

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA**



**“EVALUACIÓN, REESTRUCTURACION E IMPLEMENTACION DEL  
SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO EN CULTIVO DE VID CAMPO  
CARMIN – AGRICOLA SANTIAGO QUEIROLO, ICA”**

Presentado por:

CARLA ANTONIA MONTAÑEZ TEJEDA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÍCOLA

Lima, Perú

2016

## DEDICATORIA

*Este trabajo es dedicado a mi familia, en especial a mi madre, quien es una gran amiga y constante apoyo en mi vida.*

## AGRADECIMIENTOS

*A mis familiares y novio quienes siempre estuvieron conmigo.*

*A mis amigos, quienes constantemente me apoyaron con conocimientos y grandes consejos.*

*A mis asesores y jurado, por la paciencia y compromiso.*

## INDICE GENERAL

INDICE DE TABLAS

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE ANEXOS

RESUMEN

ABSTRACT

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b>REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>2</b>
	<b>2.1. EL RIEGO POR GOTEO. ....</b>	<b>2</b>
	2.1.1. FACTORES DETERMINANTES PARA EL DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO.....	3
	2.1.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL RIEGO POR GOTEO. ....	4
	2.1.3. EQUIPOS UTILIZADOS EN LOS SISTEMAS DE RIEGO POR GOTEO.....	4
	<b>2.2. CULTIVO DE VID.....</b>	<b>15</b>
	2.2.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA VID. ....	15
	<b>2.3. DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO CON EL PROGRAMA DE INGENIERÍA IRRICAD. ....</b>	<b>21</b>
	2.3.1. SELECCIÓN DEL EMISOR.....	21
	2.3.2. SUBUNIDAD DE RIEGO. ....	23
	2.3.3. RED DE TUBERÍAS MATRICES. ....	24
	2.3.4. DETERMINACIÓN DE LA BOMBA DE RIEGO. ....	25
	2.3.5. OPTIMIZACIÓN DE LA RED HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE RIEGO. ....	28
	<b>2.4. IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO .....</b>	<b>29</b>
	<b>2.5. EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO.....</b>	<b>32</b>
	2.5.1. EVALUACIÓN DE LOS COMPONENTES.....	32
	2.5.2. EVALUACIÓN DE LA UNIFORMIDAD DE RIEGO.....	34
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>40</b>
	<b>3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO. ....</b>	<b>40</b>

3.1.1. UBICACIÓN.....	40
3.1.2. LÍMITES.....	40
3.1.3. CLIMA.....	42
3.1.4. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	42
3.1.5. CULTIVO DE VID.....	44
<b>3.2. MATERIALES Y EQUIPOS.....</b>	<b>45</b>
<b>3.3. METODOLOGIA.....</b>	<b>46</b>
3.3.1. PRE-CAMPO.....	46
3.3.2. PRIMER TRABAJO DE CAMPO.....	47
3.3.2.1. EVALUACIÓN DE LA CLASE TEXTURAL DEL SUELO.....	47
3.3.2.2. EVALUACIÓN DE LA UNIFORMIDAD DE RIEGO.....	47
3.3.2.3. EVALUACIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN EXISTENTE.....	51
3.3.3. TRABAJO DE GABINETE.....	51
3.3.3.1. MODELAMIENTO Y REESTRUCTURACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO EMPLEANDO EL PROGRAMA DE INGENIERÍA IRRICAD.....	51
3.3.3.2. METRADO DE MATERIALES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA REESTRUCTURACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO.....	55
3.3.3.3. DETERMINACIÓN DE LA UNIFORMIDAD DEL SISTEMA.....	56
3.3.4. SEGUNDO TRABAJO DE CAMPO.....	57
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>	<b>60</b>
<b>4.1. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO.....</b>	<b>60</b>
<b>4.2. EVALUACIÓN DE LA CLASE TEXTURAL DEL SUELO.....</b>	<b>71</b>
<b>4.3 PRIMERA EVALUACIÓN DE CAMPO.....</b>	<b>75</b>
4.3.1. EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO.....	75
4.3.2. PRIMERA EVALUACIÓN DE LA UNIFORMIDAD DE RIEGO.....	79
4.3.3. EVALUACIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN EXISTENTE.....	83
<b>4.4. MODELAMIENTO, REESTRUCTURACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL     SISTEMA DE RIEGO.....</b>	<b>87</b>
4.4.1. REESTRUCTURACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO DE ACUERDO A LA CLASE TEXTURAL DEL SUELO.....	87
4.4.2. IMPLEMENTACIÓN DE LA REESTRUCTURACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO.....	94

<b>4.5 SEGUNDA EVALUACIÓN DEL CAMPO .....</b>	<b>96</b>
4.5.1 SISTEMA DE BOMBEO. ....	96
4.5.2. EVALUACIÓN DE LA UNIFORMIDAD DE RIEGO.....	100
4.5.3. SEGUNDA EVALUACIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN. ....	104
<b>VII. CONCLUSIONES.....</b>	<b>109</b>
<b>VIII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>111</b>
<b>IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. ....</b>	<b>112</b>
<b>X. ANEXOS. ....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## ÍNDICE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de las fracciones del suelo según sistema Americano e Internacional....	17
Tabla 2: Relación entre textura y comportamiento probable del suelo.....	21
Tabla 3: Valor del exponente de descarga de acuerdo al modelo del emisor.....	38
Tabla 4: Valor del coeficiente de uniformidad y su clasificación.....	38
Tabla 5: Datos técnicos del cultivo de vid, variedad Quebranta.....	44
Tabla 6: Listado de materiales y equipos empleados en el proyecto.....	45
Tabla 7: Planilla de toma de datos de uniformidad de caudales.....	50
Tabla 8: Planilla de toma de datos de uniformidad de presiones.....	50
Tabla 9: Valores recomendados para caracterizar el coeficiente de uniformidad.....	57
Tabla 10: Planificación existente del sistema de riego por goteo.....	62
Tabla 11: Resumen de las presiones de operación de las válvulas hidráulicas de riego durante la primera evaluación del sistema.....	65
Tabla 12: Diámetros y clase de las tuberías submatriz y matriz.....	66
Tabla 13: Características del filtro existente en el campo Carmín.....	66
Tabla 14: Información técnica del filtro de malla existente campo Carmín.....	67
Tabla 15: Características técnicas de las bombas de riego del campo Carmín.....	68
Tabla 16: Comparación de caudal y presión por turno de riego del campo Carmín.....	75
Tabla 17: Cálculo del NPSH disponible de acuerdo a la planificación existente del campo...	75
Tabla 18: Cálculo energético del sistema existente.....	78
Tabla 19: Comparación de las presiones teóricas y reales de operación de las válvulas de riego de acuerdo a la primera evaluación en campo.....	78
Tabla 20: Resumen de coeficientes de uniformidad de presiones promedio durante la primera evaluación.....	80
Tabla 21: Presiones mínimas en las submatrices de las subunidades evaluadas durante la primera evaluación del sistema de riego por goteo.....	81

Tabla 22: Resumen de coeficientes de uniformidad de presiones promedio durante la primera evaluación.....	82
Tabla 23: Configuración de comandos de la automatización existente mediante válvulas 3 vías ubicadas en el centro de control y los sectores que apertura.....	84
Tabla 24: Tiempo de apertura de válvulas hidráulicas por turno, en la prueba de la automatización por mandos hidráulicos durante la primera evaluación del sistema.....	86
Tabla 25: Planificación reestructurada del sistema de riego por goteo generado en base a la clase textural del suelo.....	89
Tabla 26: Resumen de los principales parámetros operaciones evaluados en un tramo de tubería, en este caso matriz existente de 20 mm. – C4.....	92
Tabla 27 Resumen de los principales parámetros de operación evaluados en un tramo de tubería existente, en este caso de la matriz nueva de 160 mm. – C4.....	92
Tabla 28: Lista de materiales necesarios para la implementación de la tubería matriz paralela a la matriz principal.....	94
Tabla 29: Puntos de operación teórico de los turnos de riego por cada bomba perteneciente al sistema de riego Carmín.....	97
Tabla 30: Comparación de caudal y presión por turno de riego, de forma teórica y real de acuerdo a la planificación reestructurado del sistema de riego.....	97
Tabla 31: Cálculo del NPSH disponible según la planificación reestructurada del sistema de riego por goteo.....	98
Tabla 32: Cálculo energético del sistema existente.....	100
Tabla 33: Resumen del coeficiente de uniformidad de caudales durante la segunda evaluación del sistema de riego por goteo.....	101
Tabla 34: Resumen de presiones mínimas en las submatrices de las subunidades evaluadas en el sistema de riego.....	102
Tabla 35: Resumen del coeficiente de uniformidad de presiones promedio obtenidos durante la segunda evaluación del sistema de riego por goteo.....	103



Tabla 36: Esquema de la configuración de comandos hidráulicos en la automatización definitiva del sistema de riego por goteo.....	106
Tabla 37: Tiempo de apertura de válvulas hidráulicas por turno de riego de acuerdo a la planificación B del sistema de riego por goteo.....	107
Tabla 38: Resumen comparativo de resultados obtenidos durante la primera y segunda evaluación.....	108

## ÍNDICE FIGURAS.

Figura 1: Plantaciones de vid.....	2
Figura 2: Comportamiento de la válvula de riego sin señal hidráulica.....	7
Figura 3: Comportamiento de la válvula de riego con señal hidráulica.....	7
Figura 4: Sistema de bombeo existente en campo de riego Camín.....	8
Figura 5: Sistema de filtro de mallas en campo de riego Carmín.....	9
Figura 6: Esquema de fertilización básico en campo de la Agrícola Santiago Queirolo.....	10
Figura 7: Elementos de un sistema de control remoto hidráulico.....	11
Figura 8: Esquema de ubicación del relé hidráulico en caso este más bajo que el centro de control .....	12
Figura 9: Ubicación relé compensador topográfico.....	12
Figura 10: Colocación en serie de las válvulas de riego.....	14
Figura 11: Colocación en paralelo de las válvulas de riego.....	14
Figura 12: Diagrama de las clases texturales básica del suelo según el tamaño de las partículas.....	18
Figura 13: Estructura base del desarrollo del modelo de un sistema de riego por goteo en Irricad Pro.....	22
Figura 14: Ventana de trabajo para ingresar datos hidráulicos de lateral de riego en el programa Irricad Pro.....	23
Figura 15: Lista de coeficiente de rugosidad para el C.....	25
Figura 16: Esquema de ADT en una bomba de riego.....	27
Figura 17: Modelo recomendado de almacenaje de tuberías.....	30
Figura 18: Información necesaria para realizar una evaluación del equipo de filtrado.....	33
Figura 19: Esquema de toma de datos en una subunidad de riego.....	36
Figura 20: Mapa político del departamento de Ica.....	41
Figura 21: Ubicación del campo de riego Carmin.....	42

Figura 22: Materiales empleados en pruebas de coeficiente de uniformidad en campo.....	46
Figura 23: Inspección en campo del real estado de las válvulas de riego del sistema de riego por goteo existente.....	47
Figura 24: Medición del caudal del emisor seleccionado de acuerdo a la metodología de Merriam y Keller en el campo Carmín.....	49
Figura 25: Diagrama de flujo del dimensionamiento de la subunidad de riego.....	54
Figura 26: Emisor analizado y señalado en campo con el fin de encontrar fácilmente cuando se lleve a cabo la segunda evaluación del sistema.....	58
Figura 27: Emisor evaluado en campo para poder determinar la presión de trabajo.....	58
Figura 28: Esquema del plano de instalación y distribución de turno de la planificación A del sistema de riego por goteo de acuerdo a la primera evaluación.....	61
Figura 29: Especificaciones técnicas del emisor (Metzerplast).....	63
Figura 30: Toma fotográfica del campo de riego Carmín tomado durante la primera evaluación del sistema de riego por goteo.....	63
Figura 31: Curva de flujo del emisor autocompensado según el programa Metzerplast.....	64
Figura 32: Estado de la caja de la válvula de riego en el campo Carmín.....	65
Figura 33: Filtro de malla de 8" YAMIT del campo de riego Carmín.....	67
Figura 34: Bombas en paralelo marca Hidrostal del campo de riego Carmín.....	68
Figura 35: Ubicación del medidor de caudal en campo de riego Carmín.....	69
Figura 36: Tablero de comando de la automatización del campo de riego Carmín.....	70
Figura 37: Calicata realizada en la zona B del campo de riego Carmín.....	71
Figura 38: Esquema de la clase textural del suelo en el campo de riego Carmín.....	72
Figura 39: Curva de operación de las bombas de riego existente, en la cual figuran los puntos de operación crítico de acuerdo a los resultados teóricos (Planificación existente).....	77
Figura 40: Recolección de datos durante las evaluaciones en campo.....	79

Figura 41: Esquema de distribución de microtubos de comando durante la primera evaluación del sistema de riego por goteo.....	85
Figura 44: Calicata realizada en campo para verificar el recorrido de microtubos y así generar el plano de automatización.....	87
Figura 45: Esquema de la planificación reestructurada del campo de riego Carmín en base a la clase textural del suelo.....	93
Figura 46: Ejemplo de un diagrama de metraje de elementos necesarios para la implementación de las tuberías y accesorios, con el fin de lograr la nueva distribución de turnos según la planificación B.....	96
Figura 46: Gradiente hidráulico de una tubería submatriz de una subunidad de riego del sistema de riego Carmín modelada en el programa Irricad Pro.....	94
Figura 47: Ubicación del punto de operación crítico del sistema de riego Carmín de acuerdo a la planificación reestructurada dentro de la curva del modelo de la bomba existente.....	99
Figura 48: Distribución de subunidades evaluadas que presentan el CUC mayor o menor al 90% obtenido después de la modificación del campo Carmín.....	100
Figura 49: Esquema del plano de instalación de microtubos de comando según la modificación generada por la planificación reestructurada.....	105
Figura 50: Determinación de la presión en un emisor evaluado durante la toma de datos para hallar el coeficiente de uniformidad de presiones en la segunda evaluación del sistema de riego por goteo.....	108

## **INDICE ANEXOS.**

### **ANEXO 1: PLANOS**

1.1: Plano de clase textural del suelo en campo de riego Carmín.

1.2: Plano de instalación y planificación existente del campo de riego Carmín.

1.3: Plano de instalación y planificación reestructurada del campo de riego Carmín.

1.4: Plano de nodos de implementación de tubería matriz nueva.

1.5: Plano de automatización definitiva del campo de riego Carmín.

1.6: Plano del centro de control del campo de riego Carmín.

### **ANEXO 2: CATÁLOGOS DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE RIEGO.**

### **ANEXO 3: BOLETÍN TÉCNICO DE AUTOMATIZACIÓN N°18 DOROT.**

### **ANEXO 4: ANALISIS TEXTURAL DEL SUELO.**

### **ANEXO 5: REPORTES DEL PROGRAMA IRRICAD PRO.**

5.1: Planificación existente.

5.2: Planificación reestructurada.

### **ANEXO 6: CÁLCULOS DE LA EVALUACIÓN DE UNIFORMIDAD DEL CAMPO DE RIEGO CARMÍN.**

### **ANEXO 7: MODELO DE BOMBA RECOMENDADA.**

## **RESUMEN**

Los campos de la Agrícola Santiago Queirolo SAC, se encuentran ubicadas en el departamento de Ica. El campo evaluado en el presente trabajo se denomina Carmín y cuenta con 54 ha. de vid variedad quebranta. De acuerdo al diagnóstico, se observó que la planificación física existente no contempla la distribución de la clase textural del suelo. Con esta investigación se realizó la evaluación del coeficiente de uniformidad de caudales, presiones y del sistema de riego antes y después de la reestructuración del sistema de riego por goteo, el cual se basa en la distribución de nuevos turnos de riego de acuerdo a la clase textural del suelo. La red hidráulica del sistema de riego se modeló y optimizó en el programa de ingeniería Irricad en base a la pérdida de carga y velocidad de flujo en las tuberías existentes de PVC, lo cual contribuyó a la implementación de la reestructuración del sistema de riego por goteo de forma económica. Además se evaluó la automatización con mandos hidráulicos existentes teniendo en cuenta el tiempo de apertura de las válvulas y el recorrido de los microtubos considerando la menor longitud y los desniveles topográficos. Los resultados obtenidos nos muestran cómo operaba el campo, lo que permitió reestructurar el sistema de riego de acuerdo a la clase textural del suelo y la optimización del uso del recurso hídrico.

Agricultural fields Santiago Queirolo SAC, are located in the department of Ica. Field evaluated in this study is called Carmin and has 54 ha. vine variety breaks. According to the diagnosis, it was observed that the existing physical planning does not include the distribution of soil texture class. This research assessment uniformity coefficient of flow, pressure and irrigation system was performed before and after the restructuring of the drip irrigation system, which is based on the distribution of new irrigation shifts according to the class soil texture. The water network of the irrigation system was modeled and optimized in Irricad engineering program based on the pressure drop and flow rate on existing PVC, which contributed to the implementation of the restructuring of drip irrigation system economically. Furthermore automation with existing hydraulic controls was evaluated considering the opening time of the valves and the stroke of the microtubes considering shorter and topographic. The results show how the camp operated, allowing restructure the irrigation system according to the soil texture class and optimizing the use of water resources

*Key words: Riego, Mandos hidráulicos, Microtubo, Optimización, Clase textural. Reestructuración.*

## **I. INTRODUCCIÓN.**

El agua es un recurso natural cada vez más escaso no solo en cantidad, sino también en calidad, que constituye un bien fundamental para la vida en general, por lo tanto, es un bien invaluable para la humanidad y su desarrollo. Frente a la necesidad de satisfacer las necesidades de una población en crecimiento, hoy en día el hombre está obligado a manejarlo con la mayor eficiencia posible, como en el caso del riego, mediante buenas técnicas para lograr optimizar el recurso hídrico y enfrentar el cambio climático y los futuros eventos extremos.

Los viñedos de la bodega Santiago Queirolo, ubicada en Ica, cuenta con 300 has cultivadas bajo el sistema de riego por goteo. El campo evaluado se denomina Carmin, con 54 ha. de cultivo de vid, variedad quebranta, operado mediante control hidráulico a distancia desde el centro de control. Actualmente, funciona sobre la base de cuatro turnos de riego, los cuales contemplan áreas con diferente clase textural del suelo, según esto la planta requiere diferentes modalidades de riego, por lo cual es necesario la evaluación y reestructuración del sistema en base a las mediciones obtenidas en campo, de modo que se pueda manejar de forma adecuada la dotación de riego, así como su frecuencia de acuerdo a las necesidades de la planta, superando la diferencia de texturas en un mismo sistema y obteniendo un mejor control en la operación de apertura de las válvulas de riego. El modelamiento hidráulico del sistema de riego, se obtendrá con el uso del software de ingeniería Irricad Pro, el cual permitirá la optimización de la red hidráulica (AEI, 1993).

Es por eso que el proyecto plantea conseguir los siguientes objetivos: Reestructurar e implementar el diseño del sistema de riego por goteo instalado, en base a las características del suelo; determinar el coeficiente de uniformidad de presiones y caudales del sistema, antes y después del rediseño; modelar y optimizar la red hidráulica del sistema de riego por goteo, empleando el software de ingeniería Irricad Pro; mejorar la operación de las válvulas del sistema de riego, modificando la automatización de acuerdo a la reestructuración del sistema.



## II. REVISIÓN DE LITERATURA.

### 2.1. EL RIEGO POR GOTEO.

Bertaki, M. (2015), indica que el agua es considerada como el recurso más crítico para el desarrollo agrícola sostenible en todo el mundo, las zonas de regadío aumentarán en los próximos años, mientras que los suministros de agua dulce serán desviados de la agricultura para satisfacer la creciente demanda de uso doméstico y la industria. Además, la eficiencia de riego es muy baja, ya que menos del 65% del agua aplicada se utiliza realmente por los cultivos.

FAO (1994), menciona que la principal característica de este método es el aporte de pequeños caudales y pequeñas dosis de agua y de fertilizantes localmente en la zona de las raíces de los cultivos por medio de dispositivos de distribución como goteros. Un primer problema es la economía de un sistema de riego por goteo, debido a que, al estar compuesto por una red de tuberías y equipos hidráulicos, el costo de inversión es elevado y está directamente relacionado con el diseño. Sin embargo, al tender hacia sistemas de menor mano de obra y de gran inversión inicial, hace que se considere una mayor atención en la optimización del diseño para minimizar inversiones.



**Figura 1: Plantaciones de vid.**

FUENTE: (Agrícola Santiago Queirolo SAC., 2014).

### **2.1.1. FACTORES DETERMINANTES PARA EL DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO.**

Según FAO (1994), se toman en cuenta cinco factores básicos para el diseño y selección de un sistema de riego por goteo:

a. Tipo de cultivo.

El tipo de cultivo y su forma de sembrado influyen mucho en la selección del tipo de gotero. El tipo de cultivo determina los elementos de diseño como: distancia entre goteros, número de ramales, régimen de flujo, etc.

b. Cantidad y calidad del agua.

El caudal disponible está definido por la superficie cultivable. La calidad de agua en cuanto a su composición física, química y biológica es un factor importante de conocer antes de diseñar el sistema para seleccionar los filtros apropiados.

c. Suelo.

El suelo es un factor preponderante porque en él se desarrolla el cultivo, en general se caracteriza por la textura en el que se distinguen tres tipos de suelo: arenoso, franco y arcilloso, cada uno con propiedades particulares de escurrimiento y capacidad de retención de humedad. En suelo de textura media es donde el riego por goteo tiene ventajas para la aplicación lenta pero frecuente del agua.

d. Topografía.

Si bien el riego por goteo se puede aplicar en cualquier terreno, se debe tener en cuenta este factor ya que de ello depende directamente la correcta selección de los materiales y componentes, sobre todo tubería, reguladores de presión, y tipo de gotero para garantizar un resultado óptimo.

e. Clima.

Los datos de evapotranspiración y precipitaciones anuales son necesarios para determinar el consumo de agua por las plantas, el régimen de riego y establecer un cuadro anual de abastecimiento de volúmenes de agua.

### **2.1.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL RIEGO POR GOTEO.**

Según Bendida, A. (2013) las principales ventajas y desventajas de un sistema de riego por goteo, son las expuestas a continuación.

#### a. Ventajas.

- Distribución uniforme de agua.
- El agua se traslada directamente al lugar necesario, al nivel de las raíces.
- Cantidad y duración de la irrigación son altamente controlados con el fin de mantener la ventilación y humedad de la tierra en su nivel óptimo.
- Facilidad de uso y empleo.
- La aplicación de agua y fertilizantes a intervalos cortos durante la maduración de la cosecha aumenta el peso y el tamaño de los frutos. De este modo, se obtiene un mayor rendimiento por peso y además frutos de mejor clase.

#### b. Desventajas.

- Inversión inicial: Es sumamente alta y requiere un análisis económico del cultivo.
- Profesionales calificados en mantenimiento y continuas inspecciones técnicas.

### **2.1.3. EQUIPOS UTILIZADOS EN LOS SISTEMAS DE RIEGO POR GOTEO.**

De acuerdo a Pizarro, F. (1996), los equipos básicos empleados en un sistema de riego por goteo son las mencionadas líneas debajo.

#### **2.1.3.1. EMISOR.**

Pizarro, F. (1996), señala que los emisores son tal vez los elementos más importantes de las instalaciones de riego por goteo y desde luego, los más delicados. La mayoría de los emisores trabajan a una presión próxima de 10 m.c.a, aunque los de alto caudal pueden hacerlo a 20 m.c.a. Los caudales varían entre 2 y 16 l/hr. Existen numerosos tipos de goteros que pueden agruparse en distintas categorías según el criterio que prima en su fabricación:

- Gotero en línea o sobre línea.
- Goteros simples (una salida) o múltiples (varias salidas).
- Goteros autocompensantes.
- Goteros de régimen laminar, parcialmente turbulento o totalmente turbulento.

Capra, C. (2005), indica que los emisores autocompensantes son capaces de superar las variaciones de carga hidráulica y así proporcionar caudales aproximadamente constantes cuando la presión varía dentro del intervalo para el cual el dispositivo fue construido. Habitualmente, se utiliza un material elástico que altera las dimensiones del orificio de salida en función de la presión, por separado o en combinación con otros orificios o tuberías de pequeño diámetro. Los emisores autocompensantes permiten tuberías más largas y de menor diámetro, pudiendo utilizarse con ventaja en laderas o cuando la topografía es accidentada.

Capra, C. (2005), señala que la sensibilidad de obturación de un emisor depende del diámetro mínimo de paso y de la velocidad del agua. Los diámetros son menores en los emisores de bajo caudal que en los de alto caudal. Cuanto mayor es la velocidad menor es el riesgo de sedimentación; por tal razón se prefiere el régimen turbulento laminar. Hay otros factores que afectan a las obturaciones, uno de ellos es el recorrido más o menos tortuoso del agua en el interior del emisor y los puntos donde la trayectoria cambia bruscamente son más propensos a la formación de depósitos. Otro factor negativo es la presencia de materiales que dejen pasar la luz, lo que favorece el desarrollo de algas microscópicas que pasan por cualquier filtro. El coeficiente de variación de fabricación de un emisor es un buen indicador de la variabilidad de caudales proporcionados por emisores nuevos, debiendo suministrarse por los fabricantes los valores esperados para los respectivos goteros. El CV (coeficiente de variación de fabricación), puede ser obtenido a través de ensayos en el laboratorio o puede ser calculado por los usuarios recurriendo a por lo menos, 50 emisores en funcionamiento simultáneo. (ISO 9261:2004).

### **2.1.3.2. RED DE TUBERÍAS.**

- Tuberías de PVC.

La denominación de tuberías PVC proviene del policloruro de vinilo, que es un polímero termoplástico de origen petroquímico. Las instalaciones con tuberías PVC permiten hacer fluir fácilmente líquidos y desechos. Esto se debe a que los tubos y las conexiones que se dan entre ellos tienen una superficie bastante lisa, lo cual a su vez impide por completo que se produzcan obstrucciones. Otra de las ventajas de las tuberías PVC es su peso ligero y sus distintas longitudes. Esto último siempre se constituye en un punto a favor si tenemos en cuenta el proceso de instalación, que muchas veces puede tornarse en una tarea ardua.

- Tubería matriz.

Del cabezal de riego sale una tubería principal, que distribuye el agua a los distintos sectores de las unidades de riego, el material comúnmente empleado es de PVC.

- Tubería submatriz.

Conectan entre sí a las subunidades de riego. En estas suelen ir instaladas válvulas de regulación de caudal, reguladores de presión, ventosas, etc.

- Línea de riego.

Son tuberías de polietileno que llevan insertados emisores de riego. Los diámetros más empleados son: 12 mm, 16 mm y 20 mm.

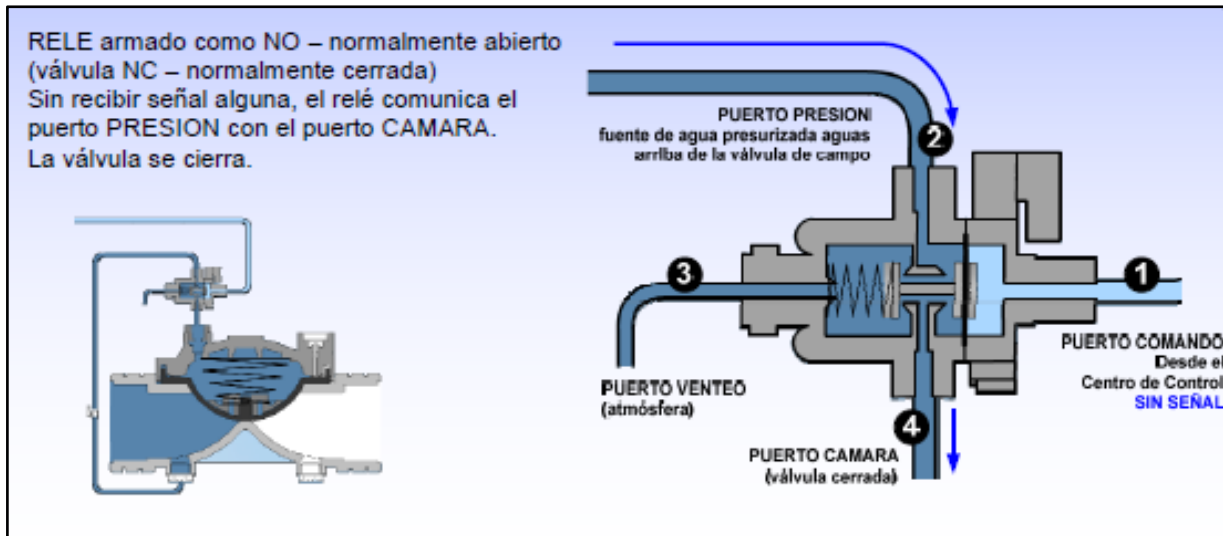
### **2.1.3.3. VÁLVULAS DE RIEGO.**

Heimann, G. (2000), menciona que las válvulas hidráulicas son elementos muy utilizados en las redes hidráulicas y en general en todo tipo de sistemas de distribución de agua. El exterior está constituido por dos piezas (cuerpo y tapa), en cuyo interior se encuentra la membrana o diafragma de caucho que es el elemento de apertura o cierre al paso del agua. La válvula de tres vías exterior permite la apertura o cierre manual de la válvula, así como la actuación de la misma de acuerdo a una señal hidráulica a distancia.

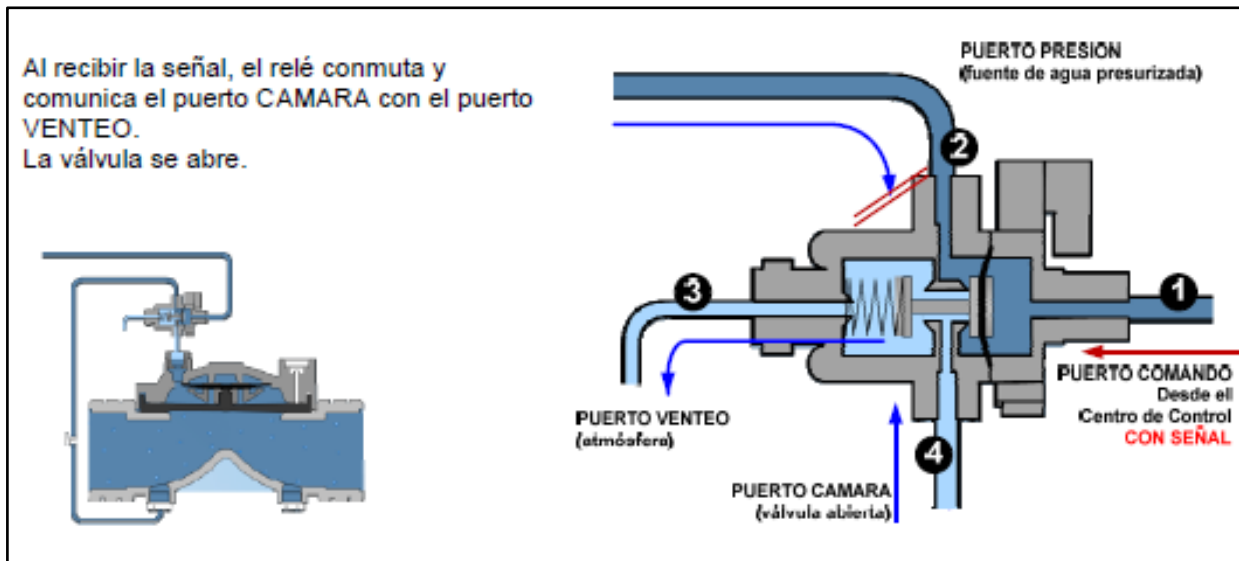
- Relé hidráulico.

Heimann, G. (2000), señala que un relé hidráulico (Galit) es un dispositivo que recibe una señal de baja presión y la amplifica, el mismo se actúa o conmuta por el aumento o disminución de la presión en el microtubo que conduce la señal. El relé es un dispositivo de tres vías y posee cuatro puertos: presión/cámara/venteo/comando. Posee tres posiciones de trabajo, open – close – auto, por lo que no requiere de llave selectora de tres vías. Tiene una presión de trabajo de 12 kg/cm<sup>2</sup> y admite la instalación de diferentes resortes como compensación topográfica. En una posición, el relé permite que el agua existente en la cámara de control de la válvula sea liberada a la atmósfera (la válvula se abre) o tome agua con presión y la introduce en la cámara de control de la válvula de campo (la válvula se cierra). En las figuras 2 y 3, se observa el funcionamiento de apertura de las válvulas hidráulicas.

**Figura 2: Comportamiento de la válvula de riego sin señal hidráulica (Heimann, G. 2000)**



**Figura 3: Comportamiento de la válvula de riego con señal hidráulica (Heimann, G. 2000).**



- Válvula de tres vías.

Consiste en un selector de tres posiciones con tres vías que ha sido diseñado para la selección de modos de control hidráulico (abierto, cerrado o control automático). Permite cerrar o abrir la válvula principal, manualmente o de forma remota. Su empleo permite un buen control de caudales y presiones para conseguir un riego uniforme y de alta frecuencia.

#### **2.1.3.4. ELEMENTOS DE SEGURIDAD Y CONTROL.**

Contribuyen a un mejor manejo del sistema ya que permiten una optimización de la aplicación del agua a los cultivos:

- Caudalímetros.

Son aparatos que tienen la misión de controlar el volumen de agua que pasa por la instalación. Los modelos más empleados son; directo (Tipo Woltmann) o proporcional. Ocasionan pérdidas de carga de uno a tres mca.

- Manómetro.

Sirve para medir la presión en distintas partes de la instalación. Están ubicados en el cabezal y en otros puntos de la instalación de la red de riego.

#### **2.1.3.5. CABEZAL DE CONTROL.**

El cabezal de control es el corazón del sistema de riego ya que controla la calidad de agua que ingresa al sistema, la cuantifica, la provee de fertilizantes y adicionalmente cuenta con un sistema de válvulas que alivia presiones y no permite el retorno del agua.

- Sistema de bombeo.

La bomba es la máquina que sirve para extraer, elevar e impulsar algún líquido. Existen muchos tipos, pero difieren por su modo de accionamiento y con relación al nivel del agua.



**Figura 4: Sistema de bombeo existente.**

FUENTE: Agrícola Santiago Queirolo SAC, 2014.

- Sistema de filtrado.

El sistema de filtrado previene los efectos perjudiciales inherentes al uso de agua con partículas sólidas en suspensión (orgánicas o minerales). Previene la obstrucción en los conductos estrechos de los emisores de riego y en los tubos de comando hidráulico de las válvulas. Además con un óptimo sistema de filtrado se previene el daño de las válvulas hidráulicas, tuberías y emisores. Para el proyecto materia del presente análisis, el tipo de filtro existente es de mallas. Estos son de forma cilíndrica y tienen una malla en su interior, que puede ser de acero inoxidable o de plástico. Según el tamaño de la trama, así será la capacidad del filtrado. Se aconseja que el tamaño de estos orificios por pulgada cuadrada de malla sea la décima parte del diámetro del conducto mínimo del gotero y la quinta parte en caso de difusores. En la limpieza es conveniente instalar manómetros a la entrada y salida, de modo que su limpieza debe efectuarse cuando haya un desfase de 0.3 a 0.5 atmósferas.



**Figura 5: Sistema de filtro de malla existente en campo de riego Carmin.**

FUENTE: Agrícola Santiago Queirolo SAC., 2014.

- Sistema de fertilización.

Bertaki, M. (2014), señala que la aplicación de fertilizantes a través del sistema de riego se convirtió en una práctica común en los sistemas de riego localizado. Los fertilizantes solubles en las concentraciones requeridas por los cultivos se aplican a través de la red de tuberías hacia la zona de humedecimiento de cada planta. Las posibles desventajas incluyen distribución no uniforme del producto químico cuando el diseño u operación del riego son insuficientes.



La solución fertilizante por inyección se incorpora a la red con ayuda de bombas de motores convencionales o bombas de accionamiento hidráulico, las cuales están dimensionadas de acuerdo al caudal de inyección de fertilizante y a la presión del sistema (Pizarro, F. 1996). Es imprescindible tener la solución madre a incorporar preparada en el tanque, el cual debe ser resistente a los abonos y ácidos que se tienen que introducir a la red de riego. Su capacidad depende de la solubilidad de los abonos a emplear y de la dimensión del área de riego. En todos los casos debe instalarse un filtro de malla entre el depósito y la aspiración de la bomba inyectora, además de válvulas de control y ajuste.

**Figura 6: Esquema de sistema de fertilización básico (Olivos Corande, 2014).**

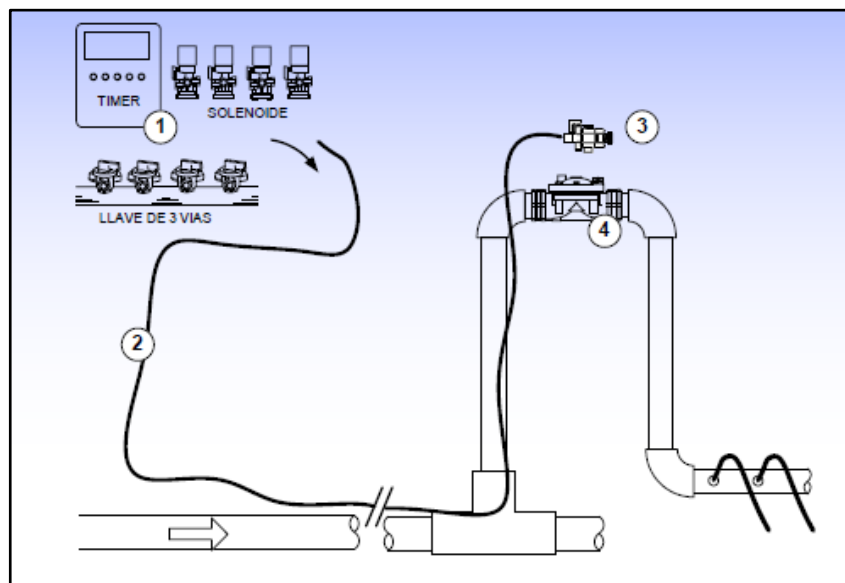


#### **2.1.3.6. AUTOMATIZACIÓN.**

Pizarro, F. (1996), indica que las ventajas de la automatización son las siguientes:

- Ahorra trabajo manual y permite mayor flexibilidad en la programación de las labores agrícolas y permite programar el riego, fertilización, limpieza de filtros, etc.
- Puede suponer un ahorro en instalaciones (tuberías, bombas, etc.) y en el coste de funcionamiento, consumiendo energía eléctrica en las horas de menor coste.
- Puede controlar algunas situaciones desfavorables como averías en la red, bombas trabajando en seco, etc.
- Puede programar el riego en función de la humedad del suelo, temperatura del aire, evaporación, viento, etc. Además, facilita el registro de datos.

Según Heiman, G. (2000), la operación más usada es la de control remoto, la cual se refiere a la operación de apertura y cierre de las válvulas hidráulicas en forma remota, mediante una señal hidráulica. Esta metodología de control es difundida en los equipos de riego agrícola presurizados, donde la válvula recibe una señal hidráulica proveniente del centro de control, la cual es enviada por un microtubo de 8 mm. En la modalidad de operación *standard*, la válvula es NC (normalmente cerrada), es decir que para abrirla debe enviarse una señal hidráulica por el microtubo de control.



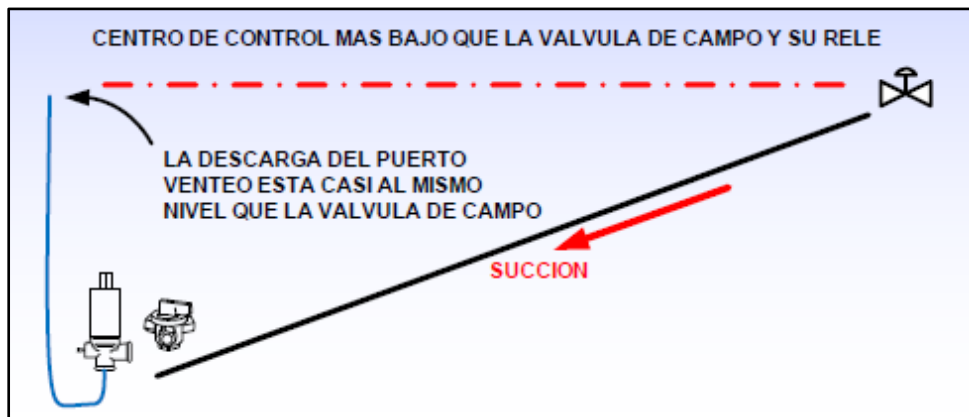
**Figura 7: Elementos de un sistema de control remoto hidráulico.**

FUENTE: Heimann, G. 2000.

La figura 7, indica los elementos de un sistema de control remoto hidráulico, los cuales son:

- Centro de control. Es quien genera la señal remota hidráulica. El mismo puede ser un programador, permitiendo así el riego en modo automático. También es posible abrir y cerrar las válvulas de campo mediante una señal hidráulica generada en forma local manual, mediante llaves de 3 vías. Representada por el número (1).
- Tubería de comando. Microtubo de polietileno de 6 u 8 mm de diámetro. Es quien conduce la señal hidráulica. Representada por el número (2).
- Relé hidráulico y válvulas de campo. El relé es quien recibe la señal hidráulica y conmuta de una posición a la otra, de esta manera permite que el agua con presión entre o salga de la cámara de control de la válvula y que la misma sea cerrada o abierta. Representada por los números (3) y (4) respectivamente.

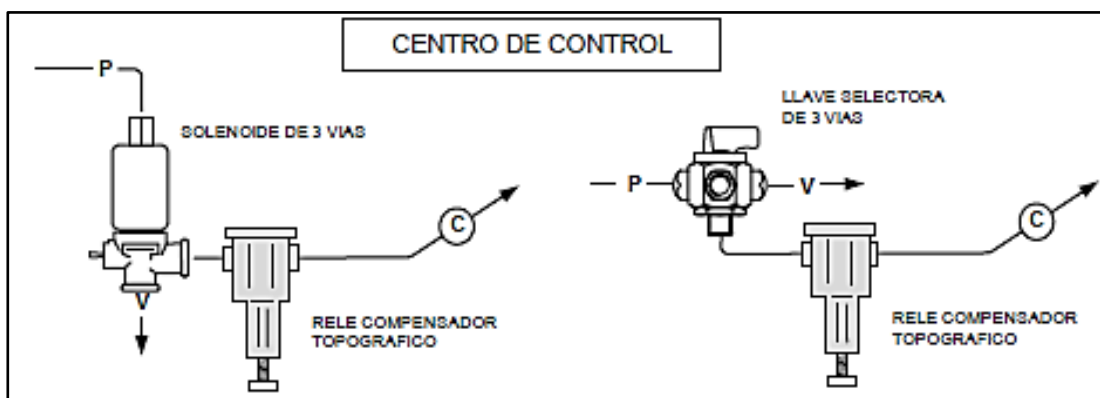
Heimann, G. (2000), señala que el relé compensador topográfico, si el centro de control se encuentra más bajo que la válvula de campo, al quitar la señal de comando, es posible que el tubo de comando se desagüe por el puerto venteo del dispositivo de control (sea un solenoide de 3 vías o una llave selectora manual). Si la diferencia de altura no es excesiva, es posible “elear” el tubo del puerto venteo del dispositivo de control.



**Figura 8: Centro de control más bajo que la válvula de campo y su relé.**

FUENTE: Heimann, G. 2000.

También existe la alternativa de utilizar un relé compensador topográfico, el cual se instala luego del solenoide de 3 vías o de la llave selectora de 3 vías, es decir al inicio del tubo de comando. Al quitar la señal de comando, el relé compensador solo permite el drenaje de una pequeña parte del agua existente en el microtubo (suficiente para que el Galit que se encuentra en la válvula de campo, conmute de posición), evitando el vaciado completo del microtubo.



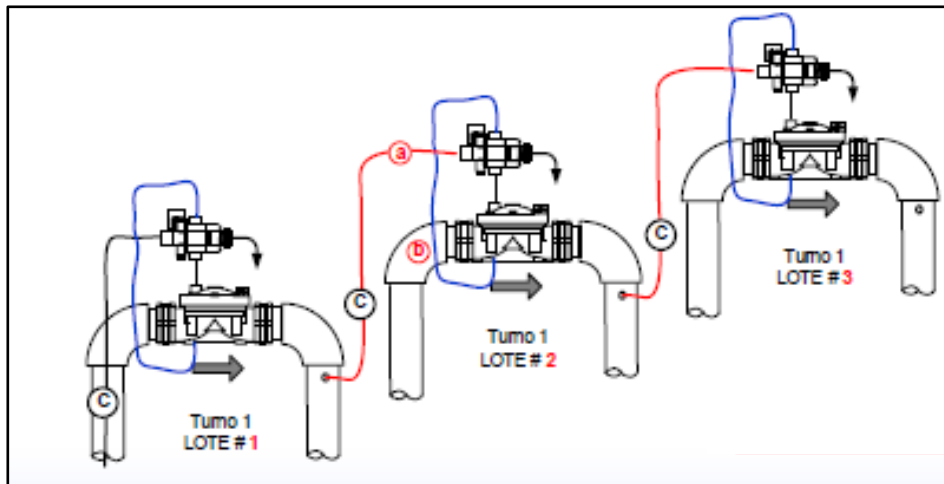
**Figura 9: Ubicación relé compensador topográfico.**

FUENTE: Heimann, G. 2000.

Así mismo Heimann, G. (2000), referente al microtubo de comando, indica que es un tubo de polietileno, de escaso diámetro ( $\varnothing$  6 – 8 mm), encargado de transmitir una señal de presión desde el centro de control hasta el relé hidráulico que equipa la válvula de campo. Si bien el mismo siempre está lleno de agua, no transporta un volumen de agua, sino que transmite presión, la cual permite que el relé conmute de posición. Se recomienda los siguientes consejos en la instalación de microtubo de comando:

- Instalar el microtubo de control enterrado e identificado con colores o números.
- Instalar en la misma zanja de la tubería primaria / secundaria, pero unos centímetros por arriba, evitando el aplastamiento.
- Evitar dobladuras, torceduras; quite las piedras que puedan dañarlo. En instalaciones muy largas, cada 200-250 m., generar estaciones de chequeo, emergiendo sobre la superficie del suelo con todo el conjunto de microtubos
- Como agua de control, utilice agua filtrada, es conveniente que el agua utilizada por los comandos, sea la de mayor presión posible e independiente de otros sistemas (como el agua de control del retrolavado de filtros). Purgar periódicamente el agua de control buscando eliminar el aire existente.

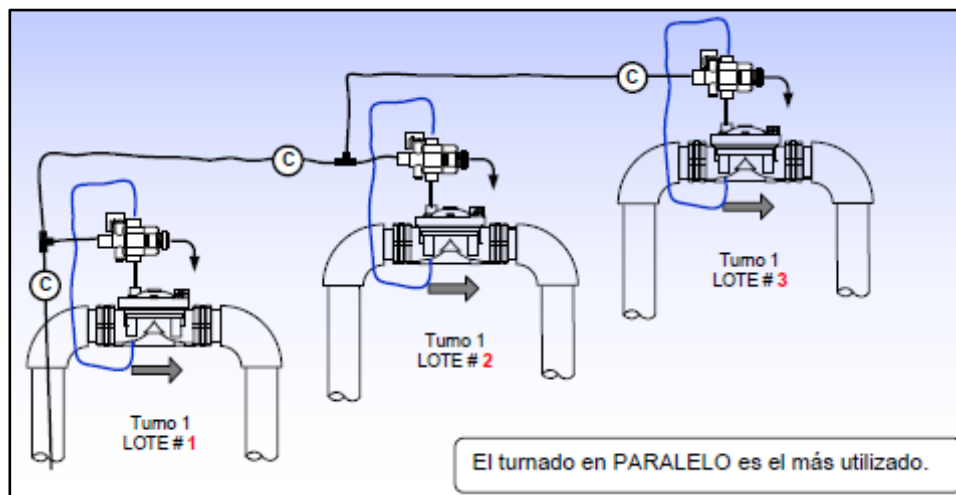
Si la distancia entre el centro de control y la válvula de campo es muy larga, los tiempos de apertura (o cierre) pueden ser muy elevados. En ese caso, hay que colocar un relé intermedio para levantar o potenciar la señal. Fundamentalmente hay 2 maneras en que las válvulas de un mismo turno reciban la señal remota hidráulica: turnado en serie y turnado en paralelo. Turnado en serie: La señal proveniente del centro de control, abre la primera válvula. La señal para el relé de la segunda válvula, es tomada de “aguas abajo” de la primera. Solo la válvula #2 se abrirá, cuando la #1 haya alcanzado presión de operación. Esta metodología de turnado permite una entrada y salida de los turnos en formas más armónica, sin generar importantes caídas de presión en el sistema. Véase anexo 3.



**Figura 10: Colocación en serie de las válvulas de riego.**

FUENTE: Heimann, G. 2000.

Turnado en paralelo: La señal proveniente del centro de control es recibida en forma más o menos simultánea por todas las válvulas, abriéndose de forma conjunta.



**Figura 11: Colocación en paralelo de las válvulas de riego.**

FUENTE: Heimann, G. 2000.

## **2.2. CULTIVO DE VID.**

Fregoni, M. (2007), señala que la superficie con viñedos en el mundo representa alrededor de 7,9 millones de ha.

### **2.2.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA VID.**

#### a. Temperatura.

Fregoni, M. (2007), indica que la temperatura es el factor climático más importante para definir la época y velocidad de las distintas fases fenológicas de la vid. Este cultivo requiere de un clima tropical y sub-tropical, con temperaturas entre los 7 °C y 25 °C, con una humedad relativa de 70 por ciento u 80 por ciento, no obstante, se adapta a muy variados climas. No prospera bien en climas con veranos húmedos, debido a su gran susceptibilidad a enfermedades criptogámicas (hongos). Las temperaturas demasiado altas (30-34 °C.), especialmente si van acompañadas de sequedad, viento caliente y seco, producen quemaduras de hojas y racimos.

#### b. Luminosidad.

La vid es una planta heliófila, que necesita luz en abundancia, Hidalgo, L. (1993), menciona que necesita para su crecimiento entre 1.500 a 1.600 horas anuales de luz, de las cuales son necesarias como mínimo 1.200 horas durante el periodo de vegetación, dependiendo de la latitud del viñedo. De ahí que es necesario cultivarla en lugares en donde pueda recibir luz en mayor proporción. A medida que los cultivos se ubican más cerca del Ecuador, el brillo solar durante todo el año es más constante, permitiéndole producir durante todo el año.

#### c. Humedad relativa.

En el trópico, el cultivo de la vid está muy vinculado a las prácticas de riego ya que con la finalidad de lograr un adecuado control fitosanitario se establecen programaciones de forma tal que los ciclos de crecimiento ocurran en los periodos menos lluviosos. Bajo estas condiciones, en las principales zonas de producción, la demanda de evapotranspiración supera el volumen de precipitación y la capacidad de almacenamiento del suelo, lo que origina la necesidad de riego al menos en forma suplementaria. Las zonas con mayor grado de aptitud vitícola son las áridas y semiáridas donde la precipitación está entre 750 a 1.000 mm año, con baja humedad relativa y disponibilidad de agua de riego (Pire, M. 1989).

d. Ph del suelo.

Martínez, F. (1991), indica que la vid tiene pequeñas necesidades de elementos minerales lo que le da la posibilidad de adaptarse con facilidad a suelos de escasa fertilidad. Sus raíces son de alta actividad y les permite absorber los elementos necesarios y actuar como órgano de reserva. La disponibilidad de los nutrientes para la planta está condicionada por el pH, que debe estar entre 5,5 y 6,5. En suelos muy ácidos se pueden presentar deficiencias de fósforo, calcio, magnesio, boro y molibdeno; en suelos alcalinos pueden ser igualmente deficientes fósforos y los elementos menores; en suelos mal drenados se puede presentar toxicidad de hierro, magnesio y azufre.

e. Textura del suelo.

Hidalgo, L. (1993) menciona que suelos profundos y fértiles, con un adecuado contenido de agua, originan altas producciones de uva, mientras que suelos superficiales, pobres y sin reserva de agua, no permite gran desarrollo de las plantas, producen cosechas escasas aunque de mayor calidad. Los terrenos más adecuados para el cultivo de la vid son los terrenos sueltos, profundos; desarrollándose exitosamente en suelos franco-arcillosos. Con presencia de materia orgánica; suficientemente dotado: 1,5-2,5 por ciento.

Pizarro, F. (1996), señala que en el suelo se encuentran partículas minerales de diversos tamaños; el material mayor de 2mm. se denomina fragmento rocoso y el material menor de 2mm. se denomina fracción de tierra fina, cuyos componentes son arena, limo y arcilla. La textura es la proporción relativa por peso de las diversas clases de partículas menores de 2mm., esta actúa en el crecimiento de las plantas por su influencia sobre la aireación, infiltración, capacidad de agua disponible, permeabilidad y laborabilidad. Muchos suelos de la costa peruana presentan suelos arenosos y muy gravosos, por tanto la capacidad retentiva para el agua es baja. Si no se riegan con frecuencia los suelos tienden a secarse rápidamente. En los suelos se separan tres clases de partículas por tamaño que son: arena, arcilla y limo.

Zavaleta, A. (1996), indica que medir la composición granulométrica de un suelo, se debe realizar un análisis granulométrico o mecánico, el cual se basa en el hecho de que la velocidad de caída de las partículas del suelo a través del agua aumenta con el diámetro de las mismas; también se utilizan set de tamices de diferente tamaño de celda. En el siguiente cuadro se presenta dos clasificaciones: sistema americano y sistema internacional.

**Tabla 1: Clasificación de las fracciones del suelo según Sistema Americano e Internacional.**

Fracción	Sistema americano (mm.)	Sistema Internacional (mm.)
Arena muy gruesa	2.00 - 1.00	***
Arena gruesa	1.00 - 0.50	2.00 - 0.20
Arena media	0.50 - 0.25	***
Arena fina	0.25 - 0.10	0.20 - 0.02
Arena muy fina	0.10 - 0.05	***
Limo	0.05 - 0.002	0.02 - 0.002
Arcilla	Menor a 0.002	Menor a 0.002

FUENTE: Zavaleta, A. 1996.

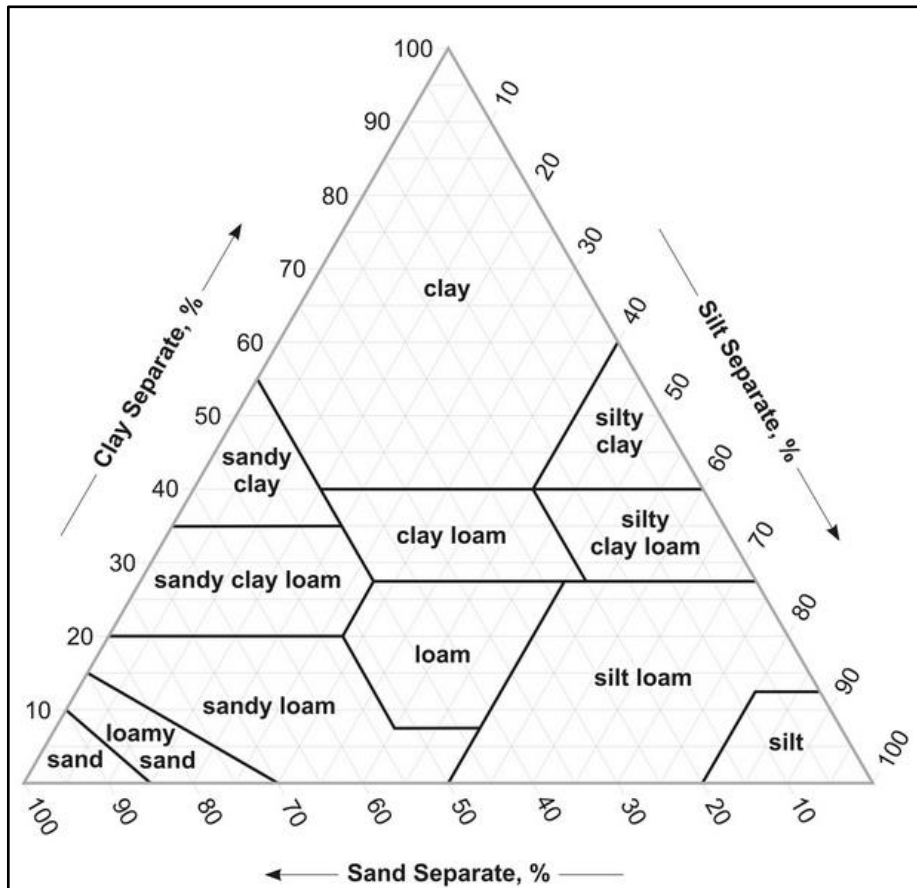
Para determinar el tipo granulométrico o clase textural de un suelo, se recurren a varios métodos. Siendo el más popular el diagrama triángulo, el cual posee en su interior casillas y cada uno representa una clase textural de suelo caracterizado por las proporciones de los elementos dominantes. Según Zavaleta, A. (1996), cuanto mayores son las dimensiones de las partículas del suelo, menor es la capacidad de retención de agua y por el contrario, mayor es la conductividad hidráulica. En tales suelos, es mayor la cantidad de agua que puede ser almacenada bajo forma de agua gravitacional o libre, es decir, agua que no es retenida por las partículas del suelo, mientras que la cantidad total de agua almacenable es mayor en los suelos en que la fracción dominante es la arcilla. Estos suelos se denominan suelos finos o pesados, mientras que los suelos donde dominan las partículas de dimensiones mayores reciben el nombre de suelos groseros o ligeros.

Según Zavaleta, A. (1996), la textura y propiedades hídricas de un suelo están muy relacionadas, por lo que se puede atribuir a cada tipo de textura un determinado comportamiento hídrico.

Jonson, J. (1979), se detalla una breve descripción por cada clase textural.

- Suelos arenosos: En ellos predominan las arenas o partículas minerales mayores de 0.02 mm. de diámetro. Son suelos muy permeables, pues en ellos predominan macroporos. Su capacidad de retención de agua o capacidad de campo es baja, y también lo es el agua disponible por las plantas o agua útil, pues presentan una baja microporosidad. Deben ser regados frecuentemente. Como ventajas se puede destacar que son fáciles de trabajar y no presentan problemas de aireación.





**Figura 12: Diagrama triangular de las clases texturales básica del suelo según el tamaño de las partículas.**

FUENTE: USDA, 1979.

- Suelos arcillosos: En ellos predominan las arcillas o partículas menores de 0.002 mm. Son muy impermeables y mal aireados, pues predominan los microporos. Son difíciles de trabajar pues son muy plásticos cuando están húmedos y compactos cuando están secos. Estos suelos retienen mayor cantidad de agua y aunque una gran parte de ella es retenida con mucha fuerza y no está disponible por la planta, presentan una gran cantidad de agua disponible o agua útil.
- Suelos francos: Presentan una mezcla de arenas, limos, arcillas en proporciones equilibradas. Estos suelos son los mejores para el crecimiento de la mayoría de las plantas, ya que son ligeros, aireados, permeables y de media – alta capacidad de retención de agua.

Parámetros hídricos del suelo:

a. Capacidad de campo.

El concepto se introdujo por Israelsen y West, 1922, para designar el contenido en humedad de un suelo sometido a drenaje libre (después de un riego intenso o fuertes lluvias) durante 48 horas. La capacidad de campo se ha relacionado con la retención de humedad a un determinado potencial matricial, a menudo de 0,33 bar (33 kPa) en suelos de textura fina y de 0,1 bar (10 kPa) en suelos de textura gruesa.

b. Punto de marchitez

El concepto de punto de marchitez ó de marchitamiento permanente ha sido definido como "el contenido de humedad en la zona de las raíces, según el cual la planta se marchita y no puede recobrar igual turgencia al colocarla en una atmósfera saturada de agua durante doce horas". Se puede determinar mediante membrana de Richard relacionándolo con el contenido en humedad a un potencial matricial de 15 bar (1500 kPa). Pues se ha comprobado que el contenido de humedad de un suelo a una succión matricial de 1500 kPa se encuentra dentro del intervalo en el que una gran parte de las plantas se marchitan.

c. Agua disponible

Es el agua retenida entre CC y PMP, es la máxima cantidad de agua que la planta puede disponer para su absorción en un determinado perfil. No toda el agua disponible es fácilmente disponible para las plantas.

d. Capacidad de retención de agua disponible

Es el intervalo de humedad disponible que se define como el agua del suelo que puede ser absorbida a un ritmo adecuado para permitir el crecimiento normal de las plantas. Se suele calcular como la diferencia entre los valores de la capacidad de campo y el punto de marchitamiento permanente.

Según Pizarro. F (1996), la fórmula para determinar la capacidad de retención es la siguiente:

$$\text{Capacidad de retención} = \frac{(CC-PMP)}{100} * Da * Prof * HD(\%) \dots (1)$$

Donde:

- Capacidad de retención: mm.
- CC: contenido de humedad a capacidad de campo (%)
- PMP: contenido de humedad a punto de marchitez (%)
- Da: Densidad aparente (gr/cc)
- Prof: Profundidad radicular (mm.)
- HD: Porcentaje de humedecimiento (%) = 50%

El porcentaje de área mojada (AM%) se determinó de la siguiente forma:

$$AM\% = \frac{a*d}{b*d} * 100 \dots (2)$$

Donde:

- a: ancho de mojado (m.)
- b: distancia entre laterales (m.)
- d: distancia entre emisores (m.)

El cálculo de la lámina neta es la siguiente:

$$Ln = \text{Capacidad de retención} * AM\% \text{ (mm.)} \dots (3)$$

El cálculo de la frecuencia de riego es la siguiente:

$$Fr = \frac{Ln}{Et} \dots (4)$$

- Fr: Frecuencia de riego (día)
- Ln: Lámina neta (mm.)
- Et: Máxima aplicación al día (mm/día).

La tabla 2, indica las principales propiedades del suelo según su clase textural, de acuerdo a las evaluaciones de Jonson, J. (1979).

**Tabla 2: Relación entre textura y comportamiento probable del suelo.**

Propiedad	Arenosa	Franco-limosa	Arcillosa
Permeabilidad	Alta	Media	Baja
Capacidad de retención de agua	Baja	Medio-Alto	Alto

FUENTE: Jonson, J. (1979).

### **2.3. DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO CON EL PROGRAMA DE INGENIERÍA IRRICAD.**

Irricad fue desarrollado en 1993 por Agricultural Engineering Institute (AEI) Software, en la Universidad de Lincoln, Canterbury, Nueva Zelanda y es comercializado por Nelson Irrigation Corporation. Navarrete, C. (2000), concluye que es una poderosa herramienta de ayuda disponible para diseño de sistemas de riego presurizados. Según AEI (1993), el proceso de diseño empleando el software de ingeniería Irricad Pro, requiere como base la planificación del campo de riego. Los parámetros agronómicos necesarios son: el cultivo, el tipo de suelo, la disponibilidad de agua, topografía, clima, planificación física, marco de plantación, lámina y frecuencia de riego. Para poder distribuir el agua a los cultivos se necesita un sistema de riego que incluya redes de tuberías, bombas y emisores. Para cumplir con los objetivos propuestos se establecieron una serie de etapas que permitieran desarrollar el modelo y evaluar su comportamiento.

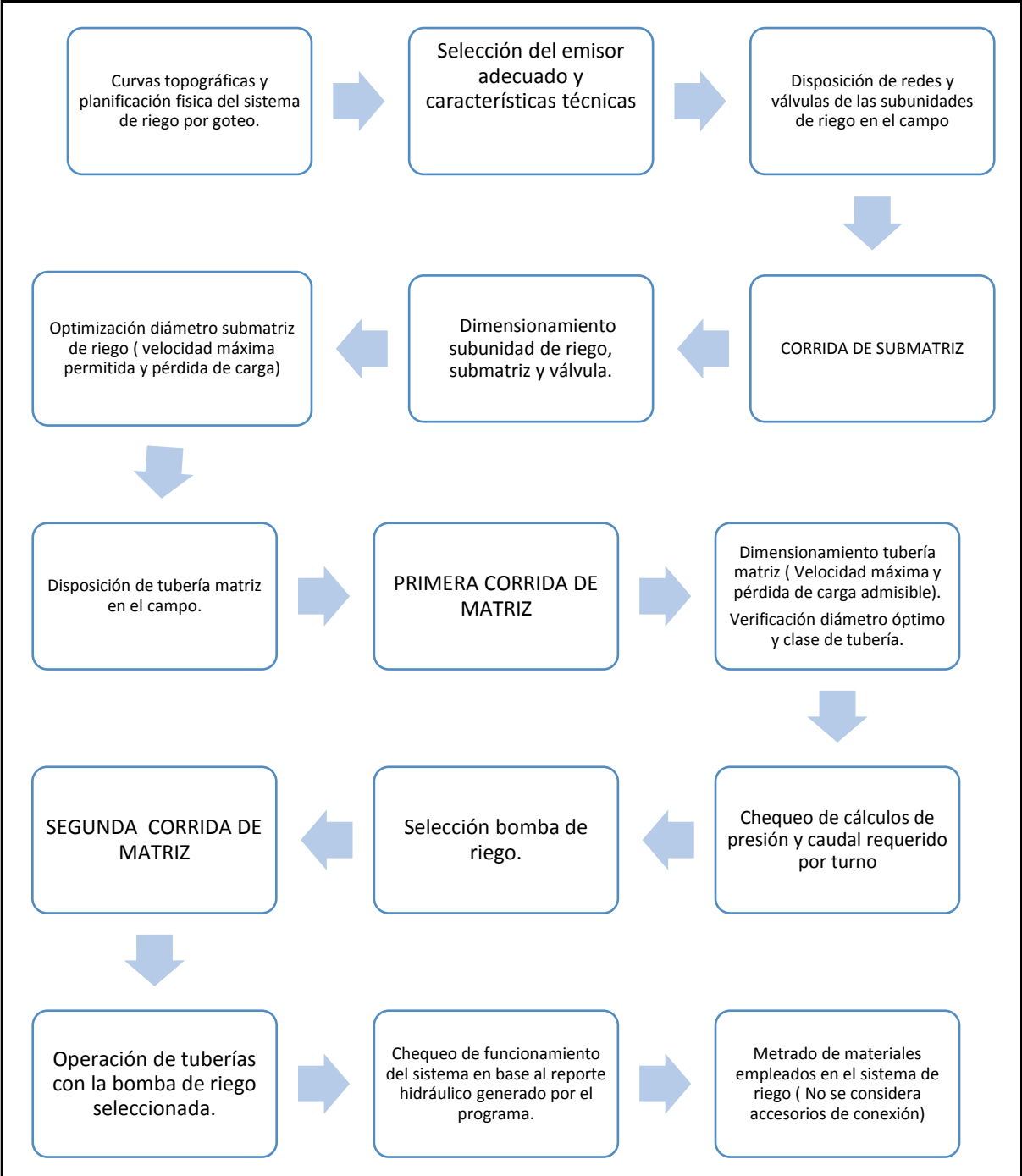
#### **2.3.1. SELECCIÓN DEL EMISOR.**

Pizarro, F. (1996), indica que en el diseño de un sistema de riego la selección del tipo de emisor requiere lo siguiente:

- Descarga y presión nominal del emisor.
- Diámetro de mojado del emisor.
- Patrón de mojado del emisor en grupo.
- Espaciamiento y posición de los emisores a lo largo y entre los laterales.

En caso del emisor seleccionado sea autocompensado, se colocará la información de la curva de operación, información proporcionada por el proveedor. Como información base, también debemos contar el levantamiento topográfico del campo y la planificación de los turnos de riego, indicando claramente la ubicación de la fuente de agua. Es necesario que estos planos se encuentren en el programa AutoCAD y se adecuen en capas en formato dxf. para poder cargarlos en el programa Irricad Pro.

**Figura 13: Estructura base de desarrollo del modelo Irricad.**



### 2.3.2. SUBUNIDAD DE RIEGO.

Navarrete, C. (2000), indica que las subunidades constan de tuberías laterales, submatrices y válvulas de control. El dividir el área a regar en subunidades es una ventaja dado que no siempre se dispone de agua suficiente para regar todo el predio a la vez. Además las subunidades permiten mayor flexibilidad en el riego, permiten una mayor uniformidad de aplicación y utilizan tuberías de menor diámetro. Además de las ventajas anteriores, las subunidades presentan mayor facilidad de manejo y un ahorro en la inversión de tuberías, dado que los caudales a transportar para las subunidades son menores, lo cual va en directa relación con los diámetros a utilizar. Los componentes son los siguientes ítems:

a. Laterales de riego.

AEI (1993), indica que los datos de laterales de riego son necesarios para la base de datos de Irricad y calcular la pérdida por fricción cuando el agua fluye a través del lateral. La iteración es un método muy preciso de cálculo de pérdida por fricción en los laterales de riego. Se requiere lo que se llama *barb factor* (Kd). Este valor es normalmente entre 0 y 2 y está en función de la pérdida de carga causada por la presencia del emisor en la pared del lateral. También se requiere un *emisor constant* (coeficiente), junto con el exponente y el espaciado de los emisores en la cinta. El Kd, el coeficiente y el índice son suministrados por el fabricante de la línea de riego.

Tape Number		1606	
Tape Description		Drip tape	
Usage	L Lateral	Default Inlet Pressure	21.335 psi
Warehouse Code	TAPE Up to 12 letters	Minimum Pressure	5.68933 psi
Supplier Cost Code	SUP1 Label	Maximum Pressure	42.67 psi
Pipe Type	LDP CDV 0.03	Zone Pressure Tolerance	10 % above
Nominal Diameter	16	Zone Pressure Tolerance	10 % below
Actual Diameter	0.53937 in	Nominal Specific Discharge Rate	0.322078 US gpm/100ft
Tape Roughness	140 C	Flow Calculation Type	Iteration <input checked="" type="checkbox"/>
Allowable Pressure	42.67 psi	Emitter Constant	1.2
Wholesale Cost	10.0026 per 100 ft	Emitter Index	0
Retail Price	20.0051 per 100 ft	Emitter Barb Factor	1.6
Plotting Line Type	SOLID	Spacing	1.64042 ft
Plotting Color	<span style="background-color: blue; color: blue;">█</span>		

**Figura 14: Cuadro de datos de lateral de riego.**

FUENTE: AEI, 1993.

b. Válvulas de riego.

AEI (1993), señala que las válvulas son empleadas para el control de operación de las subunidades de riego. Es necesario introducir información referente a las pérdidas de carga generadas en las válvulas de acuerdo a su diámetro y el caudal de trabajo máximo y mínimo. El acondicionamiento de información en el *software*, se iniciará con la creación de subunidades junto a la válvula de comando y submatriz, posteriormente se traza el recorrido de la tubería matriz. Con la creación de subunidades, se procede a realizar la primera corrida del *software*, el diseño de las tuberías submatrices es de acuerdo a la fórmula de Hazen – Williams. El *software* permite modificar las longitudes de modo más conveniente, al igual que la elección del diámetro de las válvulas acorde el caudal de la subunidad.

### 2.3.3. RED DE TUBERÍAS MATRICES.

Stuardo, J. (2006), indica que el programa toma en cuenta los límites de velocidad, los datos de elevación y la energía para brindar una solución dentro de los límites de variación de presión requeridos. El modelo computacional se compone de bases de datos y ecuaciones de solución hidráulica, además contiene los distintos tipos de emisores y tuberías disponibles en el mercado. La información es procesada en las fórmulas que definen el diseño de riego, y se basan en criterios técnicos y económicos utilizando ecuaciones de flujo y energía. Existe poca información disponible acerca del lenguaje de programación del programa Irricad.

- Método de Hazen – Williams.

La fórmula es sencilla y su cálculo es simple debido a que el coeficiente de rugosidad "C" no es función de la velocidad ni del diámetro de la tubería. La ecuación utilizada en Irricad es:

$$h = 10,674 * \left[ \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.871}} \right] * L \dots (5)$$

Donde:

- h: Pérdida de carga o energía (m.)
- Q: caudal (m<sup>3</sup>/s.)
- C: Coeficiente de rugosidad (adimensional)
- D: Diámetro interno de la tubería (m.)
- L: Longitud de la tubería (m.)

Pipe Diameter		
Inches	MM	C Value
½	13	137.2
-	16	137.8
¾	19	138.8
1	25	140.0
1¼	32	141.2
1½	40	143.0
2	50	144.4
2½	65	146.0
3	80	147.2
4	100	148.0
5	125	148.6
6	155	149.0
8	190	149.3
9	225	149.5
12	300	150.0

**Figura 15: Lista de coeficiente de rugosidad para el C, de acuerdo al diámetro de la tubería.**

FUENTE: AEI, 1993.

El sistema emplea la siguiente fórmula para determinar el coeficiente de uniformidad teórico:

$$CU = \left(1 - \frac{1.27 CV}{\sqrt{e}}\right) * \frac{qns}{qa} \dots (6)$$

- CV: Coeficiente de variabilidad.
- e : Emisores por planta.
- qns : Caudal mínimo del emisor.
- qa : Caudal promedio del emisor.

#### **2.3.4. DETERMINACIÓN DE LA BOMBA DE RIEGO.**

Pizarro, F. (1996), indica que después de definir la tubería de distribución se obtienen las pérdidas de carga en cada uno de los tramos; lateral, secundario y distribución, para cada subunidad en particular. Si sumamos a estas las pérdidas en las singularidades del sistema, las pérdidas en el cabezal de control (altura de succión, pérdida en filtros y elementos de regulación) y diferencia de cota, se obtiene entonces la altura manométrica total requerida para cada subunidad. Con esta información se procede a definir el modelo de bomba, diámetro de impulsor y potencia.



Es preferible que la bomba seleccionada sea la de mayor eficiencia y bajo coste energético, con un NPSHr menor que el NPSHd, en caso contrario se tendría problemas de cavitación. Seleccionada la bomba de riego, se coloca la información de caudal y presión en la base de datos del *software*, para generar la corrida de energía, en esta fase se simula el funcionamiento del sistema con la bomba y su comportamiento con los diferentes turnos de riego. El cabezal constituye un conjunto de pérdidas de carga, respecto a ello sus componentes se pueden agrupar en tres categorías:

- Elementos cuya pérdida de carga es proporcional al caudal, como contadores, válvulas, etc. Los Hidrociclones forman parte de este grupo.
- Elementos cuya pérdida de carga es variable, aunque el caudal sea constante. Este es el caso de los distintos tipos de filtro. En el diseño se establece la máxima pérdida de carga admisible en cada filtro, y cuando se alcance ese valor deberá procederse a su limpieza.
- Elementos de los que es necesario conocer, además de la pérdida de carga que provocan, la presión mínima de funcionamiento. Este es el caso de algunos automatismos, filtros y sobre todo de inyectores hidráulicos de fertilizantes.

Conocidos el caudal y la presión aguas arriba del cabezal, se está en disposición de diseñar la instalación del sistema de bombeo. Sin embargo, aún hay que introducir unos coeficientes de seguridad.

a. Curva del sistema.

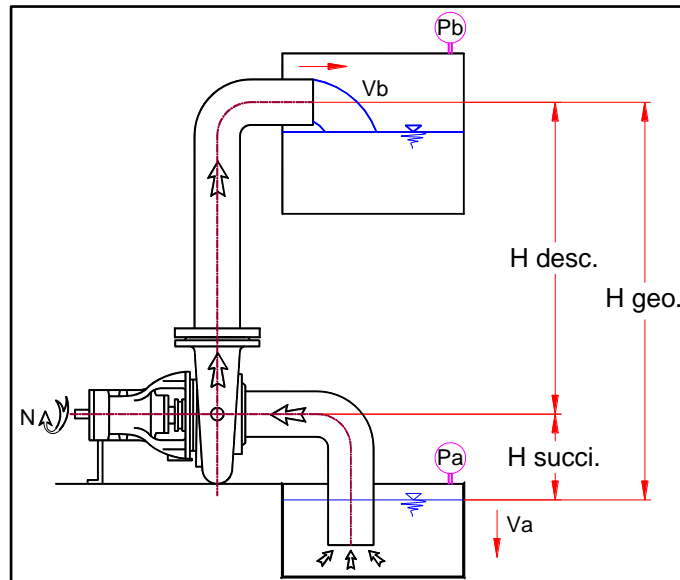
La bomba debe suministrar la energía necesaria para vencer esta resistencia que está formada por la altura estática más las pérdidas en las tuberías y accesorios. La altura dinámica total es la energía que requiere el fluido en el sistema para trasladarse de un lugar a otro.

$$ADT = H_{geo} + (P_a - P_b) + \frac{(V_a^2 - V_b^2)}{2g} + \sum H_f \dots (7)$$

Donde:

- $H_{geo}$ : Altura dinámica total (m.).
- $P_a - P_b$ : Diferencia de presiones absolutas (m.).
- $V_a^2 - V_b^2$ : Diferencia de energías de velocidad. (m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>).
- $\sum H_f$ : Pérdidas en las tuberías y accesorios (m.).

En la figura 16, se muestra un esquema de la succión de un sistema de bombeo, la cual es la subpresión de agua (por debajo de la presión atmosférica) que se produce en la tubería, entre el espejo de agua en el punto de captación y el impulsor de la bomba, cuando este impulsor se ubica a un nivel superior que el espejo de agua, según Hidrostral (2009).



**Figura 16: Esquema ADT en una bomba de riego.**

FUENTE: Hidrostral, 2009.

A partir de una determinada subpresión empiezan a formarse burbujas de vapor que colapsan contra el impulsor de la bomba. Este fenómeno llamado cavitación, ocurre cuando la presión absoluta dentro del impulsor se reduce hasta alcanzar la presión de vapor del líquido bombeado y se forman burbujas de vapor, lo cual deteriora el sello mecánico.

b. NPSH requerido:

El NSPH es la energía mínima (presión) requerida en la succión de la bomba para permitir un funcionamiento libre de cavitación. Se expresa en metros de columna del líquido bombeado. Depende de: Tipo y diseño de la bomba, velocidad de rotación de la bomba y caudal bombeado.

c. NPSH disponible:

Energía disponible sobre la presión de vapor del líquido en la succión de la bomba. Se expresa en metros de columna del líquido bombeado. Depende de: Tipo de líquido, temperatura del

líquido, altura sobre el nivel del mar (Presión atmosférica), altura de succión, y pérdidas en la succión. Según el catálogo de Hidrostral (2009).

### **2.3.5. OPTIMIZACIÓN DE LA RED HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE RIEGO.**

Dada la complejidad de realizar diseños de calidad, debido a los procesos iterativos que estos conllevan, es que con la ayuda de los computadores se han creado diversos modelos de simulación y posteriormente de optimización. Estos modelos permiten complementar u obtener resultados detallados de las características hidráulicas y económicas de un determinado diseño. La simulación es un proceso numérico diseñado para interpretar el comportamiento de cualquier a lo largo de la dimensión del tiempo (Prawda, J. 1991).

Según AEI (1993), IRRICAD permite la optimización de la red hidráulica y logra un mayor beneficio costo de energía. El programa optimiza hidráulicamente el diámetro de las tuberías de distribución de los sectores de riego y las tuberías de conducción en función del emisor seleccionado y finalmente optimiza la subunidad considerando el emisor, la geometría del predio, su topografía y criterios de diseño de carácter general.

Stuardo, J. (2006), indica que los datos de entrada y salida empleados en el programa son los detallados a continuación:

- a. Datos de entrada
  - Modelo de emisor y sus características técnicas, como coeficiente de descarga, exponente del emisor, espaciamiento entre goteros, caudal del emisor y espesor de línea de riego.
  - Características técnicas de las tuberías de PVC, como diámetro interno y presión de trabajo y datos técnicos de la bomba de riego, seleccionadas a través de los datos de salida de los requerimientos de presión y caudal.
  
- b. Datos de salida
  - Pérdidas de carga en las líneas de riego.
  - Diámetros, pérdidas de carga, velocidad y presión de funcionamiento en las submatrices y matrices.
  - Presiones y caudales requeridos por turno de riego y en operación con la bomba.
  - Coeficiente de uniformidad teórico en las subunidades de riego.

Uno de los mayores beneficios de Irricad Pro, es que permite visualizar una gran cantidad de reportes del diseño hidráulico, de esta forma podemos desarrollar un mayor control y evaluación de los cálculos, permitiendo mejorar el planteamiento del diseño y la optimización de la red.

## **2.4. IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO**

Según Razuri, L. (1975), cada sistema de riego por goteo, como solución de ingeniería, tiene características propias por lo que no se puede indicar una metodología única, sin embargo, la experiencia ha demostrado que existen fases o etapas en común que se puede aplicar a cualquier sistema de riego, las cuales son las siguientes.

- a. Planificación de la instalación.
  - Obtener los planos de diseño del sistema y las especificaciones técnicas de los componentes del sistema.
  - Identificar en el campo y marcar en los planos los componentes del sistema y los recursos disponibles para implementar el sistema (fuente del agua, fuente de electricidad, caminos, carreteras, almacén y otras necesidades pertinentes del área).
  - Elaborar los planos de detalle que hagan falta para optimizar el funcionamiento del sistema y revisar la lista de cantidades de obra y hacer los ajustes de acuerdo a las modificaciones del sistema y preparar la lista inicial de materiales basándose en el diseño.
  
- b. Equipos y herramientas.
  - Guardar un buen abastecimiento de herramientas necesarias para la instalación, palas, sierras manuales y eléctricas, limadoras, palancas llaves de tuerca y destornilladores, taladros, brocas, etc.
  - Un vehículo para transportar los materiales, herramientas, pegamentos, etc.
  - Una bomba portátil (achicadora) para remover el agua de las áreas inundadas y facilitar las reparaciones.
  
- c. Entrega de materiales.
  - Preparar un lugar para el almacenamiento de materiales, incluyendo una caseta para las tuberías de goteros, pegamentos, etc.

- Revisar las órdenes de entrega y especificaciones de los materiales, de acuerdo con la orden de pedidos.
- Colocar los tubos en un sitio cercano al centro de trabajo. Para almacenar los tubos de PVC deben seleccionarse por diámetros, el almacenaje se recomienda realizarse según se indica en la figura 23, apoyando la primera línea de tubos sobre polines, los cuales deben tener una separación no mayor a 1.5 m.



**Figura 17: Modelo recomendado de almacenaje de tuberías.**

FUENTE: Razuri, L. 1975.

- Ensamblaje de piezas.
  - Asignar un lugar para el ensamblaje de las piezas especiales.
  - Colocar el equipo de ensamblaje. (mesas, herramientas, pegamentos, rollos de teflón, llave de tuercas, sierra, etc.) en el área de trabajo.
- Trazo y excavación de zanjas.
  - Trazar las rutas de las líneas de riego principales, secundarias y múltiples, los límites del terreno, localización del subsuelo adecuado para introducir los cables y las tuberías de las conexiones eléctricas, trazo de caminos internos del área de riego. etc.
  - Excavar las zanjas que seguirán las tuberías principales, secundarias y múltiples.

f. Ensamblaje de las tuberías.

- Distribuir las tuberías principales, secundarias y múltiples a usar colocándolas al lado de las respectivas zanjas.
- La tubería principal y secundaria, normalmente se colocan enterradas, esta labor debe hacerse a una profundidad suficiente para que las labores culturales o paso de maquinaria no las dañen.
- Al ensamblar las tuberías principales y secundarias usar el pegamento de forma adecuada.
- Antes de aplicar el pegamento, es conveniente limpiar las piezas hasta que queden exentas de suciedad, y una vez limpias, frotarlas con un trapo humedecido en disolvente para PVC.
- Al introducir el tubo este debe ser forzado hasta que llegue al fondo de la campana. Si rebosa pegamento de la unión, hay que limpiarlo con el trapo ya que el exceso de pegamento debilita al tubo o a la pieza con el paso de los años.
- Los tubos expuestos a la luz del sol se expanden y se contraen durante la noche. Este proceso puede reducir la vida útil del tubo, separar las uniones y causar otros problemas. Las tuberías permanentes deben colocarse en la zanja y cubrirlas lo más pronto posible.
- En el caso de la unión de accesorios se procede de forma similar a la unión entre tubos, haciendo resaltar, que para unir dos piezas entre sí (excepto piezas con reducción), es necesario utilizar un trozo de tubo del mismo diámetro.

g. Relleno parcial de zanjas.

Rellenar parcialmente las zanjas después de colocar las tuberías. Hay que llenar todos los lugares bajos tan pronto como sea posible, durante la época de lluvia.

h. Instalación de líneas laterales.

- La instalación de las líneas laterales debe realizarse posterior al lavado de las líneas principales, secundarias y múltiples.
- Colocar las tuberías laterales en el campo, pero sin conectar a las líneas secundarias. Mantener los extremos de las laterales cerradas para evitar la entrada de tierra, insectos, etc. Cerrar todas las válvulas de control secundario.
- Abrir el sistema. Llenar la línea principal. Abrir las llaves de paso para que salgan los materiales extraños de las tuberías. Cerrar las válvulas y comprobar la presión

- Mantener el sistema activo por al menos 2 horas. Si se desarrolla una fuga de agua en la línea principal, cerrar el sistema inmediatamente, reparar la tubería y comprobar de nuevo.
  - Con los terminales de las líneas laterales abiertos, conectar las tuberías laterales a las múltiples. Permitir que el agua fluya por las líneas laterales y cerrar los extremos de las líneas laterales.
- i. Comprobación de la operación.
- Una vez que el sistema esté funcionando adecuadamente, tomar la presión y lecturas de las bombas, filtros y válvulas principales.
  - Cuando se ha determinado que todos los tubos, piezas, alambres eléctricos y componentes del sistema funcionan adecuadamente rellenar todas las zanjas.
  - Durante el llenado de zanjas tener cuidado para evitar derrumbes y evitar golpes y otros daños en los tubos.
  - Evaluar el funcionamiento del sistema de riego a fin de establecer el programa de operación definitivo a entregar al propietario del proyecto y capacitar al personal designado para las labores de operación y mantenimiento.

## **2.5. EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO.**

IFAPA (2010), indica que uno de los aspectos fundamentales a evaluar en un riego localizado es el buen funcionamiento de los equipos, componentes, etc. que forman parte de la instalación de riego.

### **2.5.1. EVALUACIÓN DE LOS COMPONENTES.**

#### a. Equipo de filtrado.

IFAPA (2010), señala que es muy importante conocer la capacidad de filtrado o caudal que es capaz de filtrar el sistema, porque esta debe ser igual o superior al caudal máximo que circule por el cabezal de riego. La diferencia de presión que pueda existir entre dos puntos cualesquiera de dicha red se conoce como pérdidas de carga. Debido a estas pérdidas de presión, otra característica del equipo de filtrado a tener en cuenta al hacer la evaluación es la presión existente a la entrada y a la salida de cada filtro.

Según Mármol, J. (1993), los filtros deben limpiarse cuando la diferencia de presión entre la entrada y la salida sea superior a 0.5 – 0.6 kg/cm<sup>2</sup>, con lo que se evita su mal funcionamiento y la posibilidad de que se produzcan obturaciones. A continuación, se resume la información necesaria para realizar una evaluación del equipo de filtrado de un sistema de riego localizado.

Primera evaluación	Evaluaciones periódicas
Número de filtros	Presión a la entrada y salida del filtro
Localización de los filtros	Frecuencia de limpieza de los filtros
Capacidad de filtrado	Fecha de la última limpieza
Filtros con limpieza automática o manual	Características y estado del elemento filtrante
Presión a la entrada y salida del filtro	Estado general de los filtros
Características y estado del elemento filtrante	
Estado general de los filtros	

**Figura 18: Información necesaria para realizar una evaluación del equipo de filtrado.**

FUENTE: IFAPA, 2010.

b. Equipo de fertilización.

Mármol, J. (1993), como en el caso de los equipos de filtrado, será necesario evaluar el equipo de fertirrigación al menos dos veces por campaña de riego para asegurar la correcta incorporación de nutrientes al cultivo, además de la evaluación completa al recibir la obra. Si el equipo de fertirrigación está instalado en el cabezal de riego, es imprescindible colocar un filtro de malla o de anillas a continuación de éste para eliminar las impurezas del abono y evitar posibles obturaciones en otros puntos de la red de riego. (Mármol, J. 1993).

c. Elementos de control, automatismos y piezas especiales.

La evaluación de este tipo de dispositivos consiste principalmente en tomar nota de la cantidad que existe de cada uno de ellos en la instalación y de su situación dentro del sistema de riego, así como del diámetro y demás características que sean necesarias para comprobar su correcto funcionamiento. Los elementos de control, reguladores, válvulas, limitadores, etc., permiten controlar el caudal a aplicar y el paso del agua por un determinado punto de la red. En ellos pueden producirse fugas cuya detección será imprescindible para que la aplicación del agua de riego sea lo más uniforme posible en todos los emisores (Mármol, J. 1993).



d. Turnos de riego.

Para evaluar los turnos de riego se tomará nota del número de unidades, la superficie de cada una de ellas y el número de subunidades que la componen. También es conveniente realizar un croquis de la parcela en el que se señale la disposición de las distintas unidades y subunidades de riego (Mármol, J. 1993).

e. Laterales y emisores.

Los últimos componentes que se consideran en la evaluación de una instalación de riego localizado son los laterales y los emisores. La evaluación de los emisores consistirá en la toma de datos acerca de su tipo y caudal nominal, del diámetro mínimo de paso de agua y por último de los distintos tratamientos que se realizan para prevenir las obturaciones. La detección de fugas y roturas tanto en laterales como en emisores es fundamental (Mármol, J. 1993).

### **2.5.2. EVALUACIÓN DE LA UNIFORMIDAD DE RIEGO.**

Merriam, J. y Keller, J. (1978), señala que la falta de uniformidad en el riego por goteo puede deberse a los siguientes puntos:

- Diferencias de presión en la red de distribución.
- Diferencias de presión en las tuberías porta - goteros.
- Diferencias en el caudal que emite cada gotero ya sean por defecto de fabricación, obturación o envejecimiento del material.

La falta de uniformidad hace que unas partes de la parcela reciban agua más que otras, por lo que es necesario añadir más agua para que las zonas que menos reciben tengan la suficiente. Ello hace que se deba regar en exceso si se quiere garantizar un buen suministro a la totalidad del subsector. Los problemas derivados de una baja uniformidad se traducen en plantas con un exceso de agua y otras con déficit hídrico. Además, habrá un mal reparto de abono, produciéndose un derroche de nutrientes por una parte y una carencia de ellos por otra, lo que supondrá una alteración del desarrollo del cultivo y por tanto de la producción.

Merriam, J. y Keller, J. (1978), indica que para evaluar la uniformidad de un sistema de riego localizado se elegirá la unidad de riego más representativa de la instalación. Una unidad representativa será aquella de tamaño medio, con una pendiente que represente la media de la instalación, que esté situada a ser posible en una zona central y cuyos laterales tengan una

longitud media. Si se considera necesario, se tomará también la unidad que presente las condiciones más desfavorables, es decir, la unidad más alejada o cercana al cabezal de riego según la pendiente. Existen varios métodos para poder determinar el coeficiente de uniformidad, en este proyecto se evaluará el sistema de riego por goteo con la metodología de Merriam, J. y Keller, J. (1978). Para evaluar la uniformidad se utilizan dos coeficientes: el coeficiente de uniformidad de caudales (CUC) y el coeficiente de uniformidad debido a presiones (CUP). Con estos valores se podrán detectar faltas de eficiencia y solucionar pequeños problemas que mejorarán el funcionamiento de la instalación.

Según IFAPA (2010), se determinará el coeficiente de uniformidad en cuanto a caudales y presiones, de tal modo que podamos obtener el porcentaje de la eficiencia de riego.

- Se pondrá a funcionar la instalación de acuerdo con las condiciones normales de manejo y se seleccionará una unidad de riego que sea representativa del conjunto de la instalación, y otra que sea conveniente.
- En cada una de estas subunidades, se elegirán 4 tuberías laterales, de tal forma que una será la más cercana al punto de alimentación de la terciaria, otra será la más alejada de ese punto y otras dos estarán situadas a un tercio y dos tercios de la longitud que separa las dos primeras.
- En cada uno de estos laterales, se seleccionarán cuatro plantas, distribuidas equidistantemente, en total se considerarán 16 puntos de análisis.
- Una vez definidos los puntos, durante un tiempo de un minuto se recogerá en un recipiente el agua que salga por ellos. Estos volúmenes se medirán en una probeta, y se anotará el resultado en un formulario preparado al efecto.
- Por cada punto de análisis se tomará la medida de presión (bar), con un manómetro de glicerina. Estas lecturas conviene realizarlas inmediatamente después de la prueba anterior.

Se aplica la siguiente fórmula:

$$C. U. = 100 * \left( \frac{Q_{25\%}}{Q_n} \right) \dots (8)$$

Donde:

- Q25%: es la medida del caudal de la descarga del 25 por ciento de los emisores con caudal más reducido
- Qn: es el caudal medio de todos los emisores.

Para evaluar el coeficiente de uniformidad en función de las presiones, se toman lecturas en los mismos puntos del subsector en los que se mide el caudal.

Este coeficiente se define como:

$$CUp = \left( \frac{P_{25\%}}{P_n} \right)^x * 100 \dots (9)$$

Donde

- P25%: es la media de la presión del 25 por ciento de las lecturas menores.
- Pn: es la media de todas las lecturas tomadas en el subsector.
- “x” es el exponente de descarga de los goteros, cuyo valor se supone  $x=1,0$  para régimen laminar y  $x=0,5$  para régimen turbulento.

Según IFAPA (2010), el coeficiente de uniformidad debido a presiones no es necesario para el cálculo de la uniformidad de la instalación. Sin embargo, es conveniente conocerlo para detectar las posibles diferencias de presiones.

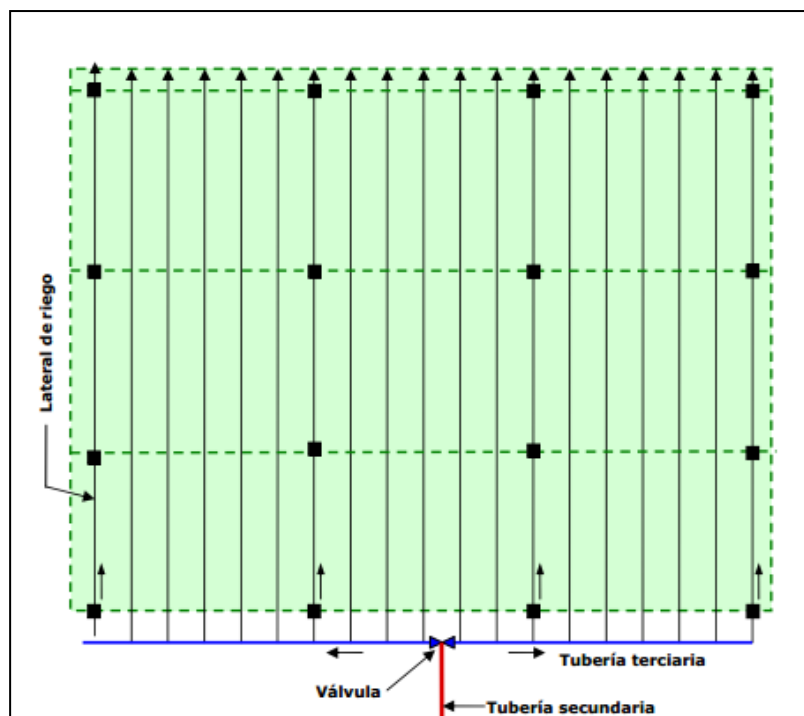


Figura 19: Esquema de toma de datos, en un subsector de riego.

FUENTE: Merriam, J. y Keller, J. 1978.

#### 4.5.2.1. UNIFORMIDAD DE LA INSTALACIÓN.

Merriam, J. y Keller, J. (1978), indica que los fabricantes de goteros suelen tener información sobre el valor  $x$  de su gotero. El coeficiente de uniformidad del sector, se obtiene calculando el producto del CU del subsector por un factor de corrección. Para el cálculo de  $f_c$  se toman lecturas de presión en los puntos de inserción de la primera y la última línea de porta goteros en cada tubería terciaria. El factor de corrección se define como:

$$f_c = \left( \frac{P_{s25\%}}{\bar{P}_s} \right)^x \dots (10)$$

Donde

- $\bar{P}_s$  : Media total.
- $P_{s25\%}$ : 25 por ciento de los valores menores.
- $X$ : es el exponente de descarga de los goteros.

En cuanto a emisores elegidos dentro de los usados para la prueba anterior se determinará su exponente de descarga, obteniendo el caudal de cada uno de ellos para dos presiones diferentes que se medirán, así:

$$x = \frac{\text{Log}(\bar{q}_1 / \bar{q}_2)}{\text{Log}(h_1 / h_2)} \dots (11)$$

Donde:

- $\bar{q}_1$  : Es la media de los 4 caudales obtenidos a la presión  $h_1$ .
- $\bar{q}_2$ : Es la media de los 4 caudales obtenidos a la presión  $h_2$ .

Según Merriam, J. y Keller, J. (1978), en esta fórmula  $x$  es el coeficiente de descarga y se trata de una característica del emisor que debe ser facilitada por el fabricante. Dicho coeficiente de descarga es muy bajo (menor de 0.5) para los emisores cuyo caudal se ve muy afectado por las variaciones de presión, y más alto (mayor de 0.5) a medida que los cambios de presión influyen menos en el caudal que suministra. El exponente de descarga que se usará en la determinación de CUP y  $f$  será el anteriormente determinado.

**Tabla 3: Valor del exponente de descarga de acuerdo al modelo del emisor**

Emisor	x
De régimen laminar	1
Microtubos	0.75 - 1
De régimen turbulento (orificio, de laberinto)	0.5
Vortex	0.4
Autocompensante	0 - 0.4

FUENTE: Pizarro, F. 1996.

Deducido el factor de corrección, se procederá a calcular la uniformidad de riego del sistema aplicando:

$$CUS = CUc * f \dots (12)$$

Donde:

- CUS: Uniformidad del sistema de riego.
- CU: Uniformidad de caudales.
- f : factor de corrección.

Finalmente, la uniformidad de la instalación será igual a la uniformidad calculada para la unidad elegida como representativa de la instalación. Es preciso recordar que para que esto se pueda considerar válido, las subunidades y unidades de riego deben ser relativamente homogéneas en cuanto a superficie y forma.

**Tabla 4: Valor del coeficiente de uniformidad y su clasificación.**

Valor del coeficiente de uniformidad	Calificación
Mayor de 94%	Excelente
De 86-94%	Buena
De 80-86%	Aceptable
De 70-80%	Pobre
Menor de 70%	Inaceptable

FUENTE: Merriam, J. y Keller, J. 1978.

La falta de uniformidad en una instalación de riego localizado se deberá principalmente a:

- Variaciones en el caudal de los emisores. Estas variaciones pueden ser causadas por distintos motivos como la variabilidad que se produce en el proceso de fabricación, defectos a la hora del montaje de los emisores, obturaciones, etc. Un indicador de la calidad de los emisores y de su estado de conservación es la diferencia entre el coeficiente de uniformidad de caudales y el de presiones dentro de la misma subunidad.
- Diferencias de presión dentro de la subunidad, debidas a pérdidas de presión a lo largo de la tubería terciaria y de los laterales y también a factores topográficos. El coeficiente de uniformidad debido a presiones es un buen indicador de las diferencias de presión en la subunidad.
- Diferencias de presión entre diferentes subunidades. Estas diferencias se deberán a la ausencia de reguladores de presión a la entrada de cada subunidad, o a su mal funcionamiento y/o mal manejo o mal cálculo de la red secundaria. La importancia de estas diferencias de presión se estima mediante la diferencia entre el coeficiente de uniformidad de la unidad y el coeficiente de uniformidad de la subunidad.
- Diferencias de presión entre diferentes unidades, debidas a la ausencia de reguladores de presión a la entrada de cada unidad de riego, al mal funcionamiento y/o mal manejo de los mismos en caso de haberlos, o al mal diseño hidráulico de la red primaria o de la secundaria.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS.**

#### **3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO.**

##### **3.1.1. UBICACIÓN.**

El presente trabajo de investigación se realizó en el fundo Agrícola Santiago Queirolo, cuya extensión es de 56.8 ha. ubicada a 300 km. al sur de la ciudad de Lima. Los viñedos ocupan la parte alta del valle a una distancia de 60 km. de la costa y una altura entre 400 - 600 msnm.

a. Política

- Departamento: Ica
- Provincia : Ica
- Distrito : San José de los Molinos.

b. Geográfica

- Latitud Sur : 13°59'48.54"
- Latitud Oeste : 75°40'58.07"
- Altitud : 477 m.

##### **3.1.2. LÍMITES.**

Los límites de Agrícola Santiago Queirolo – Ica, son:

- Por el Noreste con los distritos de Huaytará y Huáncano.
- Por el Noroeste con Humay (Pisco).
- Por el Sur con el distrito de La Tinguina.
- Por el Este con los distritos de Santiago de Chocorvos y Rosario de Yauca.
- Por el Oeste, con los distritos de Salas y San Juan Bautista.

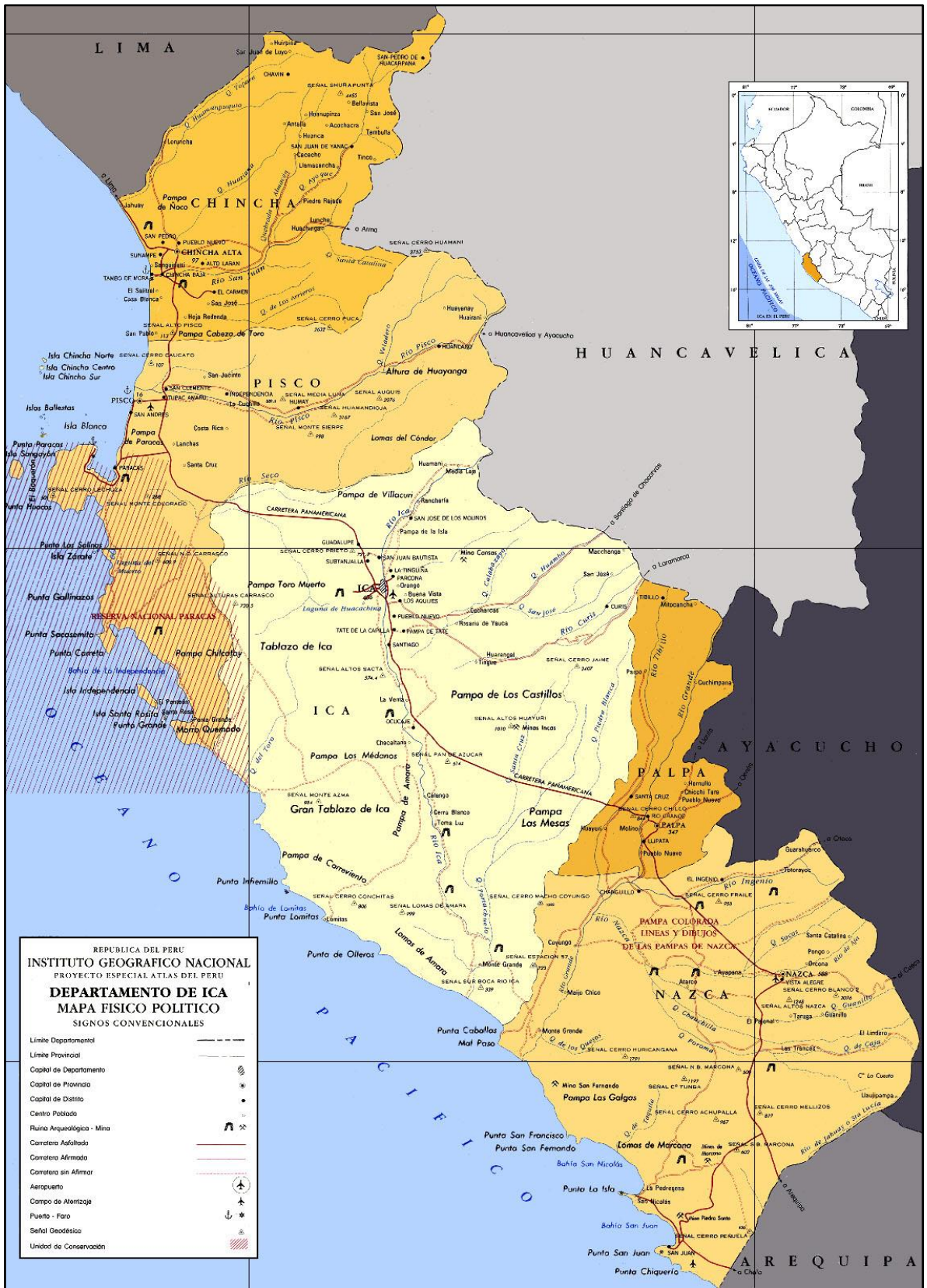
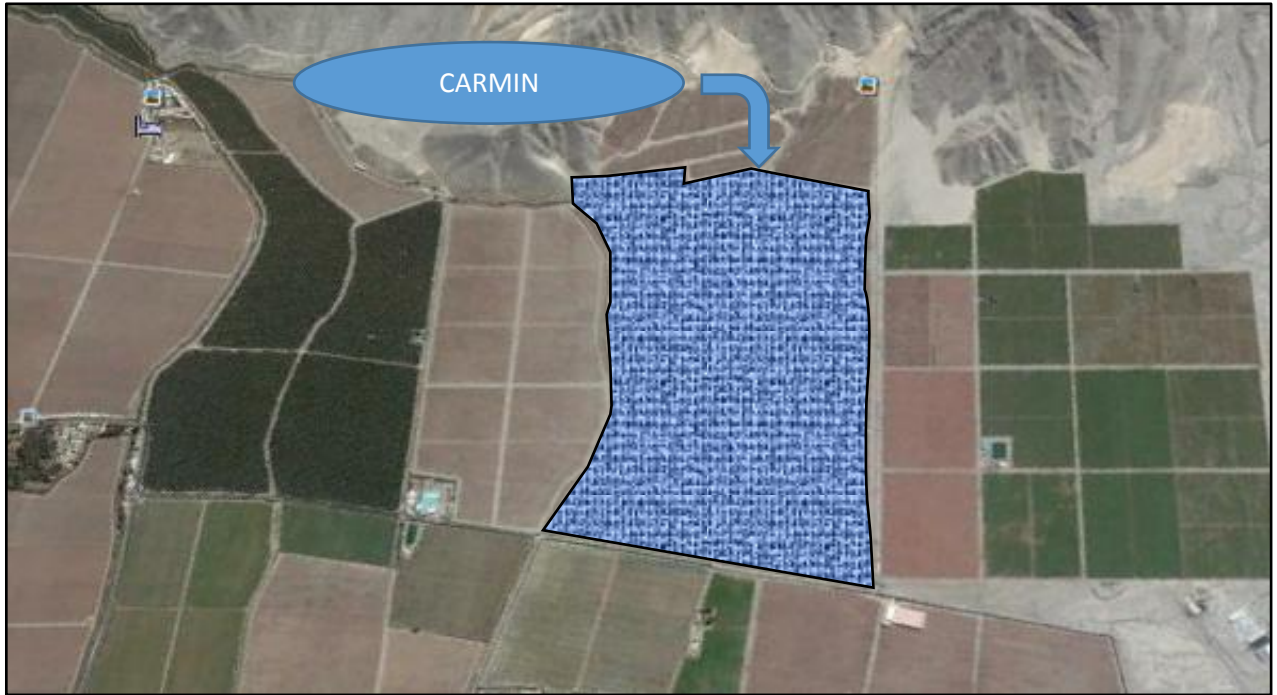


Figura 20: Mapa político del departamento de Ica.

FUENTE: Atlas del Instituto Geográfico Nacional, 2010.





**Figura 21: Ubicación del campo de riego Carmín.**

FUENTE: Google Earth, 2009

### **3.1.3. CLIMA.**

Se encuentra en el rango sub tropical – seco; presentando una temperatura contrastada: cálida en el día y fría en la noche. Su temperatura media anual es de 22°C, teniendo una máxima de 35°C que se presenta en el mes de febrero y una mínima de 16 °C que se presenta en los meses de julio y agosto. Las precipitaciones son mínimas.

### **3.1.4. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO.**

– Suelo.

El desarrollo de la agricultura se encuentra condicionado no solamente por la cantidad del recurso, sino también por la eficiencia con la que este recurso es manejado. Se caracteriza por su baja fertilidad natural, deficiente en nitrógeno y escaso contenido orgánico; son poco profundos, inestables y susceptibles a la erosión hidráulica que tipifica a las extensas tierras en laderas inclinadas de la región, así como arenosos y con poca capacidad de retención de agua.

- Topografía.

El campo carmín está dividido claramente por un desaguadero, el cual divide al campo en dos zonas. La zona inferior al desaguadero es de aproximadamente 2% de pendiente y la zona superior al desaguadero presenta una pendiente aproximada de 3.5%.

- Recurso hídrico.

La principal fuente de agua es la subterránea. Estos pozos descargan a un reservorio, denominado Julino, el cual tiene una capacidad de 3500 m<sup>3</sup>.

- Calidad de agua.

De acuerdo a la información recibida la clasificación de las aguas de riego según el “U.S *Laboratory Salinity* (USLS)”, es del grupo C3S1.

1. C3 (Altamente salina): CE entre 0.75 y 2.25 dS/m. Este tipo de aguas se consideran como de salinidad alta y solamente deben usarse en suelos con buen drenaje y en cultivos resistentes a las sales. La CE es de 0.99 dS/m, que indica la concentración en una solución, pero no indica qué sales están presentes
2. S1: Valor RAS entre 0 y 10. Son aguas de bajo contenido en sodio, útiles para el riego de la mayoría de suelos y cultivos. El R.A.S es de 0.77, su importancia radica en que el ion sodio tiene por característica una fuerte tendencia a desestabilizar la estructura del suelo, causando anorexia en las plantas.

- Fuente de energía.

La energía será suministrada por un tablero principal de 440V. proveniente de la subestación eléctrica existente.

### 3.1.5. CULTIVO DE VID.

La vid es un cultivo de bajo requerimiento hídrico lo que permite que se cultive en zonas áridas con baja disponibilidad de agua.

**Tabla 5: Tabla de datos técnicos del cultivo de vid, variedad Quebranta.**

Periodo vegetativo	Planta perenne con cosechas anuales, con una producción a partir del tercer año de instalación.
Clima	Temperaturas 7°C y 24°C con una humedad relativa de 70% - 80%.
Propagación	Viveros de garantía certificada de autenticidad y libre de virus.
Época de plantación	Agosto y septiembre
Marco de plantación	De 2.50 m. entre plantas y 3.0 m. entre hileras.
Parrón	Doble "T"
Fertilización	Abonamiento orgánico con fertilizantes químicos: n, p, k, ca, mg
Poda	Criterio estandarizado en función del sistema de conducción de la copa y los rendimientos esperados de la uva.
Sistema de gestión	Buenas prácticas agrícolas.
Cosecha	Por el nivel de azúcar o grados (tendencia a vendimiar entre 12 a 13 °bé). Evaluación organoléptica; evaluación fitosanitaria.

### 3.2. MATERIALES Y EQUIPOS.

**Tabla 6: Listado de materiales para realizar las evaluaciones en campo.**

<b>DETALLE</b>	<b>OBJETIVO</b>
<p><b>Materiales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>02 Und. Wincha de 50 m.</li> <li>02 Und. Palas.</li> <li>03 Und. Espátula para muestra de suelo.</li> <li>03 Und. Probeta de 100 ml PIREX.</li> <li>16 Und. Recipiente de plástico 200 ml.</li> <li>03 Und. Cronómetros.</li> <li>02 Und. Manómetro de glicerina 2.5 Bar.</li> <li>02 Und. Manómetro de glicerina 6.0 Bar.</li> <li>01 Und. Toma manométrica 1/4" RH bronce.</li> <li>01 Und. Toma de presión 1/4" RH – diente 12 a 25 mm.</li> <li>03 Und. Bushing de bronce 1/4 - 1/8"</li> <li>02 Und. Punch insertador de gotero.</li> <li>200 Und. Uniones dentadas p/microtubo 4/7 barbed coupling.</li> <li>03 Und. Adaptador macho 8mm x 1/8 conector.</li> <li>01 Und. Rollo de microtubo 8 mm x 100 mts.</li> <li>04 Und. Cinta teflón de 3/4" x 0.75 mm x 10 mts.</li> <li>02 Und. Planos de riego del campo.</li> <li>04 Und. Esquema de toma de puntos de muestra.</li> <li>04 Und. Tabla de toma de datos.</li> <li>04 Und. Lapiceros.</li> <li>01 Und. Regla graduada.</li> </ul>	<p>Determinar el coeficiente de uniformidad de presiones y caudales.</p>
<p><b>Equipos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>01 Und. Computadora.</li> <li>01 Und Papelería por 100 hojas</li> <li>01 Und. Plotter HP DesignJet 800.</li> <li>01 Und. Impresora HP23.</li> </ul>	<p>Desarrollar trabajos de cálculo de coeficiente de uniformidad, redacción y creación de planos del sistema de riego por goteo.</p>
<p><b>Software</b></p> <p>Irricad Pro</p>	<p>Desarrollar el modelo del sistema de riego existente para determinar una mejor opción de cambio a la red hidráulica.</p>



**Figura 22: Materiales empleados en pruebas de coeficiente de uniformidad en campo.**

### **3.3. METODOLOGIA.**

#### **3.3.1. PRE-CAMPO.**

El campo de riego Carmin, fue seleccionado para este estudio debido a su antigüedad y porque tenía una planificación del sistema que no consideraba la clase textural del suelo, ocasionando diversos requerimientos de agua por turno, lo cual se expresaba en el manejo del campo. Se realizó un reconocimiento del área en estudio y se identificaron los diversos componentes del sistema siguiendo este orden:

- Manguera de goteo.
- Válvulas hidráulicas.
- Cabezal de control (Sistema de bombeo y filtrado).
- Sistema de fertilización y automatización.

Además se midieron las presiones en el cabezal de riego, se verificó el funcionamiento de las bombas de riego de acuerdo a las curvas de operación. Del mismo modo, se analizó la operación del campo de riego y se consideró la información del caudalímetro para determinar volúmenes de agua empleado por cada turno.



**Figura 23: Inspección del estado real de las válvulas de riego del sistema existente. Abril, 2014.**

### **3.3.2. PRIMER TRABAJO DE CAMPO.**

#### **3.3.2.1. EVALUACIÓN DE LA CLASE TEXTURAL DEL SUELO.**

Se realizó un muestreo de suelos dentro del campo Carmin, teniendo en cuenta la experiencia del administrador de campo y sus observaciones por seis años sobre el funcionamiento del sistema. La prueba se realizó por un laboratorio certificado, el cual fue programado por la empresa Agrícola Santiago Queirolo. En el anexo 1 – Plano 1.1, se indican los puntos donde se tomaron las muestras. En este mapa se señala las zonas por tipo de clase textural, además de la delimitación del terreno debido al desagadero existente. Con ayuda de este mapa se tomaron las muestras en los puntos indicados, con una calicata por cada punto, en la capa superior de 0 – 20 cm. y la última de 20 – 40 cm. Los resultados fueron realizados por las empresas SGS del Perú SAC. y CERPER certificaciones del Perú SAC. Esta información pertenece exclusivamente a la Agrícola Santiago Queirolo.

#### **3.3.2.2. EVALUACIÓN DE LA UNIFORMIDAD DE RIEGO.**

- a. Coeficiente de uniformidad de caudales.

Se determinó el coeficiente de uniformidad en cuanto a caudales y presiones, para obtener el porcentaje de la eficiencia de riego. Se puso a funcionar la instalación según las condiciones normales de operación.

- Se seleccionó el turno tres y el cuatro, por ser el más crítico y el de mayor dimensión, respectivamente. En total se evaluó 27 subunidades de riego, por lo cual se armó cuatro grupos de trabajo conformado por dos personas cada uno. Los colaboradores tenían experiencia previa en este tipo de evaluación, pero fue necesaria la supervisión constante para obtener datos certeros.
- En cada una de estas subunidades, se eligieron cuatro tuberías laterales, de tal forma que la primera fuera la más cercana al punto de alimentación de la submatriz, otra fuera la última y las otras dos estuvieran situadas a un  $1/3$  y  $2/3$  de la longitud que separa las dos primeras.
- En cada uno de estas tuberías laterales, se seleccionaron cuatro plantas, distribuidas equidistantemente, en total se consideraron 16 puntos de análisis por cada subunidad de riego.
- Una vez definidos los puntos, se recogió el agua de los emisores durante un minuto. Estos volúmenes se midieron en una probeta y se anotó el resultado en un formulario preparado para ello.
- La unidad de volumen seleccionada para el caudal de los goteros es de L/H. Por cada punto de análisis se tomó la presión (bar), con un manómetro de glicerina de 2.5 Bar. Estas lecturas se realizaron inmediatamente después de la prueba anterior y se anotó el resultado en un formulario preparado para la prueba.
- Además, en cada subunidad evaluada, se seleccionaron 4 emisores para determinar el exponente de descarga, obteniendo el caudal de cada uno de ellos para dos presiones diferentes de trabajo.
- El coeficiente de uniformidad de presiones, divide el promedio del 25 por ciento de las presiones menores entre el promedio de todas las presiones determinadas en la subunidad, elevados al valor del exponente de descarga, multiplicado por cien.

b. Coeficiente de uniformidad de presiones.

- Antes de apagar el sistema de bombeo, se tomaron las presiones mínimas en cada submatriz de las subunidades evaluadas.
- Para submatrices a nivel o en contra pendiente, el lateral con presión de entrada mínima está situado al final de la submatriz. En las colocadas a favor de la pendiente, el lateral se encontró frecuentemente a un quinto del final de la submatriz. Cabe

mencionar que la presión mínima en cada submatriz se midió al inicio de la línea de riego, lo más cerca posible a la tubería submatriz.

- Con esta información de las presiones mínimas en el turno de riego que contenga la subunidad evaluada se calculó el factor de corrección de las descargas, de acuerdo a las fórmulas presentadas más adelante.
- Con este factor, multiplicando al coeficiente de uniformidad de caudales se determinó el coeficiente de uniformidad de la instalación.



**Figura 24: Medición de caudal del emisor seleccionado de acuerdo a la metodología de Merriam y Keller, en el sistema de riego por goteo existente. Abril, 2014.**



Se prepararon cuadros de toma de presión y caudal, los cuales se muestran a continuación:

**Tabla 7: Planilla de toma de datos de uniformidad de caudales.**

N° Válvula	Ubicación	Este	Centro	Oeste	Turno	
	Hilera					
	Presión (bar)	Final				
		Medio				
		Inicial				
		Válvula				
		Medio				
		Inicial				
		Válvula				

**Tabla 8: Planilla de toma de datos de uniformidad de presiones.**

N° Válvula	Ub.emisor	Hilera				Turno
		Primero	1/3h	2/3h	Ultimo	
		I	VII	XIV	XXII	
1	Primero					
	1/3h					
	2/3h					
	Ultimo					

### **3.3.2.3. EVALUACIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN EXISTENTE.**

Tal como se mencionó anteriormente, fue necesario levantar información sobre la distribución de microtubos en campo, lo cual consistió en las siguientes actividades:

- Se observó en el cabezal de control, la existencia de 17 válvulas 3 vías, las cuales comandan 49 válvulas de riego. De acuerdo al esquema de distribución de turnos encontrada en campo, se procedió a formar grupos de trabajo para recorrer el campo y verificar cuántas válvulas de riego se abren según la manipulación de las válvulas 3 vías ubicadas en el tablero de mandos en el centro de control.
- Se realizó la apertura de cada una de las válvulas 3 vías pertenecientes al turno evaluado. En el tablero de comandos, todas las válvulas 3 vías tienen código.
- Por cada válvula 3 vías abierta, se identificó cuántas válvulas hidráulicas comanda en campo, se ejecutó el mismo procedimiento por cada válvula 3 vías. Además, se comprobó el recorrido del microtubo con calicatas existentes en campo.
- Realizado este procedimiento se pudo comprobar la ubicación de los microtubos en campo.

### **3.3.3. TRABAJO DE GABINETE.**

#### **3.3.3.1. MODELAMIENTO Y REESTRUCTURACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO EMPLEANDO EL PROGRAMA DE INGENIERÍA IRRICAD.**

Se realizaron dos modelamientos de la red hidráulica del sistema de riego, según las siguientes planificaciones:

- Planificación existente: Modelamiento con la planificación hallada en campo, el cual consistió en cuatro turnos de riego. Con los resultados del modelamiento se compararon las mediciones reales con las teóricas.
- Planificación reestructurada: Modelamiento considerando la planificación del sistema de acuerdo a la clase textural del suelo. Se evaluó el funcionamiento del sistema de bombeo y automatización.

El procedimiento de trabajo es el mencionado a continuación:

- Para iniciar cualquier diseño, es necesario como primera etapa establecer la superficie total de área bajo riego, conocer la fuente de agua, tipo de suelo, disponibilidad de energía y topografía.
- Se genera la base de datos del proyecto, según la información obtenida del sistema, tal como: modelo de línea de riego, dimensión de válvulas, diámetros de tuberías y modelo de bomba, etc.
- Para la implementación de la base de datos de la línea de riego se incorporan los parámetros de la ecuación de descarga del emisor existente.
- El programa Irricad Pro, trabaja sobre la base de capas generadas en el programa Autocad en formato dxf. Estas capas deben contener la siguiente información: curvas de nivel, perímetros de las subunidades de riego, ubicación de las submatrices, matrices y válvulas de riego y fuente de agua. Cada uno de los puntos mencionados, deben representarse en una capa independiente. Esta información será empleada por el programa Irricad Pro, para generar subunidades de riego, con las características ya establecidas en la base de datos.
- Una vez cargadas las capas en el programa Irricad, se realizó el diseño de las subunidades de riego acorde los planos de instalación existentes. Los componentes de la subunidad están formados por los siguientes elementos: laterales de riego, válvulas y tubería submatriz. Se tiene que generar la base de datos adecuada, según la verificación de la información obtenida en campo, con la brindada por la empresa Olivos Corande. Con esta información se procede a dimensionar las submatrices.
- Con las subunidades presentadas, se realiza la primera corrida del sistema, con el fin de conocer la presión de regulación, la presión mínima y máxima de trabajo de la válvula, además de corroborar si la válvula funciona dentro del rango óptimo de presión de acuerdo a catálogos. Se consideró como velocidad máxima 3.0 m/s y como pérdida de carga permitida de 2%. El procedimiento de trabajo para el dimensionamiento de la subunidad de riego, se encuentra en el manual de trabajo del programa AEI (1993), en base al cual se desarrolló un diagrama de dimensionamiento de la subunidad de riego, véase en la figura 26.
- Con las subunidades definidas, se realiza el trazo de la matriz, esta debe tener los mismos diámetros que el plano de instalación. Se modela el sistema, con las bombas del modelo existente, el filtro (considerando pérdida de carga de 8.0 m. generada en

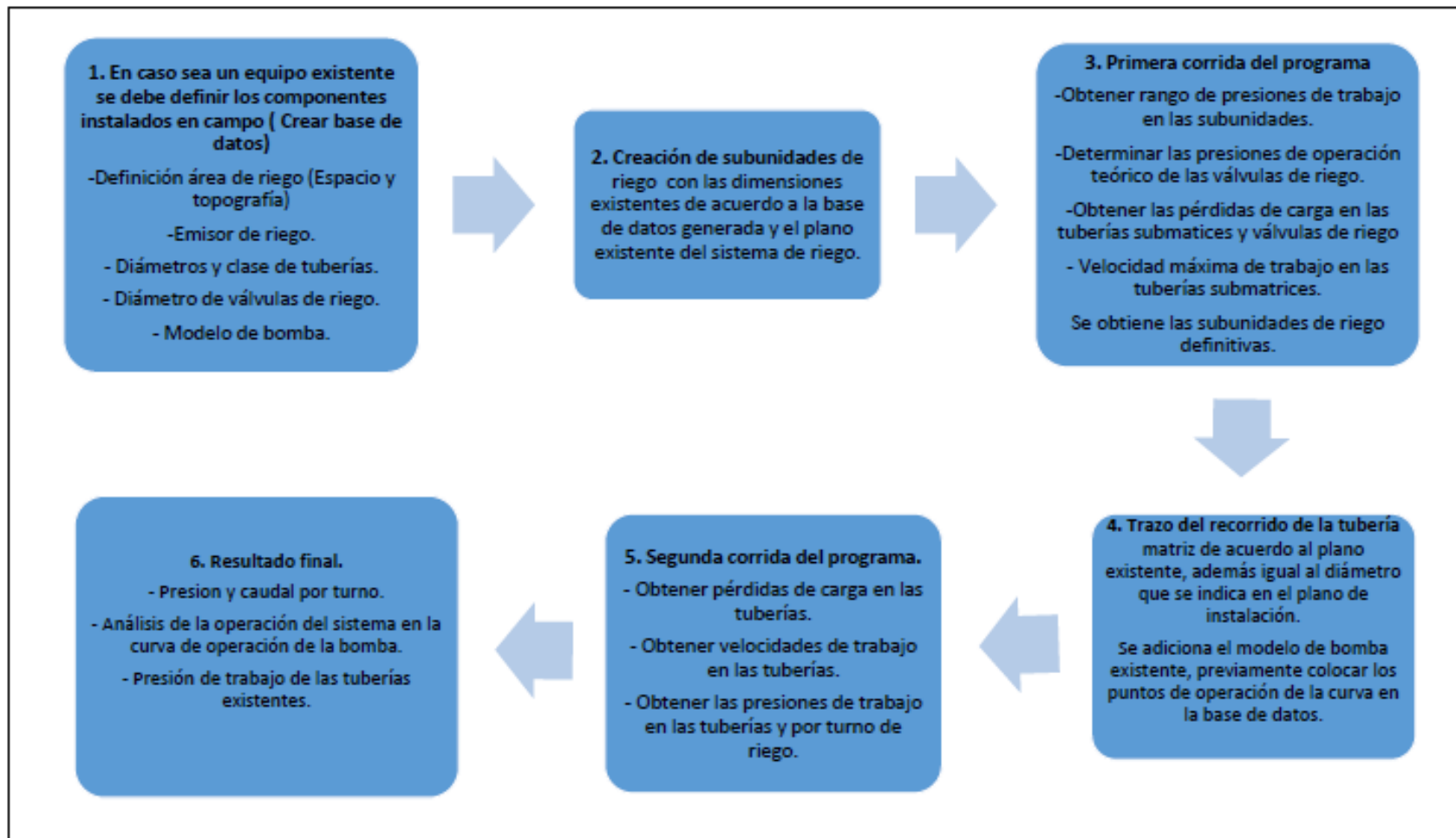
retrolavado) y se coloca la altura de succión como dato indispensable para la segunda corrida, ya que de esta forma se simula el funcionamiento del sistema en operación real. Con estos resultados se analizan las presiones y caudales de trabajo con la información recopilada en campo, además de verificar las velocidades y pérdidas de carga en las tuberías.

Se modificó la planificación existente de acuerdo a la clase textural del suelo, determinada durante su análisis respectivo, generando el cuadro de planificación final, el cual se detallará en el capítulo VI.

Entre los criterios de reestructuración del sistema, se consideró que el caudal entre turnos no varíe más allá de un 10% entre ellas. Esto tiene como base fundamental el rango de funcionamiento del equipo de bombeo, de tal manera que funcione en la zona de mayor eficiencia de la curva de operación de la bomba, siguiendo esta sencilla fórmula:

$$\% \text{Variación de caudales} = \frac{\text{Max} \left( \text{Caudales} \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \right) - \text{Promedio} \left( \text{Caudales} \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \right)}{\text{Promedio} \left( \text{Caudales} \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \right)} \dots (9)$$

Figura 25: Diagrama de flujo del dimensionamiento de la subunidad de riego (AEI, 199)



El rediseño y optimización de la red hidráulica del sistema de riego, con el uso del programa Irricad Pro.

- Como primer paso, se debe trabajar sobre el archivo generado durante el modelamiento inicial, debido a que la limitante en este proyecto es reestructurar el sistema sin alterar los elementos existentes en el diseño.
- En el programa, se simuló el funcionamiento actual del sistema, verificando las velocidades en las tuberías, pérdidas de carga y presiones de funcionamiento en el equipo de bombeo.
- Finalizado este modelamiento, se continuó con la modificación de los turnos de riego, de acuerdo a la planificación reestructurada, ello implicó realizar ajustes en la red de tuberías matrices, ya que la pérdida de carga en la matriz principal, se incrementa considerablemente, impidiendo la llegada de presión en las válvulas del nuevo turno modificado, ya que la configuración existente de tuberías no concebía dichos cambios.
- De acuerdo al análisis se implementó tuberías paralelas a la matriz principal del sistema de riego, con lo cual las velocidades de trabajo no excedieron los parámetros establecidos. El diámetro de las tuberías nuevas, se contempló analizarla en base a los diámetros existentes en el mercado, en función de los costos fijos que se requieren para su implementación.
- El programa Irricad, permite generar reportes de diferentes aspectos del sistema, ya sea pérdidas de carga en las tuberías, velocidades, presiones de trabajo en la bomba de riego, presión de salida en el sistema de filtrado, etc.
- Además se analizó el comportamiento de las bombas de riego, ya que su selección original fue en base a un punto de operación diferente al generado actualmente. Lo ideal hubiera sido implementar otro sistema de bombeo, pero debido a los costos que esto demanda, se desestimó esta posibilidad, es por ello que se trabajó teniendo como limitante un sistema de bombeo existente.

### **3.3.3.2. METRADO DE MATERIALES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA REESTRUCTURACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO.**

De acuerdo al reporte generado en el programa de ingeniería Irricad Pro, se procedió a generar el metrado de materiales necesario para la implementación de tuberías y accesorios. Para ello se generó esquemas de interconexión para un metrado certero.

### 3.3.3.3. DETERMINACIÓN DE LA UNIFORMIDAD DEL SISTEMA.

Con los datos de los volúmenes recogidos en campo, se calculará el coeficiente de uniformidad de caudales de la subunidad mediante la ecuación:

$$CUc = 100 \frac{q_{25}}{q_{med}} \dots (10)$$

Donde:

- Cu: Coeficiente de uniformidad de caudales
- q<sub>25%</sub>: Es la media del 25% de valores más bajos de los volúmenes de agua recogida.
- q med %: Es la media de todos los volúmenes de agua recogida.

Con las 16 presiones medidas en la subunidad se obtendrá el coeficiente de uniformidad de presiones:

$$CUp = \left( \frac{P_{25}}{P_{med}} \right)^x * 100 \dots (15)$$

Donde:

- P<sub>25%</sub>: Presión media del 25% más bajas (mca.)
- P<sub>med</sub>: Es la presión media de la subunidad.
- X: es el exponente de descarga del emisor.

El factor de corrección se define como:

$$f_c = \left( \frac{\overline{P_{s25\%}}}{\overline{P_s}} \right)^x \dots (16)$$

Donde

- $\overline{P_s}$  : Media total.
- $\overline{P_{s25\%}}$ : 25 por ciento de los valores menores.

En cuanto a emisores elegidos dentro de los usados para la prueba anterior se determinará el exponente de descarga, obteniendo el caudal de cada uno de ellos para dos presiones diferentes que se medirán, así:

$$x = \frac{\text{Log}(\overline{q_1 / q_2})}{\text{Log}(\overline{h_1 / h_2})} \dots (17)$$

Donde:

- $\overline{q1}$  : Es la media de los 4 caudales obtenidos a la presión h1.
- $\overline{q2}$ : Es la media de los 4 caudales obtenidos a la presión h2.

Deducido el factor de corrección, se procederá a calcular la uniformidad de riego del sistema aplicando:

$$CUs = CUc * fc \dots (18)$$

Donde:

- CUs: Uniformidad del sistema de riego.
- CUc: Uniformidad de caudales.

**Tabla 9: Valores recomendados para caracterizar el coeficiente de uniformidad**

Valor del coeficiente de uniformidad	Calificación
90 – 100%	Excelente
80 – 90%	Buena
70 – 80%	Aceptable
Menor de 70%	Inaceptable

FUENTE: Merriam, J. y Keller, J. 1978.

### **3.3.4. SEGUNDO TRABAJO DE CAMPO.**

#### **3.3.4.1. IMPLEMENTACION DE LA REESTRUCTURACIÓN DEL SISTEMA.**

Según la planificación reestructurada, se procedió a verificar el funcionamiento del equipo de riego, modelándolo en el programa Irricad. De acuerdo a esos resultados, se procedió a implementar las modificaciones en la red de tubería matriz. La instalación de tuberías, demandó un tiempo de 8 días hábiles de trabajo, ya que se tuvo que realizar zanjas con una longitud aproximada de 900 m. Para el excavado y tapado de zanjas se consideró realizarlo mecánicamente con una máquina retro-excavadora. El ancho de zanjas fue de aproximadamente 0.6 metros, con una profundidad de 1 metro, con el fin de maniobrar y embonar las tuberías. El equipo de trabajo estuvo formado por parte del personal de la Agrícola Santiago Queirolo y con la supervisión de la empresa Olivos Corande.



### **3.3.4.2. EVALUACIÓN DE LA UNIFORMIDAD DE RIEGO.**

Una vez implementado el cambio en la red hidráulica y automatización (Planificación reestructurada), se determinó del coeficiente de uniformidad de caudales y presiones. Se empleó la misma metodología mencionada en el punto 3.3.2.2.



**Figura 26: Emisor analizado y señalado en campo con el fin de encontrarlo fácilmente cuando se lleve a cabo la segunda evaluación del sistema. Abril, 2014.**



**Figura 27: Emisor evaluado en campo para poder determinar la presión de trabajo, este debió ser señalado con el fin de encontrarlo fácilmente cuando se lleve a cabo la segunda evaluación del sistema. Abril, 2014.**

### **3.3.4.3. EVALUACIÓN DE LA AUTOMATIZACION EXISTENTE.**

Debido a la modificación de la operación de las válvulas de riego acorde la planificación B, fue necesario reajustar y adaptar la ubicación de los microtubos existentes al nuevo requerimiento de apertura de válvulas, de modo de poder emplear la mayor cantidad de microtubos existentes, sin comprometer mayor trazado de zanjas o gastos adicionales en la implementación de la automatización. Además, se tomó los tiempos de apertura de cada válvula distribuida en campo.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.**

### **4.1. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO.**

En base a la planificación existente (tabla 10), se realizan las modificaciones necesarias para lograr un reordenamiento de turnos de riego acorde las condiciones texturales del suelo, siendo el objetivo de este trabajo.

- La planificación existente, encontrada en operación presentó 15% de variación de caudales por turno. Es recomendable que la variación de caudales sea menor a 10% para asegurar la ubicación de los puntos de operación en el rango de mayor eficiencia dentro de la curva de la bomba de riego. Esta variación mayor a 10%, originó ineficiencias en el funcionamiento del sistema de bombeo, tal como se comprobará más adelante.
- Ha sido necesario realizar modelamientos de la red hidráulica del sistema, para determinar las presiones de trabajo en los turnos de riego, así como las velocidades y pérdidas de carga en las tuberías. El trabajo desarrollado en el programa Irricad Pro, se realizó con el fin de poder comparar lo teórico, con los resultados obtenidos de las mediciones en campo, en cuanto a presión y caudal de funcionamiento en el cabezal y presión de operación en las válvulas de riego.



**Tabla 10: Planificación existente del sistema de riego por goteo existente encontrado en campo durante la primera evaluación del sistema. Las horas de riego es considerando una lámina máxima de riego al año.**

Turno de riego	Cultivo	Área (ha)	Distancia Entre		Laterales por hilera Número (c/u)	Caudal Emisor (l/h)	Distancia Entre Emisores (m)	PP (mm/h)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Caudal (l/s)	Máxima Aplicación por día (mm/día)	Horas de riego x turno
			Hileras (m)	Plantas (m)								
1	VID	12.06	2.50	3.00	1	1.60	0.40	1.60	192.96	53.60	4.00	2.50
2	VID	14.51	2.50	3.00	1	1.60	0.40	1.60	232.16	64.49	4.00	2.50
3	VID	13.87	2.50	3.00	1	1.60	0.40	1.60	221.92	61.64	4.00	2.50
4	VID	16.36	2.50	3.00	1	1.60	0.40	1.60	261.76	72.71	4.00	2.50
TOTAL		56.82							Total Horas de Riego al día			10.00

El marco de plantación del cultivo de vid es el brindado por el cliente, la configuración de la línea de riego es la existente en campo. Las horas de riego por turno es el máximo considerando una lámina de 4 mm/ día, la cual fue considerada de acuerdo a la necesidad del cliente según las evaluaciones que determinó en el diseño inicial del sistema de riego por goteo.

**Los elementos que componen el sistema de riego son los siguientes:**

- a. Manguera de goteo y accesorios.

Los laterales son de gotero integrado autocompensado, con caudal nominal de 1.60 lph., espaciados cada 40 cm., marca Boldo AC, de procedencia israelí. La línea de riego o manguera de goteo tiene un espesor de 0.60 mm o su equivalente en Clase 24 Mil. Con un rango de operación de 0.8 bar a 2.5 bar, y una longitud máxima de lateral de 200 metros. El anexo 2, presenta el catálogo del emisor.

Modelo	Diámetro Interno (mm)	Espesor de Pared (mm)	Presión operacional mínima (bar)*	Presión operacional máxima (bar)	KD
VARDIT 16	15.8	0.3	0.8	2.0	0.2
		0.4			
	15.2	0.6		2.5	0.27
	13.8	0.9		3.5	
		1.15		4.3	

**Figura 29: Especificaciones técnicas del emisor.**

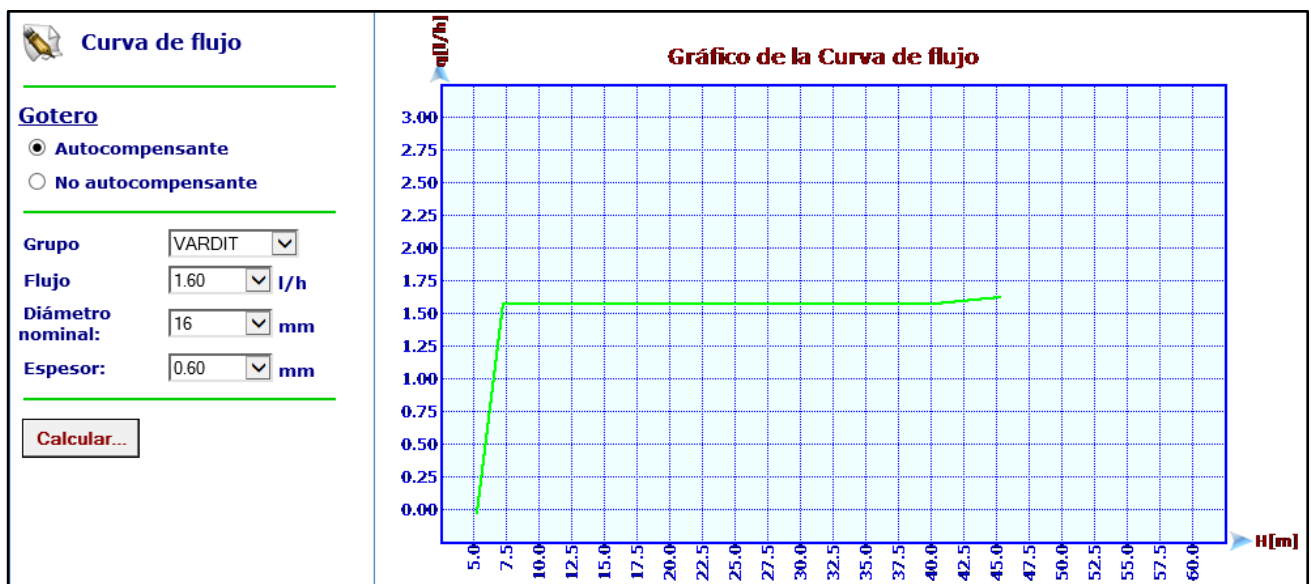
**FUENTE: Catálogo Metzerplast.**



**Figura 30: Toma fotográfica del campo de riego Carmín, tomada durante la primera evaluación del sistema de riego por goteo. Abril, 2014.**

La empresa fabricante de los emisores de riego, recomienda la presión mínima operacional de 0.8 bar, para un eficiente lavado de los laterales. Los accesorios de conexión para la manguera de goteo son de 16 mm. Fabricadas en material polietileno. Se realizó la verificación del estado de los laterales de riego, evidenciándose concentraciones de calcio alrededor de los goteros. Se observó fugas de agua en algunas líneas de riego.

Observamos que los emisores tienen en promedio una presión de operación de 8.5 m., lo cual es óptimo para un buen lavado de líneas. Cabe mencionar que la información otorgada por el fabricante en cuanto a la curva de caudal – presión del emisor, es la expresada en el programa Irrimetzter, creado por la empresa Metzerplas (figura 31), en la cual se indica que el emisor comienza a desarrollar su trabajo de autocompensación con 7.5 m.



**Figura 31: Curva de flujo del emisor autocompensado de acuerdo al programa Metzerplast. Se expresa que a 7.5 m. el emisor empieza con la autocompensación.**

**FUENTE: Catálogo Merzerplast.**

En total son 49 válvulas hidráulicas marca Dorot, Serie 75 de 2" con piloto regulador de presión plástico de tres vías modelo 29-100, con relé hidráulico Galit y control manual con válvula de tres vías de bronce. Cada arco de riego cuenta con una válvula de prueba para manómetro, que permite medir fácilmente la presión de regulación de la válvula y una válvula anti vacío. En campo se evidencia que el 20% de los réeles hidráulicos están deterioradas, esto originó ineficiencias en la automatización del sistema, debido a la demora de apertura de válvulas. También se observó que algunas cajas de válvulas se encuentran inundadas, lo cual dificultó la toma de presión.



**Figura 32: Estado de válvula de riego en campo.**

**Tabla 11: Resumen de las presiones de operación de las válvulas hidráulicas de riego, durante la primera evaluación del sistema.**

Nombre válvula	Presión válvula (bar)	Nombre válvula	Presión válvula (bar)
14	0.85	10	1
20	0.9	16	0.9
27	1.2	17	1
33	0.7	11	0.7
34	0.6	12	0.9
39	0.9	18	0.9
40	0.7	23	0.8
47	1	24	0.85
38	1	30	0.8
46	0.85	43	0.7
1	1	37	0.8
2	0.7	44	0.7

b. Válvulas de aire.

La red cuenta con 20 válvulas de aire de 2" doble propósito, marca ARI - ISRAEL en los puntos altos de la red, así como en los finales de la tubería matriz y cabezal de filtrado y bombeo.



c. Tubería de conducción y distribución.

La red de tuberías comienza a partir del sistema de filtrado y fertilización, en tuberías PVC norma ISO-4422 en clase PN-5, según diseño hidráulico generado con un plantilla de cálculo en el programa Excel 1997. La red de tuberías es de PVC y con el timbraje de acuerdo a lo requerido en el diseño hidráulico, el cual se ha calculado considerando regar en bloques, lo cual facilita las labores agronómicas y proporcionará economías en energía durante toda la vida útil del proyecto.

**Tabla 12: Diámetro y clase de las tuberías en submatriz y matriz.**

TUBO PVC C-05 75 mm – Marca Nicol
TUBO PVC C-05 63 mm – Marca Nicol
TUBO PVC C-05 250 mm – Marca Nicol
TUBO PVC C-05 200 mm - Marca Nicol
TUBO PVC C-05 160 mm - Marca Nicol
TUBO PVC C-05 140 mm - Marca Nicol
TUBO PVC C-05 110 mm - Marca Nicol
TUBO PVC C-05 090 mm - Marca Nicol

d. Cabezal de control - Filtro de malla.

El agua será almacenada en un reservorio donde existe la posibilidad de crecimiento de algas, por ello se consideró la alternativa de utilizar un filtro con limpieza automatizada. El filtro existente es el siguiente:

**Tabla 13: Características del filtro existente en el campo de riego Carmin.**

Ítem	Característica
Marca	Amiad - Israel
Modelo	Filtomat - Angular
Tipo	Malla
Diámetro	8"
Operación	Limpieza automatizada por diferencial de presión.
Capacidad	400 m <sup>3</sup> /hr.
Grado de filtrado	100 micrones

Para la limpieza de este filtro la presión mínima requerida es 2.0 atm., que representa una ventaja sobre otros filtros auto - limpiantes que necesitan mínimo 3.0 para su limpieza. El anexo 2 presenta el catálogo del filtro.



**Figura 33: Filtro de malla de 8” YAMIT del campo de riego Carmin.**

**Tabla 14: Información técnica del filtro de malla (Resaltado en el cuadrado azul).**

FUENTE: Catálogo de filtros de malla YAMIT, 2010.

Datos de lavado				
Flujo mínimo para lavado (a 2 bar - 30 psi)	15 m <sup>3</sup> /h (66 US gpm)	20 m <sup>3</sup> /h (88 US gpm)	26 m <sup>3</sup> /h (114 US gpm)	30 m <sup>3</sup> /h (132 US gpm)
Volumen de agua de desecho por ciclo de lavado (a 2 bar -39 psi)	15 litros (4 US gal.)	20 litros (5,2 US gal.)	125 litros (33 US gal.)	150 litros (40 US gal.)
Tiempo del ciclo de lavado	10 segundos	10 segundos	15 segundos	15 segundos
Válvula de drenaje	1.5” 40 mm	1.5” 40 mm	1.5” 40 mm	1.5” 40 mm
Criterios de lavado	Presión diferencial de 0,5 bar (7 psi), intervalos de tiempo y operación manual			

Se acuerdo a la información del catálogo, el caudal de retrolavado es de 30 m<sup>3</sup>/hr., esto influenciara en el NPSH mientras el sistema de bombeo se encuentre en operación, ya que el punto de operación incrementará en caudal y el NPSH requerido de igual forma. Lo ideal es que el NPSH requerido sea siempre menor que el disponible a fin de evitar la cavitación.

e. Cabezal de control – Unidad de bombeo.

Este campo tiene un desnivel topográfico de 22 metros. Debido al caudal elevado y para mejor manejo del sistema en caso de mantenimiento, se consideró implementar dos electrobombas con motor horizontal para trabajo en paralelo con las siguientes características. El anexo 2 presenta la curva de la bomba de riego.



**Figura 34: Bombas en paralelo marca Hidrostal del sistema Carmín.**

**FUENTE: Agrícola Santiago Queirolo.**

**Tabla 15: Características técnicas de las bombas del equipo de riego Carmin.**

Características	
Unidades	2 en paralelo
Modelo	65-160
Velocidad	3530 RPM
Diámetro impulsor	165 mm
Eficiencia	74%
Succión	2m.
Potencia nominal	2 x 40.0 HP.
Tipo arranque	Estrella - Triángulo
Motor	Motor IP55 Trifásico 2 polos

a. Medidor de caudal y presión.

Medidor de presión: Puntual y diferencial de presión en los filtros, mediante manómetro de Glicerina 6 BAR, marca SENNINGER-U.S.A. Medidor de caudal acumulado por pulsos de 4", marca DOROT-ISRAEL, que indica el caudal que ingresa al sistema en forma instantánea, dando la lectura de l/s y se va totalizando en m<sup>3</sup>/hr.

b. Válvula check.

También llamado sostenedora de presión de 4", al final del cabezal para mantener la presión del sistema aguas abajo, cuando exista una variación de caudal. De esta manera se protege la tubería del sistema.



**Figura 35: Ubicación de medidor de caudal en campo Carmin.**

c. Sistema de fertilización.

Se instaló un equipo de fertilización, ubicado en el centro de control. El sistema de fertilización es un set básico, conformado por una electrobomba de acero inoxidable MULTI - H de 2.0 Hp. trifásica 220V., marca Salmsom con su respectivo arrancador directo; dos tanques de PE tipo botella con 600 lts de capacidad, un filtro de anillos de 1.1/2", un medidor de caudal común para fertilizantes con capacidad para 64 L/M, válvulas manuales para la regulación de los volúmenes de fertilizantes inyectados y varios accesorios de conexión.

d. Sistema de automatización.

Está instalado un centro de comandos hidráulicos desde el centro de control, el cual está compuesto por los siguientes materiales: microtubos de comando con polietileno de 8 mm., válvulas tres vías de 1/4" (17 unidades), accesorios de conexión en 8 mm. (Tees, codos, adaptadores, uniones) y tablero de control para el comando manual. El principio de funcionamiento básico es el siguiente; las válvulas hidráulicas se abren y cierran respondiendo a un comando hidráulico a distancia. La presión hidráulica llega a la válvula por medio de un microtubo de 8 mm, el cual acciona el pistón y permite la apertura o cierre de la válvula. El microtubo se conecta a las válvulas 3 vías, las cuales se encuentran ubicadas en un tablero de mandos, dentro de la caseta de control, permitiendo la operación del sistema de riego desde un punto centralizado.

El campo cuenta con un total de 49 lotes de riego, comandados por válvulas hidráulicas de 2", el área promedio de cada lote es de 0.92 ha. Esto coincide con lo reportado en los planos de instalación, en cuanto a la ubicación de válvulas, submatrices y el largo de las líneas de riego. El funcionamiento y operación de las válvulas 3 vías se ubican en el anexo 2. El plano de automatización fue generado a través de pruebas en el campo, las cuales se detallarán en el punto 4.5. Se observó que la media de tiempos de apertura y cierre de válvulas es de seis minutos, registrándose tiempos en las válvulas más alejadas de 12 minutos.



**Figura 36: Tablero de comando de la automatización del campo de riego.**

#### **4.2. EVALUACIÓN DE LA CLASE TEXTURAL DEL SUELO.**

El campo presenta dos zonas diferenciadas por un desagadero, el cual delimita las clases texturales del suelo de acuerdo a un análisis en laboratorio coordinado directamente por la Agrícola, los resultados son:

- El área de observación ocupa una superficie de 56.82 ha. Está ubicada fisiográficamente en una pampa con moderada pendiente, cubierta por sedimentos aluviocoluviales acarreados por un huayco presentado años atrás.
- El predio se dividió en dos zonas de evaluación, debido a la presencia de un desagadero, el cual secciona el campo transversalmente. Se tomó dos muestras de suelo en la zona B, observándose que la textura del suelo es arena con un pH de 8.88 en la primera capa de 20 cm, y en la segunda de 8.97 en promedio. Esta clase textural abarca 15 ha, siendo el 25% del área total evaluada. Presenta una capa dura de sílice y carbonato de calcio cementado (caliche) de 10 cm. de espesor.



**Figura 37: Calicata realizada en la zona B del campo de riego Carmin.**

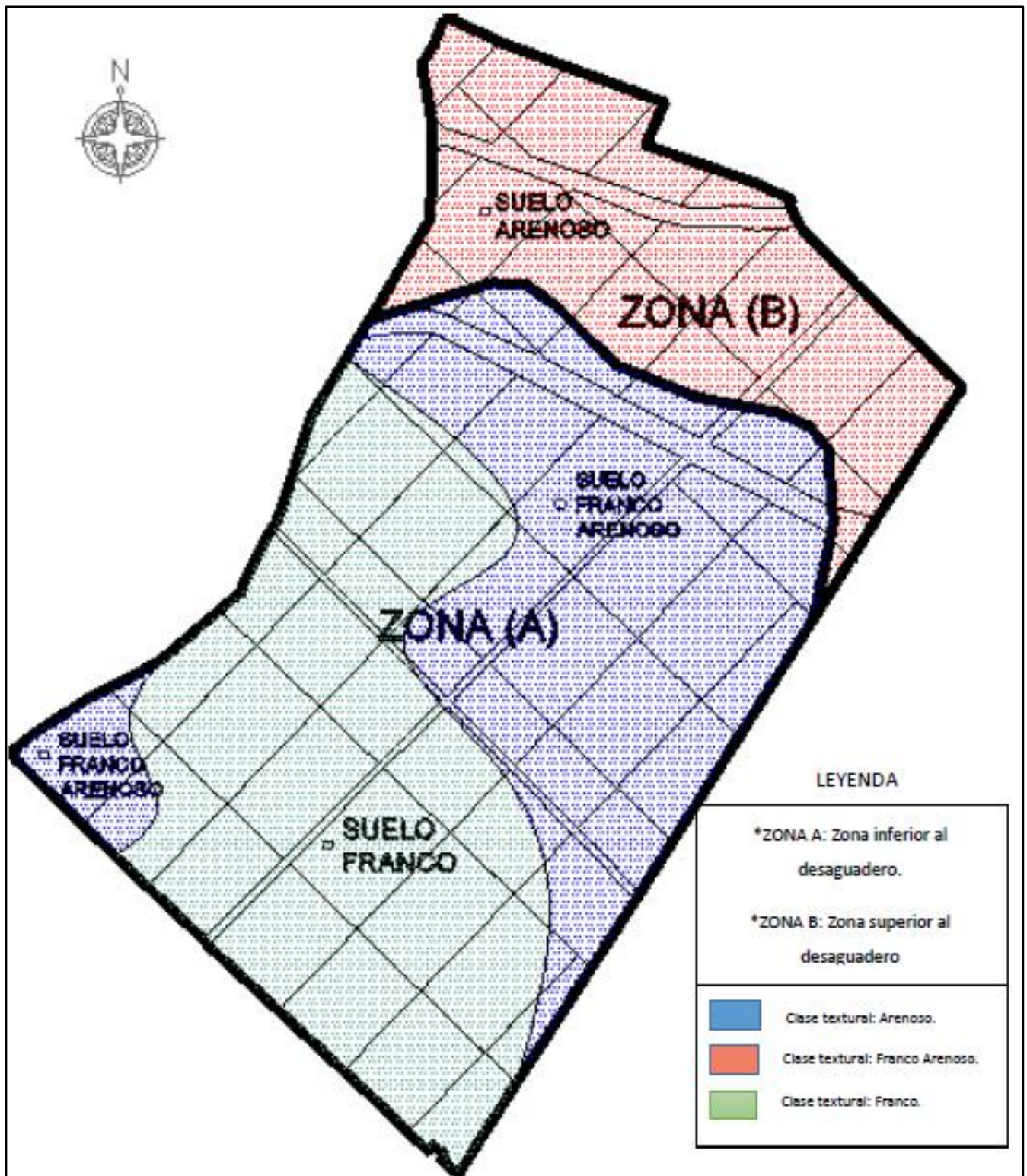


Figura 38: Esquema de la clase textural del suelo en el campo de riego Carmin.

- En cuanto a la zona A, la textura es entre arena franca (azul) y franco (verde), que nos indica buena infiltración de agua y aireación, sin embargo el bajo contenido de arcillas muestra una baja retención de nutrientes. En cuanto a la arena franca, representa el 40% del área total evaluada, presenta una estructura granular débil, reacción moderadamente alcalina, elevado en calcáreo, no salino y ligeramente sódico. En cuanto a la clase textural franco representa el 35% del área total evaluada, la conductividad eléctrica es baja por lo tanto no hay una acumulación de sales en el perfil del suelo. De acuerdo a la disposición de la textura del suelo en el campo, el cálculo de la capacidad de retención del suelo y la frecuencia es de la siguiente forma:

a. Suelo Arenoso.

Donde:

CC	8%	HD	50%	a	0.5 m.
PM	4%	Prof.	600 mm.	b	2.5 m.
Da	1.5 gr/cc	d	0.4 m.	Et	4 mm/día

$$\text{Capacidad de retención del suelo} = \left( \frac{8 - 4}{100} \right) * 0.5 * 1.5 * 600 = 18 \text{ mm.}$$

$$AM\% = \frac{0.4 * 0.5}{2.5 * 0.4} = 20\%$$

$$Ln = 18\text{mm} * 0.2 = 3.6 \text{ mm.}$$

$$Ln + \%Piedra = 3.6 \text{ mm} * (1 - 0.35) = 2.34 \text{ mm.}$$

$$Fr = \frac{2.34 \text{ mm}}{4 \text{ mm/día}} = 0.6 \text{ días.}$$

b. Suelo Franco – Arenoso.

CC	14%	HD	50%	a	0.7 m.
PM	6%	Prof.	600 mm.	b	2.5 m.
Da	1.3	d	0.4 m.	Et	4 mm/día



$$\text{Capacidad de retención del suelo} = \left(\frac{14 - 6}{100}\right) * 0.5 * 1.3 * 600 = 31.2 \text{ mm.}$$

$$AM\% = \frac{0.4 * 0.7}{2.5 * 0.4} = 28\%$$

$$Ln = 31.2 \text{ mm} * 0.28 = 8.74 \text{ mm.}$$

$$Ln + \%Piedra = 8.74 \text{ mm} * (1 - 0.3) = 6.11 \text{ mm.}$$

$$Fr = \frac{6.11 \text{ mm}}{4 \text{ mm/día}} = 1.52 \text{ días.}$$

c. Suelo Franco

CC	22%	HD	50%	a	1 m.
PM	10%	Prof.	500 mm.	b	2.5 m.
Da	1.3	d	0.4 m.	Et	4 mm/día

$$\text{Capacidad de retención del suelo} = \left(\frac{22 - 10}{100}\right) * 0.5 * 1.3 * 500 = 39.0 \text{ mm.}$$

$$AM\% = \frac{0.4 * 1.0}{2.5 * 0.4} = 40\%$$

$$Ln = 39.0 \text{ mm} * 0.4 = 15.6 \text{ mm.}$$

$$Ln + \%Piedra = 15.6 \text{ mm} * (1 - 0.30) = 10.92 \text{ mm.}$$

$$Fr = \frac{10.92 \text{ mm}}{4 \text{ mm/día}} = 2.73 \text{ días.}$$

Se observa que la frecuencia de riego varía de acuerdo a la clase textura del suelo debido a que la capacidad de retención es diferente porque depende de la capacidad de campo y punto de marchitez. Al comprobar que las variaciones de frecuencia depende de la clase textural del suelo, se logra modificar la disposición de turnos de acuerdo al mapa textural del campo de riego Carmín (Véase 4.4.1)

### 4.3 PRIMERA EVALUACIÓN DE CAMPO

#### 4.3.1. EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO.

Consistió en la evaluación de las presiones y caudales por turno del sistema de riego, ello implicó comparar los resultados medidos en campo con los teóricos, los cuales fueron simulados en el programa Irricad Pro, con el fin de poder analizar la operación de la bomba. En la tabla 16, podemos comparar los resultados tomados en campo, con lo calculado en condiciones ideales de trabajo.

**Tabla 16: Comparación de caudal y presión por turno de riego, de forma teórica y real de acuerdo a la planificación existente del sistema de riego por goteo.**

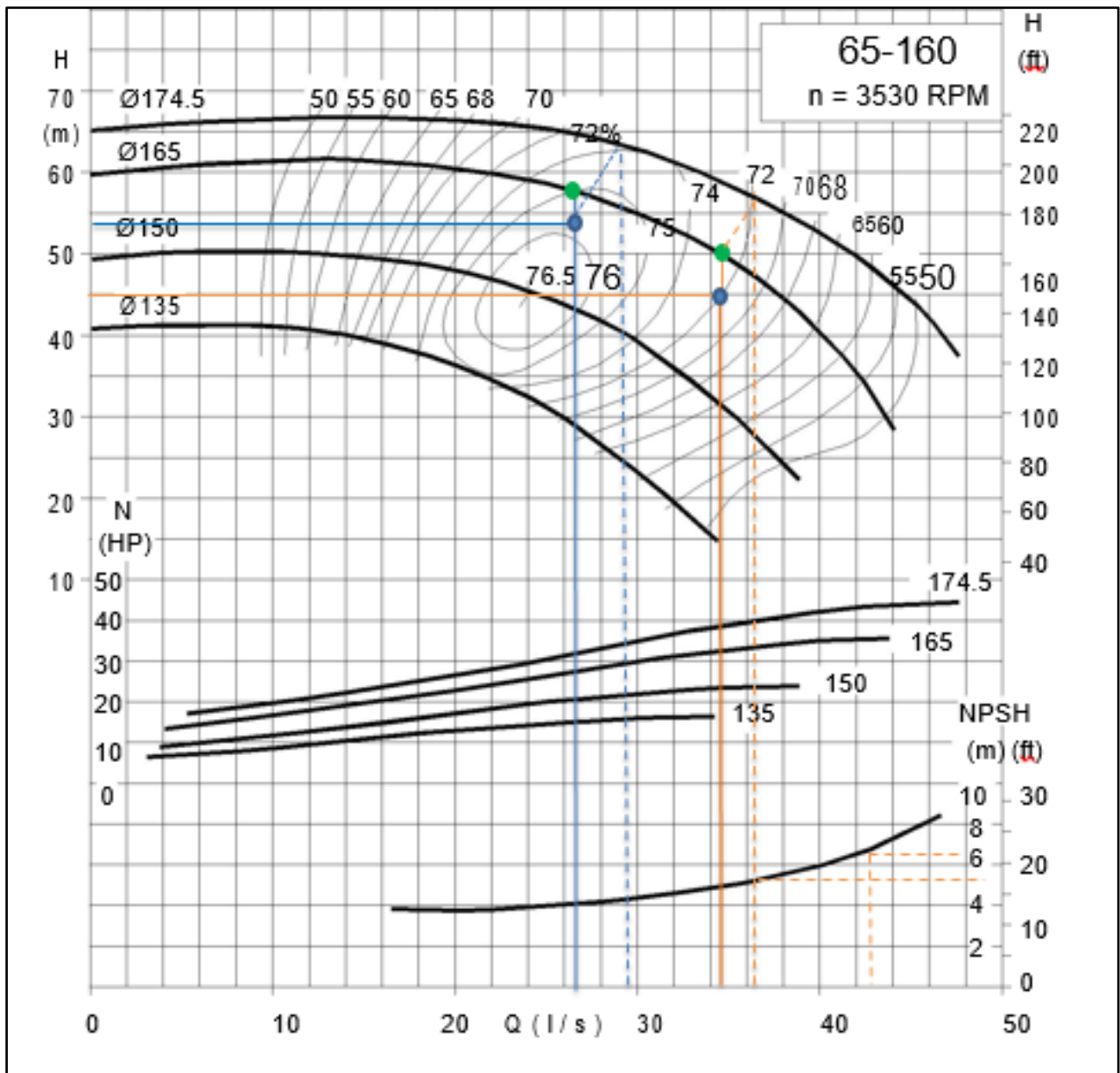
Turno de riego	Área (Has)	ADT teórico (m.)	ADT práctico. (m.)	Caudal teórico (l/s.)	Caudal práctico. (l/s.)
1	12.06	56.67	54.0	26.80	25.15
2	14.51	51.54	48.7	32.24	31.04
3	13.87	53.28	52.0	30.82	28.30
4	16.36	46.48	45.0	36.36	34.20

**Tabla 17: Cálculo del NPSH disponible de acuerdo a la planificación existente del campo.**

Presión Atmosférica	9.73 m.
Desnivel desde el Eje de la Bomba Hasta el Nivel Mínimo del Reservorio	-2.00 m.
Pérdida de Carga	0.25 m.
Pérdida de Carga por accesorios	1.13 m.
Pérdida por Válvula Mariposa	0.20 m.
Pérdida por Válvula de Pie	0.20 m.
Pérdida por Canastilla	0.03 m.
Tensión de Vapor	0.24 m.
Factor de seguridad	0.50 m.
NPSH disponible	5.17 m.

La determinación del NPSH requerida de una bomba, se encuentra de la siguiente forma; primero se debe ubicar el punto de operación del sistema en la curva de la bomba, luego se debe trazar una línea en  $45^\circ$  (figura 39, línea verde) hacia el rodete superior y prolongar una línea vertical hacia el eje de los caudales, en el punto de cruce al eje se debe sumar el caudal de retrolavado que en este caso es de 8 l/s.

- En la figura 39, los puntos azules representan los puntos reales de operación mientras que los puntos verdes los teóricos. Se observa que la presión de operación de la bomba ha disminuido en 2 m. aproximadamente, ya que las presiones tomadas en campo son menores a las brindadas teóricamente por las bombas, por ende la eficiencia de operación de las bombas son menores.
- Las líneas naranjas en la figura 39, representan el punto de operación del turno cuatro, el NPSH requerido es de 5.2 m., mientras que al retrolavar el filtro este valor incrementa a 6.1 m. De acuerdo al cálculo en la tabla 17, el NPSH disponible es 5.17 m. Esto indica que la bomba cavita cuando el filtro retrolava, debido al mayor caudal que este demanda.
- Las pérdidas de carga en las submatrices es de 2.5% y en las matrices es máximo 2%, con velocidades máximas de 2.1 m/s, encontrándose dentro de los parámetros correctos de operación. El reporte del modelamiento se encuentra en el anexo 5



**Figura 39: Curva de operación de la bomba de riego existente, en la cual figuran los puntos de operación crítico de acuerdo a los resultados teóricos (Modelamiento según la Planificación existente), hallados en campo durante la primera evaluación en campo.**

- Punto azul: Representan la ubicación del punto crítico del sistema de riego de acuerdo los resultados hallados en campo.
- Punto verde: Representan la ubicación del punto crítico del sistema de acuerdo a los resultados teóricos según el modelamiento en Irricad Pro.

**Tabla 18: Cálculo energético del sistema existente.**

DESCRIPCIÓN	CÁLCULO
Potencia motores (KW)	60
Potencia consumida (KW)	47.13
Horas estimadas Riego /Año	3,000.00
Costo KW.Hr USD	0.11
Costo por Energía Consumida /Año USD	15,551.48

**Tabla 19: Comparación de las presiones teóricas y reales de operación de las válvulas de riego de acuerdo a la primera evaluación en campo.**

Nombre válvula	Presión válvula teórica(bar)	Presión de válvula real (Bar)	Nombre válvula	Presión válvula teórica(bar)	Presión de válvula real (Bar)
<b>14</b>	1.3	0.85	<b>10</b>	1.3	1
<b>20</b>	1.25	0.9	<b>16</b>	1	0.9
<b>27</b>	0.9	1.2	<b>17</b>	0.9	1
<b>33</b>	1.3	0.7	<b>11</b>	0.95	1
<b>34</b>	1.2	0.9	<b>12</b>	1.1	0.9
<b>39</b>	1.2	0.9	<b>18</b>	1.2	0.9
<b>40</b>	1.2	0.8	<b>23</b>	1	1
<b>47</b>	1.3	1	<b>24</b>	1	0.85
<b>38</b>	1.3	1	<b>30</b>	1	0.8
<b>45</b>	1.3	0.85	<b>36</b>	1.2	0.7
<b>46</b>	1.2	1	<b>43</b>	1.13	0.8
<b>1</b>	1.2	0.7	<b>37</b>	1.4	0.9
<b>2</b>	0.9	1.3	<b>44</b>	1.4	0.8

- Según los resultados de la tabla 19, las presiones de regulación reales son menores a los teóricos. Además, según lo observado en campo, el operador regula las válvulas a criterio propio sin considerar que existe un diseño establecido, lo cual indica que la regulación de las válvulas no son las indicadas.
- Se identificó desgaste de los reguladores de presión en las válvulas de riego distribuidas en campo, lo cual implica ineficiencias en la regulación de las mismas.

#### 4.3.2. PRIMERA EVALUACIÓN DE LA UNIFORMIDAD DE RIEGO.

Se evaluó el turno uno y cuatro, debido a que fueron los más críticos en cuanto a la dimensión y requerimiento de presión respectivamente.



**Figura 40: Recolección de datos durante las evaluaciones en campo. Abril 2014.**

El anexo 6, muestra el coeficiente de uniformidad de caudales (CUC) de las 27 válvulas evaluadas.

- El CUC es de 86.02% en el turno tres, mientras que en el turno cuatro es de 86.2%.
- El caudal promedio del emisor es de 1.56 L/H siendo el caudal nominal 1.6 L/H, lo cual indica que el nivel de autocompensación del emisor ha disminuido durante seis años de operación.
- Acorde con los valores recomendados por Merriam, J. y Keller, J. (1978), un porcentaje mayor al 90%, indica excelencia en el coeficiente de uniformidad. El 100 % de las subunidades evaluadas presentan CUC inferior al 90%, lo cual indica que la distribución del agua sobre el terreno no fue la adecuada, debido al tiempo, a la desregulación de las válvulas.

**Tabla 20: Resumen del coeficiente de uniformidad de caudales de la primera evaluación del sistema de riego por goteo, sólo se consideró como muestra las válvulas del turno 3 y 4 por ser las más representativas.**

Coeficiente de uniformidad de caudales			
Turno	Sector	CUC (%)	CUC (%) Turno
3	3	86.31	86.02
	4	85.31	
	5	86.79	
	6	85.15	
	7	86.20	
	13	85.31	
	19	87.42	
	25	87.36	
	26	85.80	
	31	85.62	
	32	85.01	
4	1	84.70	86.17
	2	85.50	
	9	84.65	
	10	86.58	
	16	86.65	
	17	86.66	
	11	87.02	
	12	85.79	
	18	86.88	
	23	86.12	
	24	85.75	
	30	85.04	
	36	87.65	
	43	86.29	
	37	86.18	
44	87.19		
Promedio			86.09

Cálculo del exponente de descarga del emisor:

$$x = \frac{\text{Log}(1.5 / 1.69)}{\text{Log}(9/13)} \dots (15)$$

$$x = 0.32 \dots (16)$$

- Para emisores autocompensados el exponente del emisor se encontrará entre el rango de 0 – 0.5, en este campo el exponente es 0.32. El exponente de descarga indica la sensibilidad de los emisores a la variación de presión, de forma que cuanto más se aproxime a la unidad, el régimen hidráulico más se acerca al laminar. El factor de corrección se calcula mediante las presiones mínimas en las subunidades evaluadas, la tabla 21 indica esta información

**Tabla 21: Presiones mínimas en las submatrices de las subunidades evaluadas durante la primera evaluación del sistema de riego por goteo.**

Presiones mínimas en las submatrices PS - (Bar)	
0.9	0.75
0.7	0.9
1.1	0.82
0.75	1.2
0.9	0.8
0.8	0.9
0.8	0.8
0.8	0.75
1	0.78
0.8	0.85
0.9	1
1	0.75
0.75	1

El cálculo del 25% menor de los datos es: Ps25%: 0.75. El promedio de los datos es: Ps: 0.86.

$$fc = \left( \frac{0.75}{0.86} \right)^{0.32} = 0.95 \dots (17).$$



**Tabla 22: Resumen de coeficientes de uniformidad de presiones promedio durante la primera evaluación.**

TURNO	VÁLVULA	CUP (%)
3	3	84.9
	4	86.9
	5	85.7
	6	84.3
	7	85.6
	13	86.1
	19	85.4
	25	84.3
	26	84.1
	31	84.6
	32	85.4
	1	83
	2	81.9
	9	82.4
	10	82.3
	16	83
	18	86.5
	23	87.5
	24	84.7
	30	83.9
	36	84.4
	43	84.1
	37	84.5
	44	83.6

Siendo el coeficiente de uniformidad del sistema:

$$CUS = 86.09 * 0.95 = 81.78 \% \dots (18).$$

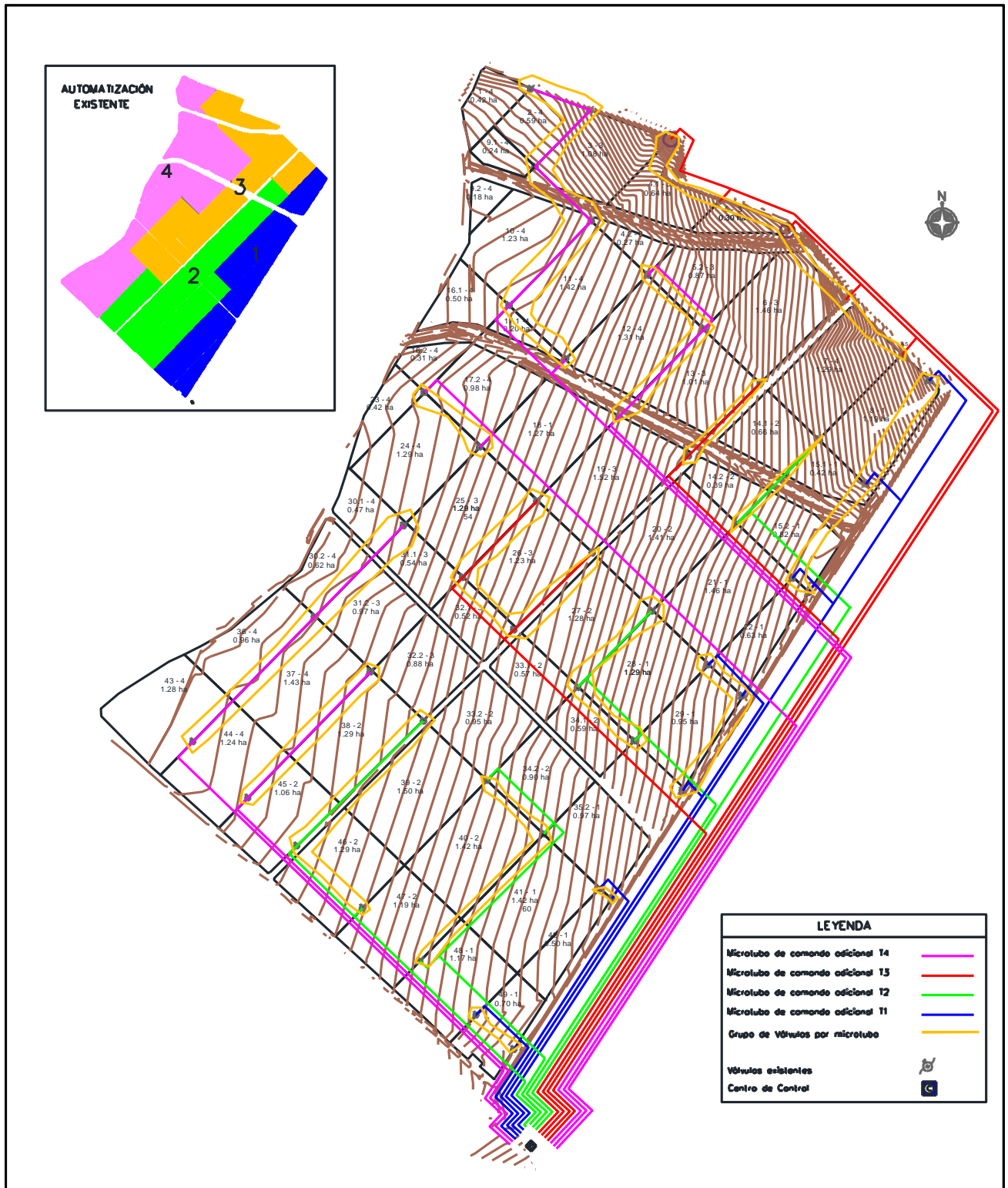
- Se observa que el CUP promedio en las válvulas ubicadas en la zona superior al desagadero es de 85.2%, mientras que las válvulas ubicadas en la zona inferior al desagadero el CUP es de 84%. De acuerdo a los valores recomendados por Merriam, J. y Keller, J. (1978), ninguna subunidad evaluada presenta un CUP mayor al 90%, el resto se encuentra por debajo de este nivel considerándose bueno pero no excelente.
- La determinación del CUP no es determinante para hallar el coeficiente de la uniformidad del sistema pero nos da una orientación sobre las diferencias de presión que se puedan producir en las subunidades.
- El coeficiente de uniformidad del sistema es de 81.78%, estando en el rango de bueno acorde al cuadro de valores del coeficiente de uniformidad recomendado por Merriam, J. y Keller, J. (1978), lo ideal es tener 90% ya que indica excelencia en la entrega uniforme de agua al suelo. Durante el recorrido del campo se observó que existen deficiencias en cuanto al mantenimiento del campo ya sea en las líneas de riego o válvulas de control de las subunidades de riego, ello influye en el coeficiente de uniformidad. Además que las bombas de riego no entregan la misma presión que en el inicio de la operación del sistema.

#### **4.3.3. EVALUACIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN EXISTENTE.**

No se contaba con un plano de instalación de automatización del sistema, por ello se realizaron pruebas en campo para determinar el recorrido actual de los microtubos, el resultado se muestra en la tabla 23, en la cual se indica la denominación de válvulas 3 vías junto a las válvulas hidráulicas distribuidas en campo, siendo comandadas desde el centro de control mediante un tablero de mandos. En la figura 41, se muestra la distribución de los microtubos en campo. En promedio cada válvula 3 vías comanda 4 válvulas de riego, siendo este un número elevado ya que lo ideal son 2 válvulas de riego por cada válvula 3 vías. Sin embargo se presume este resultado, debido a la modificación de la planificación del campo, en la transición de cinco a cuatro turnos.

**Tabla 23: Configuración de comandos de la automatización existente mediante válvulas 3 vías ubicadas en el centro de control y los sectores que apertura.**

Turno	Área total	Área (Has)	Sector	Microtubo de comando	Válvula 3 vías
1	12.09	1.19	8	M-1	V-1
		1.24	15		
		1.46	21		
		0.63	22		
		M-2	1.29	28	
			0.95	29	
			1.54	35	
			1.42	41	
		M-3	0.5	42	
			1.17	48	
		M-4	0.7	49	
			1.09	14	M-5
1.41	20				
2	14.54	1.28	27	M-6	V-6
		1.49	33		
		1.44	34		
		1.5	39		
		M-7	1.5	40	
			1.19	47	
		M-8	1.29	38	
			1.06	45	
1.29	46				
3	13.87	1.08	3	M-9	V-9
		0.91	4.1		
		1.17	5	M-10	V-10
		1.46	6		
		1.29	7		
		M-11	1.01	13	
			1.52	19	
		M-12	1.29	25	
			1.23	26	
			1.51	31	
			1.4	32	
			0.42	1	M-13
0.59	2				
0.42	9				
1.23	10				
0.81	16				
1.18	17				
1.42	11	M-14	V-14		
1.31	12				
1.27	18				
M-15	0.42	23			
	1.29	24			
M-16	1.11	30			
	0.98	36			
	1.33	43			
M-17	1.43	37			
	1.24	44			



**Figura 41: Esquema de distribución de los microtubos de comando durante la primera evaluación del sistema de riego por goteo.**

**Tabla 24: Tiempo de apertura de válvulas hidráulicas por turno, en la prueba de la automatización por mandos hidráulicos durante la primera evaluación del sistema de riego por goteo.**

Turno	Subunidad	Tiempo de apertura de válvula (min.)
1	8	9
	28	5
	41	3
	48	3
2	14	10
	27	7
	39	3
	38	3
3	3	13
	5	10
	13	7
	25	5
4	1	16
	11	10
	23	10
	30	8
	37	5

- En base a pruebas realizadas en campo, se determinó el tiempo de apertura de las válvulas hidráulicas más alejadas por cada turno de riego. Se observa en la tabla 24 que el mayor tiempo de apertura se da en el turno cuatro (sector 1), debido a que presenta un largo recorrido de 1850 m. desde el centro de control hasta la válvula, no se detectó galits de impulsión de señal hidráulica, lo cual sería necesario implementar durante el reacomodo de turnos de acuerdo a la reestructuración del sistema. De acuerdo a trabajos en campo, lo recomendable es que el tiempo de apertura de válvulas sea entre 3-5 min., los tiempos mayores a ello indica realizar un ajuste en el recorrido de microtubos o falta de un efectivo purgado, en caso contrario se genera tiempos discontinuos de riego en la planta.



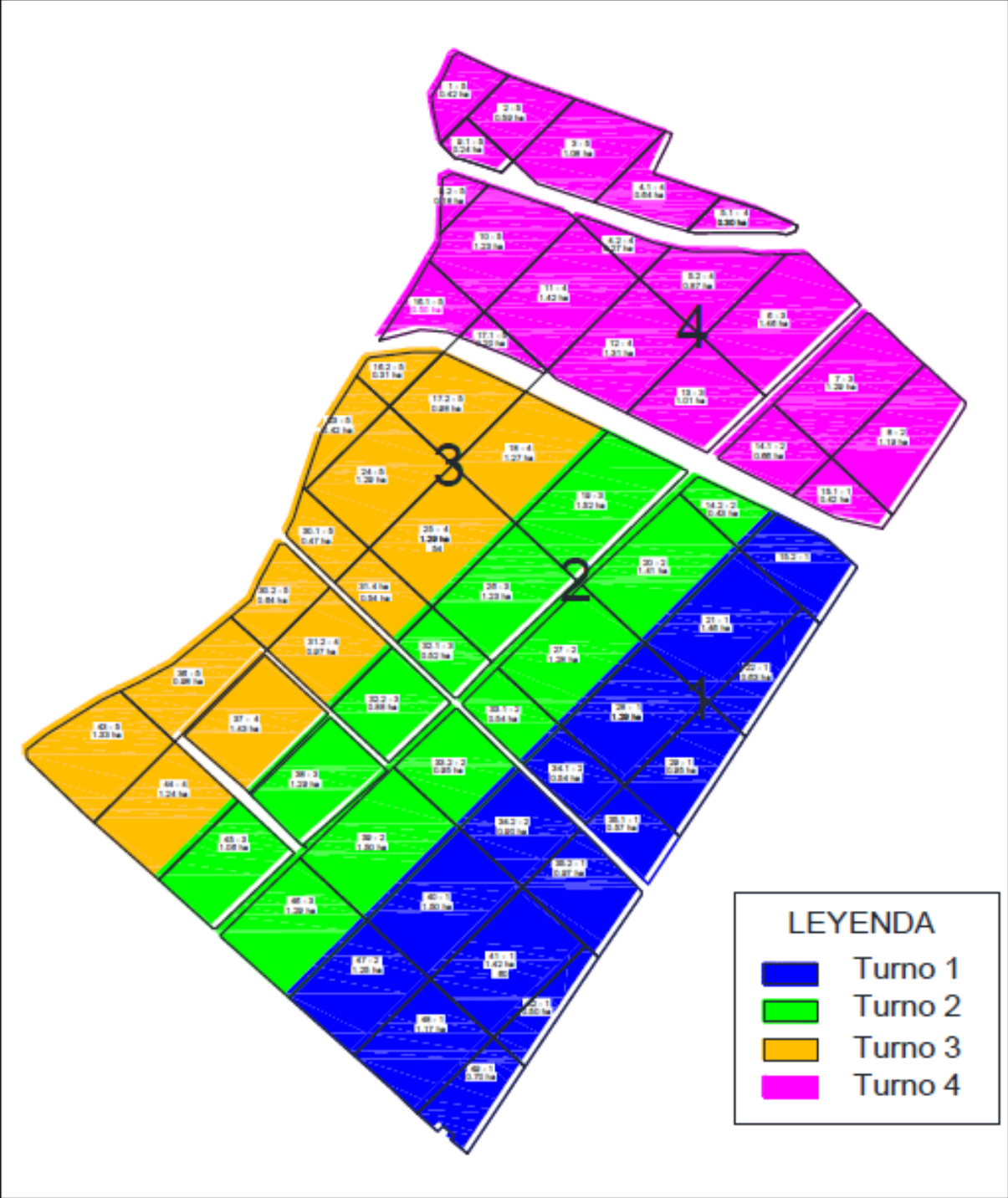
**Figura 42: Calicata realizada en campo para verificar el recorrido de microtubos y así poder generar el plano de automatización no existente.**

#### **4.4. MODELAMIENTO, REESTRUCTURACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO.**

##### **4.4.1. REESTRUCTURACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO DE ACUERDO A LA CLASE TEXTURAL DEL SUELO.**

Debido a la clase textural del suelo, lo que conduce al requerimiento de diferentes dosis de agua, se optó por agrupar turnos de riego según la clase textural predominante. Es por ello que la planificación reestructurada, es la presentada en la figura 43.

Esta planificación considera mantener áreas por turnos uniforme, procurando caudales similares, de esta forma se permite el trabajo dentro de la zona de mayor eficiencia de la curva de operación de la bomba. En la tabla 25, se presenta la planificación del campo de riego, donde figura el área y el caudal teórico por turno.



**Figura 43: Esquema de la planificación reestructurada del campo de riego Carmín, en base a la clase textural del suelo.**

**Tabla 25: Planificación reestructurada del sistema de riego por goteo existente, generado en base a la clase textural del suelo. Las horas de riego son considerando una lámina máxima de riego al año.**

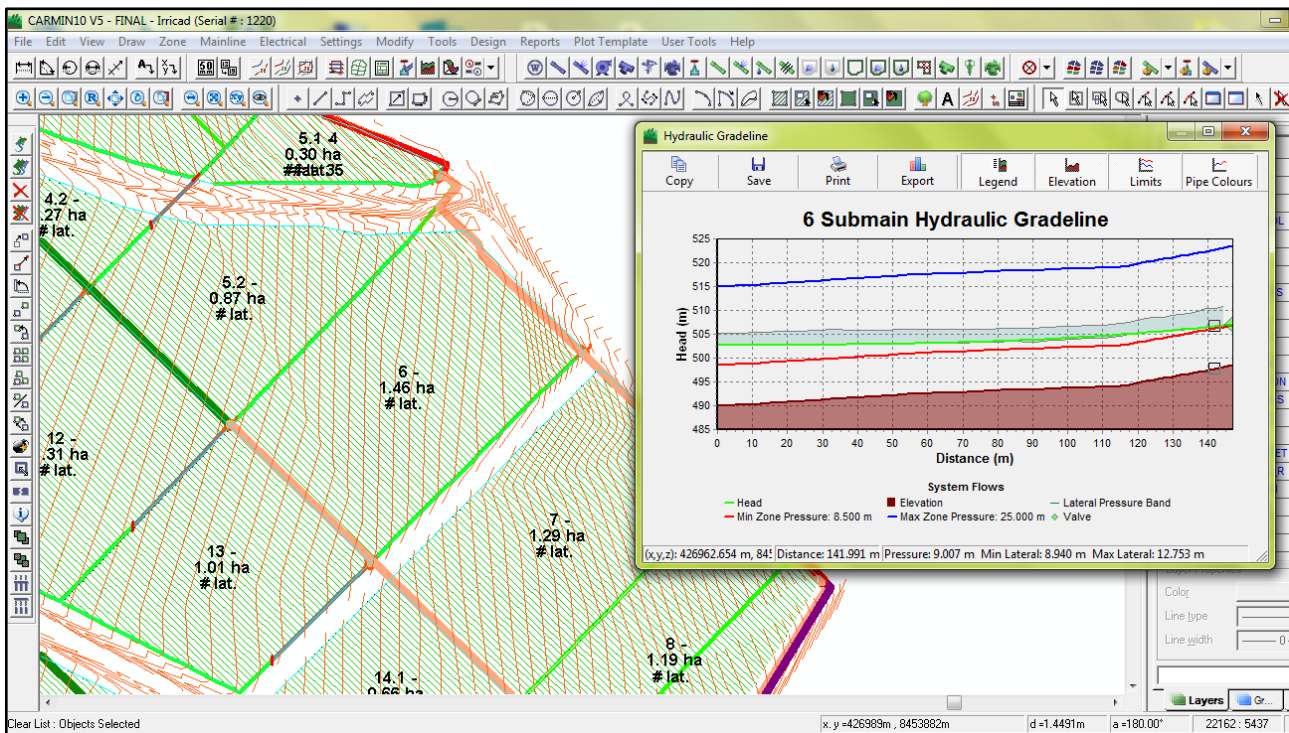
Turno de riego	Cultivo	Sup. (ha)	Distancia Entre		Laterales por hilera Número (c/u)	Caudal Emisor (l/h)	Distancia Entre Emisores (m)	Pluviometría (mm/h)	Caudal (m3/h)	Caudal (l/s)	Máxima Aplicación por día (mm/día)	Horas de riego x turno
			Hileras (m)	Plantas (m)								
1	VID	14.99	2.50	3.00	1	1.60	0.40	1.60	239.84	66.62	4.00	2.50
2	VID	13.90	2.50	3.00	1	1.60	0.40	1.60	222.40	61.78	4.00	2.50
3	VID	13.75	2.50	3.00	1	1.60	0.40	1.60	220.00	61.11	4.00	2.50
4	VID	14.17	2.50	3.00	1	1.60	0.40	1.60	226.72	62.98	4.00	2.50
TOTAL		56.81							Total Horas de Riego al día			10.00



- La variación de caudales por turno es de 5.5%, inferior al 10% asegurando la ubicación de los puntos de operación dentro del rango de mayor eficiencia de la curva de las bombas de riego existente. A diferencia de la planificación existente, donde la variación de caudales era de 15%.

$$\% \text{ Variación de caudales} = \frac{239.84 - 227.42}{227.2} = 5.5\% \dots (19)$$

- La nueva planificación física tuvo como limitante la existencia de tuberías, debido a que se debía respetar su recorrido acondicionando el acomodo de los lotes de riego. La ubicación del desagadero fue de vital importancia para la formación del nuevo turno cuatro, ya que la clase textural de esa zona es completamente arenoso y se diferencia del resto del campo donde predomina la clase textural franco arenoso y franco. Con la planificación definida se realizó el modelamiento de la red hidráulica en el programa de ingeniería Irricad Pro.
- El anexo 5, contiene el reporte de uniformidad de riego teórica mayor a 90% y la presión mínima en los laterales de 8.5 m. para poder realizar un buen lavado de laterales. Para conseguir esto se debe iniciar la corrida de las subunidades asumiendo que la presión mínima de trabajo será de 8.5m y presión máxima de 25 m. de acuerdo a catálogo.
- En la figura 44, se observa el gradiente hidráulico de una subunidad de riego, donde se observa el efecto de la topografía y el rango de presión de trabajo. Esta información se puede obtener de cada una de las líneas de riego. Al igual que en las submatrices, de esta forma se puede saber exactamente las presiones de trabajo de los elementos del sistema y verificar su correcto funcionamiento.



**Figura 44: Gradiente hidráulico de una tubería submatriz de una subunidad de riego del sistema de riego Carmín, modelada en el programa Irricad Pro. Se observa las presiones mínimas y máximas de operación a lo largo del recorrido del tramo seleccionado.**

- En cuanto al funcionamiento de las tuberías de las subunidades de riego, estas presentan velocidad máxima de 1.5 m/s, con pérdidas de carga inferiores a 2.5%.
- Al evaluar el comportamiento de la red de tuberías matrices con la nueva configuración de subunidades de riego, no se encontró mayores problemas en cuanto a velocidades y pérdidas de carga. Sin embargo, en la matriz principal (instalada paralela al camino), la cual conduce agua al nuevo turno cuatro, siendo este el más alejado al centro de control en 1300 m. requiere de un diámetro mayor al existente (200 mm. – C4), ya que la velocidad del fluido es de 3.5 m/s, con pérdida de carga mayor a 3%. Es por ello que se decidió implementar una tubería paralela de 160 mm.- C4, lo cual reduce la pérdida de carga en la tubería existente a 0.88% y la velocidad del fluido a 1.42 m/s. máximo. En la tabla 25 y 26, se indica el comportamiento de las tuberías principales paralelas.

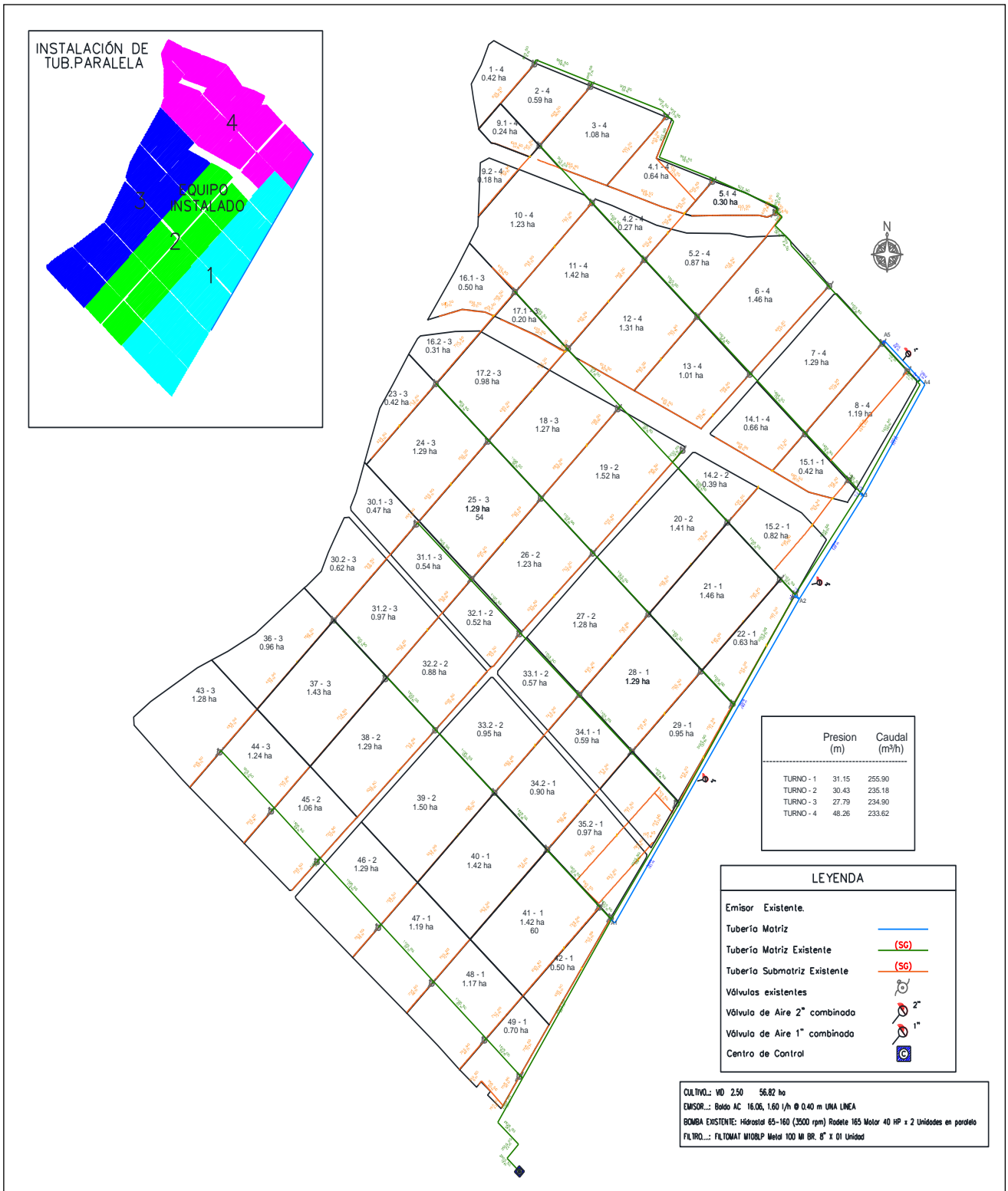
**Tabla 26: Resumen de los principales parámetros de operación de evaluados en un tramo de tubería, en este caso es la tubería matriz existente de 200 mm - C4.**

COMP MNLN PIPE Object ID = 58220, Elevation = NONE Connections = 58219 : 60718 , Depth = 0.00 m Pipe Description = 200 mm C-4 PVC Tuboplast							
	Pressure (P1) (m)	Pressure (P2) (m)	HeadLoss (m)	Elev Change (m)	In flow (m <sup>3</sup> /h)	Out flow (m <sup>3</sup> /h)	Velocity (m/s)
System flow - 1	29.10	26.72	0.03	2.36	18.88	18.88	0.18
System flow - 2	32.20	29.83	0.01	2.36	12.43	12.43	0.12
System flow - 3	32.07	29.70	0.01	2.36	12.90	12.90	0.12
System flow - 4	27.68	24.02	1.31	2.36	147.33	147.33	1.42

**Tabla 27: Resumen de los principales parámetros de operación evaluados en un tramo de tubería, en este caso de la tubería matriz nueva de 160 mm – C4, la cual es paralela a la existente de 200 mm.**

COMP MNLN PIPE Object ID = 60739, Elevation = NONE Connections = 60738 : 60713 , Depth = 0.00 m Pipe Description = 160 mm C-4 PVC Tuboplast							
	Pressure (P1) (m)	Pressure (P2) (m)	HeadLoss (m)	Elev Change (m)	In flow (m <sup>3</sup> /h)	Out flow (m <sup>3</sup> /h)	Velocity (m/s)
System flow - 1	33.72	29.11	0.69	3.92	41.08	41.08	0.62
System flow - 2	36.82	32.21	0.69	3.92	40.95	40.95	0.62
System flow - 3	36.74	32.08	0.74	3.92	42.63	42.63	0.64
System flow - 4	34.52	27.78	2.82	3.92	87.68	87.68	1.32

- En la tubería de 160 mm C-4, la pérdida de carga es de 1%, con velocidad máxima de 1.32 m/s. En la figura 43, se observa la implementación de la tubería matriz paralela, con lo cual el sistema puede entregar presión necesaria para satisfacer los requerimientos hidráulicos de las válvulas del nuevo turno cuatro. Sin esta implementación no se hubiese podido operar dichas válvulas, ya que la dimensión de la matriz principal existente no tenía la capacidad para abastecer al nuevo turno 4, ya que con la antigua distribución de turnos, el caudal se distribuía en porciones menores a diferencia de la configuración actual del sistema.
- La reestructuración del sistema implica modificar la automatización del sistema de riego y en base al plano de ubicación de microtubos generados durante la primera evaluación del sistema, es por ello que se genera el nuevo recorrido de microtubos, el cual se debe respetar durante la instalación.



**Figura 45: Esquema del plano de instalación y distribución de turnos de la planificación reestructurado del sistema de riego por goteo de acuerdo al modelamiento en el programa Irricad Pro considerando la redistribución de subunidades de riego según la clase textural del suelo.**

#### 4.4.2. IMPLEMENTACIÓN DE LA REESTRUCTURACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO.

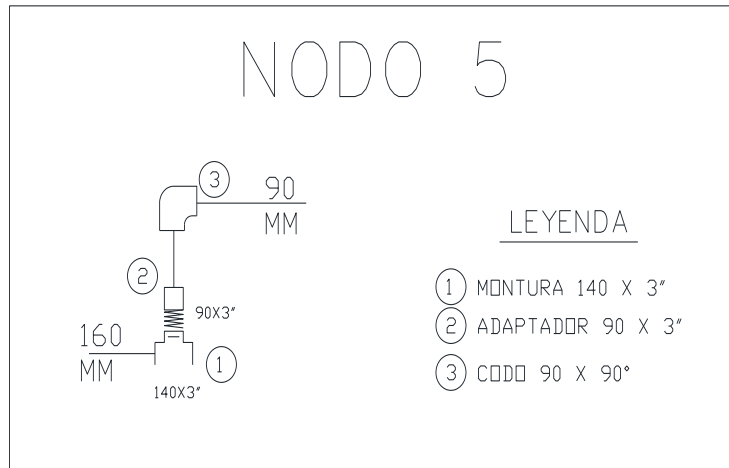
De acuerdo a las evaluaciones con el programa de ingeniería se procedió a generar el reporte de materiales necesarios para la instalación de la tubería paralela. Además de las válvulas de aire, conexiones, tees de PVC y demás elementos necesarios para el correcto funcionamiento del sistema.

**Tabla 28: Lista de materiales necesarios para la implementación de tubería.**

Descripción	Und	Requerido
Tubo pres c-05 km 090 mm x 6 m ISO NAC.	Und	12.00
Anillo p/riego 90mm	Und	12.00
Tubo pres c-04 km 160 mm x 6 m ISO NAC.	Und	79.00
Anillo p/riego 160mm	Und	79.00
Tubo pres c-05 km 160 mm x 6 m ISO NAC.	Und	30.00
Anillo p/riego 160mm	Und	30.00
Tubo pres c-04 km 200 mm x 6 m ISO NAC.	Und	27.00
Anillo p/riego 200mm	Und	27.00
Tubo pres c-04 km 110 mm x 6 m ISO NAC.	Und	3.00
Anillo p/riego 110mm	Und	3.00
Tee reducción de 250mm x 160mm F°F°	Und	1.00
Codo PVC sp ISO 90° x 160mm	Und	2.00
Codo PVC sp ISO 90° x 90mm	Und	1.00
Montura p/ tubo PVC 140 mm - 3"	Und	3.00
Montura p/ tubo PVC 200 mm - 3"	Und	2.00
Montura p/ tubo PVC 160 mm - 3"	Und	2.00
Válvula de aire 2" combinada dorot dav-p-2-ka	Und	1.00
Válvula de aire 1" combinada dorot dav-p-1-ka	Und	1.00
Montura p/ tubo PVC 200 mm - 2"	Und	1.00
Montura p/ tubo PVC 160 mm - 2"	Und	2.00
Montura p/ tubo PVC 90 mm - 1"	Und	1.00
Adaptador 63mm campana sp x 2" rm nac.	Und	3.00
Adaptador 63mm campana sp x 2" rh nac.	Und	3.00

Adaptador PVC pr 1	Und	2.00
CODO PVC SP ISO 90° X 63MM	UND	6.00
Tubo pres c-7.5 km 63 mm x 6 m ISO NAC.	Und	1.00
Anillo p/riego 63mm	Und	1.00
Tubo pres c-10 sp 1" x 5 m ITINTEC	Und	1.00
Adaptador PVC pr 110mm x 4 NAC.	Und	1.00
Pegamento oatey heavy 1/4" gln 6"	Fco	1.00
Montura p/ tubo PVC 160 mm - 3"	Und	5.00
Adaptador 90mm campana sp x 3" rm rgruesa nac	Und	7.00
Reducción sp ISO 160 x 110 mm NAC.	Und	1.00
Reducción sp ISO 110 x 90 mm NAC.	Und	1.00
Reducción km ISO 200 x 160mm	Und	1.00
Montura p/ tubo PVC 200 mm - 3"	Und	1.00
Reducción sp mixta 75 mm x 1" NAC.	Und	2.00
Curva de lavado 1"	Und	2.00
Válvula de bola pvc 1" sp	Und	2.00
Tee PVC sp ISO 75mm	Und	1.00
Reducción sp ISO 75 x 63 mm NAC.	Und	1.00
Microtubo de comando 8mm	Mts	2,000.00
Tee union microtubo 8 x 8 x 8 mm.	Und	10.00
Unión p/tubo comando 8 mm.	Und	5.00

- El listado de materiales se realizó con la ayuda del reporte generado por el programa de ingeniería y el metrado realizado por cada nodo.
- Para el metrado de materiales se emplearon diagramas para realizar una visualización de la instalación y uso de los materiales. El sistema se instaló de acuerdo al plano de instalación definitivo. (Véase plano de instalación anexo 1 – Plano 1.3). Con el listado de materiales se procedió a llevarlos a campo mediante las coordinaciones del área de logística de la empresa Olivos Corande. El proceso de instalación se realizó en el lapso de una semana de trabajo con la supervisión de Olivos Corande.



**Figura 46: Ejemplo de un diagrama de metraje de elementos necesarios para la implementación de las tuberías y accesorios, con el fin de lograr la nueva distribución de turnos según la reestructuración.**

- Adicionalmente se cambiaron los reles de regulación de las válvulas pertenecientes al nuevo turno 4.
- Como se mencionó anteriormente, el sistema de riego consta de dos tableros existentes, inicialmente ambos con variador de velocidad contemplados en la instalación inicial del proyecto. Durante las evaluaciones del sistema se observó que no es necesario el empleo de los variadores ya que con la reestructuración del sistema y las necesidades de presión y caudal por turno estos se ubican en un punto óptimo dentro de la curva del sistema. Por ello se recomienda modificar que el funcionamiento de las bombas sea sin los variadores de velocidad.

## 4.5 SEGUNDA EVALUACIÓN DEL CAMPO

### 4.5.1 SISTEMA DE BOMBEO.

Con la implementación de la reestructuración del sistema de riego, se procedió a evaluar la operación del sistema de bombeo, comparando los datos reales con los teóricos. Los resultados fueron los siguientes:

**Tabla 29: Puntos de operación teórico de los turnos de riego por cada bomba perteneciente al sistema de riego Carmín (emplea dos bombas en paralelo Bomba #1 y Bomba #2), según el modelamiento en el programa Irricad Pro según la planificación B.**

BOMBA#1					
Modelo: Hidrostral 65 -160 3530 rpm 165 mm.					
Turno	Succión (m.)	Presión a la salida de la bomba (m.)	ADT (m.)	Caudal (m3/hr.)	Caudal (l/s.)
1	-2.11	49.66	51.77	119.92	33.31
2	-2.1	52.06	54.16	111.20	30.89
3	-2.1	51.95	54.05	110.00	30.56
4	-2.1	50.91	53.02	113.36	31.49
BOMBA #2					
Modelo: Hidrostral 65 -160 3530 rpm 165 mm.					
Turno	Succión (m.)	Presión a la salida de la bomba (m.)	ADT (m.)	Caudal (m3/hr.)	Caudal (l/s.)
1	-1.89	49.66	51.77	119.92	33.31
2	-2.03	52.06	54.16	111.20	30.89
3	-2.01	51.95	54.05	110.00	30.56
4	-2.1	50.91	53.02	113.36	31.49

**Tabla 30: Comparación de caudal y presión por turno de riego, de forma teórica y real de acuerdo a la planificación reestructurada del sistema de riego por goteo.**

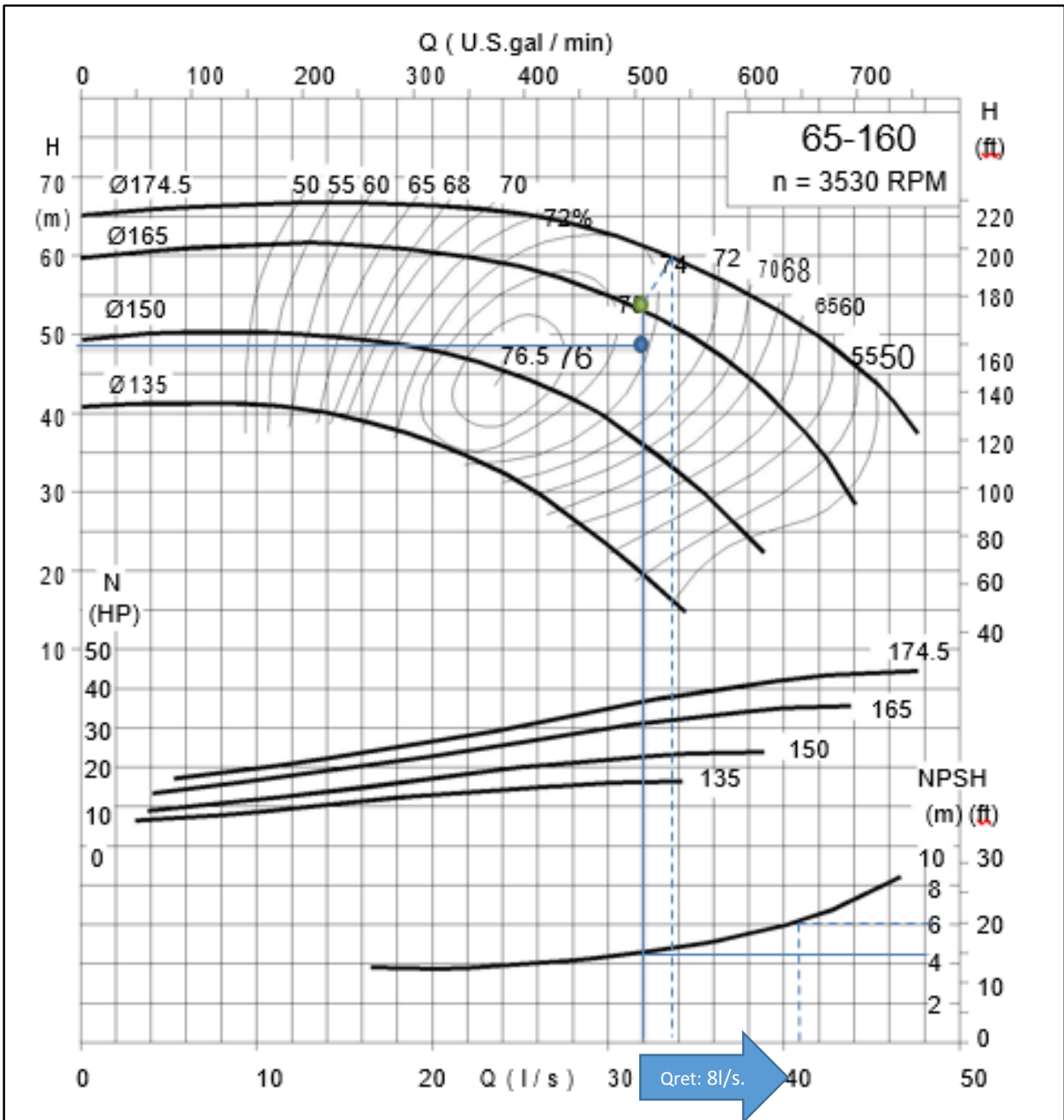
Turno de riego	ADT teórico (m.)	ADT práctico. (m.)	Caudal teórico (l/s.)	Caudal práctico. (l/s.)
1	51.77	48.8	33.31	32
2	54.16	52.2	30.89	29.7
3	54.05	51	30.56	29
4	53.02	50	31.49	31



**Tabla 31: Cálculo del NPSH disponible según la planificación reestructurada del sistema de riego.**

Presión Atmosférica	9.73 m.
Desnivel desde el Eje de la Bomba Hasta el Nivel Mínimo del Reservorio	-2.00 m.
Perdida de Carga	0.22 m.
Perdida de Carga por accesorios	0.97 m.
Perdida por Válvula de Pie	0.20 m.
Tensión de Vapor	0.24 m.
Factor de seguridad	0.50 m.
NPSH disponible	5.43 m.

- El turno crítico es el uno, con ello el NPSH requerido sin considerar el retrolavado es de 4.2 m., sin embargo al retrolavar el filtro es de 6.0 m., según los cálculos en la tabla 31, el NPSH disponible es de 5.43 m. Es decir las bombas cavitaraán cuando el filtro se encuentre retrolavando. Sin embargo, esta planificación contempla la disposición de subunidades de riego en función de la clase textural y es la aceptada por los propietarios del fundo.
- La eficiencia de operación de las bombas de riego es de 75%, se comprueba que con la reestructuración del sistema los puntos de operación del sistema se encuentran entre el rango de mayor eficiencia de la curva.
- Los caudales varían ligeramente a lo calculado teóricamente, se afirma que las bombas no entregan las mismas presiones que lo señalado en la curva de operación. Por ello se puso el caudalímetro en cero con el fin de determinar la presión entregada por las bombas, siendo este 54m. y debería ser de 58 m. lo cual indica el desgaste de los impulsores.



**Figura 47: Ubicación del punto de operación crítico del sistema de riego Carmín de acuerdo a la planificación reestructurada, dentro de la curva del modelo de bomba existente.**

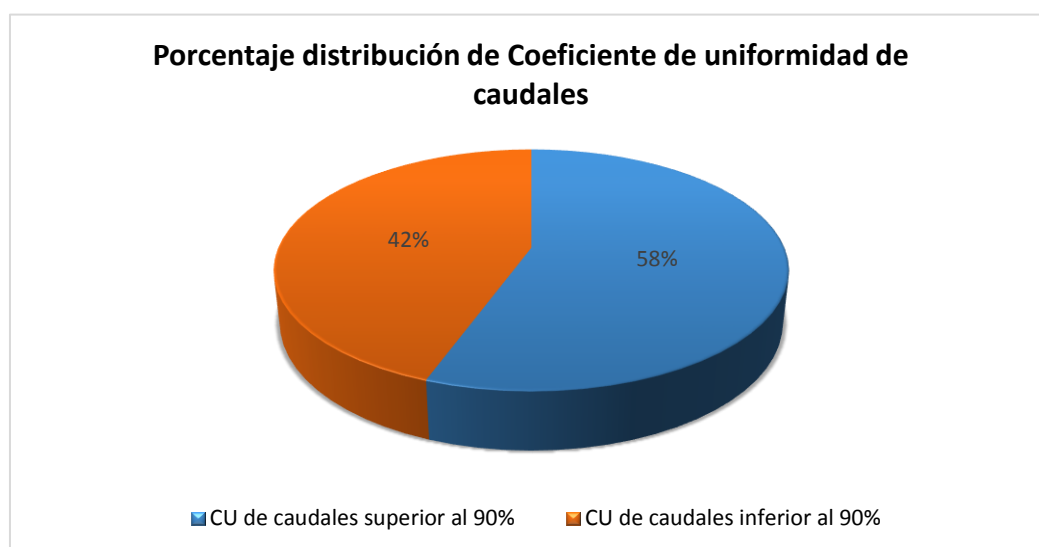
- Punto azul: Punto crítico real del turno 1, durante la operación de la bomba según la planificación reestructurada.
- Punto Verde: Punto crítico teórico del turno 1, de acuerdo a la curva de operación de la bomba, lo cual demuestra que el rodete ha disminuido de diámetro ya que la bomba debería entregar mayor presión.

**Tabla 32: Cálculo energético del sistema reestructurado.**

Descripción	P. Existente	P. Reestructurada
Potencia motores (KW)	60	60
Potencia consumida (KW)	47.13	37.2
Horas estimadas Riego /Año	3,000.00	3,000.00
Costo KW.Hr USD	0.11	0.11
Costo por Energía Consumida /Año USD	15,551.4	12,282.5
Diferencia USD	3,268.89	

#### 4.5.2. EVALUACIÓN DE LA UNIFORMIDAD DE RIEGO.

- En base a los resultados obtenidos, se observa que el 58% de las subunidades evaluadas presentan un CUC mayor al 90%. El CUC promedio del sistema de riego es de 90.77%, incrementándose un 4.68% en base al resultado anterior.
- El caudal promedio de los emisores evaluados es de 1.57 L/H, siendo cercano al caudal nominal de 1.6 L/H. Se observa que la descarga máxima es 1.75 L/H y la mínima de 1.4 L/H. Esta diferencia es debido a la descompensación del emisor a través del tiempo.



**Figura 48: Distribución de subunidades evaluadas que presentan el CUC mayor o menor al 90%.**

**Tabla 33: Resumen del coeficiente de uniformidad de caudales durante la segunda evaluación del sistema de riego.**

Coeficiente de uniformidad de caudales			
Turno	Sector	CU (%)	CU (%) Turno
3	4	88.91	91.01
	37	92.92	
	43	90.46	
	36	92.17	
	30	89.36	
	23	90.97	
	24	92.53	
	25	91.48	
	31	91.69	
	18	89.50	
	17	92.91	
	16	89.74	
4	13	89.45	90.53
	14	90.79	
	9	90.53	
	10	91.11	
	11	89.57	
	12	91.20	
	5	88.42	
	6	91.43	
	7	89.33	
	8	91.52	
	1	89.62	
	2	89.32	
	3	89.61	
	4	92.74	
Promedio			90.77

- El coeficiente de uniformidad de presiones, se expresa en la siguiente tabla resumen de todas las subunidades evaluadas, pertenecientes al turno tres y cuatro. El exponente de descarga del emisor es:

$$x = 0.32 \dots (20)$$

**Tabla 34: Resumen de presiones mínimas en las submatrices de las subunidades medidas durante la segunda evaluación del sistema.**

Presiones mínimas en las submatrices PS - (Bar)	
1	1.2
1	1
1	0.6
1	0.8
0.7	0.8
0.8	0.8
1	0.9
1.2	1.2
1	1
0.8	0.7
0.8	0.6
1	0.7
1	1

El cálculo del 25% menor de los datos es: Ps25%: 0.717

El promedio de los datos es: Ps: 0.907

El factor de corrección es de: 0.949

$$fc = \left( \frac{0.586}{0.757} \right)^{0.32} = 0.921 \dots (21).$$

$$CUS = 90.77 * 0.921 = 83.50 \% \dots (22).$$

**Tabla 35: Resumen del coeficiente de uniformidad de presiones promedio obtenidos durante la segunda evaluación del sistema.**

TURNO	VÁLVULA	CUP (%)
3.00	44.00	87.23
	37.00	87.7
	43.00	89.65
	36.00	88.6
	30.00	87.36
	23.00	88.4
	24.00	87.86
	25.00	85.8
	31.00	86.82
	18.00	86.42
	17.00	87.14
	16.00	87.5
4.00	13.00	85.6
	14.00	84.72
	9.00	88.4
	10.00	90.96
	11.00	87.8
	12.00	88.3
	5.00	87.65
	6.00	86.24
	7.00	88.7
	8.00	87.39
	1.00	89.44
	2.00	87.56
	3.00	87.23
	4.00	87.7

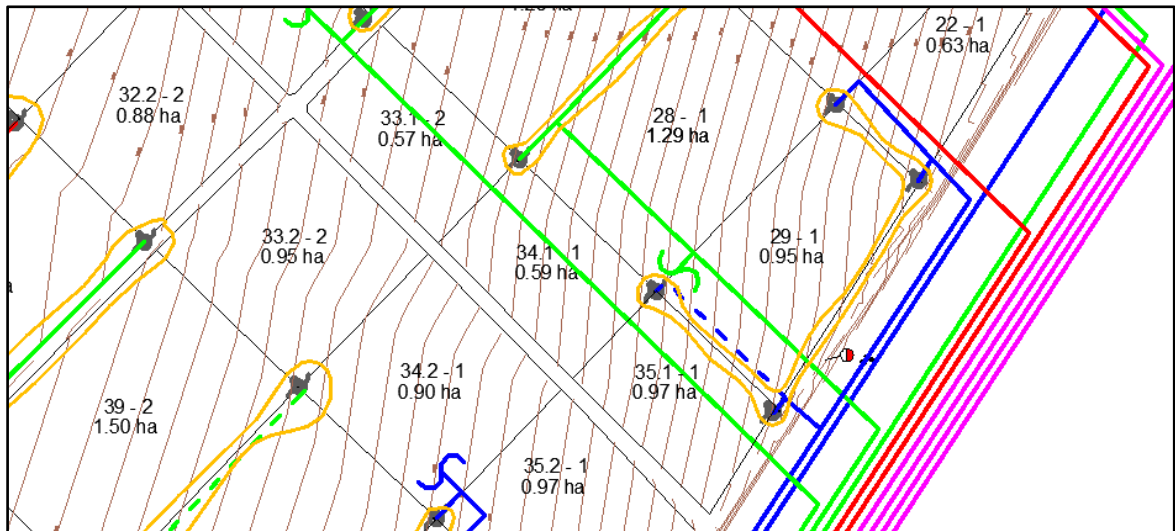
- El coeficiente de uniformidad de presiones incrementó en 2.9% en comparación a la primera evaluación del sistema. Ello se debe al refuerzo de la matriz principal con una tubería paralela, lo cual permitió disminuir la pérdida de carga, además de poder brindar a la red hidráulica existente la flexibilidad para modificar la planificación existente acorde la textura del suelo. Además que se reguló las válvulas en campo de acuerdo al reporte brindado mediante la corrida en el programa Irricad.

- Según los cálculos el coeficiente de uniformidad del sistema es de 83.50%, incrementándose 2% en base a la primera evaluación. Si bien es cierto la uniformidad del sistema mejoró, esta se encuentra en la calificación de buena, de acuerdo a lo recomendado por Merriam, J. y Keller, J. (1978).

#### **4.5.3. SEGUNDA EVALUACIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN.**

Debido a la modificación del sistema de riego, es necesario adaptar la automatización existente al nuevo requerimiento de apertura y cierre de las válvulas en campo. En base al plano de automatización generado por medio de pruebas en campo, se obtuvo los siguientes resultados:

- Producto de la reestructuración del campo de riego se procedió a modificar la automatización del sistema. Para ello se tuvo como objetivo emplear la menor cantidad de microtubo posible, para evitar la mayor cantidad de zanjas, ya que el campo es cultivado y realizar zanjas demanda tiempo, trabajo y costos adicionales por parte del cliente.
- En la figura 49, se observa cómo se realizó el plano de instalación de microtubos en la automatización, para lograr la distribución de turnos acorde la planificación reestructurada. La línea punteada significa la implementación de nuevo microtubo, el cual se acopló al existente. La tabla 36 indica la configuración definitiva del proyecto, en ella señala la denominación de la válvula 3 vías y las válvulas en campo que comanda.



**Figura 49: Esquema del plano de instalación de microtubos de comando según la modificación generada por la planificación reestructurada.**

- En el anexo1 – plano 1.6, se observa la automatización definitiva del proyecto. En las longitudes de microtubo mayor de 600 m. se consideró la instalación de relees hidráulicos para poder impulsar la señal hidráulica.
- Se corroboró en campo el funcionamiento de las válvulas de riego, en cuanto a cierre y apertura en el momento correcto. Se observó problemas en el cierre, ya que se registró demoras de más de 15 min en las válvulas más alejadas. Se verificó que la causa era debido al desgaste del controlador de presión, ya que estas no tienen mantenimiento desde el año 2010. Las válvulas que tuvieron este inconveniente fueron todas las pertenecientes al nuevo turno, por el resto no se evidenció mayores problemas, pero requiere constante inspección o un mantenimiento total del sistema.



**Tabla 36: Esquema de la configuración de comandos hidráulicos en la automatización definitiva del sistema de riego por goteo.**

Turno	Área total	Área (Has)	Sector	Microtubo de comando	Válvula 3 vías
1	14.99	1.24	15	M-1	V-1
		1.46	21		
		0.63	22		
		1.29	28	M-2	V-2
		0.95	29		
		1.44	34		
		1.54	35	M-3	V-3
		1.42	41		
		0.5	42	M-4	V-4
		1.17	48		
		0.7	49	M-7	V-7
		1.5	40		
1.19	47				
2	13.90	1.52	19	M-11	V-11
		1.41	20		
		1.28	27	M-6	V-6
		1.49	33		
		1.23	26	M-12	V-12
		1.4	32		
		1.29	38	M-8	V-8
		1.5	39		
1.06	45				
1.29	46				
3	13.75	1.24	44	M-17	V-17
		1.43	37		
		1.33	43	M-16	V-16
		0.98	36		
		1.11	30		
		0.42	23	M-15	V-15
		1.29	24		
		1.29	25		
		1.51	31		
		1.27	18	M-13	V-13
1.18	17				
0.81	16				
4	14.17	1.01	13	M-5	V-5
		1.09	14		
		0.42	9	M-14	V-14
		1.23	10		
		1.42	11		
		1.31	12		
		1.17	5	M-10	V-10
		1.46	6		
		1.29	7		
		1.19	8		
		0.42	1	M-9	V-9
		0.59	2		
1.08	3				
0.91	4				

**Tabla 37: Tiempo de apertura de válvulas hidráulicas por turno de riego de acuerdo a la planificación B.**

Turno	Sector	Tiempo de apertura de válvula (min.)
1	15	9
	28	6
	41	4
	48	2
	40	4
2	19	8
	27	5
	26	4
	38	4
3	37	5
	30	5
	23	6
	16	8
4	13	5
	9	10
	5	7
	2	8

- Se evidencia en la tabla 37 el tiempo de apertura de las válvulas hidráulicas acorde la nueva distribución de turnos, el mayor tiempo ocurre en el turno cuatro (sector 9), debido a que el recorrido del microtubo tiene una longitud mayor a los mil metros, además de aperturar cuatro válvulas al mismo tiempo, siendo ideal dos válvulas como máximo, según experiencias en campo. Se mantuvo esta concepción de automatización, ya que existían microtubos existentes y se optimizó la implementación de nuevos tramos de microtubo, con el fin de evitar mayores operaciones en campo, como apertura de zanjas, requerimiento de personal e indudablemente mayores costos.



**Figura 50: Determinación de la presión en un emisor evaluado durante la toma de datos para hallar el coeficiente de uniformidad de presiones en la segunda evaluación del sistema. Diciembre 2014.**

**Tabla 38: Resumen comparativo de los resultados obtenidos durante la primera evaluación y en la segunda evaluación.**

Ítems	PLANIFICACIÓN EXISTENTE	PLANIFICACIÓN REESTRUCTURADA
Variación de caudales	15%	5.50%
CUC	86.09%	90.77%
CUP	84.60%	87.74%
CUS	81.70%	83.50%
Tiempo máximo de apertura de válvula	16 min.	10 min.

Se observa en la tabla 38 el resumen de resultados de las evaluaciones realizadas al sistema de riego en las condiciones encontradas en campo, frente a la evaluación luego de realizar la modificación de turnos de acuerdo a la clase textural del suelo.

## VII. CONCLUSIONES.

1. Se implementó la reestructuración del sistema de riego por goteo existente, teniendo en cuenta la clase textural del suelo en la planificación física del campo, permitiendo la aplicación de agua y fertilizantes al cultivo de acuerdo al tipo de suelo identificado.
2. De acuerdo a los resultados de la primera y segunda evaluación de uniformidad del campo, se obtuvo las siguientes conclusiones.
  - El 58% de subunidades evaluadas presentan un CUC (coeficiente de uniformidad de caudales) mayor a 90%, es decir una distribución más uniforme de agua en el sistema de riego.
  - El CUP (coeficiente de uniformidad de presiones) incrementó 2.9%, producto de la nueva regulación de válvulas de acuerdo al reporte generado con el programa Irricad en el modelamiento de la reestructuración del sistema de riego por goteo.
  - El CU del sistema es de 83.50%, incrementándose 2%, este valor se considera bueno según Merriam, J. y Keller, J. (1978), más no excelente ya que es un sistema existente con funcionamiento mayor a seis años de operación. Cabe indicar que las bombas de riego instaladas no entregan la presión concebida en el diseño inicial producto del desgaste del impulsor y la falta de mantenimiento oportuno de los elementos de regulación del sistema de riego. No se debe olvidar que el correcto mantenimiento, tanto preventivo como correctivo y el manejo de la instalación de riego son también factores claves para conseguir mayor uniformidad en la distribución de agua de riego.

3. Con el programa de ingeniería Irricad, se modeló y optimizó el diámetro de las tuberías acorde los caudales máximos y mínimos de cada subunidad de riego, logrando la reestructuración del sistema de riego por goteo, brindando flexibilidad a la red de tuberías para funcionar de acuerdo a la planificación física según la clase textural del suelo. Esto requirió de una baja inversión económica en el momento de su implementación.
  
4. Se mejoró la operación de las válvulas de riego debido a que la reestructuración del sistema implicó reacomodar y optimizar el recorrido de los microtubos, de tal manera que la longitud sea la menor posible de acuerdo a las condiciones existentes y a la topografía del campo. Además se consiguió disminuir el tiempo de apertura en 3 min. promedio por cada válvula.
  
5. La reestructuración del sistema de riego por goteo permite aplicar programas de riego y de fertilizantes diferenciados de acuerdo a las zonas identificadas según la clase textural del suelo. Esta flexibilidad obtenida es fundamental para mejorar la productividad del campo, ya que las plantas reciben la dosis de agua y fertilizantes adecuada según su requerimiento.

## **VIII. RECOMENDACIONES.**

1. Se recomienda considerar la clase textural del suelo en la planificación física de un sistema de riego por goteo, para un mejor control en la operación de apertura de las válvulas en campo de acuerdo a la frecuencia de riego por turno.
2. La evaluación del coeficiente de uniformidad debe ser efectuada una vez por año o previo al inicio de una campaña. El cual debe ser determinado por personal capacitado y experimentado con los equipos de medición apropiados.
3. Es recomendable que el tendido de microtubos para la automatización hidráulica se realice considerando la diferencia topográfica y la longitud mínima de recorrido, ya que de otra forma los tiempos de apertura de válvulas se incrementa y es ineficiente en cuanto a la cantidad de agua entregada a las plantas.
4. Debido a la reestructuración del sistema de riego y a los nuevos requerimientos de presión y caudal, es recomendable modificar el equipo de bombeo por dos bombas en paralelo del siguiente modelo: 65-200 de 3500 rpm, 40 HP por bomba, con eficiencia del 73%; de esta forma se evitará que las bombas operen en el límite de su capacidad y que los puntos de operación del sistema se ubiquen en la zona de mayor eficiencia de la curva de operación de las bombas.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- AEI, 1993. IRRICAD, user manual. Agricultural Engineering Institute, Lincoln University. Ed. rev. Canterbury, NZ.
- Agrobanco (Servicio financiero para el Perú rural, PE); UNALM (Universidad Nacional Agraria La Molina, PE). 2012. Asistencia técnica dirigida en manejo y poda de plantaciones de vid. Ica, PE.16 p.
- Bertaki, M. 2015. Sustainable water management in agriculture under climate change. Agriculture and Agricultural Science Procedia. 4. 88 – 98 p.
- Bendida, A. 2013. The impact of traditional irrigation (Foggara) and modern (drip, pivot) on the resource non-renewable groundwater in the Algerian Sahara. Energy Procedia. 36. 154 – 162 p.
- Capra, A. 2005. Emitter and filter test for wastewater reuse by Drip Irrigation. 3 ed. Florida, US. ASCE. 14 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT).1994. Irrigation – energy planning and management in developing countries. 5 ed. New York, US. FAO. 27 – 41 p.
- Fregoni, M. 2007. Viticultura y cambio climático. Revista Enología. 2. 1 – 9 p.
- Heimann, G. 2000. Remote hydraulic control. Dorot Control Valve – Technical support. Ater resources. bulletin 18. 1 -15 p.

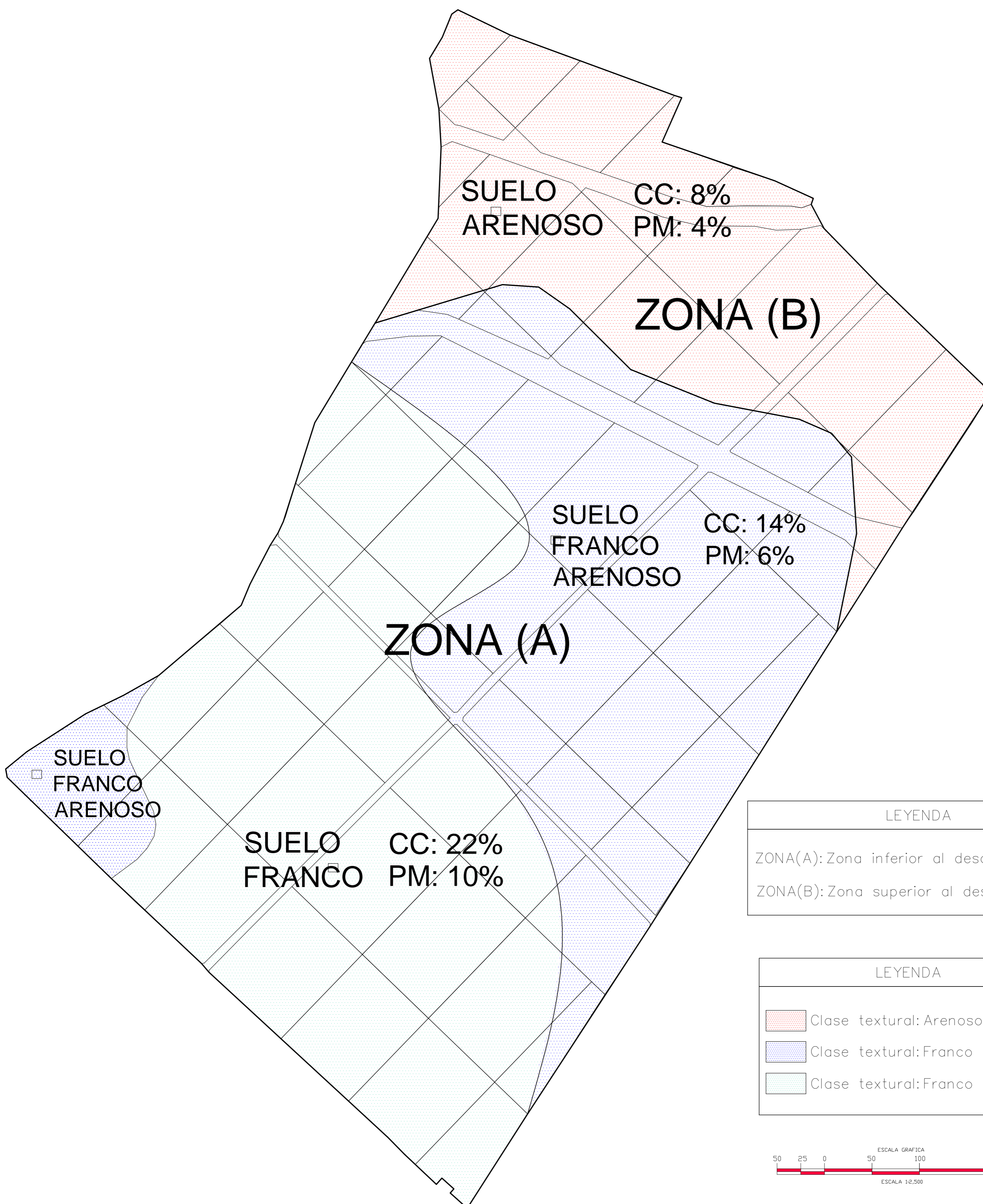
- Hidalgo, L. 1993. Tratado de viticultura general. 1 ed. Zaragoza, ES. Mundi – Prensa. 984 p.
  
- IFAPA (Instituto de investigación y formación agraria y pesquera). 2000. Protocolo para mantenimiento y evaluación de sistemas de riego por goteo. Ed. rev. Andalucía, ES. s.e. 80 – 105 p.
  
- Instituto Geográfico Nacional, 2010. Atlas de mapas de Perú.
  
- ISO 9261:2004 (Organización Internacional de Normalización). 2010. Equipo agrícola de riego. Emisores y tuberías emisoras. Especificaciones y métodos de ensayo. Ed. rev. Madrid, ES. s.e. 24 p.
  
- Jonson, J. 1979. Introductory Soil Science: A Study Guide and Laboratory Manual. 3 ed. New York, US. Ed. MacMillan. 23 p.
  
- López, J. 1978. El diagnóstico de suelos y plantas. Métodos de campo y laboratorio. 4 ed. Cataluña, ES. Mundi-prensa. 33 p.
  
- Mármol, J. 1993. Limpieza y mantenimiento de las instalaciones de riego por goteo. Ed. rev. Madrid, ES. Mundi-prensa. 42 p.
  
- Martínez, F. 1991. Biología de la vid. Fundamentos biológicos de la viticultura. Ed. rev. Madrid, ES. Mundi-Prensa. 16 p.
  
- Merriam, J. y Keller, J. 1978. Farm Irrigation system evaluation: A guide for management. Ed. Rev. Utah, US. s.e. 48 p.
  
- Navarrete, C. 2000. Evaluación comparativa de software Irricad en riego por goteo. Tesis Ing. Civil Agrícola. Chillán, CL, Universidad de Concepción. 73p.



- Pire, M. 1989. El riego de la Vid (*Vitis vinífera* L.) en Tocuyo, estado Lara. Revista agronomía tropical. 1. 135 – 154 p.
  
- Pizarro, F. 1996. Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF). Ed. rev. Madrid, ES. Mundi Prensa. 70 p.
  
- Prawda, J. 1991. Métodos y modelos de investigación de operaciones. 1 ed. México, MX. Limusa. 178 p.
  
- Razuri, L. 1975. Estudios del coeficiente de uniformidad y la eficiencia de aplicación de agua en el sistema de riego de agua. Ed. rev. Mérida, VE. s.e. 120p.
  
- Stuardo, J. 2006. Desarrollo de un programa de apoyo al diseño del microriego. Tesis Ing. Civil Agrícola. Chillán, CL, Universidad de Concepción. 9 - 25p.
  
- UNALM (Universidad Nacional Agraria La Molina, departamento de suelos, PE). 1982. Planificación de los Sistemas Agrícolas de riego. 2 ed. Lima, PE. 30-40 p.
  
- USDA (Department of Agriculture). 1979. Study guide textural classification. Ed. rev. California, US. 7 – 10 p.
  
- Zavaleta, A. 1996. Edafología, el suelo la relación con la producción. Ed. rev. Lima, PE. CONCYTEC. 22 p

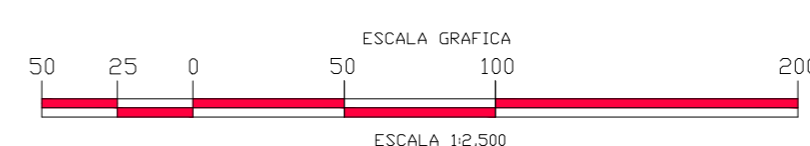
## **X. ANEXO**

## **ANEXO 1**



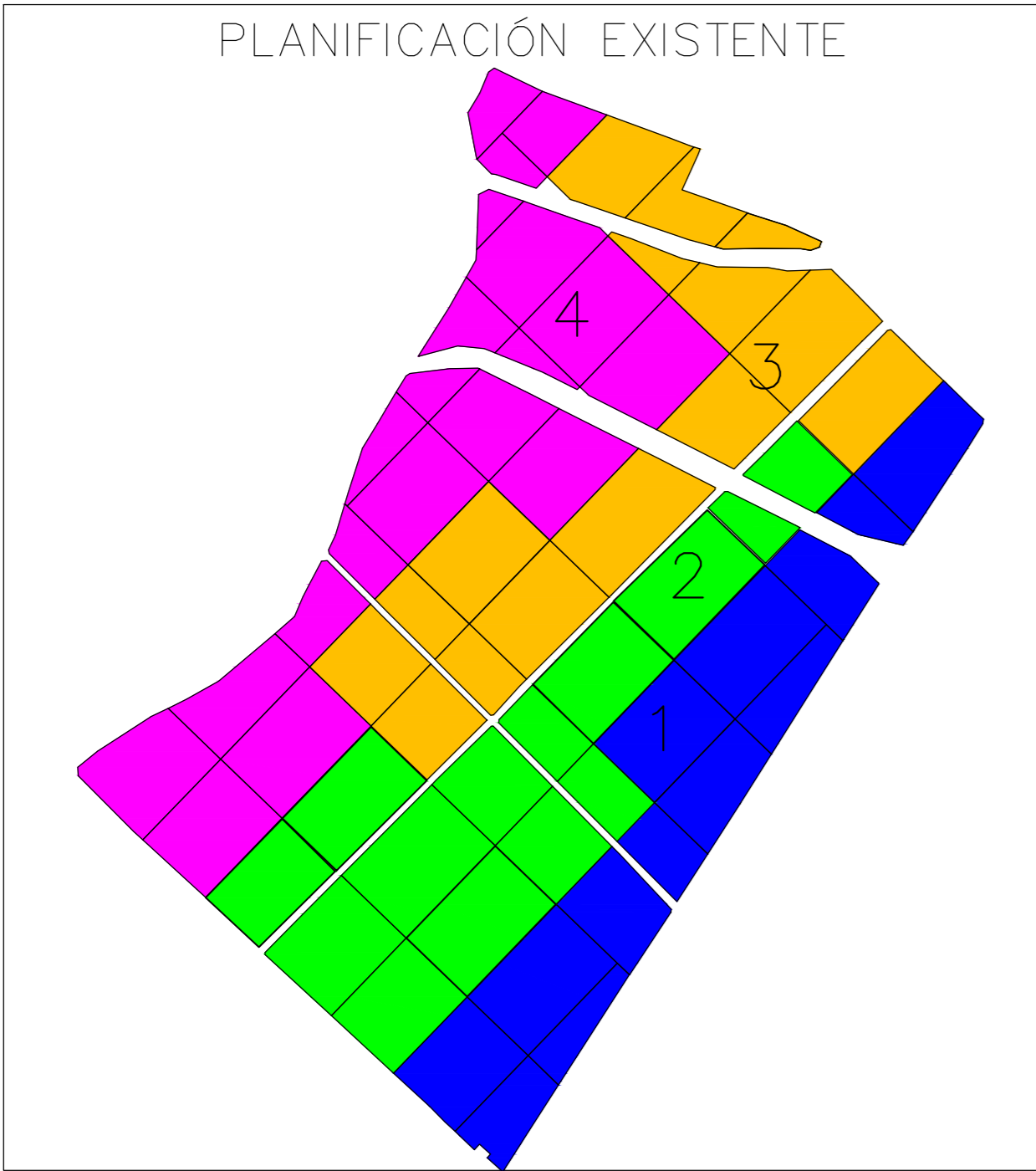
LEYENDA	
ZONA(A):	Zona inferior al desaguedero.
ZONA(B):	Zona superior al desaguedero.

LEYENDA	
	Clase textural: Arenoso
	Clase textural: Franco Arenoso.
	Clase textural: Franco

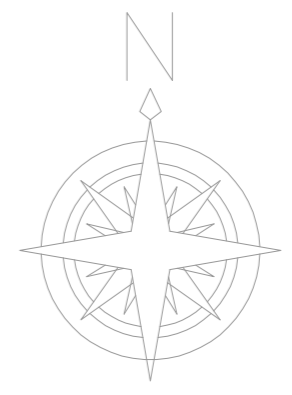
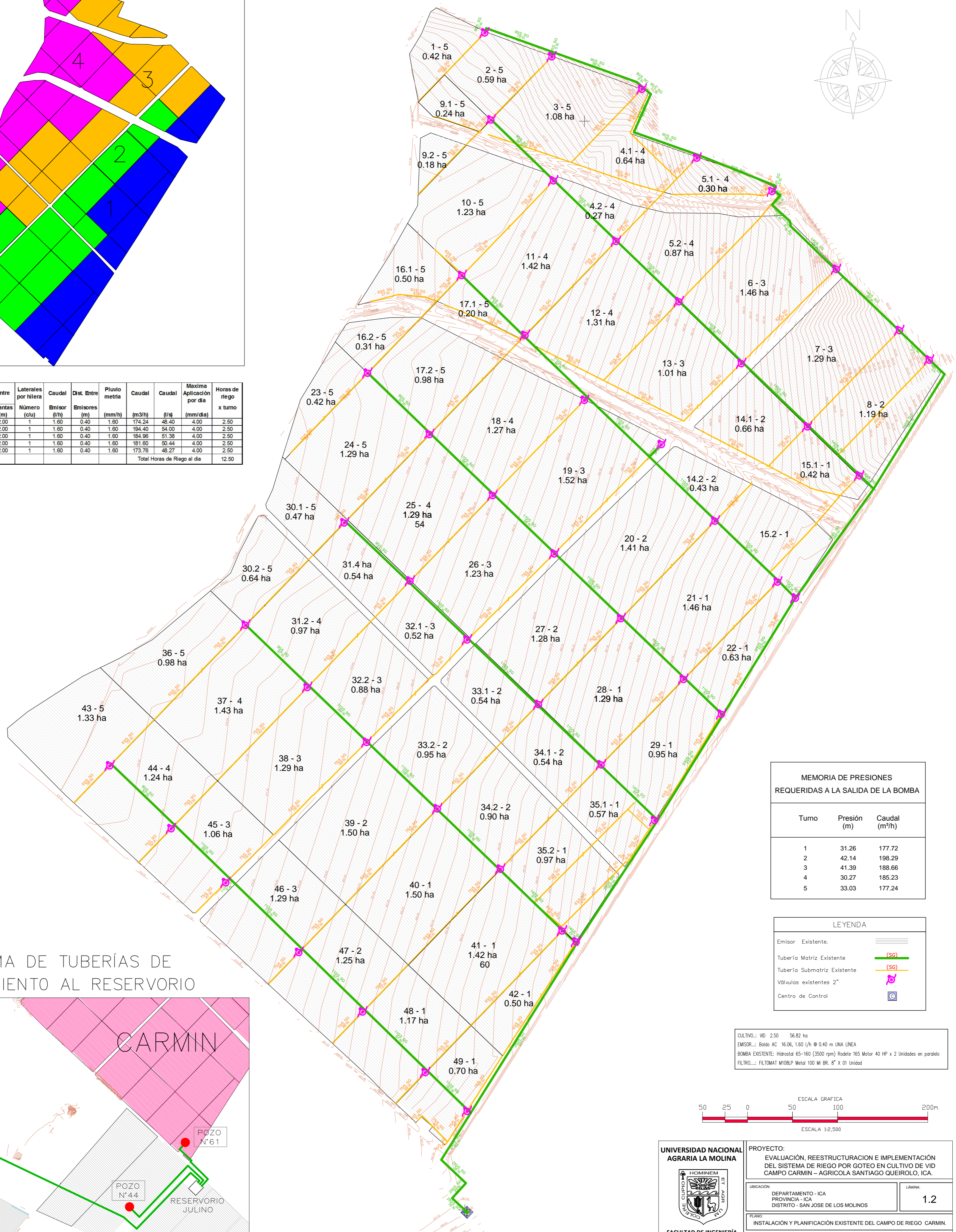


<p>UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</p> <p>HONORARIUM ET AGRI</p> <p>COLLEGIUM QUITO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA</p>	<b>PROYECTO:</b> EVALUACIÓN, REESTRUCTURACION E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO EN CULTIVO DE VID CAMPO CARMIN – AGRICOLA SANTIAGO QUEIROLO, ICA.	
	<b>UBICACIÓN:</b> DEPARTAMENTO - ICA PROVINCIA - ICA DISTRITO - SAN JOSE DE LOS MOLINOS	<b>LÁMINA:</b> <b>1.1</b>
	<b>PLANO:</b> CLASE TEXTURAL DEL SUELO EN CAMPO DE RIEGO CARMIN.	
	<b>ESCALA:</b> 1/2,500	<b>FECHA:</b> 12/12/2016

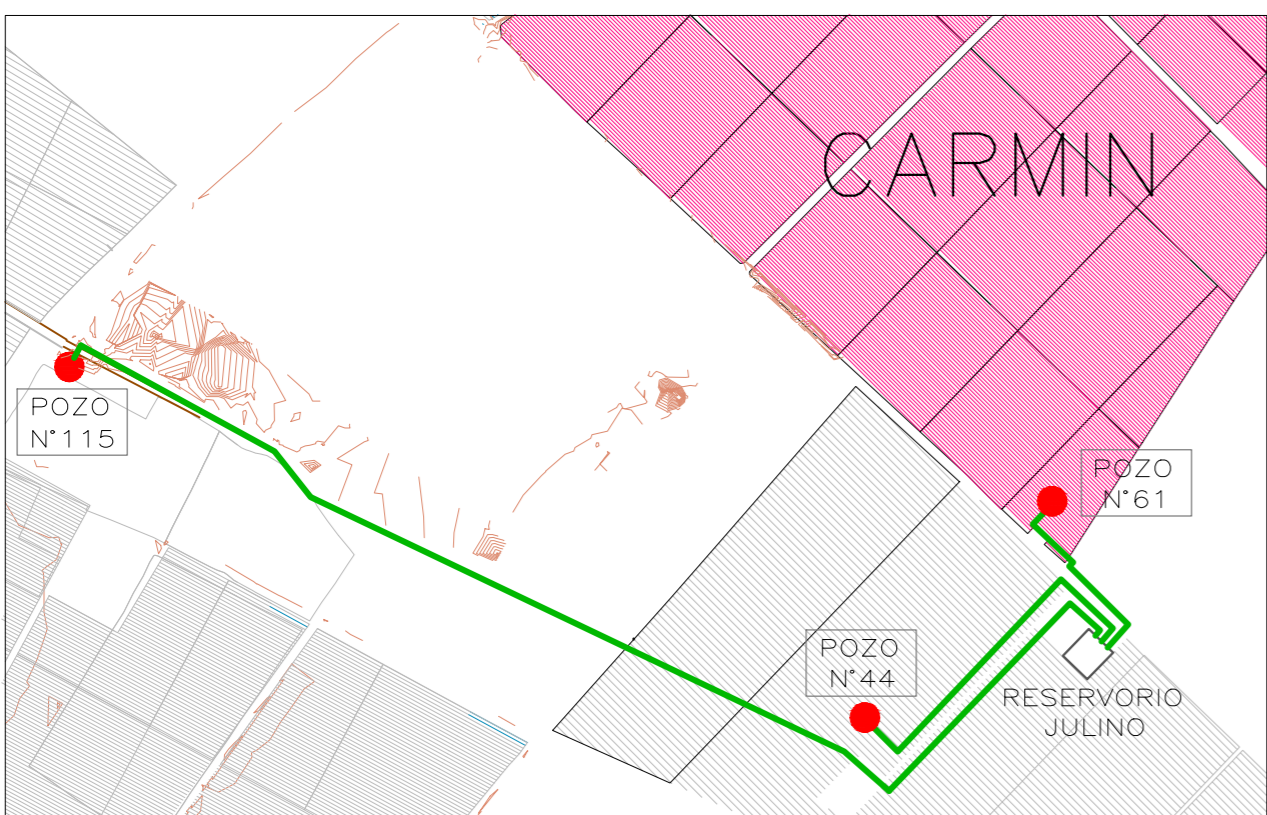
PLANIFICACIÓN EXISTENTE



Turno de riego	Cultivo	Sup. (ha)	Hileras (m)	Plantas (m)	Laterales por hilera (Número)	Caudal Emisor (l/h)	Dist. Entre Emisores (m)	Pluviómetría (mm/h)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Caudal (l/s)	Maxima Aplicación por día (mm/día)	Horas de riego x turno
1	VID	10.88	2.50	2.00	1	1.60	0.40	1.60	174.24	48.40	4.00	2.50
2	VID	12.15	2.50	2.00	1	1.60	0.40	1.50	184.40	50.00	4.00	2.50
3	VID	11.56	2.50	2.00	1	1.60	0.40	1.60	184.96	51.38	4.00	2.50
4	VID	11.35	2.50	2.00	1	1.60	0.40	1.60	181.60	50.44	4.00	2.50
5	VID	10.88	2.50	2.00	1	1.60	0.40	1.60	173.76	48.27	4.00	2.50
TOTAL		56.81							Total Horas de Riego al día			12.50



ESQUEMA DE TUBERÍAS DE ABASTECIMIENTO AL RESERVOIRIO



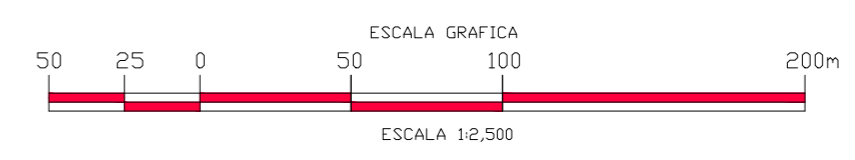
MEMORIA DE PRESIONES REQUERIDAS A LA SALIDA DE LA BOMBA

Turno	Presión (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)
1	31.26	177.72
2	42.14	198.29
3	41.39	188.66
4	30.27	185.23
5	33.03	177.24

LEYENDA

- Emisor Existente.
- Tubería Matriz Existente.
- Tubería Submatriz Existente.
- Válvulas existentes 2".
- Centro de Control.

CULTIVO: VID 2.50 56.82 ha  
 BOMBAS: Bomba AC 150hp, 1.80 l/h @ 0.40 m UNA LINEA  
 BOMBA EXISTENTE: Hélice 65-160 (5000 rpm) Bombe 165 Motor 40 HP x 2 Unidades en paralelo  
 FILTRO: FILTRAT MIPORLP Netz 100 M BR. 8" x 01 Unidad



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

PROYECTO: EVALUACIÓN, REESTRUCTURACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO EN CULTIVO DE VID CAMPO CARMIN - AGRICOLA SANTIAGO QUEIROLO, ICA.

UBICACIÓN: DEPARTAMENTO - ICA, PROVINCIA - ICA, DISTRITO - SAN JOSE DE LOS MOLINOS

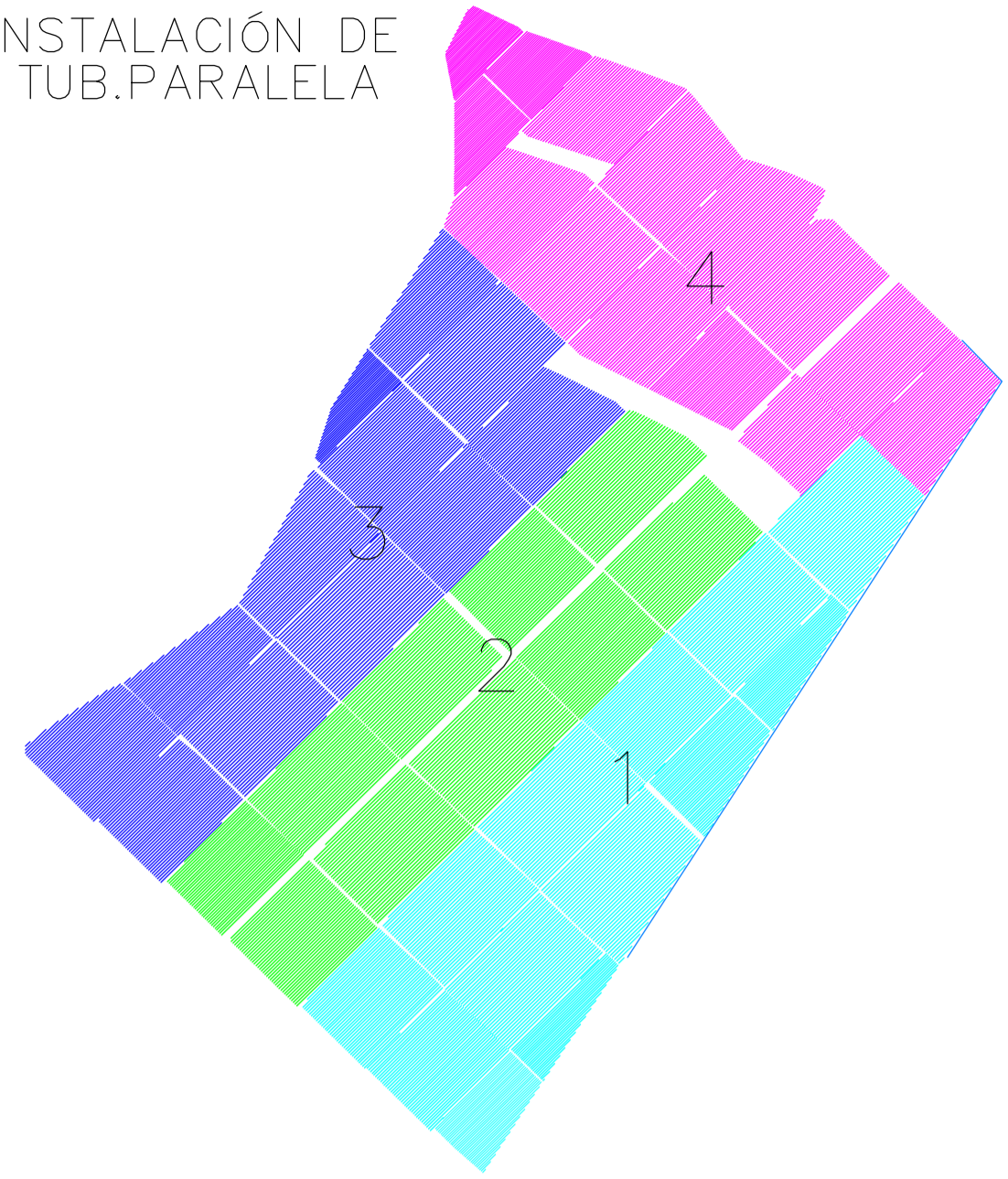
LÁMINA: 1.2

FUENTE: INSTALACIÓN Y PLANIFICACIÓN EXISTENTE DEL CAMPO DE RIEGO CARMIN.

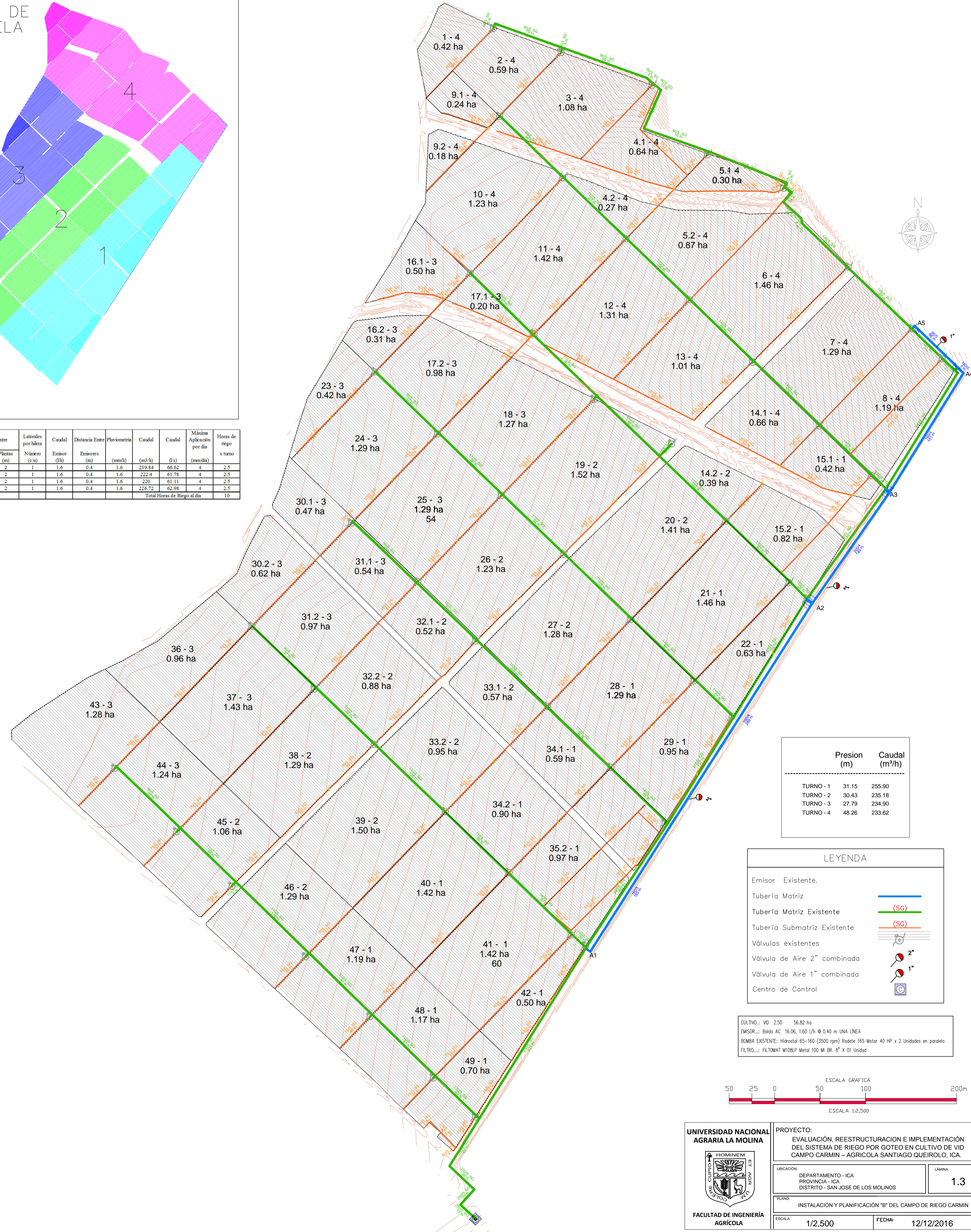
ESCALA: 1/2,500

FECHA: 12/12/2016

INSTALACIÓN DE TUB. PARALELA



Turno	Cultivo	Sup. (ha)	Distancia Entre		Laterales por línea Número	Caudal Emisor (l/h)	Distancia Entre Emisores (m)	Flujo en línea (mm/h)	Caudal (m³/h)	Caudal (l/s)	Máxima Aplicación por día (mm/día)	Horas de riego x turno
			Hilera (m)	Puntas (m)								
1	VID	14.99	2.5	2	1	1.6	0.4	1.6	239.81	66.62	4	2.5
2	VID	13.9	2.5	2	1	1.6	0.4	1.6	222.8	61.78	4	2.5
3	VID	13.75	2.5	2	1	1.6	0.4	1.6	229	63.11	4	2.5
4	VID	14.17	2.5	2	1	1.6	0.4	1.6	226.72	62.98	4	2.5
TOTAL		56.81							Total Horas de Riego al día		10	



	Presión (m)	Caudal (m³/h)
TURNO - 1	31.15	255.90
TURNO - 2	30.43	235.18
TURNO - 3	27.79	234.90
TURNO - 4	48.26	233.62

**LEYENDA**

- Emisor Existente.
- Tubería Matriz
- Tubería Matriz Existente
- Tubería Submatriz Existente
- Válvulas existentes
- Válvula de Aire 2" combinada
- Válvula de Aire 1" combinada
- Centro de Control

CULTIVO.: VID 250 56.82 ha  
 EMISOR.: Bolo AC 16.06, 1.60 l/h @ 0.40 m UNA LINEA  
 BOMBA EXISTENTE: Hidrotat 65-160 (3500 rpm) Rodete 165 Motor 40 HP x 2 Unidades en paralelo  
 FILTRO.: FILTOMAT MICROP Metal 100 Mf BR. 8" x 01 Unidad



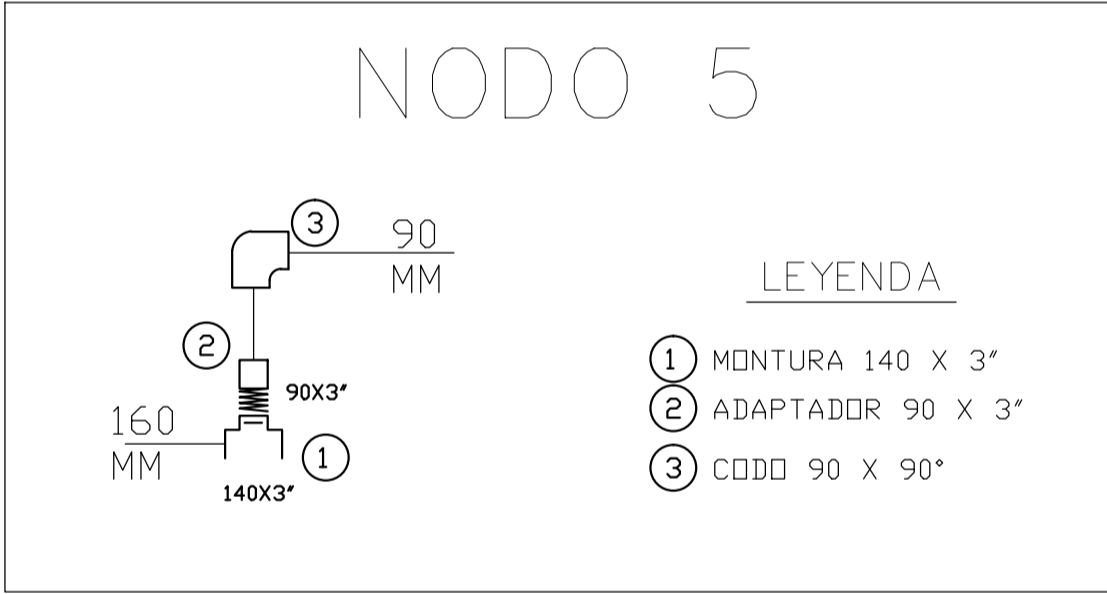
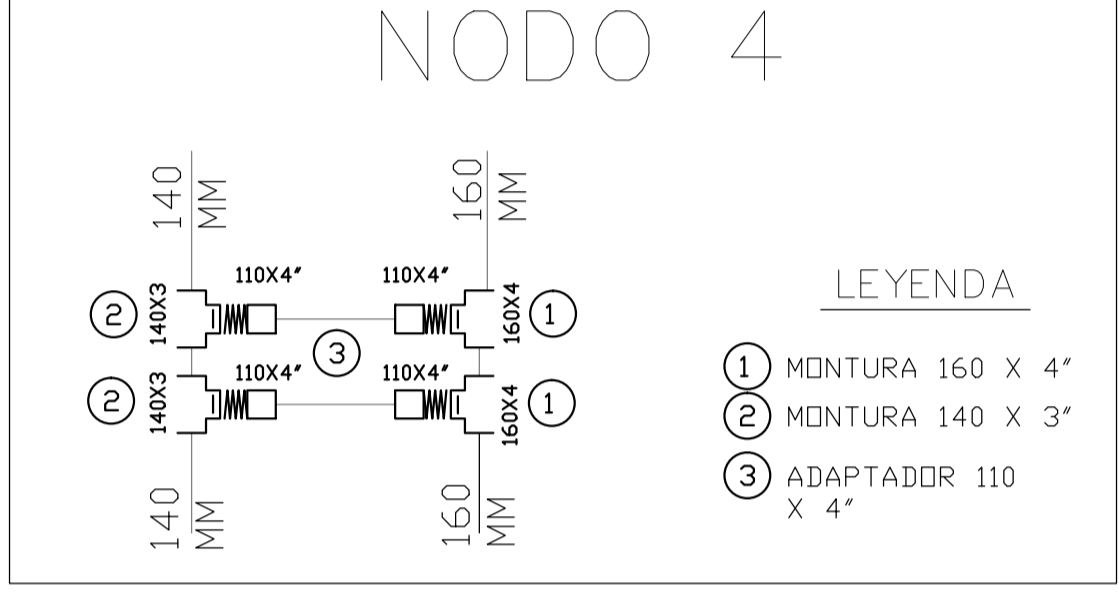
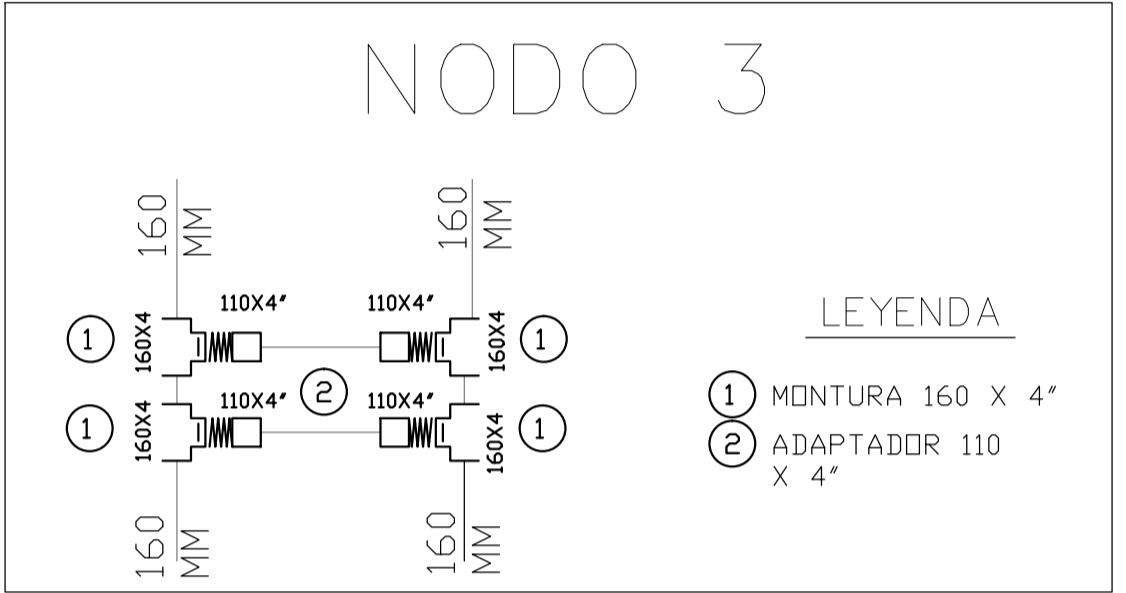
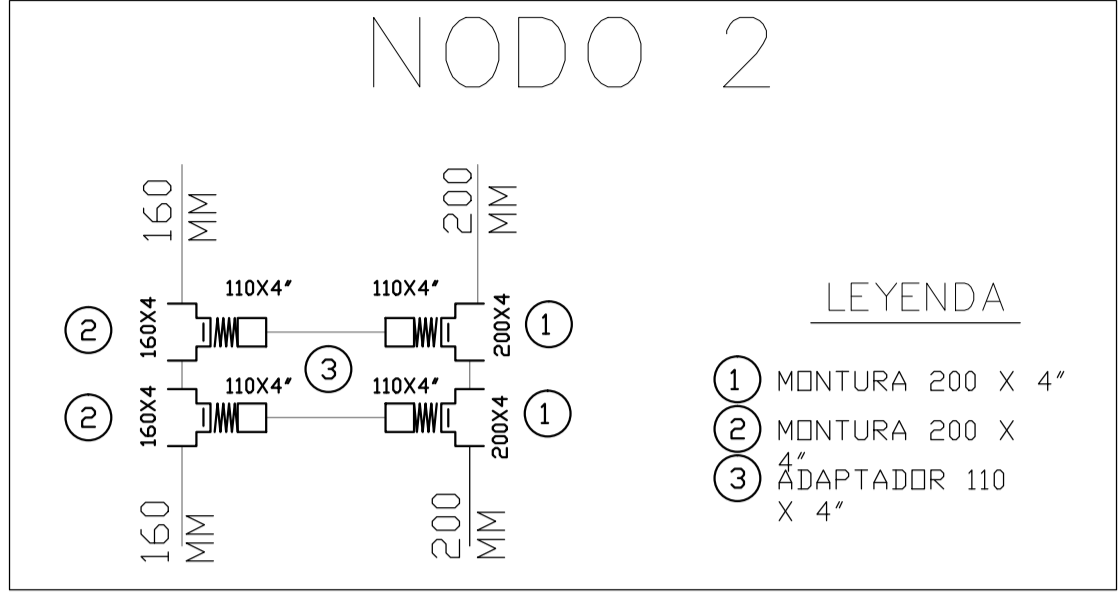
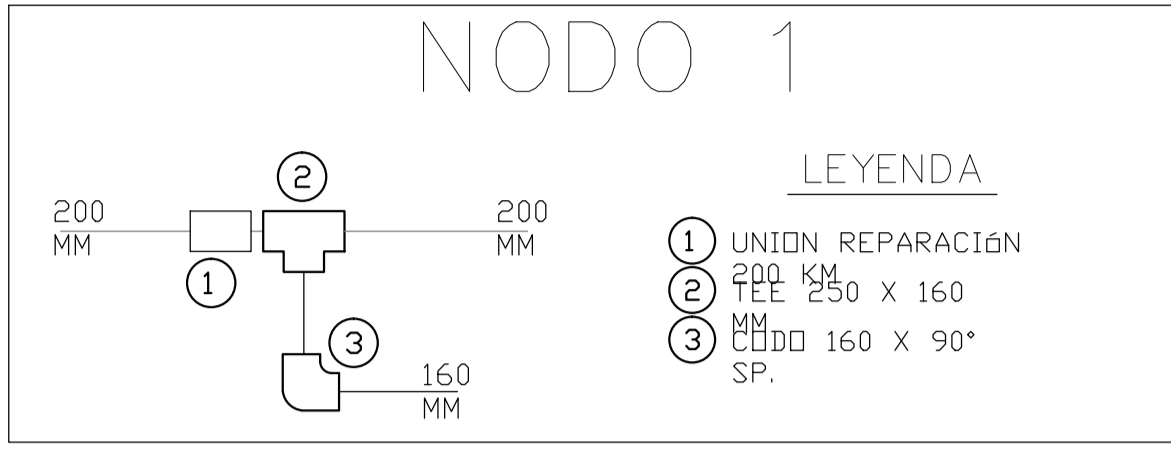
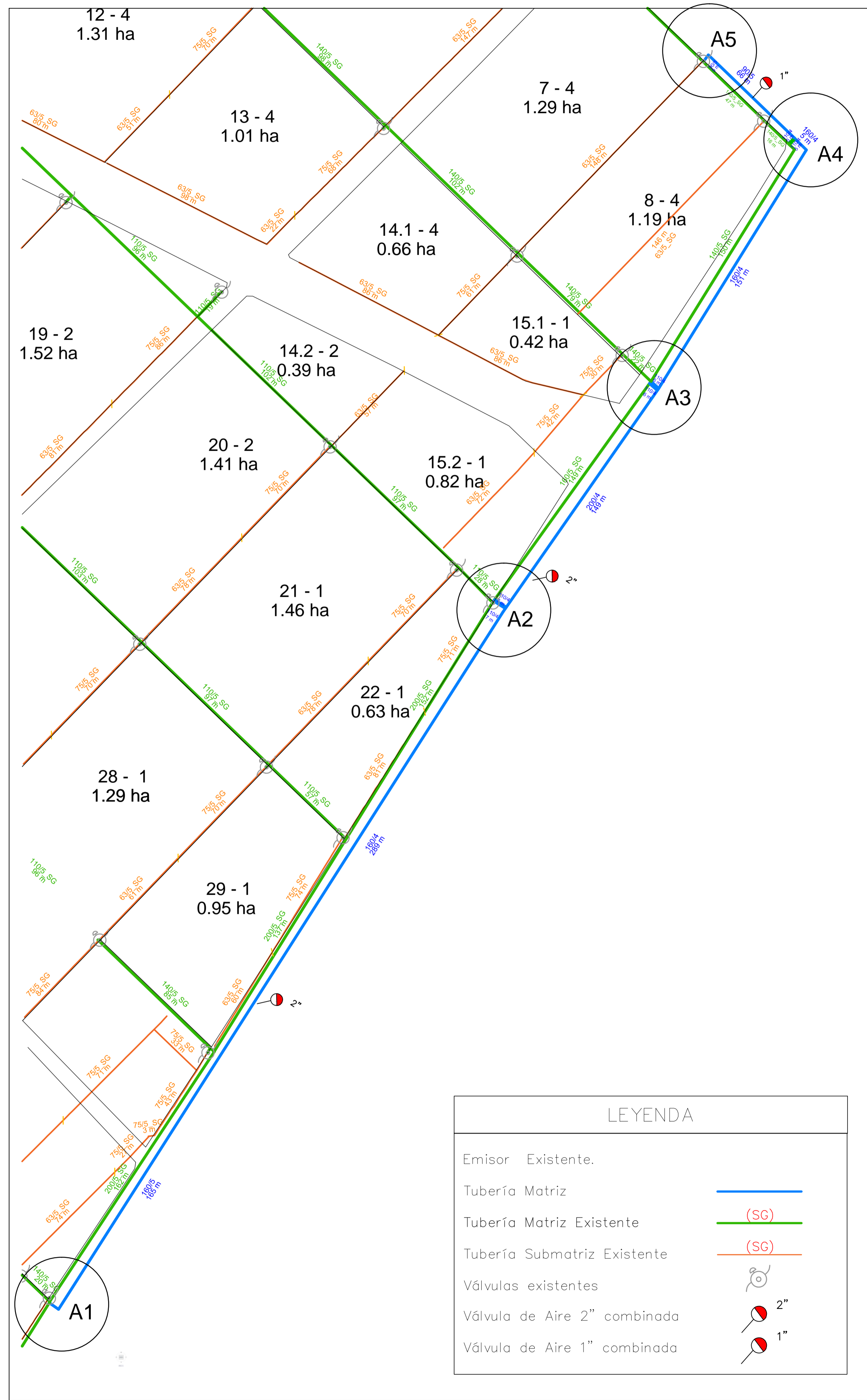
**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**PROYECTO:** EVALUACIÓN, REESTRUCTURACION E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO EN CULTIVO DE VID CAMPO CARMIN - AGRICOLA SANTIAGO QUEIROLO, ICA.

UBICACIÓN: DEPARTAMENTO - ICA, PROVINCIA - ICA, DISTRITO - SAN JOSE DE LOS MOLINOS. LÁMINA: 1.3

PLANO: INSTALACIÓN Y PLANIFICACIÓN "B" DEL CAMPO DE RIEGO CARMIN

ESCALA: 1/2,500. FECHA: 12/12/2016



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

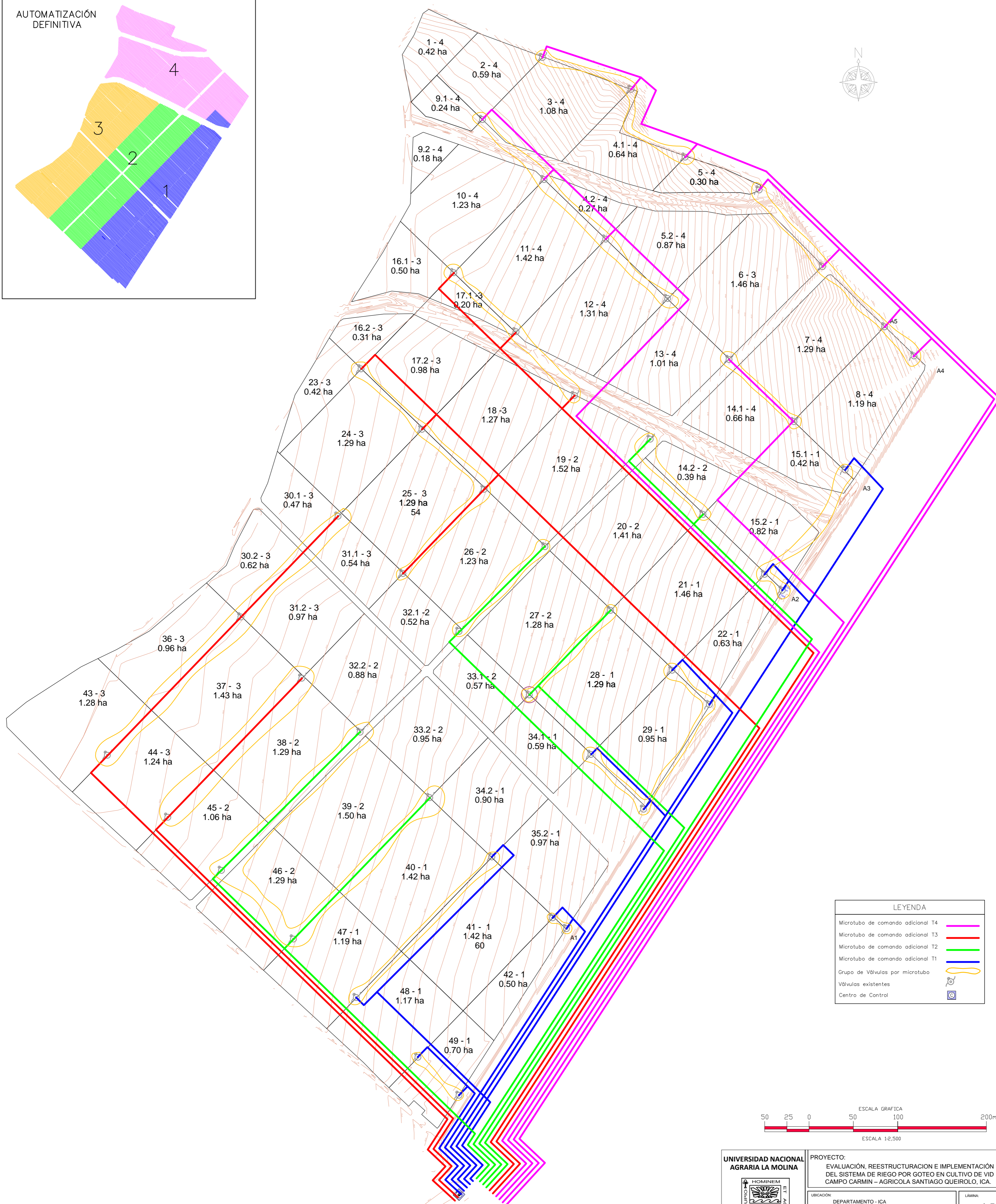
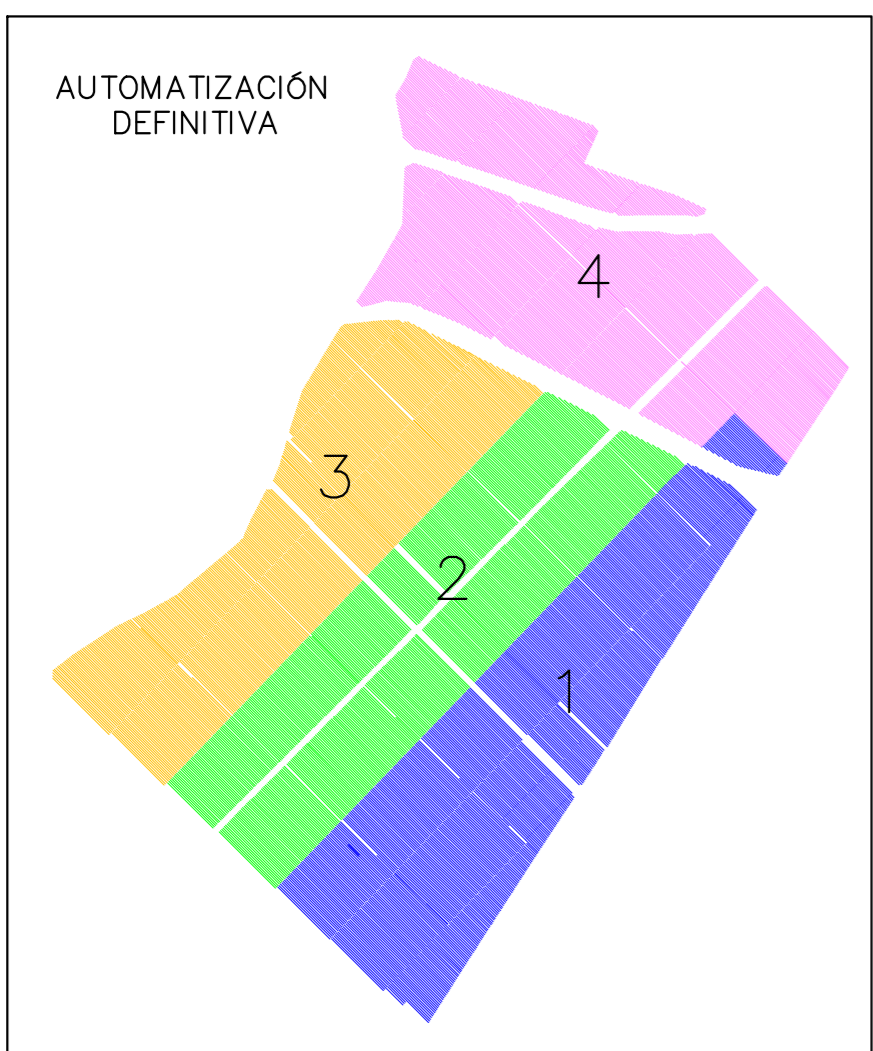
**PROYECTO:**  
EVALUACIÓN, REESTRUCTURACION E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO EN CULTIVO DE VID CAMPO CARMIN – AGRICOLA SANTIAGO QUEIROLO, ICA.

UBICACIÓN: DEPARTAMENTO - ICA  
PROVINCIA - ICA  
DISTRITO - SAN JOSE DE LOS MOLINOS

LÁMINA: **1.4**

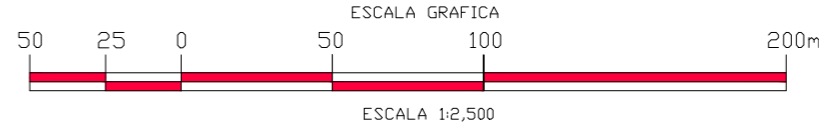
PLANO: DIAGRAMA DE NODOS DE IMPLEMENTACIÓN TUBERÍA MATRIZ

ESCALA: 1/2,500      FECHA: 12/12/2016



**LEYENDA**

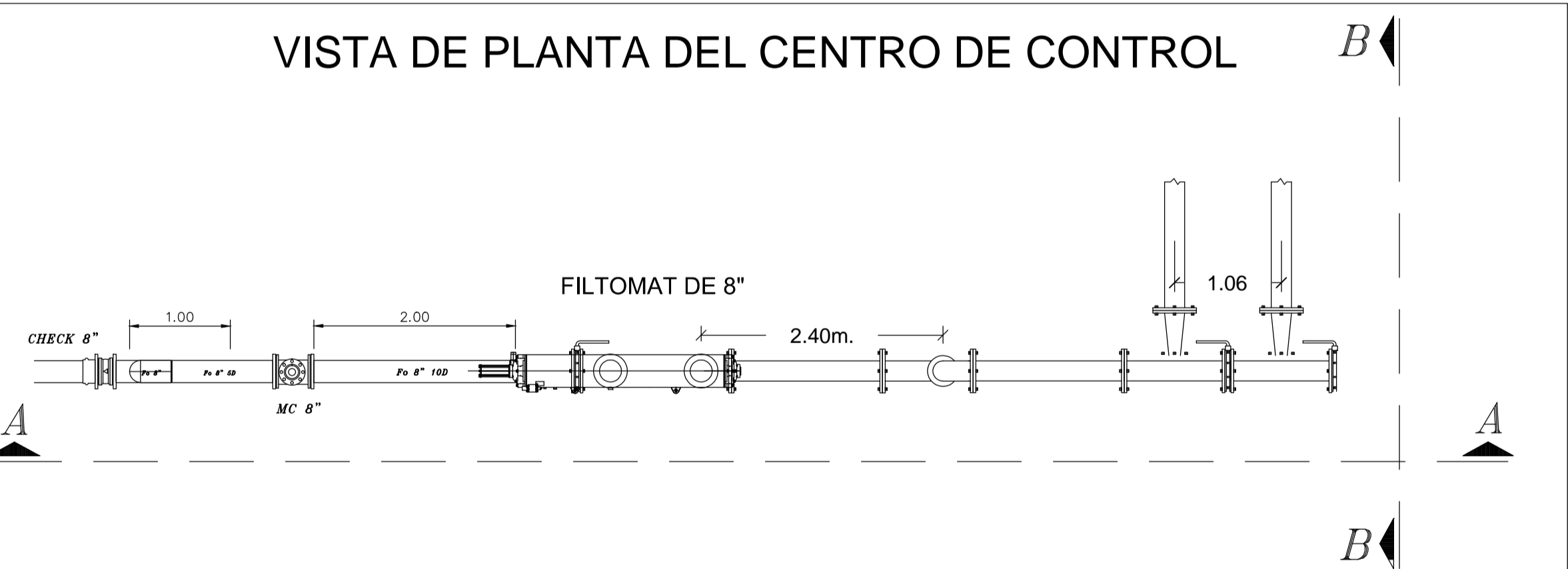
Microtubo de comando adicional T4	
Microtubo de comando adicional T3	
Microtubo de comando adicional T2	
Microtubo de comando adicional T1	
Grupo de Válvulas por microtubo	
Válvulas existentes	
Centro de Control	



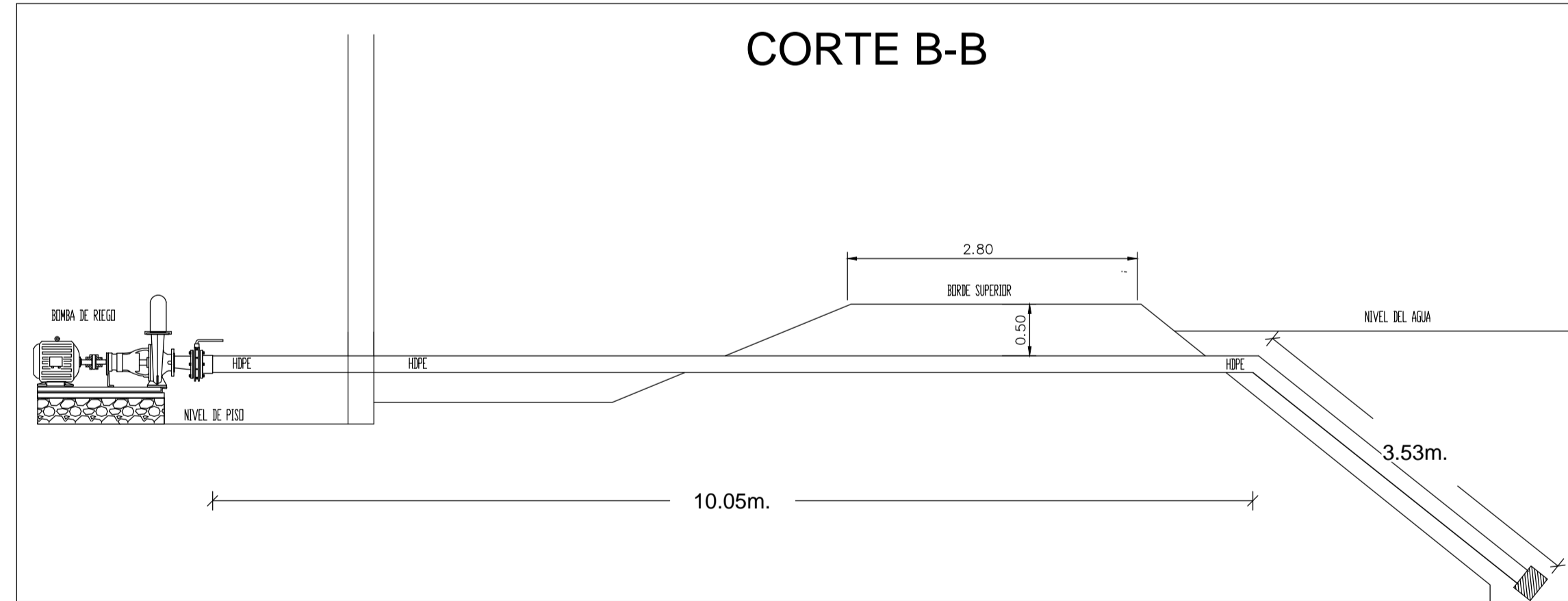
<p>UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</p>	PROYECTO: EVALUACIÓN, REESTRUCTURACION E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO EN CULTIVO DE VID CAMPO CARMIN - AGRICOLA SANTIAGO QUEIROLO, ICA.	
	UBICACIÓN: DEPARTAMENTO - ICA PROVINCIA - ICA DISTRITO - SAN JOSE DE LOS MOLINOS	LÁMINA: <b>1.5</b>
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRICOLA	TÍTULO: AUTOMATIZACIÓN DEFINITIVA CAMPO DE RIEGO CARMIN	FECHA: 12/12/2016
ESCALA: 1/2,500		



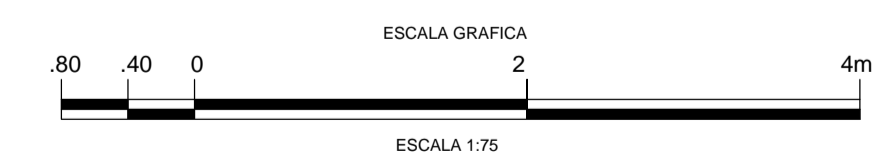
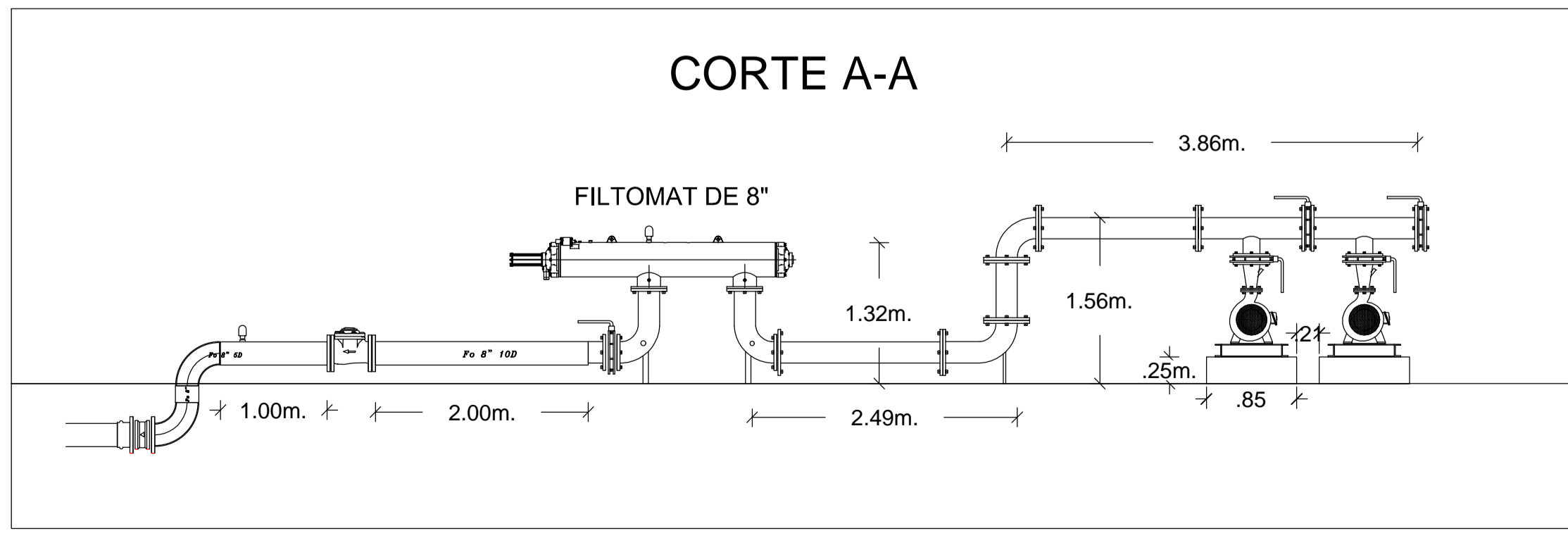
VISTA DE PLANTA DEL CENTRO DE CONTROL




CORTE B-B



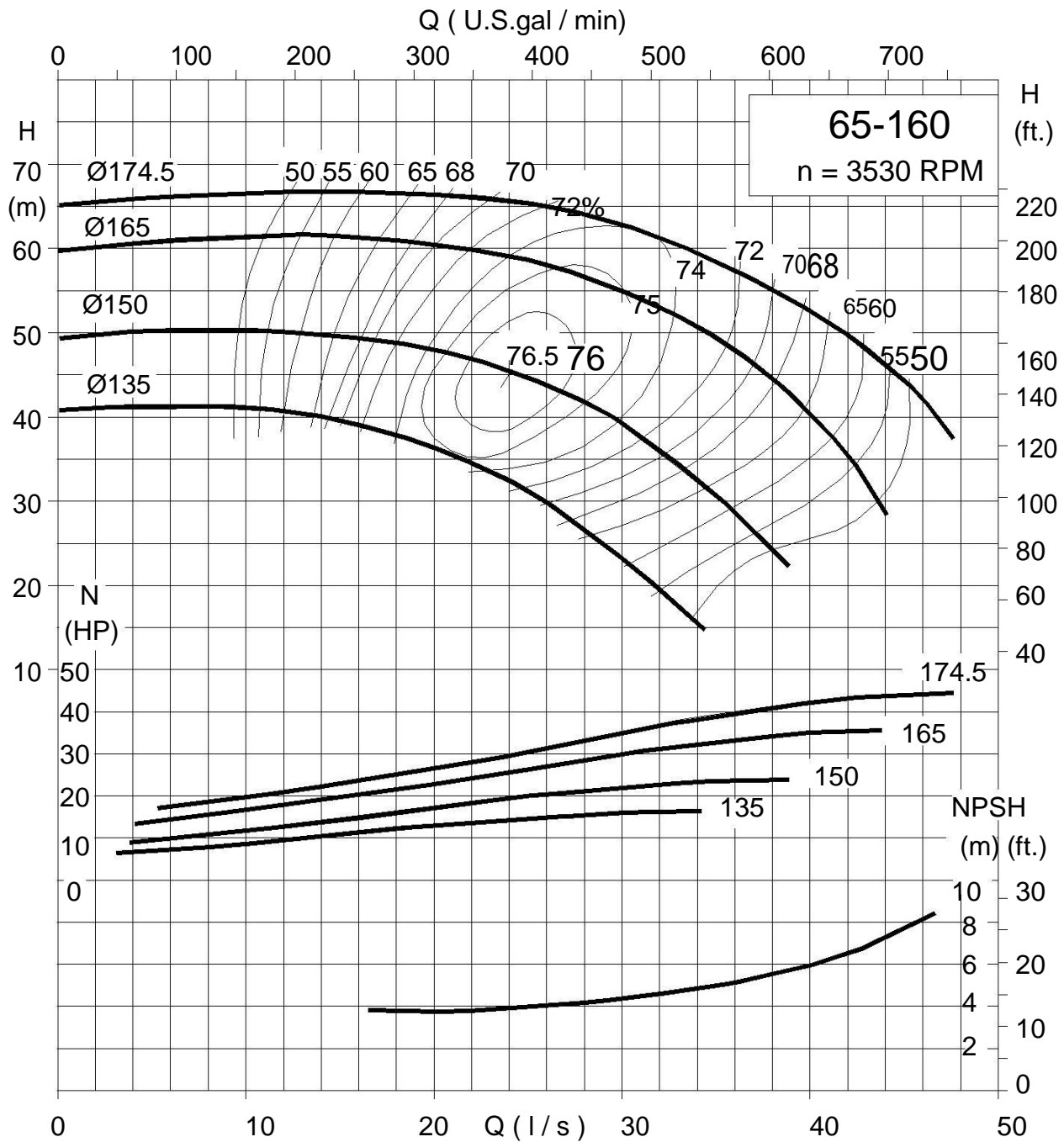
CORTE A-A



 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA	PROYECTO: EVALUACION, REESTRUCTURACION E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEOS EN CULTIVO DE VID CAMPO CARMIN - AGRICOLA SANTIAGO QUIROLO, ICA.	
	UBICACION: DEPARTAMENTO - ICA PROVINCIA - ICA DISTRITO - SAN JOSE DE LOS MOLINOS	LINDA: 1.6
TITULO: CENTRO DE CONTROL RESERVIORIO JULIO		
ESCALA: 1/75	FECHA: 12/12/2016	

## **ANEXO 2**

## CURVAS DE OPERACION A 60 Hz



CURVAS MOSTRADAS PARA BOMBAS CON CAJA EN FIERRO FUNDIDO GRIS O NODULAR CON RECUBRIMIENTO CERAMICO.  
 CURVAS EN CONDICIONES NORMALES DE OPERACION (AGUA LIMPIA A 20°C) DE ACUERDO A NORMA ISO 9906:1999 GRADO 2.

**\*Todas las especificaciones son las vigentes al momento de la emision de las mismas. Como nuestro objetivo es "La mejora continua", entregaremos el producto especificado o mejorado.**

## PRINCIPIOS HIDRAULICOS DE BOMBAS CENTRIFUGAS

### 2.1.1. CONCEPTOS BASICOS:

**a) Caudal:** Es el volúmen de líquido desplazado por la bomba en la unidad tiempo, se expresa generalmente en litros/segundos, metros cúbicos/hora, galones por minuto, etc.

**b) Altura Estática de Succión (s):** Es la distancia vertical en metros a la que se encuentra el nivel del líquido en el reservorio de succión por encima del eje de la bomba.

**c) Altura Estática de Elevación (s):** Es la distancia vertical en metros a la que se encuentra el nivel del líquido en el reservorio de succión por debajo del eje de la bomba.

**d) Altura Estática de Descarga (D):** Es la distancia vertical en metros entre el eje de la bomba y el punto de entrega libre del líquido.

**e) Altura Estática Total (hsD):** Es la distancia vertical en metros que existe entre los niveles de los reservorios de succión y descarga.

Es decir:

$hs_a = D - S$ , en instalaciones con altura de succión.

$hs_a = D + S$ , en instalaciones con elevación de succión.

**f) Altura de Succión (hs):** «Altura de succión» se dice que existe cuando el nivel del líquido a bombear se encuentra por encima del eje de la bomba. Se define como la altura estática de succión (s) menos todas las pérdidas en la línea de succión (hfs) más cualquier presión (el vacío es considerado como un valor negativo) existente en el nivel del líquido a bombear. Ver 1a. y 1b.

**g) Elevación de Succión:** (El símbolo también es  $hs$ .) El término de «Elevación de Succión» se emplea normalmente cuando el nivel del líquido a bombear está por debajo del eje de la bomba y se encuentra a la presión atmosférica.

Es definido como la altura estática de elevación (s) más todas las pérdidas existentes en la línea de succión (hfs). Ver 1c. de Fig. 1.

**h) Altura de Descarga (hd):**

Se define como la suma de la altura estática de descarga (D) más todas las pérdidas en la línea de descarga (hfd) más la presión en el recipiente de descarga (si es cerrado) más la pérdida que se genera en la salida de la tubería de descarga.

**i) Altura Dinámica Total (ADT ó H):** Es la energía neta transmitida al fluido por unidad de peso a su paso por la bomba centrífuga, expresada en unidades de longitud. Esta energía absorbida por el líquido, es la que necesita para vencer la altura estática total más las pérdidas en las tuberías y accesorios del sistema. Se expresa comúnmente en metros (m) y en pies de columna del líquido bombeado. Se calcula como sigue:

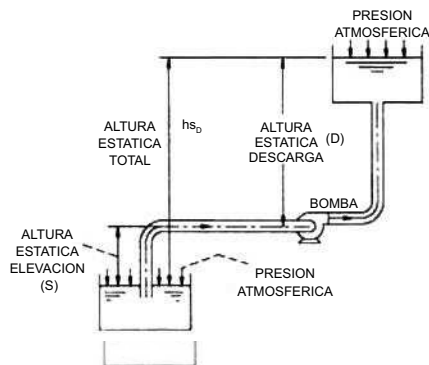
En instalaciones con altura de succión:

$$ADT = hd - hs$$

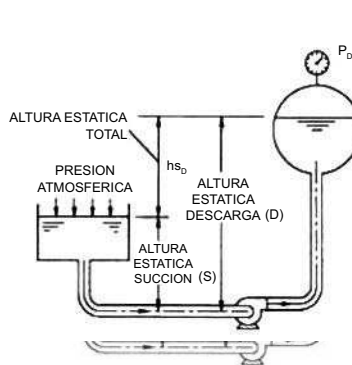
En instalaciones con elevación de succión:

$$ADT = hd + hs$$

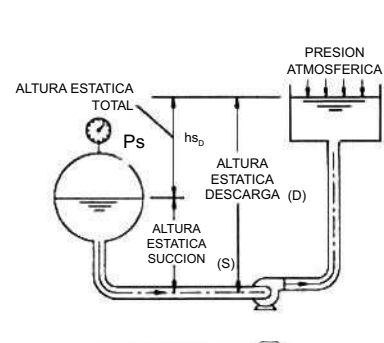
**j) Eficiencia de una bomba centrífuga:** Nos indica el porcentaje de energía neta absorbida o aprovechada por el fluido a su paso por la bomba.



1a. Succión de un reservorio cerrado con presión (Ps) diferente a la atmosférica. Recipiente a mayor altura que eje de bomba.



1b. Succión de un reservorio abierto a la presión atmosférica. Recipiente localizado a mayor altura que eje de bomba.



1c. Succión de un reservorio abierto a la presión atmosférica. Recipiente localizado por debajo de nivel de eje de bomba.

$$\text{Eficiencia (n)} = \frac{\text{Energía neta absorbida por el fluido}}{\text{Energía entregada al eje de la bomba}}$$

Corresponde a la cantidad de energía que dispone el líquido al ingreso de la bomba centrífuga.

**k) Potencia Absorbida por la bomba (N):** Se calcula como sigue:

$$N = \frac{GE \times Q \times H}{362 \times n}$$

- N =Potencia absorbida en KW
- GE =Gravedad específica del fluido bombeado (Para el agua limpia a 15,6°C, GE = 1)
- Q =Caudal bombeado (m<sup>3</sup>/h)
- H =ADT (m)
- n =Eficiencia de la bomba (%)

**l) Viscosidad:** Es la propiedad de un líquido a resistir cualquier fuerza que tienda a producir un flujo. Es evidente que la cohesión entre las partículas de un fluido es la que origina que ofrezca resistencia análoga a la fricción. Un incremento en la temperatura del fluido normalmente reduce la viscosidad, inversamente, una reducción en la temperatura incrementa la viscosidad.

Las pérdidas por fricción en tuberías se incrementan conforme se incrementa la viscosidad.

**m) Efecto de la viscosidad:** Los líquidos viscosos tienden a reducir el caudal, la altura dinámica total y la eficiencia de la bomba, incrementando en consecuencia la potencia absorbida.

**n) Gravedad específica (GE):** La gravedad específica de un fluido es definido como el resultado de dividir la masa del fluido (a la temperatura que se encuentre) entre la masa de un volumen igual de agua.

Se toma como referencia agua a 15.6°C (60°F).

**o) NPSH:** Siglas en Inglés de «Net Positive Suction Head» que significa Altura Neta de Succión Positiva.

### 2.1.2 NPSH Y CAVITACION:

Durante la operación de la bomba centrífuga, no debe permitirse que la presión en cualquier punto dentro de la bomba caiga por debajo de la presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo. Debe haber siempre suficiente energía disponible en la succión de la bomba para conseguir que el fluido ingrese al impulsor venciendo las pérdidas entre la brida de succión y la entrada al impulsor.

La Cavitación es un fenómeno que ocurre cuando la presión absoluta dentro del impulsor se reduce hasta alcanzar la presión de vapor del líquido bombeado y se forman burbujas de vapor. Estas burbujas colapsan antes de salir del impulsor originando erosión del material con el que esta en contacto.

La Cavitación se manifiesta como ruido, vibración, reducción del caudal, de la presión de descarga y de la eficiencia. Con el tiempo, todos los elementos de la bomba en contacto con la cavitación presentan una fuerte erosión.

Debemos diferenciar los dos valores de NPSH que se consideran en el campo de las Bombas Centrífugas: NPSH disponible y NPSH requerido.

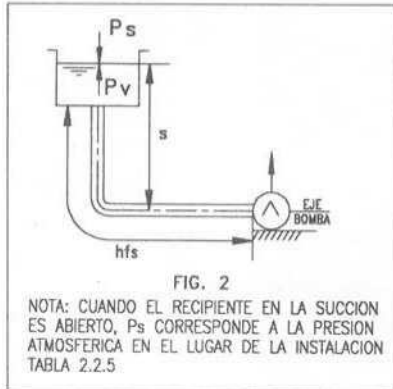
**NPSH disponible (NPSH<sub>d</sub>):** Es la cantidad de energía disponible (referido al eje de la bomba) sobre la presión de vapor que dispone el líquido en la brida de succión de la bomba a la temperatura de bombeo. Se expresa en metros de columna del líquido bombeado.

El NPSH disponible depende de las **características del sistema** en el cual opera la bomba, del caudal y de las condiciones del líquido que se bombea, tales como: clase de líquido, temperatura, gravedad específica, entre otras.

**CALCULO DEL NPSH DISPONIBLE:**

El NPSH disponible puede ser calculado por la siguiente ecuación:

$$NPSHD = \frac{(P_s - P_v)}{9850 \times GE} \pm s - h_{fs}$$



Donde :

NPSH<sub>D</sub> : NPSH disponible en metros (m)

Ps : **Presión absoluta** en el recipiente de succión en pascal (Pa). Ver tabla 2.2.5

Pv : Presión de vapor absoluta del líquido en pascal (Pa) a la temperatura de bombeo. Ver tabla 2.2.4

GE : Gravedad específica del líquido a la temperatura de bombeo. Ver tabla 2.2.4.

s : Altura de succión estática (+) ó altura de elevación estática (-) en metros (m).

hfs : Pérdida de energía por fricción en la línea de succión expresada en metros (m) del líquido bombeado.

**Ejemplo:**

Calcular el NPSH disponible (NPSH<sub>D</sub>) de una instalación con elevación de succión (Nivel del reservorio de succión por debajo de la bomba) utilizando los siguientes datos:

Fluido: agua

Pérdidas en la Succión: 0.6 mts.

Temperatura: 27°C.

Elevación Estática de Succión: 3 mts.

Altitud: 2,400 msnm.

Reservorio de succión abierto a la presión atmosférica.

**Entonces:**

Ps = 76,141 Pa (presión atmosférica a 2400 msnm, ver tabla 2.2.5).

Pv = 3,564 Pa (presión de vapor del agua a 27°C, ver tabla 2.2.4)

h<sub>fs</sub> = 0.6 metros

GE = 0.9975 (ver tabla 2.2.4)

S = 3 metros

**Entonces:**

NPSH<sub>D</sub> = (76,141 - 3,564) / 9,850 / 0.9975 - 3 - 0.6 = 3.78 metros.

**NPSH requerido (NPSH<sub>R</sub>)** : Es el valor **mínimo** de la energía disponible sobre la presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo, **requerida** en la brida de succión de la bomba, para permitir que opere satisfactoriamente (sin cavitación) a una determinada velocidad de rotación del impulsor. Se expresa en metros de columna del líquido bombeado.

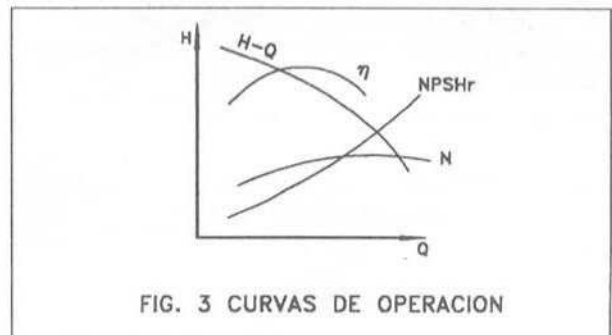
El NPSH requerido depende **exclusivamente del diseño** de la bomba y de las condiciones de operación, siendo su valor proporcionado por el fabricante.

**Para que no cavite una bomba centrífuga** el NPSH disponible debe superar al NPSH requerido, es decir debe cumplirse la siguiente relación:

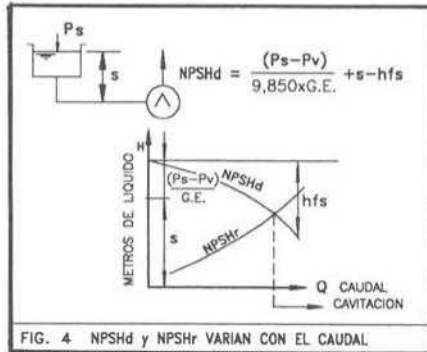
$$NPSH_D > NPSH_R$$

**NPSH y Curvas de Operación**

En el comportamiento de una Bomba Centrífuga, el NPSH<sub>R</sub> se representa en función del caudal, como una curva adicional a las curvas de H - Q, Potencia Absorbida (N) y Eficiencia (η).

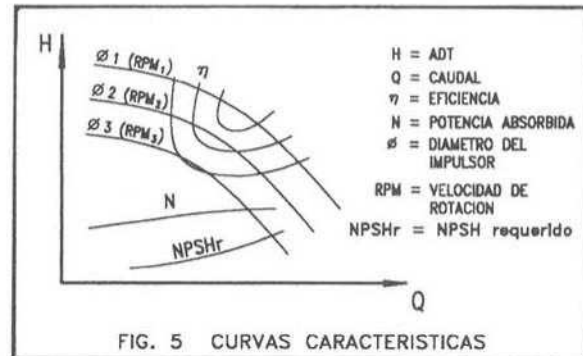


Tanto el  $NPSH_D$  como el  $NPSH_R$  varían con el caudal de bombeo. En las instalaciones, el  $NPSH_D$  se reduce conforme aumenta el caudal, en una magnitud igual a la fricción en la tubería de succión. Por otro lado, el  $NPSH_R$ , que depende del diseño de la bomba, aumenta aproximadamente con el cuadrado del caudal.



### 2.1.3. CURVAS DE BOMBAS CENTRIFUGAS:

La Altura Dinámica Total (ADT), la Eficiencia ( $\eta$ ), el NPSH requerido ( $NPSH_R$ ) y la Potencia Absorbida ( $N$ ), están en función del Caudal ( $Q$ ) tal como se muestra en la fig. 5.



#### Inadecuadas Condiciones de Succión:

Cuando un sistema ofrece un  $NPSH_D$  insuficiente, para una selección óptima de la bomba, hay varias alternativas para resolver el problema.

Podemos encontrar formas para incrementar el  $NPSH_D$ , reducir el  $NPSH_R$  ó conseguir ambas cosas:

Para incrementar el  $NPSH_D$ , podemos:

- 1) Reducir la elevación estática de succión de la instalación, es decir, acercar la bomba al reservorio de succión.
- 2) Reducir las pérdidas de energía en la línea de succión empleando la mínima cantidad de accesorios, aumentando el diámetro de la tubería, etc.
- 3) Enfriar el líquido antes de bombearlo, con la finalidad de disminuir su presión de vapor (en los líquidos calientes)

Para reducir el  $NPSH_R$ , podemos:

- 1) Escoger un modelo de bomba que proporcione el punto de operación requerido a una menor velocidad de rotación.
- 2) Emplear varias bombas en paralelo.

Cada alternativa de solución debe estudiarse en particular antes de tomar una decisión.

Estas curvas se obtienen ensayando la bomba con agua limpia y fría (15.6°C). La bomba puede operar en cualquier punto a lo largo de la curva H-Q, el punto exacto es determinado por el sistema en el cual la bomba es instalada.

#### VARIACION DE LAS CURVAS DE LA BOMBA CENTRIFUGA CON LA VELOCIDAD DE ROTACION DEL IMPULSOR (LEY DE AFINIDAD):

Las relaciones que existen entre el Caudal ( $Q$ ), Altura Dinámica Total (ADT) y Potencia Absorbida ( $N$ ) con los cambios de velocidad del impulsor (RPM), aproximadamente son como sigue:

$$\frac{RPM_1}{RPM_2} = \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\sqrt{ADT_1}}{\sqrt{ADT_2}}$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \left(\frac{RPM_1}{RPM_2}\right)^3$$

Las ecuaciones anteriores pueden resumirse como sigue:

Con la variación de la velocidad, el caudal varía directamente y la altura dinámica total con el cuadrado de la velocidad. La eficiencia no cambia sensiblemente para una variación razonable de velocidades. La potencia absorbida varía con el cubo de la velocidad.

### 2.1.4.1 CURVA DEL SISTEMA:

Un «sistema» es el conjunto de tuberías y accesorios tales como codos, válvulas, uniones, etc., que forman parte de la instalación de una bomba centrífuga.

Cuando queremos seleccionar correctamente una bomba centrífuga, debemos calcular con precisión la «resistencia» al flujo de líquido que ofrece el sistema completo a través de todos sus componentes (tuberías + accesorios).

La bomba debe suministrar la energía necesaria para vencer esta «resistencia», que está formada por la altura estática total más las pérdidas en las tuberías y accesorios. La altura estática total es una magnitud que generalmente permanece constante para diferentes caudales, mientras que la resistencia de las tuberías y accesorios varían con el caudal.

La curva del sistema es una representación gráfica de la energía que se necesita proporcionar al fluido para originar diferentes caudales por el sistema de tuberías y accesorios.

$$H_{\text{sistema}} = h_{sd} \begin{matrix} \text{(altura} \\ \text{estática} \\ \text{total)} \end{matrix} + h_{fsd} \begin{matrix} \text{(pérdidas} \\ \text{totales en} \\ \text{tuberías y} \\ \text{accesorios)} \end{matrix}$$

### NOTAS:

1) Si los reservorios de succión A y descarga B están sometidos a presiones diferentes a la atmosférica, debe sumarse al segundo término de la ecuación anterior la diferencia de presiones manométricas (valor que se lee de un manómetro) que existe entre el recipiente de descarga y el de succión, es decir:  $P_D - P_S$ , cualquier presión menor a la atmosférica debe ser tomado como un valor negativo. Ver figura 6.

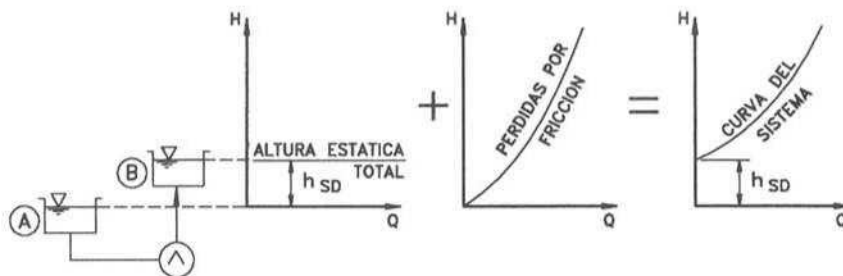


FIG. 8 COMPOSICION DE LA CURVA DEL SISTEMA

2) En el cálculo de las pérdidas totales debe incluirse las pérdidas que se generan en la entrada y salida de las tuberías de succión y descarga respectivamente.

### 2.1.4.2 PUNTO DE OPERACION DE UNA BOMBA CENTRIFUGA:

Si representamos en un solo gráfico la curva H-Q de la bomba y la curva del sistema, ambas curvas se cortarán en un punto. Esta intersección determina exactamente el punto de operación de la bomba instalada en el sistema analizado.

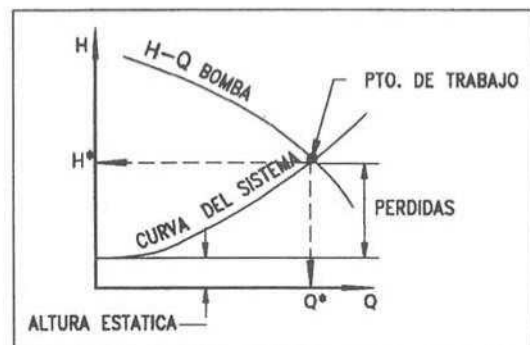


FIG. 7 RELACION ENTRE LAS CURVAS DEL SISTEMA Y DE LA BOMBA

### RECOMENDACION:

La selección óptima de una bomba será aquella en la cual el punto de operación determinado por la «curva del sistema» coincida con el de su máximo rendimiento, sin embargo, en la práctica es habitualmente suficiente que el punto de operación se encuentre en un rango adecuado de rendimiento. Esta recomendación es particularmente importante en el bombeo de líquidos con sólidos delicados en suspensión.

Cuando las condiciones de operación no son constantes, los efectos que éstos producen, pueden ser analizados en detalle mediante la representación de la curva del sistema. Esta representación ha de comprender solamente el conjunto de cambios que se experimentarán con mayor probabilidad, como por ejemplo: variación de la altura estática total, variación de las pérdidas con el envejecimiento en la tubería, etc. ( Fig. 8)



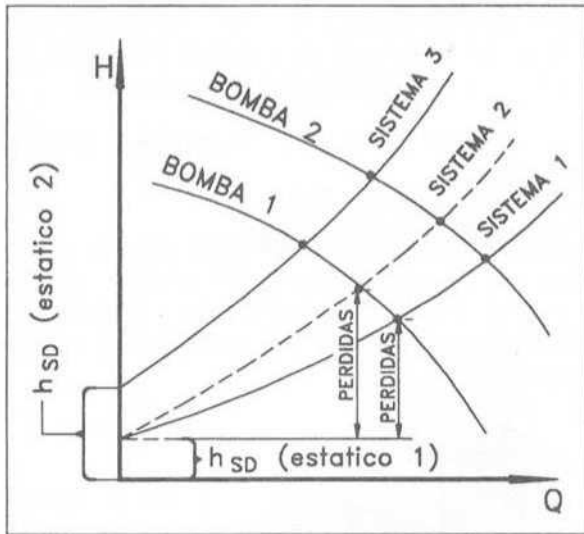


FIG. 8 VARIACION DE LAS CURVAS DEL SISTEMA Y DE LA BOMBA

#### CONCLUSION:

Si se desea determinar correctamente el punto de funcionamiento de una bomba centrífuga, es sumamente importante establecer exactamente la curva del sistema. Conocida aquella, la selección de la bomba más apropiada es rápida.

#### 2.1.5 PAUTAS GENERALES DE SELECCION

##### A) DETERMINACION DE LAS CONDICIONES DE OPERACION:

A.1) Determinar la naturaleza exacta del fluido a bombear. Explicar de qué fluido se trata, su composición, propiedades químicas y físicas entre las que no deben faltar:

- Temperatura de operación.
- Gravedad específica.
- Viscosidad.
- PH.
- Sólidos en suspensión, características, diámetro máximo del sólido, concentración.

A.2) Indicar los caudales máximo y mínimo requeridos.

A.3) Determinar la curva del sistema.

$$H_{\text{sistema}} = h_{\text{sd}} \text{ (altura estática total)} + h_{\text{fsd}} \text{ (pérdidas totales en tuberías y accesorios)}$$

Pérdidas en tuberías.....: Ver tablas 2.2.1 y 2.2.2

Pérdidas en accesorios =  $K V^2/2g$ , K : Ver tablas 2.2.3

- A.4) Determinar el tipo de servicio: continuo o intermitente.
- A.5) Disponibilidad del tipo de energía para el accionamiento: motor eléctrico, de combustión, etc.
- A.6) Especificar las limitaciones del espacio disponible e indicar el tipo de transmisión requerido: transmisión directo por cople flexible, cardán, etc.

##### B) SELECCION DE LA BOMBA:

- B.1 Seleccione la línea adecuada (K, DA) y materiales de acuerdo al caudal, ADT y características del fluido a bombear.
- B.2 Una vez seleccionada la línea (puede ser más de una) pre-seleccione los modelos de acuerdo a la carta de selección general de cada línea.
- B.3 Seleccione la parte hidráulica específica empleando las curvas de performance individuales y la curva del sistema.
- B.4 Verifique las limitaciones de succión (NPSH) de acuerdo al diseño de la línea de succión proyectado o existente.
- B.5 Determine el soporte adecuado de rodamientos.
- B.6 Verifique la capacidad del soporte de rodamientos seleccionado. Ver sección correspondiente.
- B.7 Defina la construcción completa del modelo de bomba seleccionado, incluyendo materiales, método de sellado, tipo de montaje y motor. Referirse al código de descripción indicado en cada línea.
- B.8 Puede ser necesario referirse a la tabla de disponibilidad de bombas para asegurarse que su selección específica es disponible normalmente.
- B.9 Calcule el precio.



# METZERPLAS

## VARDIT

Gotero plano  
miniaturizado  
autocompensante

- Gotero económico miniaturizado, de tipo autocompensante, adecuado para mantener un caudal uniforme dentro de un amplio rango de presiones operacionales y topografías variables.
- Filtro de ingreso expandido y amplios pasajes de agua, para mayor resistencia frente a potenciales obturaciones.
- Basado en el comprobado y eficaz mecanismo de autocompensación frente a laberinto de los goteros ADI y VERED.
- Gotero de precisión, con elevada uniformidad de flujo y bajo CV (< 5%)
- Apto para uso con aguas servidas y recicladas
- Caudales disponibles: 0.9, 1.2, 1.6, 2.1 y 3.4 l/h.
- El lateral de goteo VARDIT se encuentra disponible en un amplio rango de espesores, desde 0.3 a 1.2 mm.
- El lateral de goteo VARDIT se encuentra disponible en un amplio rango de diámetros: 16, 17, 20, 22 y 25 mm.



### Lateral de goteo VARDIT – Especificaciones Técnicas:

Modelo	Diámetro Interno (mm)	Espesor de Pared (mm)	Presión operacional mínima (bar)	Presión operacional máxima (bar)	KD
VARDIT 16	15.8	0.3	0.8	1.5	0.2
		0.4		2.0	
	15.2	0.6		2.5	0.27
	13.8	0.9		3.5	
VARDIT 17	15.8	1.15	0.8	4.3	0.2
	15.0	0.6		2.5	
		0.9		3.5	
VARDIT 20	17.4	1.15	0.8	4.3	0.1
		1.0		3.5	
VARDIT 22	21.0	1.2	0.8	4.3	0.08
VARDIT 25	24.7	1.0	0.8	3.5	0.05



# METZERPLAS

**VARDIT**

Gotero plano miniaturizado autocompensante

VARDIT 16 mm. Longitud máxima del lateral (Diámetro int. 15.2 mm, Espesor 0.6 mm, Presión inicial 2.5 bar):

Caudal nominal (L/H)	Espaciamiento entre goteros (m)						
	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.75	1.00
0.9	240	320	391	455	514	596	721
1.2	184	247	301	351	397	460	556
1.6	153	205	250	292	329	383	463

VARDIT 20 mm. Longitud máxima del lateral (Diámetro int. 17.4 mm, Espesor 1.0 mm, Presión inicial 2.5 bar):

Caudal nominal (L/H)	Espaciamiento entre goteros (m)						
	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.75	1.00
0.9	324	424	511	591	665	767	923
1.2	249	326	394	456	513	593	713
1.6	207	271	328	379	427	493	593

VARDIT 25 mm. Longitud máxima del lateral (Diámetro int. 24.7 mm, Espesor 1.0 mm, Presión inicial 2.5 bar):

Caudal nominal (L/H)	Espaciamiento entre goteros (m)						
	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.75	1.00
0.9	565	732	778	880	1014	1138	1311
1.2	435	565	600	678	782	878	1012
1.6	362	470	499	564	651	731	842

Para mayor información le rogamos contactar al Departamento Técnico de Metzerplas, o visitar nuestra página web: [www.metzerplas.com](http://www.metzerplas.com)

## Información logística para despachos (Cantidad de bobinas por pallet: Bobina ancha - 24 Bobina angosta - 36)

Modelo	Espesor de pared (mm)	Longitud del rollo / bobina (m)	Cantidad por contenedor (Rollo / Bobina)		
			20	40	40 H
VARDIT 16	0.3	1,000 Angosta	360	720	828
	0.4	800 Angosta			
	0.6	Espaciamiento c/20cm - 600 Ancha	264	528	616
		Otros espaciamentos - 800 Ancha			
	0.9	500 Ancha	150	300	350
1.15	400 Rollo				
VARDIT 17	0.6	Espaciamiento c/20cm - 600 Ancha	264	528	616
		Otros espaciamentos - 800 Ancha			
	0.9	500 Ancha	150	300	350
1.15	400 Rollo				
VARDIT 20	0.9	400 Rollo	150	300	350
	1.2	300 Rollo	133	266	300
VARDIT 22	1.00	300 Ancha	264	528	616
VARDIT 25	1.00	300 Ancha	264	528	616



# METZERPLAS

## INBAR

Gotero plano  
miniaturizado, de tipo  
Autocompensante y  
Antidrenante

- Gotero económico miniaturizado, de tipo autocompensante y antidrenante, adecuado para mantener un caudal uniforme dentro de un amplio rango de presiones operacionales y topografías variables.
- El mecanismo de sellado del gotero opera a baja presión (<0.14 bar), conservando el lateral lleno de agua durante los intervalos entre ciclos de riego, ahorrando el tiempo de su re-llenado y asegurando a la vez su entrada inmediata en modo de autocompensación al inicio de un nuevo ciclo.
- El mecanismo anti-sifón previene el ingreso de arena y partículas de suelo al interior del gotero.
- Ideal para uso en sistemas de goteo subterráneos (SDI - Subsurface Drip Irrigation).
- Basado en el comprobado y eficaz mecanismo de autocompensación frente a laberinto de los goteros ADI y VERED.
- Caudales disponibles: 0.9, 1.2, 1.6, 2.1 y 3.4 l/h.
- El lateral de goteo INBAR se encuentra disponible en un amplio rango de espesores, desde 0.3 a 1.2 mm.
- El lateral de goteo INBAR se encuentra disponible en un amplio rango de diámetros: 16, 17, 20, 22 y 25 mm.
- Disponible en la versión *Rootguard*<sup>®</sup>, para protección adicional contra penetración de raíces en sistemas subterráneos.



### Lateral de goteo INBAR – Especificaciones Técnicas:

Modelo	Diámetro Interno (mm)	Espesor de Pared (mm)	Presión operacional mínima (bar)	Presión operacional máxima (bar)	KD
INBAR 16	15.8	0.3	0.8	1.5	0.2
		0.4		2.0	
	15.2	0.6		2.5	0.27
	13.8	0.9		3.5	
INBAR 17	15.8	1.15	0.8	4.3	0.2
		0.6		2.5	
	15.0	0.9		3.5	
INBAR 20	17.4	1.15	0.8	4.3	0.1
		1.0		3.5	
INBAR 22	21.0	1.2	0.8	4.3	0.08
INBAR 25	24.7	1.0	0.8	3.5	0.05

\* La presión operacional mínima recomendada para un lavado eficiente de los laterales es de 0.8 bar.



# METZERPLAS

## INBAR

Gotero plano miniaturizado, de tipo Autocompensante y Antidrenante

INBAR 16 mm. Longitud máxima del lateral (Diámetro int. 15.2 mm, Espesor 0.6 mm, Presión inicial 2.5 bar):

Caudal nominal (L/H)	Espaciamiento entre goteros (m)						
	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.75	1.00
0.8	240	320	391	455	514	596	721
1.2	184	247	301	351	397	460	556
1.6	153	205	250	292	329	383	463

INBAR 20 mm. Longitud máxima del lateral (Diámetro int. 17.4 mm, Espesor 1.0 mm, Presión inicial 2.5 bar):

Caudal nominal (L/H)	Espaciamiento entre goteros (m)						
	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.75	1.00
0.8	324	424	511	591	665	767	923
1.2	249	326	394	456	513	593	713
1.6	207	271	328	379	427	493	593

INBAR 25 mm. Longitud máxima del lateral (Diámetro int. 24.7 mm, Espesor 1.0 mm, Presión inicial 2.5 bar):

Caudal nominal (L/H)	Espaciamiento entre goteros (m)						
	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.75	1.00
0.8	565	732	778	880	1014	1138	1311
1.2	435	565	600	678	782	878	1012
1.6	362	470	499	564	651	731	842

Para mayor información le rogamos contactar al Departamento Técnico de Metzerplas, o visitar nuestra página web: [www.metzerplas.com](http://www.metzerplas.com)

## Información logística para despachos (Cantidad de bobinas por pallet: Bobina ancha - 24 Bobina angosta - 36)

Modelo	Espesor de pared (mm)	Longitud del rollo / bobina (m)	Cantidad por contenedor (Rollo / Bobina)		
			20	40	40 H
INBAR 16	0.3	1000 Angosta	360	720	828
	0.4	800 Angosta			
	0.6	Espaciamiento c/20cm - 600 Ancha	264	528	616
		Otros espaciamientos - 800 Ancha			
	0.9	500 Ancha	150	300	350
1.15	400 Rollo				
INBAR 17	0.6	Espaciamiento c/20cm - 600 Ancha	264	528	616
		Otros espaciamientos - 800 Ancha			
	0.9	500 Ancha	150	300	350
1.15	400 Rollo				
INBAR 20	0.9	400 Rollo	150	300	350
	1.2	300 Rollo	133	266	300
INBAR 22	1.00	300 Ancha	264	528	616
INBAR 25	1.00	300 Ancha	264	528	616



# METZERPLAS

## ASSIF

Gotero plano  
miniaturizado, de tipo  
Autocompensante y  
Anti-sifón

- Gotero económico miniaturizado, de tipo autocompensante y anti-sifón, adecuado para mantener un caudal uniforme dentro de un amplio rango de presiones operacionales y topografías variables.
- El mecanismo anti-sifón previene la aspiración a través de la perforación de salida del gotero.
- Previene el ingreso de arena y partículas de suelo al interior del gotero.
- Ideal para uso en sistemas de goteo subterráneos (SDI - Subsurface Drip Irrigation).
- Basado en el comprobado y eficaz mecanismo de autocompensación frente a laberinto de los goteros ADI y VERED.
- Caudales disponibles: 0.8, 1.2 y 1.6 l/h.
- El lateral de goteo ASSIF se encuentra disponible en un amplio rango de espesores, desde 0.3 a 1.2 mm.
- El lateral de goteo ASSIF se encuentra disponible en un amplio rango de diámetros: 16, 17, 20, 22 y 25 mm.
- Disponible en la versión *Rootguard*<sup>®</sup>, para protección adicional contra penetración de raíces en sistemas subterráneos.



### Lateral de goteo ASSIF – Especificaciones Técnicas:

Modelo	Diámetro Interno (mm)	Espesor de Pared (mm)	Presión operacional mínima (bar)	Presión operacional máxima (bar)	KD
ASSIF 16	15.8	0.3	0.8	1.5	0.2
		0.4		2.0	
	15.2	0.6		2.5	
	13.8	0.9		3.5	0.27
	1.15	4.3			
ASSIF 17	15.8	0.6	0.8	2.5	0.2
	15.0	0.9		3.5	
		1.15		4.3	
ASSIF 20	17.4	1.0	0.8	3.5	0.1
		1.2		4.3	
ASSIF 22	21	1.0	0.8	3.5	0.08
ASSIF 25	24.7	1.0	0.8	3.5	0.05

\* La presión operacional mínima recomendada para un lavado eficiente de los laterales es de 0.8 bar.



# METZERPLAS

## ASSIF

Gotero plano miniaturizado, de tipo Autocompensante y Anti-sifón

ASSIF 16 mm. Longitud máxima del lateral (Diámetro int. 15.2 mm, Espesor 0.6 mm, Presión inicial 2.5 bar):

Caudal nominal (L/H)	Espaciamiento entre goteros (m)						
	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.75	1.00
0.8	240	320	391	455	514	596	721
1.2	184	247	301	351	397	460	556
1.6	153	205	250	292	329	383	463

ASSIF 20 mm. Longitud máxima del lateral (Diámetro int. 17.4 mm, Espesor 1.0 mm, Presión inicial 2.5 bar):

Caudal nominal (L/H)	Espaciamiento entre goteros (m)						
	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.75	1.00
0.8	324	424	511	591	665	767	923
1.2	249	326	394	456	513	593	713
1.6	207	271	328	379	427	493	593

ASSIF 25 mm. Longitud máxima del lateral (Diámetro int. 24.7 mm, Espesor 1.0 mm, Presión inicial 2.5 bar):

Caudal nominal (L/H)	Espaciamiento entre goteros (m)						
	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.75	1.00
0.8	565	732	778	880	1014	1138	1311
1.2	435	565	600	678	782	878	1012
1.6	362	470	499	564	651	731	842

Para mayor información le rogamos contactar al Departamento Técnico de Metzterplas, o visitar nuestra página web: [www.metzerplas.com](http://www.metzerplas.com)

## Información logística para despachos (Cantidad de bobinas por pallet: Bobina ancha - 24 Bobina angosta - 36)

Modelo	Espesor de pared (mm)	Longitud del rollo / bobina (m)	Cantidad por contenedor (Rollo / Bobina)		
			20	40	40 H
ASSIF 16	0.3	1000 Angosta	360	720	828
	0.4	800 Angosta			
	0.6	Espaciamiento c/20cm - 600 Ancha	264	528	616
		Otros espaciamentos - 800 Ancha			
	0.9	500 Ancha	150	300	350
1.15	400 Rollo				
ASSIF 17	0.6	Espaciamiento c/20cm - 600 Ancha	264	528	616
		Otros espaciamentos - 800 Ancha			
	0.9	500 Ancha	150	300	350
1.15	400 Rollo				
ASSIF 20	0.9	400 Rollo	150	300	350
	1.2	300 Rollo	133	266	300
ASSIF 22	1.00	300 Ancha	264	528	616
ASSIF 25	1.00	300 Ancha	264	528	616



# METZERPLAS

## LIN

Gotero Plano  
Integral

- Lateral de goteo Integral No autocompensante, con goteros planos integrados a la manguera aplicando la ultramoderna tecnología de inserción de Metzterplas.
- Una amplia superficie de filtrado en la entrada de agua y el flujo turbulento a lo largo de su laberinto aseguran su operación continua.
- Disponible en un amplio rango de espesores de pared, desde 0.15mm hasta 1.2 mm
- Caudales disponibles: 0.8 , 1.2 , 1.6 , 2.0 y 4.0 l/h
- Diámetros de los laterales: 12, 16, 17, 20 y 22 mm.
- Disponible en la versión *Rootguard*<sup>®</sup>, especialmente acondicionada para protección extra contra la penetración de raíces en sistemas de riego subterráneos.



## Lateral de goteo LIN – Especificaciones Técnicas:

Modelo	Diámetro Interno (mm)	Espesor de Pared (mm)	Presión operacional máxima (bar)	Exponente	KD
LIN 12	11.4	0.2	1.5	0.48	0.3
		0.4			
	11.4	0.6	2.0		
LIN 16	15.8	0.15	1.5	0.48	0.18
		0.2	2.0		
		0.4			
	15.2	0.6	2.5		0.2
	13.8	0.9	3.5		0.25
LIN 17	15.0	0.9	3.5	0.48	0.2
		1.15	4.3		
LIN 20	17.4	0.9	3.5	0.48	0.18
		1.25	4.3		
LIN 22	21.0	1.0	3.5	0.48	0.1

\* La presión operacional mínima recomendada para un lavado eficiente de los laterales es de 0.8 bar.





# METZERPLAS

**LIN**

Gotero Plano Integral

LIN 12 mm. Longitud máxima del lateral (Diámetro int. 11.4 mm, Espesor 0.4 mm, Presión inicial 2.0 bar):

Caudal nominal (L/H)	Espaciamiento entre goteros (m)						
	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.75	1.00
1.2	52	69	85	99	111	129	157
1.6	42	57	70	81	91	106	129
2.0	37	49	60	70	79	92	112
4.0	23	31	38	44	50	58	71

LIN 16 mm. Longitud máxima del lateral (Diámetro int. 15.8 mm, Espesor 0.4 mm, Presión inicial 2.0 bar):

Caudal nominal (L/H)	Espaciamiento entre goteros (m)						
	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.75	1.00
1.2	93	124	151	175	197	229	276
1.6	77	102	124	144	161	188	227
2.0	66	88	107	124	141	163	197
4.0	42	56	68	79	89	103	125

LIN 20 mm. Longitud máxima del lateral (Diámetro int. 17.4 mm, Espesor 0.9 mm, Presión inicial 2.5 bar):

Caudal nominal (L/H)	Espaciamiento entre goteros (m)						
	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.75	1.00
1.2	113	149	181	210	237	274	331
1.6	92	122	149	173	195	226	272
2.0	80	106	129	149	169	196	236
4.0	50	67	82	94	107	124	150

Para mayor información le rogamos contactar al Departamento Técnico de Metzerplas, o visitar nuestra página web: [www.metzerplas.com](http://www.metzerplas.com)

**Información logística para despachos** Cantidad de bobinas por pallet: Bobina ancha - 24 Bobina angosta - 36

Modelo	Espesor de pared (mm)	Longitud del rollo / bobina (m)	Cantidad por contenedor (Rollo / Bobina)		
			20	40	40 h
LIN 12	0.2	2500 Angosta	360	720	828
	0.4	1400 Angosta			
	0.6	1000 Angosta			
LIN 16	0.15	3000 Angosta	360	720	828
	0.2	Espaciamiento superior a c/25 cm 2500 Angosta			
		Espaciamiento c/20 -25 cm 2000 Angosta			
		Espaciamiento inferior a c/20 cm 1600 Angosta			
	0.4	1000 Angosta			
	0.6	800 Ancha			
0.9	500 Ancha				
LIN 20	0.9	300 Angosta	264	528	616
	1.2	400 Rollo	360	720	828
LIN 22	0.4	800 Ancha	150	300	350
	0.6	500 Ancha	264	528	616



# METZERPLAS

## MINILIN

Gotero plano integral miniaturizado, no autocompensante

- Un pequeño gotero plano, integrado a la manguera aplicando la ultranovedosa tecnología de inserción de Metzerplas.
- Destinado a mangueras de bajo espesor de pared: 0.15 mm - 0.25 mm.
- Disponible en mangueras de 16 mm y 22 mm de diámetro.
- Amplia superficie de filtrado en la entrada de agua, diseñada para evitar potenciales taponamientos.
- Caudales disponibles: 1.0 l/h (Próximamente 1.6 l/h).
- Amplio pasaje de agua.
- Laberinto corto de flujo turbulento.
- Ideal para cultivo de hortalizas y plantaciones en hileras.



### Lateral de goteo MINILIN - Especificaciones Técnicas :

Modelo	Diámetro Interno (mm)	Espesor de Pared (mm)	Presión operacional máxima (bar)	Exponente	KD
MINILIN 16	15.8	0.15	1.5	0.5	0.1
		0.20	2.0		
MINILIN 22	21.0	0.20	1.5	0.5	0.05
		0.25	2.0		

\* La presión operacional mínima recomendada para un lavado eficiente de los laterales es de 0.8 bar.



# METZERPLAS

## MINILIN

Gotero plano integral miniaturizado no autocompensante

MINILIN 16 mm. Longitud máxima del lateral (Diámetro int. 15.8 mm, Espesor 0.2 mm, Presión inicial 1.5 bar):

Caudal nominal (L/H)	Espaciamiento entre goteros (m)						
	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.75	1.00
1.0	105	138	167	194	218	251	303
1.6	75	98	119	138	155	179	216

MINILIN 22 mm. Longitud máxima del lateral (Diámetro int. 21.5 mm, Espesor 0.30 mm, Presión inicial 1.5 bar):

Caudal nominal (L/H)	Espaciamiento entre goteros (m)						
	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.75	1.00
1.0	179	234	283	327	368	425	512
1.6	127	166	201	233	262	302	364

Para mayor información le rogamos contactar al Departamento Técnico de Metzerplas, o visitar nuestra página web: [www.metzerplas.com](http://www.metzerplas.com)

## Información logística para despachos

Modelo	Espesor de pared (mm)	Longitud del rollo / bobina (m)		Cantidad por contenedor (Rollo / Bobina)		
				20	40	40 h
MINILIN 16	0.15	3,500	Angosta	360	792	960
	0.2	2,500				
MINILIN 22	0.2	1,800	Angosta	360	792	960
	0.30	1,500				



# METZERPLAS

## LIN

### Gotero Plano Integral

- Lateral de goteo Integral No autocompensante, con goteros planos integrados a la manguera aplicando la ultramoderna tecnología de inserción de Metzterplas.
- Una amplia superficie de filtrado en la entrada de agua y el flujo turbulento a lo largo de su laberinto aseguran su operación continua.
- Disponible en un amplio rango de espesores de pared, desde 0.15mm hasta 1.2 mm
- Caudales disponibles: 0.8 , 1.2 , 1.6 , 2.0 y 4.0 l/h
- Diámetros de los laterales: 12, 16, 17, 20 y 22 mm.
- Disponible en la versión *Rootguard*<sup>®</sup>, especialmente acondicionada para protección extra contra la penetración de raíces en sistemas de riego subterráneos.



## Lateral de goteo LIN – Especificaciones Técnicas:

Modelo	Diámetro Interno (mm)	Espesor de Pared (mm)	Presión operacional máxima (bar)	Exponente	KD	
LIN 12	11.4	0.2	1.5	0.48	0.3	
		0.4				
		0.6	2.0			
LIN 16	15.8	0.15	1.5	0.48	0.18	
		0.2	1.8			
		0.4	2.0			
	15.2	0.6	2.5			0.2
	13.8	0.9	3.5			0.25
LIN 17	15.0	0.9	3.5	0.48	0.2	
		1.15	4.3			
LIN 20	17.4	0.9	3.5	0.48	0.18	
		1.25	4.3			
LIN 22	21.0	0.25	1.8	0.48	0.95	
		0.4	2.0			
		0.6	2.5			
		1.0	3.5			

\* La presión operacional mínima recomendada para un lavado eficiente de los laterales es de 0.8 bar.



# METZERPLAS

**LIN**

Gotero Plano Integral

LIN 12 mm. Longitud máxima del lateral (Diámetro int. 11.4 mm, Espesor 0.4 mm, Presión inicial 2.0 bar):

Caudal nominal (L/H)	Espaciamiento entre goteros (m)						
	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.75	1.00
1.2	52	69	85	99	111	129	157
1.6	42	57	70	81	91	106	129
2.0	37	49	60	70	79	92	112
4.0	23	31	38	44	50	58	71

LIN 16 mm. Longitud máxima del lateral (Diámetro int. 15.8 mm, Espesor 0.4 mm, Presión inicial 2.0 bar):

Caudal nominal (L/H)	Espaciamiento entre goteros (m)						
	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.75	1.00
1.2	93	124	151	175	197	229	276
1.6	77	102	124	144	161	188	227
2.0	66	88	107	124	141	163	197
4.0	42	56	68	79	89	103	125

LIN 20 mm. Longitud máxima del lateral (Diámetro int. 17.4 mm, Espesor 0.9 mm, Presión inicial 2.5 bar):

Caudal nominal (L/H)	Espaciamiento entre goteros (m)						
	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.75	1.00
1.2	113	149	181	210	237	274	331
1.6	92	122	149	173	195	226	272
2.0	80	106	129	149	169	196	236
4.0	50	67	82	94	107	124	150

Para mayor información le rogamos contactar al Departamento Técnico de Metzerplas, o visitar nuestra página web: [www.metzerplas.com](http://www.metzerplas.com)

**Información logística para despachos** Cantidad de bobinas por pallet: Bobina ancha - 24 Bobina angosta – 36

Modelo	Espesor de pared (mm)	Longitud del rollo / bobina (m)	Cantidad por contenedor (Rollo / Bobina)		
			20	40	40 h
LIN 12	0.2	2500 Angosta	360	720	828
	0.4	1400 Angosta			
	0.6	1000 Angosta			
LIN 16	0.15	3000 Angosta	360	720	828
	0.2	Espaciamiento superior a c/25 cm 2500 Angosta			
		Espaciamiento c/20 -25 cm 2000 Angosta			
		Espaciamiento inferior a c/20 cm 1600 Angosta			
	0.4	1000 Angosta			
0.6	800 Ancha				
LIN 20	0.9	500 Ancha	264	528	616
	0.9	300 Ancha			
	1.2	400 Rollo			
LIN 22	0.25	1000 Angosta	264	528	616
	0.4	800 Ancha			
	0.6	500 Ancha			
	1.0	300 Ancha			



# METZERPLAS

## ADI

Gotero cilíndrico  
autocompensante

- Gotero cilíndrico autocompensante, con mecanismo único de compensación frente a laberinto.
- Sistema de filtrado interno con triple entrada, y superficie de filtrado diez veces superior a la de cualquier otro emisor existente en el mercado.
- Elevada resistencia frente a obturaciones.
- Ideal para uso con aguas servidas y recicladas.
- Amplio rango de compensación de presión, hasta 4.3 bar.
- Diámetros de los laterales: 16, 18 y 20 mm.
- Caudales: 1.6 , 2.2 y 3.5 l/h
- Disponible en la versión *Rootguard*®, especialmente acondicionada para protección extra contra la penetración de raíces en sistemas de riego subterráneos.



### Lateral de goteo ADI – Especificaciones Técnicas:

Modelo	Diámetro Interno (mm)	Espesor de Pared (mm)	Presión operacional mínima (bar)	Presión operacional máxima (bar)	KD
ADI 16	13.8	0.9	0.8	3.5	1.12
		1.15	0.8	4.3	0.95
ADI 18	15.8	1.2	0.8	4.3	0.95
ADI 20	17.4	1.0	0.8	3.5	0.85
		1.25	0.8	4.3	0.6

\* La presión operacional mínima recomendada para un lavado eficiente de los laterales es de 0.8 bar.



# METZERPLAS

**ADI**

Gotero cilíndrico autocompensante

**ADI 16 mm. Longitud máxima del lateral (Diámetro int. 13.8 mm, Espesor 0.9 mm, Presión inicial 2.5 bar):**

Caudal nominal (L/H)	Espaciamiento entre goteros (m)						
	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.75	1.00
1.6	92	132	168	203	235	280	349
2.2	78	111	141	170	196	233	290
3.5	56	80	103	124	143	172	214

**ADI 18 mm. Longitud máxima del lateral (Diámetro int. 15.8 mm, Espesor 1.2 mm, Presión inicial 2.5 bar):**

Caudal nominal (L/H)	Espaciamiento entre goteros (m)						
	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.75	1.00
2.0	93	134	171	205	238	284	355
3.5	65	92	118	142	166	198	247

**ADI 20 mm. Longitud máxima del lateral (Diámetro int. 17.4 mm, Espesor 1.0 mm, Presión inicial 2.5 bar):**

Caudal nominal (L/H)	Espaciamiento entre goteros (m)						
	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.75	1.00
1.6	128	182	234	281	325	388	484
2.2	113	159	202	242	279	331	409
3.5	76	109	140	168	196	233	291

Para mayor información le rogamos contactar al Departamento Técnico de Metzerplas, o visitar nuestra página web: [www.metzerplas.com](http://www.metzerplas.com)

## Información logística para despachos

Modelo	Longitud del rollo (m)	Cantidad por contenedor (Rollos)		
		20	40	40 h
ADI 16	400	150	300	350
ADI 18	300	150	300	333
ADI 20	300	133	266	300



# METZERPLAS

## VERED

Gotero plano  
autocompensante

- Gotero plano autocompensante, único con laberinto de regulación.
- Basado en el comprobado y eficaz mecanismo de autocompensación frente a laberinto de los goteros ADI, incluyendo su autolavado al inicio y al final de cada ciclo de riego
- Amplio filtro de entrada, para mayor resistencia frente a potenciales obturaciones.
- Caudales disponibles: 1.2, 1.6, 2.1 y 3.5 l/h.
- El lateral de goteo VERED se encuentra disponible en un amplio rango de espesores, desde 0.4 a 1.25 mm.
- El lateral de goteo VERED se encuentra disponible en un amplio rango de diámetros: 16, 17, 20 y 22 mm.
- Disponible en la versión *Rootguard*<sup>®</sup>, para protección adicional contra penetración de raíces en sistemas subterráneos.



### Lateral de goteo VERED – Especificaciones Técnicas:

Modelo	Diámetro Interno (mm)	Espesor de Pared (mm)	Presión operacional mínima (bar)*	Presión operacional máxima (bar)	KD
VERED 16	15.8	0.4	0.5	2.0	0.6
	15.2	0.6		2.5	0.65
	13.8	0.9		3.5	0.95
		1.15		4.3	
VERED 17	15.0	0.9	0.5	3.5	0.7
		1.15		4.3	
VERED 20	17.4	1.0	0.5	3.5	0.45
		1.25		4.3	
VERED 22	21	1.0	0.5	3.5	0.24

\* La presión operacional mínima recomendada para un lavado eficiente de los laterales es de 0.8 bar.





# METZERPLAS

## VERED

### Gotero plano autocompensante

VERED 16 mm. Longitud máxima del lateral (Diámetro int. 15.2 mm, Espesor 0.6 mm, Presión inicial 2.5 bar):

Caudal nominal (L/H)	Espaciamiento entre goteros (m)						
	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.75	1.00
1.2	144	202	256	304	350	414	511
1.6	119	167	212	252	290	343	424
2.1	99	140	178	211	244	288	356
3.5	71	100	127	152	175	207	256

VERED 17 mm. Longitud máxima del lateral (Diámetro int. 15.0 mm, Espesor 0.9 mm, Presión inicial 2.5 bar):

Caudal nominal (L/H)	Espaciamiento entre goteros (m)						
	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.75	1.00
1.2	138	146	247	295	340	402	496
1.6	115	162	205	244	282	334	412
2.1	96	176	172	205	236	280	346
3.5	69	97	123	147	170	201	249

VERED 20 mm. Longitud máxima del lateral (Diámetro int. 17.4 mm, Espesor 1.0 mm, Presión inicial 2.5 bar):

Caudal nominal (L/H)	Espaciamiento entre goteros (m)						
	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.75	1.00
1.2	191	266	334	396	454	534	656
1.6	158	220	277	328	377	444	545
2.1	132	184	232	275	316	372	458
3.5	94	132	166	197	227	267	329

Para mayor información le rogamos contactar al Departamento Técnico de Metzterplas, o visitar nuestra página web: [www.metzterplas.com](http://www.metzterplas.com)

## Información logística para despachos (Cantidad de bobinas por pallet: Bobina ancha - 24 Bobina angosta - 36)

Modelo	Espesor de pared (mm)	Longitud del rollo / bobina (m)	Cantidad por contenedor (Rollo / Bobina)		
			20	40	40 H
VERED 16	0.4	800 Ancha	264	528	616
	0.6	600 Ancha			
	0.9	500* Ancha			
VERED 17	0.9	400 Ancha	264	528	616
	1.15	400 Rollo	150	300	350
VERED 20	0.9	300 Ancha*	264	528	616
	1.15	300 Rollo	150	300	350
VERED 22	1.00	300 Ancha	264	528	616

\*Disponible en rollos de 400 m



# METZERPLAS

## IDIT

Gotero  
cilíndrico  
integral

- Gotero cilíndrico confiable y eficiente, con flujo de agua turbulento.
- Diseño de doble entrada de agua, lo cual asegura un flujo continuo de agua limpia.
- Especialmente adecuado para el aprovechamiento de aguas servidas o de baja calidad.
- Diámetro del lateral: 16 mm.
- Espesores de pared disponibles: 0.9 y 1.15 mm.
- Caudales de los goteros: 1.4, 2.3, 3.1, 4.3 y 9.6 l/h.
- Disponible en la versión *Rootguard*<sup>®</sup>, para protección adicional contra penetración de raíces en sistemas subterráneos.



### Lateral de goteo IDIT – Especificaciones Técnicas:

Modelo	Diámetro Interno (mm)	Espesor de Pared (mm)	Presión operacional máxima (bar)	Exponente	KD
IDIT 16	13.8	0.9	3.5	0.52	0.3
	13.8	1.15	4.3		

\* La presión operacional mínima recomendada para un lavado eficiente de los laterales es de 0.8 bar.



# METZERPLAS

## IDIT

### Gotero cilíndrico integral

IDIT 16 mm. Longitud máxima del lateral (Diámetro int. 13.8 mm, Espesor 0.9 mm, Presión inicial 2.5 bar):

Caudal nominal (L/H)	Espaciamiento entre goteros (m)						
	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.75	1.00
1.4	63	84	103	119	135	157	190
2.3	44	59	73	84	96	111	135
3.1	36	49	60	70	79	92	112
4.3	29	39	48	56	64	75	91
10.0	17	23	28	33	37	43	53

Para mayor información le rogamos contactar al Departamento Técnico de Metzerplas, o visitar nuestra página web: [www.metzerplas.com](http://www.metzerplas.com)

## Información logística para despachos

Modelo	Longitud del rollo (m)	Cantidad por contenedor (Rollos)		
		20	40	40 H
IDIT 16	400	150	300	350



# METZERPLAS

## ULTRA

Gotero  
cilíndrico  
integral

- Gotero cilíndrico integral de alta confiabilidad.
- Perfectamente apto para su desenrollado rápido y fácil rebobinado.
- Diámetros de los laterales: 16 mm y 20 mm.
- Caudales disponibles: 1.3, 2.5, 4.0 y 7.0 l/h .
- Espesores disponibles: 0.9 a 1.25 mm



### Lateral de goteo ULTRA – Especificaciones Técnicas:

Modelo	Diámetro Interno (mm)	Espesor de Pared (mm)	Presión operacional máxima (bar)	Exponente	KD
ULTRA 16	13.8	0.9	3.5	0.44	0.3
		1.15	4.3		
ULTRA 20	17.2	1.05	3.5	0.5 - 0.56	0.3 - 0.4
		1.25	4.3		

\* La presión operacional mínima recomendada para un lavado eficiente de los laterales es de 0.8 bar.



# METZERPLAS

**ULTRA**

Gotero cilíndrico integral

ULTRA 16 mm. Longitud máxima del lateral (Diámetro int. 14.2 mm, Espesor 0.9 mm, Presión inicial 2.5 bar):

Caudal nominal (L/H)	Espaciamento entre goteros (m)						
	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.75	1.00
7	24	33	40	48	54	63	77

IDIT 20 mm. Longitud máxima del lateral (Diámetro int. 17.2 mm, Espesor 1.05 mm, Presión inicial 2.5 bar):

Caudal nominal (L/H)	Espaciamento entre goteros (m)						
	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.75	1.00
1.3	79	110	137	161	184	216	264
2.5	59	81	100	117	134	156	190
4.0	40	55	68	80	92	107	131

Para mayor información le rogamos contactar al Departamento Técnico de Metzerplas, o visitar nuestra página web: [www.metzerplas.com](http://www.metzerplas.com)

## Información logística para despachos

Modelo	Longitud del rollo (m)	Cantidad por contenedor (Rollos)		
		20	40	40 H
ULTRA 16	400	150	300	350
ULTRA 20	300	133	266	300



# METZERPLAS

## SUPER COMPACT

Gotero cilíndrico integral blando

- Gotero integral cilíndrico económico, de consistencia blanda.
- El gotero de consistencia flexible permite un empaquetado compacto, reduciendo los gastos de flete.
- Filtro de agua de doble entrada, diseñado para permitir el flujo continuo, independientemente de la posición del ramal con respecto al terreno.
- Caudal del gotero: 1.4 l/h
- Diámetro del lateral: 16 mm
- Espesor disponible: 0.65 mm



### Lateral de goteo SUPER COMPACT – Especificaciones Técnicas:

Modelo	Diámetro Interno (mm)	Espesor de Pared (mm)	Presión operacional máxima (bar)	KD
SUPER COMPACT 16	14.7	0.65	2.5	0.15

\* La presión operacional mínima recomendada para un lavado eficiente de los laterales es de 0.8 bar.



# METZERPLAS

## SUPER COMPACT

Gotero cilíndrico integral blando

SUPER COMPACT 16 mm. Longitud máxima del lateral (Diámetro int. 14.7 mm, Espesor 0.65 mm, Presión inicial 2.5 bar):

Caudal nominal (L/H)	Espaciamiento entre goteros (m)						
	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.75	1.00
1.4	68	89	108	125	141	163	197

Para mayor información le rogamos contactar al Departamento Técnico de Metzerplas, o visitar nuestra página web: [www.metzerplas.com](http://www.metzerplas.com)

## Información logística para despachos Cantidad de bobinas por pallet: Bobina ancha – 24

Modelo	Longitud de la bobina (m)	Cantidad por contenedor (Bobinas)		
		20	40	40 H
SUPER COMPACT 16	500 Wide	264	528	616



# METZERPLAS

## ADO

Gotero botón  
autocompenante

- Gotero botón autocompensante insertable en línea.
- Incorpora el mecanismo único de compensación frente a laberinto de los goteros ADI, incluyendo su auto-lavado al inicio y al final de cada ciclo de riego.
- Apto para uso en laterales de diversos diámetros, desde 16 a 25 mm.
- Caudales: 2.2, 4.4 y 8.8 l/h
- Los goteros ADO pueden ubicarse en el lateral en espaciamientos variables, según sea requerido.



### Laterales con goteros ADO – Especificaciones Técnicas:

Modelo	Presión operacional mínima (bar)	Presión operacional máxima (bar)	Exponente	KD	
				Diámetro Interno (mm)	KD
ADO 2.2	0.6	4.3	0	16	0.55
ADO 4.4	0.6	4.3	0	20	0.25
ADO 8.8	0.6	4.3	0	25	0.15

\* La presión operacional mínima recomendada para un lavado eficiente de los laterales es de 0.8 bar.





# METZERPLAS

**ADO**

Gotero botón autocompensante

Gotero ADO. Longitud máxima del lateral (Presión inicial 2.5 bar):

Gotero	Lateral	Espaciamiento entre goteros (m)											
		0.15	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.25	1.50
ADO 2.2	16mm class 4	75	96	134	168	199	228	255	281	305	329	384	435
ADO 2.2	20mm class 4	131	164	224	277	325	370	412	451	489	525	610	689
ADO 2.2	25mm class 4	202	251	339	416	487	551	613	670	725	777	901	1016

Gotero ADO. Longitud máxima del lateral (Presión inicial 2.5 bar):

Gotero	Lateral	Espaciamiento entre goteros (m)											
		0.15	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.25	1.50
ADO 4.4	16mm class 4	48	61	85	107	127	146	163	180	193	211	246	279
ADO 4.4	20mm class 4	83	104	143	177	208	236	263	289	313	337	391	441
ADO 4.4	25mm class 4	128	160	217	266	312	353	393	430	464	499	579	653

Gotero ADO. Longitud máxima del lateral (Presión inicial 2.5 bar):

Gotero	Lateral	Espaciamiento entre goteros (m)											
		0.15	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.25	1.50
ADO 8.8	16mm class 4	30	39	54	68	81	93	104	115	125	135	158	179
ADO 8.8	20mm class 4	53	66	91	113	133	151	169	185	201	216	251	284
ADO 8.8	25mm class 4	81	102	138	170	200	226	251	275	298	320	371	419

Para mayor información le rogamos contactar al Departamento Técnico de Metzterplas, o visitar nuestra página web: [www.metzterplas.com](http://www.metzterplas.com)

## Filtros M100

Caudal	Grado de filtración	Agua para limpieza	Presión operativa mínima
Hasta <b>400 m<sup>3</sup>/h</b> (1760 US gpm)	<b>500-80</b> micrones	Menos del <b>1%</b> del flujo total	<b>2 bar</b> (30 psi)

Los filtros hidráulicos más eficientes que no requieren alimentación externa



### Características:

- El área grande de filtración, su mecanismo operativo fiable y construcción simple hacen que el filtro M100 sea la solución ideal para sistemas de filtración agrícolas y municipales que no dispongan de alimentación
- Lavado automático de acuerdo con la presión diferencial
- No hay interrupción del flujo aguas abajo durante el lavado
- Mínimo volumen de agua de rechazo

## Cómo funcionan los filtros FILTOMAT M100

### General

La Serie FILTOMAT M100 de Amiad son filtros automáticos de variedad media, ideales para sitios de instalación a distancia, con un mecanismo autolimpiante hidráulico que no requiere alimentación externa para operar. Con sus áreas de mallas variadas, los modelos M100 soportan caudales hasta 400 m<sup>3</sup>/h (1760 US gpm), con grados de filtración de 500 hasta 80 micrones y diámetros de entrada/salida de 2"-10".

### El proceso de filtración

El proceso de filtración comienza cuando agua sin procesar fluye a través de la entrada del filtro (1) y pasa a través de la malla gruesa (2).

Aquí, el agua es prefiltrada para proteger el mecanismo de limpieza de desechos grandes. El agua pasa entonces por la superficie interna de la malla fina; se atrapan las partículas de suciedad y se acumulan dentro del filtro mientras fluye agua limpia por la salida del filtro. La acumulación gradual de suciedad en la superficie interna de la malla forma una torta de filtro que causa un aumento en la diferencia de presión en la malla.

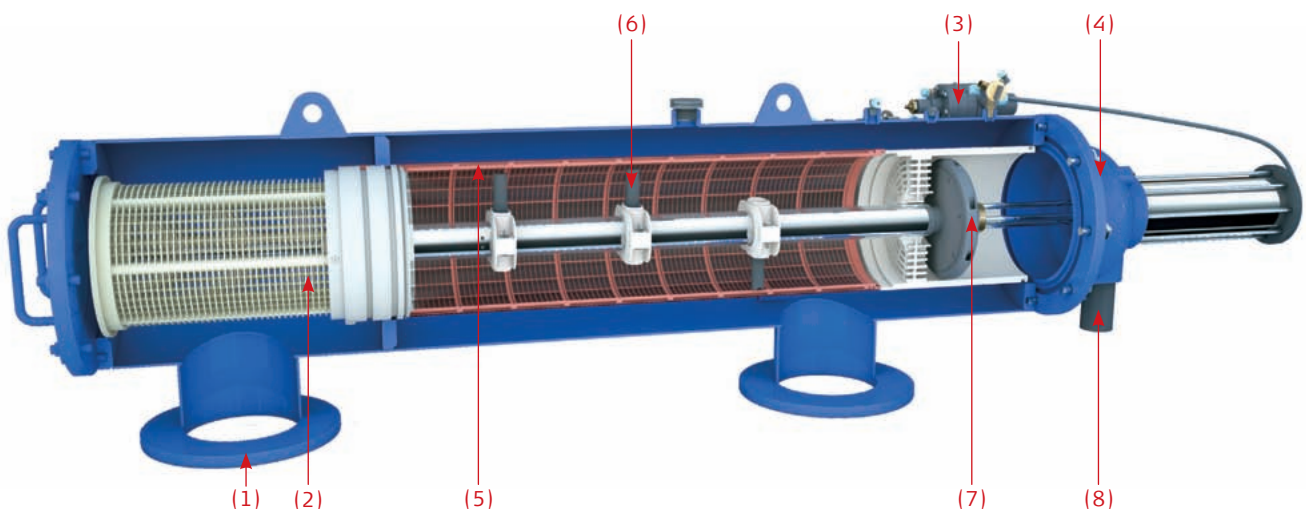
### El proceso autolimpiante

Cuando la presión diferencial de la malla alcanza un nivel predefinido de 0,5 bar, el controlador de drenaje del filtro M100 (3) inicia el proceso de limpieza al abrir la válvula interna de lavado (4). Esto libera una contracorriente que fluye a través de las boquillas (5) fuera del eje del escáner de succión hueco (6) y la turbina (7) a la tubería de drenaje (8).

### Modelos M100

La línea de productos "SERIE FILTOMAT M100" de Amiad consiste en los siguientes modelos:

- M100-750 para un máximo de 40 m<sup>3</sup>/h (176 US gpm)
- M100-1500 para un máximo de 80 m<sup>3</sup>/h (352 US gpm)
- M100-4500 para un máximo de 180 m<sup>3</sup>/h (793 US gpm)
- M100-6800 para un máximo de 400 m<sup>3</sup>/h (1760 US gpm)



M100 750



M100 1500



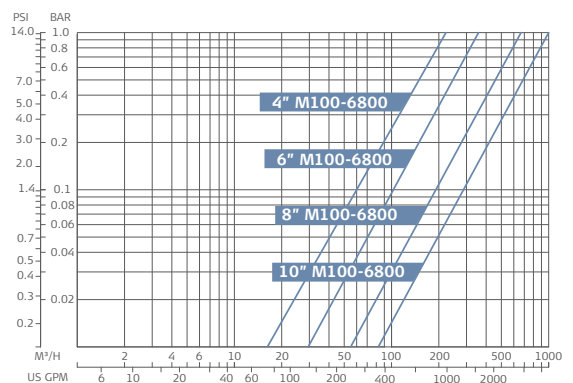
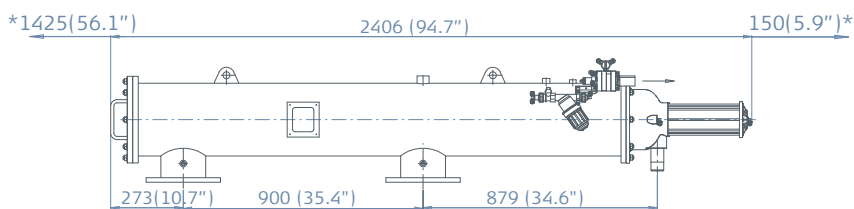
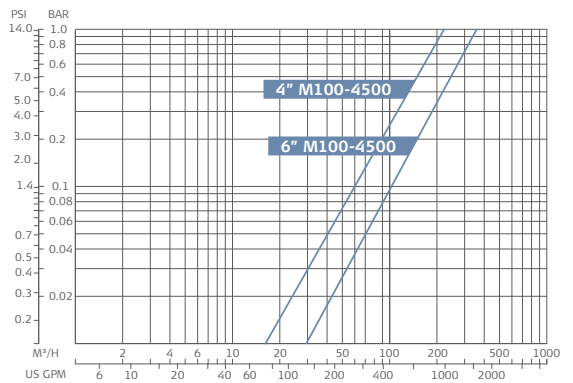
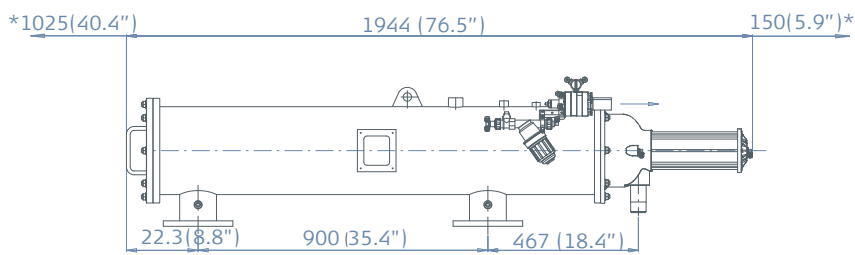
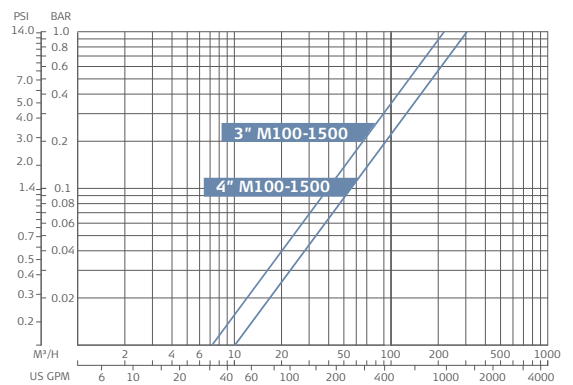
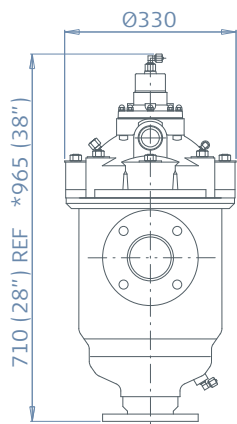
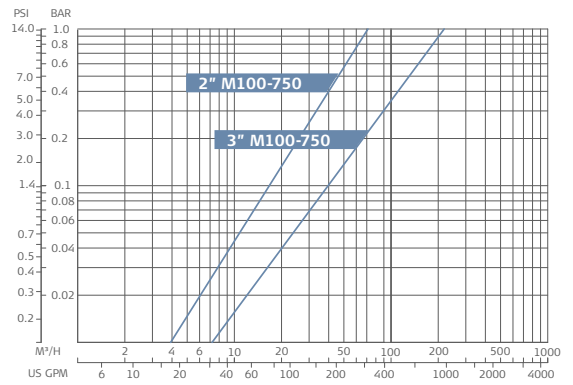
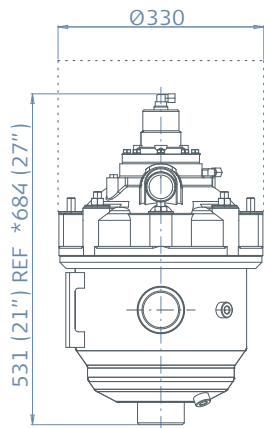
M100 4500



M100 6800



## Gráficos de pérdida de presión



Diámetro en mm (pulgadas)

\* Longitud aproximada requerida para el mantenimiento

## Especificaciones técnicas

Tipo de filtro	M100 750	M100 1500	M100 4500	M100 6800
----------------	----------	-----------	-----------	-----------

Datos generales				
Caudal máximo*	40 m <sup>3</sup> /h (175 US gpm)	80 m <sup>3</sup> /h (350 US gpm)	180 m <sup>3</sup> /h (793 US gpm)	400 m <sup>3</sup> /h (1760 US gpm)
Diámetro de entrada / salida (mm)	2" 3" (50 80)	3" 4" (80 100)	4" 6" (100 150)	4" 6" 8" 10" (100 150 200 250)
Grados de filtración estándar	Malla de acero inoxidable moldeado de 500, 300, 200, 130, 100 y 80 micrones			
Presión mínima de trabajo	2 bar (30 psi) Para presiones más bajas consulte al fabricante			
Presión máxima de trabajo	8 bar (116 psi)		10 bar (150 psi)	
Temperatura máxima de trabajo	55°C (131°F)			
Peso (vacío)	2" 22 kg (48.5 lb) 3" 25 kg (55 lb)	3" 30 kg (66 lb) 4" 35 kg (77 lb)	4" 90 kg (198 lb) 6" 115 kg (253.5 lb)	4" 110 kg (242.5 lb) 6" 120 kg (264.5 lb) 8" 140 kg (308.6 lb) 10" 158 kg (348 lb)

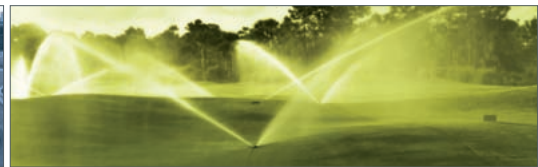
\* Consulte Amiad para conocer el flujo óptimo que depende del grado de filtración y la calidad del agua.

Datos de lavado				
Flujo mínimo para lavado (a 2 bar - 30 psi)	15 m <sup>3</sup> /h (66 US gpm)	20 m <sup>3</sup> /h (88 US gpm)	26 m <sup>3</sup> /h (114 US gpm)	30 m <sup>3</sup> /h (132 US gpm)
Volumen de agua de desecho por ciclo de lavado (a 2 bar -39 psi)	15 litros (4 US gal.)	20 litros (5,2 US gal.)	125 litros (33 US gal.)	150 litros (40 US gal.)
Tiempo del ciclo de lavado	10 segundos	10 segundos	15 segundos	15 segundos
Válvula de drenaje	1.5" 40 mm	1.5" 40 mm	1.5" 40 mm	1.5" 40 mm
Criterios de lavado	Presión diferencial de 0,5 bar (7 psi), intervalos de tiempo y operación manual			

Datos de la malla				
Área de filtración	750 cm <sup>2</sup> (161 pulg <sup>2</sup> )	750 cm <sup>2</sup> (161 pulg <sup>2</sup> )	4500 cm <sup>2</sup> (698 pulg <sup>2</sup> )	6800 cm <sup>2</sup> (1054 pulg <sup>2</sup> )
Tipos de malla	Alambre tejido de acero inoxidable moldeado 316 L			

Materiales de construcción*	
Carcasa y cubiertas del filtro	Acero al carbón revestido con pintura epoxi 37-2. (Acero inoxidable 316 a pedido)
Cubierta del filtro	Acero al carbón revestido con pintura epoxi 37-2. (Acero inoxidable 316 a pedido) Gran densidad. Polipropileno.
Mecanismo de limpieza	PVC y acero inoxidable 316L
Válvula de drenaje	Latón, acero inoxidable 316, BUNA-N
Juntas	BUNA-N
Control	Aluminio, Bronce, Acero inoxidable 316, PVC, Acetal

\* Amiad ofrece una variedad de materiales de construcción. Consúltenos para recibir las especificaciones.



## industria

Automotriz, aviación, tratamiento de materia orgánica indigestible, electrónica, alimentos y bebidas, minería, petróleo y gas, petroquímica, generación eléctrica, pulpa y papel

## municipal

Agua potable, aguas residuales, desalinización, agua salobre, edificios de gran altura, filtración preliminar a membranas

## riego

Agricultura, golf e hipódromos, acuicultura, invernaderos

### Fabricación y Oficinas Centrales

Amiad Filtration Systems Ltd. D.N. Galil Elyon 1, 12335, Israel, Tel: 972 4 690 9500, Fax: 972 4 690 9391, E-mail: info@amiad.com www.amiad.com

### Norteamérica

Amiad Filtration Systems, 2220 Celsius Avenue, Oxnard, California 93030, USA, Tel: 1 805 988 3323, Fax: 1 805 988 3313, E-mail: info@amiadusa.com

### Sudamérica

Amiad Oil & Gas, Benito Nardone 2219, Montevideo, Uruguay Tel: 598 2 7117617, Fax: 598 2 7120816, E-mail: amisur@adinet.com.uy

### Holanda

Amiad Oil & Gas, POB 237, 1500EE Zaandam, The Netherlands Tel: 31 (0) 72 5070487, Fax: 31 (0) 72 5070587, E-mail: oilfield@amiad.com

### Lejano Oriente

Filtration & Control Systems Pte. Ltd., 19B Teo Hong Road, 088330 Singapore, Tel: 65 6 337 6698, Fax: 65 6 337 8180, E-mail: fcs1071@pacific.net.sg

### Australia

Amiad Australia Pty Ltd. 138 Northcorp Boulevard, Broadmeadows, Victoria 3047, Tel: 61 3 93585800, Fax: 61 3 93585888, E-mail: amiad@amiad.com.au

### China

Taixing Environtec Co. Ltd., 70 Baihe Chang, Xingjie Yixing Jiangsu, 214204, Tel: 86 510 87134000, Fax: 86 510 87134999, E-mail: marketing@taixing.cc

### Francia

Amiad France S.A.R.L. Ilot N°4 ZI La Boitardière, 37530 Chargé, Tel: 33 (0) 2 47 23 01 10, Fax: 33 (0) 2 47 23 80 67 E-mail: info@amiadfrance.com

### Alemania

Amiad Filtration Solutions (2004) Ltd. Zweigniederlassung Deutschland Prinz-Regent-Str. 68 a 44795 Bochum Tel: 49 (0) 234 588082-0, Fax: 49 (0) 234 588082-10 E-mail: info@amiad.de

### Turquía

FTS – Filtration & Treatment Systems, Istanbul yolu 26 Km, Yurt Orta Sanayii, Saray, Ankara, Tel: 90 312 8155266/7, Fax: 90 312 8155248, E-mail: info@fts-filtration.com

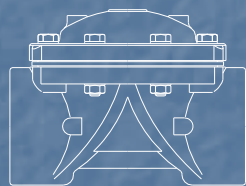
### India

Amiad Filtration India Pvt Limited, 305 Sai Commercial Building Govandi St Rd, Govandi Mumbai 400 088, Tel: 91 22-67997813/14, Fax: 91 22-67997814, E-mail: jsk@bom2.vsnl.net.in





Que formas hay de activar una válvula de campo?



VALVULA DE CAMPO

- Operada LOCALMENTE – hay que ir hasta la válvula
- Operada en forma REMOTA – desde un centro de control
  - Con señal ELECTRICA- cableado
  - Con señal HIDRAULICA – tubin de PE
- Con señal generada MANUALMENTE
- Con señal generada AUTOMATICAMENTE

# CONTROL HIDRAULICO REMOTO = CHR – que es



Que es un CHR?

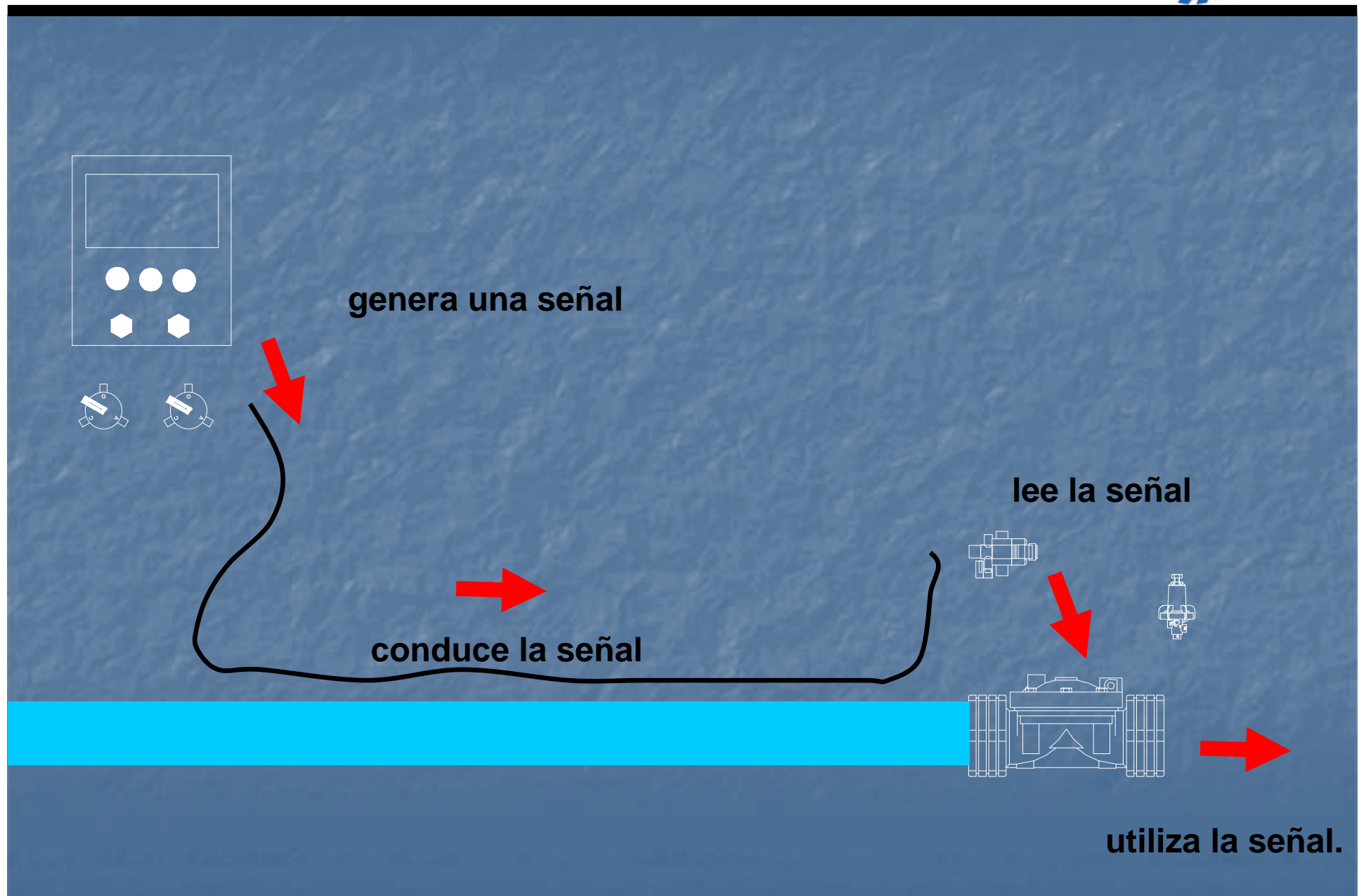
Es un esquema de control, operado hidráulicamente, para abrir / cerrar válvulas en forma remota

NO esta preparado para “modular” - solo para on/off

Componentes :

<b>CENTRO DE CONTROL</b> genera una señal	<b>TUBERIA DE COMANDO</b> conduce la señal
<b>RELEY HIDRAULICO</b> lee la señal	<b>VALVULA DE CAMPO</b> utiliza la señal.

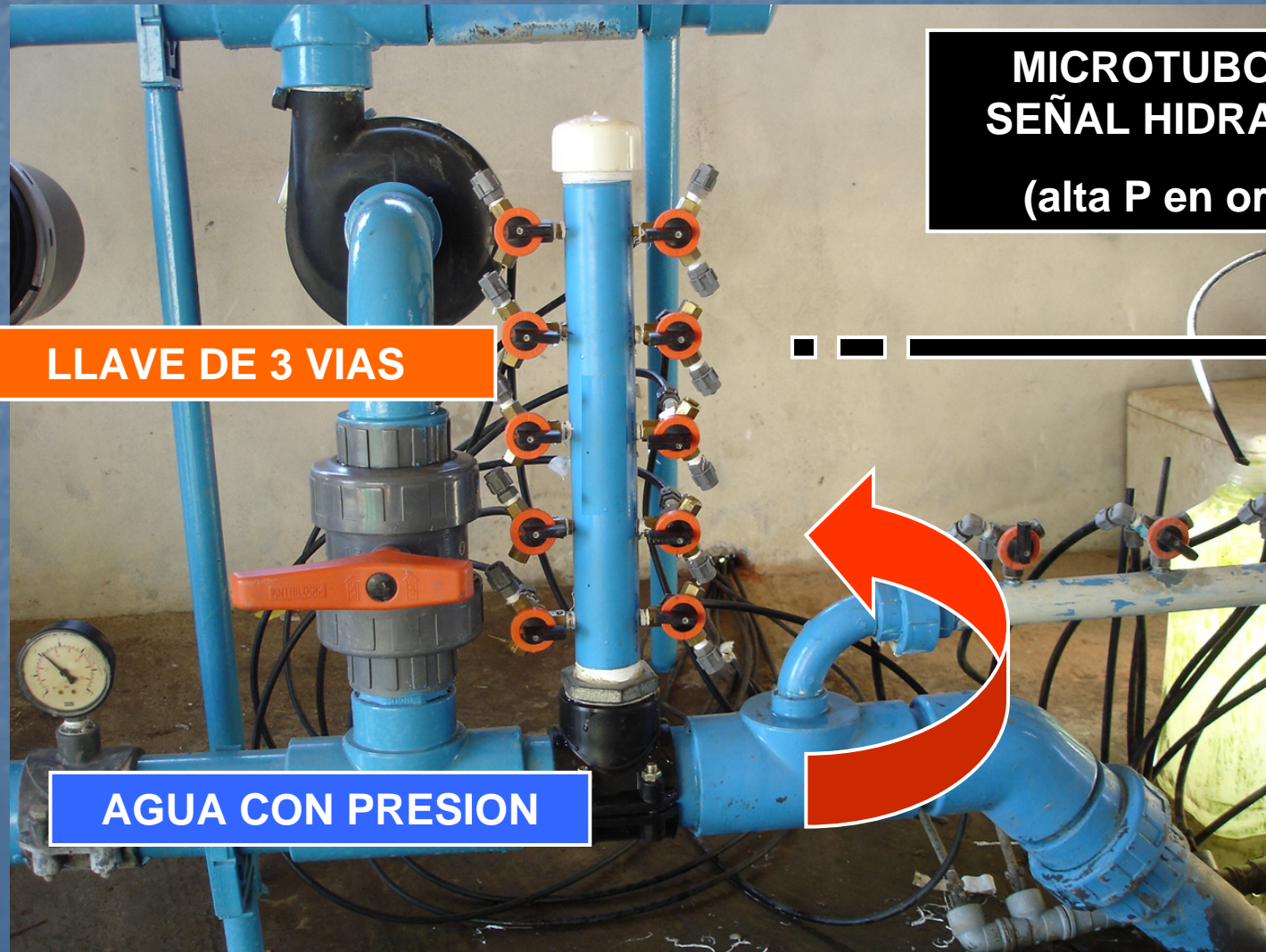
# CONTROL HIDRAULICO REMOTO = CHR – que es



# CHR – centro de control



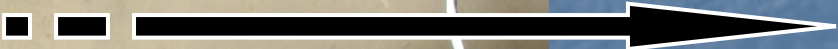
CENTRO DE CONTROL de operación manual  
generador de señales HIDRAULICAS



**LLAVE DE 3 VIAS**

**AGUA CON PRESION**

**MICROTUBO CON SEÑAL HIDRAULICA  
(alta P en origen)**



# CHR – centro de control



CENTRO DE CONTROL de operación automática, generador de señales ELECTRICAS



**SOLENOIDE**  
traduce la señal eléctrica en hidráulica

**MICROTUBO CON SEÑAL HIDRAULICA (alta P en origen)**



**PROGRAMADOR SEÑAL ELECTRICA**

# CHR – reley hidráulico remoto



Que es un RELEY HIDRAULICO REMOTO?

Es un dispositivo, que recibe una señal a distancia, toma P de la red y abre o cierra la válvula

Es un AMPLIFICADOR



GALIT

PILOTO 29-200

PILOTO 25-100



## CHR – reley hidráulico remoto / cuando usar

Para :

- poca distancia entre centro de control y válvula  
( $<50-100$  m)
- ó válvulas con cámara pequeña ( $3/4 - 1''$ )



NO RELEY

Para :

- gran distancia entre centro de control y válvula
- ó válvulas con cámara grande ( $+2''$ )



SI RELEY

Con RELEY → menor tiempo de apertura

Sin RELEY → mayor tiempo de apertura

Si se utiliza RELEY → utilizar microtubo de  $\varnothing 6$  mm

Si NO se utiliza RELEY → utilizar microtubo de  $\varnothing 8$  mm

## TUBERIA DE COMANDO

La CONEXIÓN entre el Centro de Control y la Válvula de campo, es mediante un TUBERIA DE COMANDO

La misma es de PEBD

El microtubo NO transmite Q caudal, sino una ...

**SEÑAL DE PRESION**



## CHR – tubería de comando – 6 mm



Porqué usar microtubo de  $\varnothing$  6 mm en lugar de  $\varnothing$  8 mm ?

→ No se transmite Q sino P, por lo que cualquier factor que afecte la P, estará afectando el TIEMPO DE RESPUESTA

Hay 2 factores :

### 1) AIRE

Por mas se intente purgar el microtubo de aire, nunca se genera suficiente velocidad para hacerlo, por lo que siempre quedan burbujas de aire

El aire es compresible, por lo tanto, antes que la señal de P llegue al reley, debe comprimir el aire

El tubin de 8 mm acumula mas aire que el de 6 mm

### 2) EXPANSION DEL TUBIN

Al crear presión en la tubería, el tubin de PE se “expande”, lo cual genera un volumen extra para llenar

El tubin de 8 mm posee mayor superficie específica posible de expandirse .

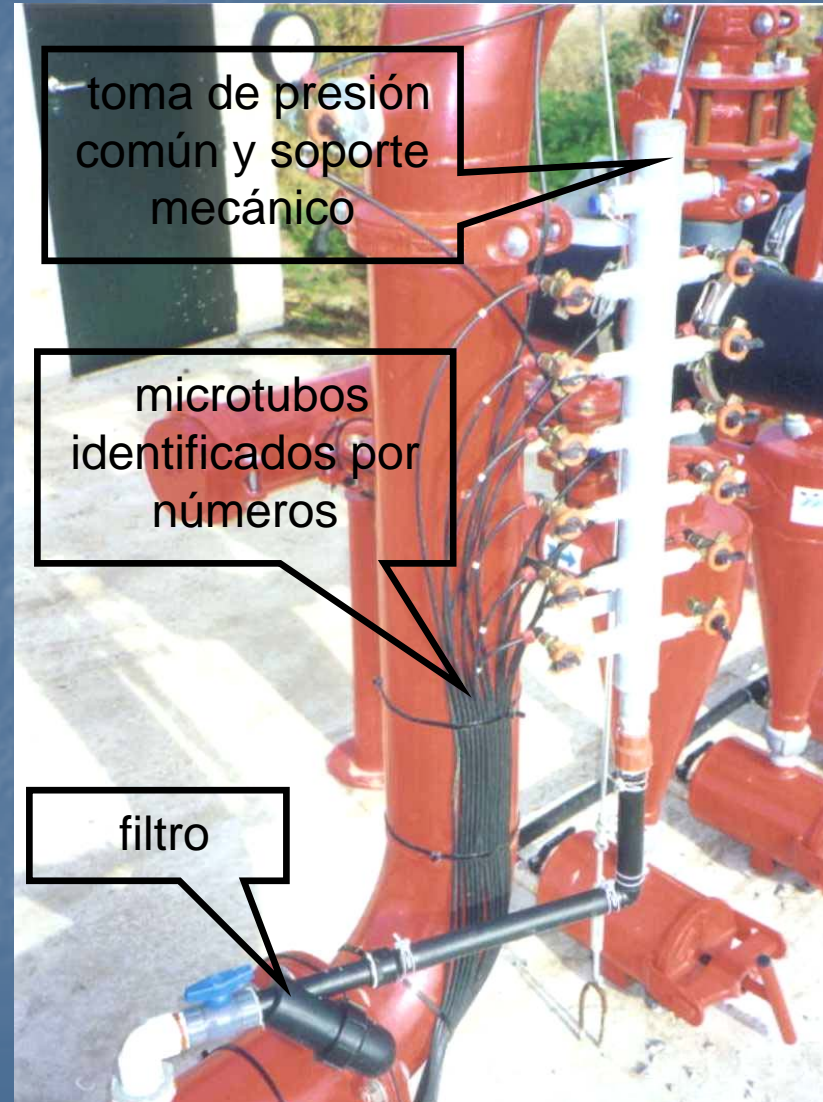
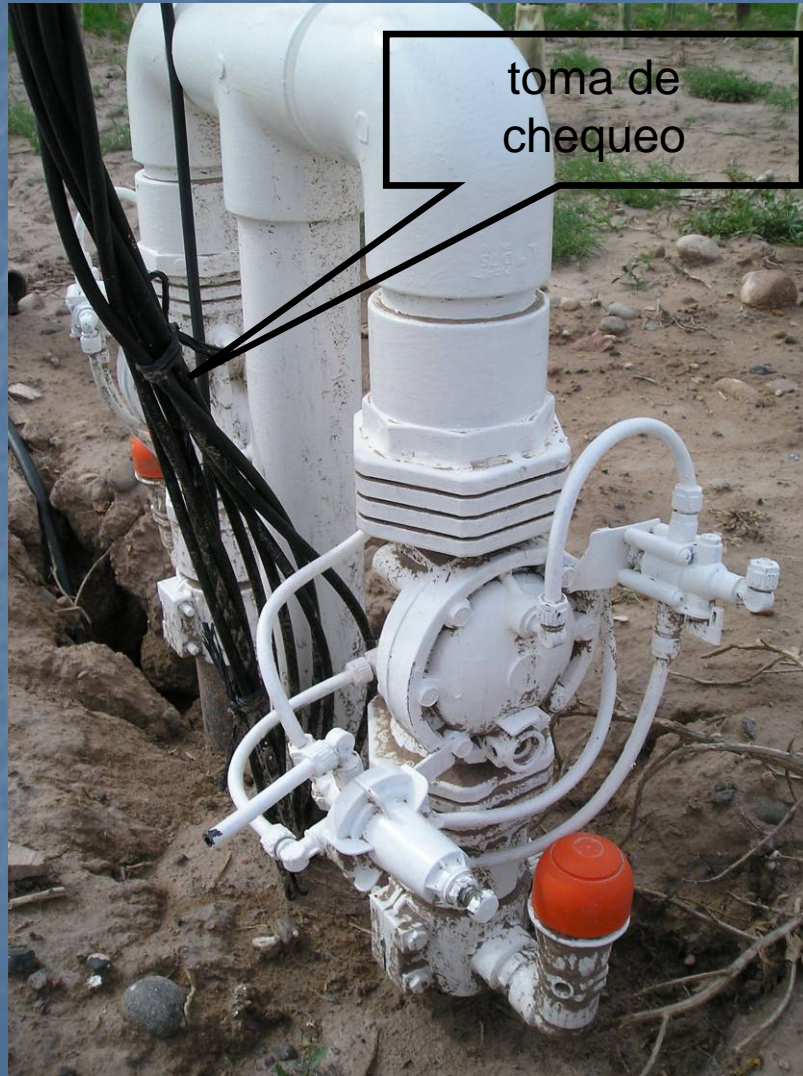
## CHR – tubería de comando



Es importante :

- instalar la tubería de comando enterrada
- instalar en la misma zanja que la tubería primaria / secundaria, pero “por arriba” de los tubos ( evitar aplastamiento)
- no doblar ni retorcer al instalar / cuidado con piedras
- identificar con números / colores
- cada 4 – 6 – 8 microtubos, incluir uno de repuesto
- en cada válvula emerger con todos los microtubos → “toma de chequeo”
- utilizar agua filtrada
- purgar correctamente el aire existente
- si se prevén ampliaciones futuras, analizar la colocación de los microtubos en la instalación inicial .

# CHR – tubería de comando

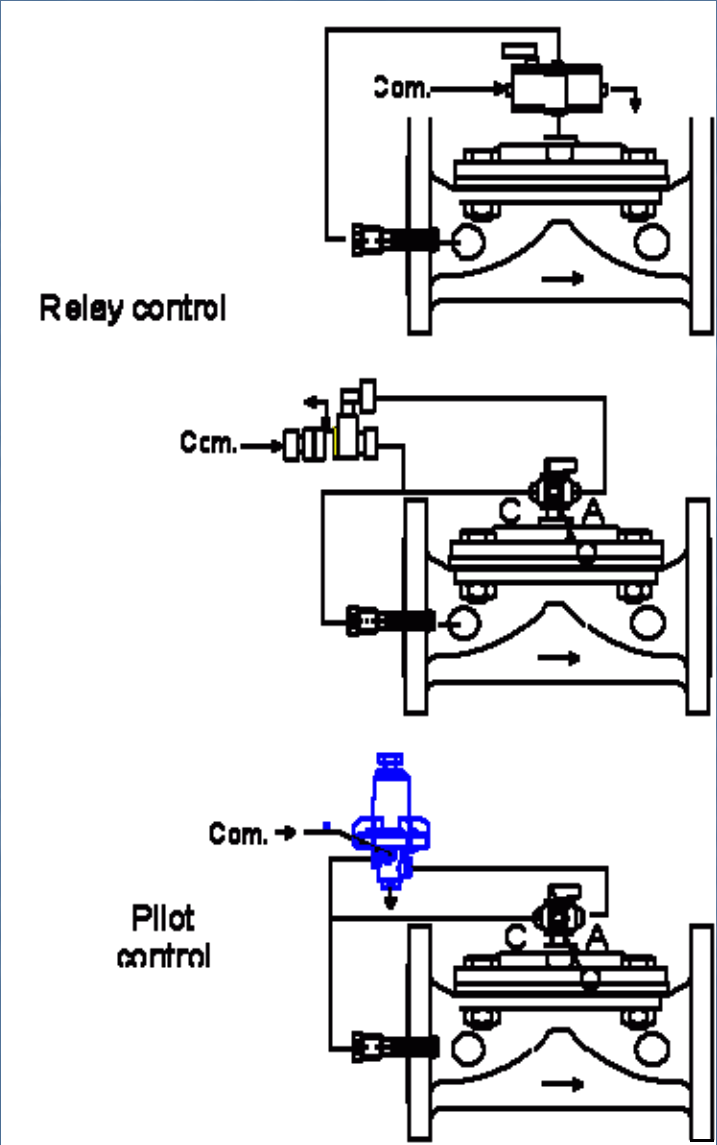


# CHR – releys

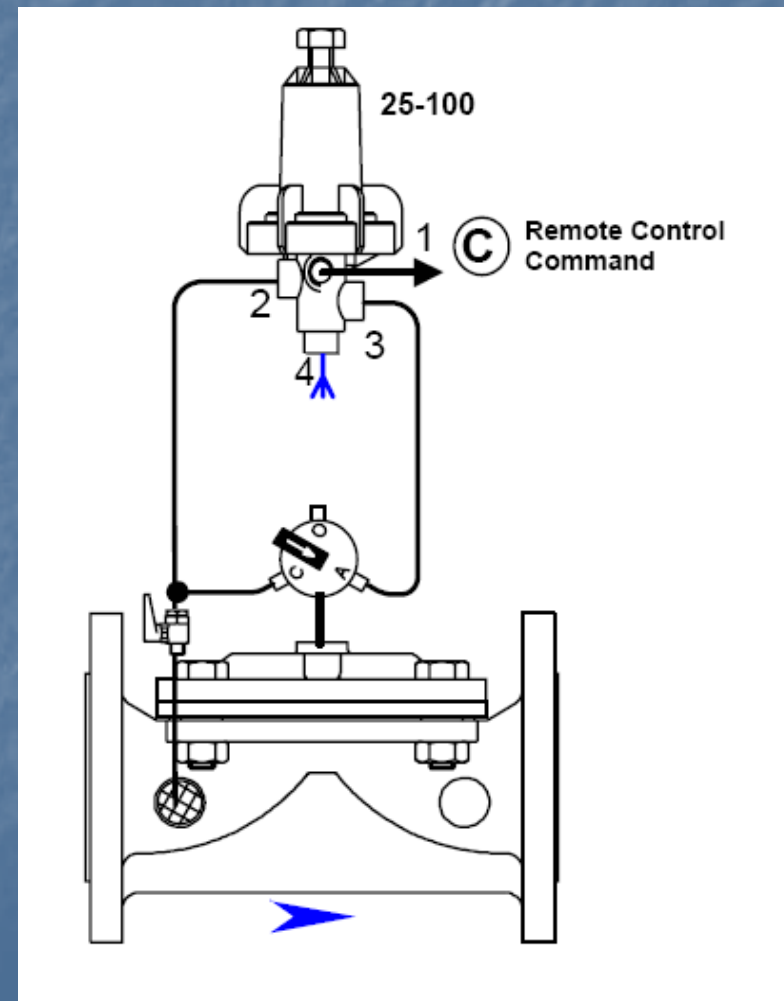
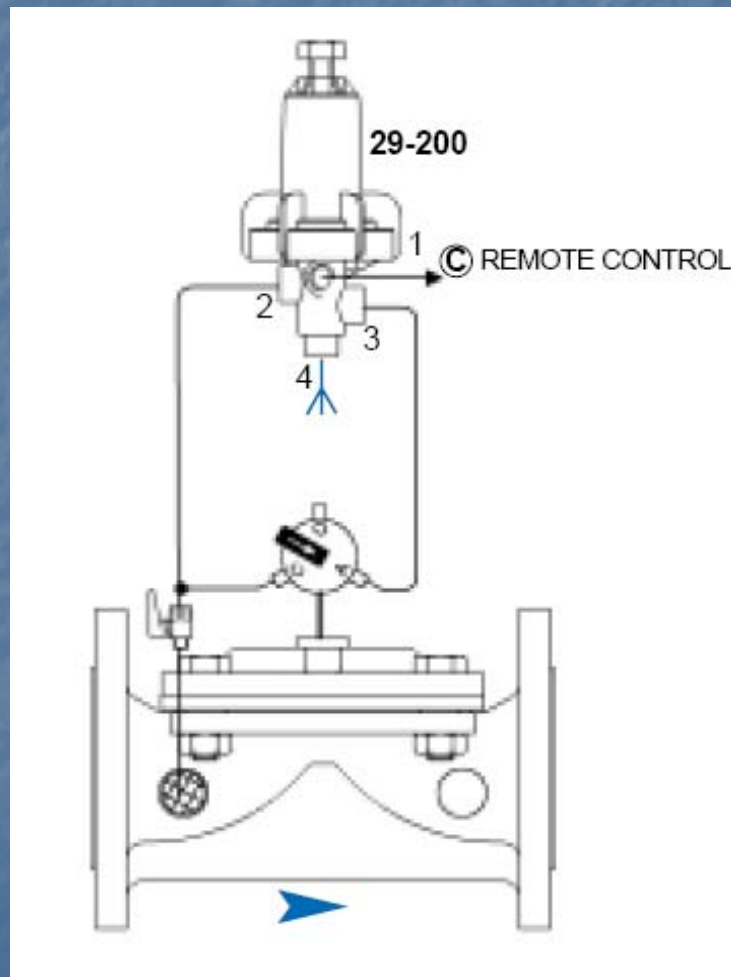


## RELEY HIDRAULICO

- GALIT
- Piloto 29-200
- Piloto 25-100



# CHR - relays

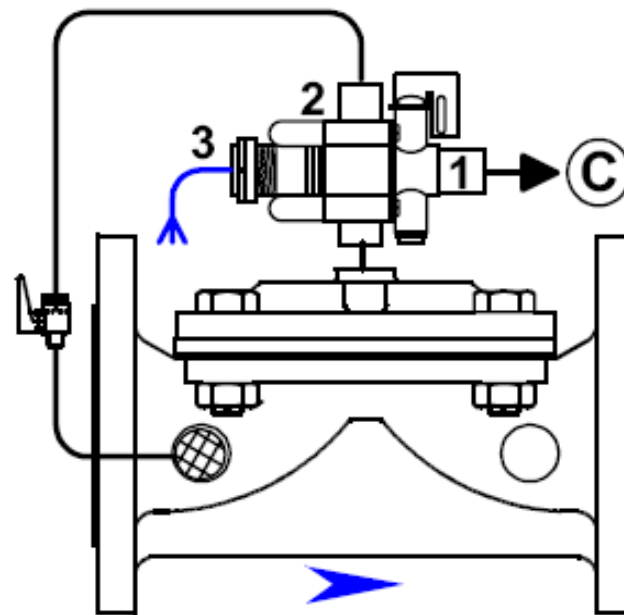


# CHR - releys



**C** Remote Control Command

**GALIT**



## CHR - GALIT



### GALIT

- 3 posiciones de trabajo : open / close / auto – no necesita llave selectora de 3 vías adicional en la válvula
- Se puede armar como NO / NC
- Trabaja hasta 12 kg/cm<sup>2</sup>
- Es algo engorroso de calibrar cuando el centro de control esta a mas de 3 – 5 metros de altura por sobre la válvula de campo (adicionar resortes)
- En grandes distancias entre centro de control y válvula, se instala en una posición intermedia del recorrido, para “levantar” la presión de la señal débil .

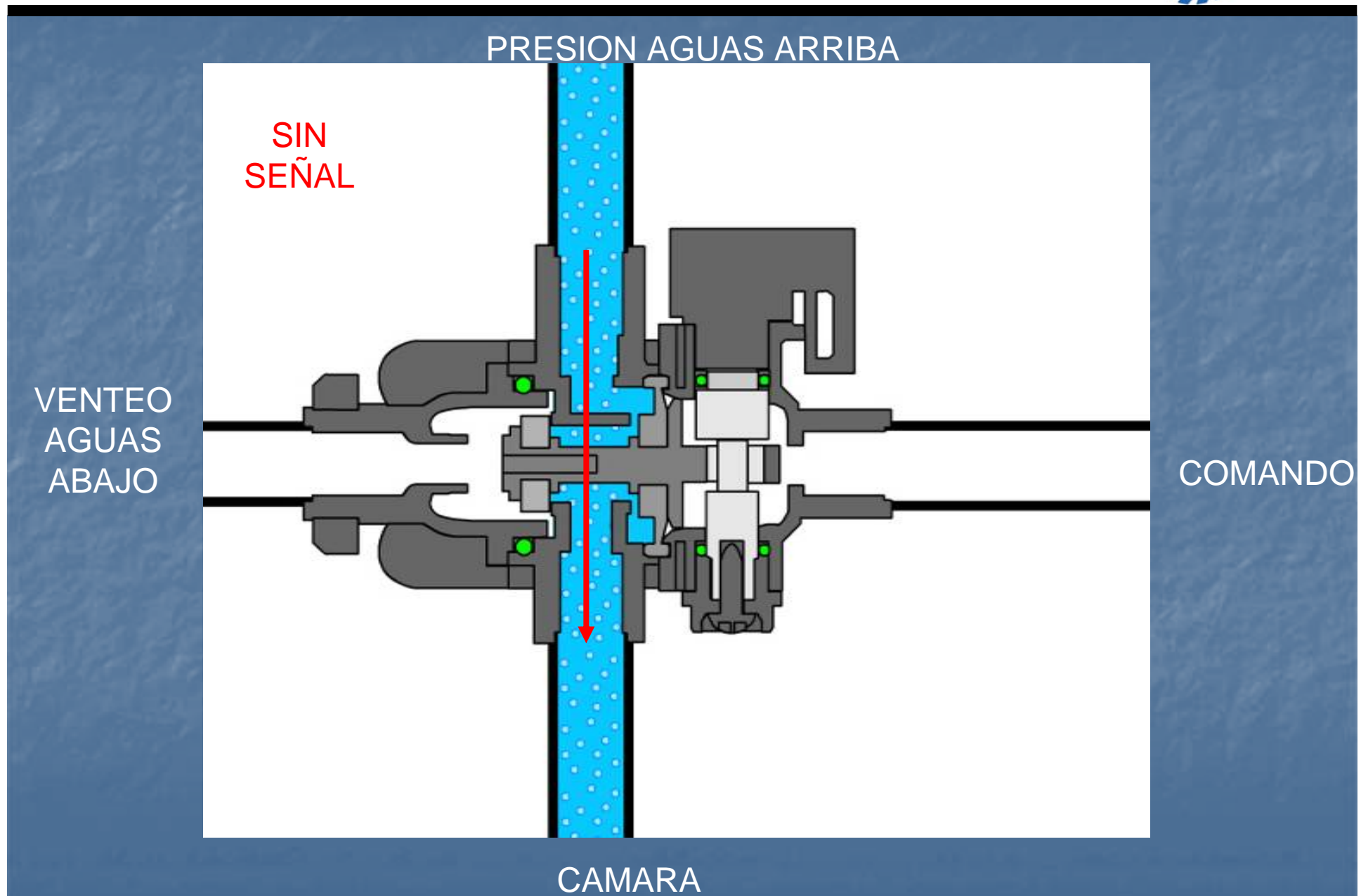


# CHR - GALIT

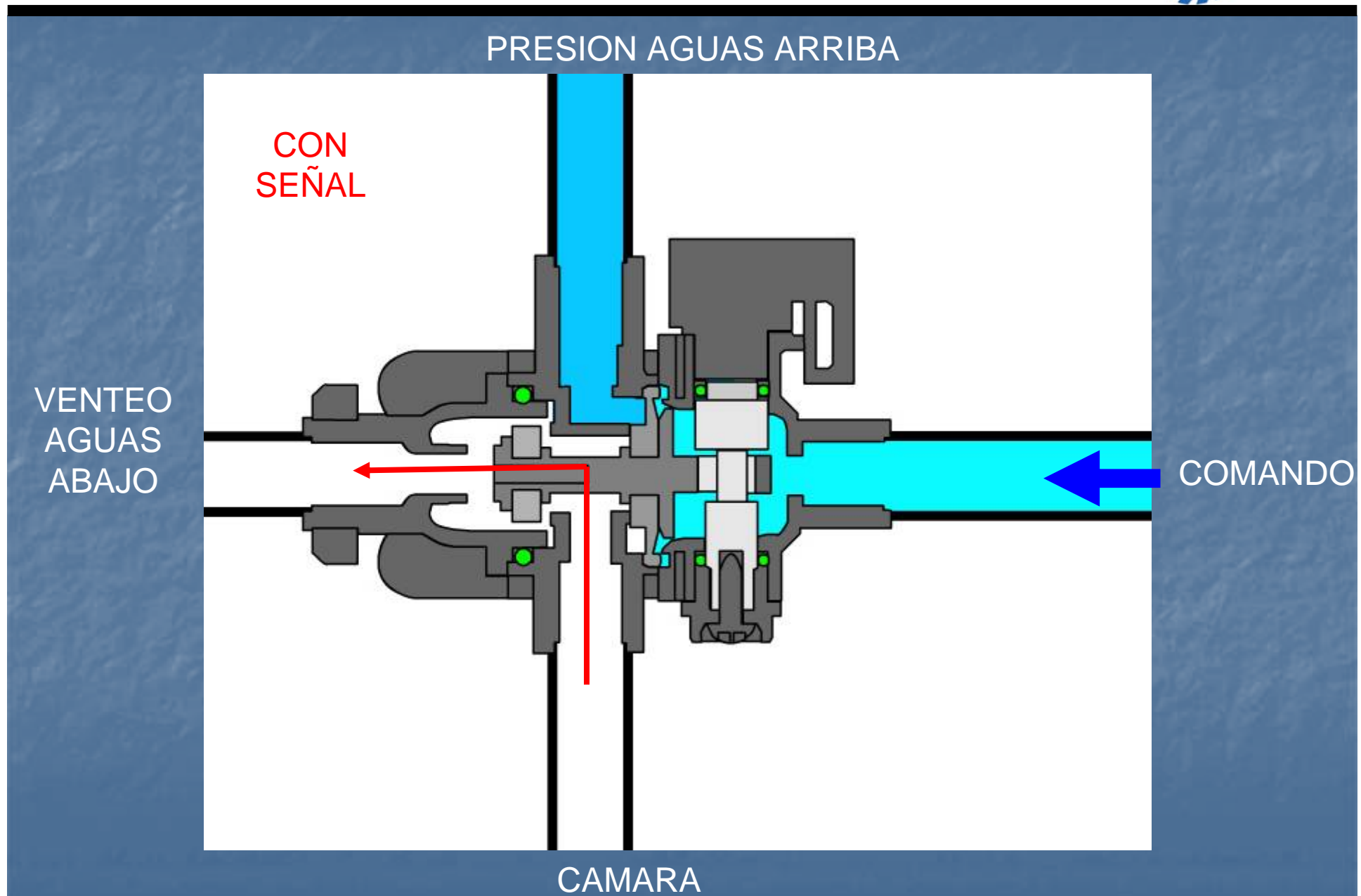




Galit RC **NO** → Válvula **NC**



Galit RC **NO** → Válvula **NC**



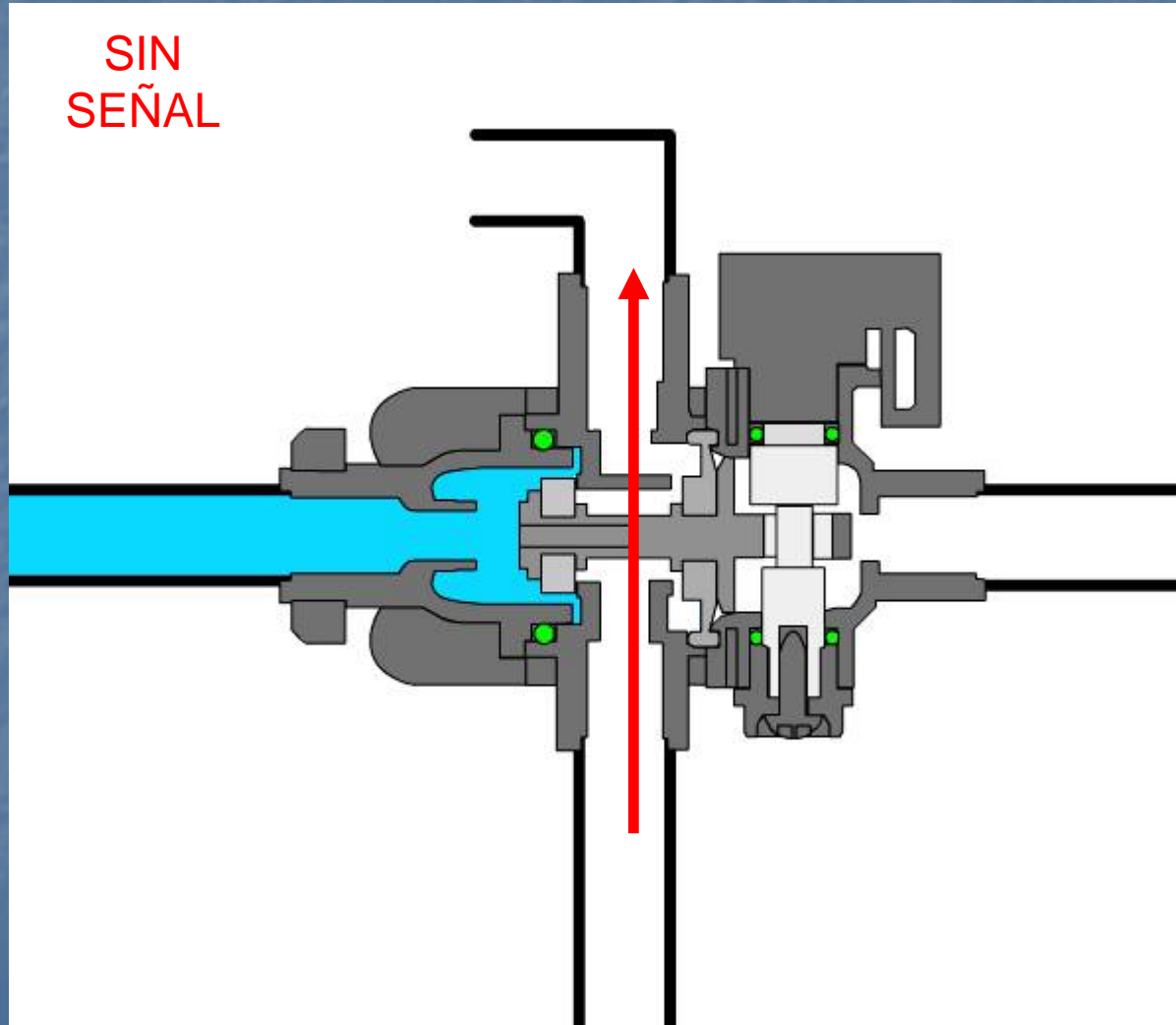
Galit RC **NC** → Válvula **NO**



VENTEO AGUAS ABAJO

SIN  
SEÑAL

PRESION  
AGUAS  
ARRIBA



COMANDO

CAMARA

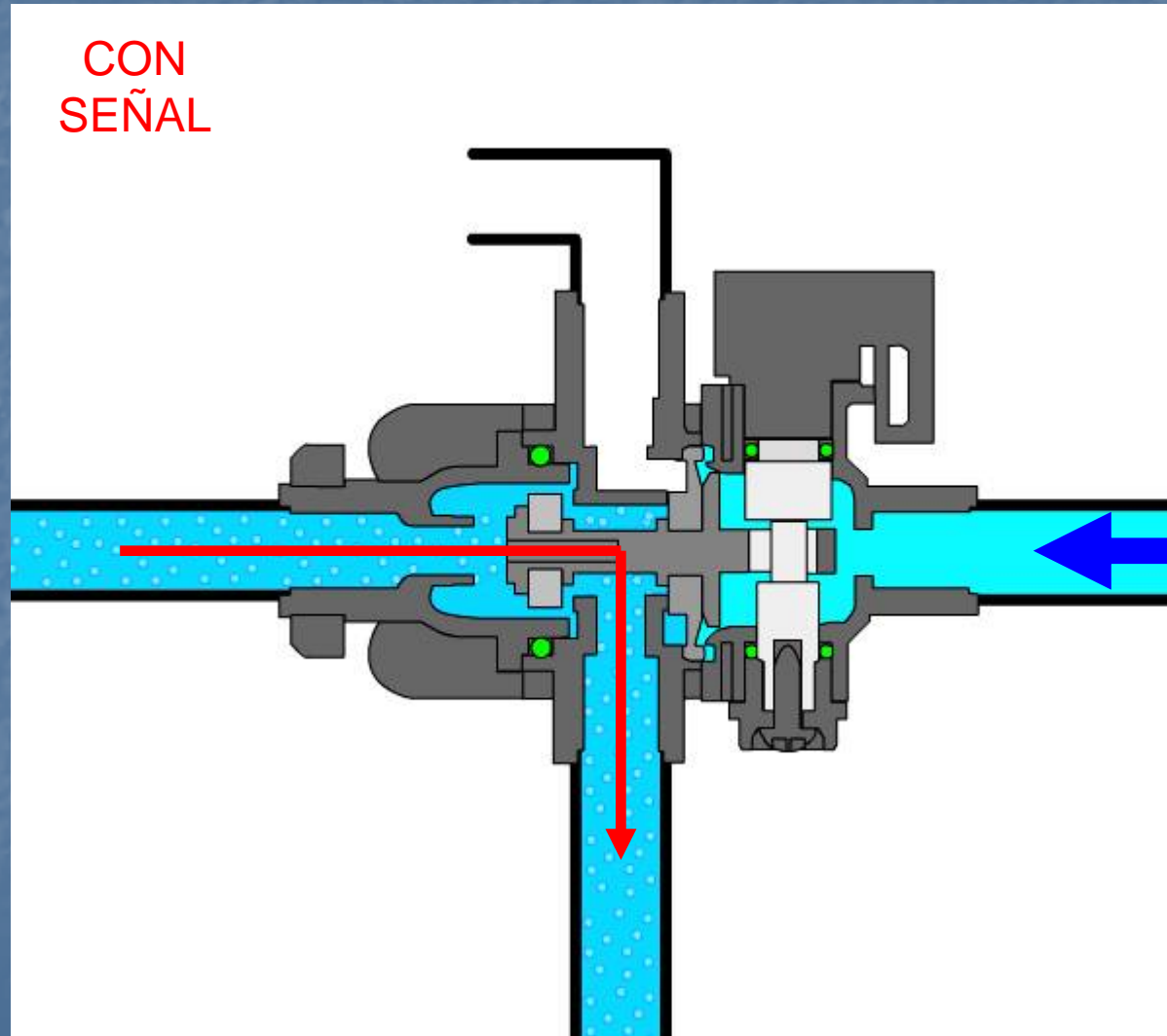
Galit RC **NC** → Válvula **NO**



VENTEO AGUAS ABAJO

CON  
SEÑAL

PRESION  
AGUAS  
ARRIBA



COMANDO

CAMARA

## Galit para “levantar” una señal débil



Si la distancia entre el Centro de Control es muy larga y las válvulas demoran muchos minutos (mas de 3 - 5´) en abrir/cerrar, debo “levantar” la señal para acortar los tiempos.



# Galit para "levantar" una señal débil

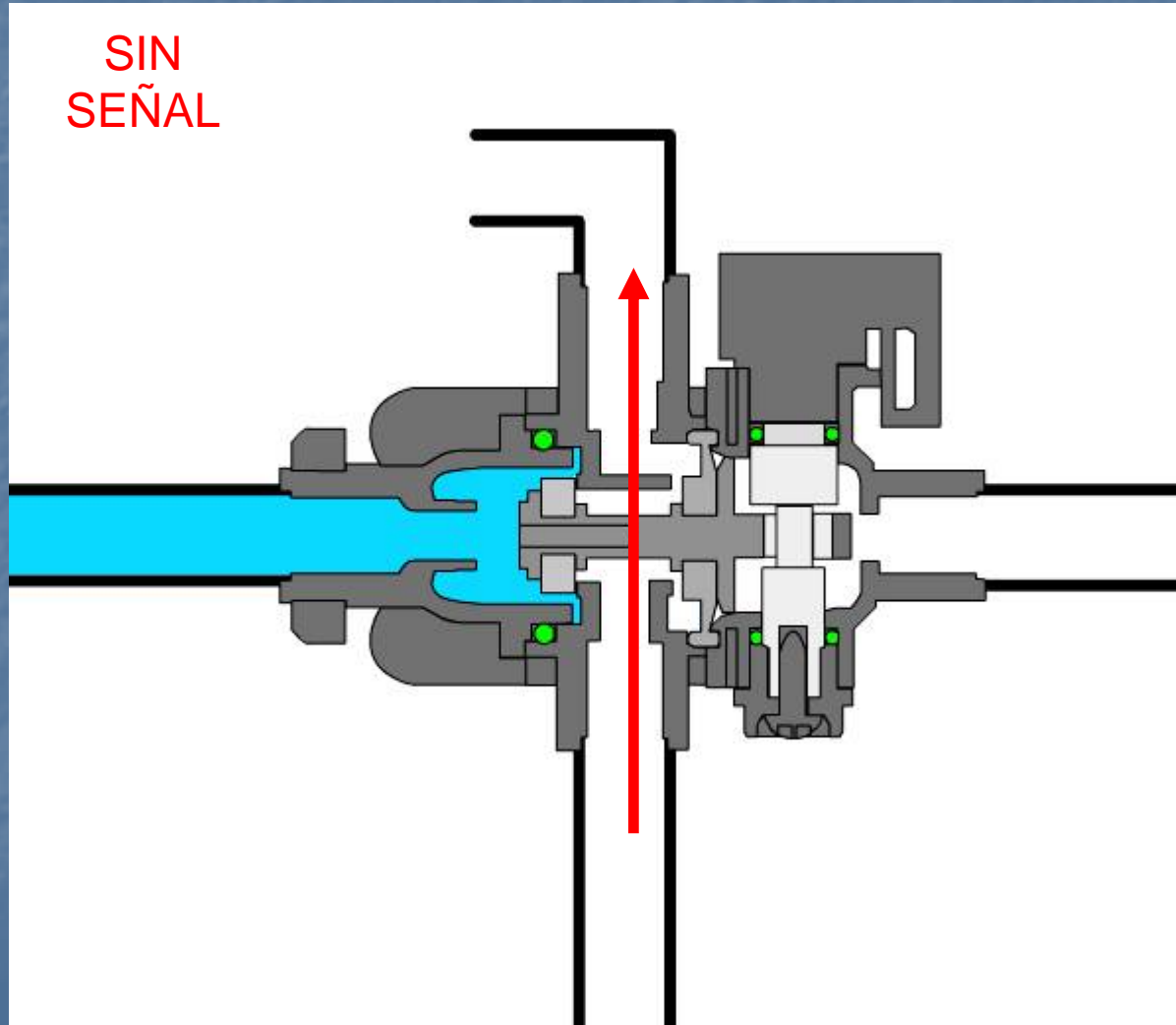


VENTEO

SIN SEÑAL

PRESION (TUBERIA PRINCIPAL)

COMANDO



A VALVULA

# Galit para "levantar" una señal débil



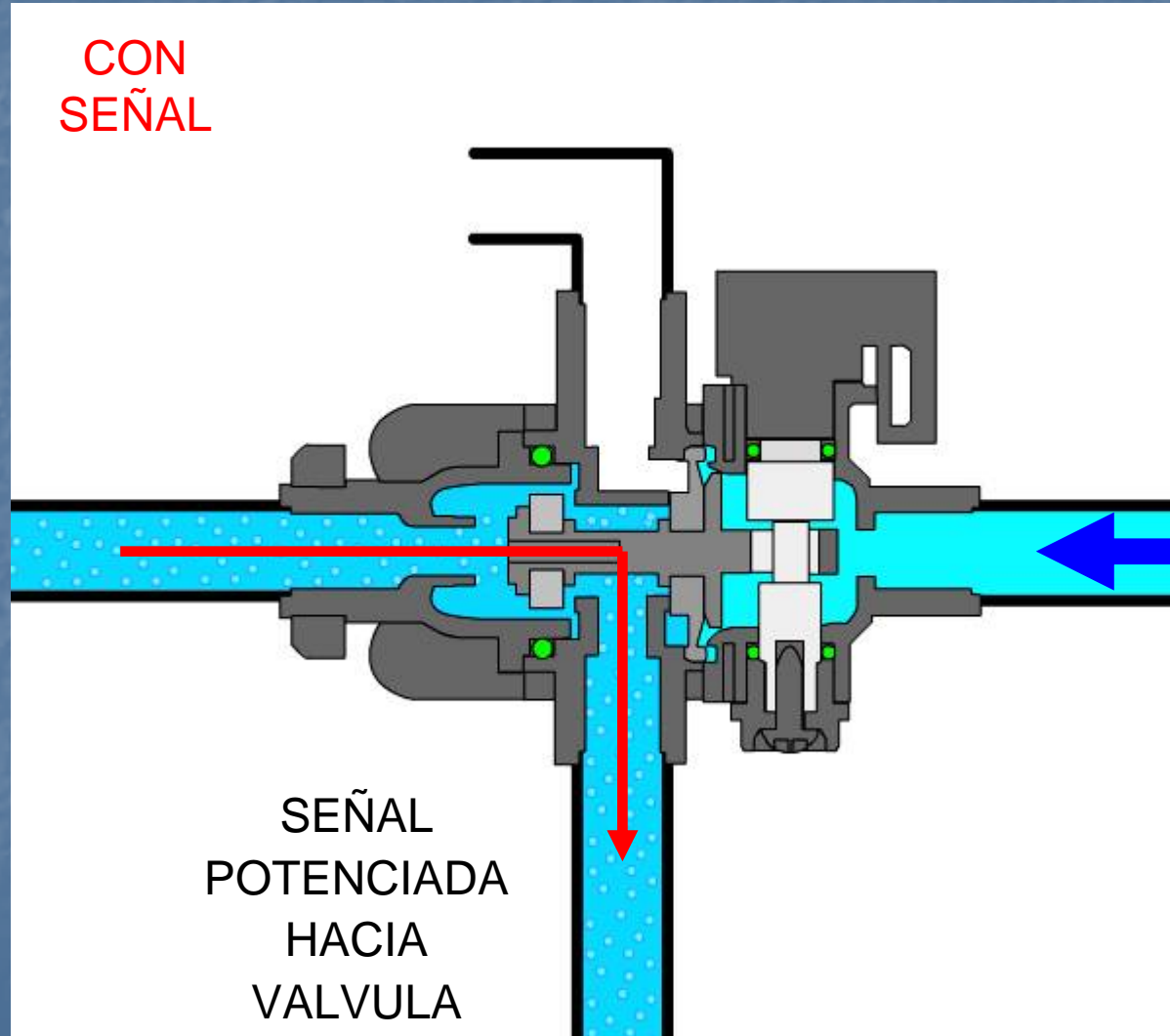
VENTEO

CON SEÑAL

PRESION (TUBERIA PRINCIPAL)

SEÑAL DEBIL DESDE CENTRO DE CONTROL

SEÑAL POTENCIADA HACIA VALVULA



# Galit para "levantar" una señal débil



Venteo

Señal débil desde el centro de control

Señal potenciada hacia la válvula

Toma de presión (tubería principal)





PR/RC – piloto 29-100 + Galit

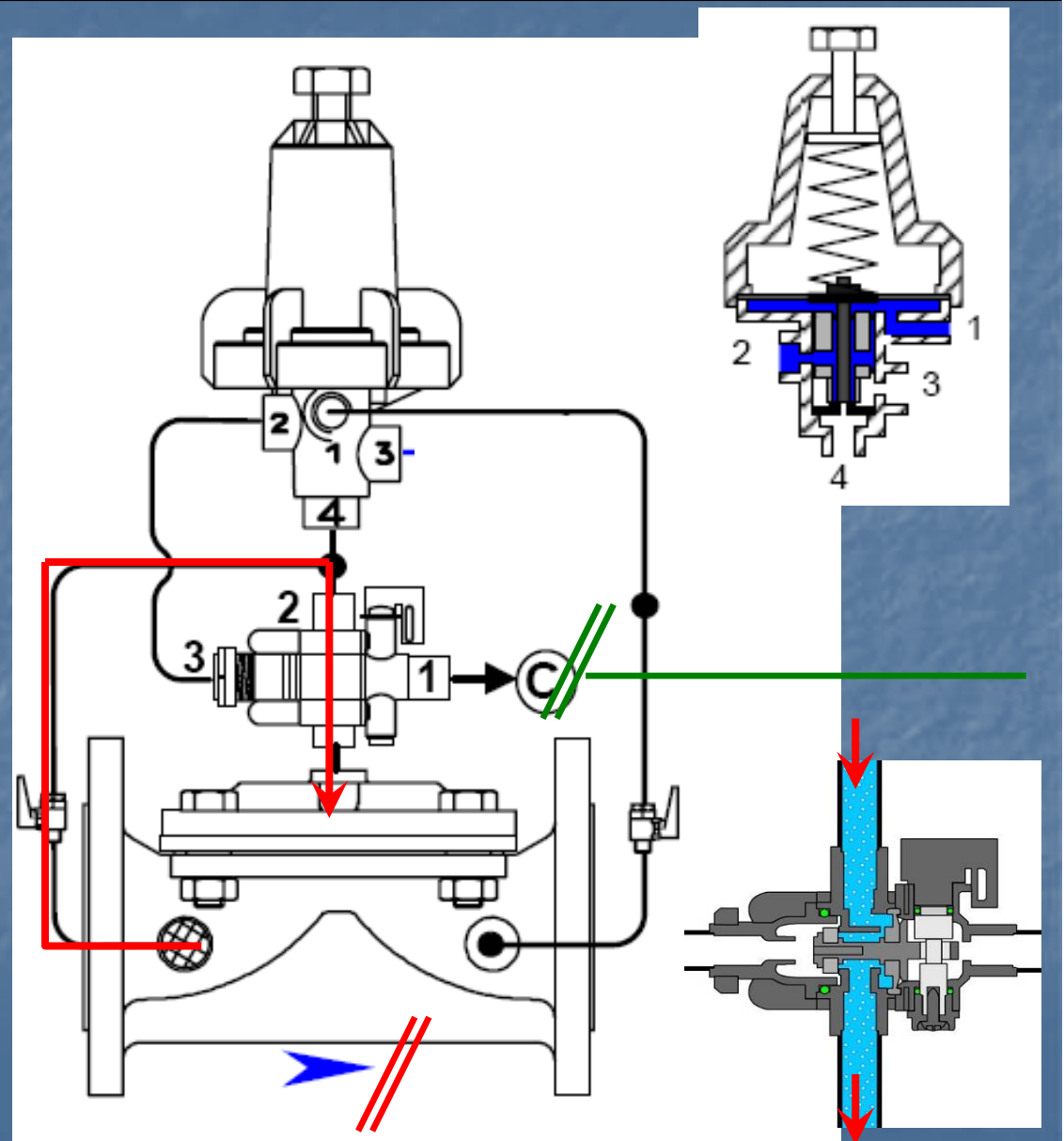


# PR/RC – piloto 29-100 + Galit



1) Sin señal

- Galit NO → Válvula NC
- El émbolo del Galit permite que el agua con P ingrese a la cámara de la válvula cerrándola

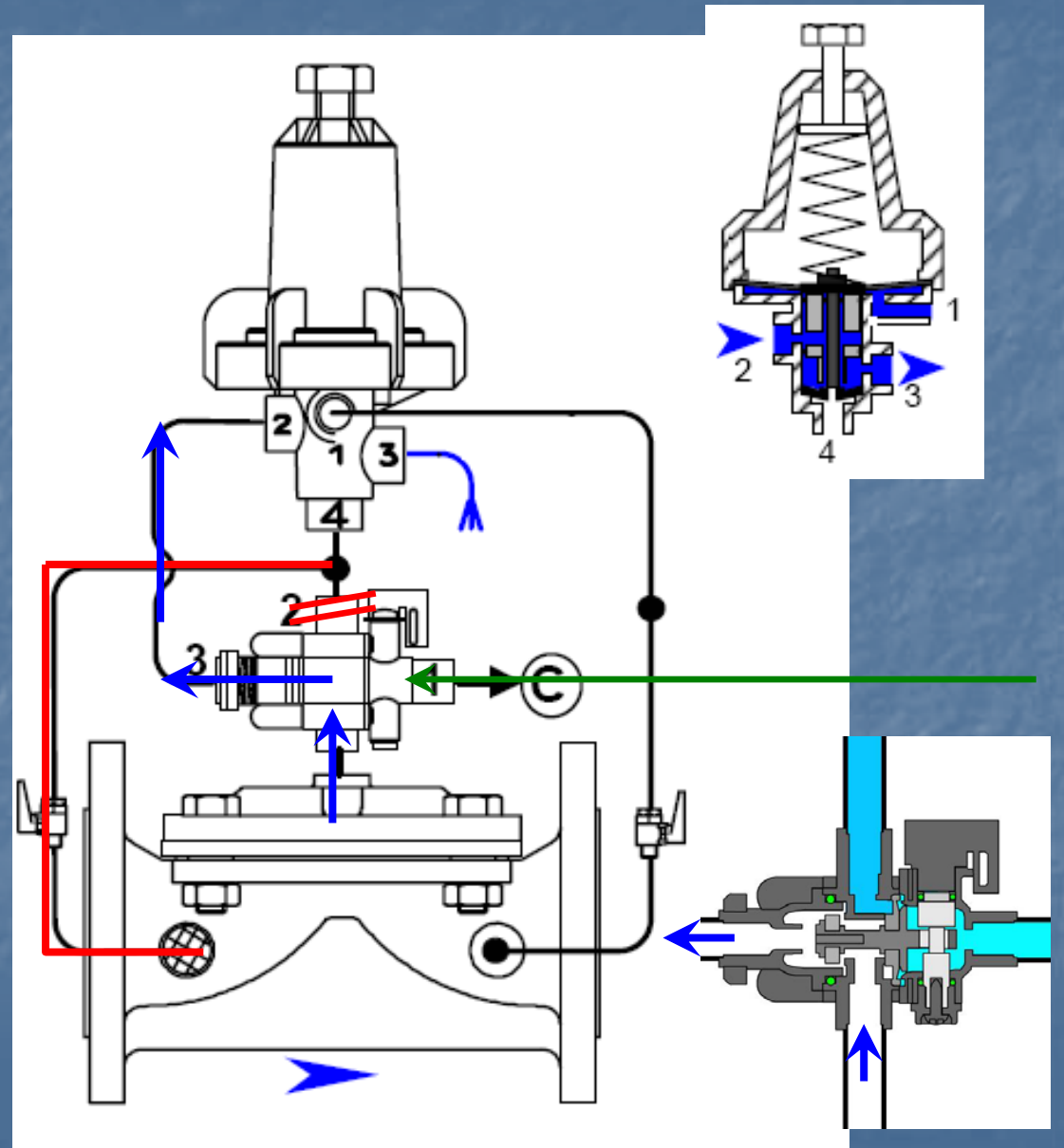


## PR/RC – piloto 29-100 + Galit



### 2) Con señal

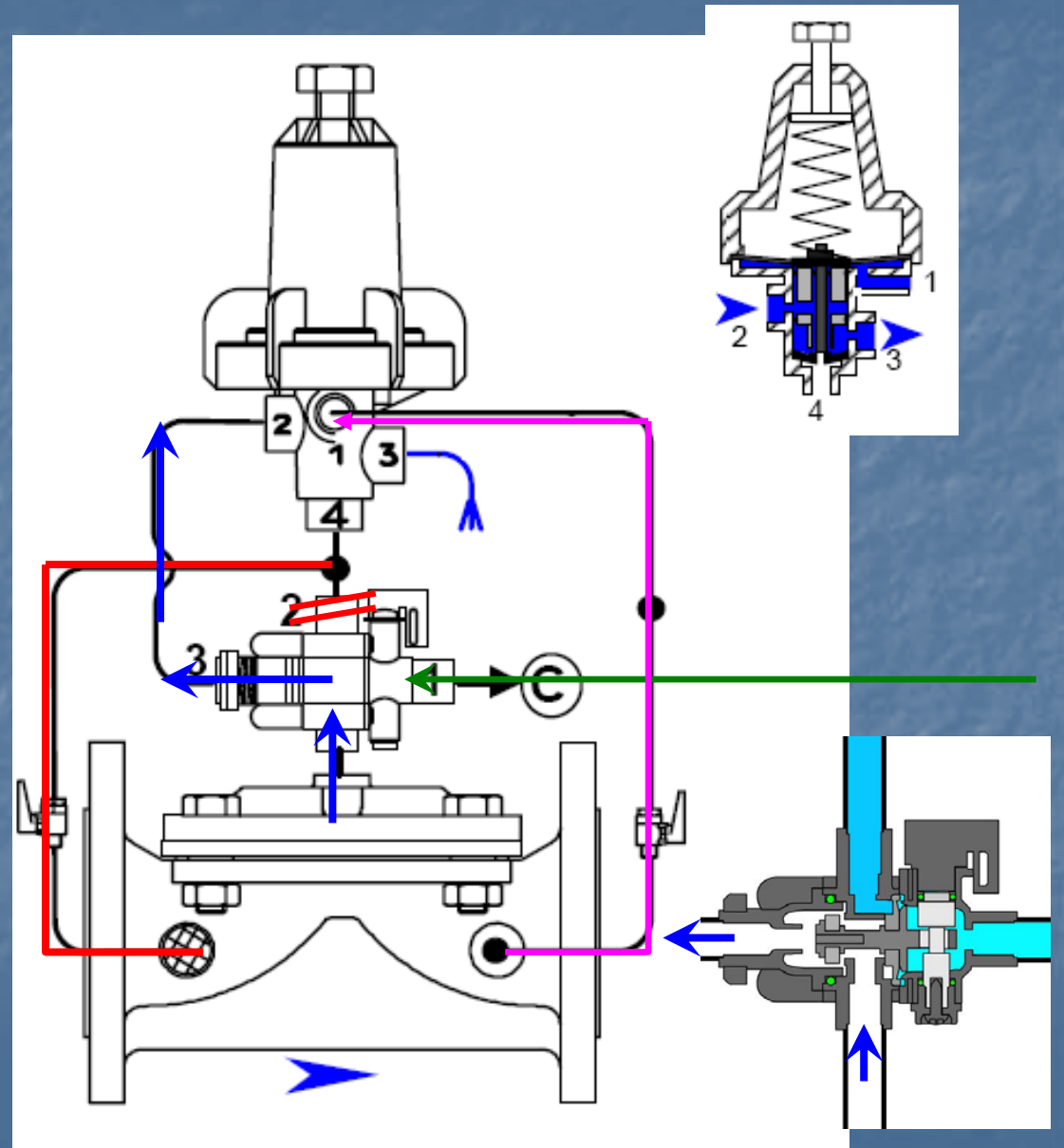
- Microtubo presurizado
- Se desplaza el émbolo del Galit
- Ya no entra mas agua a la cámara
- El agua de la cámara pasa por el Galit y llega al piloto, el cual al leer baja presión, permite escapar el agua hacia el venteo
- → la válvula se abre .



### 3) Piloto modulando

#### BAJA PRESION

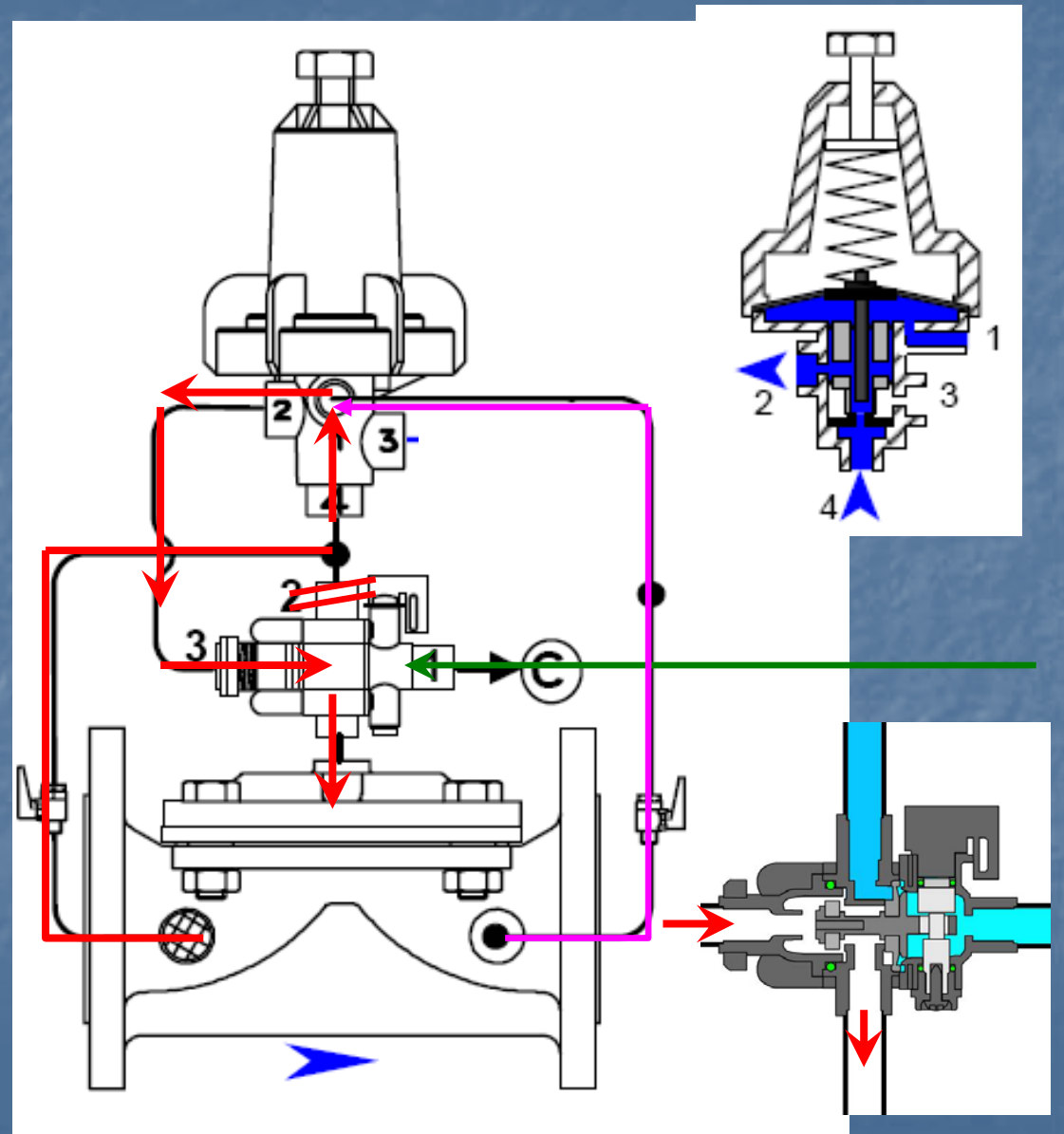
- Microtubo presurizado
- Hay libre circulación de agua de la cámara al piloto y viceversa
- El piloto lee baja presión aguas abajo
- Debe abrir la válvula, para lo cual debe dejar escapar agua de la cámara, pasando primero por el Galit y luego por el piloto.



#### 4) Piloto modulando

##### ALTA PRESION

- Microtubo presurizado
- Hay libre circulación de agua de la cámara al piloto y viceversa
- El piloto lee alta presión aguas abajo
- Debe cerrar la válvula, para lo cual toma agua con presión, la envía a la cámara previo paso por el Galit .



# CHR – turnado con + de 2 válvulas



TURNADO CON VALVULAS PROXIMAS  
↓  
CONEXIÓN EN SERIE

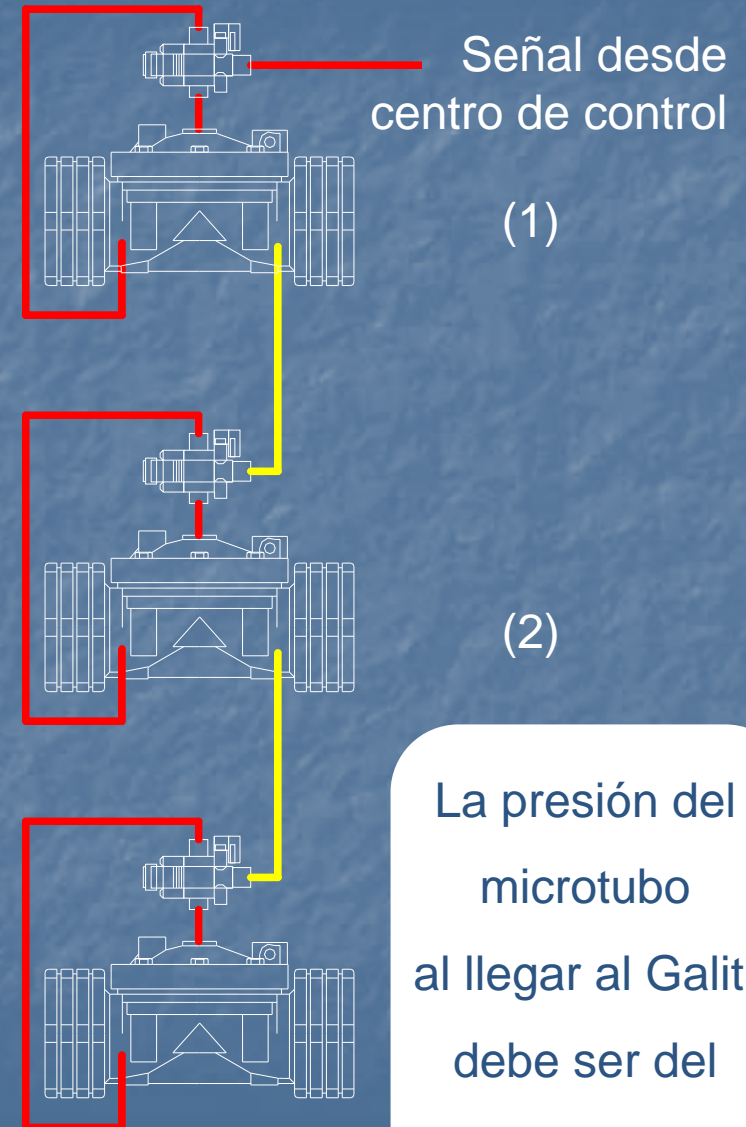
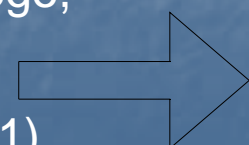
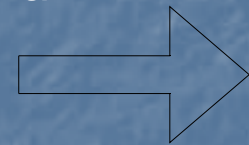
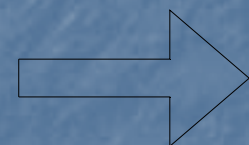
La válvula (1) es abierta por la señal que recibe el relej desde el centro de control

El relej de la válvula (2) solo recibe la señal de la tubería secundaria de la válvula (1), cuando esta llena y con presión

Etc

La conexión en serie evita la caída de presión durante la fase inicial del riego, cuando la tubería esta vacía

Durante el cierre, cierra primero la (1) .



# CHR – turnado con + de 2 válvulas



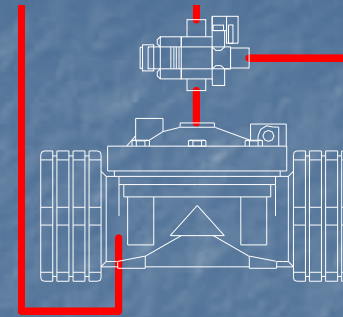
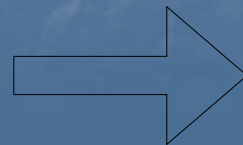
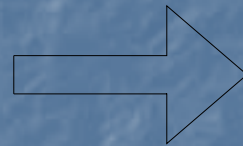
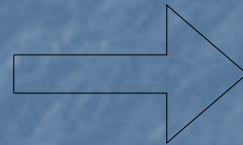
TURNADO CON VALVULAS  
NO CERCANAS

↓  
CONEXIÓN EN  
PARALELO

Todas las válvulas reciben  
la señal mas o menos  
simultáneamente y todas  
abren mas o menos  
simultáneamente, pudiendo  
“caer” la presión del sistema

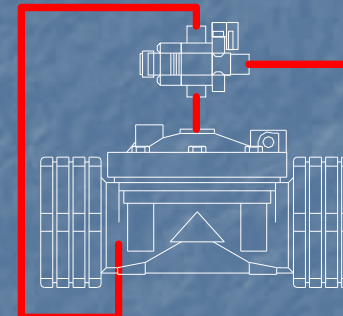
Durante el cierre se repite la  
situación

Este es el esquema mas  
utilizado.

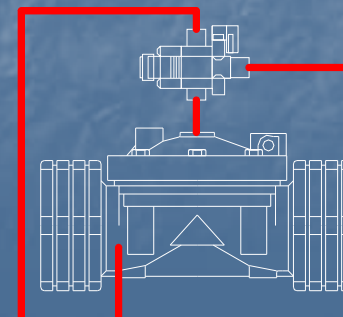


Señal desde  
centro de control

(1)



(2)



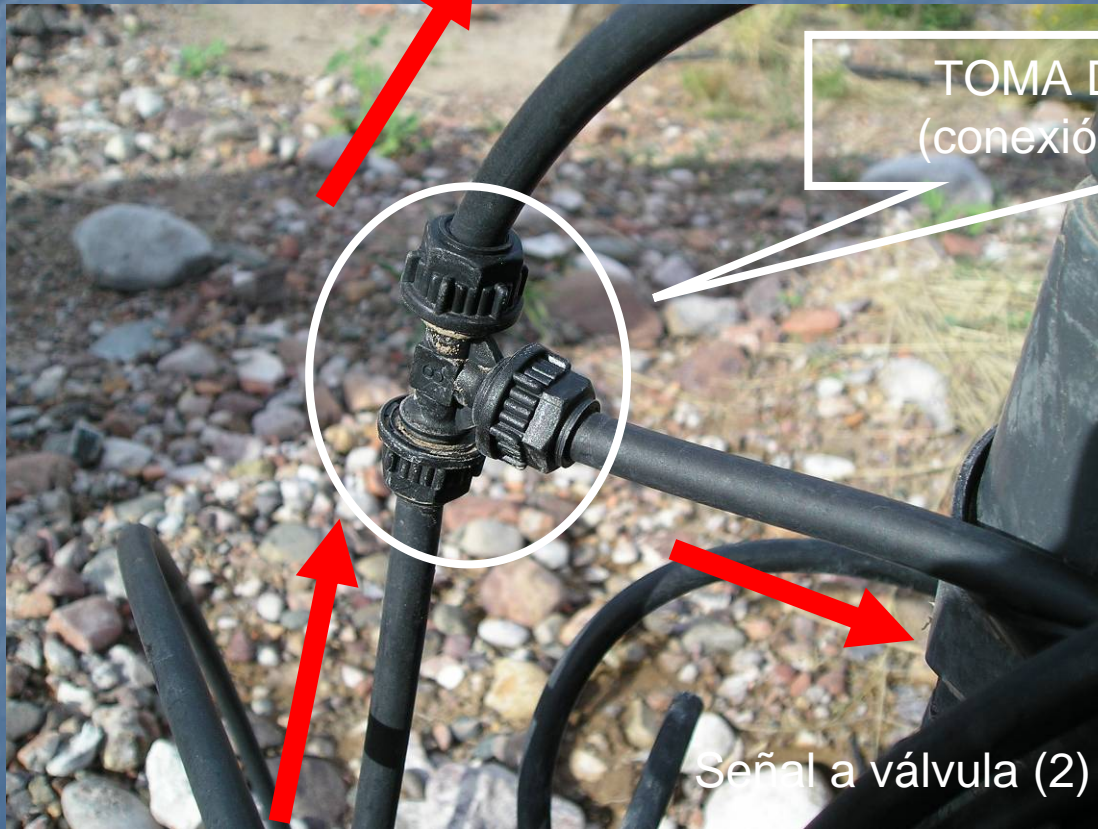
(3)

# CHR – turnado con + de 2 válvulas



## CONEXIÓN EN PARALELO

Señal a válvula (1)



TOMA DE CHEQUEO  
(conexión en superficie)

Señal a válvula (2)

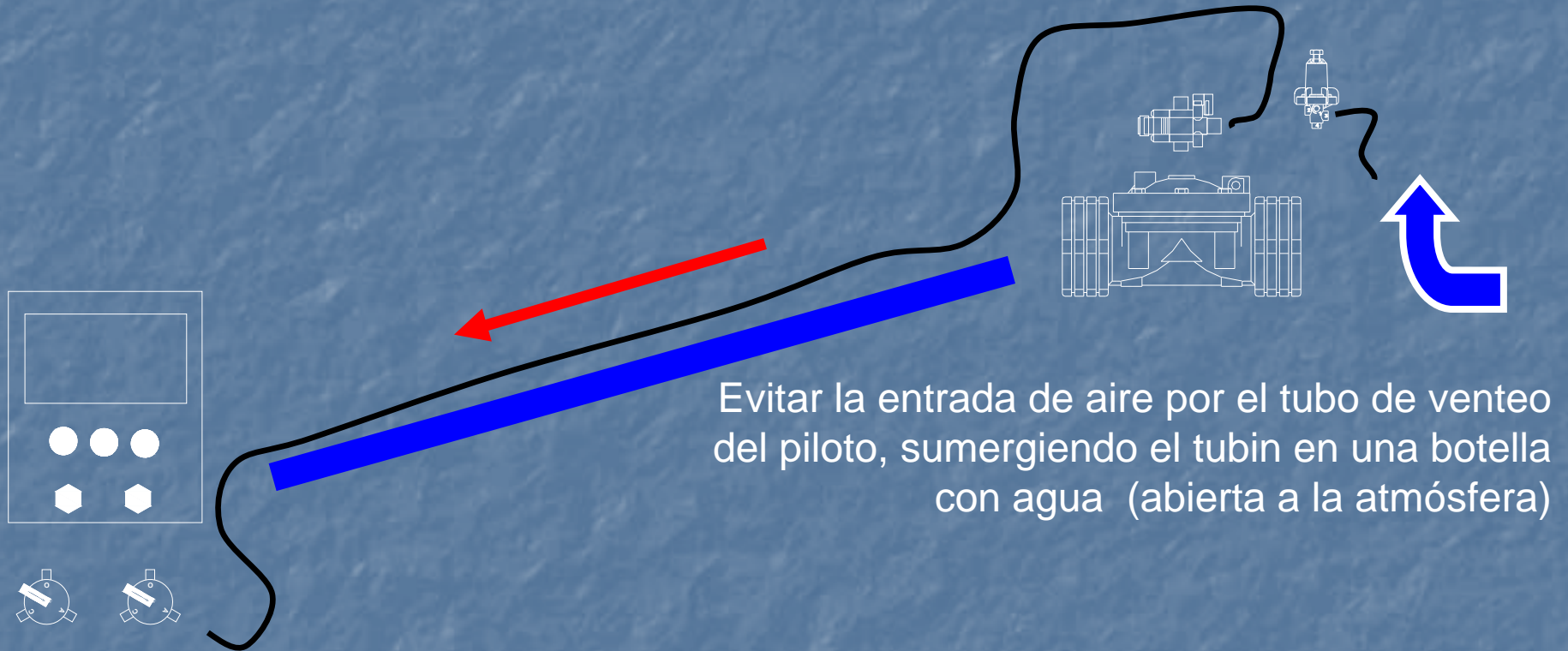
Señal del Centro de Control



fitting para enterrar.



## CENTRO DE CONTROL MAS BAJO QUE LAS VALVULAS



Evitar la entrada de aire por el tubo de venteo del piloto, sumergiendo el tubin en una botella con agua (abierto a la atmósfera)

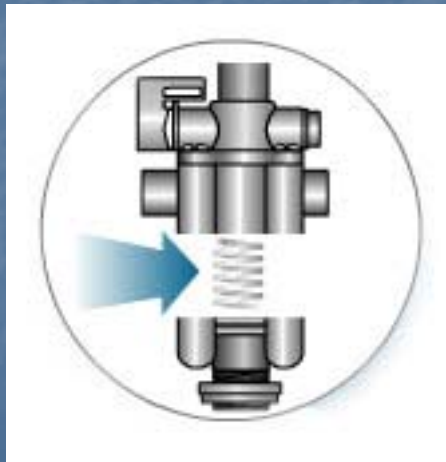
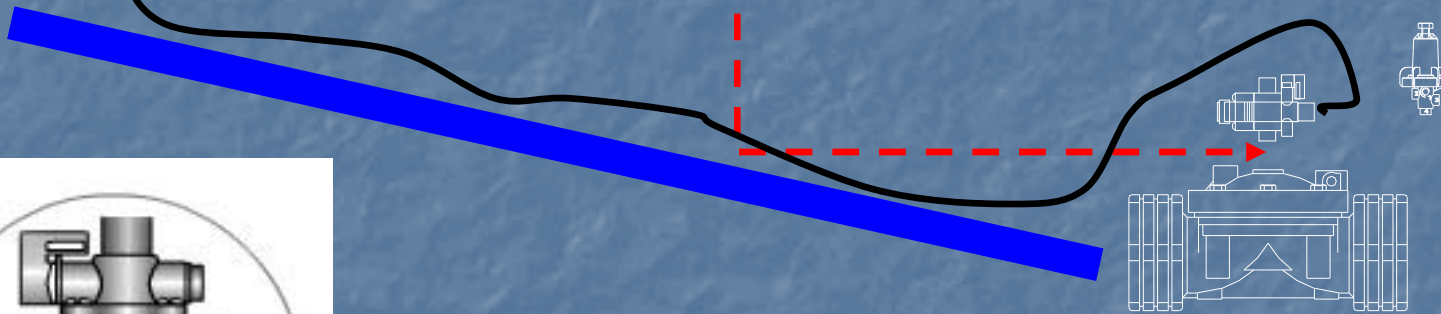
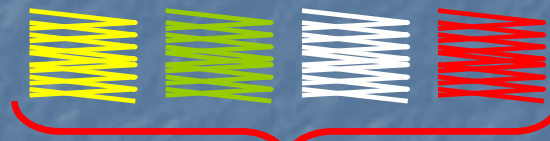
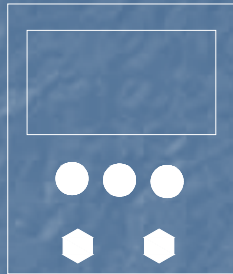
Al drenar la tubería de comando, puede haber entrada de aire por el tubin de venteo del piloto, lo que retrasará la próxima operación de la válvula

# CHR – diferencia de altura



## CENTRO DE CONTROL MAS ALTO QUE LAS VALVULAS

(mas de 3 – 5 metros)



La tubería de comando, permanece con presión (estática)

El émbolo del Galit debe ser ayudado por un resorte, el cual varía según la diferencia de altura .

### 1) Galit NO → válvula NC - La válvula NO ABRE

- La presión del comando es muy débil. La misma debe ser del 80% de la P local

### 2) Galit NO → válvula NC - La válvula NO CIERRA

- Si al desconectar el microtubo la válvula se cierra, es por que hay problemas topográficos. Instalar resortes

### 3) Galit NC → válvula NO - La válvula NO ABRE

- Si al desconectar el microtubo la válvula se abre, es por que hay problemas topográficos. Instalar resortes

### 4) Galit NC → válvula NO - La válvula NO CIERRA

- La presión del comando es muy débil. La misma debe ser del 70% de la P local

### 5) Mientras esta operando el Galit drena agua constantemente por el venteo

- Activar el Galit manualmente (llave). Si es drenaje se detiene, esta faltando P en el comando .

## UN CASO INTERESANTE

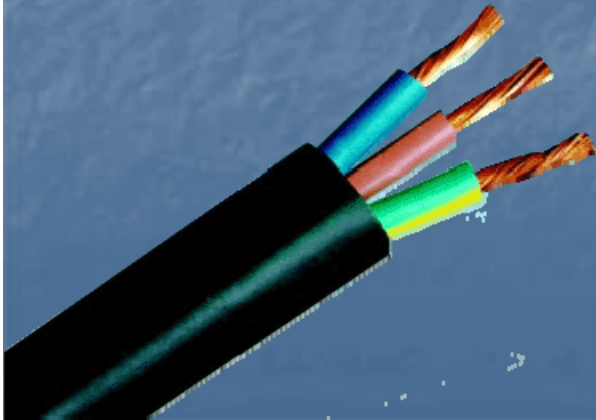


- Importante diferencia de altura ente Centro de Control y Válvulas de Campo
- Importante distancia entre Centro de Control y Válvulas de Campo
- Necesidad de Control Remoto Eléctrico
- Turnos con 2 o más lotes próximos

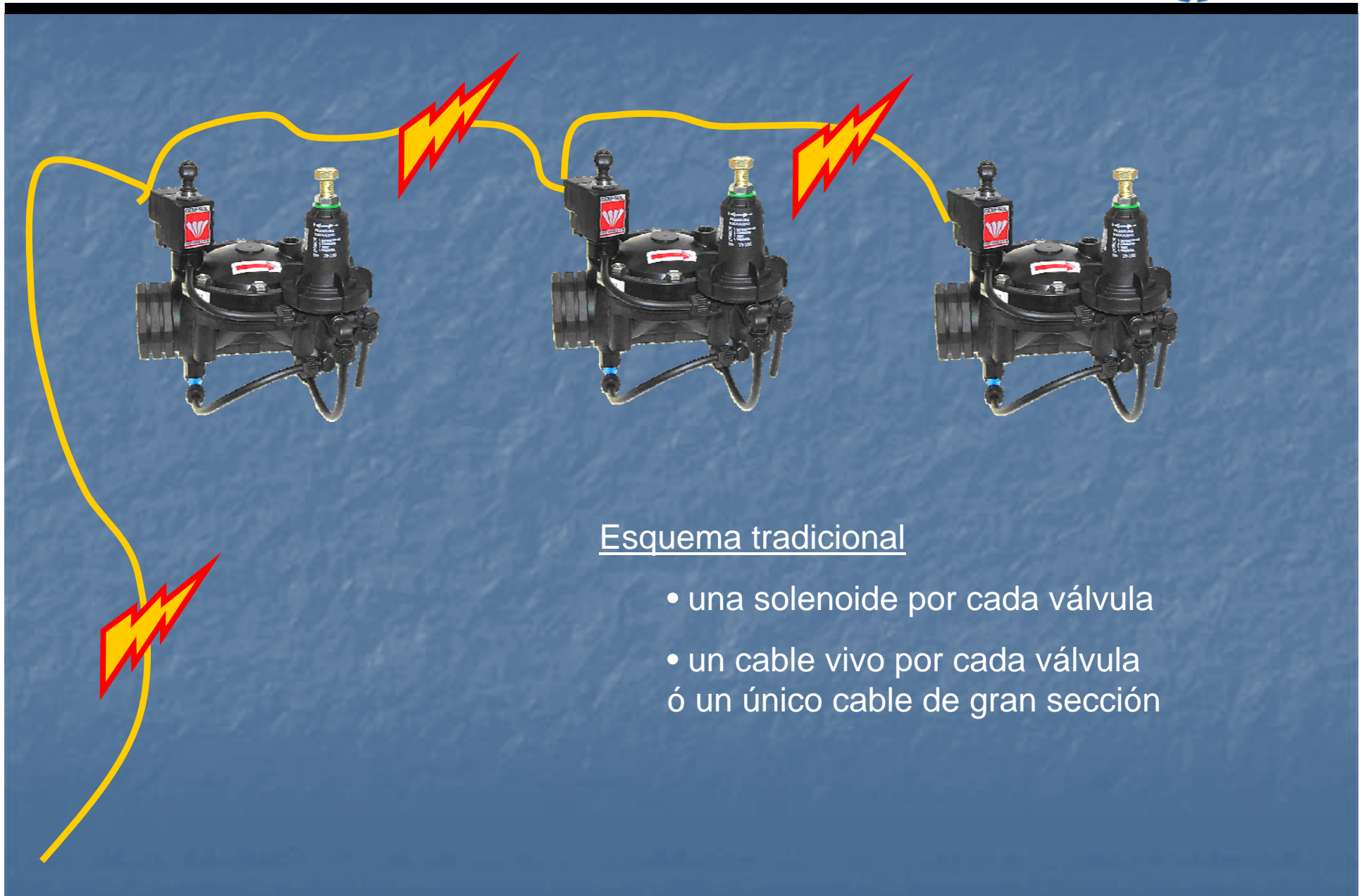
### Solución tradicional

Un cable de sección *importante* que soporte

- la cantidad de solenoides del turno
- la caída de voltaje admisible producto de la distancia
- el amperaje de entrada mínimo del solenoide



# UN CASO INTERESANTE



## Esquema tradicional

- una solenoide por cada válvula
- un cable vivo por cada válvula ó un único cable de gran sección

# UN CASO INTERESANTE



## Esquema MIXTO

- Un solo cable vivo y una sola solenoide para la primera válvula
- el resto de las válvula, con reley hidráulico, funcionando en serie



Ahora a trabajar señores...

Martín Rizzi

AUTOMATIC CONTROL VALVES DOROT

[martinrizzi.la@gmail.com](mailto:martinrizzi.la@gmail.com)

+54-9-11-3044-2719

## **ANEXO 3**



## Y como funciona un piloto de 3 vías?

### El caso del piloto reductor de presión

Como es bien sabido, si ingresa agua a la cámara de una válvula, la misma se cierra, total o parcialmente. De igual forma, si se libera agua de la misma, la válvula se abre, total o parcialmente.

Esta operación puede ser hecha en forma manual (ayudado por una llave selectora) o en forma AUTOMÁTICA.

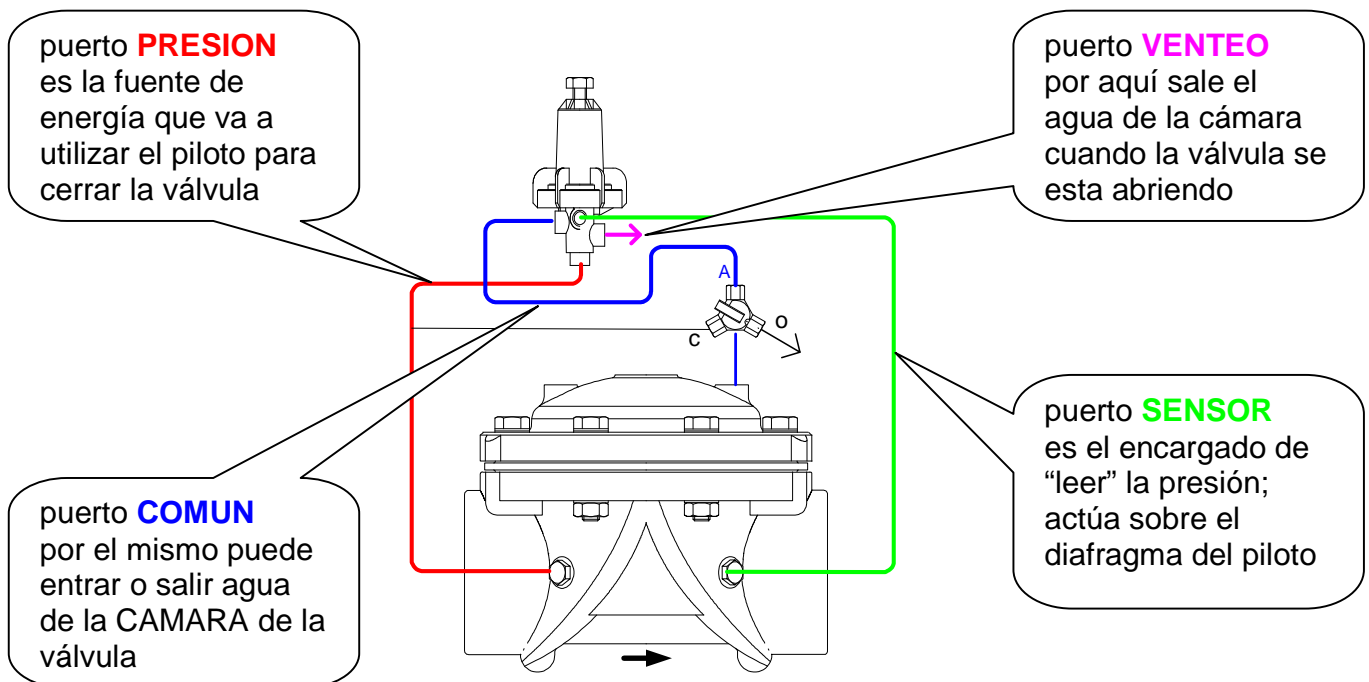
Un piloto de 3 vías no es más que una pequeña válvula, que en forma automática es capaz de controlar la válvula.

El mismo “*recibe información*” de algún punto de la conducción y a partir de una “*consigna de calibración*”, “*modifica el grado de apertura*” de la válvula y por lo tanto los parámetros hidráulicos de la conducción.

Es el piloto quien le confiere a la válvula la capacidad de MODULAR.

El piloto de 3 vías cuenta con 4 puertos: SENSOR / PRESION / COMUN / VENTEO.

Para el caso de una **REDUCTORA DE PRESION**, la cual limita la presión “aguas abajo” de la válvula, encontramos ...



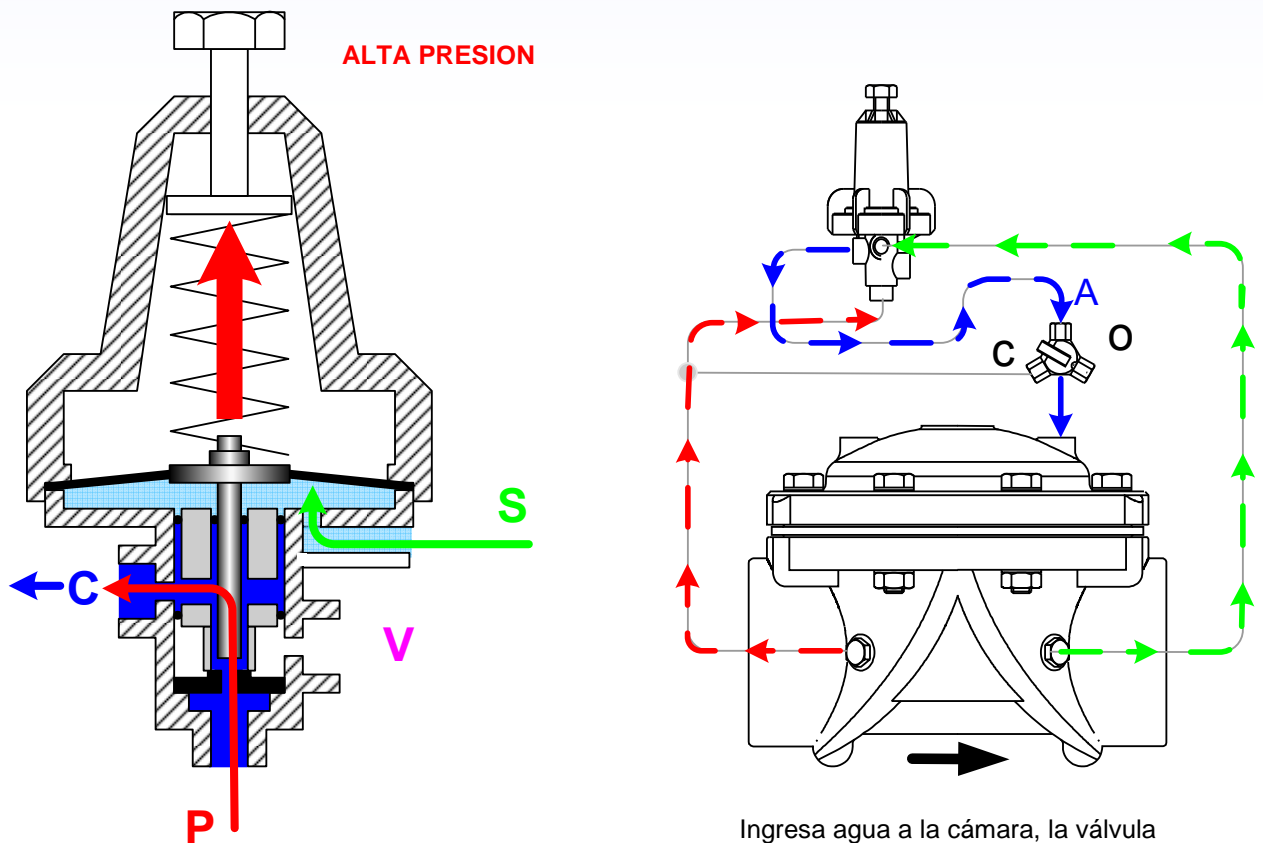
Dentro del piloto existe un diafragma, el cual es solidario con un vástago metálico; este último permite o interrumpe la comunicación entre los otros puertos.

La relación de fuerzas entre el puerto SENSOR y la TENSION del RESORTE, determina la posición del diafragma.

### ALTA PRESION AGUAS ABAJO

Si hay alta presión, la fuerza del puerto SENSOR vence la fuerza del resorte, desplaza el diafragma y comunica el puerto PRESION con el puerto CAMARA. Al ingresar agua a la cámara, la válvula se cierra parcialmente, disminuyendo la presión aguas abajo.

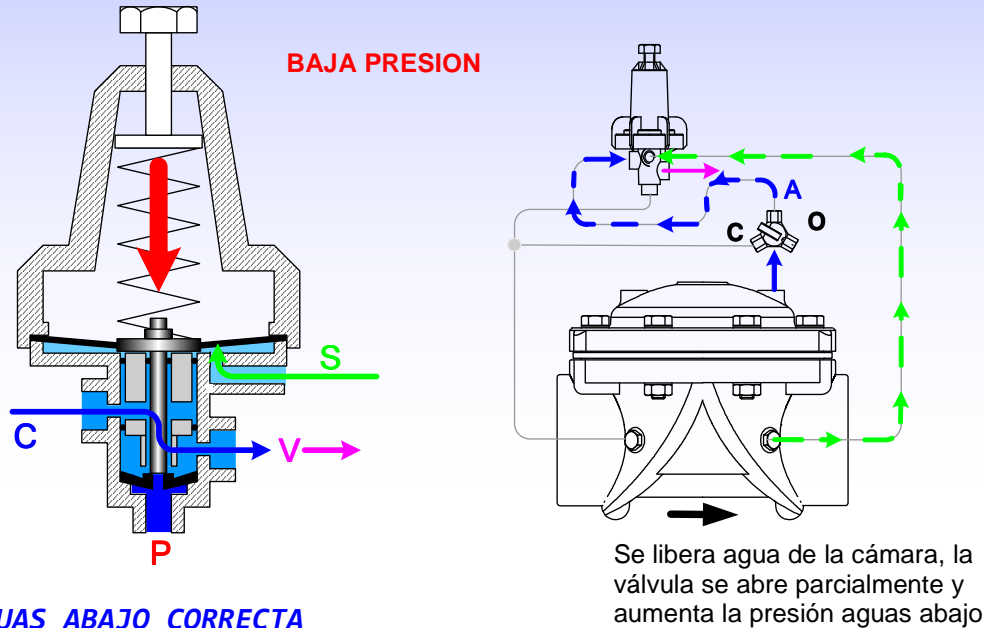
Hasta cuando? Hasta que con la nueva condición hidráulica, la fuerza del puerto SENSOR se iguale con la TENSIÓN DEL RESORTE.



Ingresa agua a la cámara, la válvula se cierra parcialmente y disminuye la presión aguas abajo

### BAJA PRESION AGUAS ABAJO

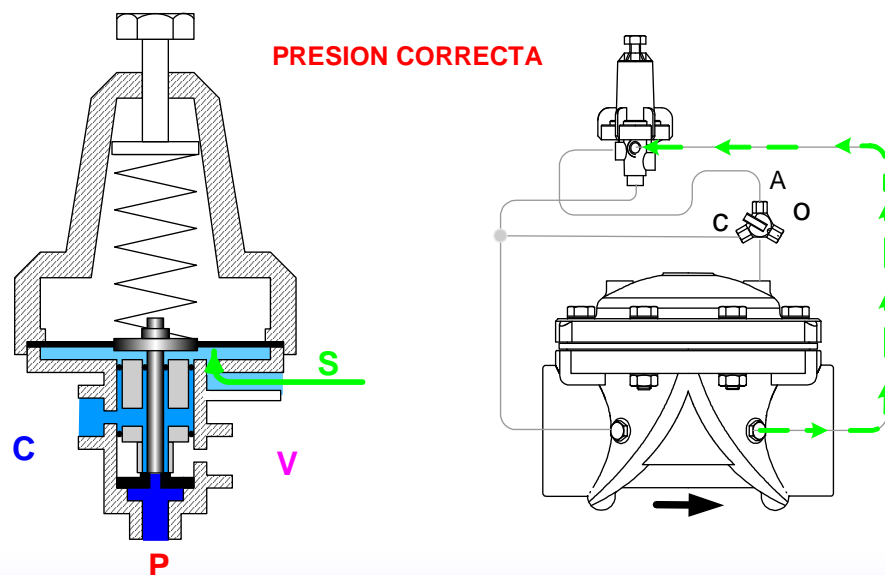
Si hay baja presión, la fuerza del resorte es mayor que la transmitida por el puerto SENSOR. Es así que se desplaza el diafragma y se comunica el puerto CAMARA con el puerto VENTEO. Al salir agua de la cámara, la válvula se abre parcialmente, aumentando la presión aguas abajo. Hasta cuando? Hasta que con la nueva condición hidráulica, la fuerza del puerto SENSOR se iguale con la TENSION DEL RESORTE.



### PRESION AGUAS ABAJO CORRECTA

La fuerza del puerto SENSOR es igual que la tensión del resorte.

No hay circulación de agua dentro del piloto No ingresa ni sale agua de la cámara. La válvula esta estable.





### ***Algunas características de Los pilotos de 3 vías***

- ✓ permiten ingresar agua presurizada a la cámara de la válvula, cerrando la misma en forma parcial o total.
- ✓ permiten dejar escapar agua presurizada de la cámara de la válvula, abriendo la misma en forma total o parcial.
- ✓ solo trabajan (solo hay circulación de agua), cuando existe una variación en la presión respecto de la presión de calibración. En ese momento comunica los puertos e ingresa o sale agua de la cámara.
- ✓ poseen buena sensibilidad, aunque no tan alta como los pilotos de 2 vías.
- ✓ permiten liberar el 100% del agua de la cámara, por lo que las válvulas provistas con pilotos de 3 vías, pueden abrir plenamente, generando menor pérdida de carga.
- ✓ son los indicados para trabajar con agua de regular calidad.
- ✓ son muy utilizados en equipos de riego agrícola.

### ***Algunas características de Los pilotos reductores de presión***

- ✓ mantienen la presión de seteo o calibración "aguas abajo" independientemente de las variaciones en la presión "aguas arriba".
- ✓ mantienen la presión de seteo o calibración "aguas abajo" independientemente de las variaciones en el consumo o caudal.
- ✓ al ajustar el tronillo de calibración del piloto, se aumenta la tensión del resorte, por lo que se eleva el valor de calibración en la presión "aguas abajo" (la válvula trabaja mas abierta).
- ✓ al aflojar el tronillo de calibración del piloto, se disminuye la tensión del resorte, por lo que se baja el valor de calibración en la presión "aguas abajo" (la válvula trabaja mas cerrada).

## **ANEXO 4**



## PROTOCOLO CERPER

Solicitante **Agrícola Torontel S.A.C**  
 Domicilio Legal  
 Procedencia **Ica**  
 Fecha de recepción **2014-04-21**  
 Fecha de inicio del ensayo **2014-04-22**  
 Identificado con H/S **14005675**

Cultivo: **Vid Var. Uva Quebranta**  
 Estación : **Carmin 1**  
 Fundo : **San Jeronimo**  
 Fecha de muestreo **2014-04-16**  
 Fecha de término del ensayo **2014-04-29**  
 Ensayo realizado en **Laboratorio Ambiental**

### SUELO

MUESTRA	pH (*)	C.E (ds/m ) (*)	P Disponible mg/kg	K Disponible mg/kg	ANÁLISIS TEXTURAL				CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO meq/100g						M.O. %	CO <sub>3</sub> Ca %	ELEMENTOS DISPONIBLES mg/kg								
					%ARENA	% LIMO	% ARCILLA	CLASE TEXTURAL	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup>	SUMA DE CACIONES			C.I.C.	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	SO <sub>4</sub> =	B	Cu	Fe	Mn	Zn
SUELO (0-20 cm)	8.88	1.38	7.23	121.60	99	1	0	Arena	2.17	0.39	0.12	0.06	<0.01	2.74	2.74	0.13	1.33	1081.00	93.90	945.60	0.60	0.62	9.77	2.27	0.66
SUELO (20-40 cm)	8.97	1.35	12.37	108.80	98	2	0	Arena	2.25	0.38	0.13	0.08	<0.01	2.84	2.84	0.12	1.16	1181.00	92.00	1212.00	0.74	0.51	9.95	1.81	0.67

(\*) Extracto de Saturacion

## **ANEXO 5**







23	Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)	6.76	9.25
22	Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)	10.20	8.70
21	Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)	23.81	9.80
20	Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)	28.98	9.90
13	Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)	16.60	8.30
6	Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)	23.54	8.66
5	Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)	19.27	9.64
4	Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)	14.69	9.95
3	Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)	18.21	8.61
9	Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)	7.06	9.80
1	Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)	6.89	10.60
35	Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)	23.85	8.20
16	Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)	13.04	9.30
11	Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)	23.28	10.30
12	Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)	21.71	9.05
14	Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)	11.16	7.30
7	Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)	21.72	8.91
8	Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)	19.82	8.60
2	Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)	9.13	8.56
10	Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)	20.54	10.85
15	Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)	20.23	8.00
17	Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)	19.67	10.75
18	Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)	21.26	10.30
19	Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)	24.04	10.00
41	Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)	23.62	10.45



## Zone Design Report

**Cliente :** AGRICOLA SANTIAGO QUEI

**Diseñador:** Carla Montañez

**Ubicación :** ICA

**Fecha de diseño :** 04/11/2014

**Cultivo :** VID

**Clave :** CARMIN10 V5 - FINAL.des

**1**

**Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

**Presión aguas abajo:** 10.60 (m)      **Presión aguas arriba :** 10.79 (m)

**Caudal Bloque :** 6.89 (m3/h)      **Pérdida válvula:** 0.19 (m)

<b>Caudal</b>	<b>Permitido</b>	<b>Real</b>	<b>Presión</b>	<b>Permitida</b>	<b>Real</b>
	(lph)	(lph)		(m)	(m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	8.85
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	13.72

Eu = 96.19 (%)    Cu = 100.0 (%)    Coeficiente de variación = 0.03

Caudal promedio por emisor = 1.60

**2**

**Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

**Presión aguas abajo:** 8.56 (m)      **Presión aguas arriba :** 8.89 (m)

**Caudal Bloque :** 9.13 (m3/h)      **Pérdida válvula:** 0.33 (m)

<b>Caudal</b>	<b>Permitido</b>	<b>Real</b>	<b>Presión</b>	<b>Permitida</b>	<b>Real</b>
	(lph)	(lph)		(m)	(m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	8.74
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	13.77

Eu = 96.19 (%)    Cu = 100.0 (%)    Coeficiente de variación = 0.03

Caudal promedio por emisor = 1.60

**3**

**Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

**Presión aguas abajo:** 8.61 (m)      **Presión aguas arriba :** 9.93 (m)

**Caudal Bloque :** 18.21 (m3/h)      **Pérdida válvula:** 1.32 (m)



## Zone Design Report

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	8.72
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	19.20

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**4**

**Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	9.95	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	10.81	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	14.69	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	0.86	<b>(m)</b>

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	6.50	8.63
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	18.83

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**5**

**Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	9.64	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	11.11	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	19.27	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	1.47	<b>(m)</b>

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	8.55
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	16.56

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**6**

**Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	8.66	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	10.85	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	23.54	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	2.19	<b>(m)</b>



## Zone Design Report

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	8.80
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	15.18

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**7****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	8.91	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	10.78	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	21.72	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	1.87	<b>(m)</b>

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	8.87
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	17.92

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**8****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	8.60	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	10.16	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	19.82	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	1.56	<b>(m)</b>

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.00	8.07
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	17.79

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**9****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	9.80	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	10.00	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	7.06	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	0.20	<b>(m)</b>



## Zone Design Report

<b>Caudal</b>	<b>Permitido</b> (lph)	<b>Real</b> (lph)	<b>Presión</b>	<b>Permitida</b> (m)	<b>Real</b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	8.95
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	10.71

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**10****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	10.85	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	12.52	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	20.54	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	1.67	<b>(m)</b>

<b>Caudal</b>	<b>Permitido</b> (lph)	<b>Real</b> (lph)	<b>Presión</b>	<b>Permitida</b> (m)	<b>Real</b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	9.06
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	12.55

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**11****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	10.30	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	12.44	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	23.28	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	2.14	<b>(m)</b>

<b>Caudal</b>	<b>Permitido</b> (lph)	<b>Real</b> (lph)	<b>Presión</b>	<b>Permitida</b> (m)	<b>Real</b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	9.44
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	11.98

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**12****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	9.05	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	10.92	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	21.71	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	1.87	<b>(m)</b>



## Zone Design Report

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	7.50	8.92
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	13.50

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**13****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	8.30	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	9.40	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	16.60	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	1.10	<b>(m)</b>

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	7.50	8.20
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	13.98

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**14****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	7.30	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	7.80	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	11.16	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	0.50	<b>(m)</b>

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	5.00	7.21
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	13.94

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**15****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	8.00	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	9.62	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	20.23	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	1.62	<b>(m)</b>



## Zone Design Report

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	7.50	7.50
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	12.76

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**16****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	9.30	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	9.98	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	13.04	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	0.68	<b>(m)</b>

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	9.00
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	11.41

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**17****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	10.75	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	12.28	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	19.67	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	1.53	<b>(m)</b>

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	9.19
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	13.54

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**18****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	10.30	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	12.09	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	21.26	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	1.79	<b>(m)</b>



## Zone Design Report

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	9.20
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	11.58

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**19****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	10.00	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	12.28	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	24.04	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	2.28	<b>(m)</b>

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	9.08
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	11.70

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**20****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	9.90	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	13.21	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	28.98	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	3.31	<b>(m)</b>

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	9.07
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	11.86

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**21****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	9.80	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	12.04	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	23.81	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	2.24	<b>(m)</b>





## Zone Design Report

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	9.27
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	12.07

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**22****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	8.70	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	9.12	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	10.20	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	0.42	<b>(m)</b>

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	8.70
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	11.72

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**23****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	9.25	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	9.43	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	6.76	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	0.18	<b>(m)</b>

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	9.24
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	10.36

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**24****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	10.70	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	12.40	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	20.69	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	1.70	<b>(m)</b>



## Zone Design Report

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	9.70
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	10.73

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**25****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	10.30	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	12.07	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	21.17	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	1.77	<b>(m)</b>

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	9.60
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	11.22

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**26****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	10.00	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	11.47	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	19.22	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	1.47	<b>(m)</b>

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	9.47
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	11.59

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**27****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	9.55	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	11.32	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	21.12	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	1.77	<b>(m)</b>



## Zone Design Report

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	9.32
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	11.44

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**28****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	9.40	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	11.16	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	21.08	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	1.76	<b>(m)</b>

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	9.15
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	12.16

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**29****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	8.85	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	9.78	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	15.26	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	0.93	<b>(m)</b>

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	8.83
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	11.78

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**30****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	10.15	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	11.37	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	17.52	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	1.22	<b>(m)</b>



## Zone Design Report

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	9.35
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	10.72

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**31****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	11.20	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	13.61	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	24.70	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	2.41	<b>(m)</b>

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	9.33
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	12.00

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**32****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	10.15	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	12.01	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	21.68	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	1.86	<b>(m)</b>

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	9.58
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	11.40

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**33****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	10.60	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	13.05	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	24.92	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	2.45	<b>(m)</b>



## Zone Design Report

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	9.48
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	11.43

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**34****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	10.00	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	12.39	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	24.60	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	2.39	<b>(m)</b>

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	9.50
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	11.40

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**35****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	8.20	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	10.45	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	23.85	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	2.25	<b>(m)</b>

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	7.00	7.88
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	12.48

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**36****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	10.50	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	11.45	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	15.46	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	0.95	<b>(m)</b>



## Zone Design Report

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	9.31
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	11.13

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**37****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	11.30	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	13.42	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	23.13	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	2.12	<b>(m)</b>

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	9.55
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	11.36

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**38****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	10.75	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	12.53	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	21.17	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	1.78	<b>(m)</b>

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	9.75
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	11.06

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**39****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	11.05	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	13.35	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	24.10	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	2.30	<b>(m)</b>



## Zone Design Report

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	9.52
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	11.97

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**40****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	10.70	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	12.82	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	23.13	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	2.12	<b>(m)</b>

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	9.64
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	11.34

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**41****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	10.45	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	12.66	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	23.62	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	2.21	<b>(m)</b>

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	9.52
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	11.26

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**42****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	8.70	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	8.96	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	8.02	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	0.26	<b>(m)</b>



## Zone Design Report

<b>Caudal</b>	<b>Permitido</b> (lph)	<b>Real</b> (lph)	<b>Presión</b>	<b>Permitida</b> (m)	<b>Real</b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	5.00	8.65
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	11.13

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**43****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	11.55	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	13.33	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	21.19	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	1.78	<b>(m)</b>

<b>Caudal</b>	<b>Permitido</b> (lph)	<b>Real</b> (lph)	<b>Presión</b>	<b>Permitida</b> (m)	<b>Real</b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	8.69
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	11.53

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**44****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	10.95	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	12.58	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	20.27	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	1.63	<b>(m)</b>

<b>Caudal</b>	<b>Permitido</b> (lph)	<b>Real</b> (lph)	<b>Presión</b>	<b>Permitida</b> (m)	<b>Real</b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	9.22
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	11.08

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**45****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	10.10	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	11.30	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	17.41	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	1.20	<b>(m)</b>





## Zone Design Report

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	9.27
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	10.44

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**46****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	10.90	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	12.69	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	21.24	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	1.79	<b>(m)</b>

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	9.05
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	11.23

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**47****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	10.40	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	11.87	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	19.26	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	1.47	<b>(m)</b>

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	8.85
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	11.26

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
Caudal promedio por emisor = 1.60

**48****Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	10.50	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	11.98	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	19.29	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	1.48	<b>(m)</b>



## Zone Design Report

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	8.50	8.62
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	11.49

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
 Caudal promedio por emisor = 1.60

**49**

**Válvula :** Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)

<b>Presión aguas abajo:</b>	9.70	<b>(m)</b>	<b>Presión aguas arriba :</b>	10.21	<b>(m)</b>
<b>Caudal Bloque :</b>	11.25	<b>(m3/h)</b>	<b>Pérdida válvula:</b>	0.51	<b>(m)</b>

<b>Caudal</b>	<b><u>Permitido</u></b> (lph)	<b><u>Real</u></b> (lph)	<b>Presión</b>	<b><u>Permitida</u></b> (m)	<b><u>Real</u></b> (m)
Mínimo	1.60	1.60	Mínimo	5.00	9.30
Máximo	1.60	1.60	Máximo	25.00	11.70

Eu = 96.19 (%) Cu = 100.0 (%) Coeficiente de variación = 0.03  
 Caudal promedio por emisor = 1.60



## Memoria

03/04/2015

**Cliente :** AGRICOLA SANTIAGO QUEI    **Fecha de diseño :** 04/11/2014  
**Ubicación :** ICA    **Diseñador :** Carla Montañez  
**Cultivo :** VID    **Clave :** CARMIN10 V5 - FINAL.des

**SECTOR :** 1    **Caudal :** 243.59 (m3/h)    **Presión :** -2.00 (m)

### Matriz

ID	Diámetro (mm)	Code	Caudal (m3/h)	Velocidad Max. (m/s)	Length (m)	Headloss (m)
60,712	90.00	PVC	11.0	0.5	6.7	0.01
58,184	90.00	PVC	1.7	0.1	1.5	0.15
60,722	90.00	PVC	1.1	0.1	1.5	0.15
57,225	90.00	PVC	7.3	0.4	2.3	0.22
60,706	90.00	PVC	10.1	0.5	6.7	-0.05
60,717	90.00	PVC	7.5	0.4	2.3	0.21
55,221	200.00	PVC	15.2	0.1	151.4	-1.88
60,716	200.00	PVC	26.2	0.3	1.1	-0.07
55,219	200.00	PVC	51.5	0.5	137.3	-2.28
60,709	200.00	PVC	154.8	1.5	0.4	-0.07
55,241	200.00	PVC	100.0	1.0	164.3	-3.64
58,218	200.00	PVC	36.3	0.4	1.3	0.11
55,265	110.00	PVC	23.8	0.8	26.9	1.06
56,630	250.00	PVC	243.6	1.5	1.5	-0.02
55,348	250.00	PVC	243.6	1.5	19.3	0.37
57,011	250.00	PVC	122.1	0.8	0.8	-0.02
57,008	250.00	PVC	122.1	0.8	1.2	0.04
57,009	250.00	PVC	122.1	0.8	1.8	0.06
55,231	250.00	PVC	193.8	1.2	220.5	-3.88
57,221	200.00	PVC	154.8	1.5	0.6	-0.06
55,213	250.00	PVC	243.6	1.5	61.6	-0.27
55,209	250.00	PVC	243.6	1.5	22.6	-0.32
55,211	250.00	PVC	243.6	1.5	37.6	1.52
60,721	160.00	PVC	9.8	0.2	0.5	-0
55,444	110.00	PVC	23.8	0.8	1.7	0
55,223	160.00	PVC	2.3	0.0	148.7	-2.24
55,517	140.00	PVC	24.6	0.5	0.7	-0.02
55,525	140.00	PVC	46.7	0.9	19.7	0.63
56,603	140.00	PVC	23.1	0.5	96.9	2.45
55,520	140.00	PVC	23.8	0.5	2.8	0.05
55,239	140.00	PVC	54.8	1.1	1.9	-0.09
55,526	110.00	PVC	11.2	0.4	1.5	0.05
55,399	110.00	PVC	19.3	0.6	3.4	0.03



OLIVOS

# Memoria

03/04/2015

55,396	110.00	PVC	19.3	0.6	3.1	0.04
55,523	140.00	PVC	8.0	0.2	1.3	0.02
55,229	110.00	PVC	49.8	1.6	4.3	-0.45
55,411	140.00	PVC	23.1	0.5	1.0	-0.02
56,601	140.00	PVC	23.6	0.5	0.9	0.02
55,528	110.00	PVC	38.5	1.2	63.2	0.81
55,398	110.00	PVC	19.3	0.6	96.8	1.66
55,428	110.00	PVC	21.1	0.7	57.2	1.91
55,468	140.00	PVC	20.2	0.4	0.7	0.04
55,261	110.00	PVC	36.3	1.2	2.0	0.01
55,270	140.00	PVC	20.2	0.4	21.6	-0.29
55,247	140.00	PVC	48.4	1.0	2.8	0.18
55,522	140.00	PVC	24.6	0.5	85.2	2.7
55,429	110.00	PVC	21.1	0.7	1.8	0.02
55,426	110.00	PVC	15.3	0.5	0.5	0.01
56,637	100.00	FLA	122.1	4.3 **	0.0	51.6
47,112	400.00	FLA	243.6	0.5 **	0.0	-8

Perdida tubería : 42.50

SECTOR : 2 Caudal : 223.89 (m3/h) Presión : -2.00 (m)

## Matriz

ID	Diámetro (mm)	Code	Caudal (m3/h)	Velocidad Max. (m/s)	Length (m)	Headloss (m)
60,712	90.00	PVC	13.8	0.7	6.7	-0.01
58,184	90.00	PVC	1.1	0.1	1.5	0.15
60,722	90.00	PVC	0.7	0.0	1.5	0.15
57,225	90.00	PVC	4.6	0.2	2.3	0.23
60,706	90.00	PVC	13.4	0.6	6.7	-0.06
60,717	90.00	PVC	5.4	0.3	2.3	0.21
55,221	200.00	PVC	14.0	0.1	151.4	-1.87
60,716	200.00	PVC	27.8	0.3	1.1	-0.07
55,219	200.00	PVC	54.4	0.5	137.3	-2.3
60,709	200.00	PVC	146.3	1.4	0.4	-0.06
55,241	200.00	PVC	101.0	1.0	164.3	-3.65
55,449	110.00	PVC	24.0	0.8	101.8	2.53
55,446	110.00	PVC	53.0	1.7	97.0	1.5
58,218	200.00	PVC	41.2	0.4	1.3	0.11
55,265	110.00	PVC	53.0	1.7	26.9	0.49
56,630	250.00	PVC	223.9	1.4	1.5	-0.01
55,348	250.00	PVC	223.9	1.4	19.3	0.4
57,011	250.00	PVC	112.3	0.7	0.8	-0.01
57,008	250.00	PVC	112.3	0.7	1.2	0.05
57,009	250.00	PVC	112.3	0.7	1.8	0.06
55,231	250.00	PVC	185.2	1.2	220.5	-3.79



OLIVOS

## Memoria

03/04/2015

57,221	200.00	PVC	146.3	1.4		0.6	-0.06
55,213	250.00	PVC	223.9	1.4		61.6	-0.19
55,209	250.00	PVC	223.9	1.4		22.6	-0.29
55,211	250.00	PVC	223.9	1.4		37.6	1.57
55,447	110.00	PVC	29.0	0.9		1.0	-0.01
55,486	110.00	PVC	24.0	0.8		19.0	-0.26
55,243	110.00	PVC	45.3	1.5		96.1	0.69
55,416	110.00	PVC	21.2	0.7		107.8	2.22
55,532	110.00	PVC	21.2	0.7		0.8	-0.01
55,414	110.00	PVC	24.1	0.8		0.6	-0.02
55,413	140.00	PVC	45.3	0.9		0.8	-0.01
55,511	110.00	PVC	21.7	0.7		1.8	0.02
55,514	110.00	PVC	24.9	0.8		1.1	-0.04
55,525	140.00	PVC	45.3	0.9		19.7	0.64
56,603	140.00	PVC	45.3	0.9		96.9	2.05
55,239	140.00	PVC	45.3	0.9		1.9	-0.07
55,529	110.00	PVC	17.4	0.6		6.5	-0.03
55,402	110.00	PVC	21.2	0.7		5.4	0.02
55,229	110.00	PVC	38.7	1.2		4.3	-0.38
55,528	110.00	PVC	38.7	1.2		63.2	0.8
55,404	110.00	PVC	17.4	0.6		112.2	1.64
55,398	110.00	PVC	38.7	1.2		96.8	0.68
55,401	110.00	PVC	38.7	1.2		96.9	0.92
55,428	110.00	PVC	40.3	1.3		57.2	1.3
55,431	110.00	PVC	40.3	1.3		97.0	2.05
55,261	110.00	PVC	40.3	1.3		2.0	-0
55,247	140.00	PVC	46.6	0.9		2.8	0.19
55,522	140.00	PVC	46.6	0.9		85.2	2.34
55,519	140.00	PVC	46.6	0.9		0.6	-0.02
55,253	110.00	PVC	46.6	1.5		96.1	1.27
55,516	110.00	PVC	21.7	0.7		106.9	2.16
55,432	110.00	PVC	21.1	0.7		1.4	0.01
55,434	110.00	PVC	19.2	0.6		103.1	3.29
55,505	110.00	PVC	19.2	0.6		0.8	0
56,637	100.00	FLA	112.3	4.0	**	0.0	54
47,112	400.00	FLA	223.9	0.5	**	0.0	-8

Perdida tubería : 62.52

SECTOR : 3 Caudal : 224.86 (m3/h) Presión : -2.00 (m)

## Matriz

ID	Diámetro (mm)	Code	Caudal (m3/h)	Velocidad Max. (m/s)	Length (m)	Headloss (m)
60,712	90.00	PVC	14.4	0.7	6.7	-0.01
58,184	90.00	PVC	1.1	0.1	1.5	0.15



OLIVOS

## Memoria

03/04/2015

60,722	90.00	PVC	0.7	0.0	1.5	0.15
57,225	90.00	PVC	4.8	0.2	2.3	0.23
60,706	90.00	PVC	13.9	0.7	6.7	-0.07
60,717	90.00	PVC	5.6	0.3	2.3	0.21
55,221	200.00	PVC	13.3	0.1	151.4	-1.87
60,716	200.00	PVC	27.7	0.3	1.1	-0.07
55,219	200.00	PVC	61.9	0.6	137.3	-2.35
60,709	200.00	PVC	142.7	1.4	0.4	-0.06
55,241	200.00	PVC	104.1	1.0	164.3	-3.69
55,449	110.00	PVC	54.0	1.7	101.8	0.5
55,488	110.00	PVC	54.0	1.7	95.7	0.26
55,446	110.00	PVC	54.0	1.7	97.0	1.42
58,218	200.00	PVC	41.7	0.4	1.3	0.11
55,265	110.00	PVC	54.0	1.7	26.9	0.46
56,630	250.00	PVC	224.9	1.4	1.5	-0.01
55,348	250.00	PVC	224.9	1.4	19.3	0.4
57,011	250.00	PVC	112.8	0.7	0.8	-0.01
57,008	250.00	PVC	112.8	0.7	1.2	0.05
57,009	250.00	PVC	112.8	0.7	1.8	0.06
55,231	250.00	PVC	183.4	1.1	220.5	-3.77
57,221	200.00	PVC	142.7	1.4	0.6	-0.05
55,213	250.00	PVC	224.9	1.4	61.6	-0.2
55,209	250.00	PVC	224.9	1.4	22.6	-0.29
55,211	250.00	PVC	224.9	1.4	37.6	1.57
55,453	90.00	PVC	13.0	0.6	0.2	-0.01
55,471	90.00	PVC	19.7	0.9	1.4	-0.06
55,473	90.00	PVC	13.0	0.6	96.7	1.75
55,476	110.00	PVC	32.7	1.1	97.0	3.28
55,268	90.00	PVC	32.7	1.6	0.5	-0.1
55,474	110.00	PVC	21.3	0.7	4.9	0.89
55,534	110.00	PVC	38.6	1.2	89.1	0.39
55,245	90.00	PVC	38.6	1.9	0.5	-0.13
55,243	110.00	PVC	38.6	1.2	96.1	1.15
55,416	110.00	PVC	38.6	1.2	107.8	1.22
55,419	90.00	PVC	15.5	0.7	97.5	1.15
55,420	90.00	PVC	15.5	0.7	0.5	-0.01
55,417	90.00	PVC	23.1	1.1	2.6	-0.05
55,413	140.00	PVC	38.6	0.8	0.8	-0
55,423	90.00	PVC	17.5	0.8	2.2	-0.01
55,508	110.00	PVC	24.7	0.8	1.7	-0.04
55,525	140.00	PVC	38.6	0.8	19.7	0.67
56,603	140.00	PVC	38.6	0.8	96.9	2.19
55,239	140.00	PVC	38.6	0.8	1.9	-0.06
55,405	110.00	PVC	20.3	0.7	5.8	0.01



OLIVOS

## Memoria

03/04/2015

55,237	90.00	PVC	21.2	1.0		97.0	-0.24
55,408	90.00	PVC	21.2	1.0		2.5	-0.04
55,407	110.00	PVC	21.2	0.7		0.6	-0.01
55,229	110.00	PVC	41.5	1.3		4.3	-0.4
55,528	110.00	PVC	41.5	1.3		63.2	0.68
55,404	110.00	PVC	41.5	1.3		112.2	0.23
55,531	110.00	PVC	41.5	1.3		85.2	-0.06
55,398	110.00	PVC	41.5	1.3		96.8	0.5
55,401	110.00	PVC	41.5	1.3		96.9	0.73
55,259	90.00	PVC	17.5	0.8		97.0	1.74
55,428	110.00	PVC	48.6	1.6		57.2	0.93
55,431	110.00	PVC	48.6	1.6		97.0	1.44
55,261	110.00	PVC	48.6	1.6		2.0	-0.03
55,247	140.00	PVC	42.2	0.8		2.8	0.19
55,522	140.00	PVC	42.2	0.8		85.2	2.43
55,519	140.00	PVC	42.2	0.8		0.6	-0.01
55,513	110.00	PVC	42.2	1.4		91.0	1.16
55,510	110.00	PVC	17.5	0.6		0.5	0
55,253	110.00	PVC	42.2	1.4		96.1	1.59
55,516	110.00	PVC	42.2	1.4		106.9	0.92
55,437	110.00	PVC	27.5	0.9		97.5	1.99
55,440	110.00	PVC	6.8	0.2		0.2	0
55,434	110.00	PVC	48.6	1.6		103.1	1.49
55,507	110.00	PVC	48.6	1.6		94.4	0.58
55,263	90.00	PVC	6.8	0.3		96.5	1.4
55,435	110.00	PVC	21.2	0.7		1.7	0
55,441	90.00	PVC	6.8	0.3		0.5	-0
55,438	110.00	PVC	20.7	0.7		1.6	0.01
56,637	100.00	FLA	112.8	4.0	**	0.0	53.89
47,112	400.00	FLA	224.9	0.5	**	0.0	-8

Perdida tubería : 68.46

SECTOR : 4 Caudal : 233.61 (m3/h) Presión : -2.00 (m)

## Matriz

ID	Diámetro (mm)	Code	Caudal (m3/h)	Velocidad Max. (m/s)	Length (m)	Headloss (m)
55,296	90.00	PVC	34.2	1.7	11.2	0.03
55,494	90.00	PVC	16.0	0.8	9.3	-0.07
55,294	90.00	PVC	34.2	1.7	1.7	-0.44
58,212	90.00	PVC	34.2	1.7	45.3	-8.31
55,298	90.00	PVC	16.0	0.8	98.7	6.35
55,495	90.00	PVC	9.1	0.4	5.4	0.72
55,492	90.00	PVC	18.2	0.9	2.4	0.51
55,497	90.00	PVC	6.9	0.3	79.1	3.53



OLIVOS

## Memoria

03/04/2015

55,489	90.00	PVC	6.9	0.3		5.5	0.29
55,500	90.00	PVC	34.2	1.7		75.6	4.59
55,282	140.00	PVC	68.2	1.4		25.9	1.62
58,195	140.00	PVC	68.2	1.4		1.0	0.2
55,485	140.00	PVC	68.2	1.4		69.5	4.37
55,280	140.00	PVC	68.2	1.4		6.0	-0.56
55,284	140.00	PVC	68.2	1.4		13.9	-0.25
55,290	90.00	PVC	48.9	2.4	**	91.2	-2.71
57,813	90.00	PVC	48.9	2.4	**	1.1	-0.14
55,286	140.00	PVC	68.2	1.4		9.3	-0.31
55,288	90.00	PVC	48.9	2.4	**	5.4	-1.1
55,498	90.00	PVC	14.7	0.7		3.9	1
57,225	90.00	PVC	36.2	1.7		2.3	0.04
58,184	90.00	PVC	32.8	1.6		1.5	0.03
60,717	90.00	PVC	28.7	1.4		2.3	0.11
55,462	140.00	PVC	21.7	0.4		0.3	-0.05
55,501	140.00	PVC	19.3	0.4		2.4	0.27
55,483	140.00	PVC	23.5	0.5		0.7	-0.09
57,799	140.00	PVC	91.7	1.8		96.8	4.19
55,219	200.00	PVC	147.7	1.4		137.3	-3.36
55,221	200.00	PVC	147.7	1.4		151.4	-3.23
60,709	200.00	PVC	147.7	1.4		0.4	-0.06
55,241	200.00	PVC	147.7	1.4		164.3	-4.4
60,716	200.00	PVC	120.4	1.2		1.1	-0.11
58,218	200.00	PVC	89.2	0.9		1.3	0.09
57,221	200.00	PVC	147.7	1.4		0.6	-0.06
57,011	250.00	PVC	117.1	0.7		0.8	-0.02
56,630	250.00	PVC	233.6	1.5		1.5	-0.01
57,008	250.00	PVC	117.1	0.7		1.2	0.05
57,009	250.00	PVC	117.1	0.7		1.8	0.06
55,348	250.00	PVC	233.6	1.5		19.3	0.39
55,213	250.00	PVC	233.6	1.5		61.6	-0.23
55,231	250.00	PVC	233.6	1.5		220.5	-4.34
55,209	250.00	PVC	233.6	1.5		22.6	-0.3
55,211	250.00	PVC	233.6	1.5		37.6	1.55
55,276	140.00	PVC	53.8	1.1		3.3	0.01
57,804	140.00	PVC	86.7	1.7		0.6	-0.07
60,721	160.00	PVC	117.9	1.8		0.5	-0.12
55,227	140.00	PVC	53.8	1.1		150.0	-12.09
60,726	140.00	PVC	103.2	2.1		2.7	-0.07
57,818	140.00	PVC	113.4	2.3		0.4	-0.13
55,464	140.00	PVC	91.7	1.8		1.0	-0.06
55,482	140.00	PVC	103.2	2.1		16.4	-0.06
60,935	140.00	PVC	83.3	1.7		46.5	1.59





OLIVOS

## Memoria

03/04/2015

55,223	160.00	PVC	89.2	1.4		148.7	-3.81
55,465	110.00	PVC	20.5	0.7		0.7	-0
55,502	110.00	PVC	23.3	0.8		0.7	-0
55,274	90.00	PVC	7.1	0.3		96.3	2.2
55,450	90.00	PVC	7.1	0.3		0.4	0.02
55,456	140.00	PVC	21.7	0.4		0.5	0.01
55,477	140.00	PVC	16.6	0.3		1.9	0.07
55,459	140.00	PVC	11.2	0.2		1.5	0.08
55,467	110.00	PVC	7.1	0.2		0.5	0.02
55,270	140.00	PVC	100.3	2.0		21.6	-0.92
55,470	140.00	PVC	100.3	2.0		79.4	0.77
60,722	90.00	PVC	16.5	0.8		1.5	0.11
60,933	140.00	PVC	19.8	0.4		0.9	0.11
55,461	140.00	PVC	89.2	1.8		101.5	2.41
55,272	110.00	PVC	50.9	1.6		96.4	1.93
55,504	110.00	PVC	27.6	0.9		96.8	2.74
55,479	140.00	PVC	72.6	1.5		97.6	2.86
55,458	140.00	PVC	50.9	1.0		0.5	-0.02
56,637	100.00	FLA	117.1	4.1	**	0.0	52.86
47,112	400.00	FLA	233.6	0.5	**	0.0	-8

**Perdida tubería :** 42.26



Company : OLIVOS CORANDE

Designer : Carla Montañez

Client : AGRICOLA SANTIAGO QUEI

Design Date : 04/11/2014

Site : ICA

Report Date: 03/04/2015 13:38:12

Notes : VID

Filename : CARMIN10 V5 - FINAL.des

**System flow - 1****Zones Operating**

Zone Name	(X,Y) (m)		Valve Pressure (m)	Required Pressure (m)	Flow (m3/h)
15	426992.0	8453701.0	28.7	9.6	20.2
21	426901.2	8453584.0	32.3	12.0	23.8
22	426921.1	8453566.0	31.2	9.1	10.2
28	426796.9	8453475.0	35.0	11.2	21.1
29	426838.9	8453437.0	33.1	9.8	15.3
34	426705.3	8453380.0	38.2	12.4	24.6
35	426764.8	8453319.0	35.6	10.4	23.8
40	426593.6	8453265.0	41.9	12.8	23.1
41	426662.1	8453196.0	39.5	12.7	23.6
42	426677.7	8453184.0	38.9	9.0	8.0
47	426440.6	8453106.0	45.0	11.9	19.3
48	426510.2	8453039.0	43.4	12.0	19.3
49	426556.6	8452996.0	42.6	10.2	11.2

**Water Supplies**

Water Supply	(X,Y) (m)		Pressure (m)	Flow (m3/h)
1	426556.8	8452883.0	-2.0	-122.1
2	426557.9	8452883.0	-2.0	-121.5

**System flow - 2****Zones Operating**

Zone Name	(X,Y) (m)		Valve Pressure (m)	Required Pressure (m)	Flow (m3/h)
19	426772.3	8453736.0	38.2	12.3	24.0
20	426831.8	8453651.0	35.9	13.2	29.0
26	426653.4	8453615.0	42.4	11.5	19.2
27	426727.3	8453543.0	39.1	11.3	21.1



32	426556.6	8453519.0	44.0	12.0	21.7
33	426635.8	8453448.0	41.8	13.1	24.9
38	426445.0	8453406.0	47.2	12.5	21.2
39	426523.6	8453332.0	45.0	13.3	24.1
45	426288.6	8453250.0	49.2	11.3	17.4
46	426369.7	8453172.0	47.6	12.7	21.2

**Water Supplies**

Water Supply	(X,Y) (m)	Pressure (m)	Flow (m3/h)
1	426556.8 8452883.0	-2.0	-112.3
2	426557.9 8452883.0	-2.0	-111.6

**System flow - 3****Zones Operating**

Zone Name	(X,Y) (m)	Valve Pressure (m)	Required Pressure (m)	Flow (m3/h)
16	426550.7 8453924.0	41.3	10.0	13.0
17	426620.9 8453857.0	39.5	12.3	19.7
18	426686.8 8453785.0	37.2	12.1	21.3
23	426446.0 8453815.0	43.3	9.4	6.8
24	426514.8 8453747.0	42.0	12.4	20.7
25	426584.9 8453680.0	40.0	12.1	21.2
30	426420.1 8453649.0	45.9	11.4	17.5
31	426493.2 8453585.0	44.1	13.6	24.7
36	426310.5 8453536.0	48.2	11.5	15.5
37	426379.2 8453466.0	47.0	13.4	23.1
43	426159.9 8453379.0	46.9	13.3	21.2
44	426228.0 8453310.0	47.2	12.6	20.3

**Water Supplies**

Water Supply	(X,Y) (m)	Pressure (m)	Flow (m3/h)
1	426556.8 8452883.0	-2.0	-112.8
2	426557.9 8452883.0	-2.0	-112.1

**System flow - 4****Zones Operating**

Zone Name	(X,Y) (m)	Valve Pressure (m)	Required Pressure (m)	Flow (m3/h)
1	426576.2 8454193.0	25.3	10.8	6.9
2	426650.6 8454167.0	22.2	8.9	9.1
3	426750.7 8454131.0	15.8	9.9	18.2
4	426811.6 8454054.0	20.4	10.8	14.7



5	426895.1	8454017.0	23.6	11.1	19.3
6	426966.5	8453931.0	18.2	10.9	23.5
7	427036.6	8453863.0	14.1	10.8	21.7
8	427069.6	8453829.0	12.8	10.2	19.8
9	426583.1	8454097.0	36.9	10.0	7.1
10	426652.4	8454029.0	34.7	12.5	20.5
11	426722.0	8453962.0	32.0	12.4	23.3
12	426791.8	8453895.0	30.1	10.9	21.7
13	426861.1	8453826.0	27.3	9.4	16.6
14	426934.4	8453756.0	24.9	7.8	11.2

**Water Supplies**

<b>Water Supply</b>	<b>(X,Y) (m)</b>		<b>Pressure (m)</b>	<b>Flow (m3/h)</b>
1	426556.8	8452883.0	-2.0	-117.1
2	426557.9	8452883.0	-2.0	-116.5



## Memoria Filtro y Bomba

03/04/2015

**Cliente :** AGRICOLA SANTIAGO QUEI      **Fecha de diseño :** 04/11/2014  
**Ubicación :** ICA      **Diseñador :** Carla Montañez  
**Cultivo :** VID      **Clave :** CARMIN10 V5 - FINAL.des

-----  
BOMBA1 = HIDROSTAL 65-160 3530rpm 165mm  
-----

	Succion	Presión a la salida de la bomba	ADT	Caudal
	(m)	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /h)
-----				
TURNO - 1	-2.11	49.66	51.77	122.32
TURNO - 2	-2.10	52.06	54.16	113.42
TURNO - 3	-2.10	51.95	54.05	112.20
TURNO - 4	-2.10	50.91	53.02	115.63

---

BOMBA2 = HIDROSTAL 65-160 3530rpm 165mm

---

	Succion	Presión a la salida de la bomba	ADT	Caudal
	(m)	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /h)
TURNO - 1	-1.96	49.65	51.60	122.32
TURNO - 2	-1.95	52.05	54.00	113.42
TURNO - 3	-1.95	51.94	53.89	112.20
TURNO - 4	-1.95	50.91	52.86	115.63

NOTA: BOMBA1 - BOMBA2, funcionamiento en paralelo

---

Memoria de presiones requeridas a la  
salida de la bomba

---

	Presión (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)
TURNO - 1	30.64	244.64
TURNO - 2	29.46	226.85
TURNO - 3	26.86	224.40
TURNO - 4	48.39	231.25



Company : OLIVOS CORANDE

Designer : Carla Montañez

Client : AGRICOLA SANTIAGO QUEI

Design Date : 04/11/2014

Site : ICA

Report Date: 03/04/2015 13:45:45

Notes : VID

Prices reported are **RETAIL** discounted by **0.0** %

Pipe lengths include extra allowances but are not rounded

## Zone Items

Length/Number	Description	Warehouse Code
229032.5	B 16.06 1.6l/h @ 0.4m	B 16.06 1.6L
4393.6	63 mm C-5 PVC Tuberia Instalada	
3652.7	75 mm C-5 PVC Tuberia Instalada	
49.0	Valvula Solenoide 2" Dorot (SD)	
		Total 8,049,001.02

## Mainline

Length/Number	Description	Warehouse Code
1027.9	90 mm C-5 PVC Tuberia Instalada	
88.8	90 mm C-5 PVC Tuboplast	
2177.7	110 mm C-5 PVC Tuberia Instalada	
967.4	140 mm C-5 PVC Tuberia Instalada	
446.1	160 mm C-4 PVC Tuboplast	
149.2	160 mm C-5 PVC Tuberia Instalada	
167.7	160 mm C-5 PVC Tuboplast	
149.1	200 mm C-4 PVC Tuboplast	
456.3	200 mm C-5 PVC Tuberia Instalada	
333.0	250 mm C-5 PVC Tuberia Instalada	
37.6	250 mm C-5 PVC Tuberia Instalada	
1.0	Filtro 8mca	
2.0	HIDROSTAL 65-160 3530rpm 165mmSS	
		Total 5,266,497.43

Total Cost	\$13,315,498.46
------------	-----------------

## **ANEXO 6**



**CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE CAUDALES EN LA PRIMERA EVALUACIÓN DEL SISTEMA.**

➤ **TURNO 3.**

TURNO	VÁLVULA	UB.ASPERSOR	HILERA			
			PRIMERO	1/3H	2/3H	ULTIMO
3	3	PRIMERO	1.68	1.58	1.35	1.70
		1/3H	1.61	1.52	1.57	1.33
		2/3H	1.27	1.58	1.37	1.52
		ULTIMO	1.70	1.65	1.58	1.70
		25%QMENORES	1.33			
		PROM.Q	1.54			
		UNIFORMIDAD	86.31			
	4	PRIMERO	1.31	1.33	1.58	1.63
		1/3H	1.28	1.31	1.48	1.61
		2/3H	1.53	1.66	1.63	1.63
		ULTIMO	1.63	1.61	1.65	1.65
		25%QMENORES	1.31			
		PROM.Q	1.53			
		UNIFORMIDAD	85.31			
	5	PRIMERO	1.34	1.58	1.34	1.61
		1/3H	1.30	1.34	1.57	1.67
		2/3H	1.58	1.61	1.58	1.51
		ULTIMO	1.59	1.63	1.65	1.63
		25%QMENORES	1.33			
		PROM.Q	1.53			
		UNIFORMIDAD	86.79			
	6	PRIMERO	1.32	1.60	1.55	1.65
		1/3H	1.60	1.27	1.32	1.63
		2/3H	1.65	1.36	1.62	1.65
		ULTIMO	1.65	1.55	1.65	1.69
		25%QMENORES	1.32			
		PROM.Q	1.55			
		UNIFORMIDAD	85.15			
7	PRIMERO	1.38	1.59	1.63	1.63	
	1/3H	1.33	1.33	1.61	1.65	
	2/3H	1.58	1.31	1.65	1.61	
	ULTIMO	1.65	1.61	1.61	1.63	
	25%QMENORES	1.34				
	PROM.Q	1.55				
	UNIFORMIDAD	86.20				

	13	PRIMERO	1.63	1.63	1.64	1.70
		1/3H	1.55	1.30	1.32	1.68
		2/3H	1.39	1.34	1.58	1.71
		ULTIMO	1.63	1.64	1.70	1.68
		25%QMENORES	1.34			
		PROM.Q	1.57			
		UNIFORMIDAD	85.31			
	19	PRIMERO	1.57	1.58	1.57	1.58
		1/3H	1.34	1.62	1.32	1.62
		2/3H	1.62	1.34	1.65	1.60
		ULTIMO	1.65	1.39	1.64	1.64
		25%QMENORES	1.35			
		PROM.Q	1.54			
		UNIFORMIDAD	87.42			
	25	PRIMERO	1.61	1.60	1.61	1.67
		1/3H	1.64	1.66	1.64	1.65
		2/3H	1.35	1.40	1.69	1.38
		ULTIMO	1.58	1.37	1.68	1.66
		25%QMENORES	1.38			
		PROM.Q	1.57			
		UNIFORMIDAD	87.36			
	26	PRIMERO	1.66	1.70	1.68	1.68
		1/3H	1.70	1.66	1.68	1.38
		2/3H	1.71	1.40	1.38	1.61
		ULTIMO	1.66	1.67	1.33	1.67
		25%QMENORES	1.37			
		PROM.Q	1.60			
		UNIFORMIDAD	85.80			
31	PRIMERO	1.60	1.66	1.55	1.64	
	1/3H	1.68	1.66	1.60	1.33	
	2/3H	1.64	1.66	1.33	1.67	
	ULTIMO	1.33	1.68	1.38	1.69	
	25%QMENORES	1.34				
	PROM.Q	1.57				
	UNIFORMIDAD	85.62				
32	PRIMERO	1.60	1.36	1.61	1.60	
	1/3H	1.68	1.31	1.67	1.70	
	2/3H	1.64	1.63	1.64	1.66	
	ULTIMO	1.68	1.68	1.27	1.41	
	25%QMENORES	1.34				
	PROM.Q	1.57				
	UNIFORMIDAD	85.01				

➤ **TURNO 4**

TURNO	VÁLVULA	UB.ASPERSOR	HILERA			
			PRIMERO	1/3H	2/3H	ULTIMO
4.0	1.0	PRIMERO	1.5	1.6	1.6	1.7
		1/3H	1.3	1.6	1.7	1.6
		2/3H	1.3	1.3	1.6	1.7
		ULTIMO	1.3	1.6	1.7	1.6
		25%QMENORES	1.3			
		PROM.Q	1.6			
		UNIFORMIDAD	84.7			
	2.0	PRIMERO	1.6	1.3	1.4	1.4
		1/3H	1.6	1.6	1.3	1.6
		2/3H	1.6	1.7	1.6	1.6
		ULTIMO	1.7	1.6	1.7	1.7
		25%QMENORES	1.3			
		PROM.Q	1.6			
		UNIFORMIDAD	85.5			
	9.1-9.2	PRIMERO	1.6	1.6	1.7	1.7
		1/3H	1.7	1.4	1.7	1.7
		2/3H	1.6	1.4	1.3	1.3
		ULTIMO	1.7	1.6	1.6	1.7
		25%QMENORES	1.3			
		PROM.Q	1.6			
		UNIFORMIDAD	84.7			
	10.0	PRIMERO	1.6	1.6	1.4	1.6
		1/3H	1.6	1.4	1.7	1.7
		2/3H	1.6	1.6	1.3	1.7
		ULTIMO	1.7	1.4	1.6	1.7
		25%QMENORES	1.4			
		PROM.Q	1.6			
		UNIFORMIDAD	86.6			
	16.1-16.2	PRIMERO	1.6	1.6	1.6	1.6
		1/3H	1.4	1.3	1.6	1.6
2/3H		1.6	1.4	1.4	1.7	
ULTIMO		1.6	1.7	1.7	1.7	
25%QMENORES		1.4				
PROM.Q		1.6				

		UNIFORMIDAD	86.7			
17.1-17.2		PRIMERO	1.6	1.6	1.6	1.6
		1/3H	1.7	1.4	1.4	1.4
		2/3H	1.7	1.4	1.7	1.7
		ULTIMO	1.7	1.7	1.6	1.7
		25%QMENORES	1.4			
		PROM.Q	1.6			
		UNIFORMIDAD	86.7			
11.0		PRIMERO	1.6	1.6	1.3	1.4
		1/3H	1.4	1.6	1.7	1.6
		2/3H	1.6	1.6	1.7	1.4
		ULTIMO	1.7	1.7	1.7	1.6
		25%QMENORES	1.4			
		PROM.Q	1.6			
		UNIFORMIDAD	87.0			
12.0		PRIMERO	1.6	1.6	1.6	1.3
		1/3H	1.3	1.5	1.6	1.3
		2/3H	1.5	1.3	1.6	1.7
		ULTIMO	1.7	1.7	1.7	1.7
		25%QMENORES	1.3			
		PROM.Q	1.5			
		UNIFORMIDAD	85.8			
18.0		PRIMERO	1.6	1.4	1.6	1.6
		1/3H	1.3	1.4	1.6	1.6
		2/3H	1.7	1.6	1.4	1.7
		ULTIMO	1.6	1.7	1.6	1.7
		25%QMENORES	1.4			
		PROM.Q	1.6			
		UNIFORMIDAD	86.9			
23.0		PRIMERO	1.6	1.3	1.6	1.5
		1/3H	1.6	1.3	1.7	1.6
		2/3H	1.3	1.5	1.7	1.6
		ULTIMO	1.4	1.7	1.7	1.7
		25%QMENORES	1.3			
		PROM.Q	1.6			
		UNIFORMIDAD	86.1			
24.0		PRIMERO	1.6	1.4	1.6	1.6
		1/3H	1.6	1.4	1.3	1.6
		2/3H	1.7	1.6	1.3	1.7
		ULTIMO	1.7	1.7	1.6	1.7
		25%QMENORES	1.3			

		PROM.Q	1.6			
		UNIFORMIDAD	85.7			
	30.1-30.2	PRIMERO	1.6	1.6	1.3	1.6
		1/3H	1.6	1.4	1.4	1.6
		2/3H	1.7	1.3	1.6	1.7
		ULTIMO	1.6	1.6	1.6	1.6
		25%QMENORES	1.3			
		PROM.Q	1.5			
		UNIFORMIDAD	85.0			
	36.0	PRIMERO	1.4	1.6	1.7	1.7
		1/3H	1.5	1.7	1.7	1.7
		2/3H	1.3	1.6	1.4	1.7
		ULTIMO	1.6	1.7	1.7	1.7
		25%QMENORES	1.4			
		PROM.Q	1.6			
		UNIFORMIDAD	87.6			
	43.0	PRIMERO	1.6	1.6	1.6	1.6
		1/3H	1.6	1.7	1.3	1.4
		2/3H	1.4	1.7	1.6	1.3
		ULTIMO	1.6	1.7	1.6	1.6
		25%QMENORES	1.3			
		PROM.Q	1.6			
		UNIFORMIDAD	86.3			
	37.0	PRIMERO	1.6	1.3	1.4	1.6
		1/3H	1.6	1.6	1.6	1.7
		2/3H	1.6	1.6	1.3	1.6
		ULTIMO	1.6	1.7	1.6	1.3
		25%QMENORES	1.3			
PROM.Q		1.6				
UNIFORMIDAD		86.2				
44.0	PRIMERO	1.6	1.6	1.6	1.6	
	1/3H	1.6	1.3	1.3	1.7	
	2/3H	1.6	1.4	1.4	1.6	
	ULTIMO	1.6	1.6	1.5	1.6	
	25%QMENORES	1.3				
	PROM.Q	1.5				
	UNIFORMIDAD	87.2				

**CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE PRESIONES EN  
LA PRIMERA EVALUACION DEL SISTEMA.**

➤ **TURNO N°3.**

TURNO	VÁLVULA	UB.ASPERSOR	HILERA			
			PRIMERO	1/3H	2/3H	ULTIMO
3	3	PRIMERO	1.15	0.8625	0.53	0.92
		1/3H	0.69	0.92	0.86	0.53
		2/3H	0.48	1.15	0.58	0.98
		ULTIMO	1.27	0.92	1.15	1.15
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	1			
		25% p MENORES	0.530			
		PROMEDIO p	0.884			
		CUP (%)	84.9			
		4	PRIMERO	0.55	0.51	0.65
	1/3H		0.46	0.55	1.00	0.75
	2/3H		0.50	0.80	0.85	1.20
	ULTIMO		1.00	0.80	1.20	1.00
	PRESIÓN (Bar) VÁLVULA		0.75			
	25% p MENORES		0.505			
	PROMEDIO p		0.783			
	CUP (%)		86.9			
	5		PRIMERO	0.55	0.65	0.5
		1/3H	0.54	0.45	0.85	0.8
		2/3H	0.7	0.85	1	1
		ULTIMO	1	1	1.25	1.2
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	0.6			
		25% p MENORES	0.510			
		PROMEDIO p	0.824			
		CUP (%)	85.7			

6	PRIMERO	0.5	0.65	0.7	1
	1/3H	0.6	0.45	0.4	1.2
	2/3H	0.8	0.5	0.8	1
	ULTIMO	1	0.6	1.2	1.2
	PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	0.7			
	25% p MENORES	0.463			
	PROMEDIO p	0.788			
	CUP (%)	84.3			
7	PRIMERO	0.55	0.7	0.6	1
	1/3H	0.5	0.5	1.2	1.3
	2/3H	0.8	0.6	1.1	0.9
	ULTIMO	1	1	1	1.2
	PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	0.6			
	25% p MENORES	0.538			
	PROMEDIO p	0.872			
	CUP (%)	85.6			
13	PRIMERO	0.65	0.77	0.8	1.2
	1/3H	0.48	0.5	0.5	1
	2/3H	0.5	0.45	0.7	1.4
	ULTIMO	0.6	0.75	1	1
	PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	0.65			
	25% p MENORES	0.483			
	PROMEDIO p	0.769			
	CUP (%)	86.1			
19	PRIMERO	0.6	0.7	0.8	1
	1/3H	0.54	0.9	0.5	1
	2/3H	1	0.5	0.6	1
	ULTIMO	1.2	0.5	1.3	1.2
	PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	0.7			
	25% p MENORES	0.510			
	PROMEDIO p	0.834			
	CUP (%)	85.4			
25	PRIMERO	0.8	0.8	0.72	1.2
	1/3H	0.7	0.75	1	1
	2/3H	0.45	0.5	1.2	0.5
	ULTIMO	0.8	0.4	1	0.9

		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	1			
		25% p MENORES	0.463			
		PROMEDIO p	0.795			
		CUP (%)	84.1			
	26	PRIMERO	1	0.9	1	1.2
		1/3H	0.9	1.2	1	0.5
		2/3H	1.2	0.5	0.55	0.9
		ULTIMO	0.8	0.5	0.55	1.3
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	1			
		25% p MENORES	0.513			
		PROMEDIO p	0.875			
		CUP (%)	84.3			
	31	PRIMERO	0.8	1.2	0.88	0.75
		1/3H	1	0.9	0.9	0.5
		2/3H	0.85	1.3	0.55	1
		ULTIMO	0.5	1	0.5	1.2
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	0.9			
		25% p MENORES	0.513			
		PROMEDIO p	0.864			
		CUP (%)	84.6			
	32	PRIMERO	1	0.7	0.9	1
		1/3H	0.8	1	1	1
		2/3H	0.5	0.6	1.2	0.55
		ULTIMO	1.4	0.6	1.3	1.2
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	1			
		25% p MENORES	0.563			
		PROMEDIO p	0.922			
		CUP (%)	85.4			



➤ **TURNO 4.**

TURNO	VÁLVULA	UB.ASPERSOR	HILERA			
			PRIMERO	1/3H	2/3H	ULTIMO
4	1	PRIMERO	0.70	0.75	0.80	1.20
		1/3H	0.45	0.55	1.20	1.00
		2/3H	0.50	0.50	1.10	1.30
		ULTIMO	0.50	1.00	1.30	1.12
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	0.70			
		25% p MENORES	0.488			
		PROMEDIO p	0.873			
		CUP (%)	83.0			
	2	PRIMERO	1.00	0.50	0.55	0.6
		1/3H	1.00	0.90	0.48	0.5
		2/3H	1.30	1.30	0.90	1.20
		ULTIMO	1.40	1.00	1.20	1.30
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	1			
		25% p MENORES	0.508			
		PROMEDIO p	0.946			
		CUP (%)	81.9			
	9.1-9.2	PRIMERO	0.95	0.80	1.00	1.20
		1/3H	1.30	0.50	0.80	1.00
		2/3H	1.00	0.45	0.50	0.48
		ULTIMO	1.20	0.75	0.90	1.30
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	0.9			
		25% p MENORES	0.483			
		PROMEDIO p	0.883			
		CUP (%)	82.4			
	10	PRIMERO	1.00	0.70	0.5	0.80
		1/3H	1.10	0.45	1	1.30
		2/3H	1.20	0.65	0.50	1.00
		ULTIMO	1.40	0.50	0.80	1.40
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	1			
		25% p MENORES	0.488			
		PROMEDIO p	0.894			
		CUP (%)	82.4			

	16.1-16.2	PRIMERO	0.6	0.65	0.8	1
		1/3H	0.5	0.48	1	1
		2/3H	1	0.5	0.48	1.3
		ULTIMO	1.2	1.3	1.2	1
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	0.7			
		25% p MENORES	0.490			
		PROMEDIO p	0.876			
		CUP (%)	83.0			
	17.1-17.2	PRIMERO	1.08	0.63	0.72	0.90
		1/3H	0.90	0.50	0.50	0.50
		2/3H	1.08	0.60	0.55	0.90
		ULTIMO	1.08	1.08	0.81	1.08
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	1.00			
		25% p MENORES	0.513			
		PROMEDIO p	0.807			
		CUP (%)	86.50			
	11	PRIMERO	0.70	0.66	0.47	0.47
		1/3H	0.52	0.70	0.62	0.79
		2/3H	0.70	0.88	0.88	0.47
		ULTIMO	0.88	0.88	0.97	1.10
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	0.8			
		25% p MENORES	0.482			
		PROMEDIO p	0.731			
		CUP (%)	87.50			
	12	PRIMERO	1	0.9	0.85	0.8
		1/3H	0.5	1	0.45	0.55
		2/3H	0.8	0.5	0.5	1.2
		ULTIMO	1.2	1.2	1	1
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	0.9			
		25% p MENORES	0.488			
		PROMEDIO p	0.841			
		CUP (%)	84.0			
	18	PRIMERO	1	0.75	0.6	0.8
1/3H		0.55	0.45	1	1	
2/3H		0.8	0.5	0.5	1.2	
ULTIMO		1.2	1.2	0.65	1.4	
PRESIÓN (Bar) VÁLVULA		0.9				

		25% p MENORES	0.500			
		PROMEDIO p	0.850			
		CUP (%)	84.4			
	23	PRIMERO	0.75	0.5	0.8	0.8
		1/3H	0.5	0.5	1	1.4
		2/3H	0.5	0.7	1.2	1
		ULTIMO	0.8	1	1.2	1.2
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	0.8			
		25% p MENORES	0.575			
		PROMEDIO p	0.866			
		CUP (%)	86.4			
	24	PRIMERO	0.9	0.5	0.7	0.8
		1/3H	0.9	0.55	0.48	1
		2/3H	1	0.8	0.5	1.2
		ULTIMO	1.3	1.2	0.8	1
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	0.9			
		25% p MENORES	0.508			
		PROMEDIO p	0.852			
		CUP (%)	84.7			
	30.1-30.2	PRIMERO	0.8	0.9	0.7	0.65
		1/3H	1	0.55	0.4	1
		2/3H	1.4	0.5	0.5	1.2
		ULTIMO	1	0.8	0.8	1.3
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	0.8			
		25% p MENORES	0.488			
		PROMEDIO p	0.844			
		CUP (%)	83.90			
	36	PRIMERO	0.6	0.8	0.8	1
1/3H		0.5	1	0.6	1	
2/3H		0.5	1	0.5	1.3	
ULTIMO		0.8	1.2	1	1.4	
PRESIÓN (Bar) VÁLVULA		0.7				
25% p MENORES		0.525				
PROMEDIO p		0.875				
CUP (%)		84.4				
43	PRIMERO	0.8	1	0.8	0.9	
	1/3H	1	1.2	0.5	0.5	

		2/3H	0.55	1	1	0.5
		ULTIMO	0.7	1.3	1.2	0.65
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	0.8			
		25% p MENORES	0.513			
		PROMEDIO p	0.850			
		CUP (%)	84.1			
	37	PRIMERO	0.65	0.5	0.55	0.8
		1/3H	1	0.75	1	1
		2/3H	1.3	1	0.5	0.45
		ULTIMO	1	1.2	1	0.5
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	0.7			
		25% p MENORES	0.488			
		PROMEDIO p	0.825			
		CUP (%)	84.5			
	44	PRIMERO	0.7	0.75	1	1
		1/3H	1.2	0.5	0.7	1.2
		2/3H	1	0.5	0.5	0.5
		ULTIMO	1.3	0.65	0.8	1
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	0.7			
		25% p MENORES	0.500			
		PROMEDIO p	0.831			
		CUP (%)	83.8			

**CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE CAUDALES EN  
LA SEGUNDA EVALUACIÓN DEL SISTEMA.**

➤ **TURNO N°3.**

TURNO	VÁLVULA	UB.ASPERSOR	HILERA			
			PRIMERO	1/3H	2/3H	ULTIMO
3	44	PRIMERO	1.58	1.581	1.63	1.63
		1/3H	1.65	1.33	1.38	1.67
		2/3H	1.63	1.41	1.43	1.58
		ULTIMO	1.65	1.58	1.55	1.63
		25%QMENORES	1.38			
		PROM.Q	1.56			
		UNIFORMIDAD	88.91			
	37	PRIMERO	1.58	1.47	1.50	1.62
		1/3H	1.62	1.60	1.62	1.66
		2/3H	1.65	1.65	1.50	1.64
		ULTIMO	1.62	1.65	1.60	1.44
		25%QMENORES	1.48			
		PROM.Q	1.59			
		UNIFORMIDAD	92.92			
	43	PRIMERO	1.60	1.58	1.62	1.57
		1/3H	1.62	1.64	1.44	1.50
		2/3H	1.50	1.66	1.60	1.48
		ULTIMO	1.60	1.65	1.62	1.60
		25%QMENORES	1.48			
		PROM.Q	1.58			
		UNIFORMIDAD	90.46			
	36	PRIMERO	1.46	1.55	1.65	1.65
		1/3H	1.57	1.70	1.63	1.65
		2/3H	1.39	1.59	1.46	1.70
ULTIMO		1.61	1.65	1.64	1.66	
25%QMENORES		1.47				
PROM.Q		1.60				

		UNIFORMIDAD	92.17			
30		PRIMERO	1.63	1.63	1.35	1.68
		1/3H	1.66	1.46	1.46	1.66
		2/3H	1.72	1.51	1.66	1.71
		ULTIMO	1.70	1.66	1.66	1.70
		25%QMENORES	1.44			
		PROM.Q	1.61			
		UNIFORMIDAD	89.36			
23		PRIMERO	1.56	1.40	1.63	1.53
		1/3H	1.57	1.42	1.65	1.63
		2/3H	1.42	1.53	1.65	1.61
		ULTIMO	1.44	1.64	1.66	1.64
		25%QMENORES	1.42			
		PROM.Q	1.56			
		UNIFORMIDAD	90.97			
24		PRIMERO	1.58	1.58	1.55	1.59
		1/3H	1.61	1.47	1.42	1.61
		2/3H	1.65	1.61	1.44	1.65
		ULTIMO	1.64	1.63	1.61	1.63
		25%QMENORES	1.48			
		PROM.Q	1.58			
		UNIFORMIDAD	92.53			
25		PRIMERO	1.63	1.6171	1.63	1.68
		1/3H	1.65	1.67	1.65	1.67
		2/3H	1.49	1.54	1.70	1.52
		ULTIMO	1.60	1.51	1.69	1.67
		25%QMENORES	1.51			
		PROM.Q	1.62			
		UNIFORMIDAD	91.48			
31		PRIMERO	1.58	1.63	2.04	1.61
		1/3H	1.65	1.63	1.58	1.51
		2/3H	1.61	1.63	1.46	1.65
		ULTIMO	1.46	1.65	1.51	1.66
		25%QMENORES	1.48			
		PROM.Q	1.62			

		UNIFORMIDAD	91.69			
18		PRIMERO	1.57	1.55	1.60	1.62
		1/3H	1.48	1.50	1.62	1.62
		2/3H	1.64	1.60	1.50	1.62
		ULTIMO	1.62	1.65	1.60	1.64
		25%QMENORES	1.51			
		PROM.Q	1.59			
		UNIFORMIDAD	89.50			
17		PRIMERO	1.65	1.62	1.64	1.65
		1/3H	1.67	1.55	1.52	1.47
		2/3H	1.67	1.47	1.67	1.65
		ULTIMO	1.68	1.67	1.65	1.68
		25%QMENORES	1.50			
		PROM.Q	1.62			
		UNIFORMIDAD	92.91			
16		PRIMERO	1.64	1.67	1.70	1.72
		1/3H	1.55	1.39	1.70	1.66
		2/3H	1.70	1.52	1.44	1.67
		ULTIMO	1.72	1.74	1.75	1.74
		25%QMENORES	1.48			
		PROM.Q	1.64			
		UNIFORMIDAD	89.74			

➤ **TURNO 4.**

TURNO	VÁLVULA	UB.ASPERSOR	HILERA			
			PRIMERO	1/3H	2/3H	ULTIMO
4	13	PRIMERO	1.64	1.64	1.65	1.64
		1/3H	1.57	1.36	1.39	1.61
		2/3H	1.46	1.41	1.59	1.66
		ULTIMO	1.64	1.65	1.61	1.64
		25%QMENORES	1.41			
		PROM.Q	1.58			
		UNIFORMIDAD	89.45			
	14	PRIMERO	1.59	1.46	1.60	1.59
		1/3H	1.67	1.39	1.66	1.68
		2/3H	1.63	1.62	1.63	1.65
		ULTIMO	1.67	1.66	1.40	1.51
		25%QMENORES	1.44			
		PROM.Q	1.59			
		UNIFORMIDAD	90.79			
	9	PRIMERO	1.63	1.632	1.65	1.65
		1/3H	1.63	1.54	1.65	1.61
		2/3H	1.63	1.48	1.46	1.43
		ULTIMO	1.65	1.61	1.61	1.68
		25%QMENORES	1.48			
		PROM.Q	1.60			
		UNIFORMIDAD	90.53			
	10	PRIMERO	1.66	1.6432	1.46	1.60
		1/3H	1.64	1.48	1.67	1.64
		2/3H	1.66	1.64	1.43	1.62
		ULTIMO	1.70	1.46	1.64	1.66
		25%QMENORES	1.46			
		PROM.Q	1.60			
		UNIFORMIDAD	91.11			
	11	PRIMERO	1.61	1.65	1.49	1.41
		1/3H	1.49	1.65	1.68	1.61
		2/3H	1.63	1.66	1.72	1.36
		ULTIMO	1.70	1.71	1.70	1.67
		25%QMENORES	1.44			
PROM.Q		1.61				
UNIFORMIDAD		89.57				



	12	PRIMERO	1.66	1.66	1.64	1.48
		1/3H	1.50	1.56	1.62	1.50
		2/3H	1.54	1.46	1.64	1.68
		ULTIMO	1.68	1.66	1.72	1.71
		25%QMENORES	1.48			
		PROM.Q	1.61			
		UNIFORMIDAD	91.20			
	5	PRIMERO	1.41	1.58	1.41	1.61
		1/3H	1.54	1.41	1.57	1.58
		2/3H	1.58	1.61	1.42	1.51
		ULTIMO	1.59	1.63	1.65	1.63
		25%QMENORES	1.44			
		PROM.Q	1.56			
		UNIFORMIDAD	88.42			
	6	PRIMERO	1.43	1.58	1.53	1.63
		1/3H	1.58	1.38	1.43	1.61
		2/3H	1.63	1.48	1.61	1.63
		ULTIMO	1.63	1.53	1.63	1.67
		25%QMENORES	1.43			
		PROM.Q	1.56			
		UNIFORMIDAD	91.43			
	7	PRIMERO	1.45	1.61	1.65	1.65
		1/3H	1.40	1.40	1.63	1.63
		2/3H	1.60	1.38	1.65	1.63
		ULTIMO	1.65	1.63	1.63	1.65
		25%QMENORES	1.41			
		PROM.Q	1.58			
		UNIFORMIDAD	89.33			
	8	PRIMERO	1.66	1.70	1.68	1.68
		1/3H	1.70	1.66	1.68	1.49
		2/3H	1.66	1.51	1.49	1.61
		ULTIMO	1.66	1.67	1.44	1.67
		25%QMENORES	1.49			
PROM.Q		1.62				
UNIFORMIDAD		91.52				
1	PRIMERO	1.53	1.61	1.63	1.67	
	1/3H	1.37	1.63	1.63	1.63	
	2/3H	1.42	1.45	1.63	1.65	
	ULTIMO	1.40	1.61	1.66	1.63	

		25%QMENORES	1.41			
		PROM.Q	1.57			
		UNIFORMIDAD	89.62			
	2	PRIMERO	1.66	1.48	1.46	1.38
		1/3H	1.66	1.61	1.41	1.64
		2/3H	1.66	1.62	1.64	1.71
		ULTIMO	1.71	1.66	1.70	1.71
		25%QMENORES	1.44			
		PROM.Q	1.61			
		UNIFORMIDAD	89.32			
	3	PRIMERO	1.73	1.62	1.43	1.75
		1/3H	1.65	1.57	1.63	1.39
		2/3H	1.51	1.62	1.43	1.57
		ULTIMO	1.75	1.70	1.62	1.73
		25%QMENORES	1.44			
		PROM.Q	1.61			
		UNIFORMIDAD	89.61			
	4	PRIMERO	1.46	1.48	1.59	1.64
		1/3H	1.43	1.46	1.49	1.62
		2/3H	1.54	1.64	1.64	1.64
		ULTIMO	1.64	1.62	1.66	1.64
25%QMENORES		1.46				
PROM.Q		1.57				
UNIFORMIDAD		92.74				

**CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE PRESIONES EN  
LA SEGUNDA EVALUACIÓN DEL SISTEMA.**

➤ **TURNO N°3.**

TURNO	VÁLVULA	UB.ASPERSOR	HILERA			
			PRIMERO	1/3H	2/3H	ULTIMO
3	44	PRIMERO	0.84	0.9	3	1.2
		1/3H	1.44	0.6	0.9	1.4
		2/3H	1.2	0.65	0.7	0.65
		ULTIMO	1.6	0.8	1	1.2
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	0.7			
		25% p MENORES	0.650			
		PROMEDIO p	1.018			
		CUP (%)	88.91			
	37	PRIMERO	1	0.85	0.935	1.12
		1/3H	1.4	1	1.4	1.4
		2/3H	1.5	1.4	0.85	0.765
		ULTIMO	1.4	1.5	1.4	0.8
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	0.7			
		25% p MENORES	0.816			
		PROMEDIO p	1.170			
		CUP (%)	92.92			
	43	PRIMERO	1.12	1.4	1.12	1.26
		1/3H	1.4	1.68	0.8	0.8
		2/3H	0.9	1.4	1.4	0.8
		ULTIMO	0.98	1.8	1.4	1
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	0.8			
		25% p MENORES	0.825			
		PROMEDIO p	1.204			
		CUP (%)	90.46			
	36	PRIMERO	0.84	1	1	1.2

		1/3H	0.7	1.2	0.72	1.2
		2/3H	0.7	1.2	0.7	1.56
		ULTIMO	0.9	1.44	1.2	1.68
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	0.7			
		25% p MENORES	0.735			
		PROMEDIO p	1.078			
		CUP (%)	92.17			
	30	PRIMERO	0.96	1.08	0.84	0.78
		1/3H	1.2	0.75	0.7	1.2
		2/3H	1.6	0.65	0.65	1.4
		ULTIMO	1.2	0.96	0.96	1.56
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	0.8			
		25% p MENORES	0.688			
		PROMEDIO p	1.031			
		CUP (%)	91.5			
	23	PRIMERO	0.75	0.7	0.8	0.8
		1/3H	0.7	0.7	1	1.4
		2/3H	0.6	0.7	1.2	1
		ULTIMO	0.8	1	1.5	1.6
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	0.8			
		25% p MENORES	0.700			
		PROMEDIO p	0.953			
		CUP (%)	90.97			
	24	PRIMERO	1.35	0.7	1	1.2
		1/3H	1.35	1	0.8	1.5
		2/3H	1.5	1.2	0.7	1.3
		ULTIMO	1.5	1.8	1.2	1.5
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	0.9			
		25% p MENORES	0.800			
		PROMEDIO p	1.225			
		CUP (%)	92.54			
	25	PRIMERO	0.90	0.90	0.81	1.34
		1/3H	0.78	0.84	1.12	1.12
		2/3H	0.55	0.55	1.34	0.60
		ULTIMO	0.90	0.60	1.12	1.01

		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	1			
		25% p MENORES	0.575			
		PROMEDIO p	0.905			
		CUP (%)	91.4			
	31	PRIMERO	1.04	1.3	1.144	0.975
		1/3H	1.3	1.17	1.17	0.675
		2/3H	1.105	1.5	0.7425	1.3
		ULTIMO	0.675	1.3	0.675	1.2
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	0.9			
		25% p MENORES	0.692			
		PROMEDIO p	1.079			
		CUP (%)	91.6			
	18	PRIMERO	1.2	0.9	0.72	0.96
		1/3H	0.77	0.63	1.2	1.2
		2/3H	0.96	0.7	0.7	1.44
		ULTIMO	1.4	1.44	0.78	1.5
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	0.9			
		25% p MENORES	0.700			
		PROMEDIO p	1.031			
		CUP (%)	89.50			
	17	PRIMERO	1.20	0.70	0.80	1.00
		1/3H	1.00	0.60	0.60	0.60
		2/3H	1.20	0.72	0.55	1.00
		ULTIMO	1.20	1.20	0.90	1.20
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	1.00			
		25% p MENORES	0.588			
		PROMEDIO p	0.904			
		CUP (%)	92.91			
16	PRIMERO	0.72	0.78	0.96	1.2	
	1/3H	0.6	0.7	1.2	1.2	
	2/3H	1.2	0.6	0.6	1.56	
	ULTIMO	1.44	1.56	1.44	1.2	
	PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	0.7				
	25% p MENORES	0.625				
	PROMEDIO p	1.060				
	CUP (%)	89.74				

➤ **TURNO 4.**

TURNO	VÁLVULA	UB.ASPERSOR	HILERA			
			PRIMERO	1/3H	2/3H	ULTIMO
4	13	PRIMERO	0.663	0.7854	0.816	1.224
		1/3H	0.5184	0.54	0.51	1.02
		2/3H	0.54	0.486	0.714	1.428
		ULTIMO	0.612	0.765	1.02	1.02
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	0.65			
		25% p MENORES	0.514			
		PROMEDIO p	0.791			
		CUP (%)	89.45			
	14	PRIMERO	1.3	0.91	1.17	1.3
		1/3H	1.04	1.3	1.3	1.3
		2/3H	0.75	0.9	1.56	0.825
		ULTIMO	1.5	0.9	1.7	1.56
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	1			
		25% p MENORES	0.844			
		PROMEDIO p	1.207			
		CUP (%)	90.79			
	9	PRIMERO	1.33	1.12	1.40	1.68
		1/3H	1.50	0.80	1.12	1.40
		2/3H	1.40	0.70	0.80	0.60
		ULTIMO	1.68	1.05	1.26	1.82
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	0.9			
		25% p MENORES	0.725			
		PROMEDIO p	1.229			
		CUP (%)	90.53			
	10	PRIMERO	1.40	0.98	0.8	1.12
		1/3H	1.54	0.75	1.4	1.20
		2/3H	1.68	1.00	0.80	1.40
		ULTIMO	1.50	0.70	1.12	1.40
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	1			
		25% p MENORES	0.763			

		PROMEDIO p	1.174			
		CUP (%)	91.11			
	11	PRIMERO	0.80	0.75	0.58	0.58
		1/3H	0.63	0.80	0.70	0.90
		2/3H	0.80	1.00	1.00	0.58
		ULTIMO	1.00	1.00	1.10	1.25
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	0.8			
		25% p MENORES	0.589			
		PROMEDIO p	0.841			
		CUP (%)	89.57			
	12	PRIMERO	1.1	0.99	0.935	0.88
		1/3H	0.625	1.1	0.5625	0.605
		2/3H	0.88	0.625	0.625	1.32
		ULTIMO	1.32	1.32	1.1	1.1
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	0.9			
		25% p MENORES	0.609			
		PROMEDIO p	0.943			
		CUP (%)	91.20			
	5	PRIMERO	0.77	0.78	0.7	1.02
		1/3H	0.756	0.63	1.02	0.96
		2/3H	0.84	1.02	1.2	1.2
		ULTIMO	1.2	1.2	1.5	1.44
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	0.6			
		25% p MENORES	0.714			
		PROMEDIO p	1.015			
		CUP (%)	88.42			
	6	PRIMERO	0.60	0.65	0.79	1.13
		1/3H	0.68	0.54	0.54	1.47
		2/3H	0.90	0.60	0.90	1.01
		ULTIMO	1.13	0.68	1.36	1.13
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	0.7			
		25% p MENORES	0.570			
PROMEDIO p		0.882				
CUP (%)		91.43				

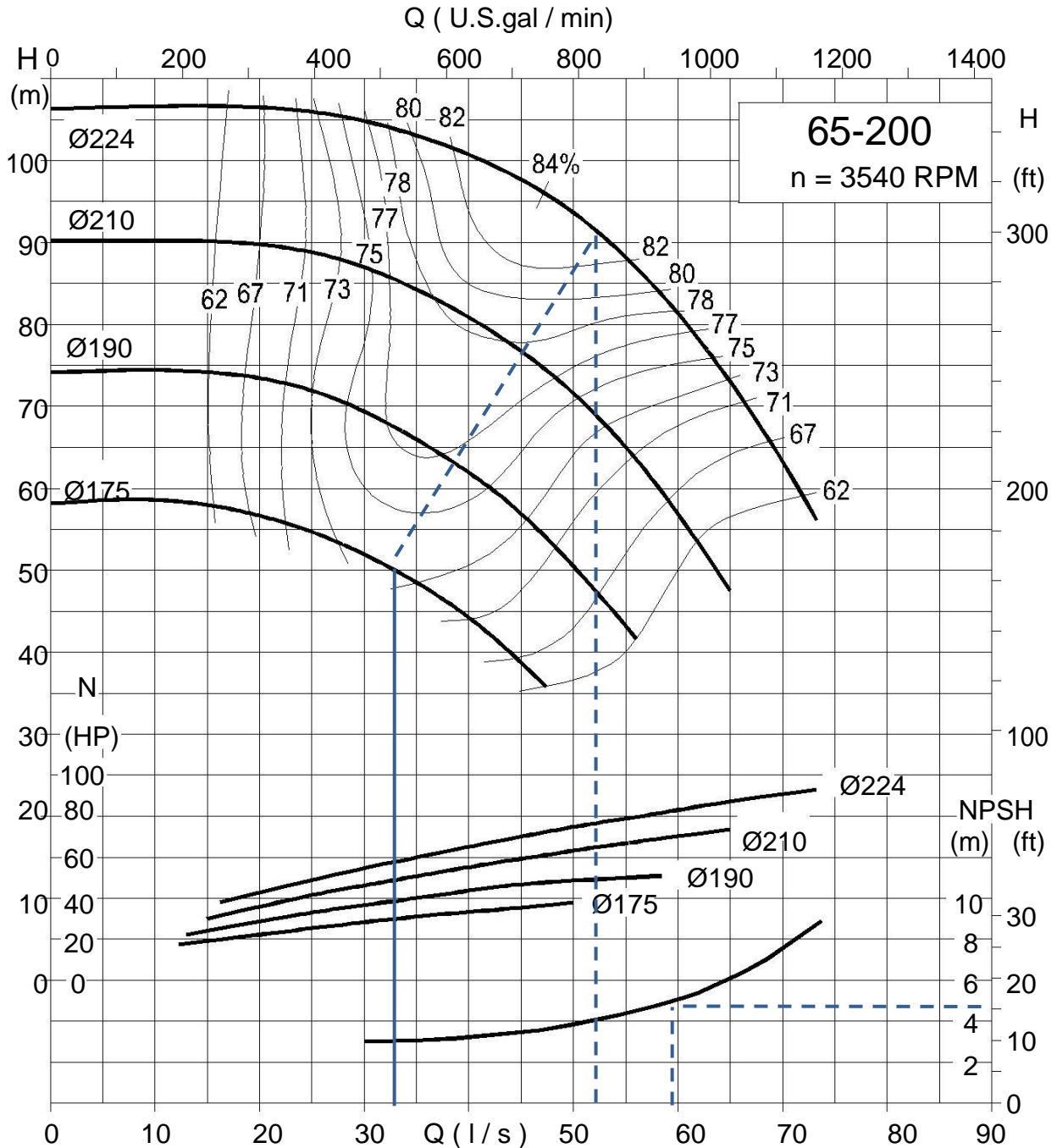
	7	PRIMERO	0.715	0.805	0.78	1.15
		1/3H	0.65	0.65	1.38	1.495
		2/3H	0.92	0.69	1.265	1.035
		ULTIMO	1.15	1.15	1.15	1.38
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	0.6			
		25% p MENORES	0.676			
		PROMEDIO p	1.023			
		CUP (%)	89.33			
	8	PRIMERO	1.2	1.08	1.2	1.44
		1/3H	1.08	1.44	1.2	0.7
		2/3H	1.44	0.7	0.77	1.08
		ULTIMO	0.96	0.7	0.66	1.3
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	1			
		25% p MENORES	0.718			
		PROMEDIO p	1.059			
		CUP (%)	91.52			
	1	PRIMERO	0.77	0.83	0.88	1.32
		1/3H	0.54	0.61	1.32	1.10
		2/3H	0.60	0.60	1.21	1.43
		ULTIMO	0.60	1.10	1.43	1.23
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	0.70			
		25% p MENORES	0.585			
		PROMEDIO p	0.973			
		CUP (%)	89.62			
	2	PRIMERO	1.05	0.53	0.66	0.72
		1/3H	1.05	0.95	0.576	0.6
		2/3H	1.37	1.37	0.95	1.26
		ULTIMO	1.47	1.05	1.26	1.37
PRESIÓN (Bar) VÁLVULA		1				
25% p MENORES		0.590				
PROMEDIO p		1.013				
CUP (%)		88.8				
3	PRIMERO	1.10	0.825	0.60	0.88	
	1/3H	0.66	0.88	0.83	0.50	



		2/3H	0.45	0.77	0.55	0.94
		ULTIMO	0.88	1.10	1.10	1.10
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	1			
		25% p MENORES	0.525			
		PROMEDIO p	0.822			
		CUP (%)	89.61			
	4	PRIMERO	0.60	0.55	0.68	0.73
		1/3H	0.50	0.60	1.04	0.78
		2/3H	0.52	0.83	0.88	1.25
		ULTIMO	1.04	0.83	1.25	1.04
		PRESIÓN (Bar) VÁLVULA	0.75			
		25% p MENORES	0.543			
		PROMEDIO p	0.820			
		CUP (%)	91.3			

## **ANEXO 7**

**CURVAS DE OPERACION A 60 Hz**



CURVAS MOSTRADAS PARA BOMBAS CON CAJA EN FIERRO FUNDIDO GRIS O NODULAR CON RECUBRIMIENTO CERAMICO.  
CURVAS EN CONDICIONES NORMALES DE OPERACION (AGUA LIMPIA A 20°C) DE ACUERDO A NORMA ISO 9906:1999 GRADO 2.

**\*Todas las especificaciones son las vigentes al momento de la emisión de las mismas. Como nuestro objetivo es "La mejora continua", entregaremos el producto especificado o mejorado.**