

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**“DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO PARA  
ARÁNDANOS EN EL CAMPO LAS PALMAS, SINALOA-MÉXICO”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL  
PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERA AGRÍCOLA**

**CARLA LORENA FALCONÍ CALLE**

**LIMA – PERÚ**

**2020**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**“DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO PARA ARÁNDANOS  
EN EL CAMPO LAS PALMAS, SINALOA-MÉXICO”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

**INGENIERA AGRÍCOLA**

Presentado por:

**CARLA LORENA FALCONÍ CALLE**

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

Mg. Sc. MIGUEL ÁNGEL SÁNCHEZ DELGADO  
Presidente

Dr. NÉSTOR MONTALVO ARQUINIGO  
Asesor

Dr. DAVID RICARDO ASCENCIOS TEMPLO  
Miembro

Mg. Sc. JAVIER ANTONIO GOICOCHEA RÍOS  
Miembro

LIMA – PERÚ

2020

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ANEXOS

RESUMEN

I.	PRESENTACIÓN.....	1
II.	INTRODUCCIÓN .....	4
III.	OBJETIVOS .....	5
3.1.	Objetivo General.....	5
3.2.	Objetivos Específicos .....	5
IV.	DESARROLLO DEL TRABAJO .....	9
4.1.	DATOS DEL PROYECTO .....	9
4.1.1.	Ubicación del campo .....	9
4.1.2.	Suelo .....	6
4.1.3.	Temperatura.....	6
4.1.4.	Humedad.....	7
4.1.5.	Vientos.....	7
4.1.6.	Lluvias .....	7
4.1.7.	Horas de sol .....	7
4.1.8.	Fuente de agua .....	7
4.2.	PLANIFICACION.....	8
4.2.1.	Parámetros agronómicos.....	8
4.2.2.	Cálculo de la evapotranspiración del cultivo.....	8
4.2.3.	Plano topográfico.....	9
4.2.4.	Determinación del emisor.....	10
4.2.5.	Sectores de riego.....	11
4.2.6.	Turnado.....	12
4.2.7.	Ubicación de caminos.....	13
4.2.8.	Ubicación del centro de control.....	14
4.2.9.	Esquema hidráulico .....	15
4.2.10.	Reservorio.....	16
4.2.11.	Impulsión .....	17

4.3.	DISEÑO HIDRÁULICO .....	19
4.3.1.	Características del emisor .....	20
4.3.2.	Características de válvulas .....	22
4.3.3.	Características de la tubería .....	25
4.3.4.	Criterio de velocidad .....	27
4.3.5.	Subida de capas del equipo .....	27
4.3.6.	Diseño del sector de riego .....	28
4.3.7.	Diseño de la matriz .....	30
4.3.8.	Selección de la bomba de riego .....	33
4.3.9.	Consumo de energía .....	38
4.3.10.	Características de la bomba seleccionada .....	39
4.3.11.	Diseño final del Equipo .....	40
4.3.12.	Centro de control .....	45
4.3.13.	Dimensionamiento del filtro .....	46
4.3.14.	Dimensionamiento del manifold .....	47
4.3.15.	Sistema de automatización .....	51
4.3.16.	Equipo de fertilización .....	55
4.3.17.	Nivelación y Drenaje .....	58
4.4.	PRESUPUESTO .....	61
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	63
5.1.	CONCLUSIONES .....	63
5.2.	RECOMENDACIONES .....	63
VI.	REFERENCIAS .....	64

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Análisis de calidad de agua .....	7
Tabla 2: Parámetros agronómicos .....	8
Tabla 3: Diferencias entre válvulas de cámara simple y doble cámara.....	12
Tabla 4: Planificación del Equipo 1 .....	18
Tabla 5: Planificación del Equipo 2 .....	18
Tabla 6: Cálculo hidráulico del turno 1 del equipo 1 .....	32
Tabla 7: Cálculo hidráulico del turno 2 del equipo 1 .....	32
Tabla 8: Cálculo hidráulico del turno 3 del equipo 1 .....	32
Tabla 9: Cálculo hidráulico del turno 1 del equipo 2 .....	32
Tabla 10: Cálculo hidráulico del turno 2 del equipo 2 .....	33
Tabla 11: Cálculo hidráulico del turno 3 del equipo 2 .....	33
Tabla 12: Cálculo de pérdidas de carga del equipo 1 .....	34
Tabla 13: Cálculo de pérdidas de carga del equipo 2 .....	34
Tabla 14: Datos de presión y caudal del equipo 1 .....	35
Tabla 15: Datos de presión y caudal del equipo 2 .....	35
Tabla 16: Puntos de operación del equipo 1 .....	37
Tabla 17: Puntos de operación del equipo 2 .....	38
Tabla 18: Costo anual de energía sin variador del equipo 1 .....	38
Tabla 19: Costo anual de energía con variador del equipo 1 .....	38
Tabla 20: Costo anual de energía sin variador del equipo 2 .....	39
Tabla 21: Costo anual de energía con variador del equipo 2 .....	39
Tabla 22: Presiones y caudales de los sectores del equipo 1 .....	41
Tabla 23: Presiones y caudales de los sectores del equipo 2 .....	42
Tabla 24: Cálculo del diámetro de la succión.....	47
Tabla 25: Cálculo del diámetro de descarga.....	47
Tabla 26: Secciones de nivelación .....	59
Tabla 27: Diámetro del pase del dren .....	60
Tabla 28: Monto del proyecto .....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación del campo.....	9
Figura 2: Ubicación en google earth.....	6
Figura 3: Maceta con sustrato de fibra de coco .....	6
Figura 4: Cálculo de la evapotranspiración con CROPWAT.....	8
Figura 5: Plano topográfico del campo.....	10
Figura 6: Distribución entre hileras .....	11
Figura 7: Distribución entre plantas .....	11
Figura 8: Turnos de riego por Equipo .....	13
Figura 9: Distribución de caminos.....	14
Figura 10: Ubicación del cabezal .....	15
Figura 11: Esquema hidráulico.....	16
Figura 12: Perfil del cárcamo .....	16
Figura 13: Medidas del reservorio.....	17
Figura 14: Talud del reservorio .....	17
Figura 15: Especificaciones técnicas de tanques de grava .....	18
Figura 16: Planificación del campo .....	19
Figura 17: Estructura del diseño hidráulico en Irricad .....	20
Figura 18: Datos del lateral de riego .....	21
Figura 19: Datos técnicos de los goteros .....	21
Figura 20: Datos de desempeño.....	22
Figura 21: Clasificación de calidad de emisores según el coeficiente de variación.....	22
Figura 22: Curva de las válvulas doble cámara IR 100.....	23
Figura 23: Esquema del arco de riego .....	24
Figura 24: Datos de válvula.....	24
Figura 25: Diámetros de tubería clase RD 21 y RD 26.....	25
Figura 26: Datos de tubería de 2" RD 26 .....	26
Figura 27: Parámetros de diseño del Irricad.....	27
Figura 28: Vista 3D del campo.....	28
Figura 29: Sector de riego .....	29
Figura 30: Pérdida de carga en el lateral de riego .....	30
Figura 31: Dimensionamiento de la matriz .....	31

Figura 32: Sectores críticos del campo .....	31
Figura 33: Presión requerida y caudal del equipo 1 .....	36
Figura 34: Presión requerida y caudal del equipo 2 .....	37
Figura 35: Base de datos de bomba Lowara NSCE 65-160/220 .....	40
Figura 36: Diseño hidráulico del equipo 1 .....	43
Figura 37: Diseño hidráulico del equipo 2 .....	44
Figura 38: Capacidad del filtro 2" .....	46
Figura 39: Equipo de filtrado de 2" .....	47
Figura 40: Esquema de succión flotante mixta.....	48
Figura 41: Caudalímetro tipo IR.....	48
Figura 42: Caudalímetro tipo Woltman.....	49
Figura 43: Esquema de instalación del caudalímetro .....	49
Figura 44: Esquema del cabezal de riego .....	51
Figura 45: Cableado del equipo 1 .....	53
Figura 46: Cableado del equipo 2.....	54
Figura 47: Super nutritec 9500 .....	55
Figura 48: Instalación del super nutritec .....	56
Figura 49: Tanques de fertilización .....	57
Figura 50: Electroagitador .....	57
Figura 51: Nivelación del campo.....	59
Figura 52: Canales de drenaje .....	60

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

### **ANEXO 1: PLANOS**

- 1.1: Plano de instalación del campo Las Palmas.
- 1.2: Plano de automatización del campo Las Palmas.
- 1.3: Plano de la impulsión.
- 1.4: Plano del cárcamo.
- 1.5: Plano del cabezal de riego.

### **ANEXO 2: REPORTES DEL IRRICAD**

- 2.1: Dimensionamiento de válvulas.
- 2.2: Determinación de sectores críticos.
- 2.3: Presión y caudal de los turnos de riego.
- 2.4: Puntos de operación de la bomba.
- 2.5: Presión disponible y requerida por sector.

### **ANEXO 3: FICHAS TECNICAS**

### **ANEXO 4: ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA**

## RESUMEN

El presente trabajo consistió en realizar la planificación y el diseño hidráulico de un sistema de riego por goteo, ubicado en las coordenadas latitud norte  $25^{\circ}43'08.56''$  y latitud oeste  $108^{\circ}44'11.41''$ , para el cultivo del arándano en el campo “Las Palmas” en el estado de Sinaloa- México.

Se realizaron cálculos agronómicos e hidráulicos; comenzando con el diseño agronómico, para el cual se tomaron en cuenta los datos de clima y el coeficiente del cultivo para determinar la evapotranspiración; en el diseño hidráulico se dimensionaron los sectores de riego, válvulas, submatriz, matriz y el cabezal del sistema, a través del *software* Irricad, como parte del diseño se tuvieron en cuenta otros temas como la fertilización, automatización, nivelación y drenaje del campo.

Siguiendo la metodología propuesta se diseñó dos sistemas de riego para las 30.78 ha de cultivo con tres turnos de riego, tomando en cuenta que en demanda máxima se aplicaran seis litros diarios por maceta

Para el cálculo hidráulico en Irricad se usó para la base de datos las características de los materiales que se instalaron en campo, para determinar los valores reales de pérdida de carga.

## I. PRESENTACIÓN

Desde el término de la carrera, nuestro desarrollo profesional se ha enfocado en la especialidad de riego, la cual se dio inicio a mediados del 2014, con la realización de prácticas profesionales en la empresa Sistemas de Riego Ingenieros. En esta primera experiencia laboral, el puesto asumido fue de supervisor de proyectos para la instalación de un sistema de riego por goteo para caña de azúcar en el departamento de Cajamarca, obra financiada por el Programa Sub sectorial de Irrigaciones (PSI).

Las funciones implícitas y de mayor relevancia en el desempeño del cargo, fueron: verificar la instalación del equipo de manera correcta, la dirección del personal al cargo del proyecto, la convocatoria y desarrollo de reuniones oportunas y constantes con los funcionarios del PSI y con los propietarios de las parcelas, así como el cuidadoso cálculo de todos los materiales requeridos para la ejecución del proyecto, entre otros. Dichos desempeños han tenido sustento en la formación inicial adquirida como estudiante de la carrera de Ingeniera Agrícola, sobre todo en lo que respecta al curso de Ingeniería de Riegos e Hidráulica, asignatura que nos facilitó grandemente en la toma de decisiones adecuadas y oportunas para la ejecución del proyecto.

Después del periodo de prácticas, la siguiente oportunidad de trabajo se realizó en la empresa Equipos de Riego CORANDE SAC. En esta ocasión el puesto asumido fue de diseñador de proyectos de riego, periodo que nos permitió el aprendizaje del *software* Irricad Pro para el diseño de los sistemas de riego con base a la formación de ingeniero.

Durante los cuatro años de servicio en CORANDE SAC, la función principal fue el diseño de sistemas de riego y, en gran parte en el riego por goteo, que se usan para diversos cultivos de agroexportación como uva, espárragos, arándanos, etc. Así mismo se diseñaron sistemas de riego por aspersión y riego en jardines, también se ha realizado el diseño hidráulico de sistemas de conducción para el llenado de reservorio, la planificación de los campos y con la supervisión de la instalación de los equipos.

En mayo del 2019, se empezó a laborar en la empresa HORTIFRUT PERÚ SAC para el área de riego, como Coordinador-Jefe de Diseño, donde principalmente realice la planificación y

diseño de sistemas de riego en cultivos de agroexportación: arándanos, frambuesas, moras y fresas, para diversos países como Perú, Chile, China, México, Estados Unidos, etc.

Además de las funciones desempeñadas, la suscrita ha participado en licitaciones de proyectos que involucra las siguientes estrategias: establecimiento y difusión de las bases de licitación, reunión con los proveedores, revisión de la propuesta y el diseño enviado y, por último, la evaluación y selección del proyecto ganador del proceso.

En el caso de proyectos ejecutados en la zona de Perú y Chile, hemos realizado rediseños de los equipos existentes con el fin de mejorar el diseño que contribuye a la productividad, para lo cual se tenía que diseñar el sistema, el metrado de materiales, el presupuesto, que incluye tanto los materiales como la instalación y, en parte, la supervisión del equipo.

Complementariamente a las actividades mencionadas, teniendo la formación del ingeniero agrícola se ha participado en el apoyo y seguimiento a la licitación de las obras civiles, como son casetas, reservorios, electrificación, nivelación y drenaje del campo

Tomando en cuenta que la empresa en la que se trabajó se implementó sistemas de riego en diferentes países, la suscrita presenta el proyecto en cuestión en el país de México tomando en cuenta la experiencia laboral desarrollado a lo largo de la carrera profesional.

## II. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el problema de escasez de agua es un tema que está cobrando cada vez mayor importancia, por lo que ha generado gran preocupación y debate creciente en el plano nacional e internacional. Frente a la necesidad de satisfacer a una población en crecimiento, el hombre está en la obligación de manejar este recurso con la mayor eficiencia posible y, en el caso del riego, mediante sistemas que logren optimizar su uso.

El riego localizado tiene como principal función la aplicación del agua a los cultivos de forma oportuna y eficiente, lo cual se realiza a través de una red de tuberías que cumplen con los parámetros de presión y caudal requeridos por el sistema. Del mismo modo, es necesario el manejo del cultivo y la operación del equipo según el grado de sofisticación del sistema, teniendo siempre en cuenta las características del cultivo, clima y suelo.

El equipo de riego tiene como objetivo principal llevar el agua en el momento necesario y en cantidades adecuadas para el óptimo desarrollo del cultivo, sin desperdiciar el recurso hídrico.

Bralts (1987) menciona que la eficiencia de aplicación del agua puede ser muy alta en un sistema de riego por goteo si se logra controlar las fuentes de pérdida, lo cual es posible cuando el sistema se encuentra bien diseñado.

Por otro lado, el arándano ha cobrado mayor relevancia en los últimos años, convirtiéndose en un cultivo preferido para la agroindustria, la cual opta por invertir en sistemas de riego que cuenten con las más altas tecnologías del mercado.

Además, se ha hecho extensivo el uso de macetas para este cultivo, especialmente en zonas donde el suelo resulta un obstáculo muy completo de superar por su contenido arcilloso y limoso, microporosidad, su bajo nivel de materia orgánica y bajo pH.

Este es el contexto en que se realizó el presente trabajo, que consiste en el diseño del sistema de riego por goteo para el cultivo del arándano en el campo “Las Palmas”, ubicado en Los Mochis, Sinaloa, México.

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo General**

- Diseñar el sistema de riego por goteo para el cultivo de arándanos en el Campo Las Palmas- Sinaloa-México.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Realizar la planificación de un sistema de riego por goteo para 37 ha de arándanos.
- Realizar el diseño hidráulico del sistema de riego.

## IV. DESARROLLO DEL TRABAJO

### 4.1.DATOS DEL PROYECTO

#### 4.1.1. Ubicación del campo

El proyecto se ubica en el Campo “Las Palmas”, en la ciudad de Los Mochis, municipio de Ahome, estado de Sinaloa en México, cuya posición geográfica es:

Latitud Norte : 25°43'08.56”

Longitud Oeste : 108°44'11.41”

Altitud : 17 m

Extensión : 37 ha



Figura 1: Ubicación del campo  
Fuente: Wikipedia (2020)



Figura 2: Ubicación en google earth  
Fuente: Google Earth. (2020)

#### 4.1.2. Suelo

Se llevaron a efecto muestreos del suelo en el campo, determinando una textura arcillosa, no apta para el cultivo de arándanos, por lo que se decidió no plantar en suelo y se optó por usar macetas de 27 litros con sustrato de fibra de coco.



Figura 3: Maceta con sustrato de fibra de coco

#### 4.1.3. Temperatura

La temperatura máxima se presenta en julio con registros de hasta 40°C y la temperatura mínima se da en enero, llegando a los 9°C.

#### **4.1.4. Humedad**

El periodo más húmedo del año comprende del 2 de junio al 2 de noviembre y el día más húmedo del año es el 26 de agosto con 99% de humedad.

#### **4.1.5. Vientos**

La velocidad del viento entre los meses de octubre a julio es la más fuerte, siendo el promedio de 11.1 km/h; los otros meses del año alcanza velocidades de 9.0 km/h.

#### **4.1.6. Lluvias**

La temporada de lluvias dura 8 meses aproximadamente, desde junio hasta febrero, especialmente en el mes de agosto se cuenta con precipitaciones de hasta 109 mm; el resto del año transcurre con lluvias leves, cuya acumulación promedio es de 1 mm.

#### **4.1.7. Horas de sol**

La duración del día varia durante el año, el día más corto es el 21 de diciembre con 10 horas y 32 minutos, el más largo se da el 20 de junio con 13 horas y 45 minutos.

#### **4.1.8. Fuente de agua**

La fuente de agua del sistema proviene de un canal de riego ubicado en la parte superior del campo.

Se realizo un muestreo de agua del canal, del cual se obtuvieron los parámetros mostrados en la tabla 1.

Tabla 1: Análisis de calidad de agua

pH	7.55
Conductividad eléctrica	0.26 mS/cm
Relación de absorción de sodio	0.92
Porcentaje de sodio intercambiable	0.19 %

Los demás parámetros físicos y químicos se muestran en el Anexo 4.

## 4.2. PLANIFICACION

### 4.2.1. Parámetros agronómicos

Los parámetros agronómicos considerados son los siguientes:

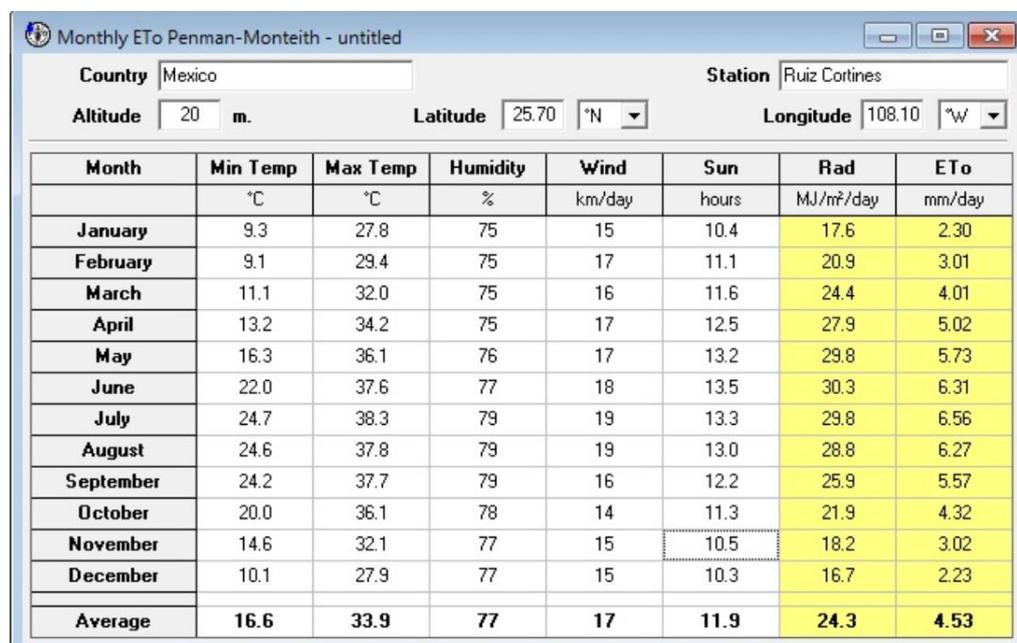
Tabla 2: Parámetros agronómicos

Distanciamiento entre hileras	2.40 m
Distancia entre plantas	0.40 m
Cantidad de líneas de riego	1
Caudal del gotero	2.00 lph
Distancia entre emisores	0.40 m
Cantidad de goteros por planta	1
Cantidad de piquetas por planta	4

### 4.2.2. Cálculo de la evapotranspiración del cultivo

Para el cálculo se consideraron los datos mensuales climáticos, como son la temperatura mínima y máxima, velocidad del viento, horas de sol y porcentaje de humedad, lo cual se realizó a través del *software* Cropwat.

En la Figura 4: Cálculo de la evapotranspiración con *CROPWAT* se observa el resumen de los datos climáticos proveniente de la estación meteorológica Ruiz Cortines, muy cercana a la zona del proyecto, entre los años 2012-2017.



Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind km/day	Sun hours	Rad MJ/m²/day	ETo mm/day
January	9.3	27.8	75	15	10.4	17.6	2.30
February	9.1	29.4	75	17	11.1	20.9	3.01
March	11.1	32.0	75	16	11.6	24.4	4.01
April	13.2	34.2	75	17	12.5	27.9	5.02
May	16.3	36.1	76	17	13.2	29.8	5.73
June	22.0	37.6	77	18	13.5	30.3	6.31
July	24.7	38.3	79	19	13.3	29.8	6.56
August	24.6	37.8	79	19	13.0	28.8	6.27
September	24.2	37.7	79	16	12.2	25.9	5.57
October	20.0	36.1	78	14	11.3	21.9	4.32
November	14.6	32.1	77	15	10.5	18.2	3.02
December	10.1	27.9	77	15	10.3	16.7	2.23
Average	16.6	33.9	77	17	11.9	24.3	4.53

Figura 4: Cálculo de la evapotranspiración con CROPWAT  
Fuente: Estación meteorológica Ruiz Cortines (2012-2017)

El cálculo del dimensionamiento del sistema se realizó con el mayor valor obtenido para asegurar el uso del sistema en cualquier periodo del año, por lo que la evapotranspiración resultante es de Julio, cuyo valor es de 6.56 mm/día.

Para el valor de  $k_c$  del cultivo, Riveros (1996) menciona que el  $k_c$  para arándanos de un año es de 0.2 y de 0.97 para riego por goteo en arándanos de tres años, mientras Bryla & Strik (2007), proponen una evolución del coeficiente de cultivo ( $k_c$ ) de 0.2 a 1.1, en base a la experiencia se tomó un valor de 0.70 para la Etc.

$$Etc = Eto \times Kc$$

$$Etc = 6.56 \text{ mm/día} \times 0.70$$

$$Etc = 4.59 \text{ mm/día}$$

El proyecto se realizó en macetas y no en el suelo, por lo cual se tuvo que determinar los litros diarios por planta a reponer, considerando el marco de plantación y las dimensiones de la maceta.

Se cuenta con un marco de plantación de 2.40 m x 0.40 m lo cual nos dio un área de 0.96 m<sup>2</sup>, tomando en cuenta este valor se procedió a realizar el siguiente cálculo:

$$pp = 0.96m^2 \times \frac{4.59 \text{ mm}}{\text{día}} = 0.044m^3/\text{día}$$

Se tuvo que reponer 0.044 m<sup>3</sup>/día, si lo traducimos a litros serian 4.40 litros/día, por lo que debimos considerar un 30% adicional por el drenaje, lo cual resultó en 5.73 l/día; redondeando llegamos a seis litros por planta al día, a partir de este valor se procedió con los cálculos de planificación.

#### **4.2.3. Plano topográfico**

El plano topográfico se muestra en la figura 5, el cual señala las curvas de nivel cada 5 cm y la delimitación del campo.

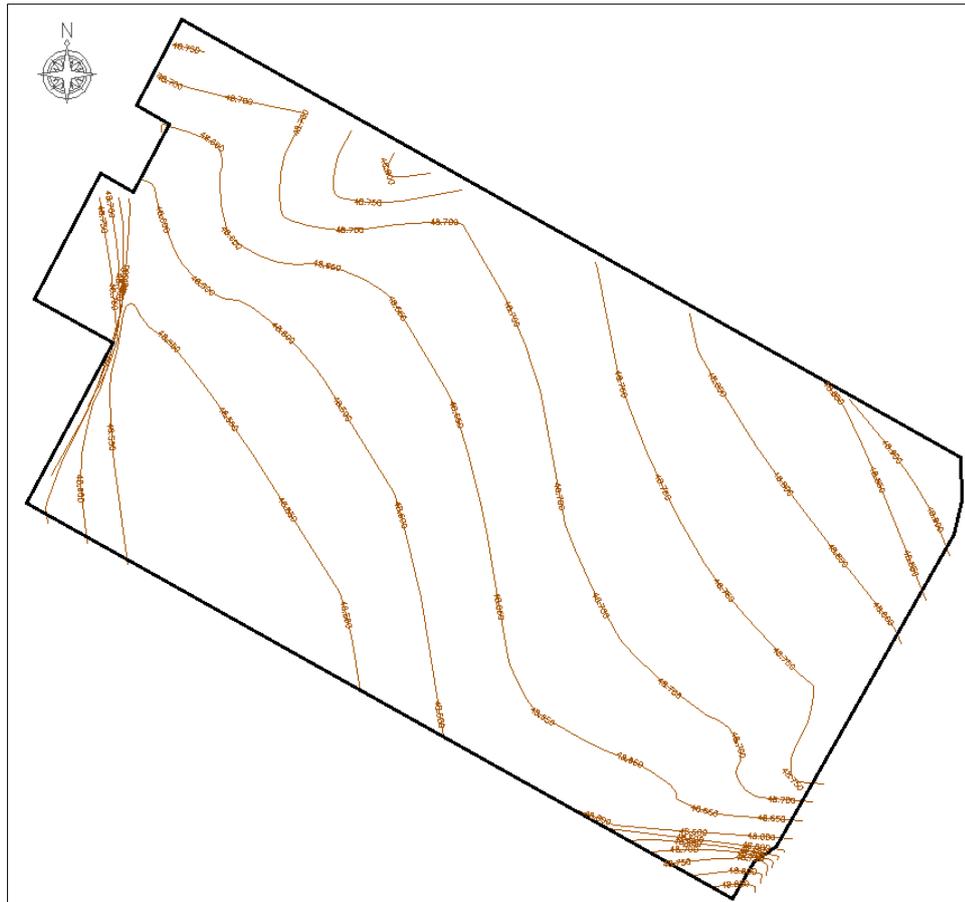


Figura 5: Plano topográfico del campo

#### 4.2.4. Determinación del emisor

Como el proyecto cuenta con macetas, se decidió usar manguera ciega con gotero botón autocompensado y cuatro piquetas por planta.

Considerando que en las zonas existe altas temperaturas se seleccionó manguera bicapa, debido a que este tipo permite que no se concentre tanto el calor, el diámetro de la manguera es de 16 mm y de un espesor de 1.0 mm

El emisor seleccionado fue el gotero PCJ de 2 lph de la marca Netafim, se eligió autocompensado no por las diferencias topográficas, sino para contar con riego más uniforme en la parcela.

Adicional a lo mencionado, para contar con una mejor distribución de agua en la maceta se colocó cuatro goteros flecha con un largo de microtubo de 35 cm, como se observa en la figura 7.

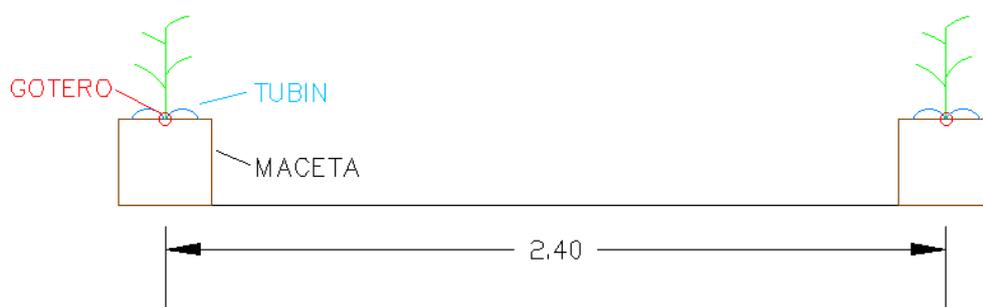


Figura 6: Distribución entre hileras

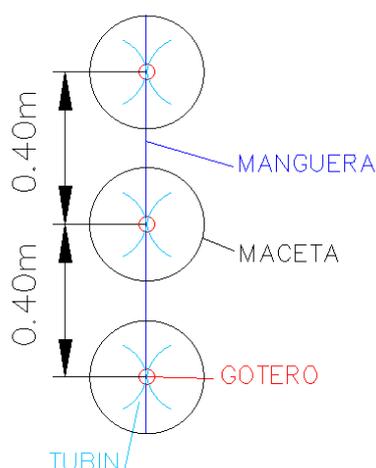


Figura 7: Distribución entre plantas

#### 4.2.5. Sectores de riego

Teniendo en cuenta que se regara con pulsos, la fertilización del cultivo de arándanos debe ser bastante precisa, debido a que se estiman tiempos de riego muy cortos, así que la apertura/cierre de válvulas no debe durar más de segundos, por lo que se recomienda contar con válvulas de 2", puesto que tienen una cámara más pequeña que permite un menor tiempo de apertura respecto a válvulas de 3" o 4"; inclusive se recomienda el uso de válvulas doble cámara para disminuir estos tiempos.

Diámetro	Volumen de la cámara (litros)	Tiempo de cierre al 100% (seg)	
		Cámara simple	Cámara doble
2"	0.13	6.5	0.3
2"L-3"	0.34	17	0.6
4"	0.45	22.5	0.8

Tabla 3: Diferencias entre válvulas de cámara simple y doble cámara  
Fuente: Bermad (2016)

Como se observa en la tabla superior, los tiempos de cierre de las válvulas doble cámara son 95% más rápidas que las de cámara simple, razón por la cual, se optó por utilizar este tipo de válvulas para el proyecto.

Para no contar con una pérdida muy alta, se recomienda que el caudal para la válvula de 2" no sea mayor a 20 m<sup>3</sup>/h, por lo que tomando en cuenta la pluviometría, que es de 2.08 mm/h, el área del sector no deberá ser mayor a 1 ha. En este caso, el sector promedio cuenta 139 m de ancho y 69 m de largo, lo que nos da un área de 0.96 ha y un caudal de 19.96 m<sup>3</sup>/h para el lote.

La submatriz de preferencia debe ser ubicada en la zona donde se encuentra la mayor elevación del sector, y para contar con una mejor distribución del fertilizante, la válvula debe estar ubicada en el centro de la submatriz.

#### 4.2.6. Turnado

Para contar con menor tiempo de riego al día, se optó por trabajar con tres turnos de riego y adicionalmente, tener más pulsos en el campo.

Además, por recomendación, es preferible que el equipo trabaje con tuberías de 6", para contar con un menor volumen de agua que nos facilite la corrección del pH y CE.

Tomando en cuenta estos datos, se decidió dividir el campo en dos equipos independientes con tres turnos de riego cada uno, como se muestra en la Figura 8: Turnos de riego por *Equipo*

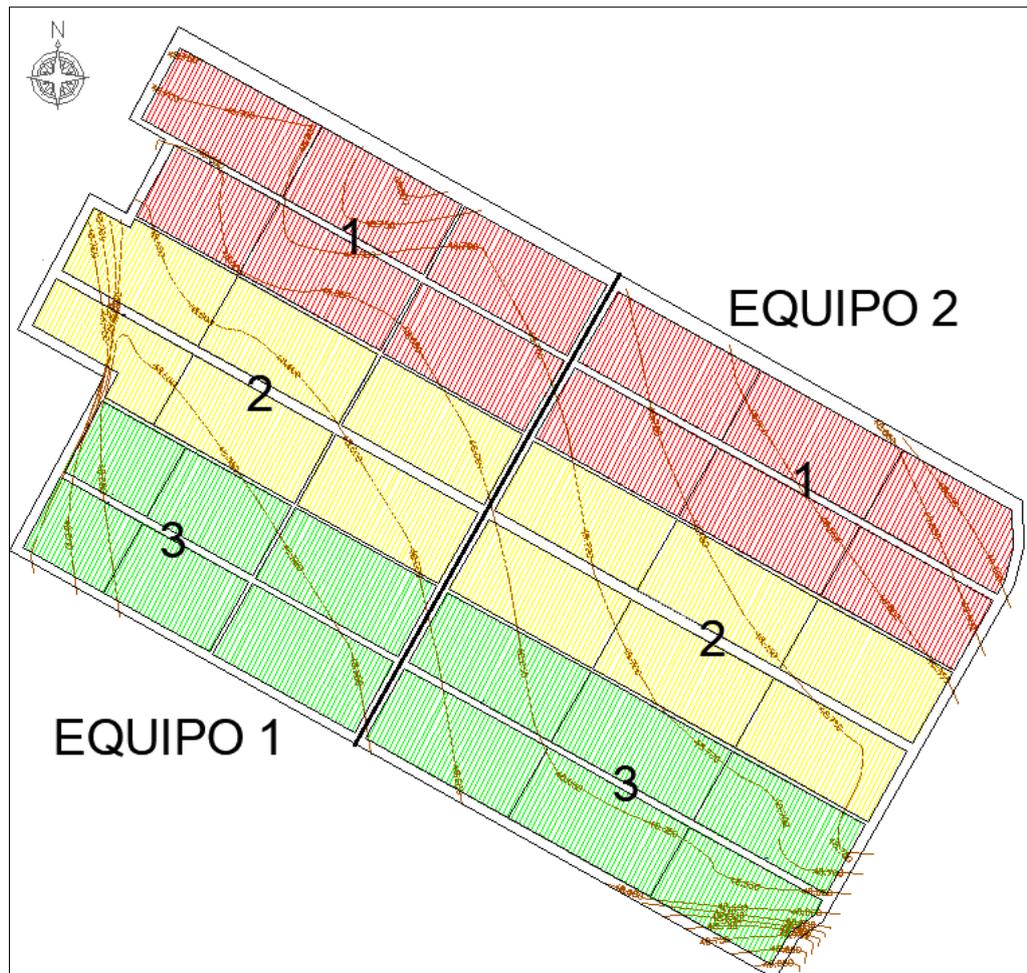


Figura 8: Turnos de riego por Equipo

La distribución de los turnos de riego se realizó de esta manera, ya que permite un mejor manejo operativo y una mejor distribución del recorrido de la matriz. Adicionalmente, se colocaron tres matrices por equipo, es decir, una matriz por turno, ya que se dispusieron diferentes variedades en el campo, además, esto nos permitía tener un mejor manejo si ocurría alguna eventualidad en el fundo.

#### 4.2.7. Ubicación de caminos

El campo cuenta con caminos de 9 m, 6m y 3 m, cada uno con una función diferente, según la figura 9.

Los caminos de 9 m (azul) son los principales para el transporte de personal y camiones, también para las máquinas de aplicaciones.

Los caminos de 6 m (amarillo) también son transitables y en ellos se ubicaron las estructuras para la recolección de la fruta; además en estos caminos se ubicaron las válvulas de riego, la submatriz y las bifurcaciones de la matriz.

Por último, los caminos de 3 m (verde), no transitables, solo serían para drenaje y limpieza de laterales, en los cuales se ubicaron los finales de línea.

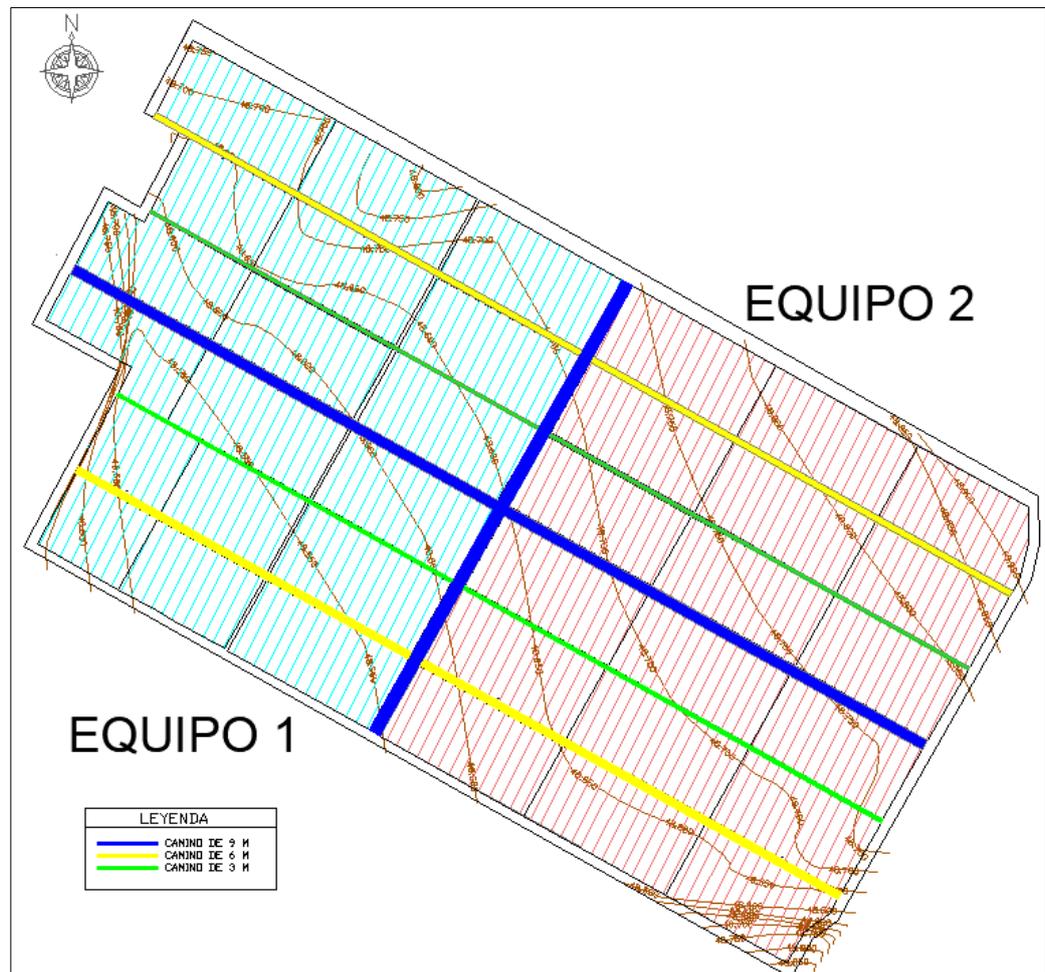


Figura 9: Distribución de caminos

#### 4.2.8. Ubicación del centro de control

De acuerdo con la experiencia recogida de otros ámbitos, es preferible que el centro de control se ubique en el centro del campo para tener una fertilización más uniforme; además, si el recorrido de la matriz es mayor a 600-700 m se recomienda tener otro cabezal, ya que se requiere que el fertilizante llegue en poco tiempo a la válvula y, el contar con turnos muy alejados, no permitirá que el fertilizante llegue a la válvula en el tiempo deseado.

En este caso se decidió ubicar el cabezal de riego en el centro del campo, al igual que el reservorio (Figura 10)

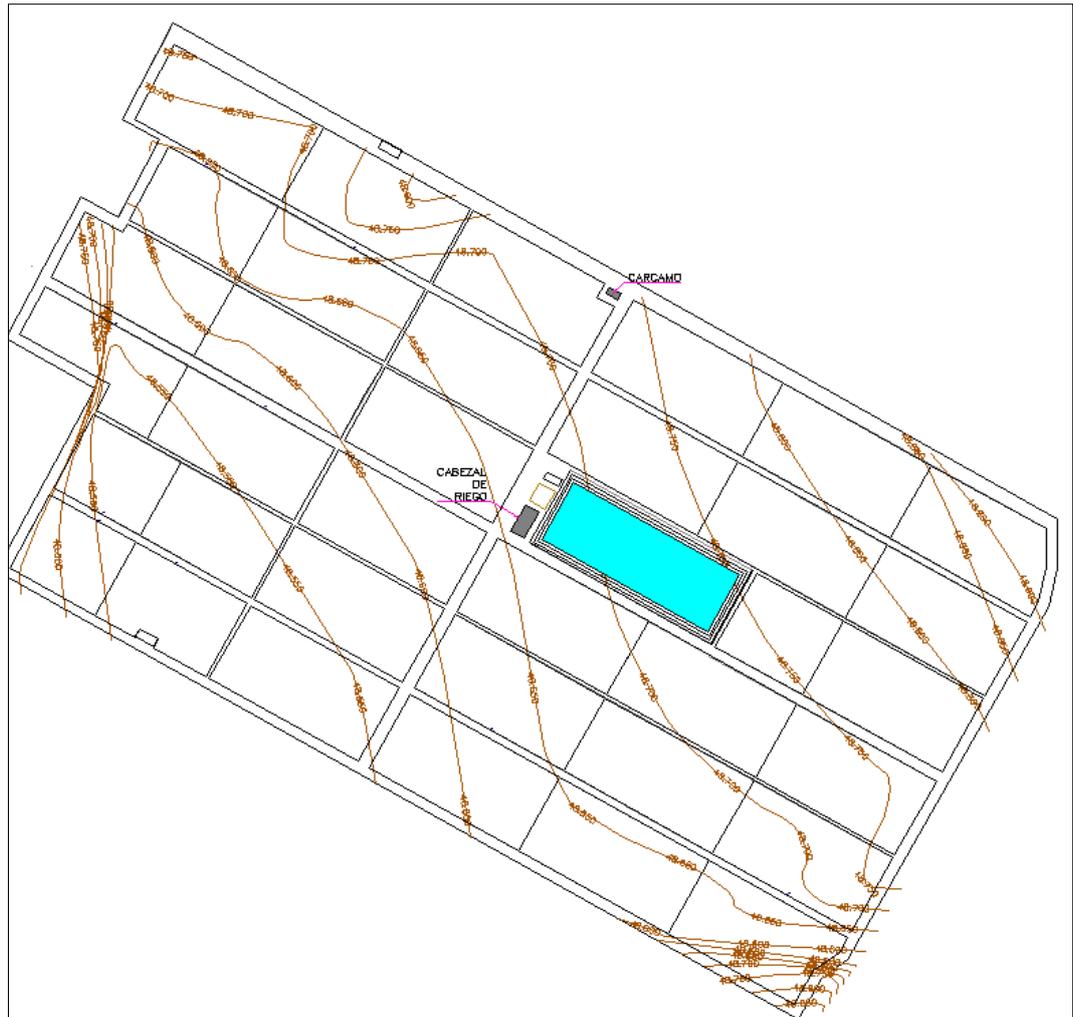


Figura 10: Ubicación del cabezal

#### 4.2.9. Esquema hidráulico

El agua proviene de un canal de riego, donde se cuenta con un cárcamo para la toma de agua y a través de una conducción se traslada el agua hacia el reservorio.

En la figura 11 se muestra un esquema hidráulico del campo.

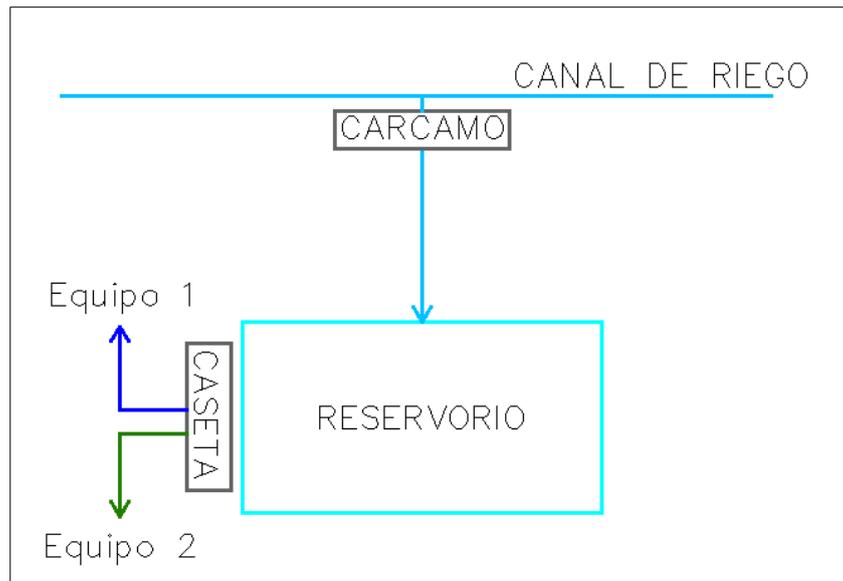


Figura 11: Esquema hidráulico

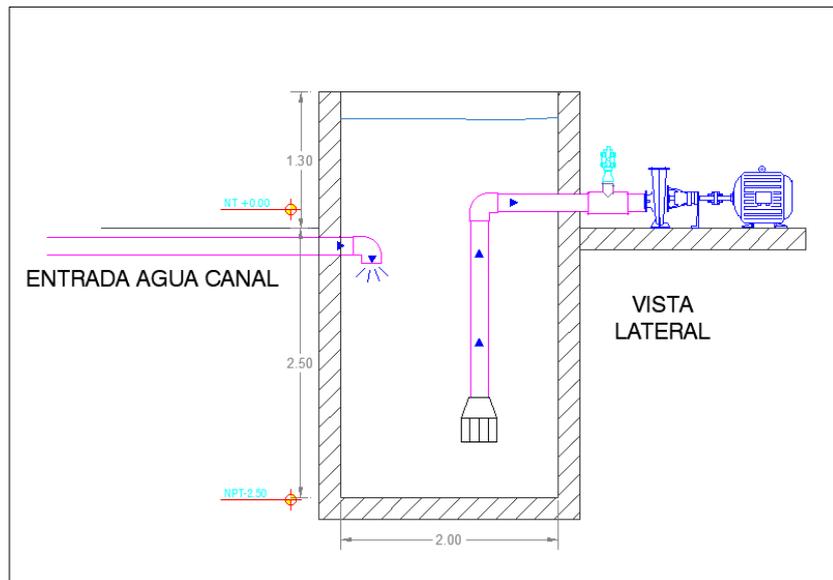


Figura 12: Perfil del cárcamo

#### 4.2.10. Reservorio

Para el cálculo del volumen del reservorio se tomó en cuenta el número de plantas del campo y el requerimiento en máxima demanda.

La cantidad de agua requerida en máxima demanda era de seis litros por planta/día y se cuenta con 10,417 plantas por ha, lo que nos da un total de 1,925.68 m<sup>3</sup> por día. A pesar de que se cuenta con agua disponible todo el año, el reservorio se calculó para contar con 10 días de residencia, en el caso de alguna eventualidad, como es el caso de limpieza del canal donde habría un corte de agua por varios días.

Así tomando en cuenta los 10 días, el volumen llegó a ser 19,256.81 m<sup>3</sup>, pero para fines prácticos se redondeó a 20,000 m<sup>3</sup>.

Las dimensiones del reservorio se muestran en las siguientes figuras:

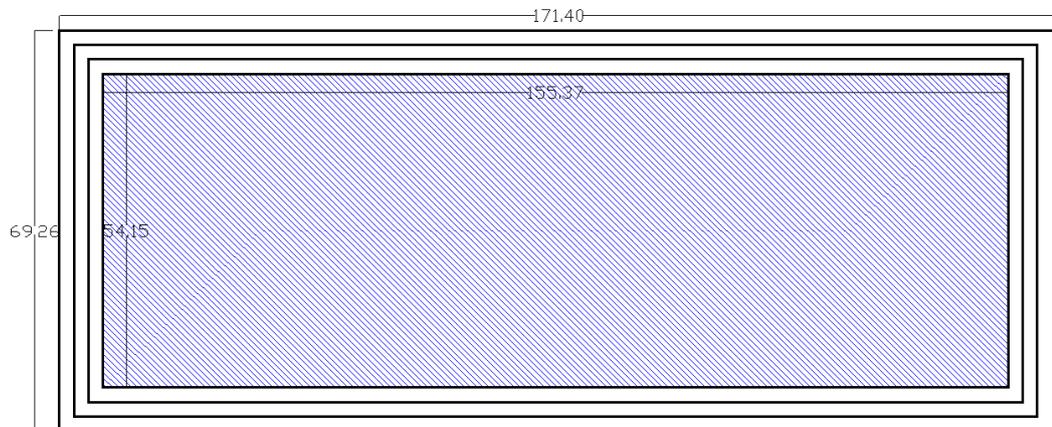


Figura 13: Medidas del reservorio

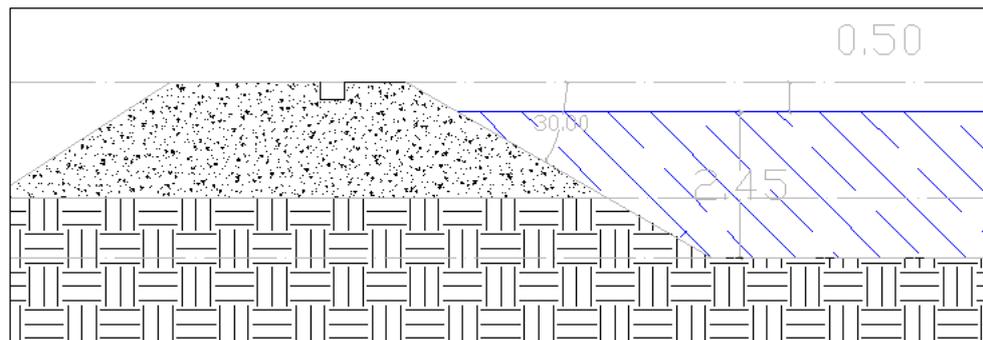


Figura 14: Talud del reservorio

#### 4.2.11. Impulsión

La captación de agua requiere de una conducción de agua de 347 m desde el cárcamo hasta el reservorio, la cual está dimensionada para un caudal de 150 m<sup>3</sup>/h y con una diferencia de nivel en bajada de 0.5 m.

La impulsión se encuentra dimensionada para un tubo de 8", lo cual nos da una pérdida de 2.93 m y una velocidad de 1.47 m/s.

Como la fuente es agua del canal, se decidió colocar una batería de filtros de grava, tomando como referencia los caudales recomendados por la figura 15.

Modelo	Caudal Máx. (m <sup>3</sup> /h)	Residual	Canal	Rio/embalse	Sup. Filtración (cm <sup>2</sup> )
FDC2	25	6	7,74	12,24	3.850
FDC3	50	9,5	14,7	24,94	7.090
FDC4	70	13,8	21,14	35,07	11.310

Figura 15: Especificaciones técnicas de tanques de grava  
Fuente: Filtros Navarro

El modelo utilizado fue el FDC4 que cuenta con un caudal máximo de 70 m<sup>3</sup>/h, pero para agua de canal recomienda que el caudal sea de 21.14 m<sup>3</sup>/h, lo cual nos dio un total de ocho tanques de grava.

Debido a que decidió usar filtros de grava, se necesitaba 28 m para el retrolavado automático, por lo que la bomba se tuvo que dimensionar para trabajar con la presión mencionada.

#### 4.2.12. Planificación

Tomando en cuenta los pasos anteriores, se decidió plasmar en un cuadro todo lo recopilado anteriormente

Tabla 4: Planificación del Equipo 1

Turno	Cultivo	Área Neta (ha)	Dist entre hileras (m)	Dist entre plantas (m)	# De líneas de riego	Caudal del emisor (lph)	Dist entre emisores (m)	pp (mm/h)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Caudal (lps)
1	Arándano	5.46	2.40	0.40	1	2.00	0.40	2.08	113.93	31.65
2	Arándano	5.44	2.40	0.40	1	2.00	0.40	2.08	113.30	31.47
3	Arándano	4.45	2.40	0.40	1	2.00	0.40	2.08	93.07	25.85
<b>3</b>		<b>15.35</b>								

Tabla 5: Planificación del Equipo 2

Turno	Cultivo	Área Neta (ha)	Dist entre hileras (m)	Dist entre plantas (m)	# De líneas de riego	Caudal del emisor (lph)	Dist entre emisores (m)	pp (mm/h)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Caudal (lps)
1	Arándano	5.58	2.40	0.40	1	2.00	0.40	2.08	117.90	32.75
2	Arándano	4.28	2.40	0.40	1	2.00	0.40	2.08	90.31	25.09
3	Arándano	5.57	2.40	0.40	1	2.00	0.40	2.08	118.05	32.79
<b>3</b>		<b>15.43</b>								

Definida la ubicación del centro de control, se procedió a realizar el trazo de la matriz, submatriz y ubicación de las válvulas, para continuar con el diseño hidráulico del campo, como se muestra en la siguiente figura:

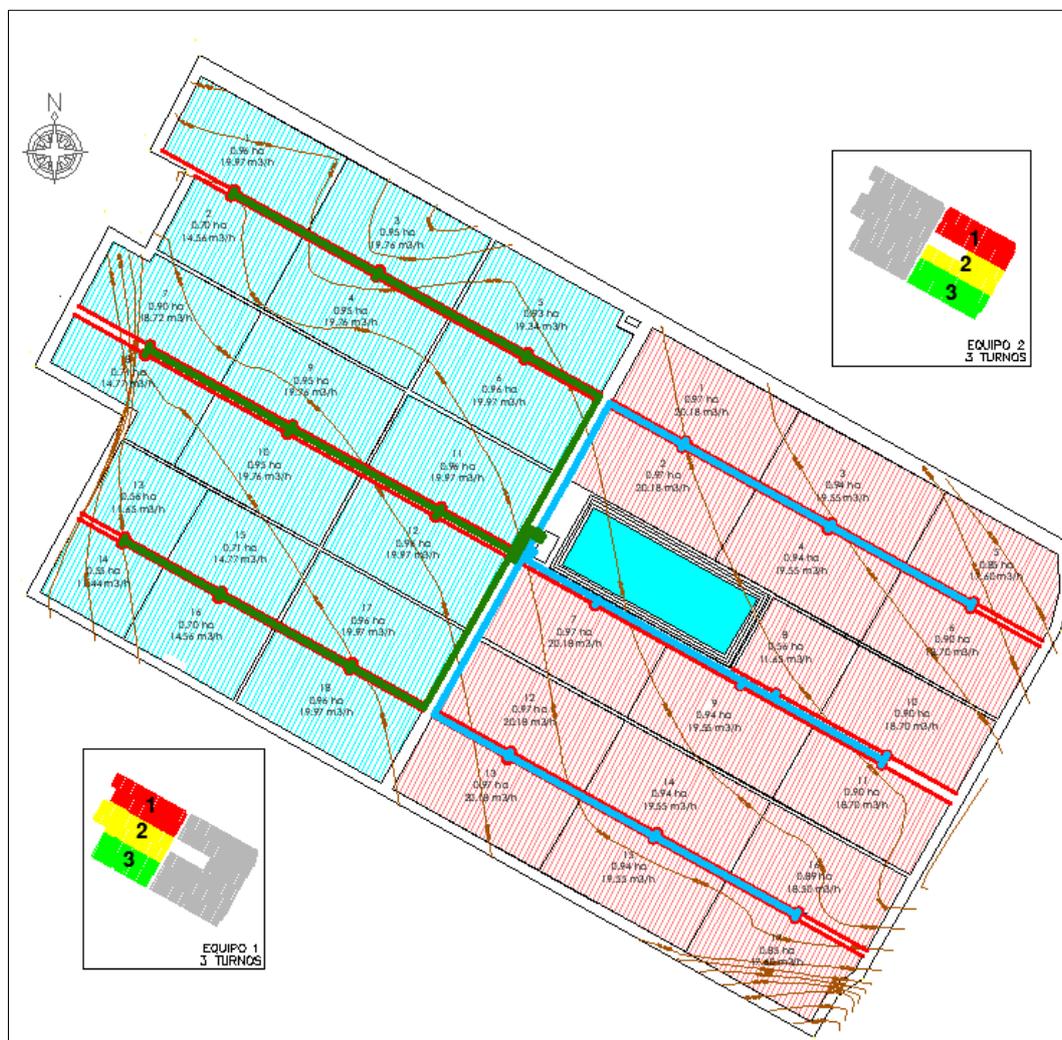


Figura 16: Planificación del campo

### 4.3. DISEÑO HIDRÁULICO

El diseño hidráulico se realizó después de terminar de la planificación de los equipos.

El dimensionamiento de los equipos fue procesado a través del *software* Irricad, el cual fue creado por Agricultural Engineering Institute (AEI) en el año 1993, en la Universidad de Lincoln, Caterbury, Nueva Zelanda y, actualmente, es comercializado por Nelson Irrigation Corporation Navarrete. Este programa es una herramienta para el diseño de sistemas de riego presurizados, como es el caso del riego por aspersión y goteo. Según AEI (1993), el diseño de un equipo en Irricad, requiere la planificación del campo de riego, que incluyen los parámetros agronómicos, la selección del emisor, la red de tuberías y el equipo de bombeo.

En la figura 17 se cuenta con el proceso que se llevó a cabo para realizar un diseño de un equipo de riego en el Software Irricad.



Figura 17: Estructura del diseño hidráulico en Irricad

#### 4.3.1. Características del emisor

Los parámetros requeridos son:

- Diámetro nominal (*Nominal diameter*): Se refiere al diámetro externo de la manguera, en este caso se está colocando manguera ciega de 16 mm.
- Diámetro interno (*Actual diameter*): Es el diámetro interno de la manguera, el cual depende del espesor; la manguera cuenta con un espesor de 1.0 mm, por lo que el diámetro interno es de 13.6 mm.
- Caudal nominal (*Nominal specific discharge rate*): Se refiere al caudal de la manguera en un tramo de 100 m, para este dato se debe considerar el caudal del emisor y su espaciamiento.
- Constante K (*Emitter constant*) y Exponente X (*Emitter index*): Es el coeficiente del emisor; estos datos se encuentran en el catálogo de la

manguera, para este proyecto la constante k tiene un valor de 2 y el exponente x de 0.

- Espaciamiento (*Spacing*): Es la distancia entre emisores, la cual sería de 40 cm.
- Kd (*E.mitter barb factor*): Es un valor en función a la pérdida de carga por la presencia del emisor en la pared del lateral, según el catálogo sería de 0.39.

Los cuales se llenaron donde corresponda de acuerdo con la siguiente figura:

Figura 18: Datos del lateral de riego

Como se mencionó anteriormente, el diámetro interno, el kd, el coeficiente k y exponente x son datos proporcionados por el fabricante de la manguera, en este caso se están tomando del catálogo de Netafim, cuyas características son mostradas en las figuras 19 y 20.

CAUDAL NOMINAL (L/H.)	RANGO DE PRESIÓN DE TRABAJO (BAR)	DIMENSIONES DE PASOS DE AGUA GROSOR-PROFUNDIDAD-LONGITUD (MM X MM X MM)	ÁREA DE FILTRACIÓN (MM²)	CONSTANTE K	EXPONENTE* X	PRESIÓN DE CIERRE (BAR)
0.5	1.5 – 4.0	0.54 x 0.60 x 40	1.8	0.5	0	0.18
1.2	1.5 – 4.0	0.67 x 0.77 x 35	2.0	1.2	0	0.18
2.0	1.5 – 4.0	1.03 x 0.75 x 35	2.0	2.0	0	0.18
3.0	1.5 – 4.0	1.03 x 1.08 x 35	2.0	3.0	0	0.18
4.0	1.5 – 4.0	1.32 x 0.95 x 35	2.0	4.0	0	0.18

Figura 19: Datos técnicos de los goteros  
Fuente: Netafim (2019)

Gotero PCJ HCNL - Tubería de polietileno de 16/2.5 - D.I. 13.60 mm. - Presión de entrada 3.0 bar - Kd 0.39  
Máxima longitud de laterales (metros)

CAUDAL (L/H.)	ESPACIAMIENTO ENTRE GOTEROS (M.)						
	0.25	0.5	0.75	1.0	1.5	3.0	5.0
0.5	250	424	568	694	915	1,449	2,020
1.2	142	241	323	396	522	828	1,160
2.0	102	174	233	285	377	600	835
3.0	78	134	180	220	291	462	645
4.0	65	111	149	183	243	387	540

\*Calculado en un área plana \*\*Mínima presión considerada : 1.5 bar

Figura 20: Datos de desempeño  
Fuente: Netafim (2019)

Adicionalmente la manguera cuenta con el coeficiente de variación, el cual es un dato obtenido por el fabricante que tiene la siguiente clasificación:

Clasificación	$C_v$
<b>Emisores por punto</b>	
Excelente	< 0,05
Buena	0,05 a 0,07
Marginal	0,07 a 0,11
Mala	0,11 a 0,15
Inaceptable	> 0,15
<b>Emisores en línea continua</b>	
Buena a excelente	< 0,10
Media	0,10 a 0,20
Mala a inaceptable	> 0,20

Figura 21: Clasificación de calidad de emisores según el coeficiente de variación  
Fuente: Santos (2010)

En el caso del gotero se tiene un valor de 0.03, lo cual indica un cv excelente.

#### 4.3.2. Características de válvulas

Es necesario subir la información de la curva de las válvulas de acuerdo con el diámetro y el rango de caudales con el que trabajan, para contar con la pérdida real de la válvula.

También es recomendable tener en cuenta alguna otra pérdida de carga adicional a la válvula, como en este caso que se colocaron filtros de control en el arco de riego.

En la capacitación sobre válvulas Bermad (2020) se mencionó las diferencias de las válvulas cámara simple y doble cámara, en el caso de una válvula de 2", cuando se tiene un caudal de 5 m<sup>3</sup>/h, la cámara simple oscila al momento de cerrarse y demora en cerrarse ; esto debido a que se encuentra fuera del rango de caudales; a diferencia de la cámara doble que se abre y cierra en segundos, por este detalle es que se prefirió contar con válvulas doble cámara para este proyecto, puesto que no iba a generar problemas con la apertura/cierre.

Por lo mencionado se propuso trabajar con válvulas doble cámara de 2" de la marca Bermad modelo IR 100, los datos de la curva de la válvula se tomaron de acuerdo a la figura 22.

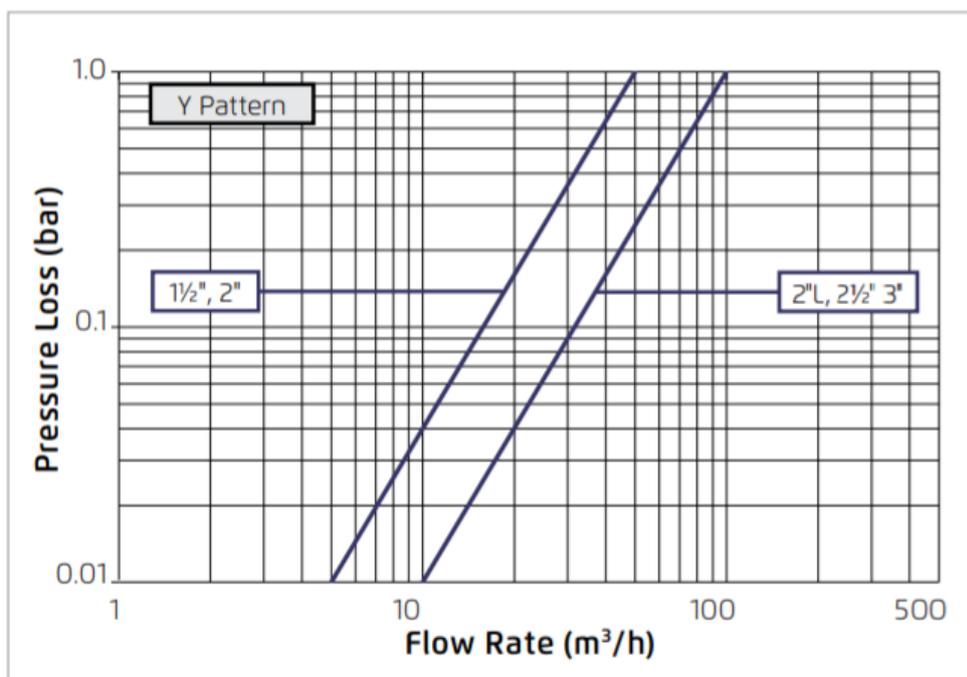


Figura 22: Curva de las válvulas doble cámara IR 100  
Fuente: Bermad (2016)

Los parámetros requeridos para subir los datos de la válvula fueron:

- Caudal (m<sup>3</sup>/h) y pérdida de carga (bar): Se tomaron cinco puntos de la curva, lo cual determinó la ecuación de la válvula para introducirla a la base de datos (*Headloss equation constant y headloss equation index*).
- Constante C (*Headloss equation intercept*): se refiere a un valor de pérdida de carga adicional a la proporcionada por la curva de la válvula, en este caso se está considerando un valor de 2 m, debido a que se colocaron filtros de anillas manuales en los arcos de riego (figura 23)
- Caudal mínimo (*minimun flow*) y caudal máximo (*maximun flow*): es el rango recomendado de trabajo de la válvula proporcionado por el fabricante.

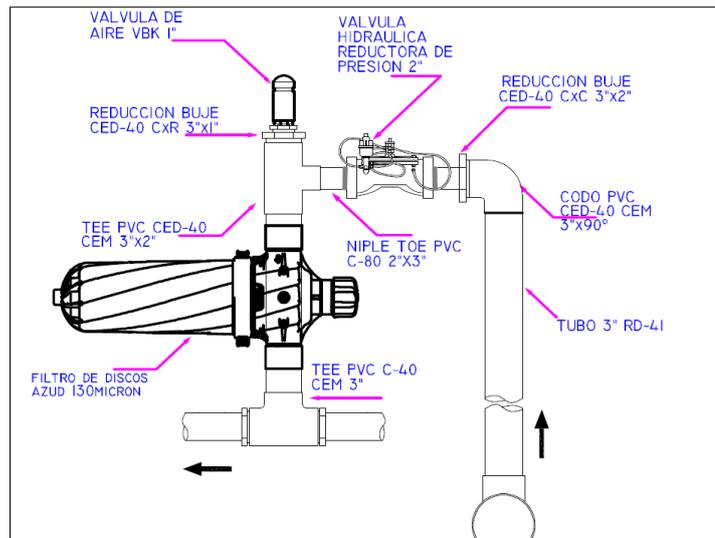


Figura 23: Esquema del arco de riego

Estos datos fueron subidos al programa de acuerdo con la siguiente figura:

Edit Control Valve	
<b>Control Valve Number</b>	10035
<b>Valve Description</b>	Bermad 2" + Filtro
Usage	Y = selectable
Warehouse Code	
Supplier Cost Code	DRT Label 2"
Inlet Connection Type	NPT F T
Outlet Connection Type	NPT F T
Inlet Diameter	63 mm
Outlet Diameter	63 mm
Headloss Equation Constant (K)	0.00561
Headloss Equation Index (n)	1.86234
Headloss Equation Intercept (C)	2
Minimum Flow	5 m <sup>3</sup> /h
Maximum Flow	30 m <sup>3</sup> /h
Wholesale Cost	0
Retail Price	0
Plotting Symbol	Valvula Solen 60
Symbol Size	4
Plotting Color	<input checked="" type="checkbox"/> Use symbol color(s)
<input type="button" value="Save"/> <input type="button" value="Cancel"/>	

Figura 24: Datos de válvula

### 4.3.3. Características de la tubería

Los cuales son:

- Diámetro externo (*Nominal diameter*): Es el diámetro de la tubería, puede ser en sistema inglés o métrico.
- Diámetro interno (*Actual diameter*): Depende de la clase del tubo, mientras mayor clase tenga, el espesor es mayor.
- Rugosidad (*Pipe roughness*): El valor de la rugosidad para PVC es de 150.
- Uso (*Usage*): Se colocará M si es para la tubería matriz o Z si es para la tubería submatriz.

En este proyecto se usaron tuberías de sistema inglés, debido a que son las que se encuentra en el mercado mexicano (figura 25) y la clase utilizada fue la RD26 que soporta 106 m.

Diámetro Nominal	Diámetro Exterior (D <sub>1</sub> )	RD-21			RD-26		
		Espesor Mínimo (e)	Diámetro Interior (D <sub>2</sub> )	Peso Promedio	Espesor Mínimo (e)	Diámetro Interior (D <sub>2</sub> )	Peso Promedio
pulg	mm	mm	mm	kg/m	mm	mm	kg/m
1 ½	48.3	-	-	-	1.9	44.5	0.41
2	60.3	2.9	54.3	0.81	2.3	55.7	0.63
2 ½	73.0	3.5	66.0	1.17	2.8	67.4	0.93
3	88.9	4.2	80.5	1.69	3.4	82.1	1.39
4	114.3	5.4	103.5	2.81	4.4	105.5	2.29
6	168.3	8.0	152.3	6.11	6.5	155.3	5.00
8	219.1	-	-	-	8.4	202.3	8.23
10					10.5	250.8	79.717
12					12.5	297.8	112.341

Figura 25: Diámetros de tubería clase RD 21 y RD 26  
Fuente: Cresco (2019)

Los parámetros de la tubería se subieron al programa de acuerdo con el diámetro con los que se trabajaron, como en la siguiente figura:

Pipe Number		9953	
Pipe Description		PVC 2" RD26	
Usage	M	Lat. / Zone / ML / Flush / Unconnected	
Warehouse Code	<input type="text"/>		
Supplier Cost Code		Label	2" RD26
Pipe Type	PVC		
Nominal Diameter	60.3	mm	
Actual Diameter	55.7	mm	
Pipe Roughness	150	C	
Allowable Pressure	106	m	
Wholesale Cost	0	per meter	
Retail Price	0	per meter	
Plotting Line Type	<input type="text"/>		
Plotting Color	<input type="text"/>		
Save		Cancel	

Figura 26: Datos de tubería de 2" RD 26

Para el caso de riego por pulsos, se sabe que se cuenta con riegos muy cortos donde la bomba se estaría prendiendo y apagando durante el riego, lo cual podría generar un golpe en el sistema debido al incremento de la presión y generar desgaste en los tubos, por lo tanto, es recomendable el uso de tubos de clase alta, para evitar rupturas e incrementar el tiempo de vida de la tubería.

Con respecto a la tubería que se usaría como base de datos en el Irricad, es recomendable usar las mismas características de la tubería que se encuentra en el mercado nacional. En Perú se usa preferentemente tubería métrica y en México se usa tubería del sistema inglés. Para efectos del diseño, esto nos ayuda a determinar la pérdida real del tubo en el recorrido de la matriz. Si colocamos datos de otro país, la información obtenida no será la real.

#### 4.3.4. Criterio de velocidad

La figura 27 muestra los parámetros hidráulicos que el diseñador debe tomar en cuenta para el dimensionamiento de las tuberías, tanto submatriz como matriz.

Los datos son:

- Velocidad máxima de submatriz (*máximum zone velocity*): Se determinó un valor de 2 m/s.
- Velocidad máxima de matriz (*máximum mainline velocity*): Se usó un valor máximo de 2.5 m/s.
- Largo mínimo de lateral (*mínimum lateral lenght*): Se tomó un valor de 5 m para la distancia mínima de la línea de riego.

The image shows a software dialog box titled "Design Parameters" with a close button (X) in the top right corner. It has three tabs: "Hydraulic Parameters", "Economic Parameters", and "Analysis Parameters". The "Hydraulic Parameters" tab is selected and contains several sections:

- Hydraulic Parameters:** Four input fields: "Maximum zone velocity" (2 m/s), "Maximum mainline velocity" (2.5 m/s), "Minimum lateral length" (5 m), and "Virtual PRV Minimum Loss" (0 m).
- Flushing Parameters:** Four input fields: "Required velocity" (0.3 m/s), "Manifold back pressure" (0 m), "Assign Virtual Manifolds" (checkbox, unchecked), and "Virtual manifold size" (10 laterals).
- Hazen-Williams C Factor Adjustment:** Three radio buttons: "None" (selected), "Scale", and "Absolute". A text field next to "Absolute" contains the value "1".
- Rationalization Parameters:** Four checkboxes: "Zone Pipe Sizes", "Mainline Pipe Sizes", "Zone Design to Pressure Rating", and "Mainline Design to Pressure Rating", all of which are unchecked.
- Misc Parameters:** Three checkboxes: "Calculate travel times", "Exclude mainline minor losses", and "Use 'U' usage for unconnected spraylines", all of which are unchecked.

At the bottom of the dialog box, there are five buttons: "Restore Defaults", "Save As Defaults", "Aceptar" (highlighted in blue), "Cancelar", and "Ayuda".

Figura 27: Parámetros de diseño del Irricad

Los valores mencionados son determinantes en la elección del dimensionamiento de tuberías en el programa, se eligió estos valores debido a que, por experiencia, se requiere velocidades un poco más altas que el promedio para que el fertilizante llegue a las válvulas en el menor tiempo posible.

#### 4.3.5. Subida de capas del equipo

Para comenzar el diseño se deberá subir las capas del proyecto, las cuales son:

- Área del sector.
- Ubicación de válvulas.
- Ubicación de la submatriz.
- Recorrido de matriz.
- Ubicación del centro de control.
- Curvas de nivel.

Es necesario que se verifique que las curvas de nivel no cuenten con algún valor inexacto, de lo contrario, se podría tener un error al momento de realizar el cálculo hidráulico.

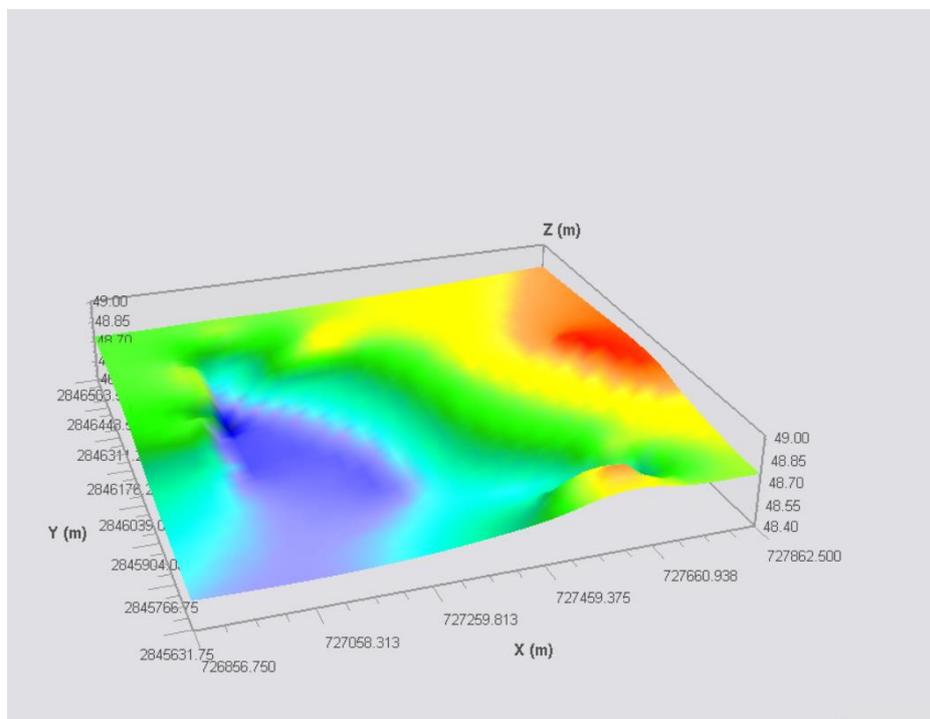


Figura 28: Vista 3D del campo

#### 4.3.6. Diseño del sector de riego

El diseño del sector de riego se refiere al dimensionamiento de la válvula y la submatriz del lote, los cuales están ligados a la capacidad de riego que cuenta el sistema y el área que abarca el sector.

Para comenzar con el dimensionamiento del sector se debe contar con la ubicación de la válvula y la submatriz, como se menciona en la figura 29.

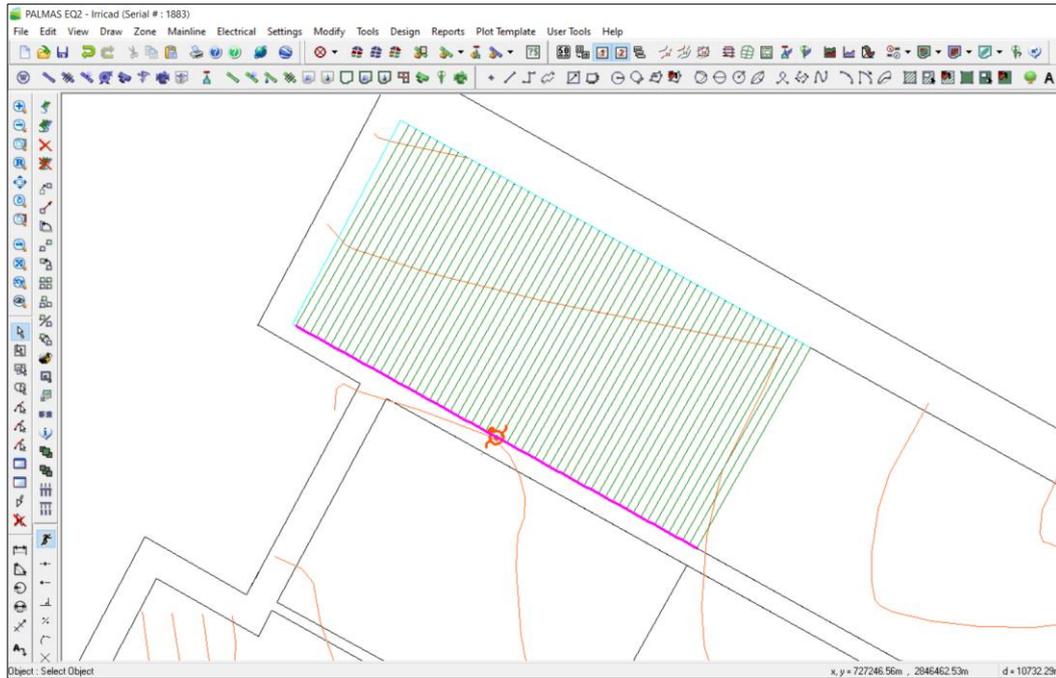


Figura 29: Sector de riego

Se realizó la primera corrida del sector de riego con el parámetro de velocidad mencionado anteriormente, lo cual nos resulta en tubería de 1 ½” para todo el sector, considerando una presión mínima de 15 m en el emisor, ya que el rango de presión de trabajo del gotero antidrenante se encuentra entre 1.5 bar a 4 bar.

También se evaluó el coeficiente de uniformidad del sector en los reportes proporcionados por el programa, el cual deberá ser mayor del 90% por tratarse de riego por goteo, en la manguera de riego se cuenta con una presión de inicio de 17.04 m y una presión final de 15.10 a lo largo del lateral, el caudal total en los 69 m es de 346 lph, lo cual dividiendo entre la distancia entre hileras nos da un resultado de 2lph, que nos confirma que no hay variación de caudal por diferencias de presión, debido a que se cuenta con goteros autocompensados, por lo tanto, el coeficiente de uniformidad tendrá un valor de 100% en el *software*.

También se debe verificar la pérdida de carga en el lateral de riego, la cual no debe ser mayor al 5% con respecto al largo de la manguera, sino se procederá a aumentar el diámetro de la línea a 20 mm, como se observa en la figura 30, La pérdida de carga en el largo del lateral es de 1.90 m y se cuenta con 69 m de manguera, lo cual nos da un valor de 2.75%, lo que nos permite seguir trabajando con 16 mm.

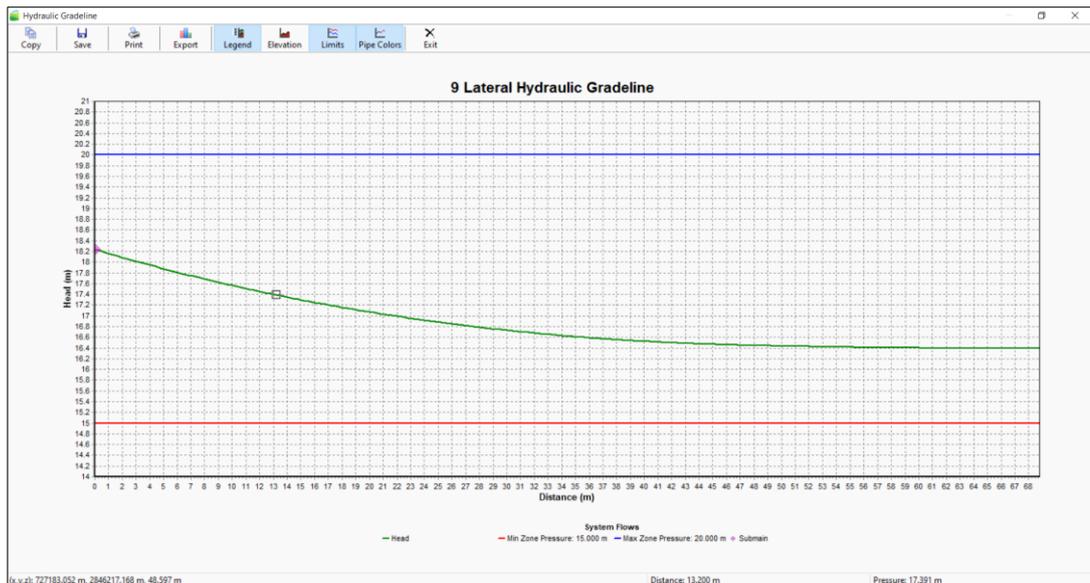


Figura 30: Pérdida de carga en el lateral de riego  
Fuente: Irricad

Respecto a la válvula de riego, se dimensionó a 2" y nos generaba una pérdida de carga de 3.54 m, considerando dentro del valor los 2 m que pierde por el filtro de anillas ubicado en el arco. Así, técnicamente la válvula estuvo perdiendo únicamente 1.54 m, lo cual se encuentra dentro del rango recomendado.

#### 4.3.7. Diseño de la matriz

El diseño de la matriz consta del dimensionamiento de las tuberías principales, lo cual nos permitirá determinar los puntos de presión y caudal del sistema para la elección de la bomba de riego.

Para comenzar con el diseño, se realizó el trazo de la matriz de acuerdo con el plano del equipo y se corrió con los parámetros de velocidad mencionados anteriormente, como en la siguiente figura:

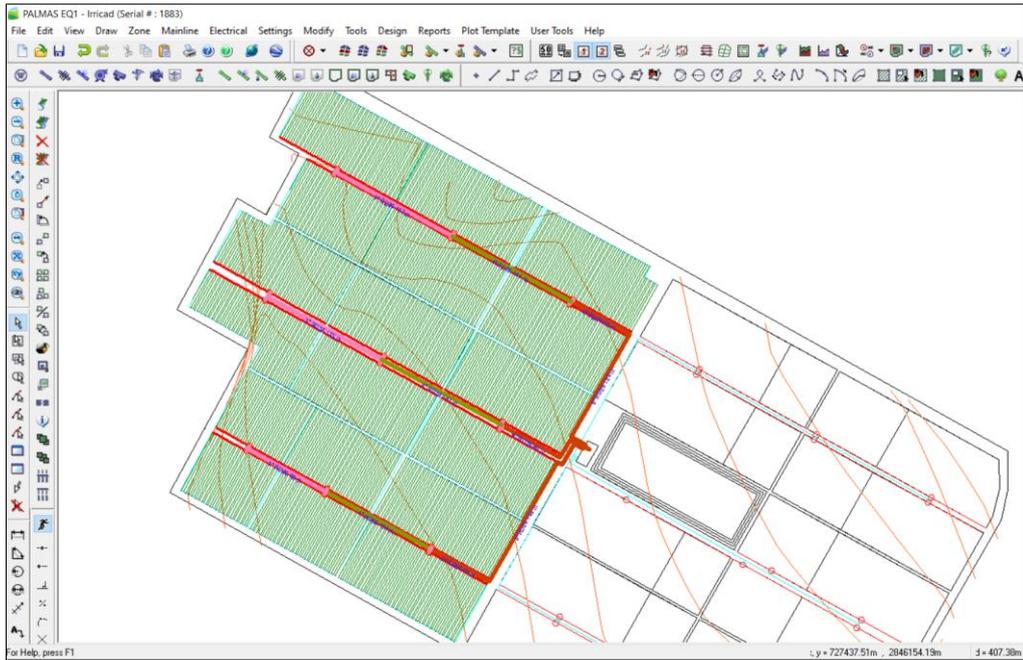


Figura 31: Dimensionamiento de la matriz

Esto nos ayudó a determinar los sectores críticos del campo, los cuales se muestran en la figura 32.

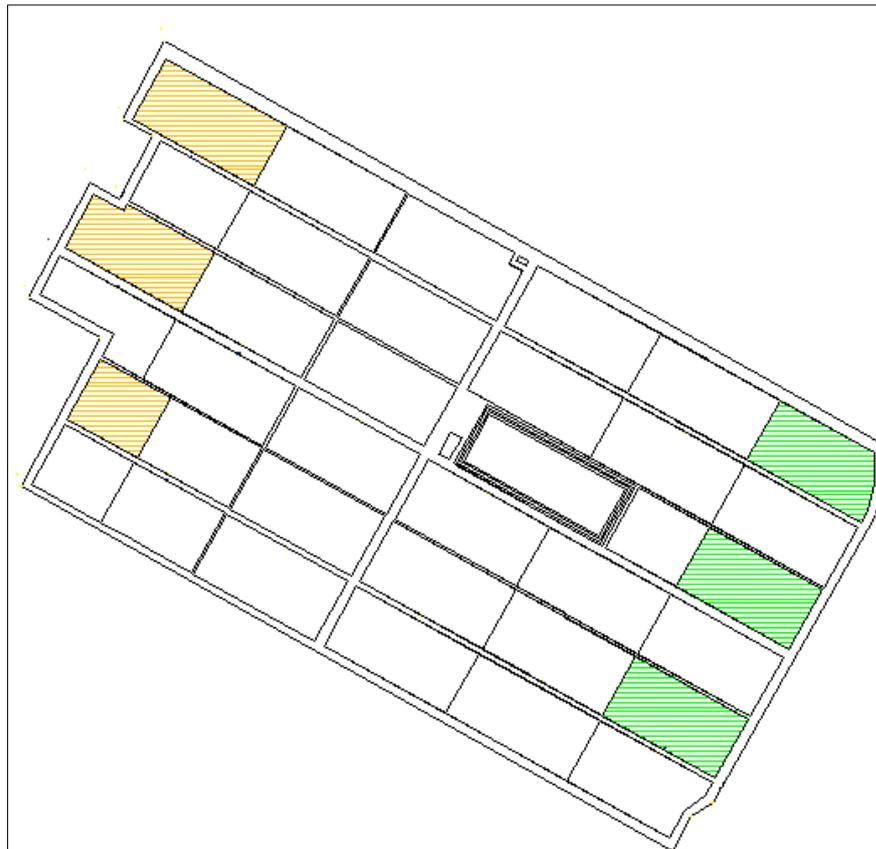


Figura 32: Sectores críticos del campo

Los lotes marcados en la figura 32 son los sectores 1, 7 y 13 del Equipo 1 y los sectores 5, 11 y 16 del Equipo 2; en este caso, los lotes críticos son los que cuentan con un mayor recorrido de tubería matriz.

En las siguientes tablas se muestran el cálculo de la matriz en Excel para identificar la ruta crítica:

Tabla 6: Cálculo hidráulico del turno 1 del equipo 1

Tramo	Caudal	Longitud	Pérdida	J	Velocidad	Tiempo	Diámetro tubo
	m3/h	m	m	%	m/s	min	
1	113.93	192.83	2.96	1.54%	1.67	1.92	6"
2	74.23	140.68	6.25	4.44%	2.36	0.99	4"
3	34.79	137.21	5.05	3.68%	1.83	1.25	3"
		<b>470.72</b>	<b>14.26</b>			<b>4.17</b>	

Tabla 7: Cálculo hidráulico del turno 2 del equipo 1

Tramo	Caudal	Longitud	Pérdida	J	Velocidad	Tiempo	Diámetro tubo
	m3/h	m	m	%	m/s	min	
1	113.30	68.75	1.07	1.56%	1.66	0.69	6"
2	73.17	140.80	6.09	4.33%	2.33	1.01	4"
3	33.72	135.30	4.71	3.48%	1.77	1.27	3"
		<b>344.85</b>	<b>11.87</b>			<b>2.97</b>	

Tabla 8: Cálculo hidráulico del turno 3 del equipo 1

Tramo	Caudal	Longitud	Pérdida	J	Velocidad	Tiempo	Diámetro tubo
	m3/h	m	m	%	m/s	min	
1	93.07	213.55	2.26	1.06%	1.36	2.62	6"
2	52.94	123.91	2.96	2.39%	1.68	1.23	4"
3	23.18	92.08	1.61	1.75%	1.22	1.26	3"
		<b>429.54</b>	<b>6.83</b>			<b>5.10</b>	

Tabla 9: Cálculo hidráulico del turno 1 del equipo 2

Tramo	Caudal	Longitud	Pérdida	J	Velocidad	Tiempo	Diámetro tubo
	m3/h	m	m	%	m/s	min	
1	117.90	209.49	3.43	1.64%	1.73	2.02	6"
2	77.07	140.19	1.04	0.74%	1.13	2.07	6"
3	36.92	134.68	5.54	4.11%	1.94	1.16	3"
		<b>484.36</b>	<b>10.01</b>			<b>5.24</b>	

Tabla 10: Cálculo hidráulico del turno 2 del equipo 2

Tramo	Caudal m3/h	Longitud m	Perdida m	J %	Velocidad m/s	Tiempo min	Diámetro tubo
1	90.31	64.81	0.66	1.02%	1.32	0.82	6"
2	69.89	138.02	5.46	3.96%	2.22	1.04	4"
3	49.82	28.76	0.67	2.33%	1.58	0.30	4"
4	38.06	107.61	4.68	4.35%	2.00	0.90	3"
		<b>339.20</b>	<b>11.47</b>			<b>3.05</b>	

Tabla 11: Cálculo hidráulico del turno 3 del equipo 2

Tramo	Caudal m3/h	Longitud m	Pérdida M	J %	Velocidad m/s	Tiempo min	Diámetro tubo
1	118.05	228.00	3.74	1.64%	1.73	2.20	6"
2	77.22	138.01	1.03	0.75%	1.13	2.04	6"
3	36.96	136.50	5.62	4.12%	1.94	1.17	3"
		<b>502.51</b>	<b>10.39</b>			<b>5.40</b>	

Según las tablas mostradas, la ruta crítica del Equipo 1 sería el turno 1, el cual cuenta con 14.26 m de pérdida y en el caso del Equipo 2 sería el turno 2 con un valor de 11.47, a estos valores faltaría agregarle la presión del lote de riego, la pérdida en el cabezal, el desnivel y la succión para contar con la presión requerida para la selección de la bomba.

#### 4.3.8. Selección de la bomba de riego

El equipo de bombeo será dimensionado según la presión y caudal que requiere el sistema para su correcto funcionamiento, como se comentó anteriormente, son varios factores que determinan la presión del sistema, los cuales son:

- Presión de trabajo del gotero.
- Pérdida de carga del lateral de riego.
- Pérdida de carga en la submatriz.
- Pérdida en el arco de riego, es decir en la válvula y en el filtro de control.
- Pérdida de carga en la matriz.
- Pérdida en el centro de control.
- Diferencia de nivel entre el punto más desfavorable del cabezal a la válvula.
- Profundidad del reservorio.

El programa Irricad es capaz de determinar la presión que se requiere para el dimensionamiento de la bomba, tomando en cuenta los factores descritos, por lo cual,

las tablas 12 y 13 muestran las pérdidas de carga de los sistemas por cada factor mencionado.

Tabla 12: Cálculo de pérdidas de carga del equipo 1

	<b>Turno 1</b>	<b>Turno 2</b>	<b>Turno 3</b>
<b>P emisor</b>	15.00	15.00	15.00
<b>P lateral</b>	1.91	1.92	1.91
<b>P submatriz</b>	1.69	1.49	0.42
<b>P válvula</b>	3.50	3.32	2.25
<b>P matriz</b>	14.26	11.87	6.83
<b>P cabezal</b>	10.00	10.00	10.00
<b><math>\Delta</math> nivel</b>	- 0.02	- 0.12	- 0.07
<b>Succión</b>	1.00	1.00	1.00
<b>Presión requerida</b>	<b>47.34</b>	<b>44.48</b>	<b>37.34</b>

Tabla 13: Cálculo de pérdidas de carga del equipo 2

	<b>Turno 1</b>	<b>Turno 2</b>	<b>Turno 3</b>
<b>P emisor</b>	15.00	15.00	15.00
<b>P lateral</b>	1.90	1.90	1.90
<b>P submatriz</b>	1.49	1.57	1.47
<b>P válvula</b>	3.21	3.35	3.35
<b>P matriz</b>	10.01	11.47	10.39
<b>P cabezal</b>	10.00	10.00	10.00
<b><math>\Delta</math> nivel</b>	0.16	0.09	0.01
<b>Succión</b>	1.00	1.00	1.00
<b>Presión requerida</b>	<b>42.78</b>	<b>44.38</b>	<b>43.12</b>

- P emisor: El sector se dimensionó con 15 m en el emisor de riego debido a que se cuenta con gotero antidrenante, este dato es proporcionado por el catálogo del fabricante.
- P lateral: Según el programa, se cuenta 1.90 m de pérdida de carga en 69 m de manguera de 16 mm, lo cual nos da un porcentaje de 2.7% que se encuentra dentro del rango.
- P submatriz: Se cuenta con 1.49 m de pérdida en la tubería, lo cual nos indica una pérdida de 2% a la largo de la submatriz.

- P válvula: Dependiendo del caudal del sector se tendrá cierto valor de pérdida, en el caso del sector promedio se tiene 1.25 m, a este valor se le tiene que adicionar los 2 m correspondientes por el filtro de control.
- P matriz: Es la pérdida de carga en el recorrido de la matriz hasta el sector más crítico, depende del diámetro del tubo que se está colocando.
- P cabezal: Se le otorga un valor de 10 m por la pérdida que puede ocasionar el filtro, el fabricante recomienda 5 m, pero se le agrega un valor adicional por seguridad.
- $\Delta$  nivel: Es la diferencia de nivel desde el cabezal hasta la válvula más crítica.
- Succión: Se refiere a la profundidad que tiene el reservorio, en el caso de que sea positiva no se considera algún valor adicional, pero si se cuenta con succión negativa debe tomarse en cuenta para la selección de la bomba, también nos ayuda a verificar el NPSH disponible.

Con los valores de presión y caudal por turno mostrados en las tablas 14 y 15 se seleccionó el equipo de bombeo.

Tabla 14: Datos de presión y caudal del equipo 1

<b>Turno</b>	<b>Presión m</b>	<b>Caudal m3/h</b>
<b>1</b>	47.34	113.93
<b>2</b>	44.48	113.30
<b>3</b>	37.34	93.07

Tabla 15: Datos de presión y caudal del equipo 2

<b>Turno</b>	<b>Presión m</b>	<b>Caudal m3/h</b>
<b>1</b>	42.78	117.90
<b>2</b>	44.38	90.31
<b>3</b>	43.12	118.05

La bomba seleccionada es de la marca Lowara modelo NSCE 65-160 con un impulsor de 220 mm y con una potencia de 30 HP, en la figura 33 y 34 se puede observar los puntos de operación por turno en la curva de la bomba.

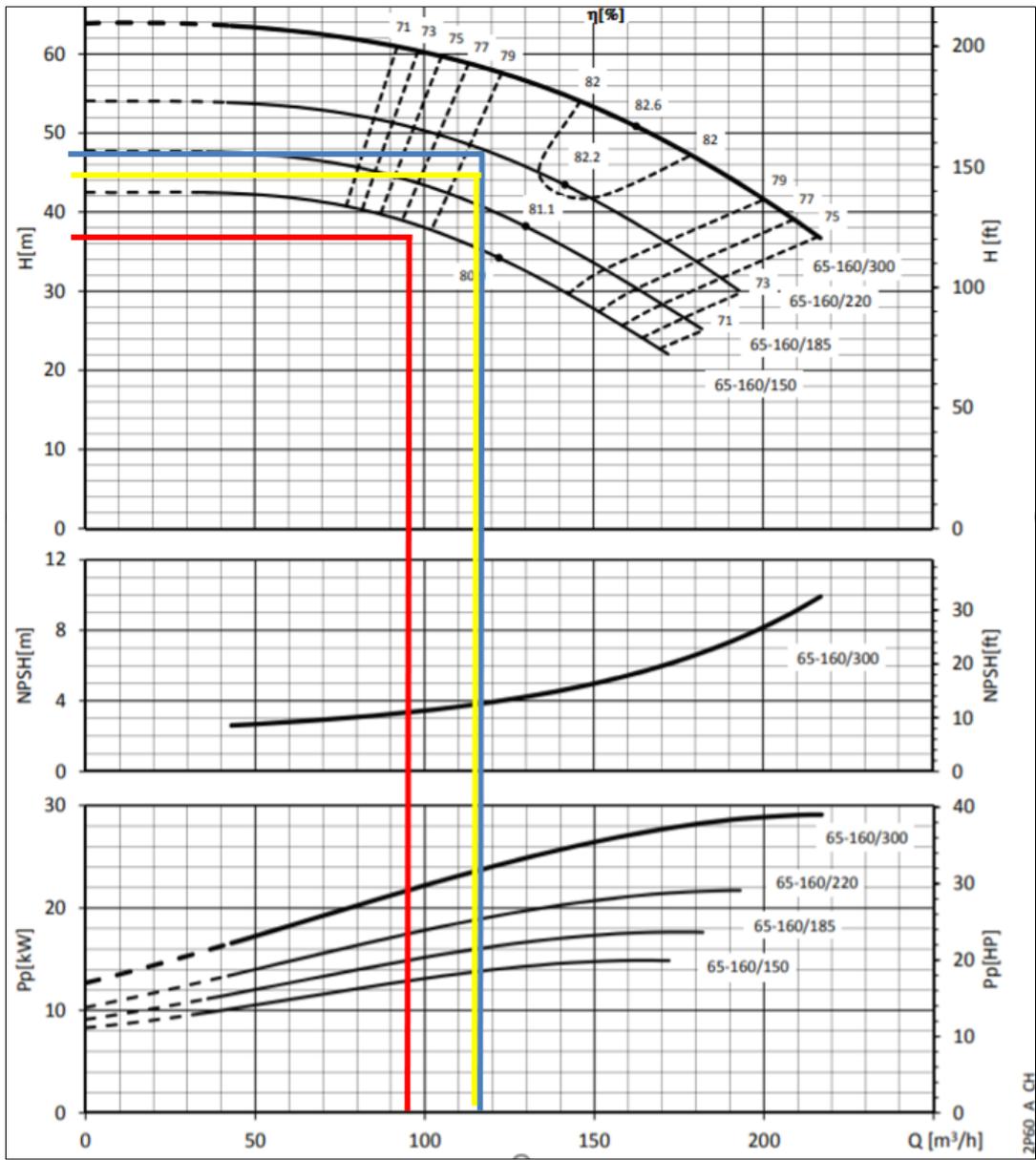


Figura 33: Presión requerida y caudal del equipo 1

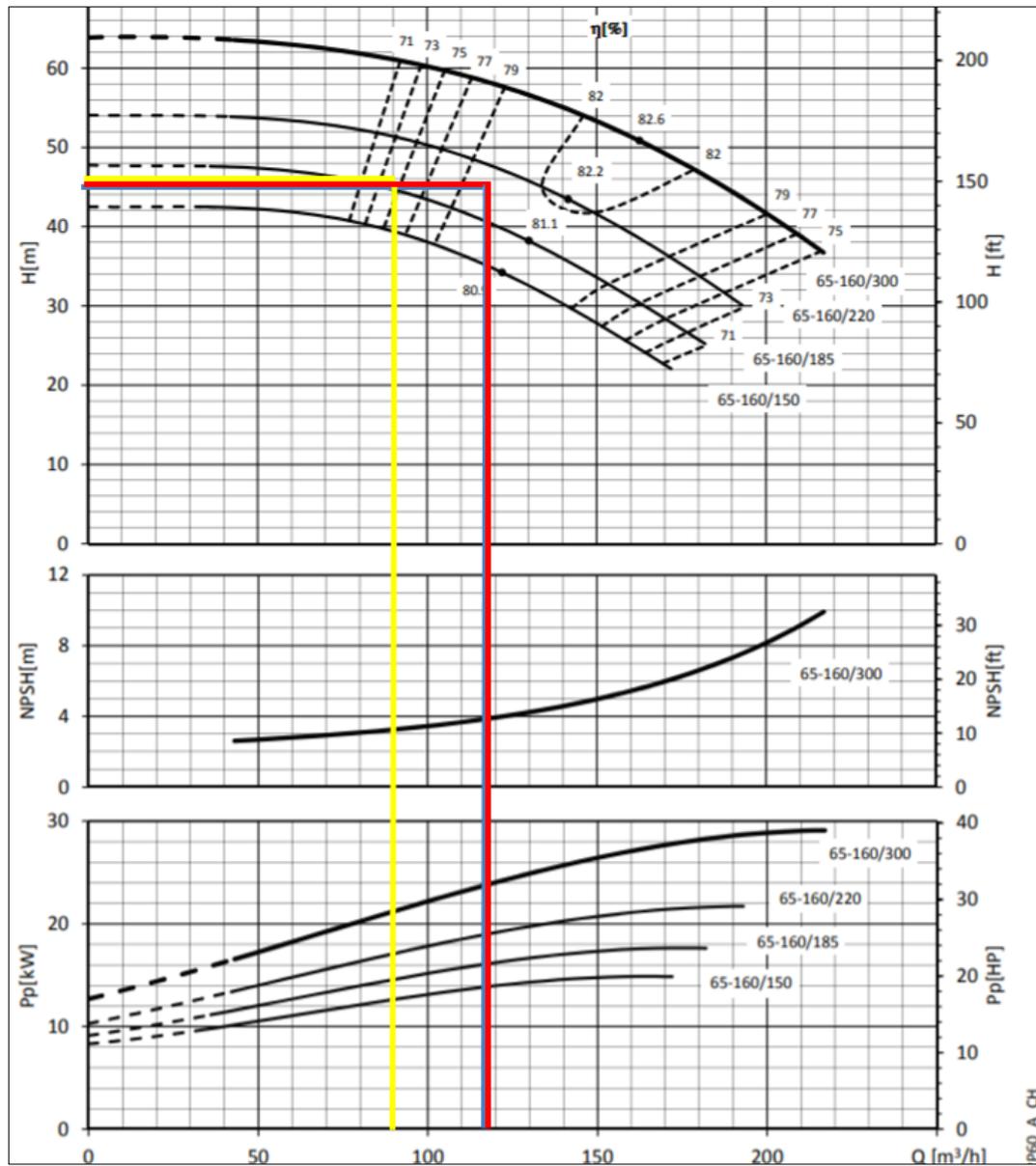


Figura 34: Presión requerida y caudal del equipo 2

Es recomendable que los equipos ubicados en el mismo cabezal cuenten con el mismo modelo de bomba, por si se tiene alguna eventualidad, entonces el otro equipo puede suplir la deficiencia mientras se repara la otra bomba.

Los puntos de operación de los equipos serían los siguientes:

Tabla 16: Puntos de operación del equipo 1

Turno	Succión	Descarga	ADT	Caudal
	m	m	m	m <sup>3</sup> /h
1	1.00	47.50	48.50	113.93
2	1.00	47.60	48.60	113.30
3	1.00	50.29	51.29	93.07

Tabla 17: Puntos de operación del equipo 2

Turno	Succión	Descarga	ADT	Caudal
	m	m	m	m <sup>3</sup> /h
1	1.00	46.87	47.87	117.90
2	1.00	50.59	51.59	90.31
3	1.00	46.84	47.84	118.05

#### 4.3.9. Consumo de energía

Como se puede observar en las curvas de las bombas, se cuenta con caudales diferentes en algunos turnos, por lo cual se vio conveniente realizar un análisis energético para determinar si era rentable instalar un variador de velocidad, tomando en cuenta que el costo del kwh en México es de 0.64 pesos, lo cual se traduce a 0.03 dólares.

En las siguientes tablas se muestra el costo anual con y sin variador de los equipos:

Tabla 18: Costo anual de energía sin variador del equipo 1

Turno	Caudal	Presión requerida	Presión disponible	Eficiencia	Potencia nominal	Potencia consumida	Horas de riego al año	Costo del kwh	Costo anual de energía
	m <sup>3</sup> /h	m	m	%	kw	kw	horas	US\$	US\$
1	113.93	47.34	48.50	80.00	21.70	19.00	1,095.00	0.03	605.24
2	113.30	44.48	48.60	79.50	21.70	18.50	1,095.00	0.03	589.31
3	93.07	37.34	51.29	75.00	21.70	17.50	1,095.00	0.03	557.45
<b>Total</b>									<b>1,752.00</b>

Tabla 19: Costo anual de energía con variador del equipo 1

Turno	Potencia consumida	Horas de riego al año	Costo del kwh	Costo anual de energía
	kw	horas	US\$	US\$
1	18.00	1,095.00	0.03	573.38
2	17.50	1,095.00	0.03	557.45
3	12.00	1,095.00	0.03	382.25
<b>Total</b>				<b>1,513.09</b>

Tabla 20: Costo anual de energía sin variador del equipo 2

Turno	Caudal	Presión requerida	Presión disponible	Eficiencia	Potencia nominal	Potencia consumida	Horas de riego al año	Costo del kwh	Costo anual de energía
	m3/h	m	m	%	kw	kw	horas	US\$	US\$
<b>1</b>	117.90	<b>42.78</b>	47.87	81.00	21.70	19.00	1,095.00	0.03	605.24
<b>2</b>	90.31	<b>44.38</b>	51.59	74.00	21.70	17.00	1,095.00	0.03	541.53
<b>3</b>	118.05	<b>43.12</b>	47.84	81.00	21.70	19.00	1,095.00	0.03	605.24
								<b>Total</b>	<b>1,752.00</b>

Tabla 21: Costo anual de energía con variador del equipo 2

Turno	Potencia consumida	Horas de riego al año	Costo del kwh	Costo anual de energia
	kw	horas	US\$	US\$
<b>1</b>	17.50	1,095.00	0.03	557.45
<b>2</b>	15.00	1,095.00	0.03	477.82
<b>3</b>	17.50	1,095.00	0.03	557.45
				<b>1,592.73</b>

Tomando en cuenta las diferencias del costo anual de ambos equipos y considerando un monto de US\$ 2,500 para el variador de velocidad, el periodo de tiempo en recuperar la inversión para el equipo 1 sería de 11 años y para el equipo 2 de 16 años.

#### 4.3.10. Características de la bomba seleccionada

Después de seleccionar el equipo de bombeo, el *software* nos permite subir la curva a la base de datos para realizar una corrida final, los datos a tomar en cuenta son:

- Caudal (m3/h) y presión (bar): Se tomaron cinco puntos de la curva, lo cual determinó la ecuación de la bomba para introducirla a la base de datos
- Caudal mínimo (*minimun flow*) y caudal máximo (*maximun flow*): es el rango recomendado de trabajo de la bomba.

Estos datos deben ser subidos al programa donde corresponda, de acuerdo a la figura 35.

Edit Pump ×

<b>Pump Number</b>	10036	
<b>Pump Description</b>	LOWARA NSCE 65-160/220	
Usage	Y <input type="checkbox"/> Y = selectable	
Warehouse Code	LOWARA	
Supplier Cost Code	HR <input type="checkbox"/>	Label NSCE 65-160
Inlet Connection Type	NPT <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/>	
Outlet Connection Type	NPT <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> T <input type="checkbox"/>	
Inlet Diameter	315	mm
Outlet Diameter	315	mm
H/Q Curve A factor	-0.013562	H = AQ <sup>2</sup> + BQ + C H = pressure, Q = flow
H/Q Curve B factor	0.302862	
H/Q Curve C factor	52.5726	
Minimum Flow	50	m <sup>3</sup> /h
Maximum Flow	185	m <sup>3</sup> /h
Wholesale Cost	0	
Retail Price	0	
Plotting Symbol	Capital P <input type="checkbox"/> ...	
Symbol Size	15	
Plotting Color	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Use symbol color(s)	

Figura 35: Base de datos de bomba Lowara NSCE 65-160/220

#### 4.3.11. Diseño final del Equipo

Como ya se cuenta con la ecuación de la curva de la bomba en la base de datos del programa, se procederá a correr el equipo de nuevo para verificar que les llegue la presión necesaria a las válvulas y corroborar la clase de los tubos.

En las siguientes tablas se puede verificar que la presión disponible de la bomba es mayor a la presión requerida de los sectores, lo cual indica que no se tendrían problemas de presión en el equipo.

Tabla 22: Presiones y caudales de los sectores del equipo 1

Sector	Área	Caudal	Presión Disponible aguas arriba	Presión Requerida aguas arriba	Presión aguas abajo	Pérdida en el arco
	ha	m <sup>3</sup> /h	m	m	m	m
<b>1</b>	0.96	20.10	22.40	22.10	18.60	3.50
<b>2</b>	0.70	14.70	22.40	21.30	18.50	2.80
<b>3</b>	0.95	19.70	27.40	21.90	18.48	3.42
<b>4</b>	0.95	19.70	27.40	21.90	18.43	3.47
<b>5</b>	0.94	19.60	33.70	22.00	18.56	3.44
<b>6</b>	0.96	20.10	33.70	22.00	18.49	3.51
<b>7</b>	0.90	18.80	24.70	21.70	18.41	3.29
<b>8</b>	0.71	14.90	24.70	21.10	18.23	2.87
<b>9</b>	0.95	19.70	29.40	22.00	18.54	3.46
<b>10</b>	0.95	19.70	29.40	21.90	18.48	3.42
<b>11</b>	0.96	20.10	35.50	22.00	18.55	3.45
<b>12</b>	0.96	20.10	35.50	22.00	18.48	3.52
<b>13</b>	0.56	11.80	32.60	19.90	17.33	2.57
<b>14</b>	0.55	11.40	32.60	19.90	17.38	2.52
<b>15</b>	0.72	14.90	34.30	20.50	17.64	2.86
<b>16</b>	0.71	14.90	34.20	20.50	17.62	2.88
<b>17</b>	0.96	20.10	37.20	22.00	18.55	3.45
<b>18</b>	0.96	20.10	37.20	22.00	18.49	3.51
<b>Total</b>	<b>15.37</b>					

Tabla 23: Presiones y caudales de los sectores del equipo 2

Sector	Área	Caudal	Presión Disponible aguas arriba	Presión Requerida aguas arriba	Presión aguas abajo	Pérdida en el arco
	ha	m <sup>3</sup> /h	m	m	m	m
<b>1</b>	0.97	20.40	32.70	22.20	18.65	3.55
<b>2</b>	0.97	20.40	32.70	22.10	18.59	3.51
<b>3</b>	0.94	20.10	31.60	22.10	18.57	3.53
<b>4</b>	0.94	20.10	31.60	22.00	18.49	3.51
<b>5</b>	0.85	17.90	26.10	21.60	18.39	3.21
<b>6</b>	0.91	19.00	26.10	21.60	18.29	3.31
<b>7</b>	0.97	20.40	39.50	22.10	18.59	3.51
<b>8</b>	0.56	11.80	33.30	19.80	17.29	2.51
<b>9</b>	0.94	20.10	34.00	22.00	18.47	3.53
<b>10</b>	0.90	19.00	28.70	21.70	18.36	3.34
<b>11</b>	0.90	19.00	28.70	21.70	18.60	3.10
<b>12</b>	0.97	20.40	32.60	22.20	18.65	3.55
<b>13</b>	0.97	20.40	32.60	22.10	18.58	3.52
<b>14</b>	0.94	20.10	31.60	22.00	18.53	3.47
<b>15</b>	0.94	20.20	31.60	22.00	18.48	3.52
<b>16</b>	0.90	19.00	25.90	21.70	18.37	3.33
<b>17</b>	0.85	17.90	25.90	21.50	18.27	3.23
<b>Total</b>	<b>15.44</b>					

En las figuras 36 y 37 se presenta el diseño hidráulico de los equipos del campo Las Palmas.

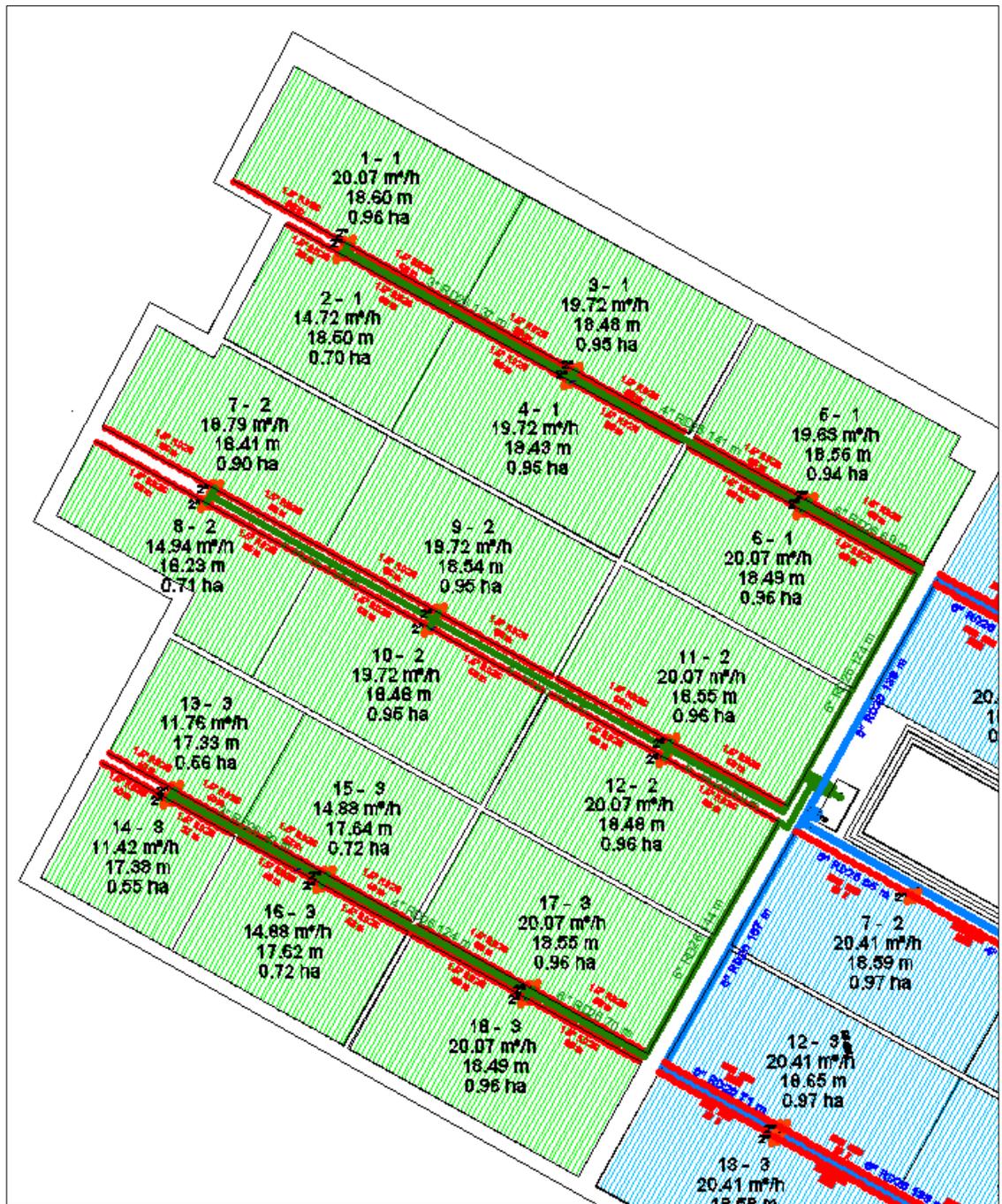


Figura 36: Diseño hidráulico del equipo 1

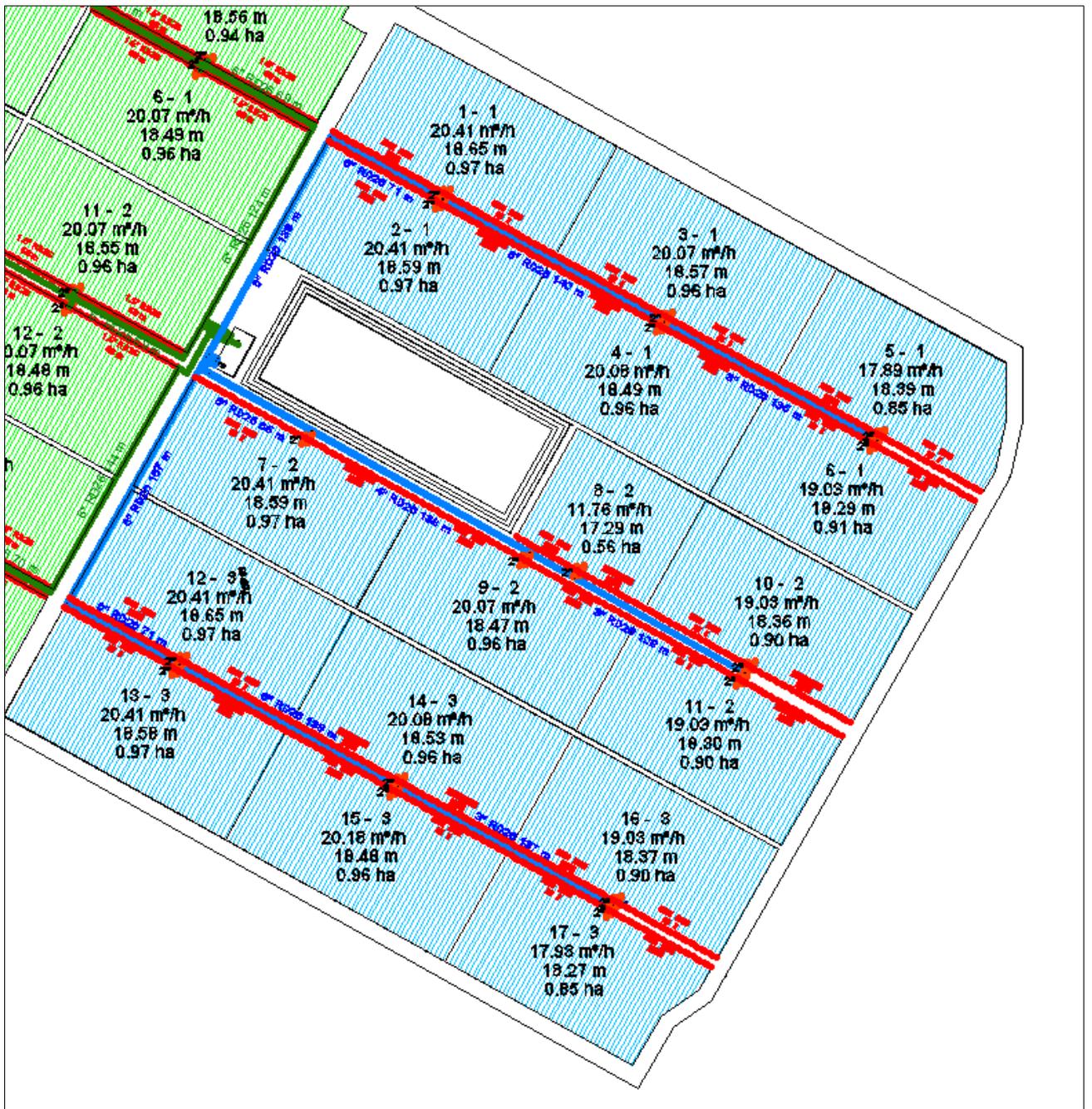


Figura 37: Diseño hidráulico del equipo 2

#### 4.3.12. Centro de control

El cabezal de riego cuenta con los siguientes componentes:

- Equipo de filtrado: Es otro elemento fundamental del sistema, ya que evita la obturación de los goteros. El tipo de filtro a usar depende de la calidad del agua de riego, los cuales son:
  - Filtros de arena: También conocidos como “filtros de gravas”, son filtros especiales para remover impurezas como algas, sulfatos y arcillas. Es recomendable colocar filtros de arena cuando se cuente con una fuente de agua superficial como canales de irrigación.
  - Filtros de malla: Armoni (1984) menciona que el grado de filtración dependerá de la densidad de la perforación, el área libre, la forma y la distribución de perforaciones, es usado comúnmente para agua más limpia, como el agua de pozo.
  - Filtros de anillas: Es el elemento de filtración compuesto por anillos, los cuales retienen partículas finas tanto sobre la superficie como en su interior. (Armoni,1984)
- Dispositivos de control: Según Pizarro (1996) los dispositivos de control son los elementos necesarios para el monitoreo del sistema, los cuales son:
  - Medidor de caudal: Se encarga de registrar el caudal instantáneo.
  - Manómetros: Sirven para conocer la presión del sistema dependiendo de donde se ubique.
- Dispositivos de regulación:
  - Válvulas reguladoras- sostenedoras: Se encargan de mantener la presión aguas arriba y aguas abajo del sistema.
  - Válvulas de paso: Sirven para abrir o cerrar una conexión o tubería, pueden ser válvulas compuerta, mariposa, bola o esfera.
  - Válvulas check: Ayudan al sistema a evitar el retorno del agua.
  - Válvulas de protección: Son válvulas que sirven para proteger el sistema de alguna eventualidad, como un corte de energía o sobrepresiones, entre ellas tenemos las válvulas de alivio, anticipadora de onda, de aire, etc.
- Sistema de fertilización: Permite el suministro de elementos nutritivos directamente del agua de riego, según Armoni (1981) la aplicación de fertilizantes mediante el

sistema de riego por goteo presenta una de las mayores ventajas de tener un sistema de fertilización.

#### 4.3.13. Dimensionamiento del filtro

Para dimensionar el filtro se tomó en cuenta el caudal máximo del sistema y la calidad de agua para definir qué tipo de filtro se deberá usar.

Como ya se mencionó, la fuente es agua de canal, por lo que se recomienda usar filtros de grava, los cuales se encuentran instalados en el cabezal del cárcamo, así que para el centro del control de los equipos se usaron filtros de anillas.

El fabricante cuenta con una batería de filtros de 2" y se considera 30 m<sup>3</sup>/h por filtro, como se muestra en la figura 38.

AZUD HELIX SYSTEM 130 micron	Caudal máximo	Superficie filtrado	
		Discos	Mailla
2N"	30 m <sup>3</sup> /h 132 gpm	1.198 cm <sup>2</sup> 186 in <sup>2</sup>	815 cm <sup>2</sup> 126 in <sup>2</sup>
2S"	30 m <sup>3</sup> /h 132 gpm	1.699 cm <sup>2</sup> 263 in <sup>2</sup>	1.087 cm <sup>2</sup> 169 in <sup>2</sup>
3N"	50 m <sup>3</sup> /h 220 gpm	1.699 cm <sup>2</sup> 263 in <sup>2</sup>	1.087 cm <sup>2</sup> 169 in <sup>2</sup>

Figura 38: Capacidad del filtro 2"  
Fuente: AZUD (2019)

En el caso del equipo 1 se tiene un caudal máximo de 113.93 m<sup>3</sup>/h y el equipo 2 de 118.05 m<sup>3</sup>/h, por lo que para cada equipo se consideró un cabezal de filtrado de seis filtros de 2S" con un grado de filtración de 120 mesh y una capacidad de 180 m<sup>3</sup>/h con 160 mm para el manifold de entrada y salida, como en la figura 39.



Figura 39: Equipo de filtrado de 2”  
Fuente: RITEC SL (2020)

#### 4.3.14. Dimensionamiento del manifold

Para la elección del diámetro de la succión del manifold se recomienda una velocidad no mayor a 1.7 m/s y para la descarga una velocidad menor a 2.5 m/s.

Tomando en cuenta los caudales de los equipos, los diámetros de succión y descarga serían según siguientes tablas:

Tabla 24: Cálculo del diámetro de la succión

	CAUDAL (l/s)	CAUDAL (m3/hr)	TIPO	DIÁMETRO			DIÁMETRO INTERNO (mm.)	VELOCID. (mps)
				EXTERNO (pulg.)	CLASE	ESPESOR (mm.)		
<b>EQUIPO 1</b>	31.65	113.93	PVC	8	10	13.2	173.6	1.34
<b>EQUIPO 2</b>	32.79	118.05	PVC	8	10	13.2	173.6	1.39

Tabla 25: Cálculo del diámetro de descarga

	CAUDAL (l/s)	CAUDAL (m3/hr)	TIPO	DIÁMETRO			DIÁMETRO INTERNO (mm.)	VELOCID. (mps)
				EXTERNO (pulg.)	CLASE	ESPESOR (mm.)		
<b>EQUIPO 1</b>	31.65	113.93	PVC	6	10	10.6	138.8	2.09
<b>EQUIPO 2</b>	32.79	118.05	PVC	6	10	10.6	138.8	2.17

El reservorio cuenta una succión negativa de 1 m (Figura 40) por lo cual se recomienda usar válvula de pie en vez que canastilla. Adicional a esto, se consideró una succión flotante para evitar que al momento de succionar el agua no se esté tomando únicamente del fondo del reservorio donde se encuentran los sedimentos.

Según la tabla 24, se contará con una succión de un diámetro de 8" para ambos equipos, según el caudal obtenido.

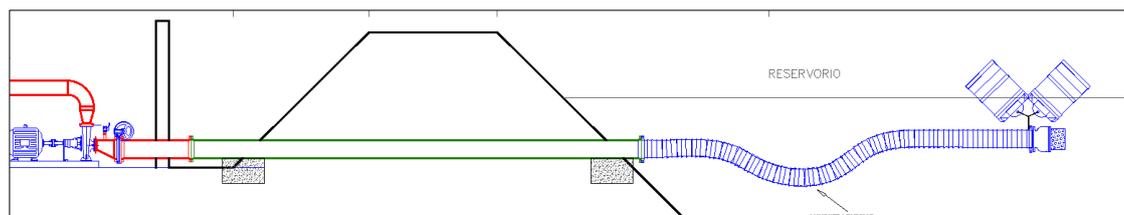


Figura 40: Esquema de succión flotante mixta

En el caso del medidor de caudal, se cuenta con dos modelos que se pueden usar para los equipos de riego, los cuales son:

- Tipo IR: Es el contador que utiliza una rueda de palas de plástico montada en la parte superior del paso de agua (Figura 41), donde toda interferencia de partículas sólidas es mínima, para obtener la máxima precisión en la medición de agua con un contenido de hasta 30% de sólidos en suspensión.



Figura 41: Caudalímetro tipo IR  
Fuente: Bermad (2019)

- Tipo Woltman: El elemento principal del medidor consiste en una turbina sobre la que incide, en dirección axial, el flujo de agua. Esta turbina se encuentra instalada en el centro del flujo, lo cual permite una mayor exactitud

en la medición. La velocidad de giro está en función tanto del caudal, las características de construcción de la hélice, como del ángulo del ataque del agua sobre sus alabes.



Figura 42: Caudalímetro tipo Woltman  
Fuente: Bermad (2019)

Se cuenta con dos modelos para el medidor de caudal, IR y Woltman, ambos modelos trabajan bien, pero por experiencia, se han presentado más problemas con el modelo IR, debido a que puede generar una mala lectura si se cuenta con aire en el manifold, sobre todo al inicio, cuando se debe prender el sistema. Por este detalle, se recomienda colocar el IR para impulsiones, pues no necesitas un dato más exacto, y Woltman para los equipos de riego, donde sí necesitas la lectura exacta del medidor, para no tener problemas al momento de la inyección de fertilizantes.

Adicionalmente, para obtener una buena medición en la toma de datos, el fabricante recomienda colocar el valor de 10D y 5D aguas arriba y aguas abajo del caudalímetro respectivamente, es decir, contar con 10 y 5 veces el diámetro del medidor, a fin de evitar turbulencias que afecten la medición, como se muestra en la siguiente figura:

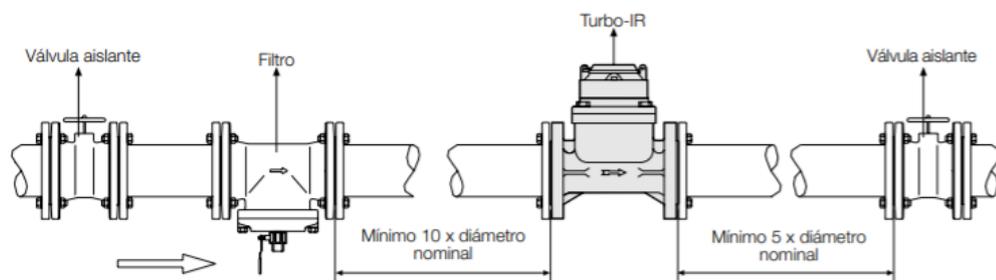


Figura 43: Esquema de instalación del caudalímetro  
Fuente: Bermad

Aparte de lo mencionado anteriormente, el centro de control se encuentra equipado con:

- Válvulas de aire 2" ubicadas aguas abajo del equipo de filtrado y a la salida a campo.
- Válvulas mariposas en la succión de la bomba y en la interconexión de los equipos.
- Válvula de alivio a la descarga de la bomba.
- Válvulas check a la salida a campo.
- Válvulas reguladoras-sostenedoras a la salida a campo, en este caso, como se están considerando tres matrices, una por turno, se están colocando 3 válvulas por equipo.

En la siguiente figura se muestra el esquema del cabezal de riego con sus respectivos componentes:

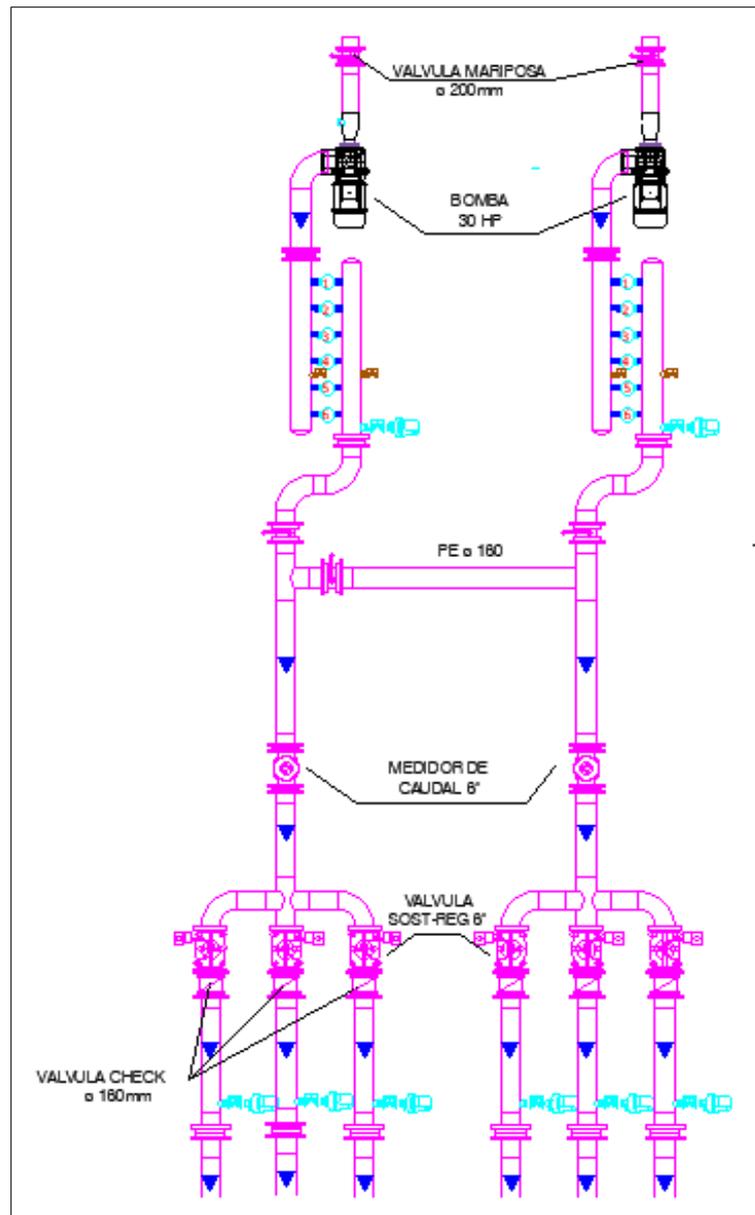


Figura 44: Esquema del cabezal de riego

Si se cuenta con varios equipos en la caseta, es recomendable contar con una interconexión después de filtros, por si surge alguna eventualidad.

#### 4.3.15. Sistema de automatización

La automatización nos permite realizar una acción o llevar a cabo varias acciones de forma precisa y repetitiva con una mínima mano de obra o intervención del hombre, controlando la ejecución y llevando el registro de estos datos.

Según Pizarro (1996), la automatización cuenta con las siguientes ventajas:

- Controla más eficientemente la frecuencia y la dosis del riego.

- Ahorra en el trabajo manual y permite una mejor flexibilidad en la programación de las labores agrícolas.
- No solo programa el riego, sino la fertirrigación, el retrolavado de los filtros, entre otros.
- Facilita el registro de datos.
- Puede controlar algunas situaciones desfavorables como averías en la red, bombas trabajando en seco, etc.

La automatización comprende:

- Prender y apagar las bombas de riego.
- Prender y apagar las bombas de fertilización.
- Abrir y cerrar las válvulas de riego.
- Abrir y cerrar las válvulas de retrolavado.
- Abrir y cerrar las válvulas de fertilizantes.
- Lectura del medidor de caudal.
- Lectura del medidor de fertilizantes.
- Lectura de los sensores de pH y CE.

La automatización de las válvulas de campo se da a través de la mesa de fertilización Super Nutritec 9500 de la marca RITEC SL con cableado eléctrico desde el centro de control hasta el arco de riego, para cual se agrupan dos válvulas para un solo cable.

Se considero agrupar las válvulas porque se cuenta con válvulas pequeñas, a partir de 3" es recomendable que sea un cable para cada válvula, también se debe estar atento a que las válvulas agrupadas sean del mismo turno y de la misma variedad.

En la figura 45 y 46 se muestra la agrupación de las válvulas de los equipos.

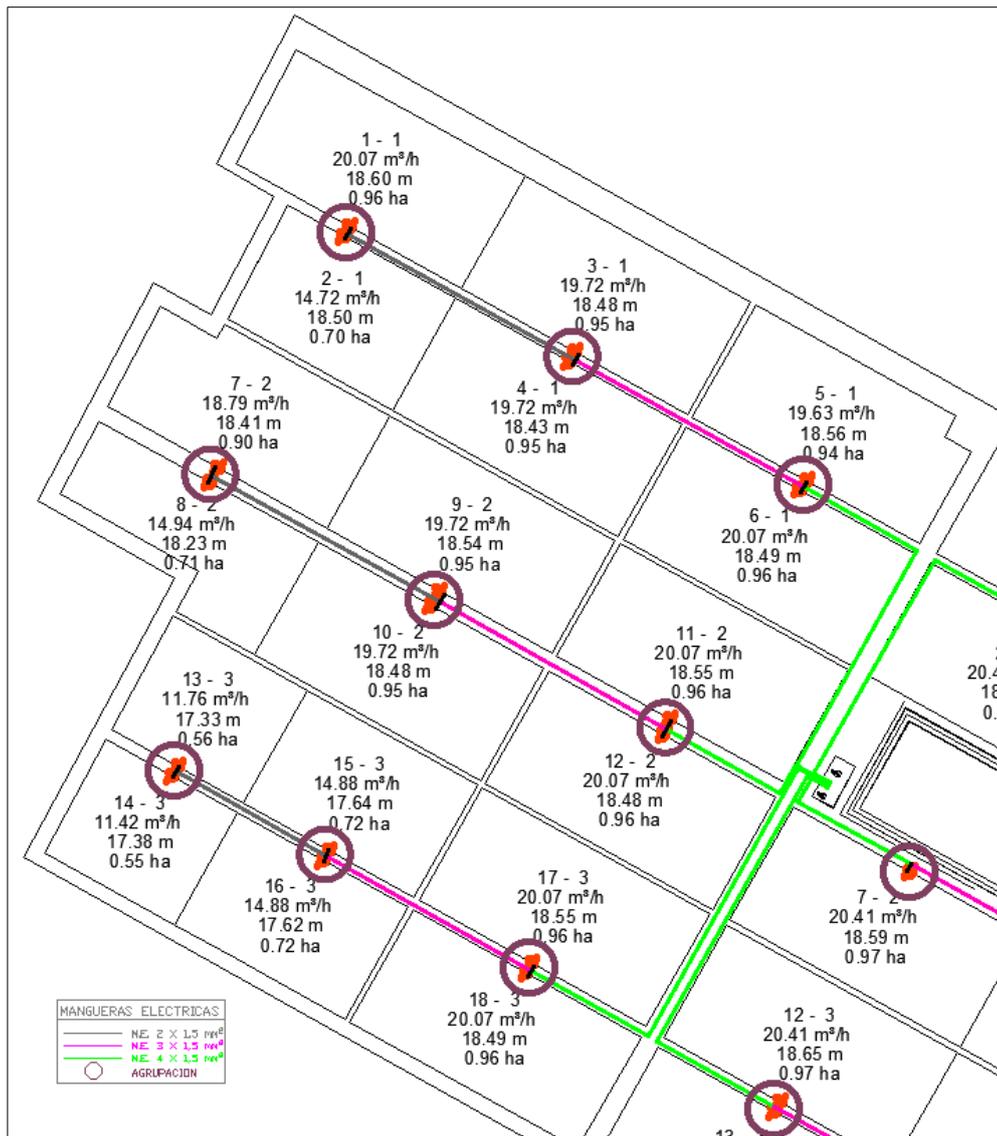


Figura 45: Cableado del equipo 1

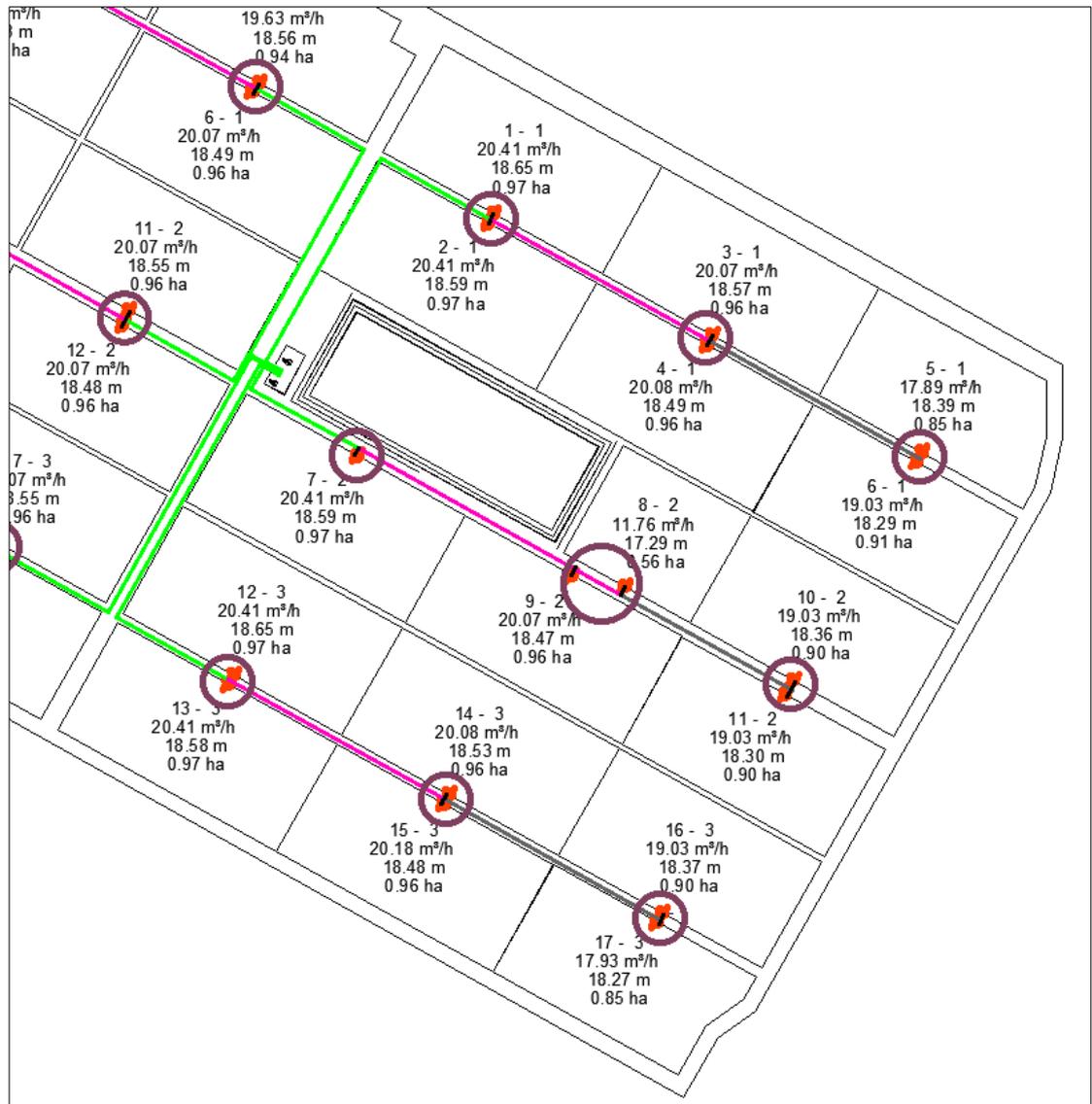


Figura 46: Cableado del equipo 2

Por cada turno se está considerando cuatro cables, tres para las válvulas agrupadas y uno que es el común.

La línea de color verde indica que se cuentan con cuatro cables que salen del centro de control, se deja un cable en el primer bloque de válvulas, de ese punto, la línea de color rosado contaría con tres cables, los cuales disminuyen a dos cuando se cablean el segundo par de válvulas y finalmente se llega la agrupación de válvulas con dos cables (color plomo).

#### 4.3.16. Equipo de fertilización

La fertirrigación es la aplicación de los fertilizantes disueltos en el agua de riego, de una forma continua o intermitente. Esta práctica se asocia con los sistemas de riego localizados de alta frecuencia. La fertirrigación comienza en el cabezal de riego, en donde son mezclados los fertilizantes e inyectados al sistema. Posteriormente, esta disolución es conducida por tuberías y depositada en el suelo, donde es absorbida por las plantas.

El objetivo principal de la fertirrigación es el aprovechamiento de agua del sistema de riego para transportar los elementos nutritivos que necesita la planta hasta donde se desarrollan las raíces, con lo cual se optimiza el uso del agua y los nutrientes.

El sistema de fertilización es controlado por la mesa Super Nutritec 9500 de RITEC, como se muestra en la siguiente figura:



Figura 47: Super nutritec 9500  
Fuente: RITEC (2020)

Cada uno de los equipos contará con una mesa que estará diseñada para inyectar y controlar los fertilizantes a aplicar en el cultivo, como se observa en la siguiente figura:



Figura 48: Instalación del super nutritec  
Fuente: RITEC (2020)

La mesa tiene la capacidad hasta para 20 programas de riego y fertilización independiente, con hasta nueve inicios distintos del programa, activación de riego por programación horaria, activación de riego por señales externas como una bandeja de demanda o sensor de radiación solar, riego por volumen, etc.

En cuanto a la inyección de fertilizantes se hace mediante inyector venturís, con una capacidad máxima de 1,200 lph por cada fertilizante y de 600 lph para el ácido que inyectan, aspirando la solución preparada de cada tanque de fertilizante.

Cada unidad de inyección incluye inyector Venturi, caudalímetro, válvula de regulación y electroválvulas de acción directa, pudiendo controlar el programador hasta nueve fertilizantes distintos, agitación de las soluciones contenidas en los depósitos de fertilizantes, control de alarmas, etc. También se está considerando los sensores de pH y CE.

Con respecto a los tanques, se instala un conjunto de tanques para fertilizantes que son de PE, tipo cónicos sin tapa, en total son 12 tanques de 3,000 litros

Por equipo tenemos (Figura 49):

- Cuatro tanques para fertilizantes.
- Uno para ácido.
- Uno para aportes especiales.



Figura 49: Tanques de fertilización  
Fuente: RITEC

Los tanques de fertilizantes y aportes especiales incluyen un sistema de electro agitador con reductor 0,33 HP de trabajo continuo y todos los accesorios necesarios para el llenado, salida de fertilizante, salida de ácido y accesorios para limpieza.



Figura 50: Electroagitador  
Fuente: RITEC (2020)

Cada uno de los depósitos de fertilizantes incluye un filtro de anillas de 2", en el caso del ácido uno de 3/4" especial para productos químicos, para asegurar el correcto funcionamiento del sistema de fertilización. Este tipo de agitador nos permite concentrar más fertilizante en los depósitos ya que es mucho más eficaz que la agitación por aire.

#### **4.3.17. Nivelación y Drenaje**

Con respecto a la nivelación del campo, hace un año se produjo una lluvia con una precipitación bastante alta que terminó por inundar el campo y se perdieron 8 ha, debido a que el terreno no contaba con la pendiente suficiente para drenar.

Como se habrá podido apreciar en el plano, el proyecto no cuenta con mucha pendiente, se cuenta con un metro de desnivel de esquina a esquina del campo. Podríamos decir que se trata de un campo prácticamente plano, lo cual nos genera serios problemas en época de lluvia, ya que el agua se terminaría empozando y más adelante inundaría completamente el campo, como ya ocurrió en otros fundos de la zona donde no se realizó el trabajo de nivelación.

Por lo tanto, a partir de esta experiencia, se decidió hacer un trabajo de nivelación en este campo, antes de comenzar la instalación de los equipos.

Se le ha proporcionado al proveedor de la nivelación los planos de los equipos lotizados, donde especialmente están marcados los caminos, ya que, como sabemos, el campo cuenta con caminos de 3 m donde se ubicarán los finales de línea y serán exclusivamente para el drenaje del campo.

El proveedor dividió el campo en nueve secciones para facilitar el movimiento de tierra, según se observa en la siguiente figura:

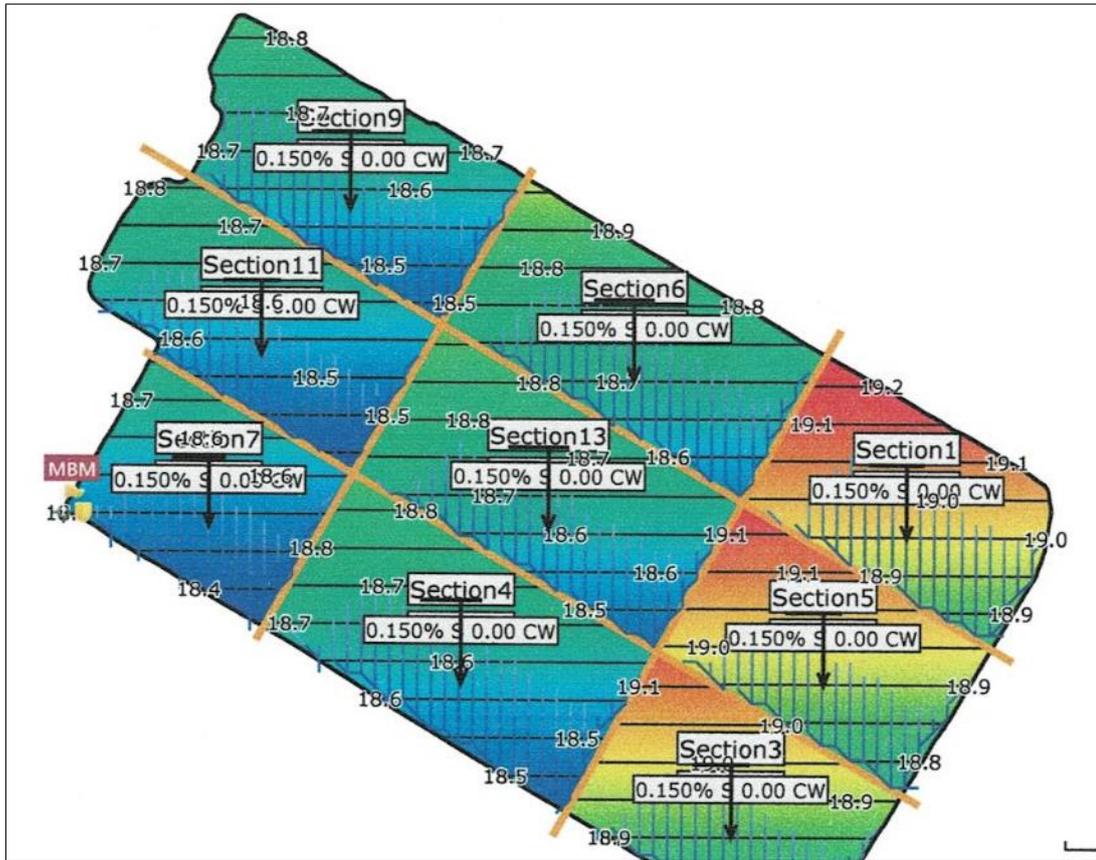


Figura 51: Nivelación del campo  
Fuente: Maquinaria agrícola Robledo S de RL de CV (2020)

En la tabla 26 se muestran los sectores a los que pertenecen cada sección:

Tabla 26: Secciones de nivelación

Sección	Sectores		Área ha
	Equipo 1	Equipo 2	
9	1,2,3,4		3.57
11	7,8,9,10		3.52
7	13,14,15,16		2.53
6	5,6	1,2,3,4	4.59
13	11,12	7,9	3.26
4	17,18	12,13,14,15	4.61
1		3,4,5,6	2.88
5		8,9,10,11	2.93
3		14,15,16,17	2.87

En el caso de los sectores 3, 4, 9, 14 y 15 del Equipo 2, estos fueron partidos a la mitad, con el fin de contar con un canal de 3 m de ancho para evacuación de agua de drenaje.

En la figura 52 se observan los canales de drenaje del campo y su área de influencia, en el caso del primer canal (color azul) descargarían las secciones 9, 11 y 7, para el segundo canal (color verde) corresponderían a las secciones 6, 13 y 4 y por último el canal de color naranja sería para las secciones 1, 5 y 3.

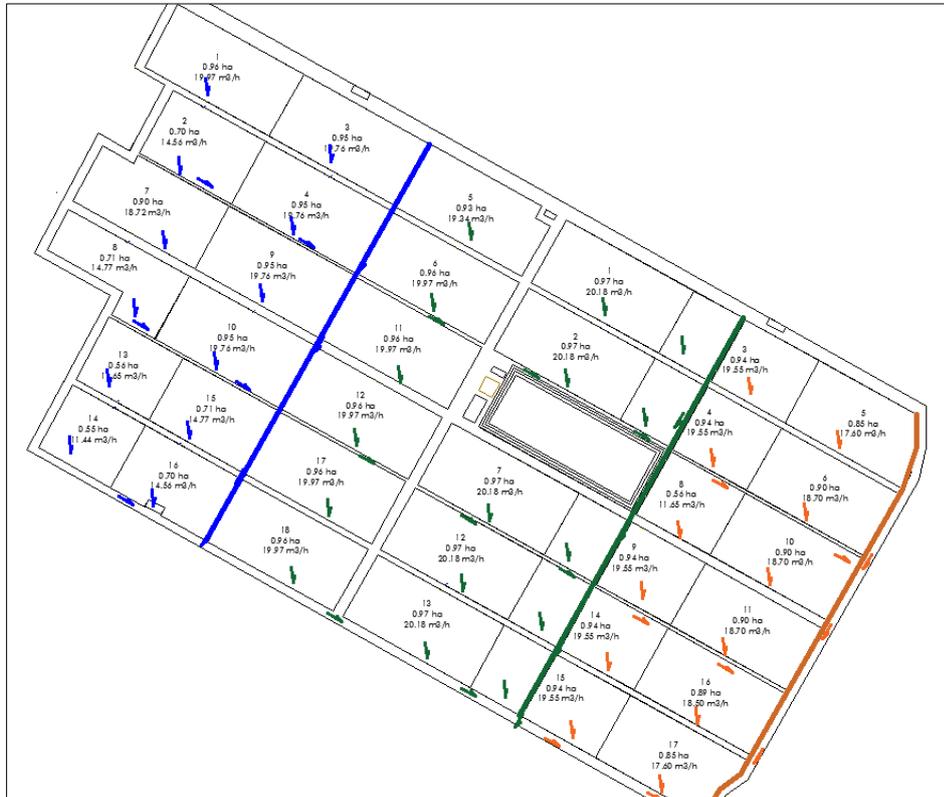


Figura 52: Canales de drenaje

Todos esos canales descargarían en un dren existente ubicado en la parte inferior del campo, a través de una tubería nueva.

Para el cálculo del diámetro de la tubería se tomó en cuenta el área de influencia y una precipitación de 15 mm/h, para el dimensionamiento del tubo se usó el programa H Canales, lo cual nos dio el siguiente resultado:

Tabla 27: Diámetro del pase del dren

Canal	Área tabla ha	pp mm/h	Caudal m3/seg	Caudal Hcanales m3/seg	Pendiente	Diámetro externo Pulg.
1	9.62	15.00	0.40	0.67	0.01	18"
2	12.46	15.00	0.52	1.02	0.01	24"
3	8.68	15.00	0.36	0.47	0.01	18"

#### 4.4.PRESUPUESTO

El monto del proyecto comprende la valorización completa de los equipos de riego, los rubros a tomar en cuenta son los siguientes:

- Línea de riego: Incluye las arañas armadas y la manguera.
- Válvulas de riego: Se refiere a los arcos de riegos, que incluye la válvula y los filtros de control.
- Tubería submatriz
- Tubería matriz: En este caso se cuentan con tres matrices por equipo.
- Equipo de bombeo: Incluye la bomba y el tablero.
- Cabezal de filtrado: Incluye el filtro, el manifold, la succión flotante, medidor de caudal, accesorios de conexión en la caseta.
- Sistema de fertilización: La mesa de fertilización y los tanques de almacenamiento.
- Automatización: Cableado de las válvulas en campo.

El costo del proyecto cuenta con un valor de USD 342,456.90, a razón de USD 11,125.96 por hectárea. Este valor puede variar dependiendo de las características del terreno y la sofisticación del equipo de riego.

En la tabla 28 se muestra los montos por ha por cada rubro mencionado.

Tabla 28: Monto del proyecto

<b>Rubro</b>	<b>Monto USD</b>	<b>Monto /ha USD</b>
<b>Línea de riego</b>	214,573.42	6,971.20
<b>Válvulas de riego</b>	15,979.74	519.16
<b>Submatriz</b>	6,238.34	202.67
<b>Matriz</b>	24,327.11	790.35
<b>Equipo de bombeo</b>	15,235.93	494.99
<b>Cabezal de filtrado</b>	19,314.85	627.51
<b>Sistema de fertilización</b>	38,869.63	1,262.82
<b>Automatización</b>	7,917.89	257.24
<b>Total</b>	<b>342,456.90</b>	<b>11,125.96</b>

Entre los resultados descritos, se puede observar un valor de \$ 6,971.20 por ha para la línea de riego, \$ 519.16 por ha por válvulas, \$ 202.67 por ha por submatriz, \$ 790.35 por tubería matriz, \$494.99 por equipo de bombeo, \$627.51 por cabezal, \$1,262.82 por fertilización y por último un valor de \$ 257.24 por ha por la automatización del campo.

El rubro con mayor monto es la línea de riego, que equivale al 62.66 % del total del proyecto, debido a que se está instalando manguera ciega con gotero botón con doble piqueta para las macetas. Si el cultivo fuese en suelo, este monto podría bajar hasta \$2,000 por ha.

El segundo rubro con mayor precio es la fertilización con un porcentaje de 11.35 %, ya que en este ítem se encuentran las mesas de fertilización del proyecto, las cuales tienen un monto elevado.

Los demás rubros no cuentan con un porcentaje mayor al 10%, por lo cual, si se desea bajar el monto del proyecto, se tendría que conseguir un descuento en la línea de riego.

## **V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES**

- Se realizó el diseño del sistema de riego por goteo para 30.78 ha netas de arándanos para el campo “Las Palmas”.
- Se planificó el proyecto en base a una lámina requerida de seis litros diarios por planta en máxima demanda, lo cual resultó en dos equipos de riego con tres turnos cada uno.
- El diseño hidráulico contribuyó al dimensionamiento de ambos equipos, tanto en campo como en el centro de control, de tal manera que se cuenta con un adecuado sistema de riego y fertilización.

### **5.2. RECOMENDACIONES**

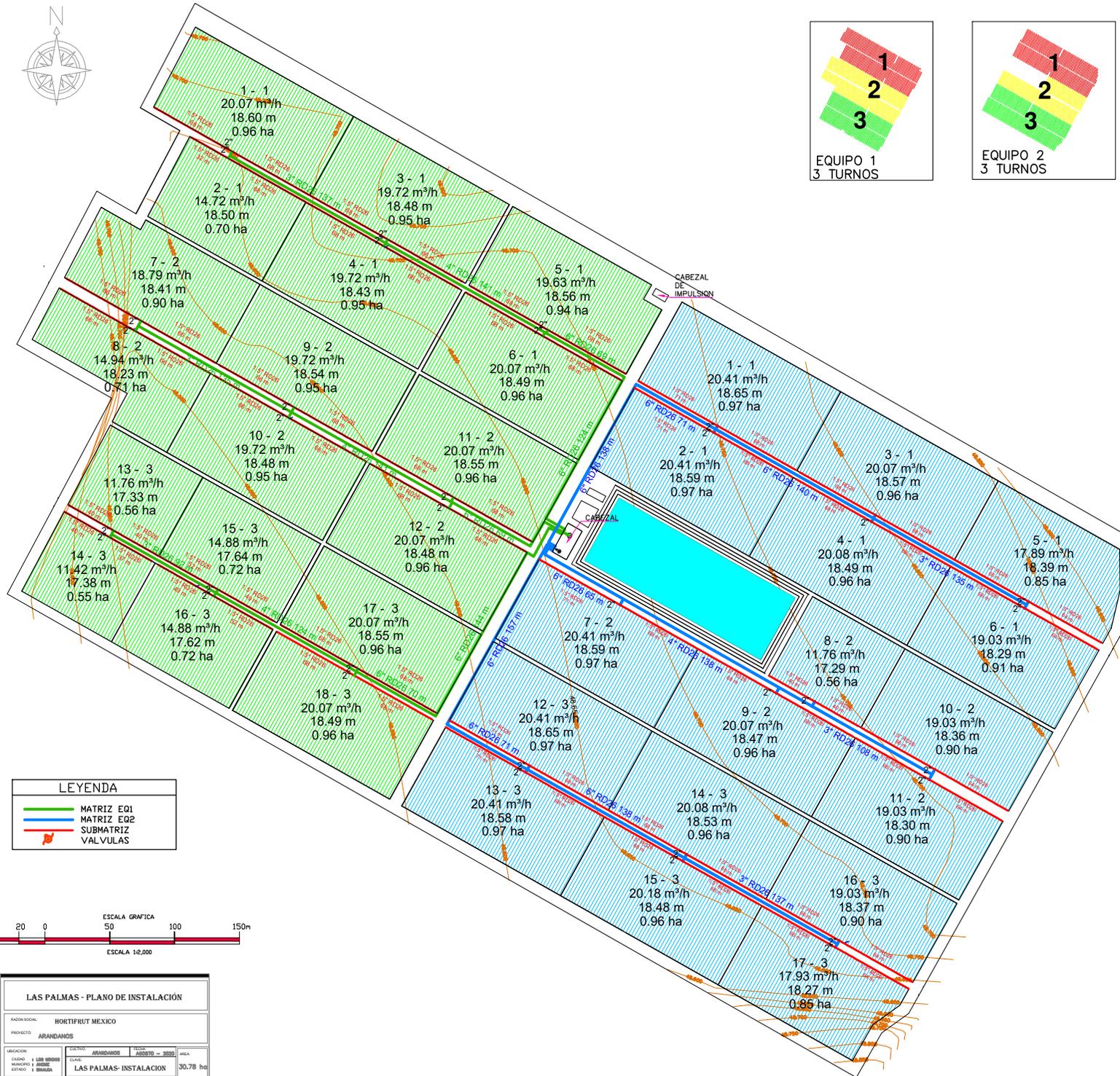
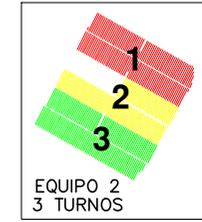
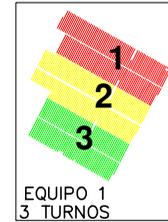
- Se recomienda que la base de datos que se use para el programa sea del mismo modelo, tipo o diámetro de lo que se instalara en campo, ya que esto nos ayuda a determinar los valores reales de pérdida de carga.
- Para planificar un equipo de arándanos, se debe tener en cuenta que se debe contar con una fertilización muy eficiente en el sistema, y esto se obtiene con equipos más pequeños, matrices con velocidades no menores a 1.7 m/s, válvulas doble cámara, contar con distancias cortas desde el cabezal hasta el turno más lejano, entre otros detalles que pueden influir en el tiempo de llegada del fertilizante a la válvula.
- Si un mismo centro de control cuenta con más de dos equipos de riego, se recomienda que sus componentes sean del mismo modelo y diámetro, inclusive contar con una interconexión después de filtros por si se cuenta con alguna eventualidad.
- Usar el medidor de caudal tipo Woltman en vez que tipo IR para un equipo de riego por pulsos, ya que no cuenta con errores de lectura al momento de tomar mediciones.
- Si el proyecto que se va a instalar se encuentra en zona donde existe la presencia de lluvias, se recomienda evaluar las pendientes del campo, a fin de determinar si es necesario realizar un trabajo de nivelación y drenaje en el proyecto.

## VI. REFERENCIAS

- AEI. (1993). Irricad user manual. Agricultural Engineering Institute, Lincoln University. Ed. Rev. Canterbury, New Zeland.
- Armoni, S. (1984). El riego por goteo. Tel Aviv – Israel. 99 p.
- Bralts, V.; Edwards, D. y Wu, I. (1987). Drip irrigation design and evaluation based on statistical uniformity concept. pp. 67-117.
- Bryla, D. y Strik, B. (2007). Effects of cultivar and plant spacing on the seasonal water requirements of highbush blueberry. Oregon - USA. 277 p.
- MINAGRI (Ministerio de agricultura y riego). (2016). El arándano en el Perú y el mundo – Producción, comercio y perspectivas 2016. Dirección General de Políticas Agrarias. 10 p.
- Pizarro, F. (1996). Riegos localizados de Alta Frecuencia (RLAF). Madrid, España: Mundi-Prensa. 513 p.
- Santos, L.; De Juan, J.; Picornell, M. y Tarjuelo, J. (2010). El riego y sus tecnologías. Centro regional de estudios del agua (CREA) y Universidad de Castilla- La Mancha (UCLM). España.87-224 pág.
- Villacorta Ríos, P. (2017). Diseño de un Sistema de riego por goteo para cultivo de vid y granada para el fundo Almudena en el distrito de Salas provincial y departamento de Ica. Lima, Perú. 43 p.
- Villavicencio Ruiz, G. (2017). Diseño del sistema de riego para el cultivo de arándano en la agrícola Cerro Pietro-Chiclayo. Lima, Perú. 129 p.

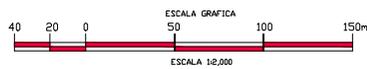
**ANEXO 1**

**PLANOS**

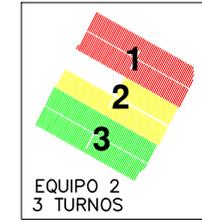
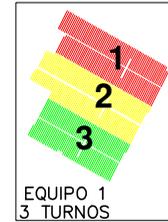


**LEYENDA**

	MATRIZ EQ1
	MATRIZ EQ2
	SUBMATRIZ
	VALVULAS



<b>LAS PALMAS - PLANO DE INSTALACION</b>			
RAZON SOCIAL: HORTIFRUIT MEXICO			
PROYECTO: ARANDANOS			
UBICACION:	ESTADO:	LOCALIDAD:	AREA:
QUILIM: LAS PALMAS	QUILIM: ARANDANOS	QUILIM: ARANDANOS	QUILIM: 30.78 ha
PROYECTO: LAS PALMAS - INSTALACION			

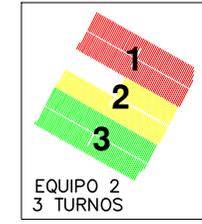
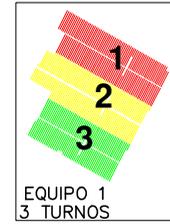


**LEYENDA**

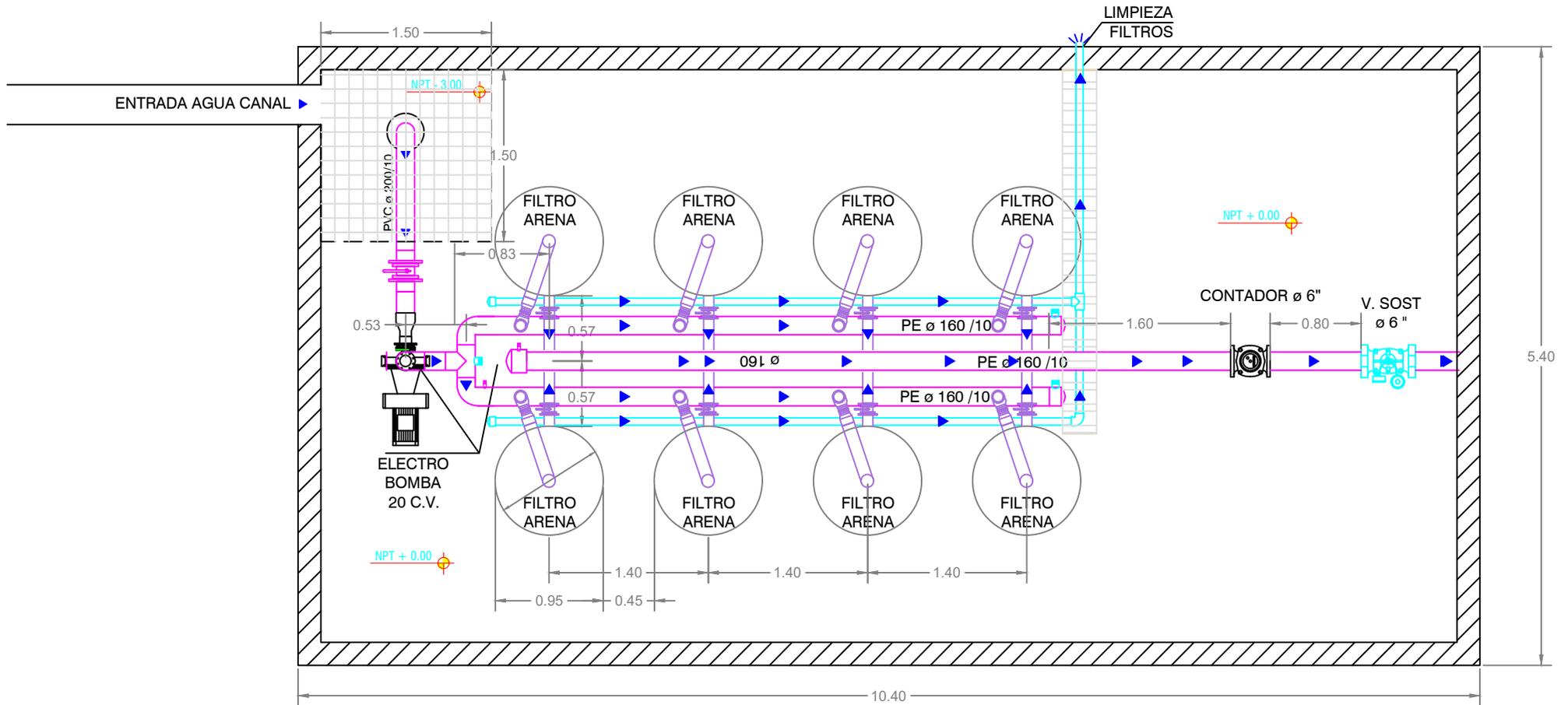
	M.E. 2 X 1,5 mm <sup>2</sup>
	M.E. 3 X 1,5 mm <sup>2</sup>
	M.E. 4 X 1,5 mm <sup>2</sup>
	VALVULAS



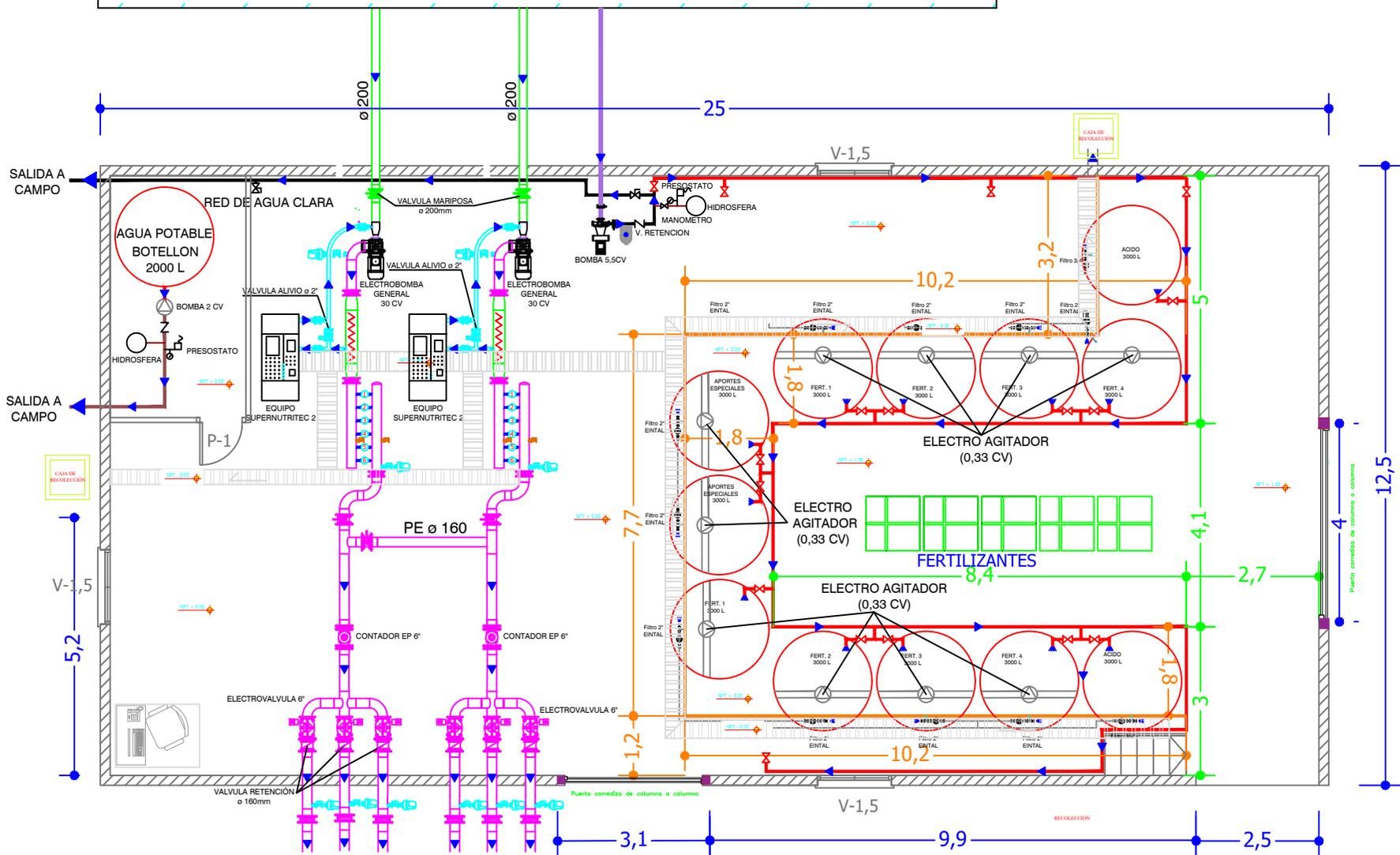
<b>LAS PALMAS - AUTOMATIZACION</b>			
RAZON SOCIAL: HORTIFRUIT MEXICO			
PROYECTO: ARANDANOS			
UBICACION:	PROYECTO: ARANDANOS	LOCALIDAD: JARDON DE LOS RIOS	AREA:
CLIENTE: LA PALMA MEXICO	PROYECTO: LAS PALMAS - AUTOMATIZACION	FECHA: 20/08/2010	AREA: 30,78 ha



<b>LAS PALMAS - IMPULSION</b>			
RAZON SOCIAL: HORTIFRUIT MEXICO			
PROYECTO: ARANDANOS			
UBICACION:	MUNICIPIO:	ESTADO:	AREA:
QUINTA 1 LAS PALMAS	MANAYO	QUERETARO	30.78 ha
LUGAR: LAS PALMAS - IMPULSION			



# RESERVORIO



**ANEXO 2**  
**REPORTES DEL IRRICAD**



Company :

Designer :

Client :

Design Date :

6/08/2020

Site :

Report Date:

15/08/2020 13:28:30

Notes :

Filename :

PALMAS EQ1.dez

Zone Name	Valve Description	Zone Flow (m3/h)	Zone Pressure (m)
1	Bermad 2" + Filtro	20.07	18.60
3	Bermad 2" + Filtro	19.72	18.48
5	Bermad 2" + Filtro	19.63	18.56
4	Bermad 2" + Filtro	19.72	18.43
2	Bermad 2" + Filtro	14.72	18.50
6	Bermad 2" + Filtro	20.07	18.49
7	Bermad 2" + Filtro	18.79	18.41
9	Bermad 2" + Filtro	19.72	18.54
11	Bermad 2" + Filtro	20.07	18.55
8	Bermad 2" + Filtro	14.94	18.23
10	Bermad 2" + Filtro	19.72	18.48
12	Bermad 2" + Filtro	20.07	18.48
13	Bermad 2" + Filtro	11.76	17.33
14	Bermad 2" + Filtro	11.42	17.38
15	Bermad 2" + Filtro	14.88	17.64
16	Bermad 2" + Filtro	14.88	17.62
17	Bermad 2" + Filtro	20.07	18.55
18	Bermad 2" + Filtro	20.07	18.49



Company :

Designer :

Client :

Design Date :

6/08/2020

Site :

Report Date:

15/08/2020 13:35:45

Notes :

Filename :

PALMAS EQ2.dez

Zone Name	Valve Description	Zone Flow (m3/h)	Zone Pressure (m)
1	Bermad 2" + Filtro	20.41	18.65
2	Bermad 2" + Filtro	20.41	18.59
3	Bermad 2" + Filtro	20.07	18.57
4	Bermad 2" + Filtro	20.08	18.49
5	Bermad 2" + Filtro	17.89	18.39
6	Bermad 2" + Filtro	19.03	18.29
7	Bermad 2" + Filtro	20.41	18.59
8	Bermad 2" + Filtro	11.76	17.29
9	Bermad 2" + Filtro	20.07	18.47
10	Bermad 2" + Filtro	19.03	18.36
11	Bermad 2" + Filtro	19.03	18.30
12	Bermad 2" + Filtro	20.41	18.65
13	Bermad 2" + Filtro	20.41	18.58
14	Bermad 2" + Filtro	20.08	18.53
15	Bermad 2" + Filtro	20.18	18.48
16	Bermad 2" + Filtro	19.03	18.37
17	Bermad 2" + Filtro	17.93	18.27



Compañía : Diseñador :  
 Cliente : Fecha de Diseño : 6/08/2020  
 Ubicación : Fecha de Reporte : 15/08/2020 13:31:09  
 Notas :

Archivo : PALMAS EQ1.dez

Turno 1

<u>Operación de Sectores</u>					
Sector	Coordenadas		Presión Disp	Pres Req	Caudal del
	( X )	( Y )	Aguas Arriba	Aguas Arriba	Sector
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m3/h)
1	727125.2	2846402.9	22.1	22.1	20.1
2	727122.3	2846397.7	22.1	21.3	14.7
3	727245.4	2846335.6	27.1	21.9	19.7
4	727242.5	2846330.3	27.1	21.9	19.7
5	727369.1	2846266.2	33.4	22.0	19.6
6	727365.2	2846261.5	33.4	22.0	20.1
<u>Suministro de Agua</u>					
Suministro de Agua	( X )	( Y )	Presión		Caudal
	(m)	(m)	(m)		(m3/h)
1	727385.6	2846109.0	47.2		-113.9

Turno 2

<u>Operación de Sectores</u>					
Sector	Coordenadas		Presión Disp	Pres Req	Caudal del
	( X )	( Y )	Aguas Arriba	Aguas Arriba	Sector
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m3/h)
7	727055.3	2846273.3	21.7	21.7	18.8
8	727050.9	2846265.4	21.8	21.1	14.9
9	727173.3	2846207.1	26.4	22.0	19.7
10	727168.9	2846199.3	26.4	21.9	19.7
11	727296.1	2846138.3	32.5	22.0	20.1
12	727292.7	2846129.9	32.5	22.0	20.1
<u>Suministro de Agua</u>					
Suministro de Agua	( X )	( Y )	Presión		Caudal
	(m)	(m)	(m)		(m3/h)
1	727385.6	2846109.0	44.6		-113.3



Turno 3

Sector	<u>Operación de Sectores</u>				
	Coordenadas		Presión Disp	Pres Req	Caudal del Sector
	( X )	( Y )	Aguas Arriba	Aguas Arriba	
(m)	(m)	(m)	(m)	(m3/h)	
13	727034.1	2846112.8	19.9	19.9	11.8
14	727031.0	2846107.7	19.9	19.9	11.4
15	727114.5	2846067.7	21.6	20.5	14.9
16	727111.5	2846062.5	21.5	20.5	14.9
17	727222.6	2846007.2	24.6	22.0	20.1
18	727219.7	2846001.9	24.5	22.0	20.1
Suministro de Agua	<u>Suministro de Agua</u>				
	( X )	( Y )	Presión		Caudal
(m)	(m)	(m)	(m)		(m3/h)
1	727385.6	2846109.0	37.6		-93.1



Company :

Designer :

Client :

Design Date :

6/08/2020

Site :

Report Date:

15/08/2020 13:49:02

Notes :

Filename : PALMAS EQ2.dez

## System Flow - 1

Zones Operating

Zone Name	(X,Y) (m)		Valve Pressure (m)	Required Pressure (m)	Flow (m3/h)
1	727500.3	2846192.7	28.3	22.2	20.4
2	727497.4	2846187.4	28.3	22.1	20.4
3	727622.6	2846124.1	27.2	22.1	20.1
4	727619.7	2846118.9	27.2	22.0	20.1
5	727740.0	2846058.3	21.6	21.6	17.9
6	727737.1	2846053.1	21.6	21.6	19.0

Water Supplies

Water Supply	(X,Y) (m)		Pressure (m)	Flow (m3/h)
1	727377.6	2846097.1	42.4	-117.9

## System Flow - 2

Zones Operating

Zone Name	(X,Y) (m)		Valve Pressure (m)	Required Pressure (m)	Flow (m3/h)
7	727423.9	2846056.3	32.6	22.1	20.4
8	727573.8	2845982.6	26.5	19.8	11.8
9	727544.3	2845988.9	27.1	22.0	20.1
10	727668.0	2845929.8	21.7	21.7	19.0
11	727663.6	2845922.0	21.7	21.7	19.0

Water Supplies

Water Supply	(X,Y) (m)		Pressure (m)	Flow (m3/h)
1	727377.6	2846097.1	43.6	-90.3



## System Flow - 3

Zones Operating

Zone Name	(X,Y) (m)		Valve Pressure (m)	Required Pressure (m)	Flow (m3/h)
12	727354.8	2845933.1	28.4	22.2	20.4
13	727351.8	2845927.8	28.4	22.1	20.4
14	727475.2	2845865.6	27.3	22.0	20.1
15	727472.2	2845860.4	27.3	22.0	20.2
16	727594.5	2845798.7	21.7	21.7	19.0
17	727591.6	2845793.5	21.7	21.5	17.9

Water Supplies

Water Supply	(X,Y) (m)		Pressure (m)	Flow (m3/h)
1	727377.6	2846097.1	42.6	-118.1

# System Duty Report

15/08/2020

Water Supply : 1

N°de Turno	Presión (m)	Caudal (m3/h)
Turno : 1	47.2	113.9
Turno : 2	44.6	113.3
Turno : 3	37.6	93.1

# System Duty Report

15/08/2020

Water Supply : 1

N°de Turno	Presión (m)	Caudal (m3/h)
Turno : 1	42.4	117.9
Turno : 2	43.6	90.3
Turno : 3	42.6	118.1



Compañía : Diseñador :  
Cliente : Fecha de Diseño : **6/08/2020**  
Ubicación : Fecha de Reporte : **08/15/20 13:29:37**  
Notas :

Archivo : **PALMAS EQ1.dez**

Bomba:

Turno	Succión	Presión (m)		Caudal (m3/h)
		Descarga	Dinámica Total	
1	-1.07	47.50	48.57	113.93
2	-1.07	47.60	48.67	113.30
3	-1.05	50.29	51.34	93.07



Compañía : Diseñador :  
Cliente : Fecha de Diseño : **6/08/2020**  
Ubicación : Fecha de Reporte : **08/15/20 13:47:16**  
Notas :

Archivo : **PALMAS EQ2.dez**

Bomba:

Turno	Succión	Presión (m)		Caudal (m3/h)
		Descarga	Dinámica Total	
1	-1.08	46.87	47.95	117.90
2	-1.05	50.59	51.64	90.31
3	-1.08	46.84	47.92	118.05



Compañía : Diseñador :  
 Cliente : Fecha de Diseño : 6/08/2020  
 Ubicación : Fecha de Reporte : 15/08/2020 13:30:17  
 Notas :

Archivo : PALMAS EQ1.dez

Turno 1

<u>Operación de Sectores</u>					
Sector	Coordenadas		Presión Disp	Pres Req	Caudal del
	( X )	( Y )	Aguas Arriba	Aguas Arriba	Sector
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m3/h)
1	727125.2	2846402.9	22.4	22.1	20.1
2	727122.3	2846397.7	22.4	21.3	14.7
3	727245.4	2846335.6	27.4	21.9	19.7
4	727242.5	2846330.3	27.4	21.9	19.7
5	727369.1	2846266.2	33.7	22.0	19.6
6	727365.2	2846261.5	33.7	22.0	20.1
<u>Suministro de Agua</u>					
Suministro de Agua	( X )	( Y )	Presión		Caudal
	(m)	(m)	(m)		(m3/h)
1	727385.6	2846109.0	-1.0		-113.9

Turno 2

<u>Operación de Sectores</u>					
Sector	Coordenadas		Presión Disp	Pres Req	Caudal del
	( X )	( Y )	Aguas Arriba	Aguas Arriba	Sector
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m3/h)
7	727055.3	2846273.3	24.7	21.7	18.8
8	727050.9	2846265.4	24.7	21.1	14.9
9	727173.3	2846207.1	29.4	22.0	19.7
10	727168.9	2846199.3	29.4	21.9	19.7
11	727296.1	2846138.3	35.5	22.0	20.1
12	727292.7	2846129.9	35.5	22.0	20.1
<u>Suministro de Agua</u>					
Suministro de Agua	( X )	( Y )	Presión		Caudal
	(m)	(m)	(m)		(m3/h)
1	727385.6	2846109.0	-1.0		-113.3



Turno 3

Sector	<u>Operación de Sectores</u>				
	Coordenadas		Presión Disp Aguas Arriba (m)	Pres Req Aguas Arriba (m)	Caudal del Sector (m3/h)
	( X ) (m)	( Y ) (m)			
13	727034.1	2846112.8	32.6	19.9	11.8
14	727031.0	2846107.7	32.6	19.9	11.4
15	727114.5	2846067.7	34.3	20.5	14.9
16	727111.5	2846062.5	34.2	20.5	14.9
17	727222.6	2846007.2	37.2	22.0	20.1
18	727219.7	2846001.9	37.2	22.0	20.1
Suministro de Agua	<u>Suministro de Agua</u>				
	( X ) (m)	( Y ) (m)	Presión (m)		Caudal (m3/h)
1	727385.6	2846109.0	-1.0		-93.1



Compañía : Diseñador :  
 Cliente : Fecha de Diseño : 6/08/2020  
 Ubicación : Fecha de Reporte : 15/08/2020 13:47:48  
 Notas :

Archivo : PALMAS EQ2.dez

Turno 1

<u>Operación de Sectores</u>					
Sector	Coordenadas		Presión Disp	Pres Req	Caudal del
	( X )	( Y )	Aguas Arriba	Aguas Arriba	Sector
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m3/h)
1	727500.3	2846192.7	32.7	22.2	20.4
2	727497.4	2846187.4	32.7	22.1	20.4
3	727622.6	2846124.1	31.6	22.1	20.1
4	727619.7	2846118.9	31.6	22.0	20.1
5	727740.0	2846058.3	26.1	21.6	17.9
6	727737.1	2846053.1	26.1	21.6	19.0
<u>Suministro de Agua</u>					
Suministro de Agua	( X )	( Y )	Presión		Caudal
	(m)	(m)	(m)		(m3/h)
1	727377.6	2846097.1	-1.0		-117.9

Turno 2

<u>Operación de Sectores</u>					
Sector	Coordenadas		Presión Disp	Pres Req	Caudal del
	( X )	( Y )	Aguas Arriba	Aguas Arriba	Sector
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m3/h)
7	727423.9	2846056.3	39.5	22.1	20.4
8	727573.8	2845982.6	33.3	19.8	11.8
9	727544.3	2845988.9	34.0	22.0	20.1
10	727668.0	2845929.8	28.7	21.7	19.0
11	727663.6	2845922.0	28.7	21.7	19.0
<u>Suministro de Agua</u>					
Suministro de Agua	( X )	( Y )	Presión		Caudal
	(m)	(m)	(m)		(m3/h)
1	727377.6	2846097.1	-1.0		-90.3



Turno 3

Sector	<u>Operación de Sectores</u>				Caudal del Sector (m3/h)
	Coordenadas		Presión Disp Aguas Arriba (m)	Pres Req Aguas Arriba (m)	
	( X ) (m)	( Y ) (m)			
12	727354.8	2845933.1	32.6	22.2	20.4
13	727351.8	2845927.8	32.6	22.1	20.4
14	727475.2	2845865.6	31.6	22.0	20.1
15	727472.2	2845860.4	31.6	22.0	20.2
16	727594.5	2845798.7	25.9	21.7	19.0
17	727591.6	2845793.5	25.9	21.5	17.9
Suministro de Agua	<u>Suministro de Agua</u>				Caudal (m3/h)
	( X ) (m)	( Y ) (m)	Presión (m)		
1	727377.6	2846097.1	-1.0		-118.1

**ANEXO 3**  
**FICHAS TECNICAS**



## GOTERO PCJ HCNL

GOTERO COMPACTO EN LÍNEA AUTOCOMPENSADO

### APLICACIONES

- Invernaderos, viveros, cítricos, huertos, caducifolios y riego de árboles.

### ESPECIFICACIONES

- Rango de presión de trabajo: de 1.5 a 4.0 bar.
- Laberinto TurboNet™ con amplios pasos de agua.
- 5 caudales diferentes.
- 3 salidas diferentes: cilíndrica, dentada de 3 mm de DI y dentada de 4 mm de DI.
- Para "insertarse" dentro de las tuberías de pared gruesa (0.9, 1.0 y 1.2 mm.)
- Goteo inyectado, muy bajo CV.
- Diagrama de silicón inyectado.
- El goteo en línea PCJ HCNL, cumple con las normas del ISO 9261 y la producción está certificada por el Instituto de Normas de Israel (SII)

### CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS

- El laberinto TurboNet™ asegura amplios pasos de agua, su ancha, profunda y amplia sección mejora la resistencia a la obstrucción.
- El sistema PC, es un sistema con diferencial de presión patentado, mantiene un caudal uniforme a diferente de presión de trabajo de entrada. (dentro del rango de presión de trabajo) asegurando una distribución exacta de agua y nutrientes.
- Sistema de auto-lavado continuo, resistencia a la obstrucción mejorada.
- El goteo se puede colocar exactamente donde se desee.
- El número de goteros puede aumentarse para incrementar la cantidad de suministro de agua destinada para cumplir el rango requerido de crecimiento de árboles.
- Permite la instalación del "montaje araña", dividiendo el suministro de gotas en un número de salidas de gotas.
- El sistema antidrenante PCJ HCNL para un eficiente riego por pulsos, previene el desagüe de agua y elimina las necesidades de rellenado.

### DATOS TÉCNICOS DE LOS GOTEROS

CAUDAL NOMINAL (L/H.)	RANGO DE PRESIÓN DE TRABAJO (BAR)	DIMENSIONES DE PASOS DE AGUA GROSOR-PROFUNDIDAD-LONGITUD (MM X MM X MM)	ÁREA DE FILTRACIÓN (MM²)	CONSTANTE K	EXPONENTE* X	PRESIÓN DE CIERRE (BAR)	CÓDIGO DE COLOR DE LA BASE	CÓDIGO DE COLOR DE LA TAPA
0.5	1.5 – 4.0	0.54 x 0.60 x 40	1.8	0.5	0	0.18	Amarillo claro	Negro
1.2	1.5 – 4.0	0.67 x 0.77 x 35	2.0	1.2	0	0.18	Café claro	Negro
2.0	1.5 – 4.0	1.03 x 0.75 x 35	2.0	2.0	0	0.18	Rosa	Negro
3.0	1.5 – 4.0	1.03 x 1.08 x 35	2.0	3.0	0	0.18	Azul claro	Negro
4.0	1.5 – 4.0	1.32 x 0.95 x 35	2.0	4.0	0	0.18	Gris claro	Negro

\*Dentro del rango de presión

# GOTERO PCJ HCNL

## DATOS DE DESEMPEÑO

Gotero PCJ HCNL - Tubería de polietileno de 16/2.5 - D.I. 13.60 mm. - Presión de entrada 3.0 bar - Kd 0.39  
Máxima longitud de laterales (metros)

CAUDAL (L/H.)	ESPACIAMIENTO ENTRE GOTEROS (M.)						
	0.25	0.5	0.75	1.0	1.5	3.0	5.0
0.5	250	424	568	694	915	1,449	2,020
1.2	142	241	323	396	522	828	1,160
2.0	102	174	233	285	377	600	835
3.0	78	134	180	220	291	462	645
4.0	65	111	149	183	243	387	540

\*Calculado en un área plana \*\*Mínima presión considerada : 1.5 bar

Gotero PCJ HCNL - Tubería de polietileno de 20/2.5 - D.I. 17.40 mm. - Presión de entrada 3.0 bar - Kd 0.13  
Máxima longitud de laterales (metros)

CAUDAL (L/H.)	ESPACIAMIENTO ENTRE GOTEROS (M.)						
	0.25	0.5	0.75	1.0	1.5	3.0	5.0
0.5	419	684	900	1,091	1,425	2,235	3,105
1.2	238	390	514	623	815	1,281	1,780
2.0	171	281	371	450	588	924	1,285
3.0	132	217	286	347	455	714	995
4.0	110	180	238	289	378	594	830

\*Calculado en un área plana \*\*Mínima presión considerada : 1.5 bar

Gotero PCJ HCNL - Tubería de polietileno de 25/2.5 - D.I. 22.20 mm. - Presión de entrada 3.0 bar - Kd 0.10  
Máxima longitud de laterales (metros)

CAUDAL (L/H.)	ESPACIAMIENTO ENTRE GOTEROS (M.)						
	0.25	0.5	0.75	1.0	1.5	3.0	5.0
0.5	636	1039	1,369	1,659	2,168	3,402	4,725
1.2	362	593	782	948	1,239	1,947	2,705
2.0	260	427	563	684	894	1,404	1,955
3.0	200	329	435	528	690	1,086	1,510
4.0	166	274	362	439	575	903	1,260

\*Calculado en un área plana \*\*Mínima presión considerada : 1.5 bar

Para mayor información , por favor contactar al Departamento Técnico de Netafim o conectarse a nuestro sitio web: [www.netafim-latinamerica.com](http://www.netafim-latinamerica.com)

## DATOS DE EMPAQUE

FOTOGRAFÍA DEL GOTERO	MODELO DEL GOTERO	CAUDAL (L/H.)	NÚMERO DE CATÁLOGO	CANTIDAD/CAJA (UNIDADES)	DIMENSIONES DE LA CAJA (CM.X CM.X CM.)	PESO DE LA CAJA (KG.)
	Gotero PCJ-HCNL con salida dentada de 3 mm.	0.5	21520-003870	13,000	56 x 28 x 27	14.3
		1.2	21520-004100			
		2.0	21520-004400			
		3.0	21520-004700			
		4.0	21520-005000			
	Gotero PCJ-HCNL con salida dentada de 4 mm.	0.5	21520-003900	13,000	56 x 28 x 27	14.3
		1.2	21520-004220			
		2.0	21520-004500			
		3.0	21520-004800			
	Gotero PCJ-HCNL con salida cilíndrica	0.5	21520-003850	13,000	56 x 28 x 27	14.3
		1.2	21520-004000			
		2.0	21520-004300			
		3.0	21520-004600			
		4.0	21520-004900			



# Válvula de control hidráulica de cámara doble

## IR-100-DC

El modelo IR-100-DC de BERMAD es una válvula de control de cámara doble en forma de globo, de operación hidráulica y accionada por diafragma, que se ofrece en diseño oblicuo estándar (Y) o angular.

La válvula está constituida por dos componentes principales: el conjunto del cuerpo y el actuador. El conjunto del actuador es una pieza integral que se desmonta del cuerpo en una sola unidad. Consta de una cámara de control superior y una inferior. Cada válvula básica puede configurarse fácilmente, en el sitio, como válvula de cámara única (Modelo 105), o de cámara doble (Modelo 100). El subconjunto del eje, con guía central, proporciona un área del asiento sin obstrucciones.

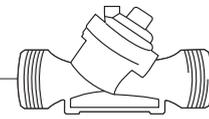
El funcionamiento de la válvula modelo 100 de cámara doble no depende de la presión diferencial en la válvula. Esta desarrolla la máxima potencia y asegura así una reacción inmediata.



### Características y ventajas

- Válvula de control hidráulica
  - Accionada por la presión en la línea
  - Abarca toda la gama de aplicaciones de riego
- Cámara doble
  - Apertura y cierre totalmente propulsados
  - Reducida pérdida de presión
  - Operación silenciosa
  - Prevención del golpe de ariete al cierre (non-slam)
  - Diafragma protegido
- Válvula de plástico con diseño de grado industrial
- Cuerpo en forma de 'Y' con pasaje sin interferencias (Look Through)
  - Capacidad de flujo ultra-elevada - Baja pérdida de carga
- Cómoda para el usuario
  - Fácil inspección y mantenimiento en línea



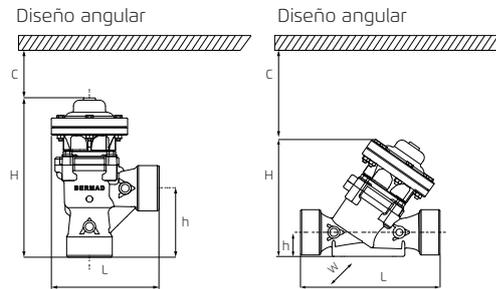


### Especificaciones técnicas

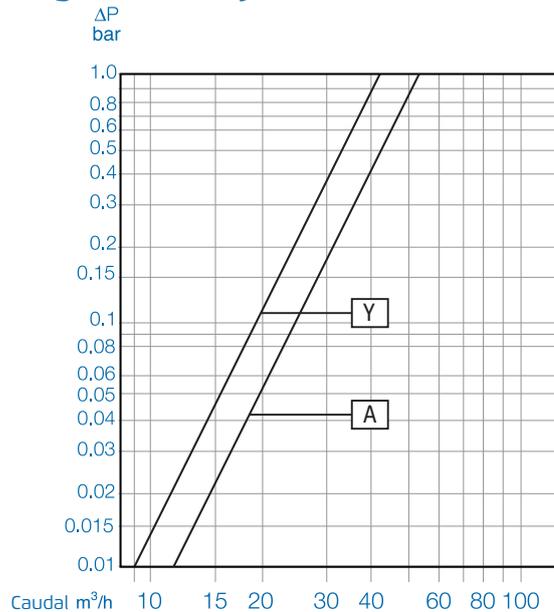
#### Dimensiones y pesos

		Cámara doble			Cámara única		
		A	Y	50	A	Y	50
<b>Tamaño</b>	DN	50	40	50	50	40	50
	pulg.	2	1½	2	2	1½	2
<b>L</b>	mm	178	200	200	178	200	200
	pulg.	7.0	7.9	9.1	7.0	7.9	9.1
<b>H</b>	mm	267	196	196	216	156	156
	pulg.	10.5	7.7	7.7	8.5	6.1	6.1
<b>w</b>	mm	126	126	126	126	126	126
	pulg.	5	5	5	5	5	5
<b>h</b>	mm	112	40	40	112	40	40
	pulg.	4.4	1.6	1.6	4.4	1.6	1.6
<b>Peso</b>	Kg	1.7	1.7	1.7	1.2	1.2	1.2
	lb	3.8	3.8	3.8	2.7	2.7	2.7

Nota: C = Mitad de H



### Diagrama de flujo



		A	Y	
<b>Tamaño</b>	DN	50	40	50
	pulg.	2	1½	2
<b>Coefficiente de caudal</b>	KV	52	42	42
	CV	60	49	49
<b>CCDV</b>	Litros	0.13	0.13	0.13
	Galones	0.03	0.03	0.03

VDCC = Volumen de descarga (desplazamiento) en la cámara de control

$$\text{Coefficiente de caudal de la válvula, Kv o Cv} \quad \Delta P = \left(\frac{Q}{Kv}\right)^2; \quad \Delta P = \left(\frac{Q}{Cv}\right)^2$$

Donde:

Kv = Coeficiente de caudal de la válvula  
(flujo en m³/h a 1 bar de presión diferencial)

Cv = Coeficiente de caudal de la válvula  
(flujo en gpm a 1 psi de presión diferencial)

Caudal (m³/h; gpm)

Δp = Presión diferencial (bar; psi)

$$Cv = 1.155 Kv$$

### Datos técnicos

Tamaños y formas disponibles: "Y" DN40; 1 ½" y DN50; 2"  
angular DN50; 2"

Conexiones: Rosca BSP o NPT

Presión nominal: 10 bar; 145 psi

Presiones de trabajo: 0.5-10 bar; 7-145 psi

Temperaturas: Agua hasta 50°C; 82°F

### Materiales estándar:

Cuerpo: Nylon reforzado con fibra de vidrio

Actuador: Plástico y acero inoxidable

Diafragma: Nylon reforzado y caucho natural

Juntas (selladuras): NBR

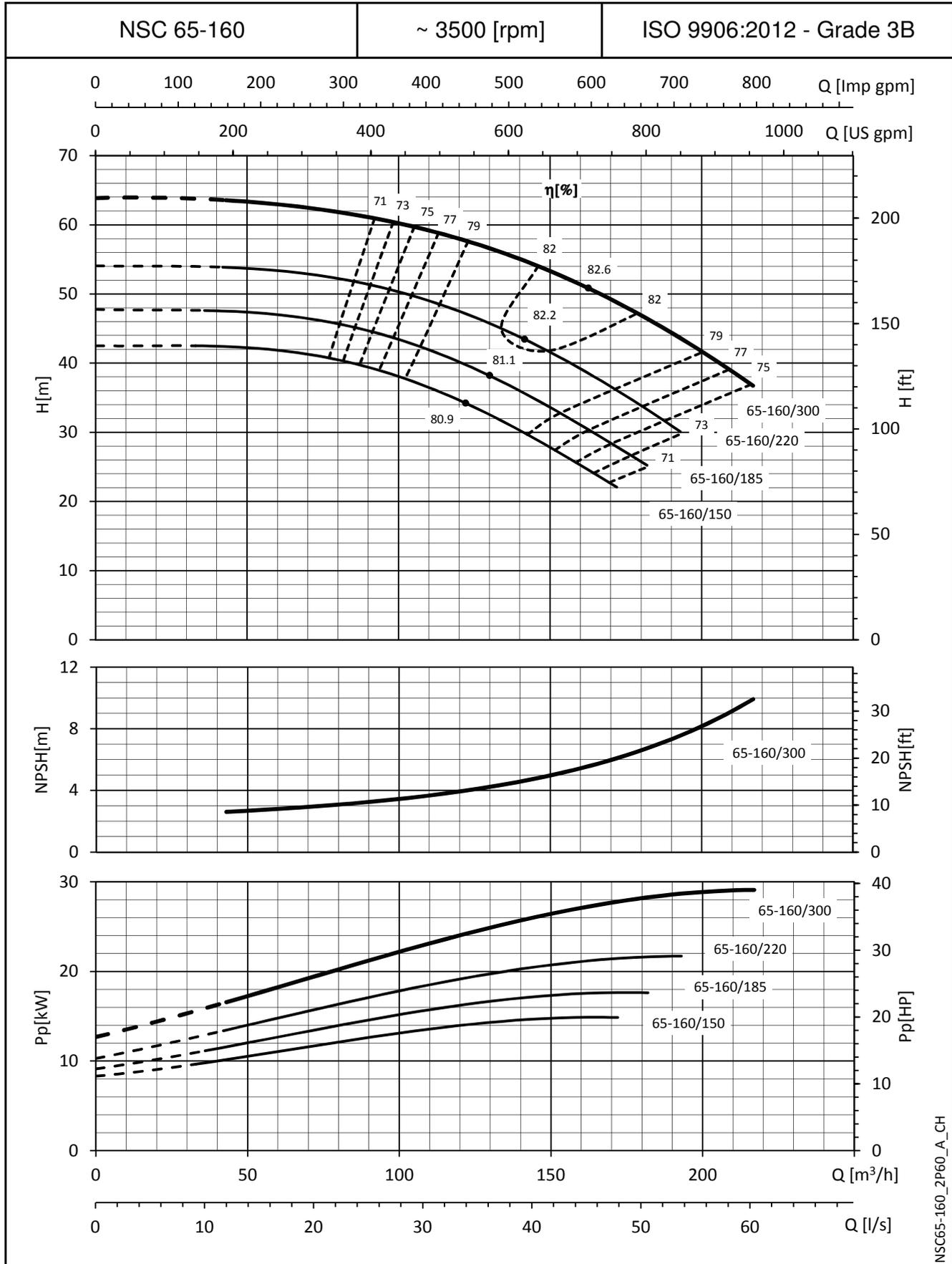
Resorte (muelle): Acero inoxidable

Tornillos de la tapa: Acero inoxidable



**e-NSC SERIES**

**OPERATING CHARACTERISTICS AT 60 Hz, 2 POLES**



NSC65-160\_2P60\_A\_CH

The NPSH values are laboratory values; for practical use we suggest increasing these values by 0,5 m.  
 These performances are valid for liquids with density  $\rho = 1,0 \text{ Kg/dm}^3$  and kinematic viscosity  $\nu = 1 \text{ mm}^2/\text{sec}$ .



Customer	Date	16/09/2019
Contact	Proyecto	
Phone number	Nº proyecto	
Email		

## NSCE 65-160/220/P26PCC4

### 101850630

#### Características de funcionamiento

Tipo inst.	Altura de bomba con un solo rodete	Fluido	Agua, limpia
Nº de bombas / Reserva	1 / 0	Temperatura de funcionamiento t A	°C 4
Flujo nominal	m³/h 120	Valor pH a t A	7
Cabezal nominal	m 45	Densidad a t A	kg/dm³ 1
Altura estática	m 0	Viscosidad cinemática a t A	mm²/s 1,569
V	bar 0,098	Presión de vapor en t A	bar 0,0083
Temperatura ambiente	°C 20	Solidos	0
NPSH disponible	m 0	Altura	m 1000

#### Datos bomba

Marca	Lowara	Nominal	m³/h 122,7 ( 122,7 )
Velocidad	1/min 3500	Max-	m³/h 193
Número de fase	1	Min-	m³/h 42
Maxima presión en la carcasa	bar	Nominal	m 47,1
Max. Presión de trabajo	bar 5,4	Altura de impulsión Qmax	m 30,1
Altura H(Q=0)	m 54	en Qmin	m 53,9
Peso	kg	Potencia en el eje	kW 19,3 ( 19,3 )
	Máx. mm 168	Potencia del eje motor máxima	kW 21,7
Impeller R	Diseñado mm 168	Rendimiento	% 81,02
	Mín. mm 151	NPSH 3%	m
Boquilla de aspiración	DN 80 PN 16 EN1092-2 (NSC-LNE)	Boquilla de descarga	DN 65 PN 16 EN1092-2 (NSC-LNE)

#### Bomba Materiales

Volute casing	Fundición
Casing cover	Fundición
Impulsor	Fundición
Eje	Acero inox
anillo de desgaste	Acero inox
Impeller lock nut and washer	Acero inox
Impeller key	Acero inox
Fill and drain plugs	Acero inox

#### Cierre mecánico

Unbalanced mechanical seal	
eMG12 (-25 / +90 °C)	Burgmann
Rotating Assembly	Resin impregnated carbon
Fixed Assembly	Silicon Carbide
Elastomers	EPDM
Springs	AISI 316
Other Components	AISI 316

#### Datos del motor

Fabricante	Lowara	Tensión eléctrica	220 V
Ejecución	IE3 Three phase surface motor		
Tipo	PLM160B34S3/3220 E3 [6P] = 220-230/380-400V		
Pot. Nominal.	22 kW	Corriente eléctrica	71,1 A
Velocidad	3560 1/min	Grado de protección IP	55
Tamaño de construcción		Weight	0 kg
Diámetro del eje	0 mm	Color	RAL 5010
Clase de aislamiento			

#### Coupling

Fabricante	
Series	
Tipo	
Tamaño de construcción	
Longitud de desmontaje	
Weight	
Protección del acoplamiento	

#### Base plate

## Baterías de Filtros de Anillas COMPACT

Las baterías COMPACT son sistemas modulares de filtración formados por conjuntos de filtros de discos dotados de limpieza automática.

Su disposición sobre colectores de acero con conexión Victaulic en configuración modular, permite dimensionar la estación de filtrado según los requerimientos específicos de caudal y calidad del agua.

El especial diseño de los discos EIN-TAL, no ranurados, permite realizar la limpieza de los mismos por retrolavado, lo que, además de garantizar una mejor limpieza de los discos, confiere al sistema una gran fiabilidad, al no existir partes móviles en los filtros y posibilita su utilización en redes a muy baja presión.

Las anilla EIN-TAL ofrecen, gracias a su especial diseño, grados de filtración desde 500 a 5 micras. Están fabricadas con plásticos de última generación, resistentes a la mayoría de los productos químicos utilizados generalmente en tratamiento de aguas y agricultura.

### Funcionamiento

Las baterías COMPACT realizan la separación de sólidos en suspensión en el agua al atravesar esta el elemento de discos filtrantes. Las partículas son retenidas en las cavidades previas a la retícula de filtración.

Cuando se realiza la inversión del sentido del flujo, el agua filtrada arrastra con facilidad estas partículas hacia el exterior a través del drenaje de la válvula de retrolavado.



Dentro de la batería, cada filtro está controlado por una válvula de retrolavado independiente, y ésta a su vez es comandada por un programador configurable por tiempo o por volumen que recibe la lectura de presiones de un presostato diferencial ajustable conectado hidráulicamente entre la entrada y la salida de la batería.



CABEZAL CONTRALAVADO AUTOMÁTICO ANILLAS AZUD "W"



AZUD HELIX SYSTEM 130 micron	Caudal máximo	Superficie filtrado	
		Discos	Malla
2N"	30 m <sup>3</sup> /h 132 gpm	1.198 cm <sup>2</sup> 186 in <sup>2</sup>	815 cm <sup>2</sup> 126 in <sup>2</sup>
2S"	30 m <sup>3</sup> /h 132 gpm	1.699 cm <sup>2</sup> 263 in <sup>2</sup>	1.087 cm <sup>2</sup> 169 in <sup>2</sup>
3N"	50 m <sup>3</sup> /h 220 gpm	1.699 cm <sup>2</sup> 263 in <sup>2</sup>	1.087 cm <sup>2</sup> 169 in <sup>2</sup>

#### MATERIALES FILTRO AZUD HELIX SYSTEM

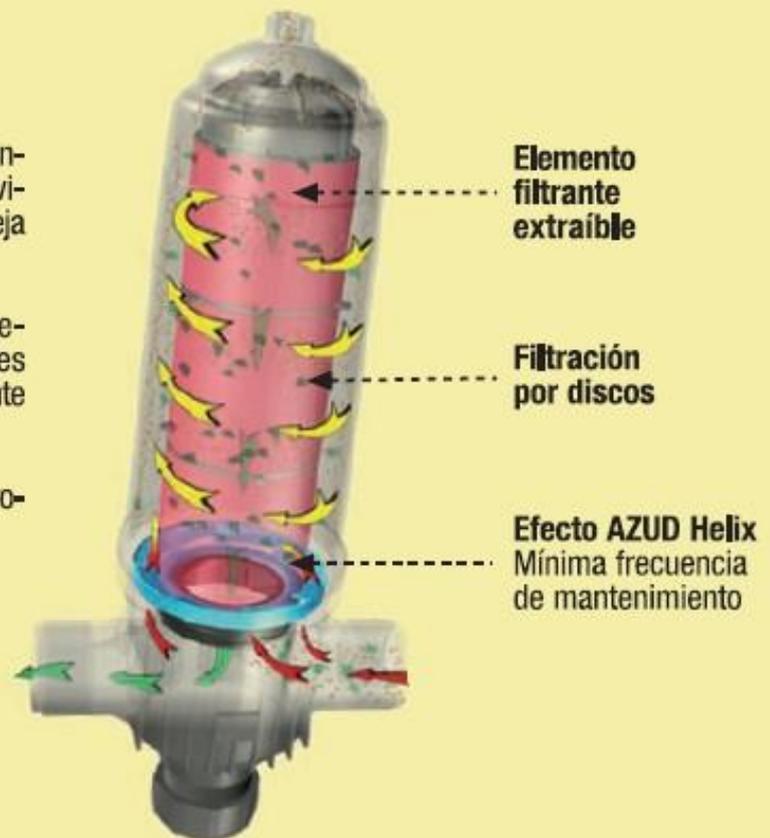
Carcasa Filtro	Poliámidas Reforzadas con Fibra de Vidrio
Elemento filtrante	Discos ranurados Polipropileno Malla Acero inoxidable AISI 316
Sistema de cierre	Acero inoxidable
Elementos de sellado	NBR

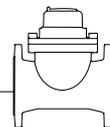
## TECNOLOGÍA

El agua al entrar en el filtro se encuentra con la Hélice originando un movimiento helicoidal y centrífugo que aleja las partículas de los discos.

Esto se traduce en una menor frecuencia e intensidad de las labores de mantenimiento, con el consiguiente ahorro de agua.

A través de los discos se realiza el proceso de filtración en profundidad.





# Turbo-Bar Serie de medidores

Altamente robustos y diseñados para operar con caudales elevados, los medidores (contadores) Turbo-Bar- E/M de accionamiento magnético con registrador electrónico (Turbo- Bar-E) o registrador magnético (Turbo-Bar-M), abarcan un amplio rango de caudales y son particularmente adecuados para usos industriales y sistemas de abastecimiento, distribución y monitoreo de agua, además de aplicaciones de riego. Basados en el principio Woltman, por el cual las aspas helicoidales de una turbina giran sobre un eje paralelo a la dirección del flujo, los contadores Turbo-Bar-E/M son productos duraderos y fáciles de mantener con bajo costo.

## Turbo-Bar-E

### Contador Woltman con registrador electrónico

#### Características y ventajas

- Pantalla digital (LCD, 4-8 dígitos) de caudal y volumen
- Mejora electrónicamente la sensibilidad del medidor
- Reduce el reflujo de volúmenes acumulados
- Unidades de medición y frecuencias de pulsos programables
- Vida útil de la batería – 10 años
- Opción integrada de 2 salidas de pulsos
- Se adapta fácilmente a cualquier medidor estándar
- Registro herméticamente sellado Seco, IP68; NEMA 6P



## Turbo-Bar-M

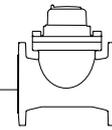
### Contador Woltman con registrador magnético

#### Características y ventajas

- Transmisión magnética
- Registro herméticamente sellado Seco, IP68; NEMA 6P
- El sensor con interruptor de lengüeta (reed switch) permite optar por una o dos salidas de pulsos
- Mantenimiento sencillo
- Aprobación ID 2004/22/EEC, de conformidad con OIML R49, EN14154 (tamaños 40 - 300 mm).



APROBACIÓN  
MID

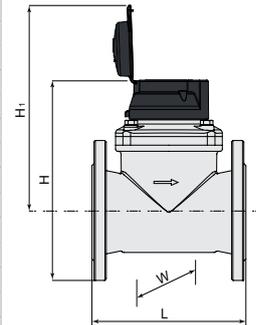


### Datos técnicos

- **Cuerpo y tapa:** Hierro dúctil
- **Revestimiento:** Poliéster azul
- **Conexiones - Brida:** ISO PN16, ANSI Clase 150
- **Presión nominal:** ISO PN16
- **Temperatura de trabajo:** agua hasta 50°C; 122°F

### Dimensiones y pesos

	Unidad	DN40	DN50	DN65	DN80	DN100	DN125	DN150	DN200	DN250	DN300	DN400	DN500
		1½"	2"(*)	2½"	3"	4"	5"	6"	8"	10"	12"	16"	20"
L, largo	mm	260	200	200	225	250	250	300	350	450	500	500	500
	pulg.	10.24	12.20	7.87	8.86	9.84	9.84	11.81	13.78	17.72	19.69	19.69	19.69
H, altura	mm	268	252	262	272	281	295	343	370	489	511	646	742
	pulg.	10.55	9.72	10.31	10.71	11.06	11.61	13.50	14.57	19.25	20.12	25.43	29.21
H1, altura	mm	343	350	360	370	379	393	441	468	587	609	744	840
	pulg.	13.50	13.58	14.17	14.57	14.92	15.47	17.36	18.43	23.11	23.98	29.29	33.07
h, tipo de brida	mm	68	75	85	95	104	118	135	162	194	216	304	355
	pulg.	2.68	2.76	3.35	3.74	4.09	4.65	5.31	6.38	7.64	8.50	11.97	13.98
h, tipo Victaulic	mm	-	-	-	56	60	71	95	-	-	-	-	-
	pulg.	-	-	-	2.20	2.36	2.80	3.74	-	-	-	-	-
W, tipo de brida	mm	160	170	190	200	230	250	285	340	395	445	600	700
	pulg.	6.30	6.30	7.48	7.87	9.06	9.84	11.22	13.39	15.55	17.52	23.62	27.56
Peso	kg	13	12	14	16	19	20	39	52	105	120	187	256
	lb	28.7	26.5	0.6	0.6	0.7	0.8	1.5	2.0	4.1	4.7	7.4	10.1

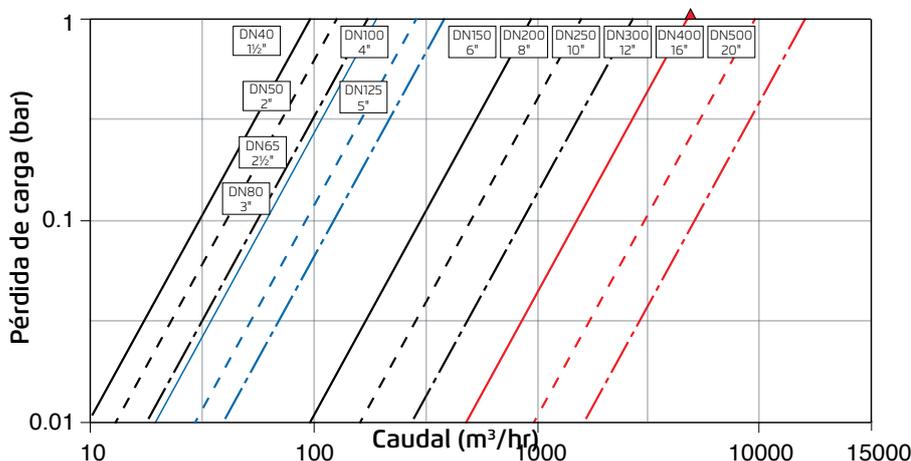


Los modelos ANSI o BSTD de 2" tienen distintas dimensiones en comparación con DN50 ISO16

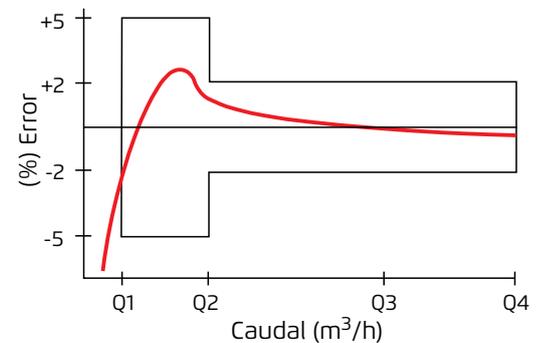
### Datos metrológicos

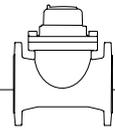
	Unidad	DN40	DN50	DN65	DN80	DN100	DN125	DN150	DN200	DN250	DN300	DN400	DN500	
		1½"	2"	2½"	3"	4"	5"	6"	8"	10"	12"	16"	20"	
Qmin - Precisión del caudal mínimo ±5%	m³/h	0.5	0.5	0.8	1.3	2	2	3.1	5	7.9	12.5	32	50	
	gpm	2.2	2.2	3.5	5.7	8.8	8.8	13.6	22.0	34.8	55.0	141	220	
Qt - Precisión del caudal transitorio ±2%	m³/h	0.8	0.8	1.3	2	2	3.2	5	8	12.6	20	51	80	
	gpm	3.5	3.5	5.7	8.8	8.8	14.1	22.0	35.2	55.5	88.1	224.5	352.2	
Qn - Precisión del caudal permanente ±2%	m³/h	25	40	63	63	100	160	250	400	630	1,000	1,600	2,500	
	gpm	110	176	277	277	440	704	1,101	1,761	2,774	4,403	7,045	11,007	
Qmax - Precisión del caudal máximo, corto lapso ±2%	m³/h	31	50	79	79	125	200	313	500	788	1,250	2,000	3,125	
	gpm	136	220	348	348	550	881	1,378	2,201	3,469	5,504	8,806	13,759	
Qt/Qmin	---	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	
Qn/Qmin	---	50	80	80	50	50	80	80	80	80	80	50	50	
Kv, CV = Q/Δp	m³/h	95	125	170	190	280	380	950	1,580	2,688	4,700	9,500	15,000	
	gpm	110	144	196	219	323	439	1,097	1,825	3,105	5,429	10,973	17,325	
Unidad mínima de lectura	---	1					10					100		
Capacidad máxima de registro	---	99,999,999 - 999,999.99 - 9,999,999.9 - 99,999,999												

### Curva de caudal

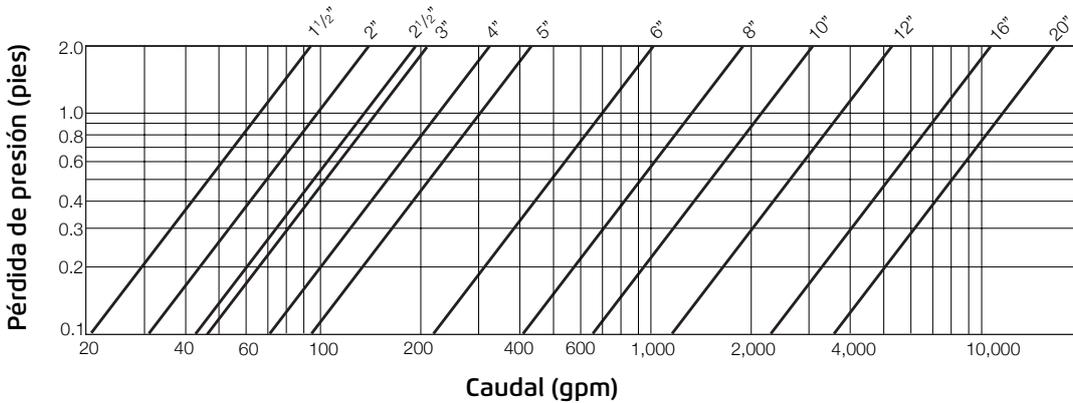


### Curva de precisión





### Curva de caudal



### Opciones de salida de datos

La gestión de todo sistema de conducción de agua requiere una confiable adquisición de datos. Los modelos Turbo-Bar-E/M de BERMAD proporcionan datos precisos en cumplimiento de todas las especificaciones estándar de salida de pulsos.

#### Registrador electrónico

Tipo de salida	
Recolector de datos de salida de pulsos doble abierto y programable	

Características del cable		
	Alambre	Función
Cable de salida	Blanco	Pulso de salida 1
	Rojo	Pulso de salida 2
	Negro	TIERRA/COMÚN

Características de la salida		
Longitud del cable incluido	1,5	metros
Longitud máxima del cable	50	metros
Voltaje máximo aplicado	35	VCC



Registrador Turbo-Bar-E

#### Registrador magnético

Tipo de salida	
Contacto seco	

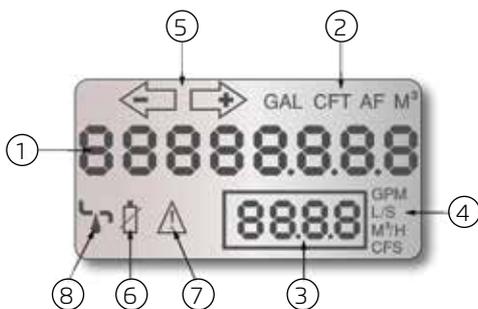
Características del cable		
	Alambre	Función
Cable de salida	Rojo	Pulso de salida 2
	Negro	TIERRA/COMÚN

Características de la salida		
Longitud del cable incluido	1,5	metros
Longitud máxima del cable	50	metros
Voltaje máximo aplicado	24	AC/DC Max
Corriente del interruptor	0,01	A máx.

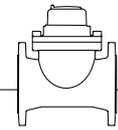


Registrador Turbo-Bar-M

### Pantalla del registrador electrónico



1. Volumen
2. Unidades de volumen
3. Caudal
4. Unidades de caudal
5. Dirección del volumen
6. Estado de la batería
7. Alerta general
8. Alerta de fuga



### Opción de salida de pulsos - Registrador electrónico

Transmisión electrónica con salida de pulsos, sistema métrico decimal								
Modelo	Tamaño		Interruptor de lengüeta (reed switch) con contacto seco					Salida de pulsos doble
			Pulso cada					
	pulg.	mm	10 litros *	100 litros	1.0 M <sup>3</sup>	10 m <sup>3</sup>	100 m <sup>3</sup>	
Turbo-BAR-E	1½"-2½"	40-65	S4	S3	S2			S34,S23
	3"-10"	80-250		S3	S2	S1		S23, S12
	12"-20"	300-500			S2	S1	S8	S12, S81

\* Los pulsos cada 10 litros funcionan bien hasta 360 m<sup>3</sup>/h

Transmisión magnética con salida de pulsos, sistema métrico decimal								
Modelo	Tamaño		Interruptor de lengüeta (reed switch) con contacto seco					Salida de pulsos doble
			Pulso cada					
	pulg.	mm	1 gal	10 gal	100 gal	1,000 gal	10,000 gal	
Turbo-BAR-E	1½"-2½"	40-65	S4	S3	S2			S34,S23
	3"-5"	80-125		S3	S2	S1		S23, S12
	6"-20"	150-500			S2	S1	S8	S12, S81

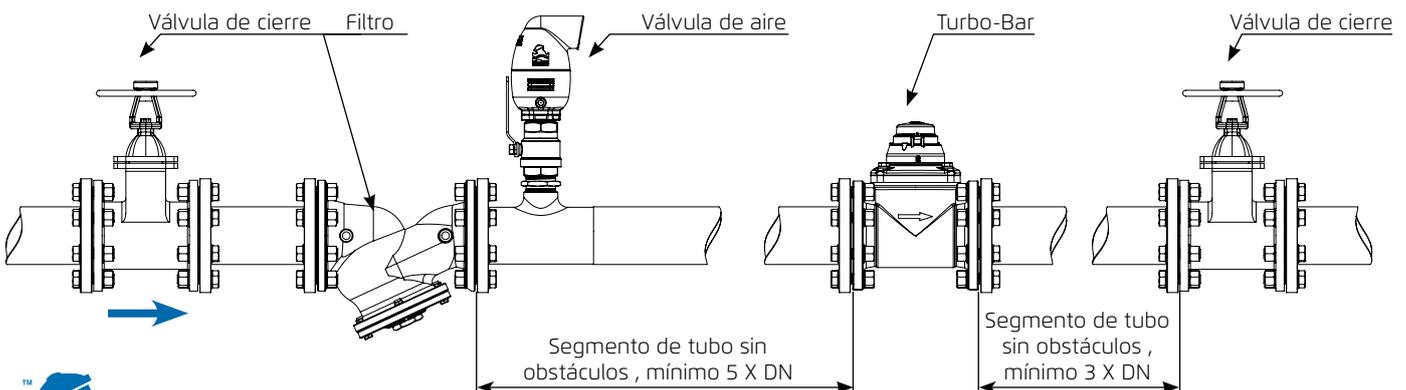
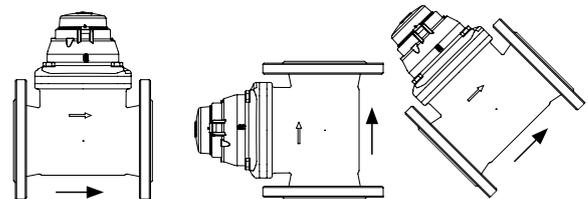
### Opción de salida de pulsos - Registrador magnético

Transmisión magnética con salida de pulsos, sistema métrico decimal							
Modelo	Tamaño		Interruptor de lengüeta (reed switch) con contacto seco				Salida de pulsos doble
			Pulso cada				
	pulg.	mm	100 litros	1 m <sup>3</sup>	10 m <sup>3</sup>	100 m <sup>3</sup>	
Turbo-BAR-M	1½"-5"	40-125	S3	S2			S23
	6"-8"	150-200		S2	S1		S12
	10"-20"	250-500			S1	S8	S81

Gallon Pulse Output Magnetic transmission							
Modelo	Size		Interruptor de lengüeta (reed switch) con contacto seco				Salida de pulsos doble
			Pulso cada				
	pulg.	mm	10 gal	100 gal	1,000 gal	10,000 gal	
Turbo-BAR-M	1½"-5"	40-125	S3	S2			S23
	6"-8"	150-200		S2	S1		S12
	10"-20"	250-500			S1	S8	S81

### Recomendaciones para la instalación

- El medidor puede instalarse en cualquier orientación, sin que interfiera en las operaciones de medición.
- La flecha en el cuerpo del medidor debe indicar la misma dirección del flujo.
- Para evitar turbulencias que podrían interferir en la medición, se recomienda disponer de un segmento de tubo recto con una longitud igual a 5 diámetros aguas arriba del medidor.
- Antes de la instalación, lavar la tubería para eliminar partículas e impurezas.
- Para funcionar, los modelos Turbo-Bar-E/M deben estar llenos de agua.



info@bermad.com • www.bermad.com

La información contenida en este documento podrá ser modificada sin previo aviso. BERMAD no asume ninguna responsabilidad por los errores que pudiera contener. Todos los derechos están reservados. © Copyright de BERMAD. PCUAS12 March 2017

**ANEXO 4**

**ESTUDIO DE CALIDAD DE AGUA**

Fecha de emisión: 13/08/2020 Folio Informe: 012704

**Datos del Cliente**

Cliente: HF SARBANAND S DE RL DE CV Zona de Muestreo: NARANJOS

**Identificación de la muestra**

Folio de Muestra	NT-20080359-1016	Fecha Toma de Muestra	11/08/2020
Tipo de Muestra	AGUA	LOTE	CANAL

**Resultados**

Parametros Fisicos	Resultado			Niveles
pH (Potenciometrico)	7.55			6.5 - 8.0
Conductividad Eléctrica mS/cm (Electrométrico)	0.26			0.2 - 2.0 mS/cm
Relación de Absorción de Sodio	0.92			< 5
Porciento Sodio Intercambiable (%)	0.19			
Aniones (-)	ppm	Meq/L	Mmol/L	Niveles
Nitratos NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (Brusina)	20.90	0.34	0.34	
Fosforo de fosfatos	0.56	0.02		0.0 ppm
Fosfato Diacido H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (Morgan)	1.75	0.02	0.02	
Sulfatos SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (Turbidimetrico)	14.41	0.30	0.15	< 5 Meq/L
Carbonatos CO <sub>3</sub> <sup>-2</sup> (Titulación)	0.00	0.00	0.00	< 0.1 Meq/L
Bicarbonatos HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (Titulación)	109.82	1.80	1.80	0.5 - 3.0 Meq/L
Cloruros Cl <sup>-</sup> (Mohr)	14.18	0.40	0.40	< 5.0 Meq/L
SUMA DE ANIONES		2.86		
Cationes (+)	ppm	Meq/L	Mmol/L	Niveles
Sodio Na <sup>+</sup> (Soluble A. Atómica)	19.50	0.85	0.85	< 5.0 Meq/L
Potasio K <sup>+</sup> (Soluble A. Atómica)	3.53	0.09	0.09	0.2 Meq/L
Calcio Ca <sup>+2</sup> (Soluble A. Atómica)	25.00	1.25	0.62	5.0 Meq/L
Magnesio Mg <sup>+2</sup> (Soluble A. Atómica)	5.40	0.44	0.22	4.0 Meq/L
SUMA DE CATIONES		2.63		
Microelementos	ppm	µmol/L		Niveles
Hierro Fe <sup>-2</sup> (L.C.H. Fe -A. Atómica)	0.55	9.85		0.5 ppm
Zinc Zn <sup>+</sup> (L.C.H. Zn-A. Atómica)	0.01	0.15		1.0 ppm
Cobre Cu <sup>+2</sup> (L.C.H. Cu-A. Atómica)	0.02	0.31		0.2 ppm
Manganeso Mn <sup>+4</sup> (L.C.H. Mn -A. Atómica)	0.01	0.18		0.2 ppm
Boro B <sup>+3</sup> (Azometina-H)	0.36	33.30		1.0 ppm
<b>Observaciones</b>	Verificado conc de Boro.			

Nota: Los resultados emitidos únicamente avalan la(s) muestra(s) analizada(s) en el presente laboratorio. Se prohíbe reproducir total o parcialmente la información sin previa autorización.

  
**Q.F.B. SAUL SANCHEZ SALOMON**  
 Responsable de Laboratorio
