	269.4	3/01/2000	13:30	10.2	6.4
2/01/2000	02:00	560.1	258.4	3/01/2000	14:00	9.8	5.8
2/01/2000	02:30	547.9	247.3	3/01/2000	14:30	9.5	5.3
2/01/2000	03:00	523.3	236.3	3/01/2000	15:00	9.2	4.7
2/01/2000	03:30	491.6	225.2	3/01/2000	15:30	8.9	4.1
2/01/2000	04:00	452.5	214.2	3/01/2000	16:00	8.6	3.8
2/01/2000	04:30	413.1	204.0	3/01/2000	16:30	8.3	3.5
2/01/2000	05:00	377.1	194.4	3/01/2000	17:00	8.1	3.2
2/01/2000	05:30	347.7	184.9	3/01/2000	17:30	7.8	2.9
2/01/2000	06:00	324.6	175.3	3/01/2000	18:00	7.6	2.6
2/01/2000	06:30	305.7	165.7	3/01/2000	18:30	7.3	2.3
2/01/2000	07:00	289.4	156.2	3/01/2000	19:00	7.1	2.1
2/01/2000	07:30	273.4	149.0	3/01/2000	19:30	6.9	1.8
2/01/2000	08:00	256.7	141.8	3/01/2000	20:00	6.7	1.5
2/01/2000	08:30	240.1	134.6	3/01/2000	20:30	6.5	1.2
2/01/2000	09:00	223.6	127.5	3/01/2000	21:00	6.3	0.9
2/01/2000	09:30	206.8	120.3	3/01/2000	21:30	6.1	0.6
2/01/2000	10:00	190.3	113.7	3/01/2000	22:00	6.0	0.3
2/01/2000	10:30	175.0	108.5	3/01/2000	22:30	5.8	0.0
2/01/2000	11:00	161.2	103.4	3/01/2000	23:00	5.6	0.0
2/01/2000	11:30	148.6	98.2				

Anexo 36: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET01 para TR 50 años

Fecha	Hora	Q _{Sim}	Q _{Obs}	Fecha	Hora	Q _{Sim}	Q _{Obs}
1/01/2000	00:00	0.0	0.0	2/01/2000	12:00	124.1	106.6
1/01/2000	00:30	0.0	3.3	2/01/2000	12:30	115.8	100.7
1/01/2000	01:00	0.0	6.6	2/01/2000	13:00	108.4	95.3
1/01/2000	01:30	0.0	11.8	2/01/2000	13:30	101.7	90.1
1/01/2000	02:00	0.0	29.1	2/01/2000	14:00	95.5	84.9
1/01/2000	02:30	0.0	46.4	2/01/2000	14:30	89.7	79.7
1/01/2000	03:00	0.0	65.4	2/01/2000	15:00	84.3	74.5
1/01/2000	03:30	0.0	86.8	2/01/2000	15:30	79.4	70.0
1/01/2000	04:00	0.0	108.2	2/01/2000	16:00	74.9	67.6
1/01/2000	04:30	0.0	135.1	2/01/2000	16:30	70.9	65.2
1/01/2000	05:00	54.0	166.3	2/01/2000	17:00	67.2	62.8
1/01/2000	05:30	309.4	197.6	2/01/2000	17:30	63.8	60.4

1/01/2000	06:00	309.4	234.5	2/01/2000	18:00	60.7	58.0
1/01/2000	06:30	309.4	274.0	2/01/2000	18:30	57.8	55.8
1/01/2000	07:00	309.4	313.5	2/01/2000	19:00	55.0	53.8
1/01/2000	07:30	309.5	358.9	2/01/2000	19:30	52.5	51.8
1/01/2000	08:00	310.6	405.7	2/01/2000	20:00	50.0	49.8
1/01/2000	08:30	314.7	451.5	2/01/2000	20:30	47.7	47.8
1/01/2000	09:00	322.2	489.3	2/01/2000	21:00	45.5	45.8
1/01/2000	09:30	331.3	527.2	2/01/2000	21:30	43.4	43.8
1/01/2000	10:00	342.3	565.0	2/01/2000	22:00	41.5	41.8
1/01/2000	10:30	354.4	602.8	2/01/2000	22:30	39.6	39.8
1/01/2000	11:00	367.3	640.7	2/01/2000	23:00	38.0	37.8
1/01/2000	11:30	388.5	669.6	2/01/2000	23:30	36.4	35.8
1/01/2000	12:00	430.7	683.9	3/01/2000	00:00	35.0	33.8
1/01/2000	12:30	498.9	698.3	3/01/2000	00:30	33.6	31.8
1/01/2000	13:00	561.5	712.6	3/01/2000	01:00	32.1	29.8
1/01/2000	13:30	597.6	727.0	3/01/2000	01:30	30.6	28.0
1/01/2000	14:00	610.0	741.3	3/01/2000	02:00	29.3	27.0
1/01/2000	14:30	612.4	735.5	3/01/2000	02:30	28.0	26.0
1/01/2000	15:00	609.9	724.5	3/01/2000	03:00	27.0	25.0
1/01/2000	15:30	604.0	713.6	3/01/2000	03:30	26.0	24.0
1/01/2000	16:00	596.9	702.6	3/01/2000	04:00	25.1	23.0
1/01/2000	16:30	589.4	691.6	3/01/2000	04:30	24.2	22.0
1/01/2000	17:00	581.1	678.4	3/01/2000	05:00	23.2	21.0
1/01/2000	17:30	572.8	657.0	3/01/2000	05:30	22.4	20.0
1/01/2000	18:00	565.6	635.7	3/01/2000	06:00	21.5	19.0
1/01/2000	18:30	560.1	614.3	3/01/2000	06:30	20.7	18.0
1/01/2000	19:00	556.1	592.9	3/01/2000	07:00	20.0	17.0
1/01/2000	19:30	554.1	571.5	3/01/2000	07:30	19.2	16.0
1/01/2000	20:00	553.6	546.2	3/01/2000	08:00	18.5	14.9
1/01/2000	20:30	554.7	516.7	3/01/2000	08:30	17.8	14.0
1/01/2000	21:00	557.3	487.1	3/01/2000	09:00	17.2	13.3
1/01/2000	21:30	560.6	457.6	3/01/2000	09:30	16.6	12.7
1/01/2000	22:00	564.1	428.1	3/01/2000	10:00	16.0	12.0
1/01/2000	22:30	567.6	398.5	3/01/2000	10:30	15.4	11.4
1/01/2000	23:00	570.6	382.3	3/01/2000	11:00	14.9	10.7
1/01/2000	23:30	572.4	367.5	3/01/2000	11:30	14.3	10.0
2/01/2000	00:00	573.0	352.7	3/01/2000	12:00	13.9	9.4
2/01/2000	00:30	572.0	337.9	3/01/2000	12:30	13.4	8.7
2/01/2000	01:00	568.6	323.1	3/01/2000	13:00	12.9	8.0
2/01/2000	01:30	562.2	308.6	3/01/2000	13:30	12.5	7.4
2/01/2000	02:00	552.2	296.0	3/01/2000	14:00	12.1	6.7
2/01/2000	02:30	536.8	283.3	3/01/2000	14:30	11.7	6.0
2/01/2000	03:00	515.9	270.7	3/01/2000	15:00	11.4	5.4
2/01/2000	03:30	486.4	258.0	3/01/2000	15:30	11.0	4.7
2/01/2000	04:00	452.4	245.4	3/01/2000	16:00	10.7	4.4
2/01/2000	04:30	416.1	233.7	3/01/2000	16:30	10.4	4.0

2/01/2000	05:00	380.1	222.8	3/01/2000	17:00	10.1	3.7
2/01/2000	05:30	345.6	211.8	3/01/2000	17:30	9.7	3.4
2/01/2000	06:00	313.2	200.8	3/01/2000	18:00	9.4	3.0
2/01/2000	06:30	284.2	189.9	3/01/2000	18:30	9.2	2.7
2/01/2000	07:00	259.2	178.9	3/01/2000	19:00	8.9	2.4
2/01/2000	07:30	238.3	170.7	3/01/2000	19:30	8.6	2.0
2/01/2000	08:00	221.4	162.5	3/01/2000	20:00	8.3	1.7
2/01/2000	08:30	207.2	154.2	3/01/2000	20:30	8.1	1.4
2/01/2000	09:00	192.8	146.0	3/01/2000	21:00	7.9	1.0
2/01/2000	09:30	178.5	137.8	3/01/2000	21:30	7.6	0.7
2/01/2000	10:00	165.4	130.2	3/01/2000	22:00	7.4	0.3
2/01/2000	10:30	153.6	124.3	3/01/2000	22:30	7.2	0.0
2/01/2000	11:00	142.9	118.4	3/01/2000	23:00	7.0	0.0
2/01/2000	11:30	133.1	112.5				

Anexo 37: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET01 para TR 100 años

Fecha	Hora	Q Sim	Q Obs	Fecha	Hora	Q Sim	Q Obs
1/01/2000	00:00	0.0	0.0	2/01/2000	12:00	163.4	120.5
1/01/2000	00:30	0.0	3.7	2/01/2000	12:30	151.5	113.8
1/01/2000	01:00	0.0	7.4	2/01/2000	13:00	141.0	107.7
1/01/2000	01:30	0.0	13.3	2/01/2000	13:30	131.5	101.8
1/01/2000	02:00	0.0	32.9	2/01/2000	14:00	122.9	95.9
1/01/2000	02:30	0.0	52.5	2/01/2000	14:30	114.9	90.1
1/01/2000	03:00	0.0	73.9	2/01/2000	15:00	107.8	84.2
1/01/2000	03:30	0.0	98.1	2/01/2000	15:30	101.9	79.1
1/01/2000	04:00	0.0	122.3	2/01/2000	16:00	97.2	76.4
1/01/2000	04:30	1.4	152.6	2/01/2000	16:30	93.5	73.7
1/01/2000	05:00	97.2	187.9	2/01/2000	17:00	90.2	71.0
1/01/2000	05:30	309.4	223.2	2/01/2000	17:30	87.0	68.3
1/01/2000	06:00	309.4	265.0	2/01/2000	18:00	83.9	65.5
1/01/2000	06:30	309.4	309.6	2/01/2000	18:30	81.1	63.0
1/01/2000	07:00	309.4	354.2	2/01/2000	19:00	78.5	60.7
1/01/2000	07:30	309.4	405.6	2/01/2000	19:30	76.1	58.5
1/01/2000	08:00	309.4	458.4	2/01/2000	20:00	73.8	56.2
1/01/2000	08:30	310.3	510.2	2/01/2000	20:30	71.4	54.0
1/01/2000	09:00	318.2	553.0	2/01/2000	21:00	68.8	51.7
1/01/2000	09:30	352.6	595.7	2/01/2000	21:30	66.0	49.5
1/01/2000	10:00	427.3	638.5	2/01/2000	22:00	63.5	47.2
1/01/2000	10:30	535.5	681.2	2/01/2000	22:30	60.9	45.0
1/01/2000	11:00	646.2	724.0	2/01/2000	23:00	58.2	42.7
1/01/2000	11:30	726.1	756.7	2/01/2000	23:30	55.6	40.5
1/01/2000	12:00	767.5	772.8	3/01/2000	00:00	53.4	38.2
1/01/2000	12:30	780.5	789.1	3/01/2000	00:30	51.2	36.0
1/01/2000	13:00	778.0	805.3	3/01/2000	01:00	48.9	33.7

1/01/2000	13:30	768.7	821.5	3/01/2000	01:30	46.6	31.7
1/01/2000	14:00	758.2	837.7	3/01/2000	02:00	44.8	30.5
1/01/2000	14:30	749.6	831.1	3/01/2000	02:30	42.9	29.4
1/01/2000	15:00	742.3	818.7	3/01/2000	03:00	41.0	28.3
1/01/2000	15:30	736.7	806.3	3/01/2000	03:30	39.3	27.1
1/01/2000	16:00	734.2	793.9	3/01/2000	04:00	37.7	26.0
1/01/2000	16:30	735.0	781.5	3/01/2000	04:30	36.1	24.9
1/01/2000	17:00	738.6	766.7	3/01/2000	05:00	34.5	23.7
1/01/2000	17:30	744.7	742.5	3/01/2000	05:30	33.0	22.6
1/01/2000	18:00	751.8	718.3	3/01/2000	06:00	31.6	21.5
1/01/2000	18:30	757.6	694.2	3/01/2000	06:30	30.5	20.3
1/01/2000	19:00	763.6	670.0	3/01/2000	07:00	29.4	19.2
1/01/2000	19:30	770.1	645.8	3/01/2000	07:30	28.5	18.0
1/01/2000	20:00	775.8	617.2	3/01/2000	08:00	27.5	16.9
1/01/2000	20:30	779.1	583.8	3/01/2000	08:30	26.5	15.8
1/01/2000	21:00	779.1	550.5	3/01/2000	09:00	25.6	15.1
1/01/2000	21:30	776.9	517.1	3/01/2000	09:30	24.6	14.3
1/01/2000	22:00	774.0	483.7	3/01/2000	10:00	23.7	13.6
1/01/2000	22:30	770.7	450.4	3/01/2000	10:30	22.9	12.8
1/01/2000	23:00	767.2	432.0	3/01/2000	11:00	22.1	12.1
1/01/2000	23:30	763.7	415.3	3/01/2000	11:30	21.3	11.3
2/01/2000	00:00	760.2	398.5	3/01/2000	12:00	20.5	10.6
2/01/2000	00:30	754.8	381.8	3/01/2000	12:30	19.7	9.8
2/01/2000	01:00	746.4	365.1	3/01/2000	13:00	19.0	9.1
2/01/2000	01:30	735.6	348.8	3/01/2000	13:30	18.3	8.3
2/01/2000	02:00	722.4	334.5	3/01/2000	14:00	17.7	7.6
2/01/2000	02:30	701.1	320.2	3/01/2000	14:30	17.2	6.8
2/01/2000	03:00	668.9	305.9	3/01/2000	15:00	16.6	6.1
2/01/2000	03:30	627.3	291.6	3/01/2000	15:30	16.0	5.3
2/01/2000	04:00	580.6	277.3	3/01/2000	16:00	15.5	4.9
2/01/2000	04:30	535.0	264.1	3/01/2000	16:30	15.0	4.6
2/01/2000	05:00	492.9	251.7	3/01/2000	17:00	14.6	4.2
2/01/2000	05:30	453.7	239.3	3/01/2000	17:30	14.1	3.8
2/01/2000	06:00	418.5	226.9	3/01/2000	18:00	13.7	3.4
2/01/2000	06:30	388.6	214.5	3/01/2000	18:30	13.3	3.0
2/01/2000	07:00	362.1	202.2	3/01/2000	19:00	12.9	2.7
2/01/2000	07:30	338.4	192.9	3/01/2000	19:30	12.6	2.3
2/01/2000	08:00	315.5	183.6	3/01/2000	20:00	12.2	1.9
2/01/2000	08:30	292.4	174.3	3/01/2000	20:30	11.9	1.5
2/01/2000	09:00	269.6	165.0	3/01/2000	21:00	11.6	1.1
2/01/2000	09:30	247.9	155.7	3/01/2000	21:30	11.3	0.8
2/01/2000	10:00	227.5	147.1	3/01/2000	22:00	11.0	0.4
2/01/2000	10:30	209.0	140.5	3/01/2000	22:30	10.7	0.0
2/01/2000	11:00	192.1	133.8	3/01/2000	23:00	10.4	0.0
2/01/2000	11:30	176.9	127.1				

Anexo 38: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET01 para TR 500 años

Fecha	Hora	Q _{Sim}	Q _{Obs}	Fecha	Hora	Q _{Sim}	Q _{Obs}
1/01/2000	00:00	0.0	0.0	2/01/2000	12:00	161.2	154.3
1/01/2000	00:30	0.0	4.8	2/01/2000	12:30	148.0	145.7
1/01/2000	01:00	0.0	9.5	2/01/2000	13:00	136.5	137.9
1/01/2000	01:30	0.0	17.1	2/01/2000	13:30	126.4	130.4
1/01/2000	02:00	0.0	42.1	2/01/2000	14:00	117.4	122.9
1/01/2000	02:30	0.0	67.2	2/01/2000	14:30	109.2	115.3
1/01/2000	03:00	0.0	94.7	2/01/2000	15:00	101.7	107.8
1/01/2000	03:30	0.0	125.6	2/01/2000	15:30	94.9	101.3
1/01/2000	04:00	0.0	156.6	2/01/2000	16:00	88.8	97.9
1/01/2000	04:30	0.1	195.4	2/01/2000	16:30	83.3	94.4
1/01/2000	05:00	19.2	240.7	2/01/2000	17:00	78.4	90.9
1/01/2000	05:30	225.9	285.9	2/01/2000	17:30	73.8	87.4
1/01/2000	06:00	309.4	339.3	2/01/2000	18:00	69.7	83.9
1/01/2000	06:30	309.4	396.5	2/01/2000	18:30	65.8	80.7
1/01/2000	07:00	309.4	453.6	2/01/2000	19:00	62.2	77.8
1/01/2000	07:30	309.2	519.4	2/01/2000	19:30	58.7	74.9
1/01/2000	08:00	307.8	587.1	2/01/2000	20:00	55.4	72.0
1/01/2000	08:30	302.1	653.4	2/01/2000	20:30	52.4	69.1
1/01/2000	09:00	295.2	708.1	2/01/2000	21:00	49.6	66.2
1/01/2000	09:30	304.8	762.9	2/01/2000	21:30	47.0	63.4
1/01/2000	10:00	400.4	817.7	2/01/2000	22:00	44.6	60.5
1/01/2000	10:30	670.1	872.4	2/01/2000	22:30	42.4	57.6
1/01/2000	11:00	950.0	927.2	2/01/2000	23:00	40.3	54.7
1/01/2000	11:30	1061.3	969.0	2/01/2000	23:30	38.3	51.8
1/01/2000	12:00	1066.2	989.8	3/01/2000	00:00	36.6	48.9
1/01/2000	12:30	1028.3	1010.5	3/01/2000	00:30	35.0	46.0
1/01/2000	13:00	979.4	1031.3	3/01/2000	01:00	33.6	43.2
1/01/2000	13:30	933.1	1052.0	3/01/2000	01:30	32.2	40.6
1/01/2000	14:00	892.6	1072.8	3/01/2000	02:00	30.9	39.1
1/01/2000	14:30	860.3	1064.4	3/01/2000	02:30	29.5	37.7
1/01/2000	15:00	841.5	1048.5	3/01/2000	03:00	28.1	36.2
1/01/2000	15:30	846.4	1032.6	3/01/2000	03:30	26.6	34.8
1/01/2000	16:00	886.4	1016.8	3/01/2000	04:00	25.4	33.3
1/01/2000	16:30	948.6	1000.9	3/01/2000	04:30	24.1	31.8
1/01/2000	17:00	995.2	981.8	3/01/2000	05:00	23.2	30.4
1/01/2000	17:30	1013.0	950.9	3/01/2000	05:30	22.3	28.9
1/01/2000	18:00	1011.4	919.9	3/01/2000	06:00	21.5	27.5
1/01/2000	18:30	999.3	889.0	3/01/2000	06:30	20.7	26.0
1/01/2000	19:00	982.7	858.0	3/01/2000	07:00	19.9	24.5
1/01/2000	19:30	965.7	827.1	3/01/2000	07:30	19.1	23.1
1/01/2000	20:00	950.8	790.4	3/01/2000	08:00	18.4	21.6
1/01/2000	20:30	940.3	747.7	3/01/2000	08:30	17.7	20.3
1/01/2000	21:00	935.5	704.9	3/01/2000	09:00	17.0	19.3

1/01/2000	21:30	936.4	662.2	3/01/2000	09:30	16.3	18.4
1/01/2000	22:00	940.6	619.5	3/01/2000	10:00	15.7	17.4
1/01/2000	22:30	941.2	576.8	3/01/2000	10:30	15.1	16.4
1/01/2000	23:00	937.1	553.2	3/01/2000	11:00	14.6	15.5
1/01/2000	23:30	932.5	531.8	3/01/2000	11:30	14.1	14.5
2/01/2000	00:00	929.3	510.4	3/01/2000	12:00	13.6	13.5
2/01/2000	00:30	927.8	489.0	3/01/2000	12:30	13.1	12.6
2/01/2000	01:00	925.8	467.5	3/01/2000	13:00	12.6	11.6
2/01/2000	01:30	916.2	446.7	3/01/2000	13:30	12.2	10.6
2/01/2000	02:00	891.9	428.4	3/01/2000	14:00	11.8	9.7
2/01/2000	02:30	851.5	410.0	3/01/2000	14:30	11.4	8.7
2/01/2000	03:00	795.5	391.7	3/01/2000	15:00	11.1	7.8
2/01/2000	03:30	729.9	373.4	3/01/2000	15:30	10.7	6.8
2/01/2000	04:00	664.9	355.1	3/01/2000	16:00	10.4	6.3
2/01/2000	04:30	607.5	338.2	3/01/2000	16:30	10.0	5.8
2/01/2000	05:00	558.0	322.4	3/01/2000	17:00	9.7	5.3
2/01/2000	05:30	515.4	306.5	3/01/2000	17:30	9.3	4.9
2/01/2000	06:00	478.6	290.6	3/01/2000	18:00	9.0	4.4
2/01/2000	06:30	444.6	274.8	3/01/2000	18:30	8.7	3.9
2/01/2000	07:00	411.4	258.9	3/01/2000	19:00	8.4	3.4
2/01/2000	07:30	378.0	247.0	3/01/2000	19:30	8.1	2.9
2/01/2000	08:00	345.3	235.1	3/01/2000	20:00	7.9	2.4
2/01/2000	08:30	313.9	223.2	3/01/2000	20:30	7.6	2.0
2/01/2000	09:00	284.9	211.3	3/01/2000	21:00	7.4	1.5
2/01/2000	09:30	258.0	199.4	3/01/2000	21:30	7.2	1.0
2/01/2000	10:00	234.0	188.4	3/01/2000	22:00	7.0	0.5
2/01/2000	10:30	212.3	179.9	3/01/2000	22:30	6.8	0.0
2/01/2000	11:00	193.0	171.4	3/01/2000	23:00	6.6	0.0
2/01/2000	11:30	176.1	162.8				

Anexo 39: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET02 para TR 25 años

Fecha	Hora	Q _{Sim}	Q _{Obs}	Fecha	Hora	Q _{Sim}	Q _{Obs}
1/01/2000	00:00	0.0	0.0	2/01/2000	12:00	204.5	93.1
1/01/2000	00:30	0.0	2.9	2/01/2000	12:30	191.6	87.9
1/01/2000	01:00	0.0	5.7	2/01/2000	13:00	178.9	83.2
1/01/2000	01:30	0.0	10.3	2/01/2000	13:30	166.4	78.6
1/01/2000	02:00	0.0	25.4	2/01/2000	14:00	154.0	74.1
1/01/2000	02:30	0.4	40.5	2/01/2000	14:30	142.0	69.6
1/01/2000	03:00	13.6	57.1	2/01/2000	15:00	130.4	65.0
1/01/2000	03:30	37.9	75.8	2/01/2000	15:30	119.3	61.1
1/01/2000	04:00	69.6	94.4	2/01/2000	16:00	108.6	59.0
1/01/2000	04:30	104.2	117.9	2/01/2000	16:30	98.6	56.9
1/01/2000	05:00	138.4	145.2	2/01/2000	17:00	89.0	54.8
1/01/2000	05:30	169.8	172.4	2/01/2000	17:30	80.1	52.7

1/01/2000	06:00	197.6	204.7	2/01/2000	18:00	71.9	50.6
1/01/2000	06:30	221.6	239.1	2/01/2000	18:30	64.2	48.7
1/01/2000	07:00	241.9	273.6	2/01/2000	19:00	57.2	46.9
1/01/2000	07:30	259.4	313.3	2/01/2000	19:30	50.7	45.2
1/01/2000	08:00	273.8	354.1	2/01/2000	20:00	44.9	43.4
1/01/2000	08:30	286.4	394.1	2/01/2000	20:30	39.6	41.7
1/01/2000	09:00	300.3	427.1	2/01/2000	21:00	34.8	40.0
1/01/2000	09:30	318.7	460.2	2/01/2000	21:30	30.5	38.2
1/01/2000	10:00	343.8	493.2	2/01/2000	22:00	26.7	36.5
1/01/2000	10:30	376.1	526.2	2/01/2000	22:30	23.3	34.7
1/01/2000	11:00	414.1	559.3	2/01/2000	23:00	20.3	33.0
1/01/2000	11:30	454.3	584.5	2/01/2000	23:30	17.6	31.3
1/01/2000	12:00	493.1	597.0	3/01/2000	00:00	15.2	29.5
1/01/2000	12:30	527.6	609.5	3/01/2000	00:30	13.2	27.8
1/01/2000	13:00	555.8	622.1	3/01/2000	01:00	11.4	26.0
1/01/2000	13:30	576.3	634.6	3/01/2000	01:30	9.8	24.5
1/01/2000	14:00	588.5	647.1	3/01/2000	02:00	8.4	23.6
1/01/2000	14:30	592.5	642.0	3/01/2000	02:30	7.2	22.7
1/01/2000	15:00	589.8	632.5	3/01/2000	03:00	6.2	21.8
1/01/2000	15:30	582.2	622.9	3/01/2000	03:30	5.3	21.0
1/01/2000	16:00	571.6	613.3	3/01/2000	04:00	4.5	20.1
1/01/2000	16:30	559.2	603.7	3/01/2000	04:30	3.8	19.2
1/01/2000	17:00	546.5	592.2	3/01/2000	05:00	3.3	18.3
1/01/2000	17:30	534.2	573.6	3/01/2000	05:30	2.8	17.5
1/01/2000	18:00	523.1	554.9	3/01/2000	06:00	2.4	16.6
1/01/2000	18:30	513.2	536.2	3/01/2000	06:30	2.0	15.7
1/01/2000	19:00	504.7	517.6	3/01/2000	07:00	1.7	14.8
1/01/2000	19:30	497.2	498.9	3/01/2000	07:30	1.4	13.9
1/01/2000	20:00	491.2	476.8	3/01/2000	08:00	1.2	13.1
1/01/2000	20:30	486.5	451.0	3/01/2000	08:30	1.0	12.2
1/01/2000	21:00	483.4	425.2	3/01/2000	09:00	0.9	11.6
1/01/2000	21:30	481.7	399.5	3/01/2000	09:30	0.7	11.1
1/01/2000	22:00	481.4	373.7	3/01/2000	10:00	0.6	10.5
1/01/2000	22:30	482.0	347.9	3/01/2000	10:30	0.5	9.9
1/01/2000	23:00	483.5	333.7	3/01/2000	11:00	0.4	9.3
1/01/2000	23:30	485.2	320.8	3/01/2000	11:30	0.4	8.8
2/01/2000	00:00	487.4	307.9	3/01/2000	12:00	0.3	8.2
2/01/2000	00:30	489.6	295.0	3/01/2000	12:30	0.3	7.6
2/01/2000	01:00	491.9	282.0	3/01/2000	13:00	0.2	7.0
2/01/2000	01:30	493.7	269.4	3/01/2000	13:30	0.2	6.4
2/01/2000	02:00	494.5	258.4	3/01/2000	14:00	0.2	5.8
2/01/2000	02:30	492.6	247.3	3/01/2000	14:30	0.1	5.3
2/01/2000	03:00	486.5	236.3	3/01/2000	15:00	0.1	4.7
2/01/2000	03:30	475.5	225.2	3/01/2000	15:30	0.1	4.1
2/01/2000	04:00	460.3	214.2	3/01/2000	16:00	0.1	3.8
2/01/2000	04:30	442.3	204.0	3/01/2000	16:30	0.1	3.5

2/01/2000	05:00	422.9	194.4	3/01/2000	17:00	0.1	3.2
2/01/2000	05:30	402.7	184.9	3/01/2000	17:30	0.0	2.9
2/01/2000	06:00	382.9	175.3	3/01/2000	18:00	0.0	2.6
2/01/2000	06:30	363.7	165.7	3/01/2000	18:30	0.0	2.3
2/01/2000	07:00	345.7	156.2	3/01/2000	19:00	0.0	2.1
2/01/2000	07:30	329.1	149.0	3/01/2000	19:30	0.0	1.8
2/01/2000	08:00	313.5	141.8	3/01/2000	20:00	0.0	1.5
2/01/2000	08:30	298.2	134.6	3/01/2000	20:30	0.0	1.2
2/01/2000	09:00	283.8	127.5	3/01/2000	21:00	0.0	0.9
2/01/2000	09:30	270.1	120.3	3/01/2000	21:30	0.0	0.6
2/01/2000	10:00	256.7	113.7	3/01/2000	22:00	0.0	0.3
2/01/2000	10:30	243.5	108.5	3/01/2000	22:30	0.0	0.0
2/01/2000	11:00	230.5	103.4	3/01/2000	23:00	0.0	0.0
2/01/2000	11:30	217.4	98.2				

Anexo 40: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET02 para TR 50 años

Fecha	Hora	Q Sim	Q Obs	Fecha	Hora	Q Sim	Q Obs
1/01/2000	00:00	0.0	0.0	2/01/2000	12:00	145.0	106.6
1/01/2000	00:30	0.0	3.3	2/01/2000	12:30	134.0	100.7
1/01/2000	01:00	0.0	6.6	2/01/2000	13:00	123.3	95.3
1/01/2000	01:30	0.0	11.8	2/01/2000	13:30	113.1	90.1
1/01/2000	02:00	0.0	29.1	2/01/2000	14:00	103.2	84.9
1/01/2000	02:30	1.0	46.4	2/01/2000	14:30	93.8	79.7
1/01/2000	03:00	15.1	65.4	2/01/2000	15:00	84.8	74.5
1/01/2000	03:30	40.5	86.8	2/01/2000	15:30	76.3	70.0
1/01/2000	04:00	73.1	108.2	2/01/2000	16:00	68.4	67.6
1/01/2000	04:30	108.3	135.1	2/01/2000	16:30	60.9	65.2
1/01/2000	05:00	142.8	166.3	2/01/2000	17:00	54.1	62.8
1/01/2000	05:30	174.4	197.6	2/01/2000	17:30	47.7	60.4
1/01/2000	06:00	202.1	234.5	2/01/2000	18:00	41.9	58.0
1/01/2000	06:30	226.0	274.0	2/01/2000	18:30	36.7	55.8
1/01/2000	07:00	245.9	313.5	2/01/2000	19:00	31.9	53.8
1/01/2000	07:30	261.6	358.9	2/01/2000	19:30	27.7	51.8
1/01/2000	08:00	274.1	405.7	2/01/2000	20:00	23.9	49.8
1/01/2000	08:30	286.6	451.5	2/01/2000	20:30	20.6	47.8
1/01/2000	09:00	301.7	489.3	2/01/2000	21:00	17.6	45.8
1/01/2000	09:30	321.8	527.2	2/01/2000	21:30	15.0	43.8
1/01/2000	10:00	347.6	565.0	2/01/2000	22:00	12.8	41.8
1/01/2000	10:30	380.7	602.8	2/01/2000	22:30	10.8	39.8
1/01/2000	11:00	423.2	640.7	2/01/2000	23:00	9.1	37.8
1/01/2000	11:30	473.6	669.6	2/01/2000	23:30	7.7	35.8
1/01/2000	12:00	526.1	683.9	3/01/2000	00:00	6.4	33.8
1/01/2000	12:30	573.3	698.3	3/01/2000	00:30	5.4	31.8
1/01/2000	13:00	610.7	712.6	3/01/2000	01:00	4.4	29.8

1/01/2000	13:30	636.3	727.0	3/01/2000	01:30	3.7	28.0
1/01/2000	14:00	649.6	741.3	3/01/2000	02:00	3.0	27.0
1/01/2000	14:30	651.7	735.5	3/01/2000	02:30	2.5	26.0
1/01/2000	15:00	644.9	724.5	3/01/2000	03:00	2.0	25.0
1/01/2000	15:30	631.5	713.6	3/01/2000	03:30	1.7	24.0
1/01/2000	16:00	614.1	702.6	3/01/2000	04:00	1.4	23.0
1/01/2000	16:30	594.7	691.6	3/01/2000	04:30	1.1	22.0
1/01/2000	17:00	574.8	678.4	3/01/2000	05:00	0.9	21.0
1/01/2000	17:30	555.1	657.0	3/01/2000	05:30	0.7	20.0
1/01/2000	18:00	536.6	635.7	3/01/2000	06:00	0.6	19.0
1/01/2000	18:30	520.0	614.3	3/01/2000	06:30	0.5	18.0
1/01/2000	19:00	505.5	592.9	3/01/2000	07:00	0.4	17.0
1/01/2000	19:30	493.2	571.5	3/01/2000	07:30	0.3	16.0
1/01/2000	20:00	482.9	546.2	3/01/2000	08:00	0.2	14.9
1/01/2000	20:30	474.7	516.7	3/01/2000	08:30	0.2	14.0
1/01/2000	21:00	468.6	487.1	3/01/2000	09:00	0.1	13.3
1/01/2000	21:30	464.3	457.6	3/01/2000	09:30	0.1	12.7
1/01/2000	22:00	461.7	428.1	3/01/2000	10:00	0.1	12.0
1/01/2000	22:30	461.0	398.5	3/01/2000	10:30	0.1	11.4
1/01/2000	23:00	462.2	382.3	3/01/2000	11:00	0.1	10.7
1/01/2000	23:30	464.7	367.5	3/01/2000	11:30	0.0	10.0
2/01/2000	00:00	468.1	352.7	3/01/2000	12:00	0.0	9.4
2/01/2000	00:30	471.3	337.9	3/01/2000	12:30	0.0	8.7
2/01/2000	01:00	473.1	323.1	3/01/2000	13:00	0.0	8.0
2/01/2000	01:30	472.2	308.6	3/01/2000	13:30	0.0	7.4
2/01/2000	02:00	468.6	296.0	3/01/2000	14:00	0.0	6.7
2/01/2000	02:30	462.8	283.3	3/01/2000	14:30	0.0	6.0
2/01/2000	03:00	453.9	270.7	3/01/2000	15:00	0.0	5.4
2/01/2000	03:30	440.8	258.0	3/01/2000	15:30	0.0	4.7
2/01/2000	04:00	423.1	245.4	3/01/2000	16:00	0.0	4.4
2/01/2000	04:30	401.9	233.7	3/01/2000	16:30	0.0	4.0
2/01/2000	05:00	378.0	222.8	3/01/2000	17:00	0.0	3.7
2/01/2000	05:30	353.6	211.8	3/01/2000	17:30	0.0	3.4
2/01/2000	06:00	329.6	200.8	3/01/2000	18:00	0.0	3.0
2/01/2000	06:30	306.7	189.9	3/01/2000	18:30	0.0	2.7
2/01/2000	07:00	285.9	178.9	3/01/2000	19:00	0.0	2.4
2/01/2000	07:30	267.3	170.7	3/01/2000	19:30	0.0	2.0
2/01/2000	08:00	250.4	162.5	3/01/2000	20:00	0.0	1.7
2/01/2000	08:30	234.8	154.2	3/01/2000	20:30	0.0	1.4
2/01/2000	09:00	220.3	146.0	3/01/2000	21:00	0.0	1.0
2/01/2000	09:30	206.5	137.8	3/01/2000	21:30	0.0	0.7
2/01/2000	10:00	193.3	130.2	3/01/2000	22:00	0.0	0.3
2/01/2000	10:30	180.5	124.3	3/01/2000	22:30	0.0	0.0
2/01/2000	11:00	168.3	118.4	3/01/2000	23:00	0.0	0.0
2/01/2000	11:30	156.4	112.5				

Anexo 41: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET02 para TR 100 años

Fecha	Hora	Q _{Sim}	Q _{Obs}	Fecha	Hora	Q _{Sim}	Q _{Obs}
1/01/2000	00:00	0.0	0.0	2/01/2000	12:00	336.9	120.5
1/01/2000	00:30	0.0	3.7	2/01/2000	12:30	323.4	113.8
1/01/2000	01:00	0.0	7.4	2/01/2000	13:00	310.1	107.7
1/01/2000	01:30	0.0	13.3	2/01/2000	13:30	296.9	101.8
1/01/2000	02:00	0.0	32.9	2/01/2000	14:00	283.9	95.9
1/01/2000	02:30	0.8	52.5	2/01/2000	14:30	271.0	90.1
1/01/2000	03:00	14.7	73.9	2/01/2000	15:00	258.3	84.2
1/01/2000	03:30	39.8	98.1	2/01/2000	15:30	245.7	79.1
1/01/2000	04:00	72.2	122.3	2/01/2000	16:00	233.3	76.4
1/01/2000	04:30	107.4	152.6	2/01/2000	16:30	221.1	73.7
1/01/2000	05:00	141.9	187.9	2/01/2000	17:00	209.2	71.0
1/01/2000	05:30	173.5	223.2	2/01/2000	17:30	197.6	68.3
1/01/2000	06:00	201.0	265.0	2/01/2000	18:00	186.3	65.5
1/01/2000	06:30	224.2	309.6	2/01/2000	18:30	175.3	63.0
1/01/2000	07:00	243.3	354.2	2/01/2000	19:00	164.7	60.7
1/01/2000	07:30	259.0	405.6	2/01/2000	19:30	154.6	58.5
1/01/2000	08:00	271.5	458.4	2/01/2000	20:00	144.8	56.2
1/01/2000	08:30	282.3	510.2	2/01/2000	20:30	135.4	54.0
1/01/2000	09:00	295.9	553.0	2/01/2000	21:00	126.5	51.7
1/01/2000	09:30	320.4	595.7	2/01/2000	21:30	118.0	49.5
1/01/2000	10:00	361.5	638.5	2/01/2000	22:00	109.9	47.2
1/01/2000	10:30	419.7	681.2	2/01/2000	22:30	102.3	45.0
1/01/2000	11:00	487.9	724.0	2/01/2000	23:00	95.1	42.7
1/01/2000	11:30	556.8	756.7	2/01/2000	23:30	88.4	40.5
1/01/2000	12:00	617.9	772.8	3/01/2000	00:00	82.0	38.2
1/01/2000	12:30	667.4	789.1	3/01/2000	00:30	76.1	36.0
1/01/2000	13:00	704.0	805.3	3/01/2000	01:00	70.5	33.7
1/01/2000	13:30	729.3	821.5	3/01/2000	01:30	65.3	31.7
1/01/2000	14:00	744.7	837.7	3/01/2000	02:00	60.4	30.5
1/01/2000	14:30	753.1	831.1	3/01/2000	02:30	55.9	29.4
1/01/2000	15:00	756.4	818.7	3/01/2000	03:00	51.6	28.3
1/01/2000	15:30	756.2	806.3	3/01/2000	03:30	47.7	27.1
1/01/2000	16:00	754.3	793.9	3/01/2000	04:00	44.1	26.0
1/01/2000	16:30	751.4	781.5	3/01/2000	04:30	40.7	24.9
1/01/2000	17:00	748.4	766.7	3/01/2000	05:00	37.5	23.7
1/01/2000	17:30	745.2	742.5	3/01/2000	05:30	34.6	22.6
1/01/2000	18:00	742.2	718.3	3/01/2000	06:00	31.9	21.5
1/01/2000	18:30	739.5	694.2	3/01/2000	06:30	29.4	20.3
1/01/2000	19:00	737.4	670.0	3/01/2000	07:00	27.1	19.2
1/01/2000	19:30	736.0	645.8	3/01/2000	07:30	25.0	18.0
1/01/2000	20:00	735.8	617.2	3/01/2000	08:00	23.1	16.9
1/01/2000	20:30	737.0	583.8	3/01/2000	08:30	21.2	15.8
1/01/2000	21:00	739.6	550.5	3/01/2000	09:00	19.6	15.1

1/01/2000	21:30	742.8	517.1	3/01/2000	09:30	18.0	14.3
1/01/2000	22:00	746.5	483.7	3/01/2000	10:00	16.7	13.6
1/01/2000	22:30	750.4	450.4	3/01/2000	10:30	15.4	12.8
1/01/2000	23:00	754.4	432.0	3/01/2000	11:00	14.2	12.1
1/01/2000	23:30	758.4	415.3	3/01/2000	11:30	13.2	11.3
2/01/2000	00:00	762.8	398.5	3/01/2000	12:00	12.2	10.6
2/01/2000	00:30	766.5	381.8	3/01/2000	12:30	11.2	9.8
2/01/2000	01:00	768.1	365.1	3/01/2000	13:00	10.4	9.1
2/01/2000	01:30	765.0	348.8	3/01/2000	13:30	9.6	8.3
2/01/2000	02:00	755.3	334.5	3/01/2000	14:00	8.8	7.6
2/01/2000	02:30	738.5	320.2	3/01/2000	14:30	8.1	6.8
2/01/2000	03:00	714.9	305.9	3/01/2000	15:00	7.5	6.1
2/01/2000	03:30	685.8	291.6	3/01/2000	15:30	6.9	5.3
2/01/2000	04:00	653.8	277.3	3/01/2000	16:00	6.4	4.9
2/01/2000	04:30	622.1	264.1	3/01/2000	16:30	5.9	4.6
2/01/2000	05:00	591.4	251.7	3/01/2000	17:00	5.4	4.2
2/01/2000	05:30	563.0	239.3	3/01/2000	17:30	5.0	3.8
2/01/2000	06:00	537.7	226.9	3/01/2000	18:00	4.6	3.4
2/01/2000	06:30	514.5	214.5	3/01/2000	18:30	4.2	3.0
2/01/2000	07:00	493.5	202.2	3/01/2000	19:00	3.9	2.7
2/01/2000	07:30	474.5	192.9	3/01/2000	19:30	3.6	2.3
2/01/2000	08:00	457.0	183.6	3/01/2000	20:00	3.3	1.9
2/01/2000	08:30	440.3	174.3	3/01/2000	20:30	3.0	1.5
2/01/2000	09:00	424.3	165.0	3/01/2000	21:00	2.8	1.1
2/01/2000	09:30	408.8	155.7	3/01/2000	21:30	2.5	0.8
2/01/2000	10:00	393.7	147.1	3/01/2000	22:00	2.3	0.4
2/01/2000	10:30	379.0	140.5	3/01/2000	22:30	2.2	0.0
2/01/2000	11:00	364.7	133.8	3/01/2000	23:00	2.0	0.0
2/01/2000	11:30	350.7	127.1				

Anexo 42: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET02 para TR 500 años

Fecha	Hora	Q _{Sim}	Q _{Obs}	Fecha	Hora	Q _{Sim}	Q _{Obs}
1/01/2000	00:00	0.0	0.0	2/01/2000	12:00	279.7	154.3
1/01/2000	00:30	0.0	4.8	2/01/2000	12:30	255.1	145.7
1/01/2000	01:00	0.0	9.5	2/01/2000	13:00	232.1	137.9
1/01/2000	01:30	0.0	17.1	2/01/2000	13:30	210.5	130.4
1/01/2000	02:00	0.1	42.1	2/01/2000	14:00	190.3	122.9
1/01/2000	02:30	6.1	67.2	2/01/2000	14:30	171.4	115.3
1/01/2000	03:00	27.6	94.7	2/01/2000	15:00	153.7	107.8
1/01/2000	03:30	61.2	125.6	2/01/2000	15:30	137.4	101.3
1/01/2000	04:00	100.5	156.6	2/01/2000	16:00	122.3	97.9
1/01/2000	04:30	139.9	195.4	2/01/2000	16:30	108.4	94.4
1/01/2000	05:00	176.0	240.7	2/01/2000	17:00	95.6	90.9
1/01/2000	05:30	207.0	285.9	2/01/2000	17:30	84.0	87.4

1/01/2000	06:00	232.5	339.3	2/01/2000	18:00	73.5	83.9
1/01/2000	06:30	253.4	396.5	2/01/2000	18:30	64.0	80.7
1/01/2000	07:00	269.2	453.6	2/01/2000	19:00	55.5	77.8
1/01/2000	07:30	281.3	519.4	2/01/2000	19:30	47.9	74.9
1/01/2000	08:00	302.4	587.1	2/01/2000	20:00	41.2	72.0
1/01/2000	08:30	351.0	653.4	2/01/2000	20:30	35.3	69.1
1/01/2000	09:00	448.5	708.1	2/01/2000	21:00	30.1	66.2
1/01/2000	09:30	592.0	762.9	2/01/2000	21:30	25.6	63.4
1/01/2000	10:00	748.1	817.7	2/01/2000	22:00	21.7	60.5
1/01/2000	10:30	883.6	872.4	2/01/2000	22:30	18.3	57.6
1/01/2000	11:00	979.4	927.2	2/01/2000	23:00	15.4	54.7
1/01/2000	11:30	1033.1	969.0	2/01/2000	23:30	12.9	51.8
1/01/2000	12:00	1051.3	989.8	3/01/2000	00:00	10.8	48.9
1/01/2000	12:30	1049.8	1010.5	3/01/2000	00:30	9.0	46.0
1/01/2000	13:00	1038.2	1031.3	3/01/2000	01:00	7.5	43.2
1/01/2000	13:30	1021.3	1052.0	3/01/2000	01:30	6.2	40.6
1/01/2000	14:00	1001.3	1072.8	3/01/2000	02:00	5.1	39.1
1/01/2000	14:30	980.0	1064.4	3/01/2000	02:30	4.2	37.7
1/01/2000	15:00	959.1	1048.5	3/01/2000	03:00	3.4	36.2
1/01/2000	15:30	940.0	1032.6	3/01/2000	03:30	2.8	34.8
1/01/2000	16:00	923.9	1016.8	3/01/2000	04:00	2.3	33.3
1/01/2000	16:30	911.6	1000.9	3/01/2000	04:30	1.9	31.8
1/01/2000	17:00	903.1	981.8	3/01/2000	05:00	1.5	30.4
1/01/2000	17:30	897.7	950.9	3/01/2000	05:30	1.2	28.9
1/01/2000	18:00	894.7	919.9	3/01/2000	06:00	1.0	27.5
1/01/2000	18:30	894.2	889.0	3/01/2000	06:30	0.8	26.0
1/01/2000	19:00	896.5	858.0	3/01/2000	07:00	0.6	24.5
1/01/2000	19:30	901.9	827.1	3/01/2000	07:30	0.5	23.1
1/01/2000	20:00	910.8	790.4	3/01/2000	08:00	0.4	21.6
1/01/2000	20:30	921.7	747.7	3/01/2000	08:30	0.3	20.3
1/01/2000	21:00	934.0	704.9	3/01/2000	09:00	0.3	19.3
1/01/2000	21:30	945.9	662.2	3/01/2000	09:30	0.2	18.4
1/01/2000	22:00	956.3	619.5	3/01/2000	10:00	0.2	17.4
1/01/2000	22:30	966.2	576.8	3/01/2000	10:30	0.1	16.4
1/01/2000	23:00	975.5	553.2	3/01/2000	11:00	0.1	15.5
1/01/2000	23:30	984.7	531.8	3/01/2000	11:30	0.1	14.5
2/01/2000	00:00	993.1	510.4	3/01/2000	12:00	0.1	13.5
2/01/2000	00:30	999.6	489.0	3/01/2000	12:30	0.0	12.6
2/01/2000	01:00	1000.4	467.5	3/01/2000	13:00	0.0	11.6
2/01/2000	01:30	991.3	446.7	3/01/2000	13:30	0.0	10.6
2/01/2000	02:00	969.2	428.4	3/01/2000	14:00	0.0	9.7
2/01/2000	02:30	937.1	410.0	3/01/2000	14:30	0.0	8.7
2/01/2000	03:00	899.6	391.7	3/01/2000	15:00	0.0	7.8
2/01/2000	03:30	859.5	373.4	3/01/2000	15:30	0.0	6.8
2/01/2000	04:00	819.4	355.1	3/01/2000	16:00	0.0	6.3
2/01/2000	04:30	780.6	338.2	3/01/2000	16:30	0.0	5.8

2/01/2000	05:00	742.5	322.4	3/01/2000	17:00	0.0	5.3
2/01/2000	05:30	704.8	306.5	3/01/2000	17:30	0.0	4.9
2/01/2000	06:00	667.4	290.6	3/01/2000	18:00	0.0	4.4
2/01/2000	06:30	630.7	274.8	3/01/2000	18:30	0.0	3.9
2/01/2000	07:00	594.5	258.9	3/01/2000	19:00	0.0	3.4
2/01/2000	07:30	559.0	247.0	3/01/2000	19:30	0.0	2.9
2/01/2000	08:00	524.0	235.1	3/01/2000	20:00	0.0	2.4
2/01/2000	08:30	489.7	223.2	3/01/2000	20:30	0.0	2.0
2/01/2000	09:00	456.2	211.3	3/01/2000	21:00	0.0	1.5
2/01/2000	09:30	423.6	199.4	3/01/2000	21:30	0.0	1.0
2/01/2000	10:00	392.1	188.4	3/01/2000	22:00	0.0	0.5
2/01/2000	10:30	361.9	179.9	3/01/2000	22:30	0.0	0.0
2/01/2000	11:00	333.1	171.4	3/01/2000	23:00	0.0	0.0
2/01/2000	11:30	305.6	162.8				

Anexo 43: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET03 para TR 25 años

Fecha	Hora	Q Sim	Q Obs	Fecha	Hora	Q Sim	Q Obs
1/01/2000	00:00	0.0	0.0	2/01/2000	12:00	255.5	93.1
1/01/2000	00:30	0.0	2.9	2/01/2000	12:30	252.7	87.9
1/01/2000	01:00	0.0	5.7	2/01/2000	13:00	251.8	83.2
1/01/2000	01:30	0.0	10.3	2/01/2000	13:30	250.6	78.6
1/01/2000	02:00	0.0	25.4	2/01/2000	14:00	248.0	74.1
1/01/2000	02:30	0.0	40.5	2/01/2000	14:30	243.9	69.6
1/01/2000	03:00	0.0	57.1	2/01/2000	15:00	239.1	65.0
1/01/2000	03:30	0.0	75.8	2/01/2000	15:30	233.1	61.1
1/01/2000	04:00	0.0	94.4	2/01/2000	16:00	226.4	59.0
1/01/2000	04:30	0.0	117.9	2/01/2000	16:30	220.0	56.9
1/01/2000	05:00	84.2	145.2	2/01/2000	17:00	213.9	54.8
1/01/2000	05:30	309.3	172.4	2/01/2000	17:30	207.7	52.7
1/01/2000	06:00	309.5	204.7	2/01/2000	18:00	201.6	50.6
1/01/2000	06:30	309.9	239.1	2/01/2000	18:30	195.6	48.7
1/01/2000	07:00	311.1	273.6	2/01/2000	19:00	189.7	46.9
1/01/2000	07:30	314.1	313.3	2/01/2000	19:30	183.8	45.2
1/01/2000	08:00	319.1	354.1	2/01/2000	20:00	178.1	43.4
1/01/2000	08:30	327.5	394.1	2/01/2000	20:30	172.5	41.7
1/01/2000	09:00	338.9	427.1	2/01/2000	21:00	167.1	40.0
1/01/2000	09:30	353.7	460.2	2/01/2000	21:30	162.1	38.2
1/01/2000	10:00	369.7	493.2	2/01/2000	22:00	157.0	36.5
1/01/2000	10:30	385.8	526.2	2/01/2000	22:30	151.8	34.7
1/01/2000	11:00	404.3	559.3	2/01/2000	23:00	146.8	33.0
1/01/2000	11:30	421.3	584.5	2/01/2000	23:30	142.1	31.3
1/01/2000	12:00	436.1	597.0	3/01/2000	00:00	137.7	29.5
1/01/2000	12:30	447.6	609.5	3/01/2000	00:30	133.2	27.8
1/01/2000	13:00	453.4	622.1	3/01/2000	01:00	128.6	26.0

1/01/2000	13:30	454.0	634.6	3/01/2000	01:30	124.6	24.5
1/01/2000	14:00	448.2	647.1	3/01/2000	02:00	120.5	23.6
1/01/2000	14:30	438.7	642.0	3/01/2000	02:30	117.1	22.7
1/01/2000	15:00	428.3	632.5	3/01/2000	03:00	112.8	21.8
1/01/2000	15:30	417.6	622.9	3/01/2000	03:30	109.2	21.0
1/01/2000	16:00	407.4	613.3	3/01/2000	04:00	105.6	20.1
1/01/2000	16:30	397.7	603.7	3/01/2000	04:30	102.3	19.2
1/01/2000	17:00	388.6	592.2	3/01/2000	05:00	99.0	18.3
1/01/2000	17:30	380.0	573.6	3/01/2000	05:30	95.7	17.5
1/01/2000	18:00	372.3	554.9	3/01/2000	06:00	92.6	16.6
1/01/2000	18:30	365.5	536.2	3/01/2000	06:30	89.6	15.7
1/01/2000	19:00	359.3	517.6	3/01/2000	07:00	86.8	14.8
1/01/2000	19:30	353.6	498.9	3/01/2000	07:30	84.0	13.9
1/01/2000	20:00	348.6	476.8	3/01/2000	08:00	81.3	13.1
1/01/2000	20:30	344.4	451.0	3/01/2000	08:30	78.7	12.2
1/01/2000	21:00	340.0	425.2	3/01/2000	09:00	76.3	11.6
1/01/2000	21:30	335.5	399.5	3/01/2000	09:30	74.0	11.1
1/01/2000	22:00	332.2	373.7	3/01/2000	10:00	71.6	10.5
1/01/2000	22:30	329.2	347.9	3/01/2000	10:30	69.3	9.9
1/01/2000	23:00	326.9	333.7	3/01/2000	11:00	67.2	9.3
1/01/2000	23:30	325.3	320.8	3/01/2000	11:30	65.3	8.8
2/01/2000	00:00	324.2	307.9	3/01/2000	12:00	63.2	8.2
2/01/2000	00:30	323.6	295.0	3/01/2000	12:30	61.3	7.6
2/01/2000	01:00	323.7	282.0	3/01/2000	13:00	59.5	7.0
2/01/2000	01:30	324.3	269.4	3/01/2000	13:30	57.8	6.4
2/01/2000	02:00	326.1	258.4	3/01/2000	14:00	56.1	5.8
2/01/2000	02:30	328.6	247.3	3/01/2000	14:30	54.4	5.3
2/01/2000	03:00	331.2	236.3	3/01/2000	15:00	52.9	4.7
2/01/2000	03:30	333.9	225.2	3/01/2000	15:30	51.3	4.1
2/01/2000	04:00	336.1	214.2	3/01/2000	16:00	49.9	3.8
2/01/2000	04:30	337.5	204.0	3/01/2000	16:30	48.6	3.5
2/01/2000	05:00	337.7	194.4	3/01/2000	17:00	47.3	3.2
2/01/2000	05:30	333.6	184.9	3/01/2000	17:30	46.1	2.9
2/01/2000	06:00	327.3	175.3	3/01/2000	18:00	45.2	2.6
2/01/2000	06:30	319.9	165.7	3/01/2000	18:30	44.3	2.3
2/01/2000	07:00	312.4	156.2	3/01/2000	19:00	43.1	2.1
2/01/2000	07:30	305.5	149.0	3/01/2000	19:30	41.6	1.8
2/01/2000	08:00	299.1	141.8	3/01/2000	20:00	40.2	1.5
2/01/2000	08:30	293.2	134.6	3/01/2000	20:30	39.0	1.2
2/01/2000	09:00	287.6	127.5	3/01/2000	21:00	38.0	0.9
2/01/2000	09:30	282.0	120.3	3/01/2000	21:30	37.0	0.6
2/01/2000	10:00	276.6	113.7	3/01/2000	22:00	36.0	0.3
2/01/2000	10:30	271.0	108.5	3/01/2000	22:30	35.0	0.0
2/01/2000	11:00	265.4	103.4	3/01/2000	23:00	34.0	0.0
2/01/2000	11:30	259.9	98.2				

Anexo 44: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET03 para TR 50 años

Fecha	Hora	Q _{Sim}	Q _{Obs}	Fecha	Hora	Q _{Sim}	Q _{Obs}
1/01/2000	00:00	0.0	0.0	2/01/2000	12:00	304.7	106.6
1/01/2000	00:30	0.0	3.3	2/01/2000	12:30	300.1	100.7
1/01/2000	01:00	0.0	6.6	2/01/2000	13:00	295.5	95.3
1/01/2000	01:30	0.0	11.8	2/01/2000	13:30	288.3	90.1
1/01/2000	02:00	0.0	29.1	2/01/2000	14:00	280.8	84.9
1/01/2000	02:30	0.0	46.4	2/01/2000	14:30	273.5	79.7
1/01/2000	03:00	0.0	65.4	2/01/2000	15:00	266.1	74.5
1/01/2000	03:30	0.0	86.8	2/01/2000	15:30	258.7	70.0
1/01/2000	04:00	0.0	108.2	2/01/2000	16:00	250.9	67.6
1/01/2000	04:30	0.0	135.1	2/01/2000	16:30	243.1	65.2
1/01/2000	05:00	0.0	166.3	2/01/2000	17:00	235.8	62.8
1/01/2000	05:30	0.0	197.6	2/01/2000	17:30	228.4	60.4
1/01/2000	06:00	1.5	234.5	2/01/2000	18:00	220.7	58.0
1/01/2000	06:30	222.6	274.0	2/01/2000	18:30	212.6	55.8
1/01/2000	07:00	309.2	313.5	2/01/2000	19:00	205.2	53.8
1/01/2000	07:30	309.4	358.9	2/01/2000	19:30	198.4	51.8
1/01/2000	08:00	309.9	405.7	2/01/2000	20:00	191.5	49.8
1/01/2000	08:30	312.3	451.5	2/01/2000	20:30	184.8	47.8
1/01/2000	09:00	316.9	489.3	2/01/2000	21:00	179.2	45.8
1/01/2000	09:30	322.9	527.2	2/01/2000	21:30	174.0	43.8
1/01/2000	10:00	329.4	565.0	2/01/2000	22:00	167.9	41.8
1/01/2000	10:30	336.5	602.8	2/01/2000	22:30	160.8	39.8
1/01/2000	11:00	344.3	640.7	2/01/2000	23:00	155.3	37.8
1/01/2000	11:30	353.0	669.6	2/01/2000	23:30	150.6	35.8
1/01/2000	12:00	362.7	683.9	3/01/2000	00:00	146.0	33.8
1/01/2000	12:30	373.3	698.3	3/01/2000	00:30	140.4	31.8
1/01/2000	13:00	384.7	712.6	3/01/2000	01:00	135.3	29.8
1/01/2000	13:30	397.1	727.0	3/01/2000	01:30	130.6	28.0
1/01/2000	14:00	410.9	741.3	3/01/2000	02:00	126.7	27.0
1/01/2000	14:30	423.9	735.5	3/01/2000	02:30	122.5	26.0
1/01/2000	15:00	431.6	724.5	3/01/2000	03:00	118.1	25.0
1/01/2000	15:30	430.8	713.6	3/01/2000	03:30	113.8	24.0
1/01/2000	16:00	423.9	702.6	3/01/2000	04:00	109.8	23.0
1/01/2000	16:30	414.1	691.6	3/01/2000	04:30	106.1	22.0
1/01/2000	17:00	402.4	678.4	3/01/2000	05:00	102.9	21.0
1/01/2000	17:30	390.8	657.0	3/01/2000	05:30	99.8	20.0
1/01/2000	18:00	379.9	635.7	3/01/2000	06:00	97.8	19.0
1/01/2000	18:30	370.0	614.3	3/01/2000	06:30	96.0	18.0
1/01/2000	19:00	360.6	592.9	3/01/2000	07:00	94.8	17.0
1/01/2000	19:30	350.7	571.5	3/01/2000	07:30	94.2	16.0
1/01/2000	20:00	339.8	546.2	3/01/2000	08:00	94.0	14.9
1/01/2000	20:30	330.4	516.7	3/01/2000	08:30	93.9	14.0
1/01/2000	21:00	322.1	487.1	3/01/2000	09:00	93.8	13.3

1/01/2000	21:30	315.1	457.6	3/01/2000	09:30	92.5	12.7
1/01/2000	22:00	309.9	428.1	3/01/2000	10:00	91.0	12.0
1/01/2000	22:30	308.5	398.5	3/01/2000	10:30	88.8	11.4
1/01/2000	23:00	308.3	382.3	3/01/2000	11:00	86.6	10.7
1/01/2000	23:30	309.6	367.5	3/01/2000	11:30	84.5	10.0
2/01/2000	00:00	312.4	352.7	3/01/2000	12:00	82.5	9.4
2/01/2000	00:30	316.0	337.9	3/01/2000	12:30	80.4	8.7
2/01/2000	01:00	319.6	323.1	3/01/2000	13:00	78.5	8.0
2/01/2000	01:30	323.9	308.6	3/01/2000	13:30	76.6	7.4
2/01/2000	02:00	328.6	296.0	3/01/2000	14:00	74.5	6.7
2/01/2000	02:30	333.3	283.3	3/01/2000	14:30	72.3	6.0
2/01/2000	03:00	337.9	270.7	3/01/2000	15:00	70.4	5.4
2/01/2000	03:30	342.0	258.0	3/01/2000	15:30	68.5	4.7
2/01/2000	04:00	345.5	245.4	3/01/2000	16:00	66.7	4.4
2/01/2000	04:30	348.3	233.7	3/01/2000	16:30	64.9	4.0
2/01/2000	05:00	349.9	222.8	3/01/2000	17:00	63.2	3.7
2/01/2000	05:30	350.4	211.8	3/01/2000	17:30	61.6	3.4
2/01/2000	06:00	349.8	200.8	3/01/2000	18:00	60.2	3.0
2/01/2000	06:30	348.2	189.9	3/01/2000	18:30	58.9	2.7
2/01/2000	07:00	346.2	178.9	3/01/2000	19:00	57.2	2.4
2/01/2000	07:30	343.7	170.7	3/01/2000	19:30	55.6	2.0
2/01/2000	08:00	340.8	162.5	3/01/2000	20:00	54.0	1.7
2/01/2000	08:30	337.5	154.2	3/01/2000	20:30	52.6	1.4
2/01/2000	09:00	333.8	146.0	3/01/2000	21:00	51.3	1.0
2/01/2000	09:30	329.7	137.8	3/01/2000	21:30	50.0	0.7
2/01/2000	10:00	325.4	130.2	3/01/2000	22:00	48.8	0.3
2/01/2000	10:30	320.6	124.3	3/01/2000	22:30	47.5	0.0
2/01/2000	11:00	315.4	118.4	3/01/2000	23:00	46.3	0.0
2/01/2000	11:30	310.0	112.5				

Anexo 45: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET03 para TR 100 años

Fecha	Hora	Q _{Sim}	Q _{Obs}	Fecha	Hora	Q _{Sim}	Q _{Obs}
1/01/2000	00:00	0.0	0.0	2/01/2000	12:00	391.0	120.5
1/01/2000	00:30	0.0	3.7	2/01/2000	12:30	384.4	113.8
1/01/2000	01:00	0.0	7.4	2/01/2000	13:00	377.7	107.7
1/01/2000	01:30	0.0	13.3	2/01/2000	13:30	370.8	101.8
1/01/2000	02:00	0.0	32.9	2/01/2000	14:00	363.1	95.9
1/01/2000	02:30	0.0	52.5	2/01/2000	14:30	354.9	90.1
1/01/2000	03:00	0.0	73.9	2/01/2000	15:00	348.2	84.2
1/01/2000	03:30	0.0	98.1	2/01/2000	15:30	342.6	79.1
1/01/2000	04:00	0.0	122.3	2/01/2000	16:00	338.4	76.4
1/01/2000	04:30	0.0	152.6	2/01/2000	16:30	337.2	73.7
1/01/2000	05:00	21.9	187.9	2/01/2000	17:00	337.6	71.0
1/01/2000	05:30	309.4	223.2	2/01/2000	17:30	337.5	68.3

1/01/2000	06:00	309.4	265.0	2/01/2000	18:00	334.9	65.5
1/01/2000	06:30	309.4	309.6	2/01/2000	18:30	328.6	63.0
1/01/2000	07:00	309.4	354.2	2/01/2000	19:00	320.0	60.7
1/01/2000	07:30	309.6	405.6	2/01/2000	19:30	312.1	58.5
1/01/2000	08:00	312.4	458.4	2/01/2000	20:00	304.6	56.2
1/01/2000	08:30	319.3	510.2	2/01/2000	20:30	297.1	54.0
1/01/2000	09:00	328.8	553.0	2/01/2000	21:00	289.7	51.7
1/01/2000	09:30	339.2	595.7	2/01/2000	21:30	282.2	49.5
1/01/2000	10:00	350.8	638.5	2/01/2000	22:00	274.9	47.2
1/01/2000	10:30	363.6	681.2	2/01/2000	22:30	267.7	45.0
1/01/2000	11:00	378.0	724.0	2/01/2000	23:00	260.7	42.7
1/01/2000	11:30	394.5	756.7	2/01/2000	23:30	254.0	40.5
1/01/2000	12:00	412.6	772.8	3/01/2000	00:00	247.4	38.2
1/01/2000	12:30	430.6	789.1	3/01/2000	00:30	240.6	36.0
1/01/2000	13:00	445.0	805.3	3/01/2000	01:00	234.1	33.7
1/01/2000	13:30	453.5	821.5	3/01/2000	01:30	227.6	31.7
1/01/2000	14:00	456.2	837.7	3/01/2000	02:00	221.5	30.5
1/01/2000	14:30	455.3	831.1	3/01/2000	02:30	215.1	29.4
1/01/2000	15:00	451.9	818.7	3/01/2000	03:00	209.3	28.3
1/01/2000	15:30	448.2	806.3	3/01/2000	03:30	204.0	27.1
1/01/2000	16:00	445.2	793.9	3/01/2000	04:00	198.7	26.0
1/01/2000	16:30	443.3	781.5	3/01/2000	04:30	193.0	24.9
1/01/2000	17:00	442.1	766.7	3/01/2000	05:00	187.3	23.7
1/01/2000	17:30	441.0	742.5	3/01/2000	05:30	182.2	22.6
1/01/2000	18:00	439.9	718.3	3/01/2000	06:00	177.0	21.5
1/01/2000	18:30	438.6	694.2	3/01/2000	06:30	172.1	20.3
1/01/2000	19:00	436.4	670.0	3/01/2000	07:00	167.1	19.2
1/01/2000	19:30	430.3	645.8	3/01/2000	07:30	162.4	18.0
1/01/2000	20:00	422.0	617.2	3/01/2000	08:00	158.1	16.9
1/01/2000	20:30	417.2	583.8	3/01/2000	08:30	153.7	15.8
1/01/2000	21:00	415.4	550.5	3/01/2000	09:00	149.5	15.1
1/01/2000	21:30	415.5	517.1	3/01/2000	09:30	145.3	14.3
1/01/2000	22:00	416.6	483.7	3/01/2000	10:00	141.4	13.6
1/01/2000	22:30	418.0	450.4	3/01/2000	10:30	137.7	12.8
1/01/2000	23:00	420.7	432.0	3/01/2000	11:00	133.8	12.1
1/01/2000	23:30	424.0	415.3	3/01/2000	11:30	130.0	11.3
2/01/2000	00:00	427.2	398.5	3/01/2000	12:00	126.4	10.6
2/01/2000	00:30	430.7	381.8	3/01/2000	12:30	122.8	9.8
2/01/2000	01:00	433.4	365.1	3/01/2000	13:00	119.6	9.1
2/01/2000	01:30	435.5	348.8	3/01/2000	13:30	116.5	8.3
2/01/2000	02:00	437.4	334.5	3/01/2000	14:00	113.5	7.6
2/01/2000	02:30	439.0	320.2	3/01/2000	14:30	110.6	6.8
2/01/2000	03:00	440.5	305.9	3/01/2000	15:00	107.6	6.1
2/01/2000	03:30	442.0	291.6	3/01/2000	15:30	104.7	5.3
2/01/2000	04:00	443.7	277.3	3/01/2000	16:00	101.8	4.9
2/01/2000	04:30	445.6	264.1	3/01/2000	16:30	99.1	4.6

2/01/2000	05:00	447.5	251.7	3/01/2000	17:00	96.5	4.2
2/01/2000	05:30	449.2	239.3	3/01/2000	17:30	93.9	3.8
2/01/2000	06:00	450.4	226.9	3/01/2000	18:00	91.4	3.4
2/01/2000	06:30	450.7	214.5	3/01/2000	18:30	89.0	3.0
2/01/2000	07:00	450.0	202.2	3/01/2000	19:00	86.7	2.7
2/01/2000	07:30	448.0	192.9	3/01/2000	19:30	84.5	2.3
2/01/2000	08:00	444.6	183.6	3/01/2000	20:00	82.3	1.9
2/01/2000	08:30	440.2	174.3	3/01/2000	20:30	80.2	1.5
2/01/2000	09:00	434.8	165.0	3/01/2000	21:00	78.3	1.1
2/01/2000	09:30	428.3	155.7	3/01/2000	21:30	76.5	0.8
2/01/2000	10:00	421.3	147.1	3/01/2000	22:00	74.6	0.4
2/01/2000	10:30	413.8	140.5	3/01/2000	22:30	72.6	0.0
2/01/2000	11:00	406.0	133.8	3/01/2000	23:00	70.7	0.0
2/01/2000	11:30	398.2	127.1				

Anexo 46: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET03 para TR 500 años

Fecha	Hora	Q Sim	Q Obs	Fecha	Hora	Q Sim	Q Obs
1/01/2000	00:00	0.0	0.0	2/01/2000	12:00	480.5	154.3
1/01/2000	00:30	0.0	4.8	2/01/2000	12:30	470.5	145.7
1/01/2000	01:00	0.0	9.5	2/01/2000	13:00	460.4	137.9
1/01/2000	01:30	0.0	17.1	2/01/2000	13:30	449.3	130.4
1/01/2000	02:00	0.0	42.1	2/01/2000	14:00	438.0	122.9
1/01/2000	02:30	0.0	67.2	2/01/2000	14:30	426.3	115.3
1/01/2000	03:00	0.0	94.7	2/01/2000	15:00	414.7	107.8
1/01/2000	03:30	0.0	125.6	2/01/2000	15:30	403.3	101.3
1/01/2000	04:00	0.0	156.6	2/01/2000	16:00	392.8	97.9
1/01/2000	04:30	0.0	195.4	2/01/2000	16:30	381.0	94.4
1/01/2000	05:00	3.4	240.7	2/01/2000	17:00	368.0	90.9
1/01/2000	05:30	309.2	285.9	2/01/2000	17:30	355.4	87.4
1/01/2000	06:00	309.4	339.3	2/01/2000	18:00	344.0	83.9
1/01/2000	06:30	309.5	396.5	2/01/2000	18:30	332.8	80.7
1/01/2000	07:00	310.6	453.6	2/01/2000	19:00	321.9	77.8
1/01/2000	07:30	316.9	519.4	2/01/2000	19:30	311.3	74.9
1/01/2000	08:00	331.6	587.1	2/01/2000	20:00	301.0	72.0
1/01/2000	08:30	351.9	653.4	2/01/2000	20:30	291.0	69.1
1/01/2000	09:00	373.3	708.1	2/01/2000	21:00	281.3	66.2
1/01/2000	09:30	392.8	762.9	2/01/2000	21:30	271.9	63.4
1/01/2000	10:00	409.4	817.7	2/01/2000	22:00	262.9	60.5
1/01/2000	10:30	421.4	872.4	2/01/2000	22:30	254.1	57.6
1/01/2000	11:00	428.1	927.2	2/01/2000	23:00	245.6	54.7
1/01/2000	11:30	432.5	969.0	2/01/2000	23:30	237.5	51.8
1/01/2000	12:00	437.1	989.8	3/01/2000	00:00	229.7	48.9
1/01/2000	12:30	443.2	1010.5	3/01/2000	00:30	222.1	46.0
1/01/2000	13:00	450.9	1031.3	3/01/2000	01:00	214.9	43.2

1/01/2000	13:30	459.0	1052.0	3/01/2000	01:30	207.9	40.6
1/01/2000	14:00	465.4	1072.8	3/01/2000	02:00	201.2	39.1
1/01/2000	14:30	469.8	1064.4	3/01/2000	02:30	194.7	37.7
1/01/2000	15:00	472.8	1048.5	3/01/2000	03:00	188.6	36.2
1/01/2000	15:30	474.8	1032.6	3/01/2000	03:30	182.7	34.8
1/01/2000	16:00	476.1	1016.8	3/01/2000	04:00	177.1	33.3
1/01/2000	16:30	476.2	1000.9	3/01/2000	04:30	172.2	31.8
1/01/2000	17:00	475.5	981.8	3/01/2000	05:00	169.0	30.4
1/01/2000	17:30	473.6	950.9	3/01/2000	05:30	164.9	28.9
1/01/2000	18:00	468.4	919.9	3/01/2000	06:00	158.2	27.5
1/01/2000	18:30	458.9	889.0	3/01/2000	06:30	152.4	26.0
1/01/2000	19:00	444.7	858.0	3/01/2000	07:00	148.6	24.5
1/01/2000	19:30	428.0	827.1	3/01/2000	07:30	145.3	23.1
1/01/2000	20:00	415.3	790.4	3/01/2000	08:00	141.0	21.6
1/01/2000	20:30	408.6	747.7	3/01/2000	08:30	135.9	20.3
1/01/2000	21:00	406.0	704.9	3/01/2000	09:00	131.9	19.3
1/01/2000	21:30	406.3	662.2	3/01/2000	09:30	128.9	18.4
1/01/2000	22:00	408.8	619.5	3/01/2000	10:00	125.6	17.4
1/01/2000	22:30	413.7	576.8	3/01/2000	10:30	122.2	16.4
1/01/2000	23:00	421.5	553.2	3/01/2000	11:00	118.9	15.5
1/01/2000	23:30	432.3	531.8	3/01/2000	11:30	115.9	14.5
2/01/2000	00:00	445.9	510.4	3/01/2000	12:00	112.7	13.5
2/01/2000	00:30	459.1	489.0	3/01/2000	12:30	109.7	12.6
2/01/2000	01:00	469.4	467.5	3/01/2000	13:00	106.9	11.6
2/01/2000	01:30	480.2	446.7	3/01/2000	13:30	104.2	10.6
2/01/2000	02:00	492.4	428.4	3/01/2000	14:00	101.2	9.7
2/01/2000	02:30	502.4	410.0	3/01/2000	14:30	98.8	8.7
2/01/2000	03:00	510.9	391.7	3/01/2000	15:00	96.3	7.8
2/01/2000	03:30	518.2	373.4	3/01/2000	15:30	93.5	6.8
2/01/2000	04:00	525.0	355.1	3/01/2000	16:00	90.5	6.3
2/01/2000	04:30	528.2	338.2	3/01/2000	16:30	87.7	5.8
2/01/2000	05:00	528.5	322.4	3/01/2000	17:00	85.2	5.3
2/01/2000	05:30	529.5	306.5	3/01/2000	17:30	83.0	4.9
2/01/2000	06:00	536.7	290.6	3/01/2000	18:00	80.9	4.4
2/01/2000	06:30	549.9	274.8	3/01/2000	18:30	78.9	3.9
2/01/2000	07:00	564.4	258.9	3/01/2000	19:00	77.0	3.4
2/01/2000	07:30	570.0	247.0	3/01/2000	19:30	75.3	2.9
2/01/2000	08:00	567.1	235.1	3/01/2000	20:00	73.6	2.4
2/01/2000	08:30	558.1	223.2	3/01/2000	20:30	71.9	2.0
2/01/2000	09:00	548.2	211.3	3/01/2000	21:00	70.2	1.5
2/01/2000	09:30	537.6	199.4	3/01/2000	21:30	68.6	1.0
2/01/2000	10:00	527.7	188.4	3/01/2000	22:00	67.1	0.5
2/01/2000	10:30	517.7	179.9	3/01/2000	22:30	65.8	0.0
2/01/2000	11:00	504.6	171.4	3/01/2000	23:00	64.4	0.0
2/01/2000	11:30	491.2	162.8				

Anexo 47: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET04 para TR 25 años

Fecha	Hora	Q _{Sim}	Q _{Obs}	Fecha	Hora	Q _{Sim}	Q _{Obs}
1/01/2000	00:00	0.0	0.0	2/01/2000	12:00	224.0	93.1
1/01/2000	00:30	0.0	2.9	2/01/2000	12:30	219.2	87.9
1/01/2000	01:00	0.0	5.7	2/01/2000	13:00	214.6	83.2
1/01/2000	01:30	0.0	10.3	2/01/2000	13:30	210.2	78.6
1/01/2000	02:00	0.0	25.4	2/01/2000	14:00	205.9	74.1
1/01/2000	02:30	0.4	40.5	2/01/2000	14:30	201.7	69.6
1/01/2000	03:00	13.5	57.1	2/01/2000	15:00	197.7	65.0
1/01/2000	03:30	37.7	75.8	2/01/2000	15:30	193.7	61.1
1/01/2000	04:00	69.2	94.4	2/01/2000	16:00	189.8	59.0
1/01/2000	04:30	103.9	117.9	2/01/2000	16:30	186.0	56.9
1/01/2000	05:00	138.0	145.2	2/01/2000	17:00	182.2	54.8
1/01/2000	05:30	169.5	172.4	2/01/2000	17:30	178.5	52.7
1/01/2000	06:00	197.2	204.7	2/01/2000	18:00	174.7	50.6
1/01/2000	06:30	220.9	239.1	2/01/2000	18:30	171.2	48.7
1/01/2000	07:00	240.9	273.6	2/01/2000	19:00	167.7	46.9
1/01/2000	07:30	258.1	313.3	2/01/2000	19:30	164.2	45.2
1/01/2000	08:00	273.3	354.1	2/01/2000	20:00	160.6	43.4
1/01/2000	08:30	286.9	394.1	2/01/2000	20:30	157.2	41.7
1/01/2000	09:00	300.2	427.1	2/01/2000	21:00	153.6	40.0
1/01/2000	09:30	313.3	460.2	2/01/2000	21:30	150.1	38.2
1/01/2000	10:00	327.5	493.2	2/01/2000	22:00	146.6	36.5
1/01/2000	10:30	343.2	526.2	2/01/2000	22:30	143.2	34.7
1/01/2000	11:00	361.2	559.3	2/01/2000	23:00	139.8	33.0
1/01/2000	11:30	381.8	584.5	2/01/2000	23:30	136.5	31.3
1/01/2000	12:00	404.3	597.0	3/01/2000	00:00	133.0	29.5
1/01/2000	12:30	427.4	609.5	3/01/2000	00:30	129.7	27.8
1/01/2000	13:00	449.3	622.1	3/01/2000	01:00	126.4	26.0
1/01/2000	13:30	468.6	634.6	3/01/2000	01:30	123.0	24.5
1/01/2000	14:00	483.8	647.1	3/01/2000	02:00	119.8	23.6
1/01/2000	14:30	494.3	642.0	3/01/2000	02:30	116.6	22.7
1/01/2000	15:00	500.1	632.5	3/01/2000	03:00	113.5	21.8
1/01/2000	15:30	501.3	622.9	3/01/2000	03:30	110.3	21.0
1/01/2000	16:00	498.6	613.3	3/01/2000	04:00	107.3	20.1
1/01/2000	16:30	492.9	603.7	3/01/2000	04:30	104.2	19.2
1/01/2000	17:00	485.1	592.2	3/01/2000	05:00	101.1	18.3
1/01/2000	17:30	475.4	573.6	3/01/2000	05:30	98.1	17.5
1/01/2000	18:00	464.7	554.9	3/01/2000	06:00	95.1	16.6
1/01/2000	18:30	453.5	536.2	3/01/2000	06:30	92.4	15.7
1/01/2000	19:00	442.1	517.6	3/01/2000	07:00	89.6	14.8
1/01/2000	19:30	430.2	498.9	3/01/2000	07:30	86.9	13.9
1/01/2000	20:00	418.5	476.8	3/01/2000	08:00	84.3	13.1
1/01/2000	20:30	407.1	451.0	3/01/2000	08:30	81.7	12.2
1/01/2000	21:00	396.1	425.2	3/01/2000	09:00	79.1	11.6

1/01/2000	21:30	385.6	399.5	3/01/2000	09:30	76.6	11.1
1/01/2000	22:00	376.0	373.7	3/01/2000	10:00	74.1	10.5
1/01/2000	22:30	367.2	347.9	3/01/2000	10:30	71.8	9.9
1/01/2000	23:00	359.4	333.7	3/01/2000	11:00	69.5	9.3
1/01/2000	23:30	352.3	320.8	3/01/2000	11:30	67.2	8.8
2/01/2000	00:00	346.2	307.9	3/01/2000	12:00	65.0	8.2
2/01/2000	00:30	341.0	295.0	3/01/2000	12:30	63.0	7.6
2/01/2000	01:00	336.5	282.0	3/01/2000	13:00	61.2	7.0
2/01/2000	01:30	332.7	269.4	3/01/2000	13:30	59.3	6.4
2/01/2000	02:00	329.5	258.4	3/01/2000	14:00	57.5	5.8
2/01/2000	02:30	326.9	247.3	3/01/2000	14:30	55.7	5.3
2/01/2000	03:00	324.4	236.3	3/01/2000	15:00	53.8	4.7
2/01/2000	03:30	322.1	225.2	3/01/2000	15:30	52.0	4.1
2/01/2000	04:00	319.3	214.2	3/01/2000	16:00	50.4	3.8
2/01/2000	04:30	316.1	204.0	3/01/2000	16:30	48.8	3.5
2/01/2000	05:00	311.9	194.4	3/01/2000	17:00	47.3	3.2
2/01/2000	05:30	306.9	184.9	3/01/2000	17:30	45.8	2.9
2/01/2000	06:00	300.9	175.3	3/01/2000	18:00	44.2	2.6
2/01/2000	06:30	294.4	165.7	3/01/2000	18:30	42.8	2.3
2/01/2000	07:00	287.3	156.2	3/01/2000	19:00	41.4	2.1
2/01/2000	07:30	280.1	149.0	3/01/2000	19:30	40.0	1.8
2/01/2000	08:00	272.8	141.8	3/01/2000	20:00	38.7	1.5
2/01/2000	08:30	265.8	134.6	3/01/2000	20:30	37.4	1.2
2/01/2000	09:00	258.8	127.5	3/01/2000	21:00	36.2	0.9
2/01/2000	09:30	252.3	120.3	3/01/2000	21:30	35.0	0.6
2/01/2000	10:00	245.9	113.7	3/01/2000	22:00	33.8	0.3
2/01/2000	10:30	240.0	108.5	3/01/2000	22:30	32.7	0.0
2/01/2000	11:00	234.4	103.4	3/01/2000	23:00	31.7	0.0
2/01/2000	11:30	229.1	98.2				

Anexo 48: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET04 para TR 50 años

Fecha	Hora	Q _{Sim}	Q _{Obs}	Fecha	Hora	Q _{Sim}	Q _{Obs}
1/01/2000	00:00	0.0	0.0	2/01/2000	12:00	243.9	106.6
1/01/2000	00:30	0.0	3.3	2/01/2000	12:30	241.2	100.7
1/01/2000	01:00	0.0	6.6	2/01/2000	13:00	238.7	95.3
1/01/2000	01:30	0.0	11.8	2/01/2000	13:30	236.1	90.1
1/01/2000	02:00	0.0	29.1	2/01/2000	14:00	233.5	84.9
1/01/2000	02:30	0.8	46.4	2/01/2000	14:30	231.2	79.7
1/01/2000	03:00	14.7	65.4	2/01/2000	15:00	228.6	74.5
1/01/2000	03:30	39.8	86.8	2/01/2000	15:30	226.0	70.0
1/01/2000	04:00	72.2	108.2	2/01/2000	16:00	223.1	67.6
1/01/2000	04:30	107.5	135.1	2/01/2000	16:30	220.1	65.2
1/01/2000	05:00	142.0	166.3	2/01/2000	17:00	216.9	62.8
1/01/2000	05:30	173.5	197.6	2/01/2000	17:30	213.5	60.4

1/01/2000	06:00	201.0	234.5	2/01/2000	18:00	210.0	58.0
1/01/2000	06:30	224.1	274.0	2/01/2000	18:30	206.4	55.8
1/01/2000	07:00	243.3	313.5	2/01/2000	19:00	202.6	53.8
1/01/2000	07:30	260.6	358.9	2/01/2000	19:30	198.8	51.8
1/01/2000	08:00	279.1	405.7	2/01/2000	20:00	194.8	49.8
1/01/2000	08:30	298.7	451.5	2/01/2000	20:30	190.8	47.8
1/01/2000	09:00	317.7	489.3	2/01/2000	21:00	186.7	45.8
1/01/2000	09:30	335.3	527.2	2/01/2000	21:30	182.5	43.8
1/01/2000	10:00	352.4	565.0	2/01/2000	22:00	178.3	41.8
1/01/2000	10:30	370.6	602.8	2/01/2000	22:30	174.0	39.8
1/01/2000	11:00	390.7	640.7	2/01/2000	23:00	169.6	37.8
1/01/2000	11:30	413.9	669.6	2/01/2000	23:30	165.3	35.8
1/01/2000	12:00	440.3	683.9	3/01/2000	00:00	160.8	33.8
1/01/2000	12:30	469.7	698.3	3/01/2000	00:30	156.4	31.8
1/01/2000	13:00	501.1	712.6	3/01/2000	01:00	152.0	29.8
1/01/2000	13:30	532.1	727.0	3/01/2000	01:30	147.6	28.0
1/01/2000	14:00	559.7	741.3	3/01/2000	02:00	143.1	27.0
1/01/2000	14:30	582.3	735.5	3/01/2000	02:30	138.8	26.0
1/01/2000	15:00	599.4	724.5	3/01/2000	03:00	134.4	25.0
1/01/2000	15:30	611.1	713.6	3/01/2000	03:30	130.0	24.0
1/01/2000	16:00	617.7	702.6	3/01/2000	04:00	125.9	23.0
1/01/2000	16:30	619.6	691.6	3/01/2000	04:30	122.0	22.0
1/01/2000	17:00	617.1	678.4	3/01/2000	05:00	118.0	21.0
1/01/2000	17:30	610.9	657.0	3/01/2000	05:30	114.2	20.0
1/01/2000	18:00	601.3	635.7	3/01/2000	06:00	110.2	19.0
1/01/2000	18:30	588.5	614.3	3/01/2000	06:30	106.4	18.0
1/01/2000	19:00	571.8	592.9	3/01/2000	07:00	102.5	17.0
1/01/2000	19:30	551.4	571.5	3/01/2000	07:30	98.7	16.0
1/01/2000	20:00	531.5	546.2	3/01/2000	08:00	94.9	14.9
1/01/2000	20:30	514.1	516.7	3/01/2000	08:30	91.2	14.0
1/01/2000	21:00	498.5	487.1	3/01/2000	09:00	87.6	13.3
1/01/2000	21:30	484.1	457.6	3/01/2000	09:30	84.1	12.7
1/01/2000	22:00	470.6	428.1	3/01/2000	10:00	80.7	12.0
1/01/2000	22:30	458.4	398.5	3/01/2000	10:30	77.5	11.4
1/01/2000	23:00	447.2	382.3	3/01/2000	11:00	74.4	10.7
1/01/2000	23:30	437.2	367.5	3/01/2000	11:30	71.4	10.0
2/01/2000	00:00	428.3	352.7	3/01/2000	12:00	68.5	9.4
2/01/2000	00:30	419.8	337.9	3/01/2000	12:30	65.8	8.7
2/01/2000	01:00	411.7	323.1	3/01/2000	13:00	63.2	8.0
2/01/2000	01:30	403.8	308.6	3/01/2000	13:30	60.7	7.4
2/01/2000	02:00	396.5	296.0	3/01/2000	14:00	58.2	6.7
2/01/2000	02:30	389.7	283.3	3/01/2000	14:30	55.8	6.0
2/01/2000	03:00	383.1	270.7	3/01/2000	15:00	53.5	5.4
2/01/2000	03:30	376.6	258.0	3/01/2000	15:30	51.2	4.7
2/01/2000	04:00	370.0	245.4	3/01/2000	16:00	49.0	4.4
2/01/2000	04:30	362.8	233.7	3/01/2000	16:30	46.9	4.0

2/01/2000	05:00	354.8	222.8	3/01/2000	17:00	44.8	3.7
2/01/2000	05:30	345.8	211.8	3/01/2000	17:30	42.9	3.4
2/01/2000	06:00	336.0	200.8	3/01/2000	18:00	41.1	3.0
2/01/2000	06:30	325.6	189.9	3/01/2000	18:30	39.4	2.7
2/01/2000	07:00	315.2	178.9	3/01/2000	19:00	37.7	2.4
2/01/2000	07:30	305.1	170.7	3/01/2000	19:30	36.0	2.0
2/01/2000	08:00	295.5	162.5	3/01/2000	20:00	34.4	1.7
2/01/2000	08:30	286.5	154.2	3/01/2000	20:30	32.9	1.4
2/01/2000	09:00	278.2	146.0	3/01/2000	21:00	31.5	1.0
2/01/2000	09:30	270.6	137.8	3/01/2000	21:30	30.1	0.7
2/01/2000	10:00	263.7	130.2	3/01/2000	22:00	28.8	0.3
2/01/2000	10:30	257.5	124.3	3/01/2000	22:30	27.6	0.0
2/01/2000	11:00	252.1	118.4	3/01/2000	23:00	26.4	0.0
2/01/2000	11:30	247.4	112.5				

Anexo 49: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET04 para TR 100 años

Fecha	Hora	Q _{Sim}	Q _{Obs}	Fecha	Hora	Q _{Sim}	Q _{Obs}
1/01/2000	00:00	0.0	0.0	2/01/2000	12:00	321.1	120.5
1/01/2000	00:30	0.0	3.7	2/01/2000	12:30	316.8	113.8
1/01/2000	01:00	0.0	7.4	2/01/2000	13:00	312.9	107.7
1/01/2000	01:30	0.0	13.3	2/01/2000	13:30	308.9	101.8
1/01/2000	02:00	0.0	32.9	2/01/2000	14:00	304.6	95.9
1/01/2000	02:30	0.8	52.5	2/01/2000	14:30	300.2	90.1
1/01/2000	03:00	14.7	73.9	2/01/2000	15:00	295.4	84.2
1/01/2000	03:30	39.9	98.1	2/01/2000	15:30	290.4	79.1
1/01/2000	04:00	72.3	122.3	2/01/2000	16:00	284.9	76.4
1/01/2000	04:30	107.5	152.6	2/01/2000	16:30	279.4	73.7
1/01/2000	05:00	142.2	187.9	2/01/2000	17:00	273.5	71.0
1/01/2000	05:30	174.0	223.2	2/01/2000	17:30	267.4	68.3
1/01/2000	06:00	201.7	265.0	2/01/2000	18:00	261.0	65.5
1/01/2000	06:30	225.3	309.6	2/01/2000	18:30	254.4	63.0
1/01/2000	07:00	244.9	354.2	2/01/2000	19:00	247.7	60.7
1/01/2000	07:30	261.1	405.6	2/01/2000	19:30	240.9	58.5
1/01/2000	08:00	276.8	458.4	2/01/2000	20:00	234.0	56.2
1/01/2000	08:30	293.5	510.2	2/01/2000	20:30	226.9	54.0
1/01/2000	09:00	309.8	553.0	2/01/2000	21:00	220.3	51.7
1/01/2000	09:30	323.9	595.7	2/01/2000	21:30	213.9	49.5
1/01/2000	10:00	335.8	638.5	2/01/2000	22:00	207.5	47.2
1/01/2000	10:30	346.6	681.2	2/01/2000	22:30	200.9	45.0
1/01/2000	11:00	357.0	724.0	2/01/2000	23:00	194.6	42.7
1/01/2000	11:30	367.6	756.7	2/01/2000	23:30	188.6	40.5
1/01/2000	12:00	378.8	772.8	3/01/2000	00:00	182.5	38.2
1/01/2000	12:30	391.0	789.1	3/01/2000	00:30	176.2	36.0
1/01/2000	13:00	404.3	805.3	3/01/2000	01:00	170.4	33.7

1/01/2000	13:30	418.6	821.5	3/01/2000	01:30	164.7	31.7
1/01/2000	14:00	433.1	837.7	3/01/2000	02:00	159.0	30.5
1/01/2000	14:30	446.8	831.1	3/01/2000	02:30	153.3	29.4
1/01/2000	15:00	458.7	818.7	3/01/2000	03:00	148.0	28.3
1/01/2000	15:30	468.6	806.3	3/01/2000	03:30	142.9	27.1
1/01/2000	16:00	476.4	793.9	3/01/2000	04:00	137.8	26.0
1/01/2000	16:30	481.7	781.5	3/01/2000	04:30	132.8	24.9
1/01/2000	17:00	484.5	766.7	3/01/2000	05:00	128.1	23.7
1/01/2000	17:30	484.9	742.5	3/01/2000	05:30	123.5	22.6
1/01/2000	18:00	483.1	718.3	3/01/2000	06:00	119.2	21.5
1/01/2000	18:30	479.3	694.2	3/01/2000	06:30	114.9	20.3
1/01/2000	19:00	473.7	670.0	3/01/2000	07:00	110.9	19.2
1/01/2000	19:30	465.6	645.8	3/01/2000	07:30	106.9	18.0
1/01/2000	20:00	454.8	617.2	3/01/2000	08:00	103.0	16.9
1/01/2000	20:30	443.6	583.8	3/01/2000	08:30	99.2	15.8
1/01/2000	21:00	434.6	550.5	3/01/2000	09:00	95.5	15.1
1/01/2000	21:30	427.5	517.1	3/01/2000	09:30	91.9	14.3
1/01/2000	22:00	421.9	483.7	3/01/2000	10:00	88.6	13.6
1/01/2000	22:30	417.6	450.4	3/01/2000	10:30	85.5	12.8
1/01/2000	23:00	414.3	432.0	3/01/2000	11:00	82.4	12.1
1/01/2000	23:30	412.2	415.3	3/01/2000	11:30	79.5	11.3
2/01/2000	00:00	411.1	398.5	3/01/2000	12:00	76.8	10.6
2/01/2000	00:30	410.4	381.8	3/01/2000	12:30	74.3	9.8
2/01/2000	01:00	409.5	365.1	3/01/2000	13:00	71.8	9.1
2/01/2000	01:30	408.6	348.8	3/01/2000	13:30	69.5	8.3
2/01/2000	02:00	407.8	334.5	3/01/2000	14:00	67.3	7.6
2/01/2000	02:30	407.2	320.2	3/01/2000	14:30	65.1	6.8
2/01/2000	03:00	406.6	305.9	3/01/2000	15:00	63.0	6.1
2/01/2000	03:30	405.9	291.6	3/01/2000	15:30	61.1	5.3
2/01/2000	04:00	404.8	277.3	3/01/2000	16:00	59.1	4.9
2/01/2000	04:30	403.4	264.1	3/01/2000	16:30	57.1	4.6
2/01/2000	05:00	401.3	251.7	3/01/2000	17:00	55.2	4.2
2/01/2000	05:30	398.3	239.3	3/01/2000	17:30	53.3	3.8
2/01/2000	06:00	394.2	226.9	3/01/2000	18:00	51.5	3.4
2/01/2000	06:30	389.3	214.5	3/01/2000	18:30	49.7	3.0
2/01/2000	07:00	383.7	202.2	3/01/2000	19:00	48.0	2.7
2/01/2000	07:30	377.6	192.9	3/01/2000	19:30	46.4	2.3
2/01/2000	08:00	371.2	183.6	3/01/2000	20:00	44.9	1.9
2/01/2000	08:30	364.6	174.3	3/01/2000	20:30	43.5	1.5
2/01/2000	09:00	357.9	165.0	3/01/2000	21:00	42.1	1.1
2/01/2000	09:30	351.1	155.7	3/01/2000	21:30	40.8	0.8
2/01/2000	10:00	344.5	147.1	3/01/2000	22:00	39.5	0.4
2/01/2000	10:30	338.0	140.5	3/01/2000	22:30	38.3	0.0
2/01/2000	11:00	331.9	133.8	3/01/2000	23:00	37.1	0.0
2/01/2000	11:30	326.1	127.1				

Anexo 50: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET04 para TR 500 años

Fecha	Hora	Q _{Sim}	Q _{Obs}	Fecha	Hora	Q _{Sim}	Q _{Obs}
1/01/2000	00:00	0.0	0.0	2/01/2000	12:00	616.2	154.3
1/01/2000	00:30	0.0	4.8	2/01/2000	12:30	613.5	145.7
1/01/2000	01:00	0.0	9.5	2/01/2000	13:00	609.6	137.9
1/01/2000	01:30	0.0	17.1	2/01/2000	13:30	605.1	130.4
1/01/2000	02:00	0.0	42.1	2/01/2000	14:00	599.3	122.9
1/01/2000	02:30	0.4	67.2	2/01/2000	14:30	592.8	115.3
1/01/2000	03:00	13.4	94.7	2/01/2000	15:00	585.0	107.8
1/01/2000	03:30	37.5	125.6	2/01/2000	15:30	576.3	101.3
1/01/2000	04:00	69.0	156.6	2/01/2000	16:00	567.3	97.9
1/01/2000	04:30	103.6	195.4	2/01/2000	16:30	557.2	94.4
1/01/2000	05:00	137.7	240.7	2/01/2000	17:00	546.3	90.9
1/01/2000	05:30	169.1	285.9	2/01/2000	17:30	535.0	87.4
1/01/2000	06:00	196.8	339.3	2/01/2000	18:00	523.2	83.9
1/01/2000	06:30	220.6	396.5	2/01/2000	18:30	510.7	80.7
1/01/2000	07:00	243.3	453.6	2/01/2000	19:00	497.7	77.8
1/01/2000	07:30	273.7	519.4	2/01/2000	19:30	484.2	74.9
1/01/2000	08:00	318.2	587.1	2/01/2000	20:00	470.3	72.0
1/01/2000	08:30	372.5	653.4	2/01/2000	20:30	456.3	69.1
1/01/2000	09:00	430.6	708.1	2/01/2000	21:00	442.3	66.2
1/01/2000	09:30	491.5	762.9	2/01/2000	21:30	428.2	63.4
1/01/2000	10:00	557.6	817.7	2/01/2000	22:00	414.3	60.5
1/01/2000	10:30	630.4	872.4	2/01/2000	22:30	400.6	57.6
1/01/2000	11:00	708.5	927.2	2/01/2000	23:00	387.1	54.7
1/01/2000	11:30	787.8	969.0	2/01/2000	23:30	373.8	51.8
1/01/2000	12:00	862.1	989.8	3/01/2000	00:00	360.8	48.9
1/01/2000	12:30	927.7	1010.5	3/01/2000	00:30	348.1	46.0
1/01/2000	13:00	982.7	1031.3	3/01/2000	01:00	335.8	43.2
1/01/2000	13:30	1024.8	1052.0	3/01/2000	01:30	323.7	40.6
1/01/2000	14:00	1051.0	1072.8	3/01/2000	02:00	312.1	39.1
1/01/2000	14:30	1057.5	1064.4	3/01/2000	02:30	300.7	37.7
1/01/2000	15:00	1040.5	1048.5	3/01/2000	03:00	289.8	36.2
1/01/2000	15:30	1002.0	1032.6	3/01/2000	03:30	279.2	34.8
1/01/2000	16:00	957.6	1016.8	3/01/2000	04:00	268.9	33.3
1/01/2000	16:30	913.8	1000.9	3/01/2000	04:30	259.0	31.8
1/01/2000	17:00	870.5	981.8	3/01/2000	05:00	249.5	30.4
1/01/2000	17:30	828.7	950.9	3/01/2000	05:30	240.2	28.9
1/01/2000	18:00	789.3	919.9	3/01/2000	06:00	231.5	27.5
1/01/2000	18:30	753.9	889.0	3/01/2000	06:30	222.9	26.0
1/01/2000	19:00	722.9	858.0	3/01/2000	07:00	214.9	24.5
1/01/2000	19:30	697.0	827.1	3/01/2000	07:30	206.9	23.1
1/01/2000	20:00	676.0	790.4	3/01/2000	08:00	199.4	21.6
1/01/2000	20:30	659.2	747.7	3/01/2000	08:30	192.0	20.3
1/01/2000	21:00	647.1	704.9	3/01/2000	09:00	185.0	19.3

1/01/2000	21:30	638.5	662.2	3/01/2000	09:30	178.2	18.4
1/01/2000	22:00	633.5	619.5	3/01/2000	10:00	171.7	17.4
1/01/2000	22:30	631.4	576.8	3/01/2000	10:30	165.3	16.4
1/01/2000	23:00	632.1	553.2	3/01/2000	11:00	159.3	15.5
1/01/2000	23:30	635.6	531.8	3/01/2000	11:30	153.4	14.5
2/01/2000	00:00	641.6	510.4	3/01/2000	12:00	147.8	13.5
2/01/2000	00:30	649.1	489.0	3/01/2000	12:30	142.4	12.6
2/01/2000	01:00	655.3	467.5	3/01/2000	13:00	137.2	11.6
2/01/2000	01:30	661.2	446.7	3/01/2000	13:30	132.2	10.6
2/01/2000	02:00	666.5	428.4	3/01/2000	14:00	127.5	9.7
2/01/2000	02:30	671.4	410.0	3/01/2000	14:30	122.9	8.7
2/01/2000	03:00	674.7	391.7	3/01/2000	15:00	118.5	7.8
2/01/2000	03:30	676.0	373.4	3/01/2000	15:30	114.2	6.8
2/01/2000	04:00	675.5	355.1	3/01/2000	16:00	110.2	6.3
2/01/2000	04:30	673.3	338.2	3/01/2000	16:30	106.2	5.8
2/01/2000	05:00	669.9	322.4	3/01/2000	17:00	102.5	5.3
2/01/2000	05:30	664.9	306.5	3/01/2000	17:30	98.8	4.9
2/01/2000	06:00	658.8	290.6	3/01/2000	18:00	95.3	4.4
2/01/2000	06:30	651.5	274.8	3/01/2000	18:30	91.9	3.9
2/01/2000	07:00	644.1	258.9	3/01/2000	19:00	88.7	3.4
2/01/2000	07:30	636.8	247.0	3/01/2000	19:30	85.6	2.9
2/01/2000	08:00	631.4	235.1	3/01/2000	20:00	82.6	2.4
2/01/2000	08:30	628.8	223.2	3/01/2000	20:30	79.6	2.0
2/01/2000	09:00	626.4	211.3	3/01/2000	21:00	76.9	1.5
2/01/2000	09:30	624.5	199.4	3/01/2000	21:30	74.2	1.0
2/01/2000	10:00	623.0	188.4	3/01/2000	22:00	71.7	0.5
2/01/2000	10:30	621.6	179.9	3/01/2000	22:30	69.2	0.0
2/01/2000	11:00	619.9	171.4	3/01/2000	23:00	66.8	0.0
2/01/2000	11:30	618.4	162.8				

Anexo 51: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET05 para TR 25 años

Fecha	Hora	Q _{Sim}	Q _{Obs}	Fecha	Hora	Q _{Sim}	Q _{Obs}
1/01/2000	00:00	0.0	0.0	2/01/2000	12:00	99.4	93.1
1/01/2000	00:30	0.0	2.9	2/01/2000	12:30	92.0	87.9
1/01/2000	01:00	0.0	5.7	2/01/2000	13:00	85.5	83.2
1/01/2000	01:30	0.0	10.3	2/01/2000	13:30	79.7	78.6
1/01/2000	02:00	0.0	25.4	2/01/2000	14:00	74.7	74.1
1/01/2000	02:30	0.0	40.5	2/01/2000	14:30	70.5	69.6
1/01/2000	03:00	0.0	57.1	2/01/2000	15:00	66.9	65.0
1/01/2000	03:30	0.0	75.8	2/01/2000	15:30	63.7	61.1
1/01/2000	04:00	0.0	94.4	2/01/2000	16:00	60.9	59.0
1/01/2000	04:30	3.2	117.9	2/01/2000	16:30	58.7	56.9
1/01/2000	05:00	151.1	145.2	2/01/2000	17:00	56.9	54.8
1/01/2000	05:30	309.4	172.4	2/01/2000	17:30	55.4	52.7

1/01/2000	06:00	309.4	204.7	2/01/2000	18:00	53.8	50.6
1/01/2000	06:30	309.4	239.1	2/01/2000	18:30	52.0	48.7
1/01/2000	07:00	309.4	273.6	2/01/2000	19:00	50.2	46.9
1/01/2000	07:30	309.6	313.3	2/01/2000	19:30	48.4	45.2
1/01/2000	08:00	310.2	354.1	2/01/2000	20:00	46.6	43.4
1/01/2000	08:30	310.5	394.1	2/01/2000	20:30	45.0	41.7
1/01/2000	09:00	306.6	427.1	2/01/2000	21:00	43.3	40.0
1/01/2000	09:30	293.6	460.2	2/01/2000	21:30	41.7	38.2
1/01/2000	10:00	272.8	493.2	2/01/2000	22:00	40.0	36.5
1/01/2000	10:30	253.9	526.2	2/01/2000	22:30	38.2	34.7
1/01/2000	11:00	250.1	559.3	2/01/2000	23:00	36.4	33.0
1/01/2000	11:30	301.7	584.5	2/01/2000	23:30	34.6	31.3
1/01/2000	12:00	410.4	597.0	3/01/2000	00:00	32.9	29.5
1/01/2000	12:30	512.6	609.5	3/01/2000	00:30	31.4	27.8
1/01/2000	13:00	568.5	622.1	3/01/2000	01:00	29.9	26.0
1/01/2000	13:30	594.6	634.6	3/01/2000	01:30	28.5	24.5
1/01/2000	14:00	603.5	647.1	3/01/2000	02:00	27.3	23.6
1/01/2000	14:30	602.3	642.0	3/01/2000	02:30	26.0	22.7
1/01/2000	15:00	595.2	632.5	3/01/2000	03:00	24.9	21.8
1/01/2000	15:30	584.4	622.9	3/01/2000	03:30	23.8	21.0
1/01/2000	16:00	574.0	613.3	3/01/2000	04:00	22.8	20.1
1/01/2000	16:30	568.6	603.7	3/01/2000	04:30	21.8	19.2
1/01/2000	17:00	567.6	592.2	3/01/2000	05:00	20.8	18.3
1/01/2000	17:30	567.3	573.6	3/01/2000	05:30	19.8	17.5
1/01/2000	18:00	563.4	554.9	3/01/2000	06:00	18.9	16.6
1/01/2000	18:30	551.8	536.2	3/01/2000	06:30	18.0	15.7
1/01/2000	19:00	536.5	517.6	3/01/2000	07:00	17.3	14.8
1/01/2000	19:30	525.9	498.9	3/01/2000	07:30	16.6	13.9
1/01/2000	20:00	520.9	476.8	3/01/2000	08:00	16.0	13.1
1/01/2000	20:30	518.9	451.0	3/01/2000	08:30	15.4	12.2
1/01/2000	21:00	518.2	425.2	3/01/2000	09:00	14.9	11.6
1/01/2000	21:30	517.1	399.5	3/01/2000	09:30	14.3	11.1
1/01/2000	22:00	517.2	373.7	3/01/2000	10:00	13.8	10.5
1/01/2000	22:30	515.9	347.9	3/01/2000	10:30	13.3	9.9
1/01/2000	23:00	513.2	333.7	3/01/2000	11:00	12.8	9.3
1/01/2000	23:30	511.9	320.8	3/01/2000	11:30	12.4	8.8
2/01/2000	00:00	513.1	307.9	3/01/2000	12:00	11.9	8.2
2/01/2000	00:30	515.6	295.0	3/01/2000	12:30	11.5	7.6
2/01/2000	01:00	517.7	282.0	3/01/2000	13:00	11.1	7.0
2/01/2000	01:30	518.6	269.4	3/01/2000	13:30	10.7	6.4
2/01/2000	02:00	512.0	258.4	3/01/2000	14:00	10.4	5.8
2/01/2000	02:30	488.3	247.3	3/01/2000	14:30	10.0	5.3
2/01/2000	03:00	451.8	236.3	3/01/2000	15:00	9.7	4.7
2/01/2000	03:30	418.0	225.2	3/01/2000	15:30	9.4	4.1
2/01/2000	04:00	392.5	214.2	3/01/2000	16:00	9.1	3.8
2/01/2000	04:30	372.6	204.0	3/01/2000	16:30	8.8	3.5

2/01/2000	05:00	351.8	194.4	3/01/2000	17:00	8.5	3.2
2/01/2000	05:30	326.7	184.9	3/01/2000	17:30	8.3	2.9
2/01/2000	06:00	299.1	175.3	3/01/2000	18:00	8.0	2.6
2/01/2000	06:30	272.8	165.7	3/01/2000	18:30	7.8	2.3
2/01/2000	07:00	248.5	156.2	3/01/2000	19:00	7.6	2.1
2/01/2000	07:30	225.3	149.0	3/01/2000	19:30	7.4	1.8
2/01/2000	08:00	204.1	141.8	3/01/2000	20:00	7.1	1.5
2/01/2000	08:30	185.3	134.6	3/01/2000	20:30	6.9	1.2
2/01/2000	09:00	168.4	127.5	3/01/2000	21:00	6.7	0.9
2/01/2000	09:30	153.4	120.3	3/01/2000	21:30	6.5	0.6
2/01/2000	10:00	140.0	113.7	3/01/2000	22:00	6.4	0.3
2/01/2000	10:30	127.9	108.5	3/01/2000	22:30	6.2	0.0
2/01/2000	11:00	117.2	103.4	3/01/2000	23:00	6.0	0.0
2/01/2000	11:30	107.7	98.2				

Anexo 52: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET05 para TR 50 años

Fecha	Hora	Q _{Sim}	Q _{Obs}	Fecha	Hora	Q _{Sim}	Q _{Obs}
1/01/2000	00:00	0.0	0.0	2/01/2000	12:00	109.6	106.6
1/01/2000	00:30	0.0	3.3	2/01/2000	12:30	101.9	100.7
1/01/2000	01:00	0.0	6.6	2/01/2000	13:00	94.8	95.3
1/01/2000	01:30	0.0	11.8	2/01/2000	13:30	88.3	90.1
1/01/2000	02:00	0.0	29.1	2/01/2000	14:00	82.1	84.9
1/01/2000	02:30	0.0	46.4	2/01/2000	14:30	76.3	79.7
1/01/2000	03:00	0.0	65.4	2/01/2000	15:00	71.1	74.5
1/01/2000	03:30	0.0	86.8	2/01/2000	15:30	66.4	70.0
1/01/2000	04:00	0.0	108.2	2/01/2000	16:00	62.0	67.6
1/01/2000	04:30	93.1	135.1	2/01/2000	16:30	58.1	65.2
1/01/2000	05:00	309.3	166.3	2/01/2000	17:00	54.5	62.8
1/01/2000	05:30	309.4	197.6	2/01/2000	17:30	51.3	60.4
1/01/2000	06:00	309.4	234.5	2/01/2000	18:00	48.3	58.0
1/01/2000	06:30	309.3	274.0	2/01/2000	18:30	45.5	55.8
1/01/2000	07:00	308.0	313.5	2/01/2000	19:00	42.9	53.8
1/01/2000	07:30	303.3	358.9	2/01/2000	19:30	40.6	51.8
1/01/2000	08:00	295.0	405.7	2/01/2000	20:00	38.5	49.8
1/01/2000	08:30	292.4	451.5	2/01/2000	20:30	36.4	47.8
1/01/2000	09:00	298.8	489.3	2/01/2000	21:00	34.6	45.8
1/01/2000	09:30	312.9	527.2	2/01/2000	21:30	32.7	43.8
1/01/2000	10:00	336.9	565.0	2/01/2000	22:00	31.0	41.8
1/01/2000	10:30	370.4	602.8	2/01/2000	22:30	29.4	39.8
1/01/2000	11:00	411.9	640.7	2/01/2000	23:00	27.9	37.8
1/01/2000	11:30	453.5	669.6	2/01/2000	23:30	26.5	35.8
1/01/2000	12:00	490.4	683.9	3/01/2000	00:00	25.2	33.8
1/01/2000	12:30	571.3	698.3	3/01/2000	00:30	24.0	31.8
1/01/2000	13:00	729.8	712.6	3/01/2000	01:00	22.8	29.8

1/01/2000	13:30	855.4	727.0	3/01/2000	01:30	21.8	28.0
1/01/2000	14:00	886.1	741.3	3/01/2000	02:00	20.7	27.0
1/01/2000	14:30	863.9	735.5	3/01/2000	02:30	19.8	26.0
1/01/2000	15:00	822.2	724.5	3/01/2000	03:00	18.9	25.0
1/01/2000	15:30	778.6	713.6	3/01/2000	03:30	18.0	24.0
1/01/2000	16:00	739.6	702.6	3/01/2000	04:00	17.2	23.0
1/01/2000	16:30	707.7	691.6	3/01/2000	04:30	16.5	22.0
1/01/2000	17:00	682.6	678.4	3/01/2000	05:00	15.7	21.0
1/01/2000	17:30	663.5	657.0	3/01/2000	05:30	15.1	20.0
1/01/2000	18:00	649.6	635.7	3/01/2000	06:00	14.4	19.0
1/01/2000	18:30	637.3	614.3	3/01/2000	06:30	13.8	18.0
1/01/2000	19:00	624.5	592.9	3/01/2000	07:00	13.2	17.0
1/01/2000	19:30	611.9	571.5	3/01/2000	07:30	12.7	16.0
1/01/2000	20:00	601.9	546.2	3/01/2000	08:00	12.2	14.9
1/01/2000	20:30	594.8	516.7	3/01/2000	08:30	11.7	14.0
1/01/2000	21:00	589.1	487.1	3/01/2000	09:00	11.3	13.3
1/01/2000	21:30	583.9	457.6	3/01/2000	09:30	10.8	12.7
1/01/2000	22:00	578.7	428.1	3/01/2000	10:00	10.4	12.0
1/01/2000	22:30	574.2	398.5	3/01/2000	10:30	10.0	11.4
1/01/2000	23:00	570.9	382.3	3/01/2000	11:00	9.7	10.7
1/01/2000	23:30	569.3	367.5	3/01/2000	11:30	9.3	10.0
2/01/2000	00:00	571.7	352.7	3/01/2000	12:00	9.0	9.4
2/01/2000	00:30	577.9	337.9	3/01/2000	12:30	8.7	8.7
2/01/2000	01:00	583.0	323.1	3/01/2000	13:00	8.4	8.0
2/01/2000	01:30	578.4	308.6	3/01/2000	13:30	8.1	7.4
2/01/2000	02:00	559.4	296.0	3/01/2000	14:00	7.8	6.7
2/01/2000	02:30	525.0	283.3	3/01/2000	14:30	7.5	6.0
2/01/2000	03:00	479.5	270.7	3/01/2000	15:00	7.2	5.4
2/01/2000	03:30	433.0	258.0	3/01/2000	15:30	7.0	4.7
2/01/2000	04:00	394.8	245.4	3/01/2000	16:00	6.7	4.4
2/01/2000	04:30	366.3	233.7	3/01/2000	16:30	6.5	4.0
2/01/2000	05:00	344.3	222.8	3/01/2000	17:00	6.3	3.7
2/01/2000	05:30	324.6	211.8	3/01/2000	17:30	6.1	3.4
2/01/2000	06:00	305.5	200.8	3/01/2000	18:00	5.9	3.0
2/01/2000	06:30	285.3	189.9	3/01/2000	18:30	5.7	2.7
2/01/2000	07:00	263.7	178.9	3/01/2000	19:00	5.5	2.4
2/01/2000	07:30	242.1	170.7	3/01/2000	19:30	5.3	2.0
2/01/2000	08:00	221.1	162.5	3/01/2000	20:00	5.2	1.7
2/01/2000	08:30	201.1	154.2	3/01/2000	20:30	5.0	1.4
2/01/2000	09:00	182.7	146.0	3/01/2000	21:00	4.9	1.0
2/01/2000	09:30	166.0	137.8	3/01/2000	21:30	4.7	0.7
2/01/2000	10:00	151.4	130.2	3/01/2000	22:00	4.6	0.3
2/01/2000	10:30	138.8	124.3	3/01/2000	22:30	4.5	0.0
2/01/2000	11:00	127.7	118.4	3/01/2000	23:00	4.4	0.0
2/01/2000	11:30	118.1	112.5				

Anexo 53: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET05 para TR 100 años

Fecha	Hora	Q Sim	Q Obs	Fecha	Hora	Q Sim	Q Obs
1/01/2000	00:00	0.0	0.0	2/01/2000	12:00	111.2	120.5
1/01/2000	00:30	0.0	3.7	2/01/2000	12:30	102.1	113.8
1/01/2000	01:00	0.0	7.4	2/01/2000	13:00	93.9	107.7
1/01/2000	01:30	0.0	13.3	2/01/2000	13:30	86.6	101.8
1/01/2000	02:00	0.0	32.9	2/01/2000	14:00	80.4	95.9
1/01/2000	02:30	0.0	52.5	2/01/2000	14:30	74.9	90.1
1/01/2000	03:00	0.0	73.9	2/01/2000	15:00	70.1	84.2
1/01/2000	03:30	0.0	98.1	2/01/2000	15:30	65.8	79.1
1/01/2000	04:00	0.0	122.3	2/01/2000	16:00	62.8	76.4
1/01/2000	04:30	0.5	152.6	2/01/2000	16:30	60.3	73.7
1/01/2000	05:00	26.5	187.9	2/01/2000	17:00	58.8	71.0
1/01/2000	05:30	206.4	223.2	2/01/2000	17:30	57.6	68.3
1/01/2000	06:00	309.4	265.0	2/01/2000	18:00	56.6	65.5
1/01/2000	06:30	309.4	309.6	2/01/2000	18:30	56.6	63.0
1/01/2000	07:00	309.4	354.2	2/01/2000	19:00	56.7	60.7
1/01/2000	07:30	309.4	405.6	2/01/2000	19:30	56.9	58.5
1/01/2000	08:00	310.1	458.4	2/01/2000	20:00	57.1	56.2
1/01/2000	08:30	312.6	510.2	2/01/2000	20:30	57.4	54.0
1/01/2000	09:00	317.4	553.0	2/01/2000	21:00	57.3	51.7
1/01/2000	09:30	326.1	595.7	2/01/2000	21:30	56.9	49.5
1/01/2000	10:00	346.9	638.5	2/01/2000	22:00	56.1	47.2
1/01/2000	10:30	394.4	681.2	2/01/2000	22:30	55.3	45.0
1/01/2000	11:00	500.6	724.0	2/01/2000	23:00	54.6	42.7
1/01/2000	11:30	625.3	756.7	2/01/2000	23:30	53.1	40.5
1/01/2000	12:00	720.5	772.8	3/01/2000	00:00	51.5	38.2
1/01/2000	12:30	782.6	789.1	3/01/2000	00:30	50.0	36.0
1/01/2000	13:00	822.9	805.3	3/01/2000	01:00	48.3	33.7
1/01/2000	13:30	845.0	821.5	3/01/2000	01:30	46.7	31.7
1/01/2000	14:00	854.9	837.7	3/01/2000	02:00	45.0	30.5
1/01/2000	14:30	855.4	831.1	3/01/2000	02:30	43.2	29.4
1/01/2000	15:00	848.0	818.7	3/01/2000	03:00	41.6	28.3
1/01/2000	15:30	838.4	806.3	3/01/2000	03:30	39.9	27.1
1/01/2000	16:00	828.2	793.9	3/01/2000	04:00	38.5	26.0
1/01/2000	16:30	813.9	781.5	3/01/2000	04:30	37.1	24.9
1/01/2000	17:00	793.6	766.7	3/01/2000	05:00	35.7	23.7
1/01/2000	17:30	771.7	742.5	3/01/2000	05:30	34.4	22.6
1/01/2000	18:00	751.1	718.3	3/01/2000	06:00	33.0	21.5
1/01/2000	18:30	732.3	694.2	3/01/2000	06:30	31.6	20.3
1/01/2000	19:00	715.5	670.0	3/01/2000	07:00	30.4	19.2
1/01/2000	19:30	701.1	645.8	3/01/2000	07:30	29.2	18.0
1/01/2000	20:00	691.1	617.2	3/01/2000	08:00	28.1	16.9
1/01/2000	20:30	684.5	583.8	3/01/2000	08:30	27.1	15.8
1/01/2000	21:00	681.2	550.5	3/01/2000	09:00	26.2	15.1

1/01/2000	21:30	679.1	517.1	3/01/2000	09:30	25.3	14.3
1/01/2000	22:00	677.4	483.7	3/01/2000	10:00	24.4	13.6
1/01/2000	22:30	675.7	450.4	3/01/2000	10:30	23.5	12.8
1/01/2000	23:00	672.7	432.0	3/01/2000	11:00	22.6	12.1
1/01/2000	23:30	668.6	415.3	3/01/2000	11:30	21.9	11.3
2/01/2000	00:00	665.0	398.5	3/01/2000	12:00	21.1	10.6
2/01/2000	00:30	661.8	381.8	3/01/2000	12:30	20.5	9.8
2/01/2000	01:00	658.1	365.1	3/01/2000	13:00	19.8	9.1
2/01/2000	01:30	653.2	348.8	3/01/2000	13:30	19.2	8.3
2/01/2000	02:00	643.0	334.5	3/01/2000	14:00	18.6	7.6
2/01/2000	02:30	624.6	320.2	3/01/2000	14:30	17.9	6.8
2/01/2000	03:00	588.8	305.9	3/01/2000	15:00	17.3	6.1
2/01/2000	03:30	546.4	291.6	3/01/2000	15:30	16.7	5.3
2/01/2000	04:00	499.9	277.3	3/01/2000	16:00	16.2	4.9
2/01/2000	04:30	455.0	264.1	3/01/2000	16:30	15.7	4.6
2/01/2000	05:00	414.3	251.7	3/01/2000	17:00	15.2	4.2
2/01/2000	05:30	377.0	239.3	3/01/2000	17:30	14.7	3.8
2/01/2000	06:00	344.4	226.9	3/01/2000	18:00	14.3	3.4
2/01/2000	06:30	313.4	214.5	3/01/2000	18:30	13.8	3.0
2/01/2000	07:00	282.8	202.2	3/01/2000	19:00	13.5	2.7
2/01/2000	07:30	253.5	192.9	3/01/2000	19:30	13.1	2.3
2/01/2000	08:00	227.3	183.6	3/01/2000	20:00	12.7	1.9
2/01/2000	08:30	204.9	174.3	3/01/2000	20:30	12.4	1.5
2/01/2000	09:00	186.1	165.0	3/01/2000	21:00	12.0	1.1
2/01/2000	09:30	170.2	155.7	3/01/2000	21:30	11.7	0.8
2/01/2000	10:00	156.6	147.1	3/01/2000	22:00	11.4	0.4
2/01/2000	10:30	144.2	140.5	3/01/2000	22:30	11.1	0.0
2/01/2000	11:00	132.5	133.8	3/01/2000	23:00	10.8	0.0
2/01/2000	11:30	121.3	127.1				

Anexo 54: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET05 para TR 500 años

Fecha	Hora	Q _{Sim}	Q _{Obs}	Fecha	Hora	Q _{Sim}	Q _{Obs}
1/01/2000	00:00	0.0	0.0	2/01/2000	12:00	117.3	154.3
1/01/2000	00:30	0.0	4.8	2/01/2000	12:30	110.1	145.7
1/01/2000	01:00	0.0	9.5	2/01/2000	13:00	104.4	137.9
1/01/2000	01:30	0.0	17.1	2/01/2000	13:30	99.8	130.4
1/01/2000	02:00	0.0	42.1	2/01/2000	14:00	95.9	122.9
1/01/2000	02:30	0.0	67.2	2/01/2000	14:30	92.4	115.3
1/01/2000	03:00	0.0	94.7	2/01/2000	15:00	88.4	107.8
1/01/2000	03:30	0.0	125.6	2/01/2000	15:30	83.8	101.3
1/01/2000	04:00	0.0	156.6	2/01/2000	16:00	79.0	97.9
1/01/2000	04:30	20.8	195.4	2/01/2000	16:30	74.4	94.4
1/01/2000	05:00	309.3	240.7	2/01/2000	17:00	70.1	90.9
1/01/2000	05:30	309.4	285.9	2/01/2000	17:30	65.9	87.4

1/01/2000	06:00	309.4	339.3	2/01/2000	18:00	61.9	83.9
1/01/2000	06:30	309.4	396.5	2/01/2000	18:30	58.2	80.7
1/01/2000	07:00	309.5	453.6	2/01/2000	19:00	54.7	77.8
1/01/2000	07:30	310.7	519.4	2/01/2000	19:30	51.5	74.9
1/01/2000	08:00	314.7	587.1	2/01/2000	20:00	48.4	72.0
1/01/2000	08:30	321.1	653.4	2/01/2000	20:30	45.6	69.1
1/01/2000	09:00	328.5	708.1	2/01/2000	21:00	43.0	66.2
1/01/2000	09:30	351.5	762.9	2/01/2000	21:30	40.5	63.4
1/01/2000	10:00	450.9	817.7	2/01/2000	22:00	38.3	60.5
1/01/2000	10:30	717.3	872.4	2/01/2000	22:30	36.2	57.6
1/01/2000	11:00	1000.6	927.2	2/01/2000	23:00	34.3	54.7
1/01/2000	11:30	1123.1	969.0	2/01/2000	23:30	32.5	51.8
1/01/2000	12:00	1129.5	989.8	3/01/2000	00:00	30.8	48.9
1/01/2000	12:30	1073.8	1010.5	3/01/2000	00:30	29.2	46.0
1/01/2000	13:00	1002.5	1031.3	3/01/2000	01:00	27.7	43.2
1/01/2000	13:30	951.2	1052.0	3/01/2000	01:30	26.3	40.6
1/01/2000	14:00	935.4	1072.8	3/01/2000	02:00	25.0	39.1
1/01/2000	14:30	946.6	1064.4	3/01/2000	02:30	23.8	37.7
1/01/2000	15:00	959.9	1048.5	3/01/2000	03:00	22.7	36.2
1/01/2000	15:30	959.4	1032.6	3/01/2000	03:30	21.6	34.8
1/01/2000	16:00	946.5	1016.8	3/01/2000	04:00	20.6	33.3
1/01/2000	16:30	926.6	1000.9	3/01/2000	04:30	19.7	31.8
1/01/2000	17:00	906.8	981.8	3/01/2000	05:00	18.8	30.4
1/01/2000	17:30	890.1	950.9	3/01/2000	05:30	18.0	28.9
1/01/2000	18:00	874.9	919.9	3/01/2000	06:00	17.2	27.5
1/01/2000	18:30	864.0	889.0	3/01/2000	06:30	16.5	26.0
1/01/2000	19:00	866.5	858.0	3/01/2000	07:00	15.8	24.5
1/01/2000	19:30	888.7	827.1	3/01/2000	07:30	15.2	23.1
1/01/2000	20:00	924.7	790.4	3/01/2000	08:00	14.5	21.6
1/01/2000	20:30	950.8	747.7	3/01/2000	08:30	13.9	20.3
1/01/2000	21:00	956.7	704.9	3/01/2000	09:00	13.4	19.3
1/01/2000	21:30	954.1	662.2	3/01/2000	09:30	12.9	18.4
1/01/2000	22:00	948.5	619.5	3/01/2000	10:00	12.4	17.4
1/01/2000	22:30	940.1	576.8	3/01/2000	10:30	11.9	16.4
1/01/2000	23:00	928.4	553.2	3/01/2000	11:00	11.4	15.5
1/01/2000	23:30	917.3	531.8	3/01/2000	11:30	11.0	14.5
2/01/2000	00:00	911.4	510.4	3/01/2000	12:00	10.6	13.5
2/01/2000	00:30	906.5	489.0	3/01/2000	12:30	10.2	12.6
2/01/2000	01:00	896.3	467.5	3/01/2000	13:00	9.9	11.6
2/01/2000	01:30	875.0	446.7	3/01/2000	13:30	9.5	10.6
2/01/2000	02:00	834.8	428.4	3/01/2000	14:00	9.2	9.7
2/01/2000	02:30	772.3	410.0	3/01/2000	14:30	8.9	8.7
2/01/2000	03:00	699.1	391.7	3/01/2000	15:00	8.6	7.8
2/01/2000	03:30	625.6	373.4	3/01/2000	15:30	8.3	6.8
2/01/2000	04:00	559.0	355.1	3/01/2000	16:00	8.0	6.3
2/01/2000	04:30	500.8	338.2	3/01/2000	16:30	7.7	5.8

2/01/2000	05:00	449.0	322.4	3/01/2000	17:00	7.4	5.3
2/01/2000	05:30	402.6	306.5	3/01/2000	17:30	7.2	4.9
2/01/2000	06:00	361.1	290.6	3/01/2000	18:00	6.9	4.4
2/01/2000	06:30	324.6	274.8	3/01/2000	18:30	6.7	3.9
2/01/2000	07:00	292.0	258.9	3/01/2000	19:00	6.5	3.4
2/01/2000	07:30	262.6	247.0	3/01/2000	19:30	6.3	2.9
2/01/2000	08:00	236.7	235.1	3/01/2000	20:00	6.1	2.4
2/01/2000	08:30	213.4	223.2	3/01/2000	20:30	5.9	2.0
2/01/2000	09:00	193.1	211.3	3/01/2000	21:00	5.7	1.5
2/01/2000	09:30	175.2	199.4	3/01/2000	21:30	5.6	1.0
2/01/2000	10:00	159.5	188.4	3/01/2000	22:00	5.4	0.5
2/01/2000	10:30	146.3	179.9	3/01/2000	22:30	5.2	0.0
2/01/2000	11:00	135.1	171.4	3/01/2000	23:00	5.1	0.0
2/01/2000	11:30	125.5	162.8				

Anexo 55: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET06 para TR 25 años

Fecha	Hora	Q _{Sim}	Q _{Obs}	Fecha	Hora	Q _{Sim}	Q _{Obs}
1/01/2000	00:00	0.0	0.0	2/01/2000	12:00	111.4	93.1
1/01/2000	00:30	0.0	2.9	2/01/2000	12:30	99.8	87.9
1/01/2000	01:00	0.0	5.7	2/01/2000	13:00	89.0	83.2
1/01/2000	01:30	0.0	10.3	2/01/2000	13:30	79.0	78.6
1/01/2000	02:00	0.0	25.4	2/01/2000	14:00	69.8	74.1
1/01/2000	02:30	1.1	40.5	2/01/2000	14:30	61.5	69.6
1/01/2000	03:00	15.4	57.1	2/01/2000	15:00	53.8	65.0
1/01/2000	03:30	40.9	75.8	2/01/2000	15:30	46.9	61.1
1/01/2000	04:00	73.5	94.4	2/01/2000	16:00	40.7	59.0
1/01/2000	04:30	108.6	117.9	2/01/2000	16:30	35.2	56.9
1/01/2000	05:00	142.8	145.2	2/01/2000	17:00	30.2	54.8
1/01/2000	05:30	173.9	172.4	2/01/2000	17:30	25.9	52.7
1/01/2000	06:00	201.4	204.7	2/01/2000	18:00	22.1	50.6
1/01/2000	06:30	225.2	239.1	2/01/2000	18:30	18.7	48.7
1/01/2000	07:00	245.6	273.6	2/01/2000	19:00	15.8	46.9
1/01/2000	07:30	262.7	313.3	2/01/2000	19:30	13.3	45.2
1/01/2000	08:00	276.3	354.1	2/01/2000	20:00	11.2	43.4
1/01/2000	08:30	285.7	394.1	2/01/2000	20:30	9.4	41.7
1/01/2000	09:00	293.9	427.1	2/01/2000	21:00	7.8	40.0
1/01/2000	09:30	307.7	460.2	2/01/2000	21:30	6.5	38.2
1/01/2000	10:00	331.7	493.2	2/01/2000	22:00	5.4	36.5
1/01/2000	10:30	369.0	526.2	2/01/2000	22:30	4.4	34.7
1/01/2000	11:00	419.0	559.3	2/01/2000	23:00	3.7	33.0
1/01/2000	11:30	476.8	584.5	2/01/2000	23:30	3.0	31.3
1/01/2000	12:00	535.6	597.0	3/01/2000	00:00	2.5	29.5
1/01/2000	12:30	587.1	609.5	3/01/2000	00:30	2.0	27.8
1/01/2000	13:00	627.1	622.1	3/01/2000	01:00	1.6	26.0

1/01/2000	13:30	656.6	634.6	3/01/2000	01:30	1.3	24.5
1/01/2000	14:00	677.5	647.1	3/01/2000	02:00	1.1	23.6
1/01/2000	14:30	691.0	642.0	3/01/2000	02:30	0.9	22.7
1/01/2000	15:00	697.6	632.5	3/01/2000	03:00	0.7	21.8
1/01/2000	15:30	697.5	622.9	3/01/2000	03:30	0.6	21.0
1/01/2000	16:00	691.5	613.3	3/01/2000	04:00	0.5	20.1
1/01/2000	16:30	680.9	603.7	3/01/2000	04:30	0.4	19.2
1/01/2000	17:00	667.2	592.2	3/01/2000	05:00	0.3	18.3
1/01/2000	17:30	652.2	573.6	3/01/2000	05:30	0.2	17.5
1/01/2000	18:00	637.1	554.9	3/01/2000	06:00	0.2	16.6
1/01/2000	18:30	622.7	536.2	3/01/2000	06:30	0.2	15.7
1/01/2000	19:00	609.6	517.6	3/01/2000	07:00	0.1	14.8
1/01/2000	19:30	598.3	498.9	3/01/2000	07:30	0.1	13.9
1/01/2000	20:00	588.9	476.8	3/01/2000	08:00	0.1	13.1
1/01/2000	20:30	581.1	451.0	3/01/2000	08:30	0.1	12.2
1/01/2000	21:00	574.1	425.2	3/01/2000	09:00	0.1	11.6
1/01/2000	21:30	568.1	399.5	3/01/2000	09:30	0.0	11.1
1/01/2000	22:00	563.2	373.7	3/01/2000	10:00	0.0	10.5
1/01/2000	22:30	559.4	347.9	3/01/2000	10:30	0.0	9.9
1/01/2000	23:00	556.5	333.7	3/01/2000	11:00	0.0	9.3
1/01/2000	23:30	554.5	320.8	3/01/2000	11:30	0.0	8.8
2/01/2000	00:00	553.5	307.9	3/01/2000	12:00	0.0	8.2
2/01/2000	00:30	551.2	295.0	3/01/2000	12:30	0.0	7.6
2/01/2000	01:00	545.2	282.0	3/01/2000	13:00	0.0	7.0
2/01/2000	01:30	536.2	269.4	3/01/2000	13:30	0.0	6.4
2/01/2000	02:00	524.3	258.4	3/01/2000	14:00	0.0	5.8
2/01/2000	02:30	509.5	247.3	3/01/2000	14:30	0.0	5.3
2/01/2000	03:00	492.3	236.3	3/01/2000	15:00	0.0	4.7
2/01/2000	03:30	472.7	225.2	3/01/2000	15:30	0.0	4.1
2/01/2000	04:00	451.8	214.2	3/01/2000	16:00	0.0	3.8
2/01/2000	04:30	429.0	204.0	3/01/2000	16:30	0.0	3.5
2/01/2000	05:00	403.1	194.4	3/01/2000	17:00	0.0	3.2
2/01/2000	05:30	375.8	184.9	3/01/2000	17:30	0.0	2.9
2/01/2000	06:00	348.1	175.3	3/01/2000	18:00	0.0	2.6
2/01/2000	06:30	320.5	165.7	3/01/2000	18:30	0.0	2.3
2/01/2000	07:00	293.4	156.2	3/01/2000	19:00	0.0	2.1
2/01/2000	07:30	267.7	149.0	3/01/2000	19:30	0.0	1.8
2/01/2000	08:00	243.9	141.8	3/01/2000	20:00	0.0	1.5
2/01/2000	08:30	222.1	134.6	3/01/2000	20:30	0.0	1.2
2/01/2000	09:00	202.2	127.5	3/01/2000	21:00	0.0	0.9
2/01/2000	09:30	184.0	120.3	3/01/2000	21:30	0.0	0.6
2/01/2000	10:00	167.2	113.7	3/01/2000	22:00	0.0	0.3
2/01/2000	10:30	151.7	108.5	3/01/2000	22:30	0.0	0.0
2/01/2000	11:00	137.3	103.4	3/01/2000	23:00	0.0	0.0
2/01/2000	11:30	123.9	98.2				

Anexo 56: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET06 para TR 50 años

Fecha	Hora	Q Sim	Q Obs	Fecha	Hora	Q Sim	Q Obs
1/01/2000	00:00	0.0	0.0	2/01/2000	12:00	119.6	106.6
1/01/2000	00:30	0.0	3.3	2/01/2000	12:30	104.8	100.7
1/01/2000	01:00	0.0	6.6	2/01/2000	13:00	91.1	95.3
1/01/2000	01:30	0.0	11.8	2/01/2000	13:30	78.8	90.1
1/01/2000	02:00	0.0	29.1	2/01/2000	14:00	67.7	84.9
1/01/2000	02:30	1.0	46.4	2/01/2000	14:30	57.8	79.7
1/01/2000	03:00	15.1	65.4	2/01/2000	15:00	49.1	74.5
1/01/2000	03:30	40.5	86.8	2/01/2000	15:30	41.6	70.0
1/01/2000	04:00	73.1	108.2	2/01/2000	16:00	35.0	67.6
1/01/2000	04:30	108.3	135.1	2/01/2000	16:30	29.4	65.2
1/01/2000	05:00	142.8	166.3	2/01/2000	17:00	24.5	62.8
1/01/2000	05:30	174.3	197.6	2/01/2000	17:30	20.4	60.4
1/01/2000	06:00	202.0	234.5	2/01/2000	18:00	16.9	58.0
1/01/2000	06:30	225.9	274.0	2/01/2000	18:30	14.0	55.8
1/01/2000	07:00	245.4	313.5	2/01/2000	19:00	11.5	53.8
1/01/2000	07:30	261.0	358.9	2/01/2000	19:30	9.5	51.8
1/01/2000	08:00	275.6	405.7	2/01/2000	20:00	7.8	49.8
1/01/2000	08:30	296.7	451.5	2/01/2000	20:30	6.4	47.8
1/01/2000	09:00	325.1	489.3	2/01/2000	21:00	5.2	45.8
1/01/2000	09:30	356.6	527.2	2/01/2000	21:30	4.2	43.8
1/01/2000	10:00	401.0	565.0	2/01/2000	22:00	3.4	41.8
1/01/2000	10:30	469.1	602.8	2/01/2000	22:30	2.8	39.8
1/01/2000	11:00	551.6	640.7	2/01/2000	23:00	2.2	37.8
1/01/2000	11:30	624.3	669.6	2/01/2000	23:30	1.8	35.8
1/01/2000	12:00	670.0	683.9	3/01/2000	00:00	1.5	33.8
1/01/2000	12:30	690.9	698.3	3/01/2000	00:30	1.2	31.8
1/01/2000	13:00	695.6	712.6	3/01/2000	01:00	0.9	29.8
1/01/2000	13:30	688.6	727.0	3/01/2000	01:30	0.8	28.0
1/01/2000	14:00	673.5	741.3	3/01/2000	02:00	0.6	27.0
1/01/2000	14:30	654.0	735.5	3/01/2000	02:30	0.5	26.0
1/01/2000	15:00	633.9	724.5	3/01/2000	03:00	0.4	25.0
1/01/2000	15:30	616.1	713.6	3/01/2000	03:30	0.3	24.0
1/01/2000	16:00	602.2	702.6	3/01/2000	04:00	0.2	23.0
1/01/2000	16:30	591.6	691.6	3/01/2000	04:30	0.2	22.0
1/01/2000	17:00	583.5	678.4	3/01/2000	05:00	0.2	21.0
1/01/2000	17:30	578.6	657.0	3/01/2000	05:30	0.1	20.0
1/01/2000	18:00	576.6	635.7	3/01/2000	06:00	0.1	19.0
1/01/2000	18:30	576.6	614.3	3/01/2000	06:30	0.1	18.0
1/01/2000	19:00	576.8	592.9	3/01/2000	07:00	0.1	17.0
1/01/2000	19:30	577.3	571.5	3/01/2000	07:30	0.0	16.0
1/01/2000	20:00	578.5	546.2	3/01/2000	08:00	0.0	14.9
1/01/2000	20:30	580.3	516.7	3/01/2000	08:30	0.0	14.0
1/01/2000	21:00	581.9	487.1	3/01/2000	09:00	0.0	13.3

1/01/2000	21:30	583.5	457.6	3/01/2000	09:30	0.0	12.7
1/01/2000	22:00	585.2	428.1	3/01/2000	10:00	0.0	12.0
1/01/2000	22:30	586.5	398.5	3/01/2000	10:30	0.0	11.4
1/01/2000	23:00	587.1	382.3	3/01/2000	11:00	0.0	10.7
1/01/2000	23:30	587.1	367.5	3/01/2000	11:30	0.0	10.0
2/01/2000	00:00	587.0	352.7	3/01/2000	12:00	0.0	9.4
2/01/2000	00:30	584.5	337.9	3/01/2000	12:30	0.0	8.7
2/01/2000	01:00	577.2	323.1	3/01/2000	13:00	0.0	8.0
2/01/2000	01:30	566.5	308.6	3/01/2000	13:30	0.0	7.4
2/01/2000	02:00	553.4	296.0	3/01/2000	14:00	0.0	6.7
2/01/2000	02:30	535.5	283.3	3/01/2000	14:30	0.0	6.0
2/01/2000	03:00	510.5	270.7	3/01/2000	15:00	0.0	5.4
2/01/2000	03:30	479.5	258.0	3/01/2000	15:30	0.0	4.7
2/01/2000	04:00	447.5	245.4	3/01/2000	16:00	0.0	4.4
2/01/2000	04:30	417.1	233.7	3/01/2000	16:30	0.0	4.0
2/01/2000	05:00	388.4	222.8	3/01/2000	17:00	0.0	3.7
2/01/2000	05:30	361.9	211.8	3/01/2000	17:30	0.0	3.4
2/01/2000	06:00	337.9	200.8	3/01/2000	18:00	0.0	3.0
2/01/2000	06:30	316.5	189.9	3/01/2000	18:30	0.0	2.7
2/01/2000	07:00	297.1	178.9	3/01/2000	19:00	0.0	2.4
2/01/2000	07:30	278.8	170.7	3/01/2000	19:30	0.0	2.0
2/01/2000	08:00	260.9	162.5	3/01/2000	20:00	0.0	1.7
2/01/2000	08:30	243.1	154.2	3/01/2000	20:30	0.0	1.4
2/01/2000	09:00	225.0	146.0	3/01/2000	21:00	0.0	1.0
2/01/2000	09:30	206.7	137.8	3/01/2000	21:30	0.0	0.7
2/01/2000	10:00	188.4	130.2	3/01/2000	22:00	0.0	0.3
2/01/2000	10:30	170.2	124.3	3/01/2000	22:30	0.0	0.0
2/01/2000	11:00	152.5	118.4	3/01/2000	23:00	0.0	0.0
2/01/2000	11:30	135.6	112.5				

Anexo 57: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET06 para TR 100 años

Fecha	Hora	Q _{Sim}	Q _{Obs}	Fecha	Hora	Q _{Sim}	Q _{Obs}
1/01/2000	00:00	0.0	0.0	2/01/2000	12:00	191.2	120.5
1/01/2000	00:30	0.0	3.7	2/01/2000	12:30	177.5	113.8
1/01/2000	01:00	0.0	7.4	2/01/2000	13:00	164.6	107.7
1/01/2000	01:30	0.0	13.3	2/01/2000	13:30	152.3	101.8
1/01/2000	02:00	0.0	32.9	2/01/2000	14:00	140.6	95.9
1/01/2000	02:30	1.0	52.5	2/01/2000	14:30	129.4	90.1
1/01/2000	03:00	15.2	73.9	2/01/2000	15:00	118.8	84.2
1/01/2000	03:30	40.7	98.1	2/01/2000	15:30	108.8	79.1
1/01/2000	04:00	73.4	122.3	2/01/2000	16:00	99.3	76.4
1/01/2000	04:30	108.8	152.6	2/01/2000	16:30	90.4	73.7
1/01/2000	05:00	143.4	187.9	2/01/2000	17:00	82.1	71.0
1/01/2000	05:30	175.2	223.2	2/01/2000	17:30	74.3	68.3

1/01/2000	06:00	202.8	265.0	2/01/2000	18:00	67.1	65.5
1/01/2000	06:30	226.1	309.6	2/01/2000	18:30	60.4	63.0
1/01/2000	07:00	245.5	354.2	2/01/2000	19:00	54.2	60.7
1/01/2000	07:30	261.6	405.6	2/01/2000	19:30	48.6	58.5
1/01/2000	08:00	274.7	458.4	2/01/2000	20:00	43.5	56.2
1/01/2000	08:30	284.7	510.2	2/01/2000	20:30	38.8	54.0
1/01/2000	09:00	296.9	553.0	2/01/2000	21:00	34.5	51.7
1/01/2000	09:30	319.0	595.7	2/01/2000	21:30	30.7	49.5
1/01/2000	10:00	355.1	638.5	2/01/2000	22:00	27.2	47.2
1/01/2000	10:30	405.1	681.2	2/01/2000	22:30	24.1	45.0
1/01/2000	11:00	465.3	724.0	2/01/2000	23:00	21.3	42.7
1/01/2000	11:30	529.0	756.7	2/01/2000	23:30	18.9	40.5
1/01/2000	12:00	589.3	772.8	3/01/2000	00:00	16.6	38.2
1/01/2000	12:30	639.8	789.1	3/01/2000	00:30	14.6	36.0
1/01/2000	13:00	676.6	805.3	3/01/2000	01:00	12.9	33.7
1/01/2000	13:30	702.3	821.5	3/01/2000	01:30	11.3	31.7
1/01/2000	14:00	720.4	837.7	3/01/2000	02:00	9.9	30.5
1/01/2000	14:30	732.5	831.1	3/01/2000	02:30	8.7	29.4
1/01/2000	15:00	740.9	818.7	3/01/2000	03:00	7.6	28.3
1/01/2000	15:30	746.0	806.3	3/01/2000	03:30	6.7	27.1
1/01/2000	16:00	748.9	793.9	3/01/2000	04:00	5.8	26.0
1/01/2000	16:30	749.0	781.5	3/01/2000	04:30	5.1	24.9
1/01/2000	17:00	746.6	766.7	3/01/2000	05:00	4.4	23.7
1/01/2000	17:30	742.7	742.5	3/01/2000	05:30	3.9	22.6
1/01/2000	18:00	737.8	718.3	3/01/2000	06:00	3.4	21.5
1/01/2000	18:30	732.2	694.2	3/01/2000	06:30	2.9	20.3
1/01/2000	19:00	726.7	670.0	3/01/2000	07:00	2.6	19.2
1/01/2000	19:30	721.9	645.8	3/01/2000	07:30	2.2	18.0
1/01/2000	20:00	718.4	617.2	3/01/2000	08:00	1.9	16.9
1/01/2000	20:30	715.5	583.8	3/01/2000	08:30	1.7	15.8
1/01/2000	21:00	712.4	550.5	3/01/2000	09:00	1.5	15.1
1/01/2000	21:30	709.2	517.1	3/01/2000	09:30	1.3	14.3
1/01/2000	22:00	706.3	483.7	3/01/2000	10:00	1.1	13.6
1/01/2000	22:30	703.8	450.4	3/01/2000	10:30	1.0	12.8
1/01/2000	23:00	702.3	432.0	3/01/2000	11:00	0.8	12.1
1/01/2000	23:30	701.7	415.3	3/01/2000	11:30	0.7	11.3
2/01/2000	00:00	702.2	398.5	3/01/2000	12:00	0.6	10.6
2/01/2000	00:30	700.5	381.8	3/01/2000	12:30	0.5	9.8
2/01/2000	01:00	693.1	365.1	3/01/2000	13:00	0.5	9.1
2/01/2000	01:30	679.9	348.8	3/01/2000	13:30	0.4	8.3
2/01/2000	02:00	660.8	334.5	3/01/2000	14:00	0.3	7.6
2/01/2000	02:30	637.7	320.2	3/01/2000	14:30	0.3	6.8
2/01/2000	03:00	612.9	305.9	3/01/2000	15:00	0.3	6.1
2/01/2000	03:30	588.3	291.6	3/01/2000	15:30	0.2	5.3
2/01/2000	04:00	564.9	277.3	3/01/2000	16:00	0.2	4.9
2/01/2000	04:30	540.3	264.1	3/01/2000	16:30	0.2	4.6

2/01/2000	05:00	512.8	251.7	3/01/2000	17:00	0.1	4.2
2/01/2000	05:30	483.2	239.3	3/01/2000	17:30	0.1	3.8
2/01/2000	06:00	453.0	226.9	3/01/2000	18:00	0.1	3.4
2/01/2000	06:30	422.9	214.5	3/01/2000	18:30	0.1	3.0
2/01/2000	07:00	393.9	202.2	3/01/2000	19:00	0.1	2.7
2/01/2000	07:30	366.5	192.9	3/01/2000	19:30	0.1	2.3
2/01/2000	08:00	340.7	183.6	3/01/2000	20:00	0.1	1.9
2/01/2000	08:30	316.7	174.3	3/01/2000	20:30	0.1	1.5
2/01/2000	09:00	294.4	165.0	3/01/2000	21:00	0.0	1.1
2/01/2000	09:30	273.8	155.7	3/01/2000	21:30	0.0	0.8
2/01/2000	10:00	254.8	147.1	3/01/2000	22:00	0.0	0.4
2/01/2000	10:30	237.2	140.5	3/01/2000	22:30	0.0	0.0
2/01/2000	11:00	220.9	133.8	3/01/2000	23:00	0.0	0.0
2/01/2000	11:30	205.6	127.1				

Anexo 58: Serie Observada Vs Simulada del Escenario MET06 para TR 500 años

Fecha	Hora	Q _{Sim}	Q _{Obs}	Fecha	Hora	Q _{Sim}	Q _{Obs}
1/01/2000	00:00	0.0	0.0	2/01/2000	12:00	170.1	154.3
1/01/2000	00:30	0.0	4.8	2/01/2000	12:30	154.3	145.7
1/01/2000	01:00	0.0	9.5	2/01/2000	13:00	139.1	137.9
1/01/2000	01:30	0.1	17.1	2/01/2000	13:30	124.7	130.4
1/01/2000	02:00	3.7	42.1	2/01/2000	14:00	111.2	122.9
1/01/2000	02:30	27.1	67.2	2/01/2000	14:30	98.6	115.3
1/01/2000	03:00	67.6	94.7	2/01/2000	15:00	87.0	107.8
1/01/2000	03:30	115.1	125.6	2/01/2000	15:30	76.3	101.3
1/01/2000	04:00	160.9	156.6	2/01/2000	16:00	66.7	97.9
1/01/2000	04:30	200.0	195.4	2/01/2000	16:30	58.0	94.4
1/01/2000	05:00	231.2	240.7	2/01/2000	17:00	50.2	90.9
1/01/2000	05:30	255.0	285.9	2/01/2000	17:30	43.3	87.4
1/01/2000	06:00	272.8	339.3	2/01/2000	18:00	37.2	83.9
1/01/2000	06:30	285.7	396.5	2/01/2000	18:30	31.9	80.7
1/01/2000	07:00	294.9	453.6	2/01/2000	19:00	27.2	77.8
1/01/2000	07:30	302.2	519.4	2/01/2000	19:30	23.2	74.9
1/01/2000	08:00	337.2	587.1	2/01/2000	20:00	19.7	72.0
1/01/2000	08:30	428.4	653.4	2/01/2000	20:30	16.7	69.1
1/01/2000	09:00	561.3	708.1	2/01/2000	21:00	14.1	66.2
1/01/2000	09:30	693.7	762.9	2/01/2000	21:30	11.9	63.4
1/01/2000	10:00	787.5	817.7	2/01/2000	22:00	10.1	60.5
1/01/2000	10:30	844.8	872.4	2/01/2000	22:30	8.5	57.6
1/01/2000	11:00	898.2	927.2	2/01/2000	23:00	7.1	54.7
1/01/2000	11:30	959.7	969.0	2/01/2000	23:30	6.0	51.8
1/01/2000	12:00	1010.2	989.8	3/01/2000	00:00	5.0	48.9
1/01/2000	12:30	1039.1	1010.5	3/01/2000	00:30	4.2	46.0
1/01/2000	13:00	1046.9	1031.3	3/01/2000	01:00	3.5	43.2

1/01/2000	13:30	1041.5	1052.0	3/01/2000	01:30	2.9	40.6
1/01/2000	14:00	1030.4	1072.8	3/01/2000	02:00	2.4	39.1
1/01/2000	14:30	1016.5	1064.4	3/01/2000	02:30	2.0	37.7
1/01/2000	15:00	1001.2	1048.5	3/01/2000	03:00	1.7	36.2
1/01/2000	15:30	986.2	1032.6	3/01/2000	03:30	1.4	34.8
1/01/2000	16:00	973.4	1016.8	3/01/2000	04:00	1.2	33.3
1/01/2000	16:30	962.5	1000.9	3/01/2000	04:30	1.0	31.8
1/01/2000	17:00	951.9	981.8	3/01/2000	05:00	0.8	30.4
1/01/2000	17:30	941.0	950.9	3/01/2000	05:30	0.7	28.9
1/01/2000	18:00	931.0	919.9	3/01/2000	06:00	0.6	27.5
1/01/2000	18:30	924.1	889.0	3/01/2000	06:30	0.5	26.0
1/01/2000	19:00	920.2	858.0	3/01/2000	07:00	0.4	24.5
1/01/2000	19:30	918.1	827.1	3/01/2000	07:30	0.3	23.1
1/01/2000	20:00	916.6	790.4	3/01/2000	08:00	0.3	21.6
1/01/2000	20:30	915.4	747.7	3/01/2000	08:30	0.2	20.3
1/01/2000	21:00	913.6	704.9	3/01/2000	09:00	0.2	19.3
1/01/2000	21:30	911.3	662.2	3/01/2000	09:30	0.2	18.4
1/01/2000	22:00	909.1	619.5	3/01/2000	10:00	0.1	17.4
1/01/2000	22:30	908.0	576.8	3/01/2000	10:30	0.1	16.4
1/01/2000	23:00	908.1	553.2	3/01/2000	11:00	0.1	15.5
1/01/2000	23:30	908.7	531.8	3/01/2000	11:30	0.1	14.5
2/01/2000	00:00	909.5	510.4	3/01/2000	12:00	0.1	13.5
2/01/2000	00:30	904.4	489.0	3/01/2000	12:30	0.1	12.6
2/01/2000	01:00	885.5	467.5	3/01/2000	13:00	0.0	11.6
2/01/2000	01:30	852.6	446.7	3/01/2000	13:30	0.0	10.6
2/01/2000	02:00	811.7	428.4	3/01/2000	14:00	0.0	9.7
2/01/2000	02:30	771.2	410.0	3/01/2000	14:30	0.0	8.7
2/01/2000	03:00	733.0	391.7	3/01/2000	15:00	0.0	7.8
2/01/2000	03:30	692.6	373.4	3/01/2000	15:30	0.0	6.8
2/01/2000	04:00	647.5	355.1	3/01/2000	16:00	0.0	6.3
2/01/2000	04:30	601.1	338.2	3/01/2000	16:30	0.0	5.8
2/01/2000	05:00	555.5	322.4	3/01/2000	17:00	0.0	5.3
2/01/2000	05:30	511.6	306.5	3/01/2000	17:30	0.0	4.9
2/01/2000	06:00	469.7	290.6	3/01/2000	18:00	0.0	4.4
2/01/2000	06:30	430.0	274.8	3/01/2000	18:30	0.0	3.9
2/01/2000	07:00	393.1	258.9	3/01/2000	19:00	0.0	3.4
2/01/2000	07:30	359.7	247.0	3/01/2000	19:30	0.0	2.9
2/01/2000	08:00	330.0	235.1	3/01/2000	20:00	0.0	2.4
2/01/2000	08:30	303.8	223.2	3/01/2000	20:30	0.0	2.0
2/01/2000	09:00	280.6	211.3	3/01/2000	21:00	0.0	1.5
2/01/2000	09:30	259.5	199.4	3/01/2000	21:30	0.0	1.0
2/01/2000	10:00	240.0	188.4	3/01/2000	22:00	0.0	0.5
2/01/2000	10:30	221.4	179.9	3/01/2000	22:30	0.0	0.0
2/01/2000	11:00	203.7	171.4	3/01/2000	23:00	0.0	0.0
2/01/2000	11:30	186.6	162.8				