

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN VÍA REMOTA DE UN SISTEMA
DE RIEGO POR GOTEO PARA EL CULTIVO DE PAPRIKA”**

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

JESUS ENRIQUE GONZALES VEGA

LIMA - PERÚ

2022

Analyzed document	TSP_GONZALES_JESUS v5.docx (D157689688)
Submitted	2023-02-02 22:54:00
Submitted by	David Ricardo Ascencios Templo
Submitter email	dascencios@lamolina.edu.pe
Similarity	10%
Analysis address	dascencios.unalm@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	Universidad Nacional Agraria La Molina / TSP MEZA COMPLETO FINAL.pdf Document TSP MEZA COMPLETO FINAL.pdf (D154779324) Submitted by: msanchez@lamolina.edu.pe Receiver: msanchez.unalm@analysis.arkund.com	 7
SA	Universidad Nacional Agraria La Molina / TSP_GONZALES_JESUS 0.8.09.22.pdf Document TSP_GONZALES_JESUS 0.8.09.22.pdf (D145680428) Submitted by: dascencios@lamolina.edu.pe Receiver: hpcbioinformatica.unalm@analysis.arkund.com	 3
SA	Universidad Nacional Agraria La Molina / TSP_HERBOZO CESAR.pdf Document TSP_HERBOZO CESAR.pdf (D157407400) Submitted by: nmontalvo@lamolina.edu.pe Receiver: nmontalvo.unalm@analysis.arkund.com	 3
SA	TESIS LG URKUND.docx Document TESIS LG URKUND.docx (D105587750)	 1
SA	TESIS DE GRADO JC- UNIFICADA - OCTUBRE-2015.pdf Document TESIS DE GRADO JC- UNIFICADA - OCTUBRE-2015.pdf (D17583309)	 3
SA	BRESLYN MANENA VERDESOTO TENORIO-TRABAJO FINAL.pdf Document BRESLYN MANENA VERDESOTO TENORIO-TRABAJO FINAL.pdf (D142588949)	 1
SA	Universidad Nacional Agraria La Molina / TSP-Chapoñan_Lourdes 24_01_2023docx.docx Document TSP-Chapoñan_Lourdes 24_01_2023docx.docx (D157201441) Submitted by: liarf@lamolina.edu.pe Receiver: liarf.unalm@analysis.arkund.com	 3
SA	Universidad Nacional Agraria La Molina / TSP-Mendoza Diego.docx Document TSP-Mendoza Diego.docx (D144909610) Submitted by: jramirez@lamolina.edu.pe Receiver: jramirez.unalm@analysis.arkund.com	 3
SA	Universidad Nacional Agraria La Molina / TSP FLORES TORRES_26.01.docx Document TSP FLORES TORRES_26.01.docx (D157175260) Submitted by: liarf@lamolina.edu.pe Receiver: liarf.unalm@analysis.arkund.com	 1

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA

**“DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN VÍA REMOTA DE UN SISTEMA DE RIEGO
POR GOTEO PARA EL CULTIVO DE PAPRIKA”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TITULO DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

Presentado por:

BACH. JESUS ENRIQUE GONZALES VEGA

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

Dr. NÉSTOR MONTALVO ARQUÍÑIGO
Presidente

Dr. DAVID RICARDO ASCENCIOS TEMPLO
Asesor

Mg. Sc. JAVIER ANTONIO GOICOCHEA RÍOS
Miembro

Ing. JAIME EDUARDO VÁSQUEZ CÁCERES
Miembro

LIMA – PERU

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DEL TRABAJO DE
SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÍCOLA
N° 027-2022/FIA**

Los que suscriben, miembros del Jurado para la Sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional titulado: “**DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN VÍA REMOTA DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO PARA EL CULTIVO DE PAPRIKA**”, presentado por su autor:

JESUS ENRIQUE GONZALES VEGA

Bachiller en Ciencias-Ingeniería Agrícola, luego de estudiar su contenido, se han reunido en la fecha, y han procedido a escuchar la exposición del autor, a formular las observaciones, preguntas pertinentes y luego de una evaluación del conjunto, lo declaran:

(*) Aprobado

Con el calificativo de:

(**) Muy bueno

En consecuencia, el autor del Trabajo de Suficiencia Profesional queda apto de recibir el **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÍCOLA**, de conformidad con lo estipulado en el artículo 89° del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

La Molina, 18 de octubre del 2022.


Dr. NÉSTOR MONTALVO ARQUIÑIGO
Presidente


Mg. Sc. JAVIER ANTONIO GOICOCHEA RÍOS
Miembro


Ing. JAIME EDUARDO VÁSQUEZ CÁCERES
Miembro


Dr. DAVID RICARDO ASCENCIOS TEMPLO
Asesor

(*) Puede ser: APROBADO o DESAPROBADO

(**) Puede ser: BUENO (14.0 a 16.0), MUY BUENO (16.1 a 18.0) o SOBRESALIENTE (18.1 a 20)

OBSERVACIONES:

DEDICATORIA

A mi madre Octavia por la larga espera, enseñarme disciplina y dedicación.

*A mi padre Mauro. Por enseñarme el valor de las cosas y respeto a los
demás.*

*A mis hermanas Laura y Roxana. Por la paciencia, motivación para alcanzar
esta meta, y especialmente por ser la fuente de alegría de la familia.*

A mis padrinos, por haberme mostrado el valor de la familia.

AGRADECIMIENTO

A mi asesor, Dr. David Ricardo Ascencios Templo, por la paciencia y las enseñanzas brindadas en la universidad y durante la elaboración de la tesis.

A mis amigos, Jorge y Saulo que me brindaron su ayuda sincera y consejos en un momento difícil.

A la ingeniera Shirley, por confiar en mí, brindarme su apoyo como jefa y amiga; y por motivarme a seguir cumpliendo mis metas.

A Claudia, por acompañarme desde el comienzo de esta etapa, enseñarme el valor de la libertad, mostrarme su apoyo y amistad sincera; y por las experiencias gratas compartidas hasta hoy.

A mis compañeros de promoción 2013 – I, los Pechos Fríos, por todos los momentos divertidos en la etapa universitaria.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Problemática.....	2
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo general.....	2
1.2.2. Objetivos específicos	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Sistema de riego presurizado.....	3
2.2. Componentes de un sistema de riego presurizado.....	3
2.2.1. Fuente de abastecimiento de agua	3
2.2.2. Cabezal de riego	3
2.2.3. Red de distribución.....	5
2.2.4. Laterales con emisores.....	6
2.3. Necesidad hídrica de cultivo	7
2.3.1. Evapotranspiración de referencia (ET _o).....	7
2.3.2. Coeficiente único de cultivo (K _c).....	8
2.3.3. Evapotranspiración de cultivo bajo condiciones estándar (ET _c).....	8
2.4. Equipo de bombeo.....	8
2.4.1. Eficiencia de la bomba.....	9
2.4.2. Curvas características	9
2.5. Equipo de filtrado.....	10
2.6. Automatización de sistemas de riego	12
2.6.1. Controlador de riego	13
2.6.2. RF RTU	15
2.6.3. RF MASTER	16
2.6.4. RF INTERFACE	17
2.6.5. RF SLAVE.....	17
2.6.6. Barra de solenoides.....	18
2.7. El cultivo de la paprika.....	19
III. DESARROLLO DEL TRABAJO	22

3.1. Ubicación.....	22
3.2. Materiales	23
3.3. Metodología.....	24
3.3.1. Datos básicos	25
3.3.2. Cálculo del balance hídrico	26
3.3.3. Planificación agronómica	26
3.3.4. Diseño hidráulico.....	27
3.3.5. Cálculo de la cantidad de filtros y selección de bomba.....	32
3.3.6. Evaluación de coeficiente de uniformidad	36
3.3.7. Automatización vía radio para la apertura y cierre de válvulas hidráulicas	37
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1. Cálculo del balance hídrico	42
4.2. Diseño agronómico.....	48
4.3. Diseño hidráulico	50
4.4. Determinación de filtrado y selección de bomba	67
4.5. Evaluación de coeficiente de uniformidad	76
4.6. Automatización vía radio para la apertura y cierre de válvulas hidráulicas.....	79
V. CONCLUSIONES.....	89
VI. RECOMENDACIONES.....	90
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
VIII. ANEXOS.....	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Selección de filtros	12
Tabla 2: Principales zonas de producción de paprika.....	20
Tabla 3: Rentabilidad de los principales cultivos en el valle Jequetepeque	21
Tabla 4: Datos de la Estación Meteorológica Chiclayo	25
Tabla 5: Muestra de calidad de Agua	26
Tabla 6: Coeficiente de Hazen-Williams por material	30
Tabla 7: Velocidad de filtración por modelo de tanque	34
Tabla 8: Características climáticas en la estación Cayalti	42
Tabla 9: Valores de Eto mensual.....	43
Tabla 10: Oferta mensual para S&M Foods	46
Tabla 11: Demanda mensual de agua del Fundo S&M Foods	46
Tabla 12: Demanda mensual de agua del Fundo S&M Foods	47
Tabla 13: Parámetros agronómicos	49
Tabla 14: Reporte de velocidad y pérdidas de carga en la válvula 19.....	52
Tabla 15: Reporte de pérdidas en válvula	56
Tabla 16: Reporte de caudal, presión aguas arriba y regulación del primer equipo.....	57
Tabla 17: Diámetros de matriz y pérdidas por fricción en el quinto turno.....	61
Tabla 18: Presión y caudal por turno.....	65
Tabla 19: Puntos de operación de equipo para los cinco turnos.....	73
Tabla 20: Evaluación por válvula para el I turno	76
Tabla 21: Evaluación por válvula para el II turno	76
Tabla 22: Evaluación por válvula para el III turno.....	77
Tabla 23: Evaluación por válvula para el IV turno	77
Tabla 24: Evaluación por válvula para el V turno.....	77
Tabla 25: Comparación de CU en campo y diseño del I turno.....	78
Tabla 26: Comparación de CU en campo y diseño del II turno	78
Tabla 27: Comparación de CU en campo y diseño del III turno.....	78
Tabla 28: Comparación de CU en campo y diseño del IV turno.....	79
Tabla 29: Comparación de CU en campo y diseño del V turno	79
Tabla 30: Resumen de válvulas enlazas por válvula	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Curva caracteriza de una bomba centrífuga modelo 125-400.....	10
Figura 2: Retro lavado de un tanque de grava	11
Figura 3: Dream II FUENTE:(TALGIL, 2018).....	13
Figura 4: Unidad en campo – RTU y barra de solenoides.....	15
Figura 5: RTU RF modular	16
Figura 6: RTU master	16
Figura 7: RF Interface anexo y fuera del host	17
Figura 8: RF esclava	18
Figura 9: Regleta de ocho solenoides	18
Figura 10: Ubicación geográfica del Fundo S&M Foods.....	22
Figura 11: Diagrama de flujo de la metodología	24
Figura 12: Gráfica de caudal y presión.....	28
Figura 13: Características técnicas del emisor	29
Figura 14: Pérdida de carga por válvulas	31
Figura 15: Interacción con el servidor	37
Figura 16: Mapa de automatización	38
Figura 17: Esquema de Interfaces	39
Figura 18: Referencia de modelo de regleta según la cantidad de válvulas	41
Figura 19: Entrada al desarenador	43
Figura 20: Reservorio con toma flotante	44
Figura 21: Dimensiones de reservorio.....	45
Figura 22: Balance hídrico mensual del Fundo S&M Foods	48
Figura 23: Gráfica de datos básicos del emisor.....	50
Figura 24: Gradiente hidráulico del lateral.....	51
Figura 25: Gradiente hidráulico de la porta regante	54
Figura 26: Reporte de válvula 19	54
Figura 27: Plano de sub unidad de la válvula 19.....	55
Figura 28: Volumen requerido en la cámara de control	55
Figura 29: Distribución de los cinco turnos de S&M Foods	59
Figura 30: Ruta crítica al cabezal de riego de S&M Foods.....	60
Figura 31: Diseño de la matriz de S&M Foods	62

Figura 32: Gradiente hidráulico de I turno	63
Figura 33: Gradiente hidráulica de II turno	63
Figura 34: Gradiente hidráulica de III turno.....	64
Figura 35: Gradiente hidráulica de IV turno	64
Figura 36: Gradiente hidráulica de V turno.....	65
Figura 37: Gradiente hidráulica de la matriz	66
Figura 38: Diseño hidráulico de S&M Foods.....	67
Figura 39: Composición del elemento filtrante	68
Figura 40: Corte filtrado de grava de cinco cuerpos	71
Figura 41: Planta filtrado de grava de cinco cuerpos	71
Figura 42: Curva de bomba turbina vertical modelo P14C/8/35/2Y.....	74
Figura 43: Componentes del Dream II	80
Figura 44: Placa de la RF Interface	81
Figura 45: Placa de la RTU RF base	82
Figura 46: Conexión de salida de la RTU RF base	83
Figura 47: Composición interna del solenoide	84
Figura 48: Puertos de conexión con la válvula.....	85
Figura 49: Automatización de S&M Foods.....	86

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Especificación técnica de las válvulas V2500 marca RIVULIS.....	94
Anexo 2: Modelos de tanque YAMIT	95
Anexo 3: Especificaciones técnicas de retro lavado marca BERMAD.....	96
Anexo 4: Especificaciones técnicas de la limitadora de caudal marca BERMAD	97
Anexo 5: Especificaciones técnicas del hidrómetro marca RAPHAEL.....	98
Anexo 6: Centro de control del Fondo S&M Foods.....	99
Anexo 7: Especificación técnica del DREAM 2	100
Anexo 8: Especificación técnica del RTU.....	101
Anexo 9: Reporte de uniformidad de la válvula 1	102
Anexo 10: Reporte de uniformidad de la válvula 3.....	102
Anexo 11: Reporte de uniformidad de la válvula 5.....	103
Anexo 12: Reporte de uniformidad de la válvula 6.....	103
Anexo 13: Reporte de uniformidad de la válvula 8.....	104
Anexo 14: Reporte de uniformidad de la válvula 11	104
Anexo 15: Reporte de uniformidad de la válvula 15.....	105
Anexo 16: Reporte de uniformidad de la válvula 16.....	105
Anexo 17: Reporte de uniformidad de la válvula 19.....	106
Anexo 18: Reporte de uniformidad de la válvula 23.....	106
Anexo 19: Reporte de uniformidad de la válvula 9.....	107
Anexo 20: Reporte de uniformidad de la válvula 13.....	107
Anexo 21: Reporte de uniformidad de la válvula 17.....	108
Anexo 22: Reporte de uniformidad de la válvula 21	108
Anexo 23: Reporte de uniformidad de la válvula 26.....	109
Anexo 24: Reporte de uniformidad de la válvula 27.....	109
Anexo 25: Reporte de uniformidad de la válvula 28.....	110
Anexo 26: Reporte de uniformidad de la válvula 30.....	110
Anexo 27: Reporte de uniformidad de la válvula 33.....	111
Anexo 28: Reporte de uniformidad de la válvula 36.....	111
Anexo 29: Reporte de uniformidad de la válvula 32.....	112
Anexo 30: Reporte de uniformidad de la válvula 35.....	112
Anexo 31: Reporte de uniformidad de la válvula 38.....	113

Anexo 32: Reporte de uniformidad de la válvula 40.....	113
Anexo 33: Reporte de uniformidad de la válvula 42.....	114
Anexo 34: Planos.....	115

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo diseñar y automatizar un sistema de riego por goteo para el cultivo de paprika en la localidad de Zaña, Chiclayo-Lambayeque, se diseñó el sistema de riego para el cultivo de paprika y se desarrolló una alternativa de automatización para un monitoreo y control remoto de válvulas hidráulicas mediante unidades remotas de telecontrol vía radio frecuencia. Se desarrollo las siguientes actividades: el balance hídrico, el diseño agronómico en el cual se definió el coeficiente de uniformidad y eficiencia de riego esperada, luego se realizó el diseño hidráulico de la red principal porta laterales utilizando el método de velocidades. Para el cabezal se seleccionó el filtro de grava debido a la procedencia del agua. Se seleccionó la bomba considerando los puntos de operación de la bomba, que constituyen los turnos de riego. Se evaluó el coeficiente de uniformidad para verificar con lo propuesto en el diseño. Para automatizar el sistema de riego se seleccionó y configuro el Drean II en función a los requerimientos del fundo. Se utilizo una unidad remota de transmisión base y esclavas para la automatización de las válvulas hidráulicas y se seleccionó el modelo de unidades remotas considerando el agrupamiento de válvulas de campo, topografía, número de turnos, distancia y tamaños válvulas. Los diámetros seleccionados para la red matriz variaron entre 90 a 250 mm, la velocidad promedio fue de 1.6 m/s, el caudal de filtración en cinco tanques de grava fue de 57.75 m³/hr, la bomba vertical tiene una potencia de 55 kilowatts, el coeficiente de uniformidad en campo fue de 94.38% y en diseño de 98.01%, se seleccionó 5 unidades remotas de transmisión (RTU) que permitieron mejorar la gestión del agua en la operación del sistema de riego.

Palabras clave: Diseño agronómico, diseño hidráulico, unidad remota de transmisión, coeficiente de uniformidad.

ABSTRACT

The objective of this work was to design and automate a drip irrigation system for the cultivation of paprika in the town of Zaña, Chiclayo-Lambayeque, the irrigation system for the cultivation of paprika was designed and an automation alternative was developed for a remote monitoring and control of hydraulic valves through remote remote control units via radio frequency. The following activities were developed: the water balance, the agronomic design in which the coefficient of uniformity and expected irrigation efficiency were defined, then the hydraulic design of the main lateral portal network was carried out using the velocity method. For the head, the gravel filter was selected due to the origin of the water. The pump was selected considering the operating points of the pump, which constitute the irrigation shifts. The uniformity coefficient was evaluated to verify what was proposed in the design. To automate the irrigation system, the Drean II was selected and configured according to the requirements of the farm. A remote base and slave transmission unit was used for the automation of the hydraulic valves and the model of remote units was selected considering the grouping of field valves, topography, number of shifts, distance and valve sizes. The diameters selected for the matrix network varied between 90 and 250 mm, the average velocity was 1.6 m/s, the filtration flow in five gravel tanks was 57.75 m³/hr, the vertical pump has a power of 55 kilowatts, the coefficient of uniformity in the field was 94.38% and in design 98.01%, 5 remote transmission units (RTU) were selected that allowed improving water management in the operation of the irrigation system.

Keywords: Agronomic design, hydraulic design, remote transmission unit, coefficient of uniformity.

I. INTRODUCCIÓN

La principal fuente de agua en el país proviene de las lluvias que se dan en la cuenca alta y media de las 52 cuencas del Pacífico, que representa el 2.18% de disponibilidad del recurso hídrico. Debido a que la zona costera comprende un menor porcentaje de volumen de agua disponible, la convierte en un ambiente vulnerable ante una escasez hídrica (Apaéstegui & Peña, 2017). En consecuencia, el recurso hídrico debe ser utilizado mediante sistemas de riego que garanticen una alta uniformidad y eficiencia de riego, además de una adecuada gestión del recurso.

El riego presurizado por goteo es un sistema que permite altas eficiencias de aplicación en el riego. Las estadísticas del IV Censo Agropecuario del año 2012; del total de la superficie agrícola de 1 808 302 ha solo el 12% utilizan los sistemas de riego a presión, siendo el goteo el 60% (INEI, 2012).

En la costa peruana es la región de mayor uso del riego por goteo, debido a las condiciones de textura arenosa en los inter-valles y pedregosa en las laderas de cerro y climas favorables. Adicionalmente la cercanía relativa debido a las carreteras que conectan a los puertos, aeropuertos, mercados, lugares de mayor desarrollo tecnológico y tamaño de propiedad de la tierra. Con el propósito de ser más competitivo es necesario la automatización de ciertos procesos en los sistemas de riego para su monitoreo, supervisión, desarrollo de bases de datos para la intervención en tiempo real o planificación futura, siendo necesario la aplicación de la automatización en diferentes componentes del sistema de riego como por ejemplo el control de niveles del reservorio, encendido y apagado de los motores y cambios de velocidad del motor mediante variadores de velocidad en función de los turnos de riego, automatización de la operación del sistema, fertiirrigación, monitoreo de presión y caudal del sistema, monitoreo del agua, suelo, clima y plantas mediante sensores digitales, analógicos o inteligentes y almacenamiento de información en creando base de datos. En el presente trabajo se planteará la automatización y telecontrol de válvulas de las subunidades

de los diferentes turnos de riego; mediante señales de radio de las unidades remotas de telecontrol (RTU), un controlador Dream II y accesorios.

1.1. Problemática

En el Perú existen numerosos sistemas de riego que operan sin ser monitoreados ni controlados durante el riego, o existen sistemas automáticos que son subutilizados, las limitaciones de automatizar estos procesos es el costo y el desconocimiento en la operación. La modernización en los sistemas de riego es uno de los principales retos del sector agrícola y se está presentando en la costa peruana particularmente en los fundos agrícolas.

El proceso de automatización permitirá mejorar la gestión del agua y eficiencia de riego, por este motivo las empresas implementan la automatización de procesos para el monitoreo y control del caudal, presión, aplicación de fertilizantes entre otros para incrementar el rendimiento del cultivo.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Diseñar y automatizar un sistema de riego por goteo para el cultivo de paprika en la localidad de Zaña, Chiclayo-Lambayeque.

1.2.2. Objetivos específicos

- Diseñar un sistema de riego por goteo para el cultivo de paprika.
- Proponer una alternativa de automatización para un monitoreo y control remoto de válvulas hidráulicas mediante unidades remotas de telecontrol vía radio frecuencia.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Sistema de riego presurizado

En los sistemas de riego presurizado el agua se conduce a presión por tuberías y laterales de riego hasta el cultivo, el riego por goteo es uno de los métodos de riego presurizado más usado donde el agua es aplicada a través de emisores en forma de gotas, otro método muy usado es el riego por aspersión el cual riego es en forma de lluvia.

2.2. Componentes de un sistema de riego presurizado

Un sistema de riego presurizado este compuesto por las siguientes partes.

2.2.1. Fuente de abastecimiento de agua

El abastecimiento para el sistema de riego puede provenir de las aguas subterráneas que son afloradas por pozos o aguas superficiales de ríos o de la red pública.

Antes de su uso las aguas subterráneas se almacenan en balsas, estanques o depósitos para facilitar la decantación de las arenas y las aguas proveniente de los ríos deben filtrarse (Fernández de Sousa & González de Lena, 2014).

2.2.2. Cabezal de riego

El cabezal de riego es un conjunto de elementos y equipos que permiten impulsar, filtrar, controlar e incorporar los fertilizantes o pesticidas al agua de riego y se subdividen en los siguientes equipos:

a. Equipo de bombeo

La unidad de bombeo tiene como objetivo extraer el agua desde una fuente que puede ser un pozo, tranque o estanque e impulsarla a los filtros, y que el agua llegue con

suficiente presión hacia los emisores. En el riego agrícola normalmente se utilizan bombas centrífugas de eje horizontal para aguas superficiales y bombas de pozo profundo cuando es necesario captar aguas subterráneas.

b. Equipo de filtrado

El equipo de filtrado es de suma importancia en el cabezal de riego porque las aguas traen material en suspensión que generan la obturación en los emisores afectando directamente la cantidad de agua que emiten (Servicio agrícola y ganadero, 2019).

c. Equipo de fertilización

La inyección controlada de productos químicos y fertilizantes puede ser el beneficio más importante de su sistema de riego por goteo. Las sustancias que se inyectan comúnmente en los sistemas de goteo incluyen cloro, ácidos, fungicidas, herbicidas, pesticidas y fertilizantes. Esta sección describe los aspectos de diseño de la inyección de productos químicos.

La aplicación precisa de fertilizantes de alta calidad es especialmente importante y puede mejorar la respuesta de los cultivos a los nutrientes esenciales, mientras se usa menos fertilizante que los métodos de riego tradicionales.

d. Aparatos de control y medición

En un sistema de riego existen una variedad de elementos con diferentes funciones que facilitan la operación del sistema de riego.

- **Medidor de Flujo**

El medidor de flujo es un instrumento de monitoreo que ayudará al operador a medir el gasto real que demanda una sección de riego y puede ayudar a detectar problemas como obstrucciones o roturas de líneas.

- **Válvulas reguladoras de presión**

Los sistemas de goteo se basan en tasas de emisión uniformes de todos los emisores. Si bien las bombas proporcionan un nivel básico de presión y volumen de flujo, se requieren muchos ajustes menores para mantener su sistema funcionando con una eficiencia y seguridad óptimas.

- **Válvula de regulación de presión**

Las válvulas reguladoras de presión mantienen constantes las presiones aguas abajo

en presencia de presiones ascendentes variables. No afectan directamente el flujo de agua. Pueden ser de gran valor para limitar las diferencias de presión en el campo, especialmente cuando se instalan al comienzo de cada sección.

- Válvulas de alivio rápido

Utilice válvulas de alivio de presión cuando la presión en su sistema tenga el potencial de aumentar más allá de un nivel seguro. Pueden ocurrir condiciones temporales de alta presión con apertura o cierre repentino de válvulas o salidas de aire, o pueden ocurrir debido a golpes de ariete.

- Válvula de control de campo

Por lo general, se incluye una válvula de control de campo al comienzo de cada sección. Las válvulas de compuerta, las válvulas de mariposa y las válvulas de globo se utilizan comúnmente, y las válvulas de control de campo pueden controlarse automáticamente o manualmente. Las válvulas de control de campo se usan generalmente como válvulas de encendido / apagado, con reguladores de presión en línea o válvulas reductoras de presión que se usan para controlar la presión en cada sector.

- Válvula de purga de aire / alivio de vacío

El aire que se acumula en las líneas principales y secundarias puede restringir el flujo y provocar daños por golpe de ariete. Las condiciones de vacío, que pueden ocurrir en los laterales de goteo cuando el sistema está apagado, pueden hacer que los contaminantes sean succionados hacia los emisores y provoquen taponamientos. Además, el vacío que se forma aguas abajo de las válvulas de control cuando se cierran repentinamente puede dañar las tuberías o las válvulas. Instale válvulas de alivio de aire / vacío:

- En todos los puntos altos de las líneas principales y secundarias
- En los extremos de las líneas principales y secundarias
- Aguas abajo de todas las válvulas de control
- Aguas arriba de las válvulas de retención de la bomba

2.2.3. Red de distribución

Son las encargadas de transportar el agua hasta las unidades de riego. Se instalan normalmente en PVC o en PE, aunque es más frecuente el PVC, pues para diámetros grandes es más económico.

La red principal, normalmente se instala en zanjas enterradas, son las que distribuyen el agua en la unidad de riego y a las que se conectan los ramales porta emisores. Pueden instalarse en PVC y en PE, normalmente es conveniente hacerlo en PE, lo que da mayor flexibilidad a la red y no es necesario enterrarlas, resultando más económico (INIA, 1999).

La velocidad de las tuberías en la red de distribución de riego varían entre 0.5 a 2 m/s ,se debe evitar tener altas velocidades porque podría ocurrir el golpe de ariete ocasionando desgastes en la tubería y elementos de los dispositivos, en cambio sí se sobrepasa la velocidad es menor o igual a 0.5 m/s podría ocurrir sedimentaciones en el interior de las tuberías(Peralta & Simpfendörfer, 2001).

2.2.4. Laterales con emisores

Las laterales de riego son todas de polietileno negro/blancos. Los diámetros más utilizados son 16 y 20 mm. Las laterales son los elementos que causan más problemas, entre los más comunes son pequeñas roturas del material, desajustes en el punto donde se inserta el gotero o desacoples de las uniones de reparación. Si se produce una falla en los laterales se verá un chorro de agua en el lugar dañado es por esto que es conveniente revisar el estado de las laterales todos los días (Rivulis, 2021).

En cuanto al emisor es el encargado de aplicar y distribuir el agua hacia los cultivos de forma controlada, existen diferentes tipos y uno de las eficientes es el riego por goteo, permite la aplicación del agua a la planta en forma de gotas, la cual brinda la cantidad necesaria al cultivo. Se diferencian por su mecanismo de regulación de presión y se clasifican en autocompensantes que mantiene el mismo caudal así varié la presión y los no compensados los cuales no tienen un mecanismo de regulación del caudal al variar la presión, pero son más económicos (Liotta, 2015).

Las ventajas del riego por goteo son:

- Ahorro de agua
- El fertilizante se utiliza de forma paralela al riego
- Alcanza eficiencia de aplicación entre 90 a 95%
- Se puede utilizar aguas salinas, lo que dependerá de la tolerancia de salinidad del

cultivo (Alirio, 2013).

La ecuación del emisor es:

$$q = k * h^x$$

Donde q es el caudal del emisor (l/h), k es el coeficiente de descarga, x es el exponente de descarga del emisor y h es la presión hidráulica a la entrada del emisor (m.c.a) y “X” puede tomar diferentes valores si es 0 es un gotero auto compensado, si es 1 el flujo es laminar y si es 0.5 es un flujo turbulento (Fernández Gómez, 2010).

2.3. Necesidad hídrica de cultivo

La necesidad hídrica de un cultivo se define como la cantidad de agua que debe añadirse para evitar el estrés o dificultad durante el desarrollo. Se da a partir de la pérdida de agua a través de la transpiración de la planta o de la evaporación de agua en el suelo. En la agricultura existen grandes pérdidas de lámina por evaporación debido a la forma de riego antigua que se da en las partes altas de la sierra, y selva baja, como consecuencia no existe un aprovechamiento eficiente del recurso a través de su sistema de regadío.

La necesidad hídrica no es constante, sino que varía a lo largo del ciclo de desarrollo para lo cual es importante conocer las etapas del crecimiento a fin de aplicar el agua necesaria.

2.3.1. Evapotranspiración de referencia (ETo)

La Eto es un fenómeno que surgen a partir de dos procesos suscitados simultáneamente como es la evaporación del agua en el suelo y la transpiración de la planta.

La fracción solar que llega a la superficie del suelo determina el porcentaje de evaporación de la disponibilidad de agua; la cual va disminuyendo a medida que la cobertura vegetal, convirtiendo a la transpiración en el proceso principal.

Se designa como ETo a la tasa de evaporación de una superficie de referencia, que ocurre sin restricciones de agua; este concepto se introdujo para estudiar la demanda de la evapotranspiración de agua de la atmosfera, independiente del tipo de manejo de cultivo. La superficie de referencia hace mención a un cultivo hipotético de pasto con características específicas.

Los factores determinantes que influyen en el cálculo de la ETo son los climáticos por tanto este puede ser calculado a partir de información meteorológica.

2.3.2. Coeficiente único de cultivo (Kc)

El Kc es la combinación de la transpiración del cultivo, sus características, y efectos promedios de evaporación del suelo integrados de tal manera que permitan conocer el consumo de agua del cultivo a medida que va desarrollándose.

Entre las características que determinan el Kc están:

- Altura: interacción que se produce entre el cultivo y el viento
- Resistencia: relaciona la persistencia del cultivo a la pérdida de agua por transpiración.
- Evaporación: del suelo asociado al área de cobertura.
- Fenología

2.3.3. Evapotranspiración de cultivo bajo condiciones estándar (ETc)

El valor de Etc se da bajo condiciones óptimas de máxima producción del cultivo (exento de enfermedades, buena fertilización, buenas condiciones de suelo y agua, etc.); es decir la cantidad de agua pérdida mediante los dos procesos. A pesar de que presenta el mismo valor que la necesidad de agua para el cultivo, tienen conceptos distintos (FAO, Evapotranspiración de Cultivo, 1997).

Esta diferencia radica principalmente en que la necesidad hídrica es la cantidad de agua aplicada como riego o precipitación efectiva que necesita ser aplicada al cultivo; y la ETc se refiere a la pérdida de agua por la realización de este proceso.

2.4. Equipo de bombeo

Son los principales componentes del sistema de riego, debido a que otorgan la presión y suministran el caudal necesario. Son máquinas hidráulicas que sirven para transformar la energía mecánica de un impulsor a energía cinética de un fluido incomprensible, existen dos grupos de bombas de desplazamiento positivo y las cinéticas, estas últimas son las que se utilizan en sistemas de riego, la principal son las bombas centrífugas, impulsan el agua a través de elementos giratorios, se dividen por dirección de flujo en tres grupos axiales,

radiales y mixta.

2.4.1. Eficiencia de la bomba

Es importante también conocer la eficiencia de la bomba, que es cuanta potencia eléctrica necesita para producir una potencia hidráulica. Mientras el líquido es impulsado por el sistema existe una pérdida de energía que se ve reflejado en las potencias de la bomba.

Donde el rendimiento de la bomba es la división entre la potencia hidráulica y la potencia del motor (Cuartero Abengózar & Pérez Martínez, 2015).

2.4.2. Curvas características

Las curvas características son gráficas que relacionan diferentes variables del caudal con altura manométrica, rendimiento, potencia y carga neta positiva de aspiración requerida. Es necesario conocerlas para poder seleccionar la adecuada para la instalación.

- Curva altura manométrica-caudal (H-Q): También llamada altura total desarrollada es igual a la altura de descarga total menos la altura de succión en metros.
- Curva eficiencia-caudal(η -Q): Comienza desde cero la curva aumentando rápidamente a medida que el caudal aumenta
- Curva potencia-caudal (P-Q): La potencia absorbida depende del caudal y la altura manométrica, es la potencia de la bomba para accionar al eje.
- Curva altura neta positiva en la aspiración-caudal (NPSHr-Q): Es la presión mínima en la entrada de la bomba para que no se produzca cavitación. Para que la bomba funcione sin cavitación se cumplirá que el NPSH disponible debe ser mayor al requerido (Stewart, 2019).

En la Figura 1 tenemos las curvas características para una bomba centrífuga de la marca Hidrostral con una velocidad de rotación constante $n= 1770$ rpm y con diferentes diámetros.

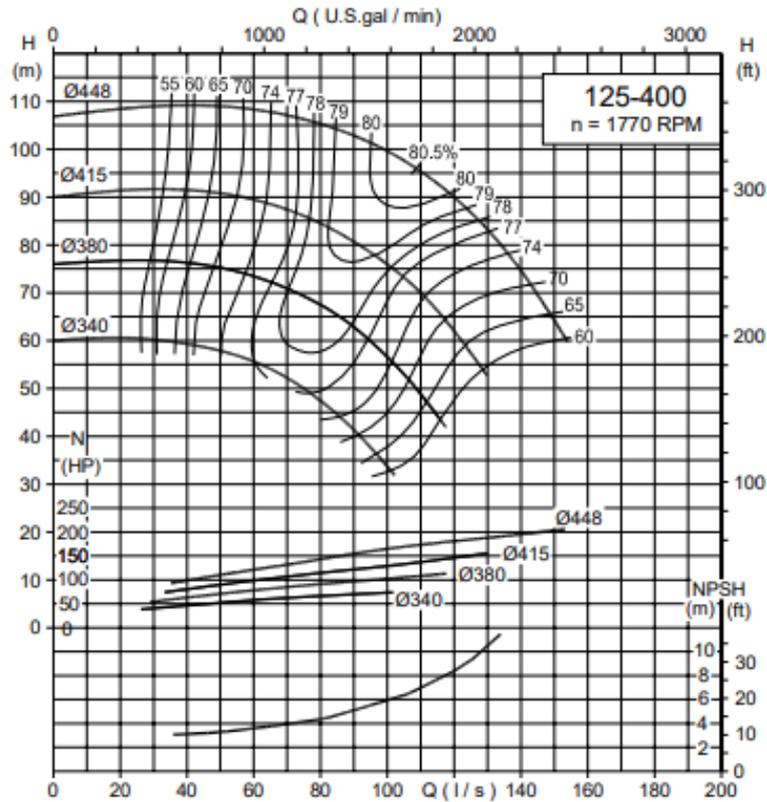


Figura 1: Curva caracteriza de una bomba centrífuga modelo 125-400

FUENTE: (HIDROSTAL, 2014)

2.5. Equipo de filtrado

El sistema de filtrado comprende dispositivos instalados en el cabezal de riego que nos permite separar elementos sólidos del agua de riego para que posteriormente esta sea introducida a la red pues puede causar daño a los emisores de riego.

Los tipos de filtros en un sistema de riego varían en el método y el grado de filtración y son los siguientes:

- Filtro hidrociclón

Su principal uso es para la separación de arenas, es muy usado como un filtro previo en instalaciones cuya agua proviene de un pozo, se instalan previo al cabezal de riego.

- Filtros de malla

Tienen la capacidad de filtración superficial, y su capacidad de filtración es a través de un tamiz cilíndrico donde el diámetro del agujero del tamiz se define como el grado de filtración.

- Filtros de anillas
Están constituidas por anillas planas con ranuras, generalmente se instalan más de una en paralelo.
- Filtros de grava
Es el sistema de filtración más usado por filtrar grandes cantidades de agua con sólidos, algas y material orgánico que provienen de ríos, balsas y canales además que elimina la turbidez del agua (Cuartero Abengózar & Pérez Martínez, 2015).

Las pérdidas de carga para este filtro en el sistema de riego son de dos a cinco metros cuando están limpias, y cinco a siete metros cuando están sucias, la limpieza se hará cuando los manómetros colocados antes y después del filtro detecten esta variación de presión y se procederá con el retro lavado. En la Figura 2 se muestra el funcionamiento del retro lavado de un tanque de grava.

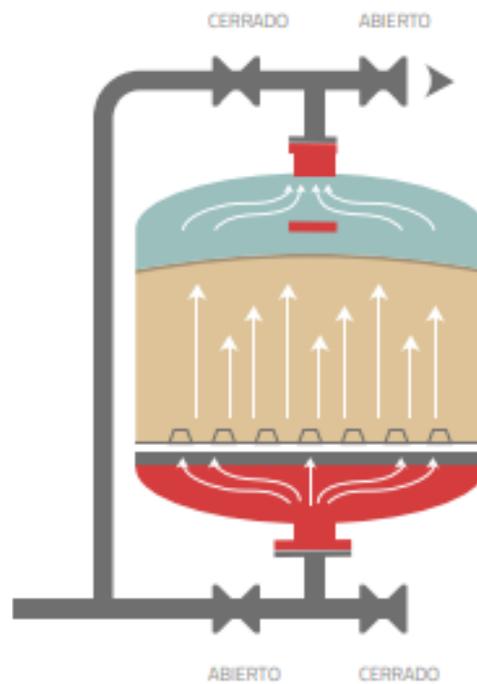


Figura 2: Retro lavado de un tanque de grava

FUENTE: (Liotta, 2015)

En la Tabla 1 podemos mostrar cuando es necesario usar un tipo de filtro.

Tabla 1: Selección de filtros

TIPO DE ELEMENTO	HIDROCICLÓN	GRAVA	MALLA Y ANILLA
ARENA	SI	NO	SI
LIMOS Y ARCILLAS	NO	SI	SI
SUBSTANCIAS ORGÁNICAS	NO	SI	SI

FUENTE:(Liotta, 2015)

2.6. Automatización de sistemas de riego

Es aquel que permite la apertura y cierre automático de los módulos de riego, contralando los tiempos y días en que se riega. Se puede automatizar desde sistemas de programación individuales a nivel de válvula hasta pasando por sistemas de programadores que gestionan un conjunto de válvulas, hasta sistemas centralizados de riego que permiten la gestión integral del sistema de riego.

El recurso hídrico cada vez se hace más escaso y costoso, tomando en consideración que la agricultura es un gran consumidor de este recurso por la sobre irrigación por sistemas de gravedad se deben tomar medidas para su buen uso (Popoca et al., 2008).

Actualmente la automatización en los sistemas de regadío ha ido abarcando el mercado agrícola por su practicidad en la operación, reducción de tiempos de apertura entre válvulas, ahorro en mano de obra, control de los componentes del sistema y monitoreo de la información recibida permitiendo al usuario tomar decisiones y reaccionar ante cualquier eventualidad (Cuartero Abengózar & Pérez Martínez, 2015).

Los objetivos de la automatización son:

- Disminuir la mano de obra
- Mejorar la gestión de riego para conservar el agua y fertilizantes
- Ahorrar energía
- Mejorar la productividad y eficiencia
- Mejoran la gestión del recurso hídrico entre un 30 a 40%

- Se ahorra en esfuerzo y tiempo pues no es necesario que se apretaren manualmente todas las válvulas (Playán & Zapata, n.d.)

La automatización de riego se puede programar por tiempos, volúmenes, en bases a sensores del estado hídricos de las plantas y suelo y en datos meteorológicos.

2.6.1. Controlador de riego

El Dream II de la marca Talgil es un controlador de riego habilitado para ser usado con internet, multilínea y a gran escala en la Figura 3 observamos el Dream II o también llamado unidad base.



Figura 3: Dream II

FUENTE:(TALGIL, 2018)

El Dream II ofrece dos versiones de energización por corriente alterna y continua, además tiene un sistema hardware muy flexible, sabiendo que las necesidades del agricultor cambian debido al cultivo y las técnicas que se utilicen por este motivo se tiene varias combinaciones de expandir la automatización en cantidad de salidas y entradas digitales y entradas analógicas al sistema.

Es un modelo desarrollado para controlar el riego en campos abiertos, sobre todo campos de grandes extensiones. Cuenta con salidas y entradas locales DC o AC, esto se ejecuta a través de 2 tarjetas 16 Salidas / 8 Entradas.

La conexión a internet se realiza a través de un modem celular, enrutador ethernet y enrutador celular. Presenta facilidad de programación, por sus características:

- Pantalla grande y gráfica, iluminada para una óptima visibilidad en el día y en la noche
- Teclado complete con numeración, funciones y navegación
- Memoria dinámica, esta característica inigualable permite definición de elementos en números muy grandes (depende solo del tamaño de la memoria) para optimizar el hardware hasta el máximo
- Definición de red flexible y cambiabile que incluye: líneas de riego con sus válvulas principales y válvulas de riego
- Fuentes de agua, estaciones de filtros, inyectores de fertilizante local, centros de fertilizante, contadores de agua, contadores de agua virtual, protección de red y sensores de todos los tipos
- Pilas de respaldo para la memoria de los variables de datos
- Características de programación
- Programas de riego que incluyen secuencia de válvulas, dosificaciones de riego y horario de operación en cada programa
- Riego cíclico con ciclo fijo o según una lista de días de operación
- Riego cíclico dentro de un día (riego por pulsos)
- Riego por tensiómetros
- Riego según evaporación y tamaño de área
- Cambio de dosificación de agua en % para todo el sistema
- Lavado de filtros por tiempo o DP
- Condiciones para correr, parar o pausar el programa según estado de sensores, caudales etc.
- Reportes de eventos y alarmas
- Hora de paro del sistema o del programa para forzar un paro en un tiempo requerido
- Salida de satélite (para funcionar junto con otro elemento)
- Acumulaciones de agua y fertilizante según válvulas y contadores
- Operación de válvulas principales antes, después y simultáneamente con las válvulas del riego
- Herramientas especiales para el instalador (esconder y activar) funciones según necesidad específica

- Fijar los valores originales (default), definir asignación de recursos

2.6.2. RF RTU

La unidad base (RF RTU) ubicado en campo, permitirá que la comunicación entre las válvulas y el controlador base es fundamental garantizar que la distancia no sea superior al radio de comunicación establecido por el fabricante o que presenten ciertos obstáculos en la línea de visualización. En la Figura 4 se muestra la unidad de campo que son las RTU y la barra de solenoides.



Figura 4: Unidad en campo – RTU y barra de solenoides

Consta de 2 partes: una se llama RF SLAVE y la otra RF BASE. Ambas están conectadas por un cable blindado de 4 hilos cuya longitud no debe exceder los 10 metros.

Puede incorporar hasta 60 unidades por un canal (más de un canal está disponible para un controlador).

Existen 2 tipos:

- RTU modular puede tener hasta 8 salidas (en pasos de 2, 4, 6,8), 4 entradas digitales y hasta 4 entradas analógicas. Las salidas activan solenoides de enganche de pulso de 2 cables. Sin embargo, la capacidad de leer entradas digitales se puede agregar a cualquiera de las 60 unidades RF RTU. Las entradas analógicas están limitadas solo a las primeras 8.

- RTU económico con 2 salidas y 2 entradas digitales (2/2), o con 1 salida y 1 entrada (1/1).



Figura 5: RTU RF modular

FUENTE: (TALGIL, Guía de sistema Dream RF RTU, 2014)

2.6.3. RF MASTER

Es una unidad de transmisión y receptora de datos que incluye una antena instalada en la punta de un polo alto y está ubicado próximo al controlador DREAM, que utiliza al RF MASTER para llevar a cabo todas las comunicaciones hacia los RTU's que se encuentran en campo. En la Figura 6 se muestra la RF MASTER.



Figura 6: RTU master

FUENTE: (TALGIL, Guía de sistema Dream RF RTU, 2014)

2.6.4. RF INTERFACE

Es una unidad de interface que sirve como vínculo entre el RF MASTER y el controlador de riego DREAM. La comunicación entre ellos se realiza por medio de un cable.

Cada RF RTU ubicado en el campo tiene 2 partes: una es la llamada RF SLAVE (RF ESCLAVO) y la otra RF BASE. Entre las dos partes hay una conexión por cable. La longitud del cable no debe exceder los 10 metros. En la Figura 7 se muestra el RF Interface anexo y fuera del host.

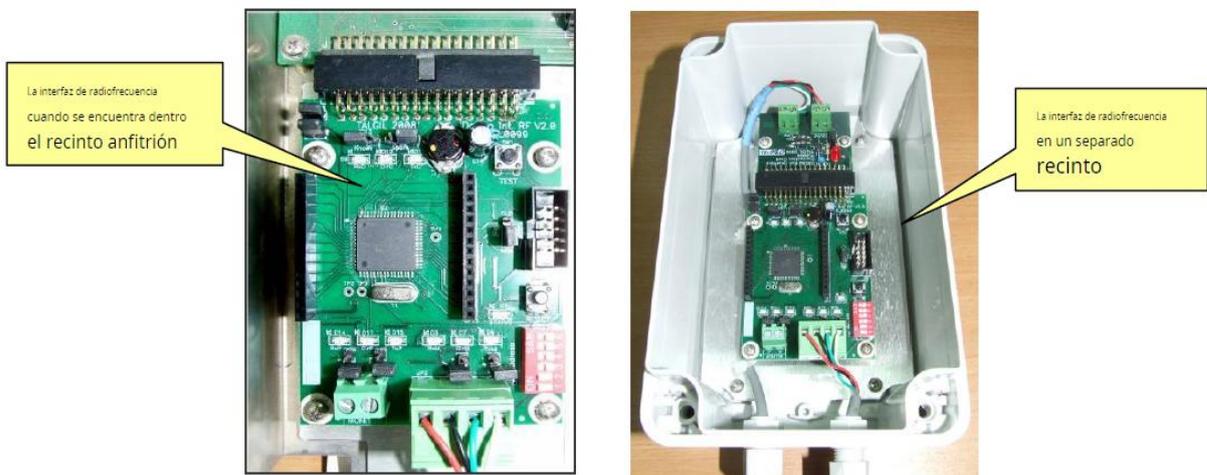


Figura 7: RF Interface anexo y fuera del host

FUENTE: (TALGIL, Guia de instalación Dream , 2007)

2.6.5. RF SLAVE

Es una unidad receptora/transmisora que incluye una antena, instalada en la punta de un polo alto. Se encarga de la comunicación por radio entre el RF RTU y el controlador.



Figura 8: RF esclava

FUENTE: (TALGIL, Guía de sistema Dream RF RTU, 2014)

2.6.6. Barra de solenoides

La barra de solenoides está localizado al pie de las RTUs, es decir que cada una tiene su barra de solenoides según la cantidad de válvulas hidráulicas que apertura. Por lo general cada solenoide apertura dos válvulas hidráulicas en el caso del proyecto.

El solenoide recibe una señal eléctrica que se convierte en una señal hidráulica, para abrir o cerrar las válvulas en campo. Toda la comunicación hidráulica es a través de la manguera comando de 8mm en manguera de polietileno.

Los solenoides se pueden manipular para abrir válvulas en campo, regularmente están en forma automática y tienen comunicación eléctrica con la RTU base. En la Figura 9 se muestra una regleta de ocho solenoides de la marca Bermad.



Figura 9: Regleta de ocho solenoides

2.7. El cultivo de la paprika

El Perú es el país exportador de paprika seco, producidos en los valles de la costa peruana como Piura, norte y sur de Lima, Ica, Arequipa y Tacna, principalmente. Actualmente se siembran unas 11000 hectáreas en el país.

Rico en vitamina C, caroteno o provitamina A, complejo B; potasio, minerales como hierro, magnesio (Cahuana, 2014).

a. Taxonomía

- Reino: Plantae
- Clase: Dicotyledones
- Género: Capsicum
- Especie: Capsicum annum

b. Características del cultivo:

- Tolerancia a sales: 1.5 dS/m
- pH ideal: 6.5 a 7.2
- Profundidad de raíz(cm)
 - Inicial: 15
 - Desarrollo: 25
 - Media: 35
 - Final: 45
- Ciclo vegetativo (días)
 - Total: 175
 - Inicial: 25
 - Desarrollo: 60
 - Media: 45
 - Final: 45

c. Manejo agronómico

- Suelo

Prefieren suelos francos y francos arenosos, los valores de PH opimos oscilan entre 6.5 y 7, tiene una moderada tolerancia a la salinidad tanto del suelo como del agua del riego.

- Cosecha

Se realiza 7 meses de instalado el cultivo se realiza dos recogidas de frutos de

color rojo intenso , la siembre debe realizarse máximo en el mes de agosto y primeros días de setiembre (Louvain Cooperation, n.d.).

d. Rendimiento

Según el estudio realizado por Dirección de Promoción de Inversiones (pro inversión), para el año 2018 se obtuvo un rendimiento de 5.18 tn/has en la zona de Lambayeque, siendo el potencial de rendimiento de alrededor de los 10000 Kg de fruto seco con 12% de humedad que se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2: Principales zonas de producción de paprika

Región	TM	has	Rendim. Promed. Kg/has	% PARTIC.TM
Arequipa	19509	3263	5.98	38.2%
Lima	8797	1712	5.14	17.2%
Ica	8527	1404	6.07	16.7%
Ancash	3584	785	4.57	7.0%
Piura	3453	495	6.98	6.8%
Lambayeque	2901	560	5.18	5.7%
La Libertad	2762	644	4.29	5.4%
Tacna	1286	296	4.34	2.5%
Otros	223	56	3.98	0.4%
TOTAL	51042	9215	5.54	100.0%

FUENTE: (Ministerio de Agricultura, 2008)

Por otra parte, según estudio de mercado realizado en el valle de Jequetepeque sobre la rentabilidad de los cultivos de arroz, maíz frijol y paprika, se determinó el alto porcentaje de rentabilidad en la paprika. Debemos resaltar que, La Libertad se caracteriza por ser uno de los departamentos que ofrecen mayor producción como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3: Rentabilidad de los principales cultivos en el valle Jequetepeque

	ARROZ	MAÍZ	FRIJOL	AJÍ PÁPRIKA	PIMIENTO PIQUILLO
Costo de producción/ha	S/. 5 300	S/. 3 000	S/. 1 800	S/. 13 000	S/. 14 000
Productividad	140 sacos cascara	8 500 kilos	1 800 kilos	5 000 kilos	22 550 kilos (1ª) 6 000 kilos (2ª)
Precio de venta	S/. 0,50 saco	S/. 0,48 kilo	S/. 1,30 kilo	S/. 4,5 kilo	S/. 0,907 kilos (1ª) S/. 0,388 kilos (2ª)
Venta total	S/. 7 000	S/. 4 080	S/. 2 300	S/. 22 500	S/. 22 815
Utilidad neta	S/. 1 700	S/. 1 080	S/. 540	S/. 9 500	S/. 8 815
Rentabilidad	32%	36%	30%	73%	63%

FUENTE: (Salas & Valencia Legua, 2009)

e. Exportaciones

En el 2020, los envíos de paprika peruana al mundo ascendieron a 26 mil toneladas por US\$ 67 millones, 17% más en volumen y 3% más en valor en comparación al 2019. España fue el país que más volumen de paprika peruana importó en el 2020: 10 mil toneladas.

III. DESARROLLO DEL TRABAJO

3.1. Ubicación

El proyecto se encuentra ubicado en el Fundo Agrícola S&M Foods, en el distrito de Zaña, provincia Chiclayo, departamento de Lambayeque, Perú. Comprende un de área bruta 44.8 ha, con proyección 172 ha.

En la Figura 10 se muestra la ubicación geográfica del Fundo S&M Foods.

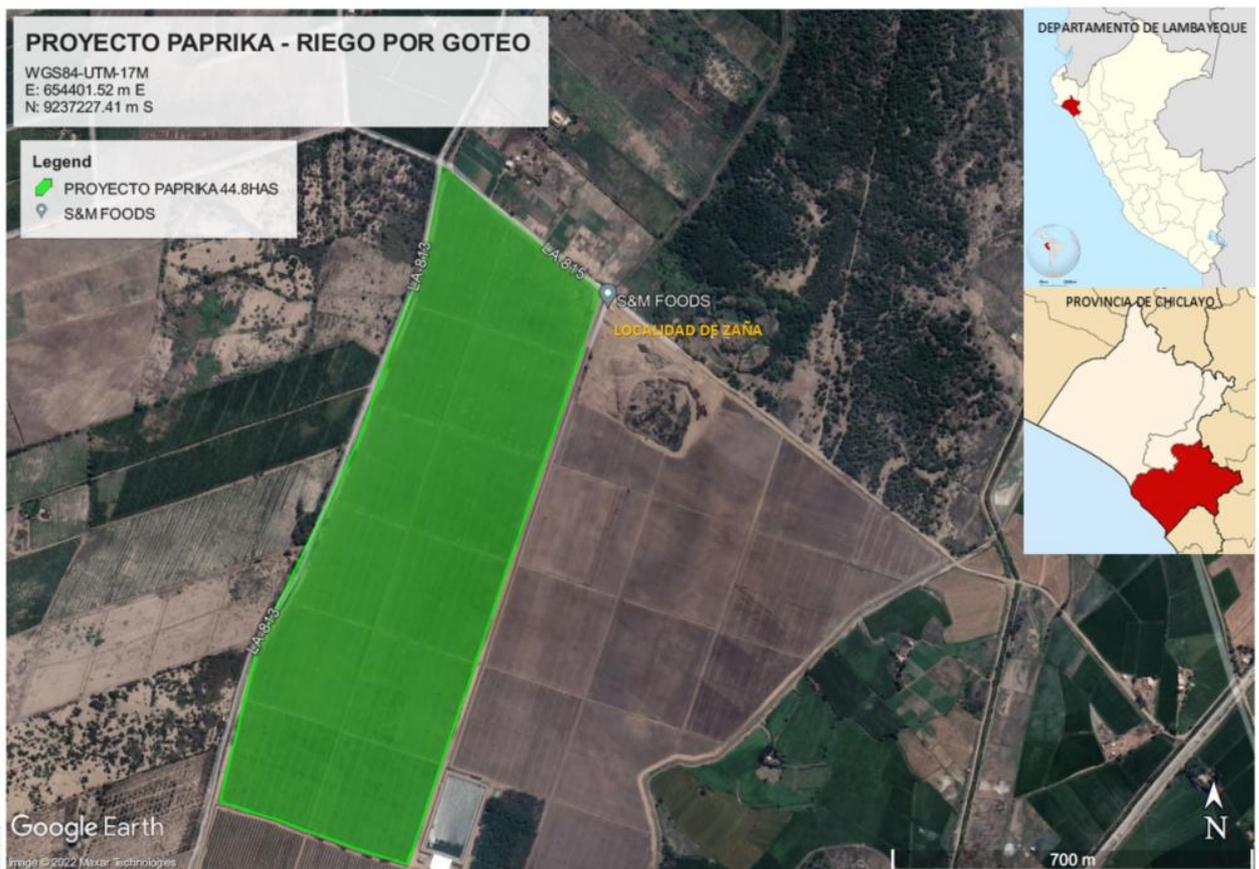


Figura 10: Ubicación geográfica del Fundo S&M Foods

FUENTE: (Google Earth,2022)

3.2. Materiales

Entre los materiales considerados para el desarrollo del estudio tenemos:

- Datos climáticos: temperatura, humedad relativa, precipitación, velocidad media y horas de sol
- Plano topográfico y planimétrico del fundo S&M Foods
- Análisis de suelo y agua.
- Software Cropwat 8.0
- Climwat v2
- Software Irricad v19
- Google Earth
- AutoCAD
- Civil3D

3.3. Metodología

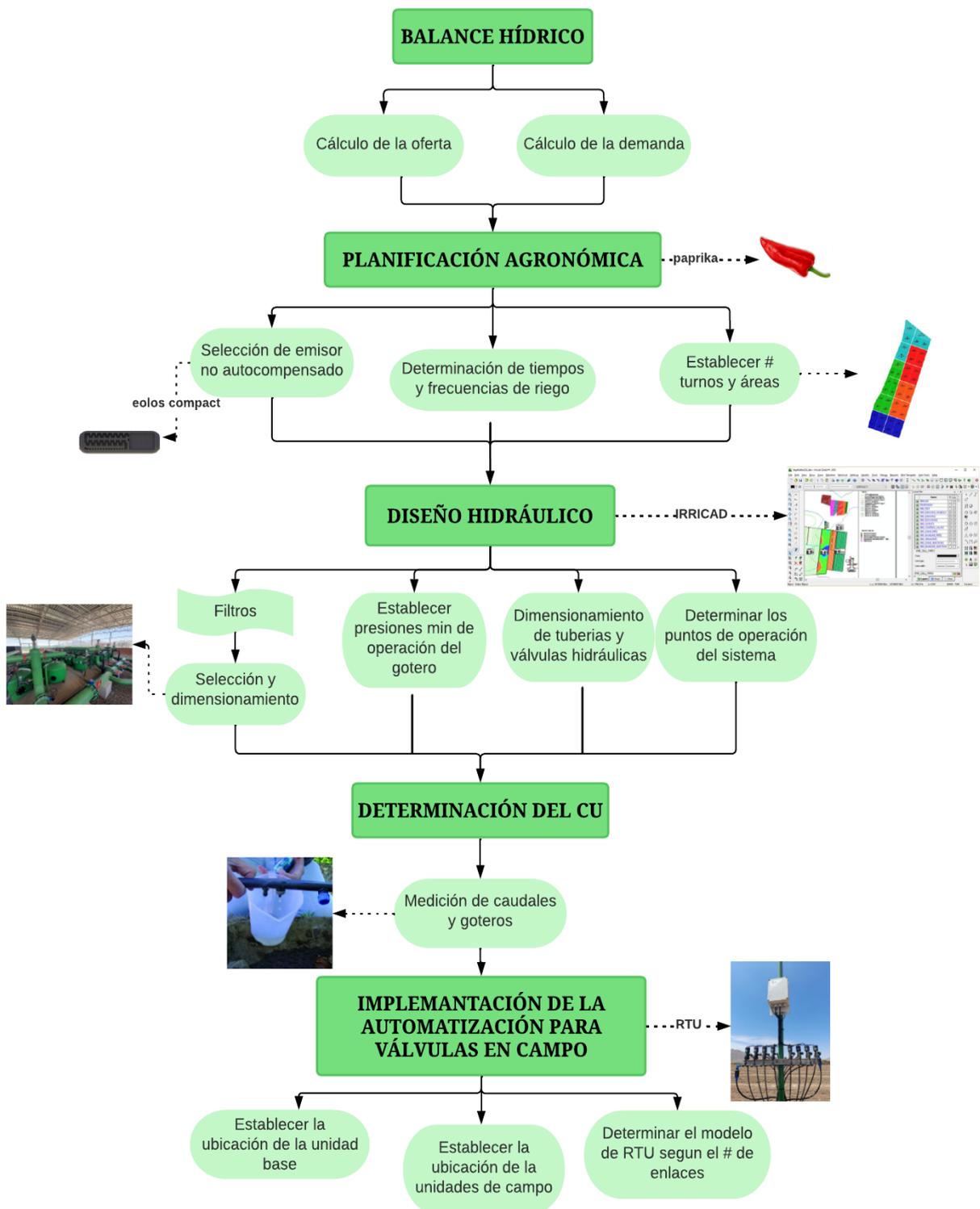


Figura 11: Diagrama de flujo de la metodología

3.3.1. Datos básicos

Para el diseño del sistema de riego se requirió de los siguientes datos básicos:

a. Topografía

Relieve variado con sectores llanos en zonas agrícolas y presencia de formaciones rocosas en menor proporción. El levantamiento topográfico se realizó con estación total, y procesados con el software Civil3D.

b. Características climáticas

Los parámetros climáticos fueron tomados del software Climwat específicamente de la estación Chiclayo por ser la más cercana a la zona.

Las condiciones climatológicas son cálido y seco, propios de la región costa con valores promedio de temperatura de 22.5°. No presenta cambios significativos que afecte en el desarrollo del cultivo, en la Tabla 4 se muestra un resumen de los datos meteorológicos.

Tabla 4: Datos de la Estación Meteorológica Chiclayo

Mes	T min (°C)	T máx. (°C)	HR (%)	Viento (m/s)	Horas de sol horas
Enero	18.9	29.5	72	346	6.2
Febrero	20	29.8	75	311	6.6
Marzo	20.2	30.8	73	311	6.3
Abril	18.9	29	74	346	6.7
Mayo	17.8	27.4	73	346	6.5
Junio	16.4	25.3	78	311	5.6
Julio	15.4	24.1	76	311	5.2
Agosto	14.6	23.5	76	346	5.4
Septiembre	15.1	21.5	76	346	6.3
Octubre	15.3	24.5	76	380	5.9
Noviembre	15.7	25.2	77	346	6.6
Diciembre	17.1	27.2	72	380	6.3
Promedio	17.1	26.5	75	340	6.1

c. Características del suelo

Por su textura, el suelo presenta características franco arenoso. Con un PH de 7.4 y una conductividad eléctrica (CE) de 1.6 mmhos/cm.

d. Características del agua

La fuente de agua que abastece al proyecto es un canal no revestido provenientes de las aguas del río Zaña, con valores relativamente altos de materia orgánica y material en suspensión propio de su naturaleza. (DBO: 31.5 mgO₂/L). En la Tabla 5 se muestra los parámetros de PH y CE medidos en la fuente del Fundo S&M Foods.

Tabla 5: Muestra de calidad de Agua

Parámetro	Resultado	Unidad
Ph a 22. 3°	6.99	-
Conductividad eléctrica a 25° C	1	Milimhos/cm
Calcio (Ca)	2.64	Meq/L
Magnesio (Mg)	0.91	Meq/L
Sodio (Na)	3.77	Meq/L
Potasio (K)	0.23	Meq/L
Amonio (NH)	<0.01	Meq/L
Cloruro (Cl)	3.21	Meq/L
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	2.05	Meq/L
Nitrato (NO ₃ ⁻)	0.04	Meq/L
Carbonato (CO ₃ ²⁻)	<0.02	Meq/L
Bicarbonato (HCO ₃ ⁻)	2.02	Meq/L
Fosforo (H ₂ PO ₄ ⁻)	<0.01	Meq/L
Cobre (Cu)	<0.01	Ppm
Zinc (Zn)	<0.01	Ppm
Manganeso (Mn)	<0.01	Ppm
Hierro (Fe)	0.37	Ppm
Boro (B)	0.69	Ppm
R.A.S	2.83	-

3.3.2. Cálculo del balance hídrico

Se calculó la oferta y la demanda de agua con el objetivo de conocer si el almacenamiento propuesto puede albergar el volumen de agua que requiere el cultivo de páprika determinando balance hídrico a nivel mensual.

3.3.3. Planificación agronómica

Para el planteamiento se utilizó un gotero no compensado con bajo requerimiento de presión. El lateral usado fue la Eolos Compact pues minimiza la pérdida de carga por fricción gracias a su reducido tamaño, lo que permite alcanzar longitudes más largas de manguera

conservando una gran uniformidad (Rivulis, 2021). Se esperó obtener un valor de uniformidad de 90% en promedio al tratarse de un riego por goteo.

A partir de la cantidad de mangueras por planta y espaciamiento de emisores; se calculó el valor de precipitación (mm/hr), permitiendo posteriormente, determinar el tiempo de riego requerido por planta para cubrir su necesidad.

Por otro lado, la disponibilidad horaria de energía nos permitió establecer el número de turnos posibles, como resultado del cociente entre las horas disponibles día y el tiempo de riego.

Finalmente, con la distribución de áreas por turno se pudo determinar un caudal preliminar.

- a. Cálculo de la evapotranspiración (Etc)
- b. Espaciamiento entre emisores (Se)
- c. Coeficiente de uniformidad (Cu)
- d. Eficiencia de riego (Ef. riego)
- e. Tiempo de riego (Tr)
- f. Precipitación (P)
- g. Capacidad preliminar del sistema (Q)
- h. Número de turnos
- i. Tamaño de turnos preliminares

3.3.4. Diseño hidráulico

Esta etapa engloba los cálculos técnicos requeridos para determinar las dimensiones, cantidades y características de los componentes que trabajarán para poner en marcha la operación del sistema de riego. Se tomaron como base los resultados obtenidos del planteamiento agronómico.

a. Cálculo del caudal de línea

El tipo de emisor seleccionado según los requerimientos fue la Eolos Compact, gotero no compensado con muchos años en mercado de riego y apto para el cultivo de paprika. Entre las características más relevantes se encuentra su diseño pequeño, capaz de minimizar la fricción del paso del flujo en el laberinto del gotero, logrando distancias más largas al tener un bajo exponente de correlación entre la salida del flujo y la presión; y la fricción causada por cada emisor en el lateral de goteo (kd).

Como resultado de todo lo mencionado, se alcanzaron distancias de 100 metros sin perjudicar la uniformidad.

En esta unidad determinaremos el caudal representativo para una longitud de 100 metros. Esto permitirá diseñar las sub unidades o lotes de riego.

- Ecuación de emisor

$$q_{promedio} = kh^x$$

Donde h es el valor de presión de entrada en metros, q es el caudal del emisor en l/h, k es el coeficiente de descarga y x es el exponente de descarga del emisor. La variable “X” puede tomar diferentes valores si es 0 es un gotero auto compensado, si es 1 el flujo es laminar y si es 0.5 es un flujo turbulento. En la Figura 12 se muestra la gráfica de caudal y presión para el Eolos Compact para distintos caudales.

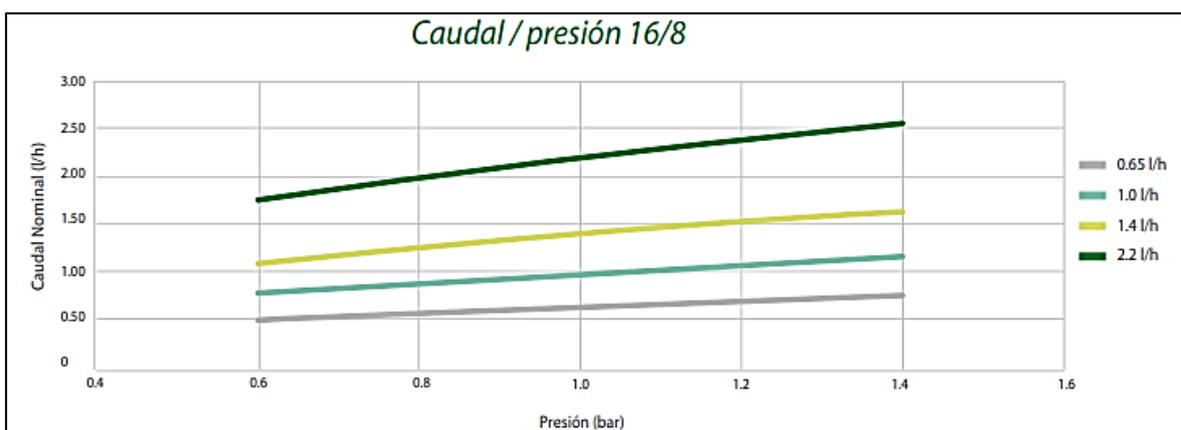


Figura 12: Gráfica de caudal y presión

FUENTE: (Rivulis, 2018)

- Ecuación de diferencial de presión

$$dp = \frac{0.1}{x} * P_{nominal}$$

La expresión anterior representa la máxima variación de presión que puede existir entre dos emisores de la unidad de riego en terreno llano; sin considerar las pendientes y siendo “p” la presión de funcionamiento del gotero y x su exponente de descarga (Monge, 2022).

- Caudal de línea

$$q_{lineal} = q_{promedio} * \# \text{goteros}_{en 100 metros}$$

b. Diseño hidráulico de la porta regante

En el diseño hidráulico se utilizó tuberías que cumplan con la NTP -ISO 1452 (Nicoll Perú S.A., 2006) considerando diámetros adecuados que permitan menores pérdidas de carga y velocidades no muy bajas que generen precipitados. Este último, importante para determinar el tiempo de llegada del fertilizante. Pueden instalarse en PVC y en PE, normalmente es conveniente hacerlo en PE, lo que da mayor flexibilidad a la red y no es necesario enterrarlas (INIA, 1999). Sin embargo, para evitar su exposición al medio y rayos UV, optaremos por emplear tubo de PVC enterrado con un resultado más económico.

Se empleó el software Irricad Pro v19, este programa permitió realizar el dimensionamiento de las tuberías principales y secundarias, tamaño de válvulas según su caudal, pérdidas de carga por fricción considerando los desniveles topográficos. Previamente se ingresó la información base del programa con los parámetros agronómicos para que puedan ser tomados en cuenta durante el procesamiento.

Además, se necesitó conocer los parámetros de diseño del emisor. En la Figura 13 encontramos el exponente de salida, la constante del gotero y el rango de trabajo u operación, además se detalla la información de rango operación mínima y máxima permisible; sin embargo, los valores de operación reales serán asignados de acuerdo a 10% de variación en caudal con el objetivo de alcanzar una uniformidad de 90%.

Caudal 10m (lph)	Diámetro nominal (mm)	Constante . (K) (for m, lph)	Constante (X)	kd	Presión mínima (m)	Presion nominal (m)	Presión máxima (m)	Cv (%)	Presión de (m)	Caudal (lph)	
D900 Eolos Compact											
16/8/1.0	1	16	0.352	0.45	0.06	5.1	8	12	3	10	1

Figura 13: Características técnicas del emisor

El valor de exponente del gotero es diferente de 0 por lo que estamos ante un emisor no compensado o variable a en función a la presión.

Para el cálculo de la pérdida de carga se usó la fórmula de Hazen –

Williams:

$$hf = \left(\frac{10.679}{C^{1.852}} \right) * \left(\frac{L}{D^{4.87}} \right) * Q^{1.852}$$

Donde:

hf = pérdida de carga (m)

L = longitud de la tubería (m)

D = diámetro interno (m)

Q = caudal (m³/s)

Los valores de los coeficientes “C” se sacan de Tabla 6, según material y años de uso de las tuberías.

Tabla 6: Coeficiente de Hazen-Williams por material

Material	Coficiente de Hazen-Williams
Asbesto-cemento (nuevo)	135
Cobre y Latón	130
Ladrillo de saneamiento	100
Hierro fundido, nuevo	130
Hierro fundido, 10 años de edad	107 – 113
Hierro fundido, 20 años de edad	89 – 100
Hierro fundido, 30 años de edad	75 – 90
Concreto, acabado liso	130
Concreto, acabado común	120
Acero galvanizado (nuevo y usado)	125
Acero remachado nuevo	110
Acero remachado usado	85
PVC	140
PE	150
Plomo	130 -140
Aluminio	130

FUENTE: (Hazen-Williams, 2015)

Por experiencia y como garantía de una mayor durabilidad de los materiales se optó por considerar 2.0 m/s como valor máximo en la porta regante. Sin embargo, consideramos un valor referencial de 1.2 m/s como velocidad promedio, que iremos

modificando según los caudales por lote y las pérdidas de carga obtenidas; sin dejar de lado los rangos de presión del gotero y la uniformidad requerida.

- Cálculo del tamaño de válvula

Para determinar el tamaño de válvula adecuado se calculó el caudal de paso. Como información de entrada tenemos la constante de variación de flujo (Kv) indicado por el fabricante. Con la ecuación siguiente podemos graficar la curva de relación caudal vs pérdida de carga (Ver Anexo 1).

$$Kv = \frac{Q}{\sqrt{\frac{1}{\Delta P}}}$$

Donde:

Q=Rango de Flujo (m3/h),

P=Pérdida de presión a lo largo de la válvula (bar), cuando está totalmente abierta

Obteniendo los siguientes gráficos, para los distintos tamaños de válvulas, que se muestra en la Figura 14.

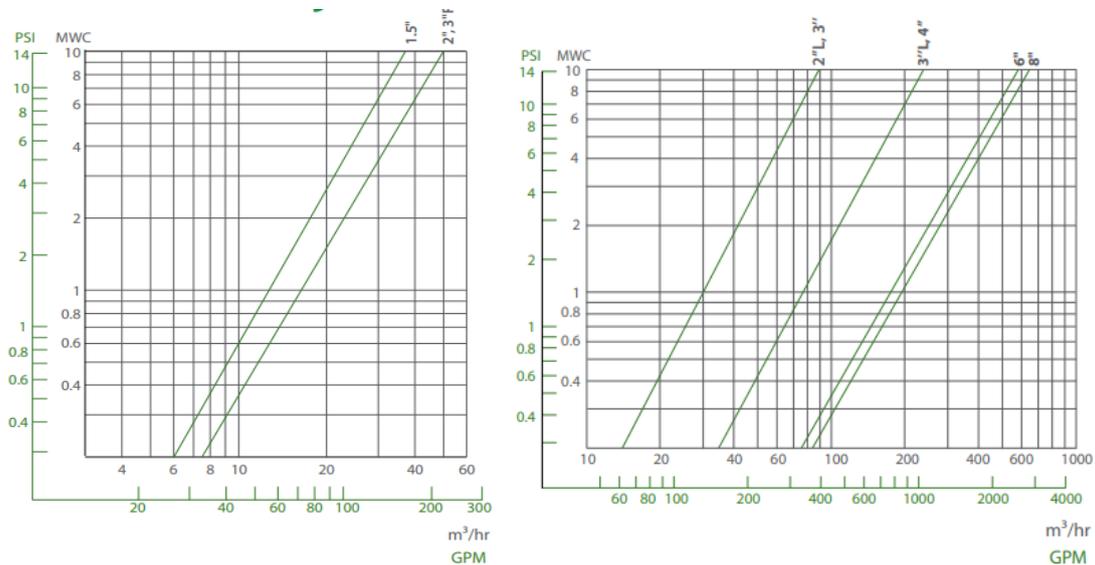


Figura 14: Pérdida de carga por válvulas

FUENTE: (RIVULIS, 2018)

El valor asumido como máxima pérdida por válvula, para nuestro caso y según experiencias, fue no superar una pérdida de 2.5 metros por válvula.

c. Diseño hidráulico de la matriz

Asignamos un valor de velocidad referencial de 1.2 m/s. Dicho valor no está por debajo de los 0.6 m/s, ni sobre pasar los 2 m/s; esto permitió determinar los valores de pérdida de carga por longitud en la ruta crítica por cada turno.

Luego de conocer las medidas de las matrices, se identificó y analizó la ruta crítica, que comúnmente comprende al turno de mayor presión ubicado la zona más desfavorable y donde se garantizó un promedio de pérdida del 1%. Para los turnos restantes este porcentaje puede ser mayor, esto se confirmó con el posterior ajuste de diámetros aceptando velocidades mayores a la referencial.

Con los puntos de operación de los turnos obtenido del diseño se determinó los valores requeridos por la bomba.

3.3.5. Cálculo de la cantidad de filtros y selección de bomba

El diseño del cabezal inició con la propuesta de una adecuada selección del medio filtrante de preferencia con un sistema auto limpiante, que emplea la presión del sistema con bajo costo de operación y mantenimiento.

Las válvulas de control y medida como válvulas hidráulicas, reguladores de presión, caudalímetros, manómetros, válvulas de aire, entre otras; se usaron con la finalidad de proporcionar al operador un seguimiento rápido y continuo del sistema en durante la operación (Fernández Gómez, 2010).

Para una selección adecuada del tipo de medio filtrante se tuvieron en cuenta los factores físicos, químicos y biológicos, esto determinó el modelo de filtro (arenas, anillas o malla).

Para el cálculo de la cantidad de cuerpos requeridos se revisó el catálogo del fabricante, el caudal recomendado según el tamaño, caudal de retro lavado, superficie de filtrado, tiempo de retro lavado, entre otros.

a. Cálculo del número de filtros de grava

Entre las maneras determinar el número de baterías de grava podemos emplear los siguientes criterios: por su funcionamiento y por la velocidad de filtración.

- Por su funcionamiento:

Este método se basa en la operación del tanque durante el proceso de filtración y cuando inicia el retrolavado.

1 paso: Cálculo del número de tanques con la siguiente formula:

$$\#_{tanque} = \frac{Q_{turno} \left(\frac{m^3}{hr}\right)}{Q_{promedio \ x \ tanque} \left(\frac{m^3}{hr}\right)}$$

Donde el Q_{turno} es el máximo valor y el $Q_{promedio \ x \ tanque} \left(\frac{m^3}{hr}\right)$ lo indica en la ficha técnica del tanque de grava.

2 paso: Cálculo del caudal del tanque:

$$Q_{tanque} = \frac{Q_{turno} \left(\frac{m^3}{hr}\right)}{\#_{tanque} - 1}$$

Para determinar el caudal por tanque se procedió a dividir el caudal máximo del turno entre el número de tanques menos uno (considerando que un tanque se encuentra retrolavando), dicho resultado se compara con el rango de filtración por tanque indicado en la ficha técnica.

- Por su velocidad de filtración:

Para este método se empleó el cuadro de velocidades indicado por el fabricante, donde propone rangos permisibles de velocidad de filtración según el caudal y el área de cada modelo de tanque mostrado en la Tabla 7.

Tabla 7: Velocidad de filtración por modelo de tanque

Modelo	Diámetro de filtro		Diámetro de las conexiones		Superficie de filtrado	Cantidad de arena	Flujo (m3/h) por la velocidad de filtrado			Flujo retro-lavado (m3/h)
	(pol)	(mm)	(pol)	(mm)			Velocidad de filtrado (m/h)*			Velocidad de lavado (m/h)*
							45	55	65	85
F605	12	300	1	25	0.07	40	3	4	5	6
F610	16	400	1.5	40	0.12	75	6	7	8	10
F620	20	500	2	50	0.20	120	9	11	13	17
F635	24	610	2	50	0.30	180	14	17	20	26
F636	25	610	3	80	0.30	180	14	17	20	26
F640	30	750	3	80	0.44	265	20	25	29	37
F650	36	900	3	80	0.63	380	28	35	41	54
F655	42	1050	3	80	0.87	520	39	48	57	74
F660	48	1200	4	100	1.13	680	51	62	74	96

FUENTE: (Yamit, 2021)

De la Tabla 7 se toma como referencia la velocidad de filtrado en el rango de 45 a 65 m/h para esto se calculó previamente el caudal por tanque.

$$Q_{\text{tanque}}\left(\frac{m^3}{hr}\right) = \frac{Q_{\text{turno}}}{\#_{\text{tanque}}}$$

$$\text{Velocidad}\left(\frac{m}{h}\right) = \frac{Q_{\text{tanque}}\left(\frac{m^3}{hr}\right)}{\text{Superficie filtrado}(m^2)}$$

b. Puntos de operación de la bomba

De los valores obtenidos del diseño de las sub unidades, pérdidas en válvula, pérdidas en matriz (con la ecuación de Hazen-Williams), pérdida en filtración y fricción de materiales en caseta, profundidad de reservorio, caudal por turno, caudal de retro lavado y desnivel topográfico, se determinó los puntos de operación de la bomba como la resultante de los valores antes mencionados; que permitió seleccionar un modelo la curva.

- Presión en la subunidad: Resultante de la pérdida de carga en la porta regante y las laterales.
- Pérdida de carga en el arco de riego: Por las pérdidas de carga en válvulas hidráulicas, reductores, tee, codo, entre otros.
- Pérdida de carga en la matriz: Es la pérdida de carga por fricción y se calculó con

la ecuación de Hazen-Williams.

- Pérdida de carga en el cabezal: Un valor constante de 10 metros. Siendo 5 metros la pérdida de presión permisible en el filtrado; y en el manifold y válvulas de regulación, la presión restante.
- Pérdida topográfica: Es la diferencia de cota de la válvula con la entrada del reservorio, es negativo si la pendiente está a favor y es positivo si la pendiente está en contra.
- Profundidad del reservorio: Una altura efectiva de 8.5 metros
- Factor de seguridad: se le suma de presión en la subunidad, pérdida de carga en el arco de riego, pérdida en accesiones y pérdida en el cabezal de riego. Consideramos 2% para el caso.

c. Selección de la bomba

Para la selección de bomba se consideraron factores como el tipo de fuente, altura de sección, eficiencia, costo, etc. Existen dos diferentes grupos de bombas las de desplazamiento positivo y centrífugas, estas última son las más utilizadas en los sistemas de riego. Los factores importantes para la selección son las curvas características de altura dinámica total, eficiencia, potencia y altura neta positiva en la aspiración versus caudal (Stewart, 2019).

Con los requerimientos de obtenidos del diseño hidráulicos de caudales y presiones en los cinco turnos. Se seleccionó el punto de operación crítico, siendo este el que presente valores de presión y caudal máximos.

d. Cálculo de NSPH

Para el cálculo de la energía mínima requerida en la succión fue necesario conocer factores como tipo fluido, temperatura, altura sobre el nivel del mar, carga de succión y pérdidas por fricción. Se consideró que el resultado disponible se encuentre como mínimo 0.50 metros por encima que el valor requerido por el fabricante.

$$NPSH_{disponible} \geq NPSH_{requerido} + 0.5m$$
$$NPSH_{disponible} = \frac{Pa - Pv}{\rho g} + H_{succ.} + hf$$

Siendo:

Pa: Presión atmosférica (m)

Pv: Presión de vapor a la temperatura de bombeo

S: Gravedad Especifica

H succ: altura de succión. (m)

Hf: perdida por fricción. (m)

3.3.6. Evaluación de coeficiente de uniformidad

Con el objetivo de comprobar que el diseño a nivel de las subunidades se cumpla; se determinó el coeficiente de uniformidad (CU). Se analizó si los emisores se encuentran trabajando a un rango de operación adecuado y aportando el caudal de diseño, en estos sistemas se esperó obtener un CU entre un 90 a 95% (Agencia de Extensión Rural Pocito, 2013).

Para calcular el coeficiente de uniformidad se realizó de los siguientes procesos:

- Seleccionar 4 hileras de riego, 2 de ellos que se encuentren alejados y 2 intermedios equidistantes. (según la distribución de la imagen posterior)
- Cada hilera se subdivide en 4 partes que serán en la siguiente disposición: la primera, la ubicada a 1/3 del origen, a 2 /3 del origen y la última. Así tendremos 16 puntos de medición.
- Aforar en cada sitio el tiempo deseado. La forma de medición de caudal es a través de una probeta milimétrica, con un tiempo de medición de 36 segundos.
- Se organizan los caudales de mayor a menor calculando el promedio total de todos los datos (q) y el promedio de los 4 datos más bajos obtenidos (q25%)
- Se registran los valores en la formula y resultado es el coeficiente de uniformidad.

$$CU = \frac{q_{25\%}}{q} * 100$$

Es recomendable realizarlo por lo menos una vez al año o cuando se vea que el sistema no está funcionando de forma correcta (Liotta, 2000).

3.3.7. Automatización vía radio para la apertura y cierre de válvulas hidráulicas

a. Características del controlador

La automatización está comprendida por controladores en campo y un controlador base. El controlador Dream II, es modelo desarrollado para controlar el riego en campos abiertos y sobre todo campos de grandes extensiones. Cuenta con salidas y entradas locales corriente directa (CD) y alterna (CA), esto se ejecuta a través de tarjetas 16 Salidas / 8 Entradas. En la Figura 15 se muestra un esquema de interacción del Dream con los agentes de monitoreo a través del servidor.



Figura 15: Interacción con el servidor

FUENTE:(TALGIL, 2018)

Todos los sistemas de automatización pueden estar conectados al servidor y ser operados por diferentes usuarios como personal técnico en campo, la misma empresa proveedora del equipo para brindar soporte remoto, etc. La comunicación se da mediante una orden emitida desde un teléfono celular o equipo de escritorio, que viaja a través del servidor hasta ser captada por el controlador. Además, con el objetivo de mejorar la toma de decisiones. La interface de aplicación o API permite que, más de una aplicación interactúe en coordinación con el Dream II, siempre que sea compatible. Por ello, según la operación requerida, el fondo se indicará el número de usuarios posibles.

Para conectar el Dream al servidor existen dos maneras. La primera, si se dispone de un router con señal de internet en el centro de control se toma un punto de conexión LAN y se enlaza con la tarjeta Ethernet del Dream II, otra forma es con una tarjeta SIM de (100MB) como mínimo, pero se debe tener una buena cobertura con algún operador de la zona.

Para determinar el tipo de conexión con el servidor, fue necesario conocer el tipo de fuente de energía, voltaje y tipo de comunicación con el servidor (Ethernet o Modem) con que cuenta el Fondo.

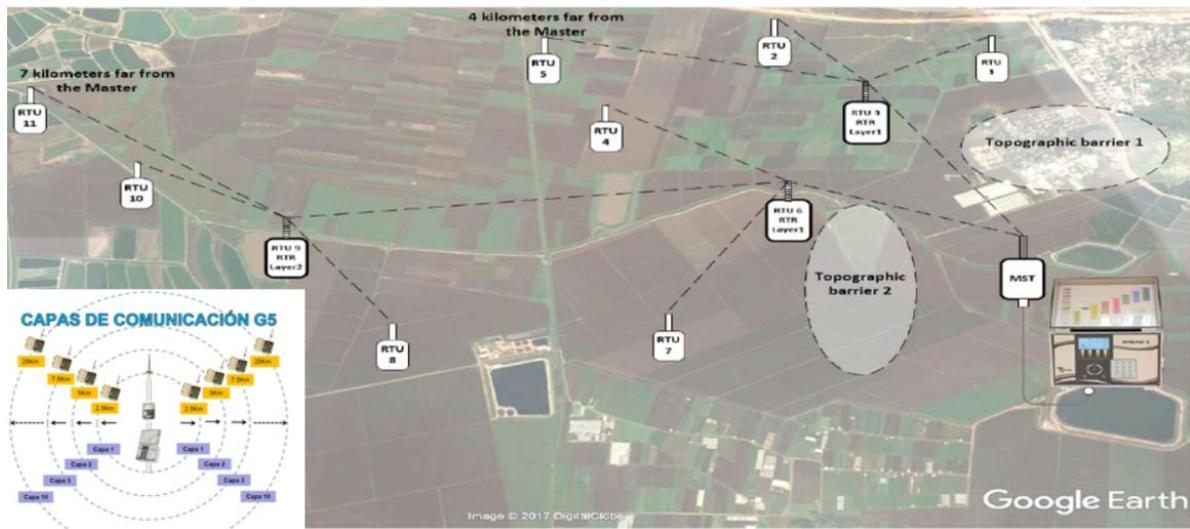


Figura 16: Mapa de automatización

FUENTE: (TALGIL, Guía de sistema Dream RF RTU, 2014)

Para la selección de la frecuencia de operación un factor que fue considerado es la presencia de otros controladores aledaños. Esto para evitar ruidos o posibles interferencias. Con los modelos antiguos el rango de separación permisible entre la master y la base se aproximaba a un valor 2.5 km de distancia. Actualmente con la generación cinco, esta separación puede ampliarse hasta 25km, asumiendo un mayor margen de seguridad por intermedio de las repetidoras.

Los medios de comunicación que permiten que el Dream II tenga conectividad con otros equipos se muestra en la Figura 17 con un esquema de interfaces.

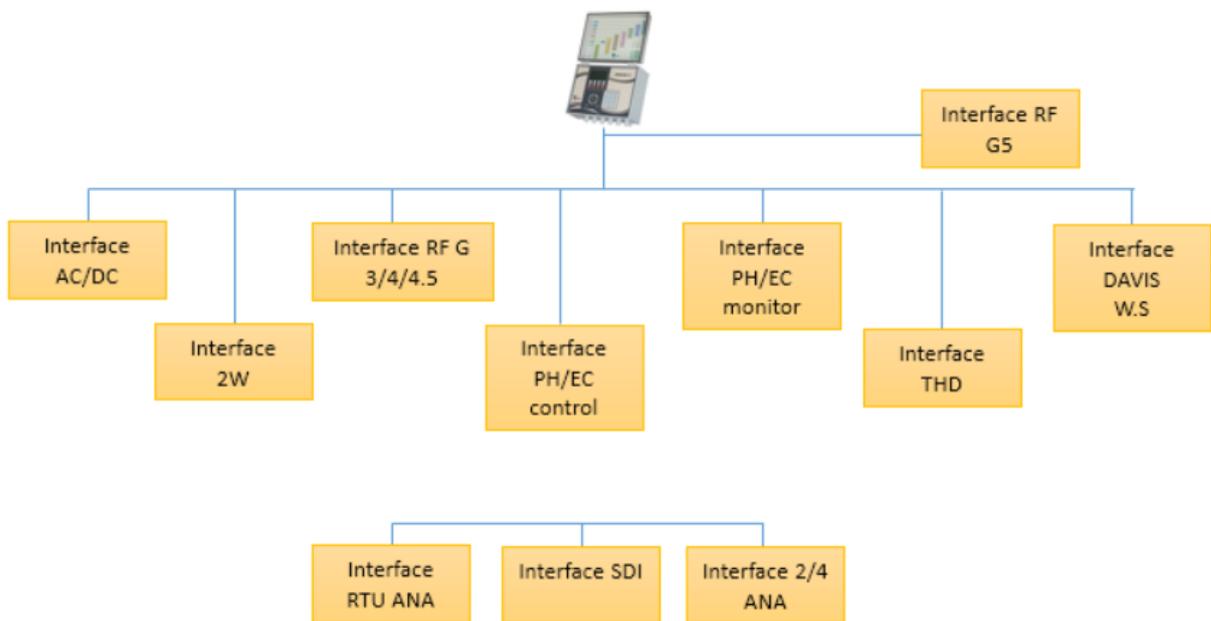


Figura 17: Esquema de Interfaces

FUENTE: (TALGIL, 2018)

- La interface AC/DC, permite la conexión para la activación de bombas de riego, fertilizantes, etc. Es decir, equipos que operan con corriente continua y alterna.
- La interface RF G3/4/4.5/5, mantiene la comunicación entre las unidades que tengan la misma serie. Cabe resaltar que interface G5 opera como un componente aparte en comparación a las otras generaciones.
- La interface monitor registra valores de pH y conductividad eléctrica.
- La interface control es la encargada de comunicar la mesa de fertilización con el Dream, registra los valores mencionados de pH y CE y genera datos de fertilización en base a la necesidad del sistema.
- La interface THD es la encargada de la medición de ruido o interferencia en la automatización.
- La interface DAVIS, establece conexión con una estación meteorológica.
- Y las interfaces para sensores de humedad, presión, temperatura, etc; que son la RTU ANA, 2/4 ANA (que presenta 2 salidas y 4 entradas).

b. Ubicación de las unidades remotas

La unidad base se ubica en la parte más baja del poste (soporte metálico donde se instala la unidad) a una altura conveniente para poder conectar los solenoides de las

válvulas y los transmisores de pulso de los medidores.

Un RF RTU puede ser configurado para actuar también como una RF REPEATER (repetidora) que puede ayudar a la Master a enlazar con las unidades ubicadas a una distancia superior a su radio de comunicación o que presenten ciertos obstáculos.

Para su ubicación se tomó en cuenta factores como:

- Topografía.
- Turnos de riego
- Distancia entre la RTU y la válvula

Considerando también las características de la generación 5:

- Diez capas de repetición
- Hasta 600 RTU's por canal (master)
- Distancia de 2.5 km entre master/ router y RTU's (con línea de vista)
- Comunicación asíncrona, debido a que busca la señal de una RTU repetidora cercana para cumplir su función
- Selección de frecuencia automática, en el caso de presentar ruidos o interferencias en la frecuencia en la que operan; automáticamente la unidad busca otra cercana y la vuelven repetidor para tomar información de la master
- Reintentos de comunicación, tienen una capacidad máxima de comunicación de hasta diez veces como repetidoras, alcanzando un máximo de 25 km

En el campo, la RTU fue energizada mediante baterías y por energía solar. Cuando se utilizan baterías secas, se deberá usar 6v dv, provisto por baterías alcalinas 4 x 1,5v tipo "D". Cuando se utilice energía solar el RF RTU utilizará 12v DC y la unidad tendrá una batería recargable de 12v. La energía solar es normalmente provista por un panel de 2 Watts o 5 Watts en unidades que sirven como repetidoras.

c. Determinación de los modelos de regletas

La barra de solenoides se localizó al pie de las RTUs, cada barra fue dimensionada según la cantidad de válvulas hidráulicas. Así mismo, el micro tubo o manguera

comando sirvió de conexión entre la válvula y la unidad.

Los factores para determinar el modelo de regleta fueron:

- Tamaño de válvula
- Cantidad de enlaces y número de micro tubos por enlace

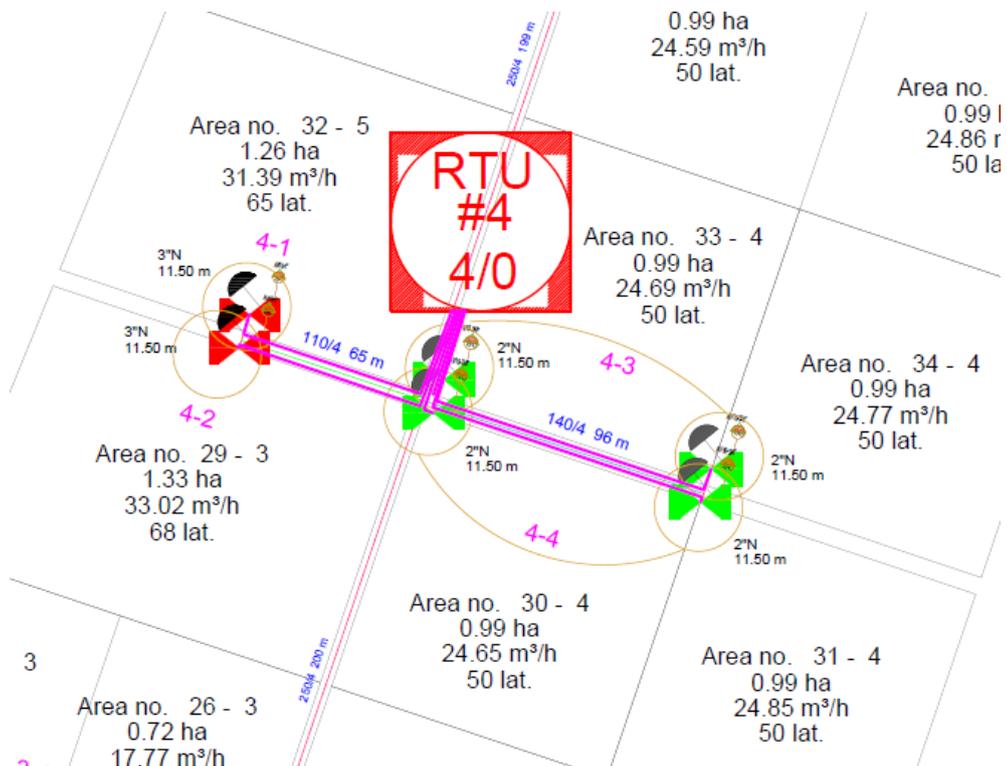


Figura 18: Referencia de modelo de regleta según la cantidad de válvulas

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Cálculo del balance hídrico

Para el balance hídrico se requirió el volumen de agua de demanda y oferta, para ello fue necesario conocer parámetros como la Evapotranspiración potencial (Eto), que se calculó con el software CROPWAT 8.0. En la Tabla 8 se muestra el resultado de la Eto para todos los meses.

Tabla 8: Características climáticas en la estación Cayalti

Mes	T min (°C)	T máx. (°C)	HR (%)	Viento (m/s)	Horas de sol horas	ETo (mm/día)
Enero	18.9	29.5	72	346	6.2	4.95
Febrero	20	29.8	75	311	6.6	4.85
Marzo	20.2	30.8	73	311	6.3	5.02
Abril	18.9	29	74	346	6.7	4.66
Mayo	17.8	27.4	73	346	6.5	4.22
Junio	16.4	25.3	78	311	5.6	3.37
Julio	15.4	24.1	76	311	5.2	3.33
Agosto	14.6	23.5	76	346	5.4	3.54
Septiembre	15.1	21.5	76	346	6.3	3.6
Octubre	15.3	24.5	76	380	5.9	3.99
Noviembre	15.7	25.2	77	346	6.6	4.13
Diciembre	17.1	27.2	72	380	6.3	4.67
Promedio	17.1	26.5	75	340	6.1	4.19

Se tomó los datos de coeficiente del cultivo (Kc) del XV Congreso de la sociedad peruana en horticultura para el cultivo de la paprika con un valor para el inicio de 0.65, medio de 0.65 y final de 0.8 y el periodo vegetativo para la primera, segunda tercera y cuarta etapa de 14, 17,98 y 126 días, además de la fecha de siembra que inicia en abril.

En la Tabla 9, se muestra los valores de Kc para todos los meses del año, teniendo como máximo valor 0.85 y una lámina anual de 1049.61 mm/año en la provincia de Chiclayo.

Tabla 9: Valores de Eto mensual

Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Anual
Kc	0.65	0.86	0.65	0.65	0.65	0.86	0.95	0.90	0.86	0.82	0.65	0.65	
Eto (mm/día)	4.95	4.85	5.02	4.66	4.22	3.37	3.33	3.54	3.60	3.99	4.13	4.67	
Nº días del mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
Eto (mm/mes)	153.45	140.65	155.62	139.80	130.82	101.10	103.23	109.74	108.00	123.69	123.90	144.77	1,534.77

a. Oferta del agua

Se cuenta con un reservorio (en corte) de 60 000 m³, revestido con una geo membrana de HDPE lisa de 1mm de espesor. El ingreso del agua al reservorio se da a través un canal alimentador no revestido con una capacidad 900 l/s. Posteriormente; para aprovechar mejor el agua, se realizó un cambio de revestimiento pasando a un canal con geo membrana de HDPE en un tramo de aproximadamente 1000 metros lineales, hasta llegar al desarenador. En la Figura 19 se muestra el desarenador.



Figura 19: Entrada al desarenador

Esta estructura se encarga de reducir la carga de material sedimentable y luego por rebose entregar el agua a una velocidad baja en el reservorio. En este punto, debemos resaltar que dicha estructura no tiene como finalidad reducir el porcentaje de material orgánico. La proliferación de la Materia Orgánica (Algas y Micro algas) en infraestructuras de este tipo se ven beneficiadas por la luminosidad, por lo que la aplicación de insumos de control como el Sulfato de Cobre e hipoclorito de calcio deben ejecutarse periódicamente, teniendo el cuidado de que sean disueltos y colocadas a la entrada de los desarenadores, el sulfato de cobre es corrosivo y puede afectar los impulsores de las bombas, los tanques de grava y otros componentes metálicos del sistema.

A continuación, encontramos el reservorio, cuyas dimensiones son de 146 metros de largos, 70 metros de ancho y 9 metros de profundidad. Como se mencionó anteriormente es de tipo enterrado o en corte por la naturaleza de la fuente de agua; con una sección de tipo tronco-piramidal. En la Figura 20 se muestra el proceso de llenado del reservorio.



Figura 20: Reservorio con toma flotante

Así mismo, se encontraron 02 tomas flotantes de 24” de diámetro. Cada una comunica al reservorio con la cámara húmeda. Finalmente, la cámara es el punto de succión directa del equipo de bombeo vertical ubicado al interior del centro de control.

A continuación, en la Figura 21 se muestra las dimensiones consideradas en el reservorio para cumplir con la capacidad de almacenamiento.

RESERVORIO

DIMENSIONAMIENTO DE RESERVORIO

A=	70.00	m
B=	146.00	m
(pend) Z=	0.60	Z=dy/dx (m/m)
E=	2.00	m
H=	9.00	m
Hx	0.00	m
Hagua=	8.50	m
Nivel de agua respecto el terreno natural		
-0.50 Esta por debajo		

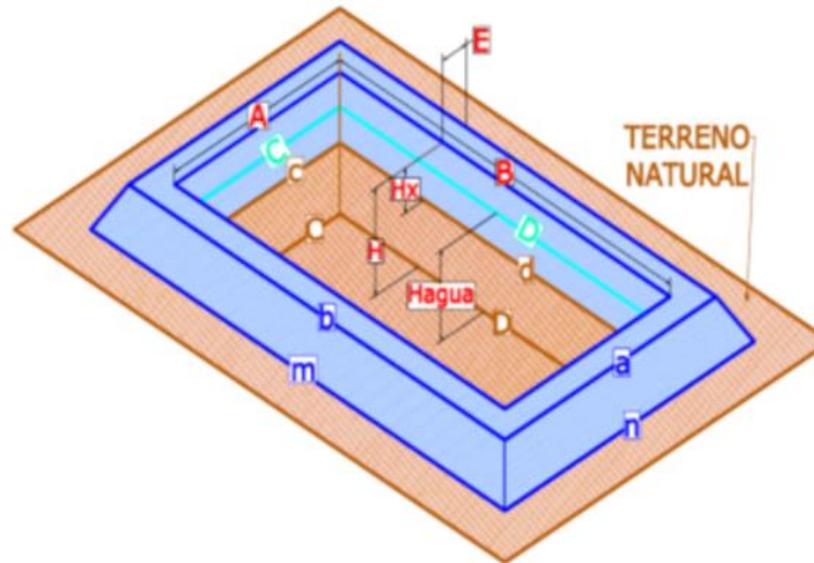


Figura 21: Dimensiones de reservorio

El reservorio se encuentra proyectado para ampliaciones futuras de cultivo, llegando a un total de 172 ha neta.

A continuación, presentamos la oferta obtenida por mes, durante 13 horas al día y una frecuencia disponible de cada cinco días en la Tabla 10.

Tabla 10: Oferta mensual para S&M Foods

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Caudal (l/s)	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900	900
N° días por mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Volumen Agua (m3/mes)	261144	235872	261144	252720	261144	252720	261144	261144	252720	261144	252720	261144

b. Demanda del agua

Para el determinar la demanda de cultivo fue necesario conocer la Evapotranspiración potencial (Eto). El resultado de demanda obtenida fue de 2. 19 MMC anual para las 172 ha proyectadas, siendo el consumo máximo en el mes de febrero, en la Tabla 14 se muestra el resumen de los cálculos realizados para la demanda mensual.

Tabla 11: Demanda mensual de agua del Fondo S&M Foods

Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Anual
Eto(mm/día)	4.95	4.85	5.02	4.66	4.22	3.37	3.33	3.54	3.60	3.99	4.13	4.67	
Kc ponderado	0.65	0.86	0.65	0.65	0.65	0.86	0.95	0.90	0.86	0.82	0.65	0.65	
Etc(mm/día)	3.22	4.17	3.26	3.03	2.74	2.90	3.16	3.19	3.10	3.27	2.68	3.04	
PP (mm/día)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Déficit de humedad (mm/día)	3.22	4.17	3.26	3.03	2.74	2.90	3.16	3.19	3.10	3.27	2.68	3.04	
Eficiencia de riego (%)	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	
N° días del mes	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	
Requerimiento de agua (mm/día)	3.58	4.63	3.63	3.37	3.05	3.22	3.52	3.54	3.44	3.64	2.98	3.37	
Requerimiento de agua (m ³ /ha/día)	35.75	46.34	36.26	33.66	30.48	32.20	35.15	35.40	34.40	36.35	29.83	33.73	
Requerimiento de agua (m ³ /ha/mes)	1,108.25	1,343.99	1,123.92	1,009.67	944.81	966.07	1,089.65	1,097.40	1,032.00	1,126.95	894.83	1,045.56	
Área total (Ha)	172.00	172.00	172.00	172.00	172.00	172.00	172.00	172.00	172.00	172.00	172.00	172.00	
Volumen total por mes (MMC/mes)	0.191	0.231	0.193	0.174	0.163	0.166	0.187	0.189	0.178	0.194	0.154	0.180	2.199

c. Balance

En la Tabla 12 observamos que todos los valores del parámetro de balance son positivos, es decir no tendremos déficit de agua mensualmente y en la Figura 22 se muestra la oferta y demanda mensual para el Fundo.

Tabla 12: Demanda mensual de agua del Fundo S&M Foods

Parámetro	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Oferta(m3/mes)	374,976.00	338,688.00	374,976.00	362,880.00	374,976.00	362,880.00	374,976.00	374,976.00	362,880.00	374,976.00	362,880.00	374,976.00
Demanda(m3/mes)	1.91	2.31	1.93	1.74	1.63	1.66	1.87	1.89	1.78	1.94	1.54	1.80
Balance (m3/mes)	374,974.09	338,685.69	374,974.07	362,878.26	374,974.37	362,878.34	374,974.13	374,974.11	362,878.22	374,974.06	362,878.46	374,974.20

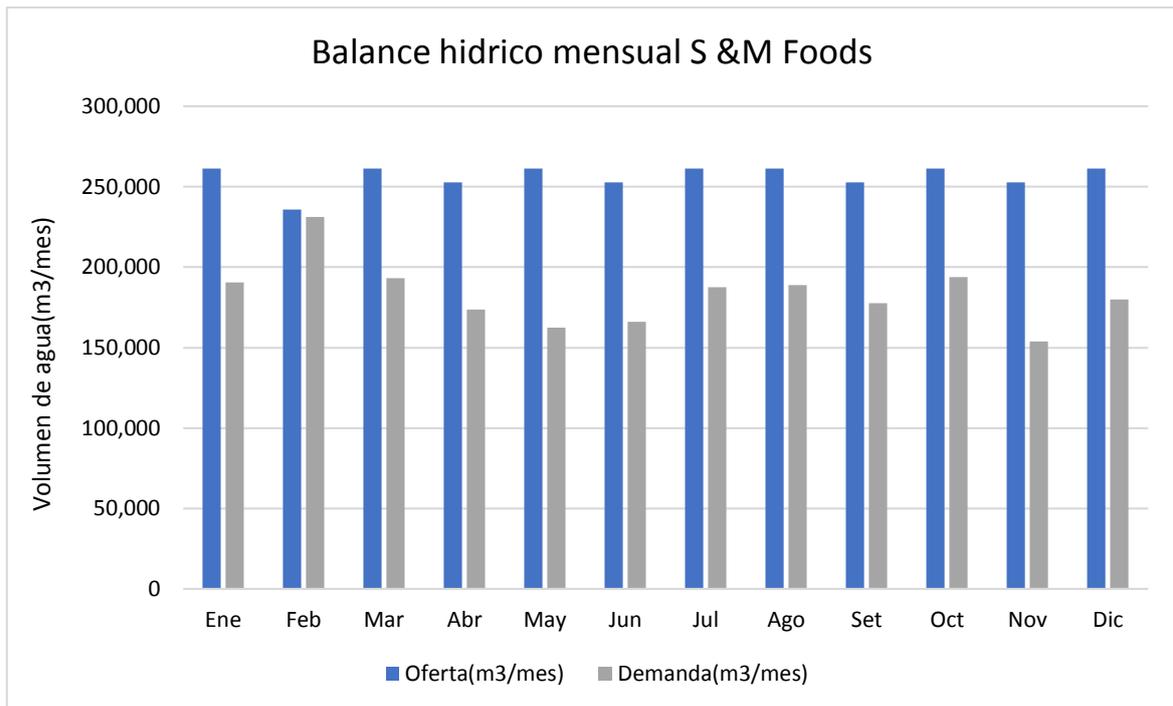


Figura 22: Balance hídrico mensual del Fundo S&M Foods

4.2. Diseño agronómico

Se empleó el gotero no compensado EOLOS COMPACT con un espaciamiento continuo de 0,20m (de fábrica). Para un caudal promedio de 1.00 l/h y considerando un gotero por planta; se obtuvo una precipitación de 2.5 mm/hr y un tiempo de 2.8 hrs por cada turno.

Inicialmente se indicó, como horas aprovechables de energía, un máximo 15 horas/día. Por esto, el número de turnos posibles para dividir el campo fue de cinco. A continuación, presentamos los datos relevantes del diseño agronómico en la Tabla 13.

Tabla 13: Parámetros agronómicos

Parámetros de diseño agronómico-S&M FOODS		
Descripción	Unidades	Valores
Área	Ha	41
Emisor	-	gotero
Lamina de riego a reponer		
Evapotranspiración potencial-Eto	mm/día	4.85
Coeficiente del cultivo-Kc	-	0.86
Evapotranspiración real-Etc	mm/día	4.17
Precipitación efectiva-PP	-	0
Requerimiento de lavado-K=LR	-	0.33
CE del agua de riego-CEi	mmhos/cm	1
CE del extracto de saturación del suelo-CEext	mmhos/cm	1.5
Lamina bruta-Lb(calculada)	mm	6.68
Lamina bruta-Lb(asumida)	mm	7
Características agronómicas		
Cultivo	-	Paprika
Distancia entre planta	m	0.2
Distancia entre hileras	m	2
# hileras por planta	-	1
Q del emisor	l/hr	1
Coeficiente de uniformidad-Cu	-	0.94
Tiempo de riego	hr	2.8
Tiempo de riego-Fr	día	1
Horas de operación por día-h/D	hr	14.44
Capacidad del sistema	l/s	26.47
#Turnos	-	5.00
Tamaño de turnos	ha	8.2
Características del emisor		
Emisor	-	EOLOS COMPACT
Lateral de riego	-	Manguera
Diámetro interior	mm	16
Espesor de la pared de la manguera	mm	0.2
caudal del gotero	l/hr	1

Al emplearse un sistema de riego por goteo se esperó obtener una eficiencia de riego promedio del 90%.

Se aprecia que el emisor mencionado presenta un exponente de descarga diferente de 0, parámetro que indicó su sensibilidad a la variabilidad de presiones hasta el punto de descarga. Esto generó como consecuencia que el caudal inicial entregado sea diferente al encontrado en el tramo final, por ende, no se obtuvo un valor constante.

Del análisis de calidad de agua se observó que no se supera el valor de 1.5 ds/m tolerable por la planta, el pH neutro no sobrepasa el valor ideal de 7.2 y de igual manera el valor de RAS es menor de 5. El suelo es relativamente suelto, con buena aireación, franco arenoso y buen drenaje.

4.3. Diseño hidráulico

Se calculó la caudal línea en un tramo de 100m, se dimensionó la porta regante y matriz hasta determinar los puntos de operación del sistema. Para ello, se utilizamos un software especializado para el diseño y evaluación de proyectos de riego por goteo y aspersión, Irricad Pro v19.

Previamente se ingresó datos básicos del emisor como se muestra en la Figura 23 a continuación.

Tape Number		2494	
Tape Description		Eolos Compact 8mil-16mm 1.0l/h @ 0.2m	
Usage	L Lateral	Default Inlet Pressure	9.9991 m
Warehouse Code	Eolos C 8mil-16mm 1.0l/h @ 0.2m	Minimum Pressure	8 m
Supplier Cost Code	ERDP Label	Maximum Pressure	12 m
Pipe Type	LDP COV 0.03	Zone Pressure Tolerance	30 % above
Nominal Diameter	16 mm	Zone Pressure Tolerance	10 % below
Actual Diameter	16.1 mm	Nominal Specific Discharge Rate	500 lph/100m
Tape Roughness	140 C	Flow Calculation Type	Iteration <input checked="" type="checkbox"/>
Allowable Pressure	12 m	Emitter Constant	0.3481
Wholesale Cost	0.1 per meter	Emitter Index	0.4576
Retail Price	0.1 per meter	Emitter Barb Factor	0.035
Plotting Line Type		Spacing	0.2 m
Plotting Color		Minimum PC Pressure	0 m

Figura 23: Gráfica de datos básicos del emisor

- Ecuación de emisor

$$q_{promedio} = 0.34h^{0.45}$$

$$dp = \frac{0.1}{0.45} * 10m = 2.2m$$

- Cálculo del caudal de línea.

$$q_{lineal} = 1.00 \text{ lph} * \frac{100m}{0.2m} = 500 \text{ lph}$$

El caudal acumulado en 100 m fue de 500 lph, valor que fue asignado como caudal de lateral para la estimación de los diámetros de tubería.

En la Figura 24 se muestra el gradiente hidráulico de uno los laterales; siendo el límite máximo de presión permisible de 12 metros y 8 metros la presión mínima del gotero. De esta manera se garantizó una presión promedio en el lote de 10 m para un caudal 1.00 lph.

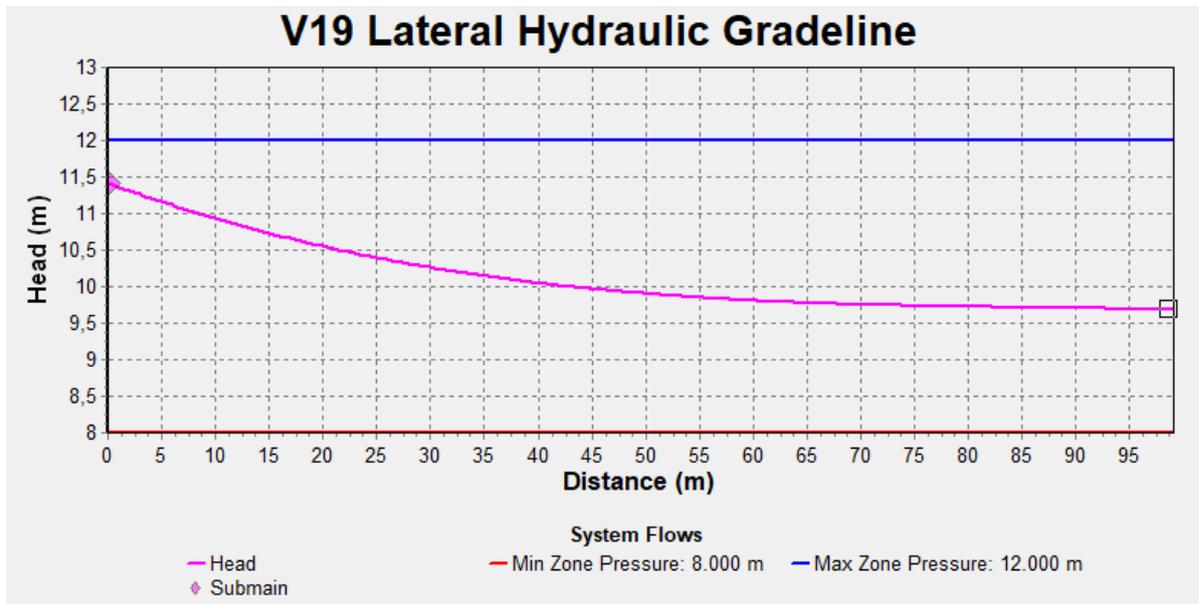


Figura 24: Gradiente hidráulico del lateral

El valor máximo de presión fue de 11.5 m a la entrada del lateral también conocido como presión de regulación. Y la presión final obtenida fue un valor por encima del mínimo permisible, 9.75 m.

La pérdida de presión obtenida fue de 1.75 m en 99.5 m de largo de lateral real, valor que representa el 1.75% de pérdida por cada metro, que estaría dentro de los parámetros de variación permisible de 2.2 m. Este valor relativamente bajo se debió a la topografía prácticamente plana y diseño del emisor con exponente por debajo de 0.5.

Posteriormente, considerando las presiones reales en el sistema se determinó los caudales máximos y mínimos obtenidos por cada lote de riego.

- Diseño hidráulico de la porta regante

Para determinar los diámetros de la porta regante, previamente se lotizó el campo. Teniendo en consideración que el largo de lateral deba ser el mayor posible. La posición de la válvula también influyó en la distribución de caudal afectando los

diámetros de tubería y presiones de trabajo.

Se determinó el número de hileras por planta de la división entre la longitud de la portaregante y el espaciamiento entre plantas, resultando con un valor de 50 hileras. A continuación, se fijó una velocidad de entrada de 1.2m/s, que en conjunto con el caudal lineal sirvió para calcular los diámetros de tubería. Este proceso fue repetitivo desde el lateral final a la inicial acumulando un caudal hasta la válvula con la siguiente ecuación:

$$\text{Caudal } \left(\frac{m^3}{s}\right) = \text{Velocidad } \left(\frac{m}{s}\right) * \text{Area } (m^2)$$

Las pérdidas de cargas se estimaron con la ecuación de Hazzen – Williams, considerando una constante de fricción de 140 para PVC. Posteriormente, a la resultante de pérdida acumulada y la presión mínima de la válvula, se le dio el nombre de presión de regulación. En la Tabla 14 se muestra el reporte de velocidades y pérdidas para la válvula 19.

$$hf = \left(\frac{10.679}{140^{1.852}}\right) * \left(\frac{L}{D^{4.87}}\right) * Q^{1.852}$$

Tabla 14: Reporte de velocidad y pérdidas de carga en la válvula 19

TRAMO	Diámetro (mm)	Material	Caudal (m3/h)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	Hf (m)
Salida de la Válvula	90	PVC	24.8	1.2	0.5	0
2	90	PVC	24.3	1.2	2	0.02
3	90	PVC	23.8	1.1	2	0.02
4	90	PVC	23.3	1.1	2	0.01
5	90	PVC	22.8	1.1	2	0.01
6	90	PVC	22.3	1.1	2	0.01
7	90	PVC	21.8	1.1	2	0.01
8	90	PVC	21.3	1	2	0.01
9	90	PVC	20.8	1	2	0.01
10	90	PVC	20.3	1	2	0.01
11	90	PVC	19.8	1	2	0.01
12	90	PVC	19.3	0.9	2	0.01
13	90	PVC	18.8	0.9	2	0.01
14	90	PVC	18.3	0.9	2	0.01
15	90	PVC	17.8	0.9	2	0
16	90	PVC	17.3	0.8	2	0
17	90	PVC	16.8	0.8	2	0

«Continuación»

18	90	PVC	16.3	0.8	2	0
19	90	PVC	15.8	0.8	2	0
20	75	PVC	15.3	1.1	2	0.02
21	75	PVC	14.8	1	2	0.02
22	75	PVC	14.3	1	2	0.02
23	75	PVC	13.8	1	2	0.01
24	75	PVC	13.3	0.9	2	0.01
25	75	PVC	12.8	0.9	2	0.01
26	75	PVC	12.3	0.9	2	0.01
27	75	PVC	11.8	0.8	2	0.01
28	75	PVC	11.3	0.8	2	0.01
29	75	PVC	10.9	0.8	2	0
30	75	PVC	10.4	0.7	2	0
31	75	PVC	9.9	0.7	2	0
32	75	PVC	9.4	0.7	2	0
33	75	PVC	8.9	0.6	2	0
34	75	PVC	8.4	0.6	2	0
35	63	PVC	7.9	0.8	2	0.01
36	63	PVC	7.4	0.7	2	0.01
37	63	PVC	6.9	0.7	2	0.01
38	63	PVC	6.4	0.6	2	0
39	63	PVC	5.9	0.6	2	0
40	63	PVC	5.4	0.5	2	0
41	63	PVC	4.9	0.5	2	0
42	63	PVC	4.4	0.4	2	0
43	63	PVC	3.9	0.4	2	0.01
44	63	PVC	3.5	0.3	2	0.01
45	63	PVC	3	0.3	2	0.01
46	63	PVC	2.5	0.2	2	0.01
47	63	PVC	2	0.2	2	0.01
48	63	PVC	1.5	0.1	2	0.01
49	63	PVC	1	0.1	2	0.01
último emisor	63	PVC	0.5	0	2	0.01

En la Figura 25 se muestra el gradiente hidráulico de la porta regante, los resultados obtenidos fueron 90 mm en cabecera, 75mm en el tramo media y 63 mm en los finales, con velocidades de 0.80 m/s a 1.2 m/s, a excepción de los tramos finales.

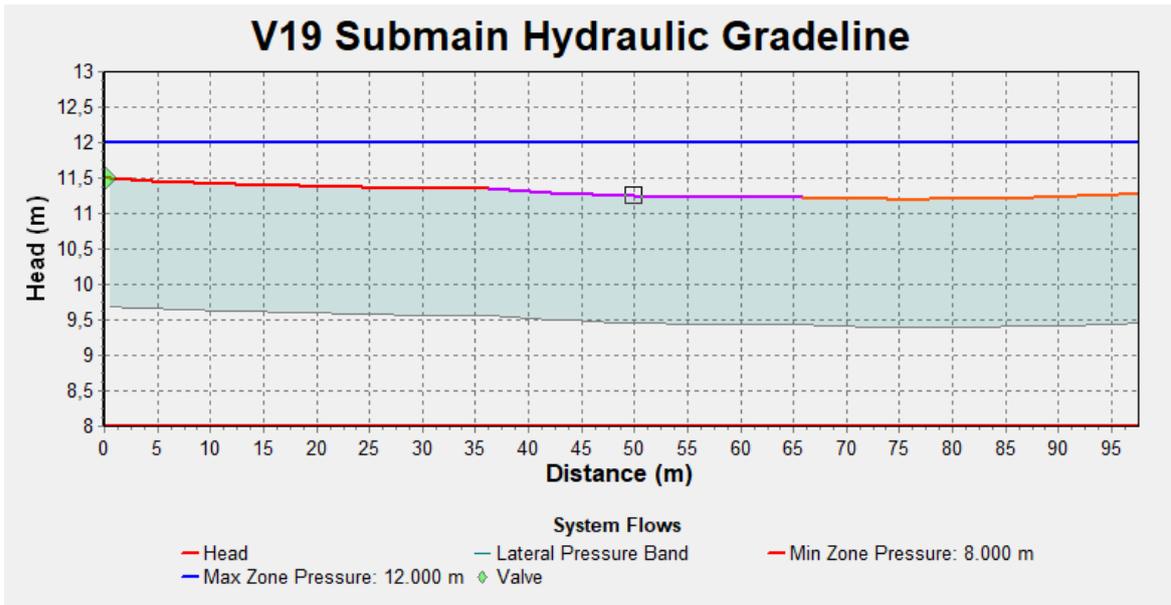


Figura 25: Gradiente hidráulico de la porta regante

Este primer tramo de lateral es al mismo tiempo la que presenta la mayor presión y caudal del lote, esto se debió a la posición de la válvula en la tubería pues al ubicarse a un extremo los diámetros son de mayor tamaño que tenerlo en una posición central, lo que beneficia a un menor valor de pérdida y presiones en los tramos finales de línea que estén por encima del mínimo. A continuación, en la Figura 26, se observa el reporte para la válvula número 19 de las 42 diseñadas que conforman todo el proyecto de riego, donde los valores reales de caudal y presión para todos los lotes no superan los valores permitidos, obteniendo un caudal promedio del emisor de 1.00 lph y por lote o bloque de 24.78 m³/h como se ve en la Figura 27.

V19			Válvula : Valvula Hidraulica 2"N(SD)		
Presión aguas abajo:	11.50	(m)	Presión aguas arriba :	13.80	(m)
Caudal Bloque :	24.78	(m ³ /h)	Pérdida válvula:	2.30	(m)
Caudal	<u>Permitido</u>	<u>Real</u>	Presión	<u>Permitida</u>	<u>Real</u>
	(lph)	(lph)		(m)	(m)
Mínimo	0.90	0.97	Mínimo	8.00	9.40
Máximo	1.09	1.06	Máximo	12.00	11.50
Eu = 94.47 (%) Cu = 98.1 (%) Coeficiente de variación = 0.03					
Caudal promedio por emisor = 1.00					

Figura 26: Reporte de válvula 19

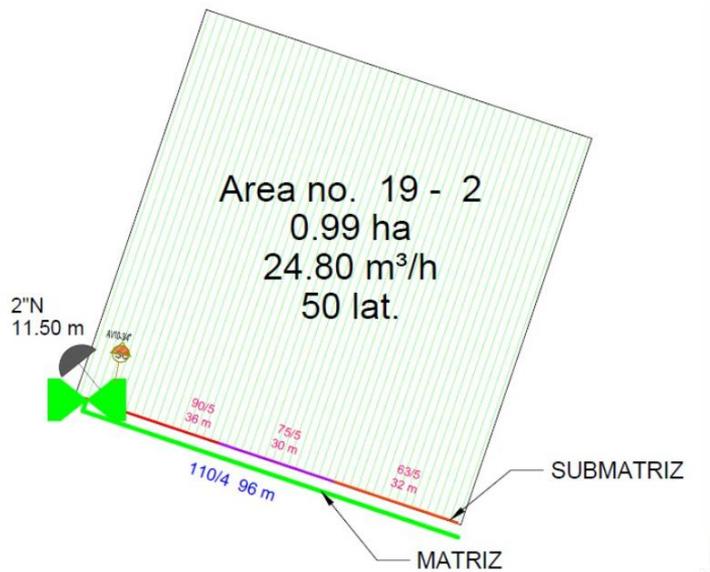


Figura 27: Plano de sub unidad de la válvula 19

- Cálculo del tamaño de válvula

Las válvulas de control hidráulico que se emplearon para el estudio son de la marca Rivulis, modelo V2500. Son válvulas plásticas con una cámara interna ovalada e inclinada gradualmente que evita cambios bruscos durante el paso del agua reduciendo la fricción. Otra de las ventajas radica en el tamaño de la cámara de control, debido a que al ser pequeña requiere de menor cantidad de agua para la regulación y la respuesta de apertura es rápida.

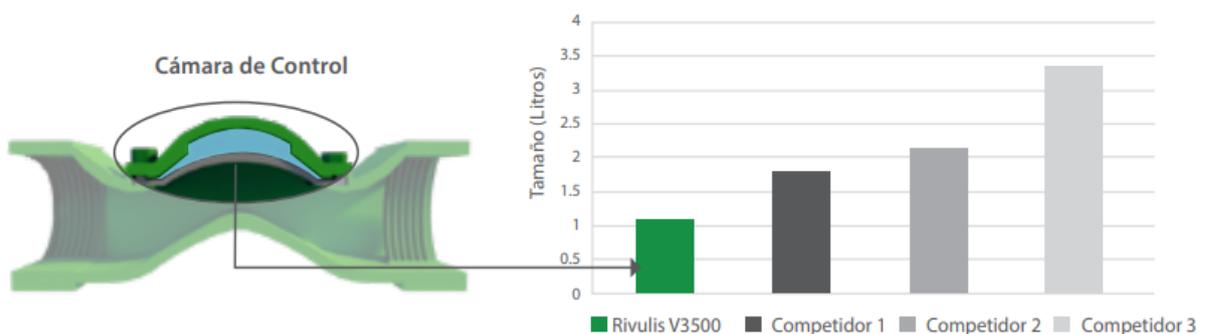


Figura 28: Volumen requerido en la cámara de control

El control de la presión requirió de un componente adicional conocido como piloto regulador. Es empleado principalmente cuando se utilizan laterales de goteo de pared delgada que son susceptibles a los cambios de presión y requieren un flujo constante para la

uniformidad. Por su presión de regulación podemos clasificarlos en:

- Pilotos de Baja Presión: ideales para líneas y cintas de goteo de pared delgada 0.3 - 2.5 bar / 4.5 - 35 psi.
- Pilotos de Presión Media: ideales para líneas de goteo de pared media gruesa de 0.5 - 6.0 bar/7 - 90 psi.
- Pilotos de Alta Presión: ideales para el riego por aspersión 1.0 - 10.0 bar/14.5 - 145 psi.

Particularmente, los pilotos que componen las válvulas de riego fueron de presión baja al no presentar presiones de regulación mayor 11.5 metros.

El criterio asumido para la pérdida en la válvula de 2" y 3" fue de 2.5m como máximo, para ello se empleó los datos de la Figura 14 de caudal vs pérdida; con ello determinamos el tamaño de válvula según el caudal de la sub unidad.

Tabla 15: Reporte de pérdidas en válvula

Turno	N° Válvula	Modelo	Caudal (m ³ /h)	Pérdida en válvula (m)
1	V1	2N	19.79	1.58
	V2	3N	24.62	0.82
	V3	2N	24.69	2.29
	V4	2N	24.7	2.29
	V5	2N	21.07	1.76
	V6	2N	24.69	2.29
	V7	2N	24.57	2.27
	V8	2N	24.78	2.3
2	V11	2N	24.78	2.3
	V12	2N	24.79	2.3
	V15	2N	24.67	2.28
	V16	2N	24.67	2.28
	V19	2N	24.78	2.3
	V20	2N	24.68	2.28
	V23	2N	24.61	2.27
	V24	2N	24.72	2.29
3	V9	2N	21.99	1.89
	V10	2N	24.8	2.3
	V13	2N	18.21	1.38
	V14	2N	24.78	2.3
	V17	2N	19.97	1.61
	V18	2N	17.85	1.33
	V21	2N	18.2	1.38
	V22	2N	17.87	1.34
	V25	2N	16.58	1.18
	V26	2N	17.75	1.32
V29	2N	33.04	1.41	

«Continuación»

	V27	2N	24.62	2.28
	V28	2N	24.63	2.28
	V30	2N	24.65	2.28
4	V31	2N	24.82	2.31
	V33	2N	24.66	2.28
	V34	2N	24.75	2.3
	V36	2N	24.6	2.27
	V37	2N	24.83	2.31
	V32	3N	31.4	1.28
	V35	3N	29.94	1.18
	V38	3N	29.25	1.13
5	V39	2N	24.7	2.29
	V40	2N	24.79	2.3
	V41	3N	39.53	1.95
	V42	3N	31.89	1.32

Se obtuvo un valor máximo de pérdida de 2.31 metros en la válvula 31 de 2", para un caudal de 24.8 m³/h, capacidad que se puede manejar con la válvula de 2" pues este valor es mínimo al valor asumido de 2.5 metros, si se hubiera escogido una válvula de 3" la pérdida sería de 0.6 metros si bien es cierto es un valor muy por debajo del asumido el costo representaría una desventaja para el proyecto.

De la válvula número 31 de 2", con un caudal de 24.8 m³/h se obtuvo un valor máximo de pérdida de 2.31 metros, valor que se encuentra debajo del mínimo valor asumido de 2.5 metros, si se hubiera escogido una válvula de 3" la pérdida sería de 0.6 metros si bien es cierto es un valor muy por debajo del asumido en costos representaría una desventaja para el proyecto. En la Tabla 16 se muestra los valores de caudal, presión aguas arriba y presión de regulación para todas las válvulas de los turnos.

Tabla 16: Reporte de caudal, presión aguas arriba y regulación del primer equipo

EQUIPO 1					
Turno	N° Válvula	Modelo	Caudal (m ³ /h)	Presión aguas arriba(m)	Presión regulación(m)
	V1	2N	19.79	13.08	11.5
	V2	3N	24.62	12.32	11.5
	V3	2N	24.69	13.79	11.5
1	V4	2N	24.7	13.79	11.5
	V5	2N	21.07	13.26	11.5
	V6	2N	24.69	13.79	11.5
	V7	2N	24.57	13.77	11.5
	V8	2N	24.78	13.8	11.5

«Continuación»

2	V11	2N	24.78	13.8	11.5
	V12	2N	24.79	13.8	11.5
	V15	2N	24.67	13.78	11.5
	V16	2N	24.67	13.78	11.5
	V19	2N	24.78	13.8	11.5
	V20	2N	24.68	13.78	11.5
	V23	2N	24.61	13.77	11.5
	V24	2N	24.72	13.79	11.5
3	V9	2N	21.99	13.39	11.5
	V10	2N	24.8	13.8	11.5
	V13	2N	18.21	12.88	11.5
	V14	2N	24.78	13.8	11.5
	V17	2N	19.97	13.11	11.5
	V18	2N	17.85	12.83	11.5
	V21	2N	18.2	12.88	11.5
	V22	2N	17.87	12.84	11.5
	V25	2N	16.58	12.68	11.5
	V26	2N	17.75	12.82	11.5
	V29	2N	33.04	12.91	11.5
4	V27	2N	24.62	13.78	11.5
	V28	2N	24.63	13.78	11.5
	V30	2N	24.65	13.78	11.5
	V31	2N	24.82	13.81	11.5
	V33	2N	24.66	13.78	11.5
	V34	2N	24.75	13.8	11.5
	V36	2N	24.6	13.77	11.5
	V37	2N	24.83	13.81	11.5
5	V32	3N	31.4	12.78	11.5
	V35	3N	29.94	12.68	11.5
	V38	3N	29.25	12.63	11.5
	V39	2N	24.7	13.79	11.5
	V40	2N	24.79	13.8	11.5
	V41	3N	39.53	13.45	11.5
V42	3N	31.89	12.82	11.5	

Observamos que el valor de presión de regulación es el mismo para todos los casos, esto se debió a temas de practicidad en operación.

- Diseño hidráulico de la matriz

El cálculo de la matriz fue en función al número de turnos obtenidos en el diseño agronómico, en la Figura 29 se muestra el turnado para el Fundo S&M Foods.

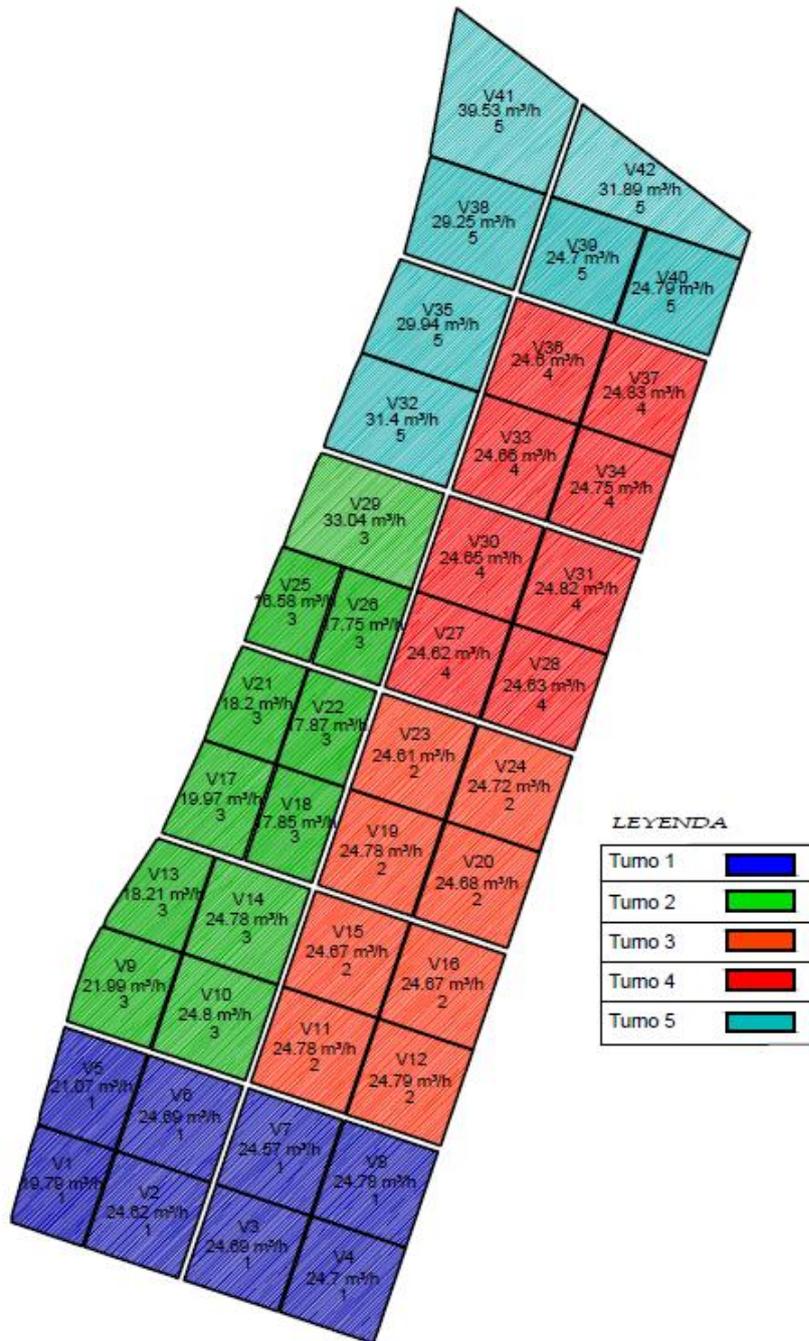


Figura 29: Distribución de los cinco turnos de S&M Foods

Los diámetros fueron determinados a partir de los caudales obtenidos anteriormente y una velocidad asignada de 1.2 m/s. Dicha velocidad fue modificada para los turnos que no eran críticos, esto permitió no presentar valores de presión dispersos. De igual manera que con la porta regante, procederemos a calcular las pérdidas de carga por fricción en tubería de PVC con la ecuación de Hazen – Williams.

Se detalló los cálculos del turno 5 para un mejor entendimiento teniendo en consideración que este turno es el más alejado al centro de control como se muestra en la Figura 30.

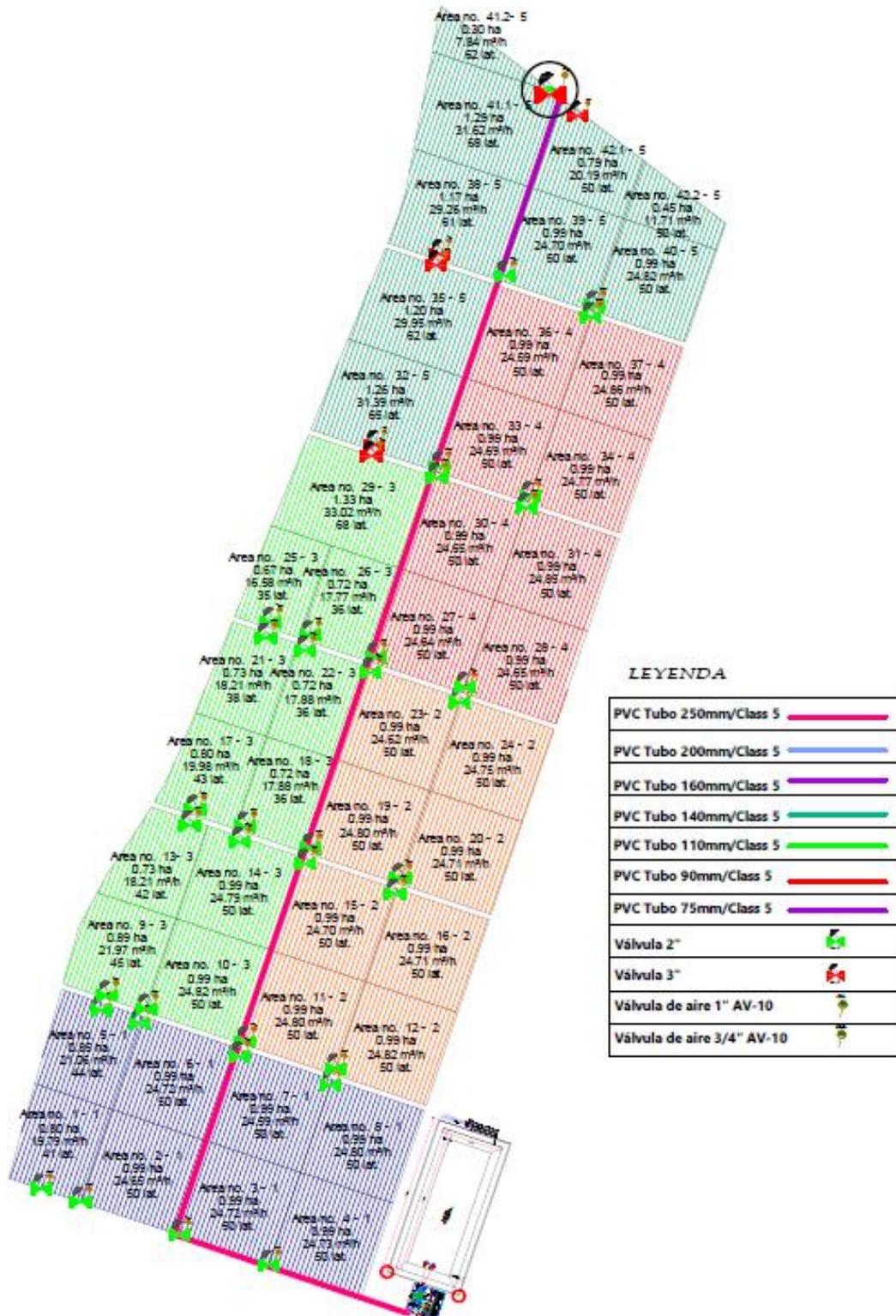


Figura 30: Ruta crítica al cabezal de riego de S&M Foods

En la Tabla 17 se muestra los diámetros de la matriz de 250, 200, 160, 140, 110 y 90 mm, con rango de velocidades entre 0.6 a 1.7 m/s.

Tabla 17: Diámetros de matriz y pérdidas por fricción en el quinto turno

Diámetro (mm)	Material	Caudal del Turno (m ³ /h)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	Hf (m)
250	PVC	211.5	1.3	58	0.17
250	PVC	211.5	1.3	5.6	0.07
250	PVC	211.5	1.3	12.6	0.09
250	PVC	211.5	1.3	148	2.17
250	PVC	211.5	1.3	98.2	1.39
250	PVC	211.5	1.3	1	0.06
250	PVC	211.5	1.3	201.1	1.21
250	PVC	211.5	1.3	2.9	0.09
250	PVC	211.5	1.3	3.6	0.09
250	PVC	211.5	1.3	199.4	0.93
250	PVC	211.5	1.3	3.6	0.08
250	PVC	211.5	1.3	2.9	0.08
250	PVC	211.5	1.3	199.5	1.11
250	PVC	211.5	1.3	2.9	0.07
250	PVC	211.5	1.3	3.6	0.08
250	PVC	211.5	1.3	199.5	1.42
250	PVC	211.5	1.3	2.9	0.08
110	PVC	31.4	1	72.3	1.22
90	PVC	31.4	1.5	3.8	0.15
250	PVC	180.1	1.1	3.5	0.07
250	PVC	180.1	1.1	199.5	1.07
250	PVC	180.1	1.1	3	0.05
140	PVC	59.2	1.2	64.7	1.09
90	PVC	29.9	1.4	3.3	0.11
90	PVC	29.3	1.4	3.2	0.1
110	PVC	24.8	0.8	99.8	0.27
75	PVC	24.8	1.7	3.3	0.17
250	PVC	96.1	0.6	3.5	0.01
75	PVC	24.7	1.7	0.7	0.07
160	PVC	71.4	1.1	198.8	1.22
110	PVC	39.5	1.3	9.9	0.28
110	PVC	39.5	1.3	6.4	0.2
110	PVC	39.5	1.3	0.8	0.04
110	PVC	31.9	1	22.9	0.07
110	PVC	31.9	1	2.5	0.05

En la Figura 31 se muestra el diseño de las matrices para los cinco turnos.

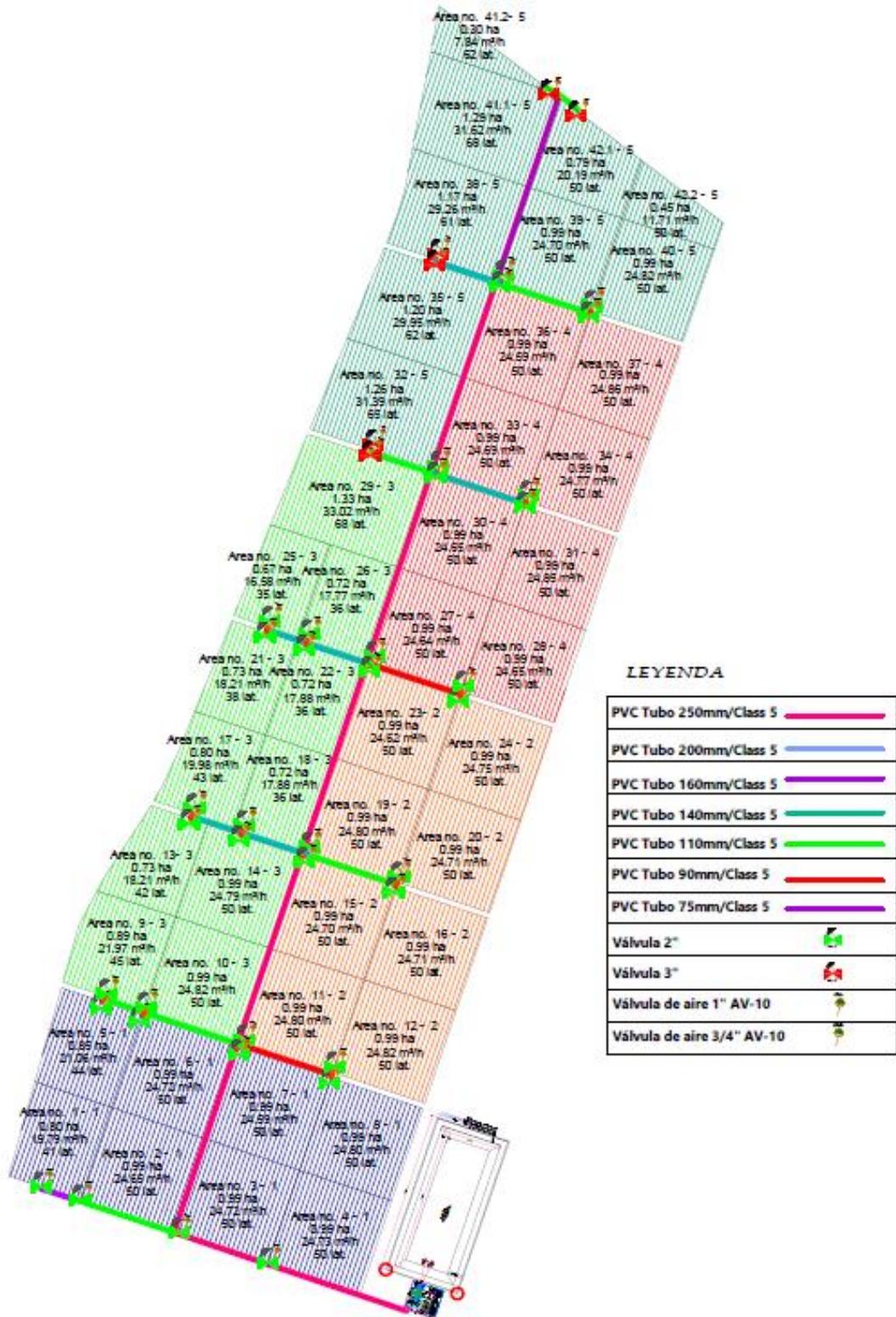


Figura 31: Diseño de la matriz de S&M Foods

De lo mencionado en la metodología, para el cálculo del diámetro de matriz se consideró una pérdida promedio del 1 por ciento en la ruta o turno crítico hasta llegar a la última válvula.

A partir del análisis en la matriz se obtuvo lo siguiente gráfica que se muestra en la Figura 32.

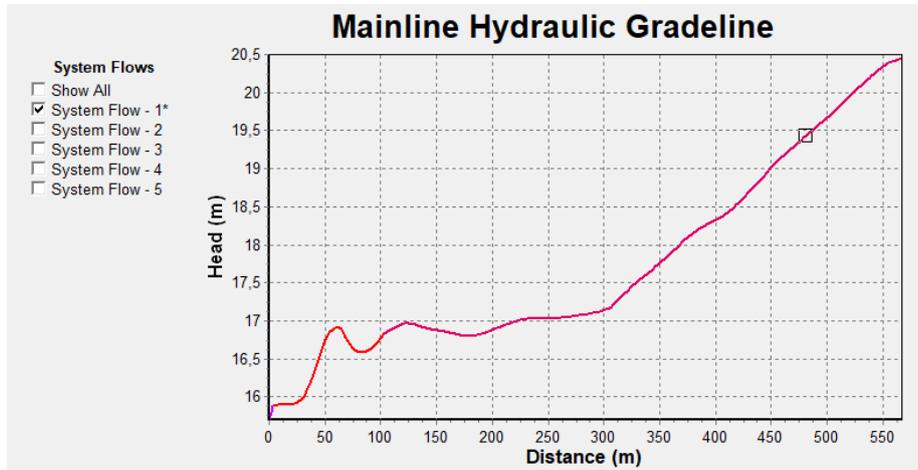


Figura 32: Gradiente hidráulico de I turno

En el I turno el gradiente hidráulico tiene una presión de salida a campo de 20.3m, y una presión de llegada de 15.7 m en la válvula 8. El diferencial resultante fue de 4.6m en un tramo de 590 metros o 0.78 por ciento de pérdida por fricción en promedio.

En la Figura 33 se muestra el gradiente hidráulico para el II turno, con una presión de salida a campo de 20.6m, y una presión de llegada de 14.2 m en la válvula 24. El diferencial resultante fue de 6.4m en un tramo de 980 metros o 0.65% de pérdida por fricción en promedio.

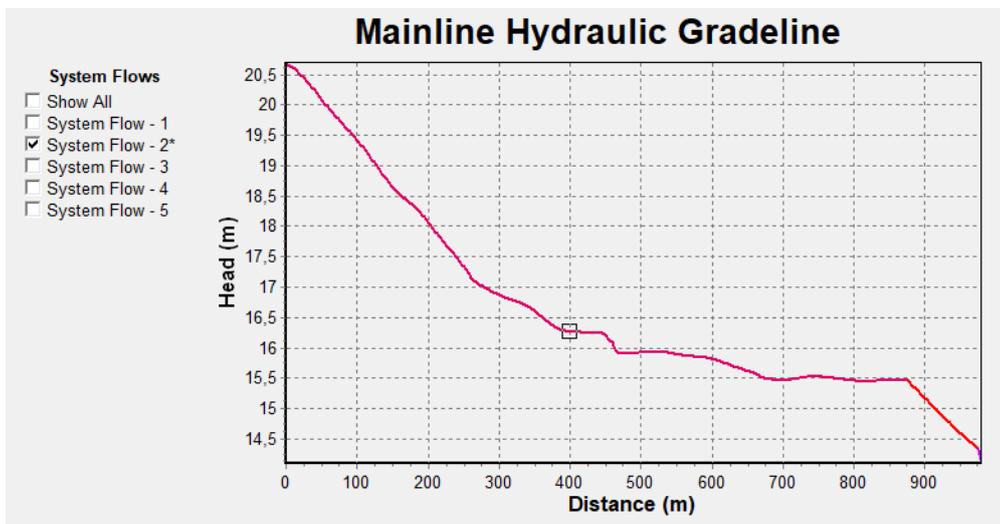


Figura 33: Gradiente hidráulica de II turno

En la Figura 34 se muestra el gradiente hidráulico para el III turno, con una presión de salida a campo de 22.3 m, y una presión de llegada de 13.9 m en la válvula 29. El diferencial resultante fue de 8.4m en un tramo de 1150 metro o 0.73% de pérdida por fricción en promedio.

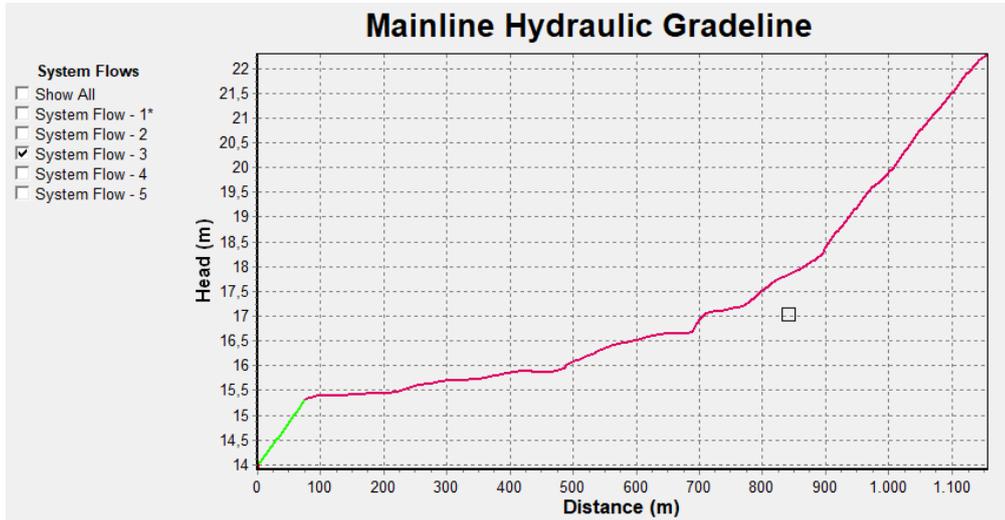


Figura 34: Gradiente hidráulica de III turno

En la Figura 35 se muestra el gradiente hidráulico para el IV turno, con una presión de salida a campo de 22.2 m, y una presión de llegada de 14 m en la válvula 37. El diferencial resultante fue de 8.2m en un tramo de 1400 metros o 0.58% de pérdida por fricción en promedio.

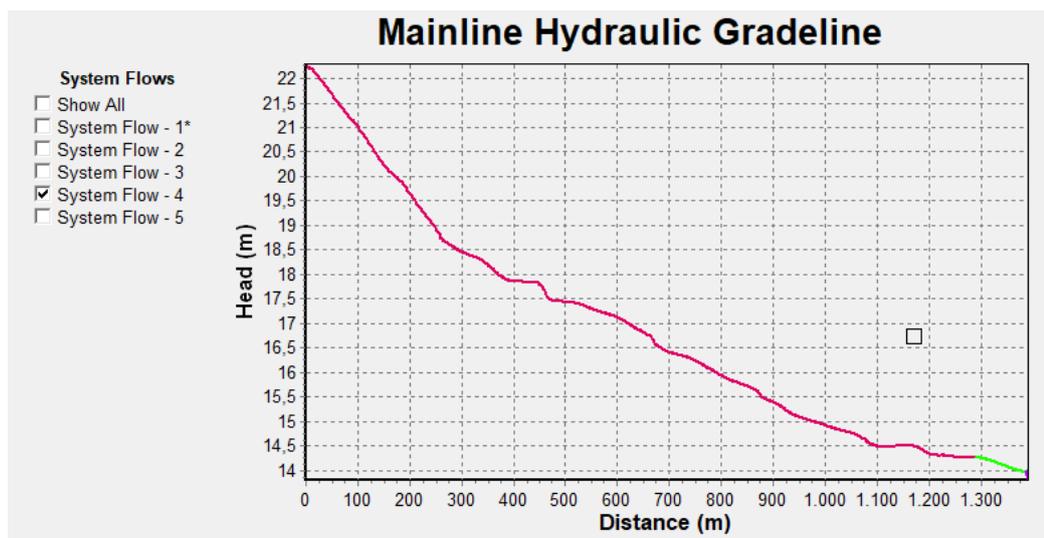


Figura 35: Gradiente hidráulica de IV turno

En la Figura 36 se muestra el gradiente hidráulico para el V turno, con una presión de salida a campo de 25.3 m, y una presión de llegada de 13.4 m en la válvula 41. El diferencial resultante fue de 11.4m en un tramo de 1500 metros o 0.79% de pérdida por fricción en promedio.

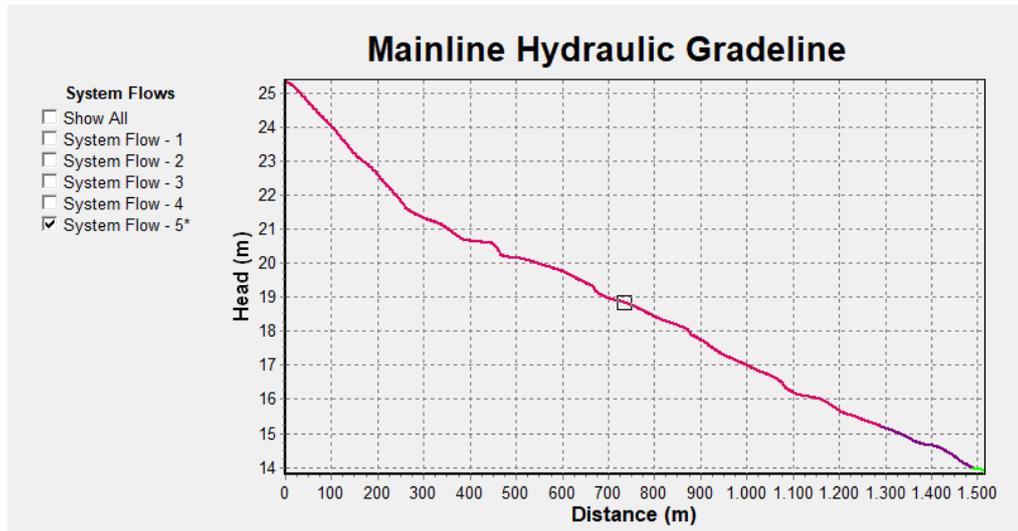


Figura 36: Gradiente hidráulica de V turno

En la Tabla 18 se muestra las presiones de salida a campo después del filtrado y caudales por turno.

Tabla 18: Presión y caudal por turno

Turno	Presión de campo (m)	Caudal de turno (m3/h)
1	20.6	188.9
2	20.9	197.7
3	22.6	231
4	22.4	197.6
5	25.6	211.5

El máximo caudal obtenido fue de 231 m3/h en el III turno, contra un mínimo de 188.9 m3/h del I turno, esta diferencia entre caudales generó un valor de variación del 18%, valor que se encuentra fuera del 10% de caudal permisible. Aunque este valor se encuentre fuera de este rango, la distribución de turnos fue aceptada por la practicidad de operación y mantenimiento de los componentes del equipo.

En la Figura 37 se muestra el comparativo de gradientes para cada turno. La presión máxima obtenida fue en el V turno con un valor de 25.6 m, siendo este el crítico, con una variación de presión del 20%, encontrándose dentro de los valores permitidos.

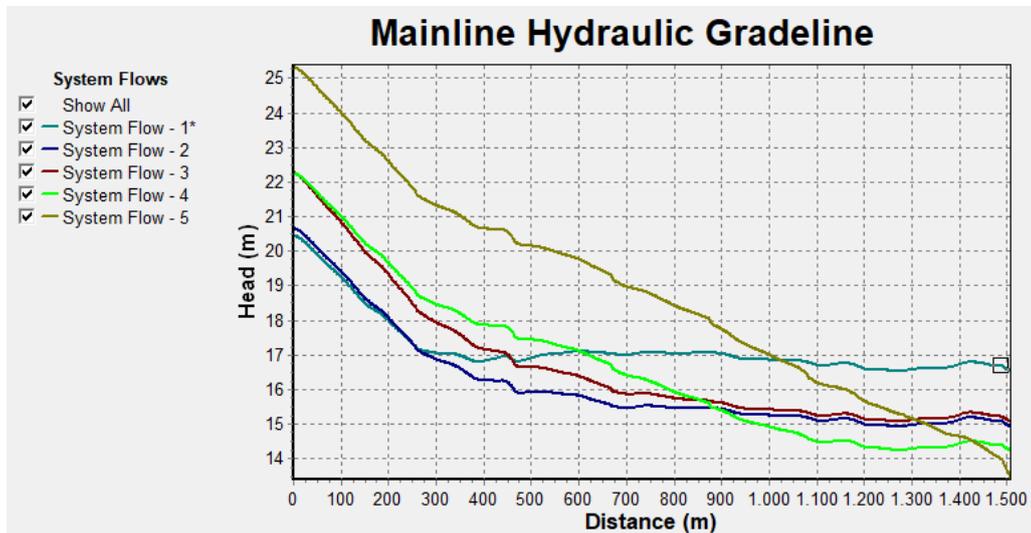


Figura 37: Gradiente hidráulica de la matriz

El resultado final de diseño hidráulico con matrices y porta regantes se muestra en la Figura 38.

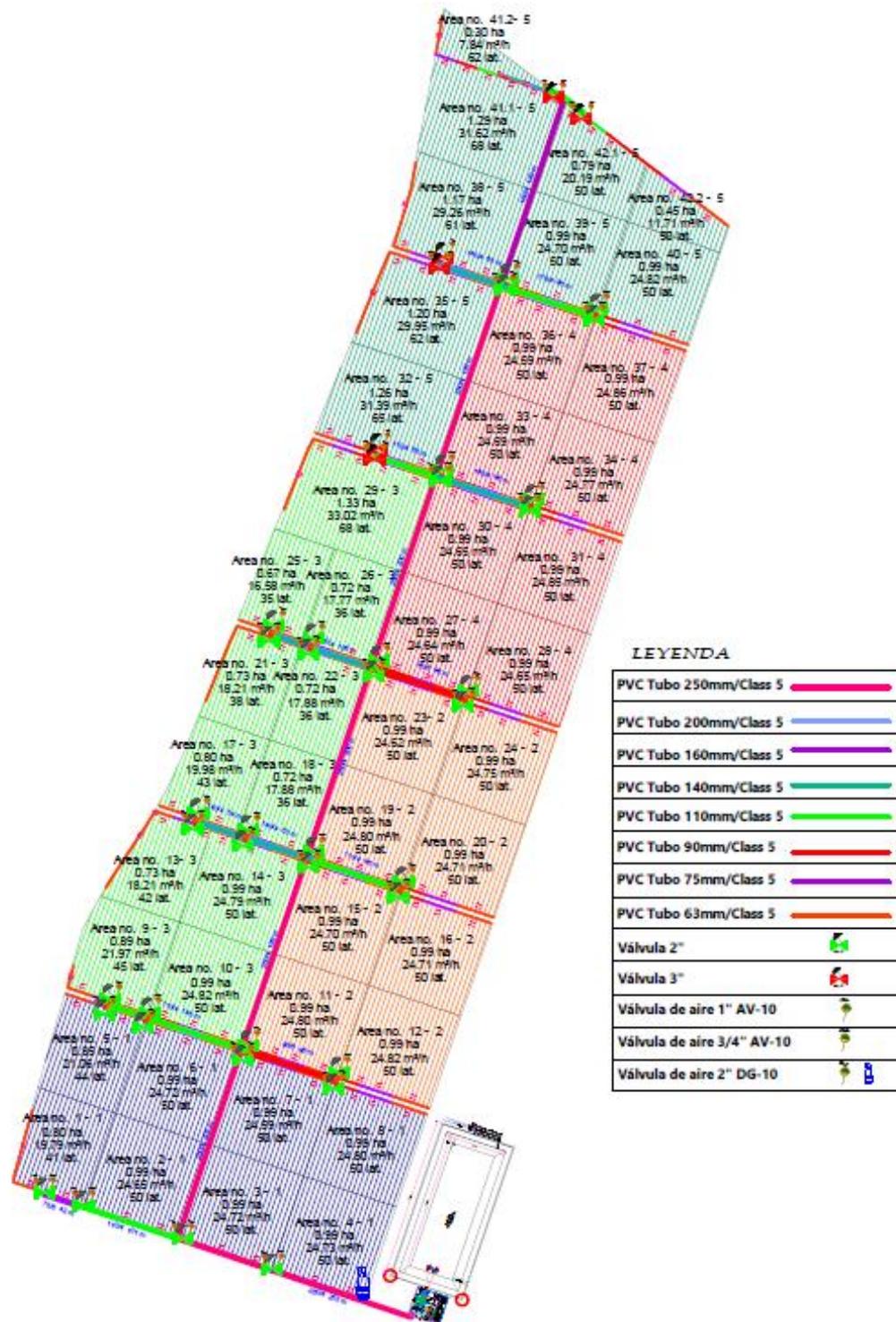


Figura 38: Diseño hidráulico de S&M Foods

4.4. Determinación de filtrado y selección de bomba

El sistema se encuentra compuesto por filtros de grava de 48" del modelo F660, distribuidos de forma paralela. Debido a la alta carga de partículas sedimentables del agua se consideró el empleo de este tipo de filtro por presentar mejores resultados. Los modelos según el

diámetro del tanque y los caudales de operación, se encuentran en el Anexo 1.

El modelo seleccionado presenta un total de 72 difusores y una capacidad de filtración de entre 55 a 79 m³/h sus especificaciones están en el Anexo 2.

El retro lavado se realiza de forma automática, mediante un filtron AC, con un tiempo de lavado de 90 segundos por tanque que se activa cuando existe un diferencial de presión de 0.5 bar. El tipo de medio filtrante por sus características puede ser cuarzo arenita o basalto triturado. La diferencia radica en los métodos de filtrado que ofrece (retención, absorción y adsorción). Siendo el basalto el medio que mejor comportamiento presenta en un rango de tamaño de partículas 0.8 a 1.2 mm. Para mayor detalle revisar el Anexo2 de especificaciones de medio filtrante.

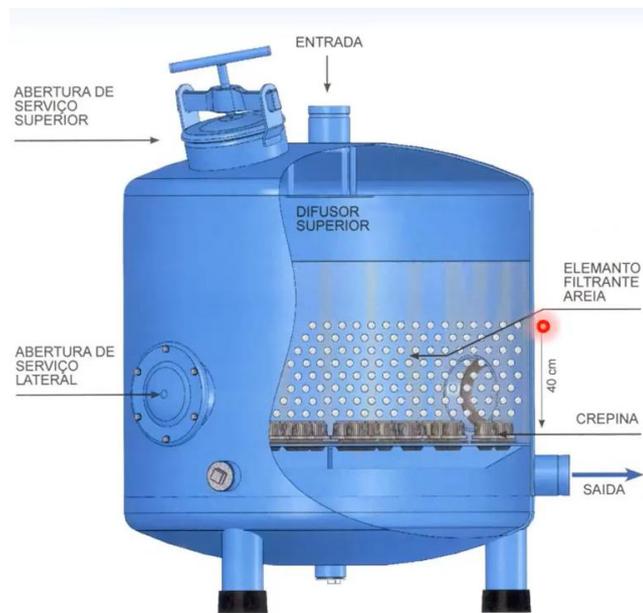


Figura 39: Composición del elemento filtrante

FUENTE: (YAMIT)

Para controlar el proceso de filtración y retro lavado, se instaló una válvula a la entrada de cada filtro. Su función es invertir el flujo de agua dentro de los tanques; con la finalidad de limpiar el elemento filtrante (grava). Se activa al recibir la señal hidráulica de cambio de flujo, esta señal proviene de un controlador de retro lavado (filtron) al alcanzar un diferencial de presión establecido de 5 metros.

Las válvulas de retro lavado (ver anexo 3) se pueden activar en forma automática y manual. El agua del retro lavado la cual se encuentra sucia se va por una línea independiente de desfogue que conduce estas aguas al reservorio o poza de retro lavado.

Por otro lado, a la descarga se encuentra una válvula limitadora de caudal (ver anexo 4) con la función de asignar el caudal de salida según la ficha técnica que indica el proveedor. Para nuestro caso de 96 m³/h.

El filtro de seguridad ubicado en el manifold de descarga cumple un papel importante cuando uno de los difusores (hongos) en el interior se dañe o se desconecte produciendo que la grava fluya fuera por la descarga. De esta manera, el filtro de seguridad atraparé y evitará que la grava llegue al sistema de riego y sus accesorios.

a. Cálculo de número de filtros

Según su funcionamiento u operación, el número de filtros se calculó en función al turno de mayor caudal. Para nuestro caso el valor máximo obtenido fue de 231 m³/h.

$$\#_{tanque} = \frac{231 \text{ m}^3/\text{h}}{55 \text{ m}^3/\text{h}} = 4.2 \text{ o } 5 \text{ baterias.}$$

Posteriormente realizamos la confirmación del valor obtenido y observar si el resultado está dentro del rango admisible.

$$Q_{tanque} = \frac{231 \text{ m}^3/\text{h}}{5 - 1} = 57.75 \text{ m}^3/\text{h}$$

Resultó un valor de 57.75 m³/h por tanque, encontrándose dentro del rango de caudales recomendados según la ficha técnica (ver Anexo 1).

El cálculo con cuatro baterías de grava tendría como resultado 77m³/h por caudal de tanque.

$$Q_{tanque} = \frac{231 \text{ m}^3/\text{h}}{4 - 1} = 77 \text{ m}^3/\text{h}$$

Este valor está muy cerca límite superior; implicando tener un riesgo en la filtración u ocasionando un retro lavado continuo y una mala filtración.

Adicionalmente existe otra manera de confirmar el número de cuerpos o baterías. Este método fue recomendado por el fabricante, implicando parámetros de superficie filtrante. Para ello, se empleó la Tabla 3 donde los rangos permisibles son las velocidades de filtración (m/h).

Para nuestro caso, la superficie filtrante fue de 1.13 m² y asignamos tres, cuatro y cinco tanques como cantidades referenciales; sin contar con el tanque para retro lavado.

- Para el caso de los tres tanques:

$$Q_{\text{tanque}} = \frac{231 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{3} = 77 \text{m}^3/\text{h}$$

$$\text{Velocidad} = \frac{77 \text{m}^3/\text{h}}{1.13 \text{ m}^2} = 68 \text{ m/h}$$

Siendo 65 m/h el valor máximo admisible recomendado por el fabricante.

- Para el caso de los cuatro tanques:

$$Q_{\text{tanque}} = \frac{231 \text{ m}^3/\text{h}}{4} = 57.75 \text{m}^3/\text{h}$$

$$\text{Velocidad} = \frac{57.75 \text{m}^3/\text{h}}{1.13 \text{ m}^2} = 51 \text{ m/h}$$

El valor obtenido se encuentra dentro del rango admitido, por tanto, podemos afirmar que el número de tanques es lo suficiente para garantizar un buen filtrado. Cabe mencionar que se debe de agregar un tanque adicional para el retro lavado, haciendo un total de cinco baterías.

- Para el caso de los cinco tanques:

$$Q_{\text{tanque}} = \frac{231 \text{ m}^3/\text{h}}{5} = 46.2 \text{m}^3/\text{h}$$

$$Velocidad = \frac{46.2m^3/h}{1.13 m^2} = 40.8 m/h$$

El resultado está por debajo del valor mínimo de 45 m/h, por tanto, estaría sobre dimensionado para el caudal del turno, afectando un adecuado retro lavado.

El resultado final de ambas formas de determinación de filtrado fue de cinco baterías.

En la Figura 40 se muestra la imagen batería de gravas en corte.

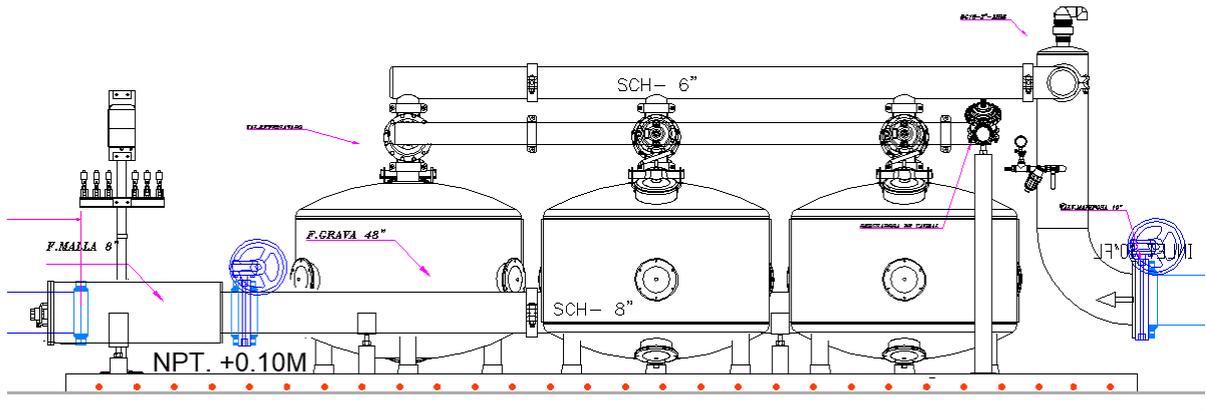


Figura 40: Corte filtrado de grava de cinco cuerpos

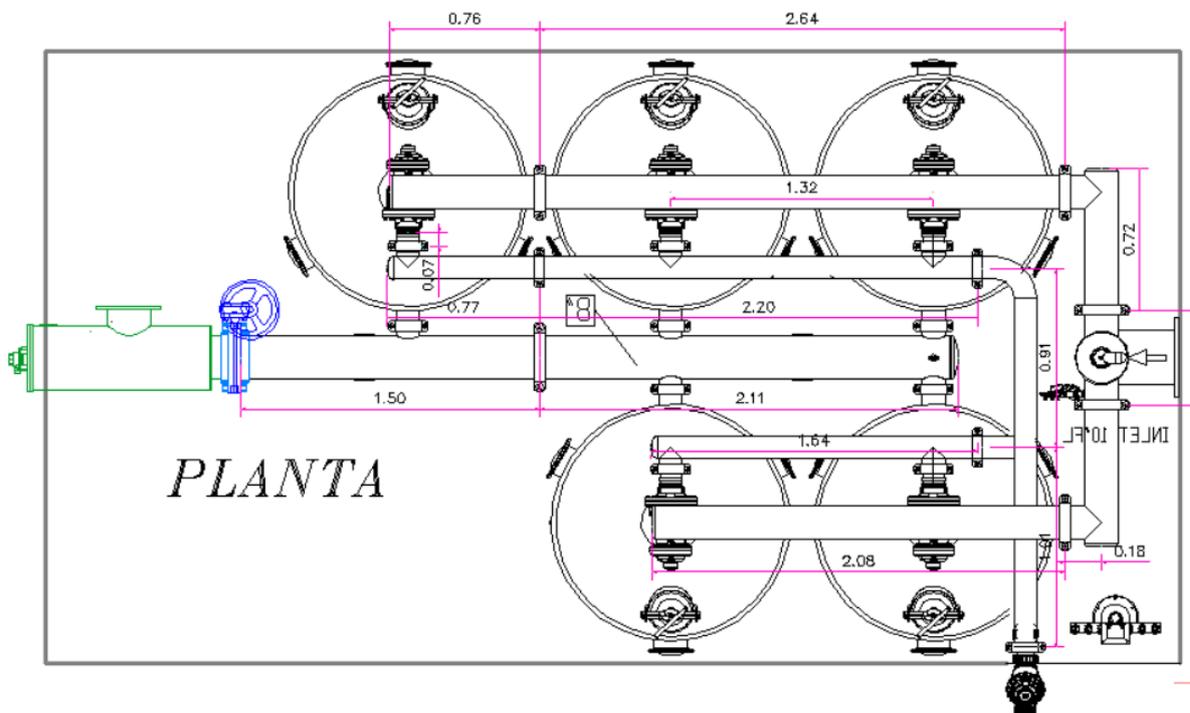


Figura 41: Planta filtrado de grava de cinco cuerpos

En el manifold de descarga del equipo, tenemos válvulas de control y medición. El equipo comprende un medidor de caudal y válvula de regulación y reducción de presión (válvula sostenedora reguladora) con una presión mínima de 2.5 bares para realizar el proceso de retro lavado. Esta válvula se encarga de regular la presión de salida a campo según el punto de operación máximo.

Debemos resaltar que el centro de control también presenta válvulas de seguridad, control y purga de aire, para garantizar una adecuada operatividad, en el Anexo 4 se muestra el centro de control.

b. Cálculo de los puntos de operación

Para el cálculo de los puntos de operación de la bomba, se consideró el caudal de retro lavado, factor de seguridad y altura de succión neta. Estos valores fueron añadidos a los puntos operación del sistema considerando los 10 metros de pérdida adicional durante el retro lavado y pérdida en el manifold.

- Caudal de retro lavado para un tanque de 48" es de 96 m³/h. (ver Anexo 1)
- Pérdida en retro lavado: 5 metros
- Pérdida de carga en descarga 8": 5 metros
 - H_f en manifold 8": 4.1
 - Hidrómetro 8": 0.4 (ver anexo 5)
 - Válvula reguladora 8": 0.5

A continuación, observamos los valores mencionados y determinamos los puntos de operación de la bomba en la Tabla 19.

Tabla 19: Puntos de operación de equipo para los cinco turnos

Puntos de operación equipo										
		FS:2%		Retro lavado		96 m3/h	Altura de cámara húmeda	8.5m		
Turnos	Presión antes del filtro (m)	Caudal de turno (m3/h)	Presión de campo+2% (m)	Caudal de turno+2% (m3/h)	Presión de campo+2% (m)	Caudal turno (2%) +retro lavado (m3/h)	Presión de campo+2%+altura de succión (m)	Caudal bomba (m3/h)	ADT	
1	30.6	188.9	31.2	192.7	31.2	288.7	39.7	288.7	39.7	
2	30.9	197.7	31.5	201.7	31.5	297.7	40.0	297.7	40.0	
3	32.6	231.0	33.3	235.6	33.3	331.6	41.8	331.6	41.8	
4	32.4	197.6	33.0	201.6	33.0	297.6	41.5	297.6	41.5	
5	35.6	211.5	36.3	215.7	36.3	311.7	44.8	311.7	44.8	

A las presiones y caudales en los cinco turnos se sumó un factor de seguridad de 2% y al caudal obtenido se le añadió 96 m3/h como demanda para el retro lavado y a la presión una succión negativa de 8.5 m cuando el reservorio este en el nivel más bajo. Estos resultados son importantes para la operación crítica de la bomba, que se darán cuando el sistema demande un mayor caudal o una mayor presión de operación.

La presión máxima obtenida fue de 44.8 m, punto de operación crítico para el sistema con un caudal de 311.7 m3/h.

Considerando la profundidad de reservorio y altura efectiva de succión en la cámara húmeda de 8.5m, se descartó el uso de una bomba centrífuga horizontal, y en cambio se usó una bomba vertical que tiene mejor comportamiento bajo condiciones de succión relativamente alta y un mayor valor de eficiencia.

c. Selección de bomba de riego

En la Figura 42 se observa la curva de la bomba donde se encuentran los puntos de operación de los cinco turnos, donde el punto máximo se encuentra en límite superior de la curva, con un valor de potencia absorbida de 45.3 kW, potencia nominal de 55 kW, y un rendimiento de 80.42%.

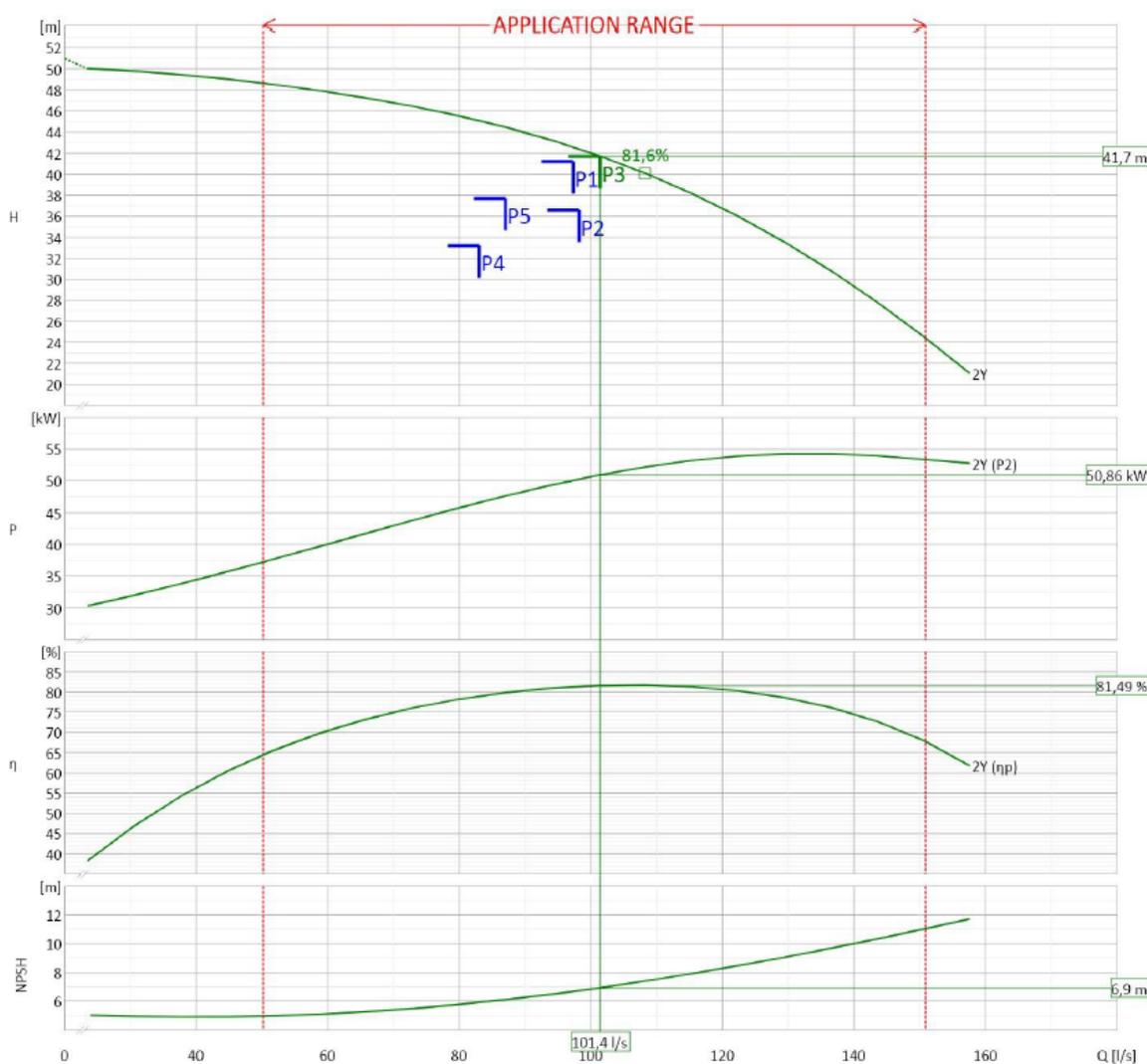


Figura 42: Curva de bomba turbina vertical modelo P14C/8/35/2Y

El valor de eficiencia está por encima del 75% promedio alcanzado en los de tipo horizontal.

Para poder clasificar un motor en función a la eficiencia existen nomenclaturas que están dadas por la norma IEC 60034-30-1 para 50 y 60 Hz, estas son: IE1 de eficiencia básica, IE2 de eficiencia alta, IE3 de eficiencia premium y IE4 de eficiencia super premium. (Guatemala, 2010).

El motor escogido presentó una eficiencia de 81.49% de clase IE2.

- Cálculo del NPSH

Para determinar que la bomba no cavite, el valor disponible debe estar por encima del valor requerido por la bomba. Este fenómeno es muy usual en bombas horizontales que presentan alturas de succión por encima de 3.5 metros, debido a que se restringe la disponibilidad de succión y adicionalmente a ello, el valor de NPSH entregado por el fabricante es menor.

El resultado según las condiciones de operación fueron los siguientes.

Para una altura de 58 m.s.n.m., una temperatura promedio de 23°.

$$NPSH_{disponible} = \frac{10 - 0.24}{1} + 0 + 0.5 = 9.26m$$

Como dato de fabricante, tenemos que el valor de NPSH requerido máximo está en 6.9 m

$$NPSH_{disponible} \geq 6.9 + 0.5m = 7.4 m$$

El resultado obtenido cumple con la premisa indicada en la metodología, confirmando que la bomba no corre riesgo de cavitación.

Finalmente se pudo dimensionar la caseta con todos los componentes mencionados e incluyendo la bomba (Ver Anexo 6).

4.5. Evaluación de coeficiente de uniformidad

La forma de medición de caudal se realizó a través de una probeta milimétrica, con un tiempo de medición de 36 segundos para obtener el valor en litros por hora.

Previamente al proceso de medición fue necesario confirmar en caseta que la presión y caudal de salida correspondan al de diseño. Posteriormente se hizo el recorrido en campo para asegurarnos que las válvulas estén correctamente reguladas en su presión de trabajo. Finalmente, antes de proceder con la medición de caudales por lote, inspeccionamos el estado de las laterales para confirmar que no presenten fugas por manipulación o arranques mal instalados.

Se realizaron las mediciones en todas las válvulas de campo, pero para cuestiones de presentación se mostrarán las más representativas por cada turno (Ver anexo 9 al 33). Los resultados de la evaluación indicaron lo siguiente, ver Tabla 20, 21, 22,23 y 24.

Tabla 20: Evaluación por válvula para el I turno

I turno	N° Válvula				
	1	3	5	6	8
CV (%)	4.45	5.34	4.40	3.33	3.92
Desviación estándar	0.046	0.054	0.045	0.035	0.04
Prom. de caudal	1.032	1.017	1.028	1.039	1.024
Prom. de caudal 25% inferior	0.971	0.957	0.968	0.992	0.971
CU (%)	94.07	94.07	94.13	95.45	94.80

Tabla 21: Evaluación por válvula para el II turno

II turno	N° Válvula				
	11	15	16	19	23
CV(%)	4.43	4.85	5.00	5.00	3.50
Desviación estándar	0.045	0.049	0.05	0.05	0.036
Prom. de caudal	1.022	1.011	1.022	1.003	1.03
Prom. de caudal 25% inferior	0.96	0.951	0.953	0.948	0.987
CU (%)	93.91	94.10	93.18	94.50	95.85

Tabla 22: Evaluación por válvula para el III turno

III turno	Nº Válvula				
	9	13	17	21	26
CV (%)	4.12	5.12	4.80	5.00	4.07
Desviación estándar	0.042	0.052	0.049	0.05	0.042
Prom. de caudal	1.018	1.025	1.023	1.011	1.034
Prom. de caudal 25% inferior	0.963	0.971	0.962	0.953	0.977
CU (%)	94.62	94.73	94.02	94.25	94.45

Tabla 23: Evaluación por válvula para el IV turno

IV turno	Nº Válvula				
	27	28	30	33	36
CV (%)	4.90	4.97	4.73	5.00	4.71
Desviación estándar	0.05	0.051	0.049	0.05	0.048
Prom. de caudal	1.026	1.02	1.028	1.014	1.02
Prom. de caudal 25% inferior	0.972	0.966	0.962	0.953	0.956
CU (%)	94.77	94.71	93.51	93.93	93.71

Tabla 24: Evaluación por válvula para el V turno

V turno	Nº Válvula				
	32	35	38	40	36
CV (%)	4.48	4.63	4.96	4.55	4.65
Desviación estándar	0.046	0.048	0.051	0.046	0.048
Prom. de caudal	1.025	1.03	1.021	1.013	1.027
Prom. de caudal 25% inferior	0.966	0.981	0.963	0.969	0.957
CU (%)	94.29	95.27	94.34	95.63	93.17

- En el I turno, se obtuvo un valor máximo de 95.4% de uniformidad.
- En el II turno, se obtuvo un valor máximo de 95.8% de uniformidad.
- En el III turno, se obtuvo un valor máximo de 94.7% de uniformidad.
- En el IV turno, se obtuvo un valor máximo de 94.7% de uniformidad.
- En el V turno, se obtuvo un valor máximo de 95.6% de uniformidad.

Los valores registrados en todos los casos son buenos indicadores de un riego uniforme que puede deberse por ser una de las primeras operaciones.

La desviación estándar en todos los casos no excede el 5% variación de caudal. De haber excedido este valor era necesario volver a realizar la medición.

El criterio de evaluación y seguimiento consiste en establecer los límites superior e inferior que debe conservar la unidad evaluada con base en el caculo hidráulico del diseño, el performance de la instalación y condiciones topográficas.

Normalmente se espera una variación de caudales que puede estar entre el +/- 5%. Algunos autores toman como límite inferior un 85% de coeficiente de uniformidad en campo y un máximo de 10% de desviación estándar para tomar decisiones de tipo correctivo.

Cada instalación y proyecto tiene sus características que sirven para establecer el rango aceptable de valores de caudal.

Como se mencionó en los resultados de diseño de las subunidades, el software Irricad determinó un valor uniformidad basados en los caudales promedio y el cuarto inferior, sin embargo, es necesario hacer el comparativo con lo obtenido en campo.

A continuación, presentamos las diferencias registradas tras la evaluación en las tablas 25,26,27,28 y 29.

Tabla 25: Comparación de CU en campo y diseño del I turno

I TURNO	N° Válvula				
	1	3	5	6	8
CU en campo (%)	94.07	94.07	94.13	95.45	94.80
CU en diseño (%)	97.90	97.90	98.10	97.90	98.20

Tabla 26: Comparación de CU en campo y diseño del II turno

II TURNO	N° Válvula				
	11	15	16	19	23
CU en campo (%)	93.91	94.10	93.18	94.50	95.85
CU en diseño (%)	98.10	98.10	98.10	98.10	98.10

Tabla 27: Comparación de CU en campo y diseño del III turno

III TURNO 03	N° Válvula				
	9	13	17	21	26
CU en campo (%)	94.62	94.73	94.02	94.25	94.45
CU en diseño (%)	97.90	97.70	97.90	98.00	97.80

Tabla 28: Comparación de CU en campo y diseño del IV turno

IV TURNO	N° Válvula				
	27	28	30	33	36
CU en campo (%)	94.77	94.71	93.51	93.93	93.71
CU en diseño (%)	97.80	97.70	98.10	98.00	98.20

Tabla 29: Comparación de CU en campo y diseño del V turno

V TURNO 05	N° Válvula				
	32	35	38	40	36
CU en campo (%)	94.29	95.27	94.34	95.63	93.17
CU en diseño (%)	98.00	98.00	97.90	98.00	98.80

Las uniformidades en campo se encuentran por encima del 90%, los valores no alcanzan a reflejar los de diseño. Esto puede deberse a factores como desniveles no identificados en la topografía, fugas no registradas entre otras. Sin embargo, el resultado obtenido no deja de ser adecuado para un riego por goteo con un emisor no compensado.

4.6. Automatización vía radio para la apertura y cierre de válvulas hidráulicas

a. Características del controlador

Para la automatización del fondo se empleó el controlador Dream II, componente que nos permitió gobernar la bomba de riego, filtros, inyector de fertilizante, medidores de agua, medidores de fertilizante, sensores digitales y analógicos.

A continuación, presentamos los componentes del controlador en la Figura 43.

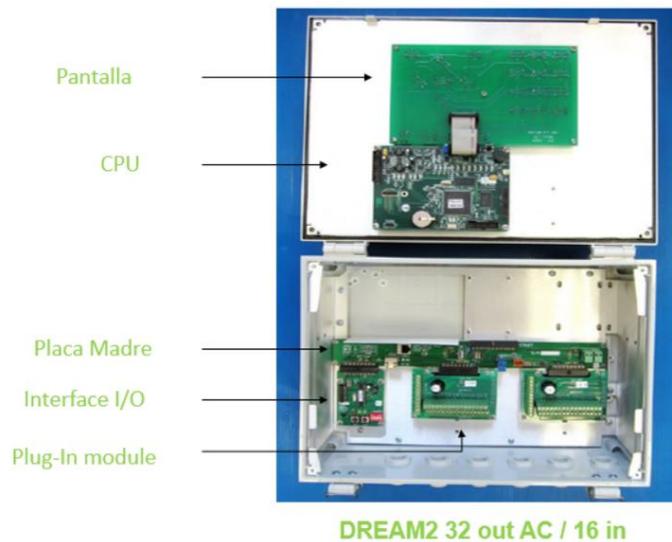


Figura 43: Componentes del Dream II

FUENTE: (TALGIL, Guía de sistema Dream RF RTU, 2014)

El modelo empleado fue el Dream II con 16 entradas y 32 salidas. Las entradas hacen referencia a la información que, recibida por medio de sensores de presión, pH, conductividad, registro de caudal, entre otros. Por otro lado, las salidas hacen referencia a los componentes que se deben de activar. Dicha comunicación entre sí, se da mediante las interfaces (Ver Anexo 7).

La interface principal fue la RF G5 que garantiza la conexión entre la master y los RTU de la misma generación. Todas las unidades en campo pertenecen a esta por lo que la RFG 3/4/4.5 quedó descontinuada.

En la operación de las bombas de riego; la interface AC/DC fue empleadas para el encendido y apagado durante el tiempo que se programe el riego. Se contó con un router con señal de internet, que fue conectada al Dream mediante el cable Ethernet.

Para verificar la comunicación con la interface RF G5. La placa master cuenta con 5 leds, de ellos, los 3, 4 y 5 cumplen esta función. Al momento de operar las RTU, el led D2 (rojo) estuvo parpadeando y emitiendo un zumbido durante un tiempo, el cual está en función a la cantidad de unidades en campo, en la Figura 44 se muestra la placa de la RF Interface.

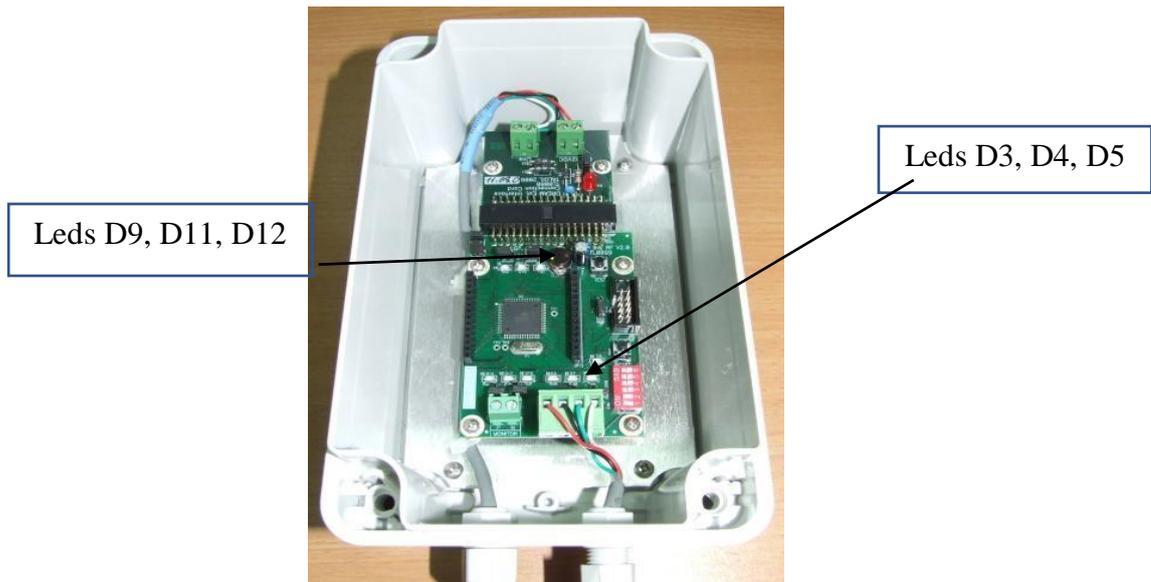


Figura 44: Placa de la RF Interface

FUENTE: (TALGIL, Guía de sistema Dream RF RTU, 2014)

De igual forma para verificar la comunicación con el Dream II se emplearon los leds D9, D11 y D12.

En la Master solo se requiere configurar la frecuencia, se tiene un total de 16 frecuencias disponibles, de ellas se empleó el número 8 como frecuencia para el fundo. Puesto que alrededor existen otros controladores aledaños.

Además de la RF G5, otra interface utilizada fue la AC/DC. Se empleó para operar la bomba de 75HP vertical, considerándolo como una conexión de salida.

b. Ubicación de las unidades remotas

Para la ubicación y asignación de modelos de unidades de radio frecuencia, se tomaron en consideración factores como:

- Topografía: Plana. No sobre pasar un desnivel máximo de +- 5 metros.
- Turnos de riego: 5.
- Distancia entre la RTU y la válvula: 450 metros.

Para la configuración del RTU esclavo fue necesario definir la frecuencia empleada. Debido a que; para garantizar la comunicación con la master deben manejar la misma frecuencia. En la Figura 45 se muestra la placa de la RTU RF base.

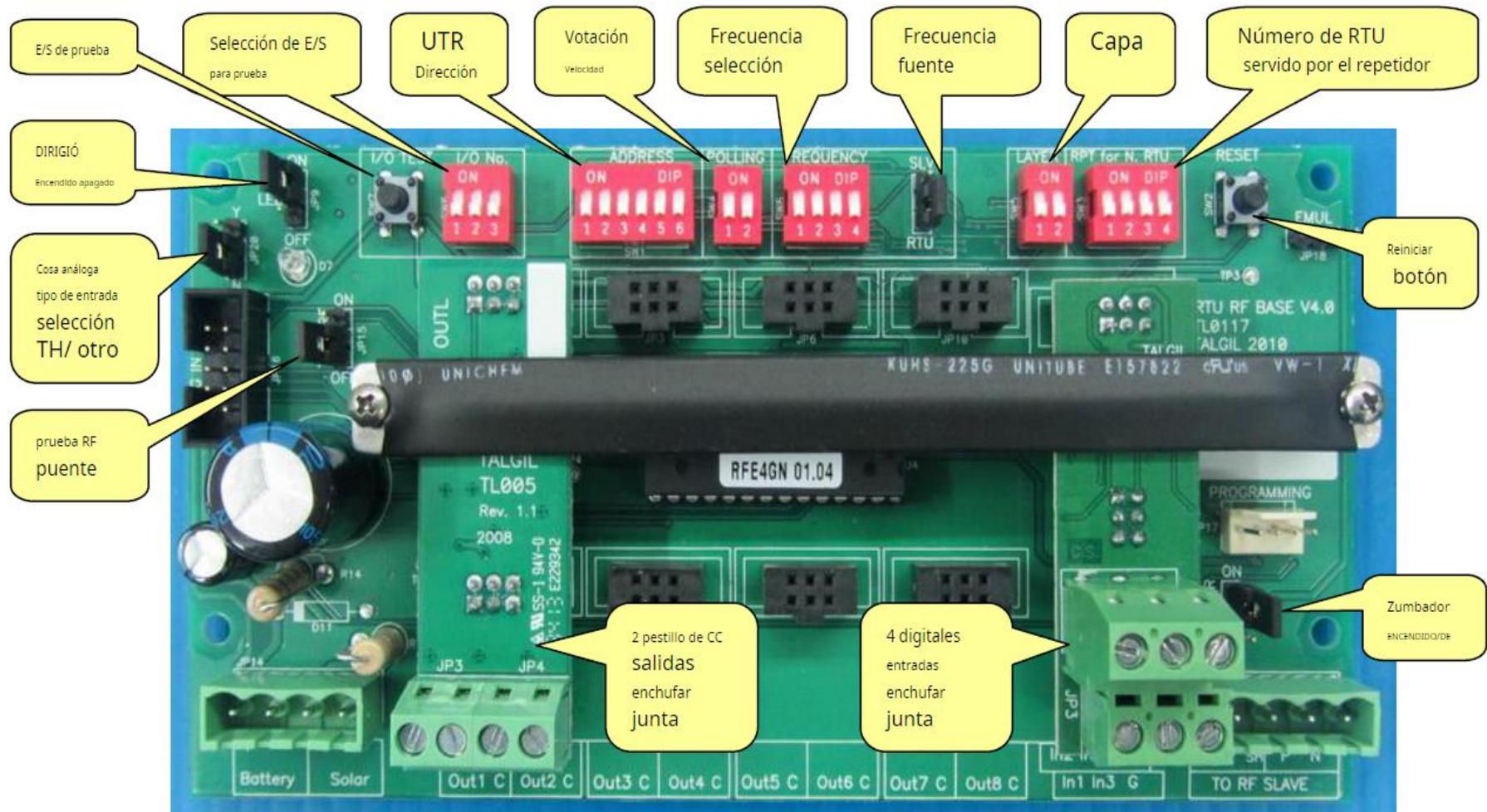


Figura 45: Placa de la RTU RF base

FUENTE: (TALGIL, Guía de sistema Dream RF RTU, 2014)

Se inició asignando la numeración de las unidades, para nuestro caso del 1 al 5. A esto se le conoce como la dirección.

La comunicación entre la master y las RTU en campo requirió de un tiempo de reconocimiento. Estos tiempos se dan en 1.25, 2.5, 5 y 10 segundos. Al tener en campo no más de 7 bases, el tiempo de reconocimiento fue de 1.25 segundos. La configuración consistió en confirmar si existe una buena comunicación entre las unidades; no siendo de manera aleatoria. Por el contrario, la tasa de sondeo considera el número total RTU que debe escanear.

La configuración repetidora no fue necesaria para el fondo, puesto que las líneas de vista entre las unidades no presentaban obstrucciones.

La conexión de los solenoides con la RF base, fue a través del cable de dos hilos de 15 a 20 V DC, conectados en los puertos de salidas (ver anexo 8). Según el número de solenoides en la regleta, se contó con la misma cantidad de salidas. Luego de realizar la conexión, se inició con la prueba de salidas. Enviamos un comando de apertura de solenoide confirmándolo mediante un sonido. Luego para el cierre de la misma, se emitieron dos veces el primero sonido. Esta confirmó la conectividad entre sí. En la Figura 46 se muestra la conexión de salida de la RTU RF base.

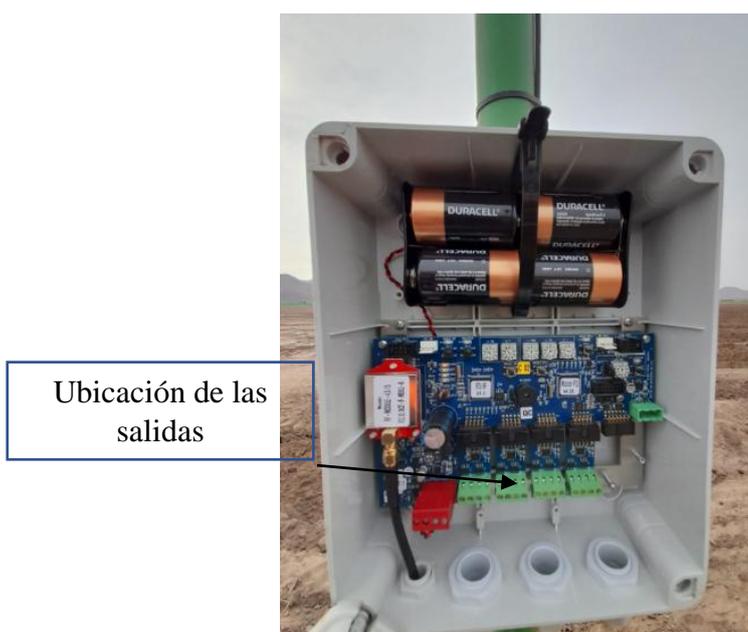


Figura 46: Conexión de salida de la RTU RF base

c. Modelos de regletas

El solenoide cumple la función de una válvula de paso, permitiendo la transformación de la señal eléctrica a una hidráulica. Uno de los componentes importantes es el cilindro o embolo con la capacidad para desplazarse arriba o abajo, dando lugar la comunicación de los 3 puertos existentes. El solenoide empleado fue de tres vías, con un puerto presión, puerto cámara y puerto venteo. En la marca Bermad serie 982 – 3. En la Figura 47 se muestra la composición interna del solenoide.

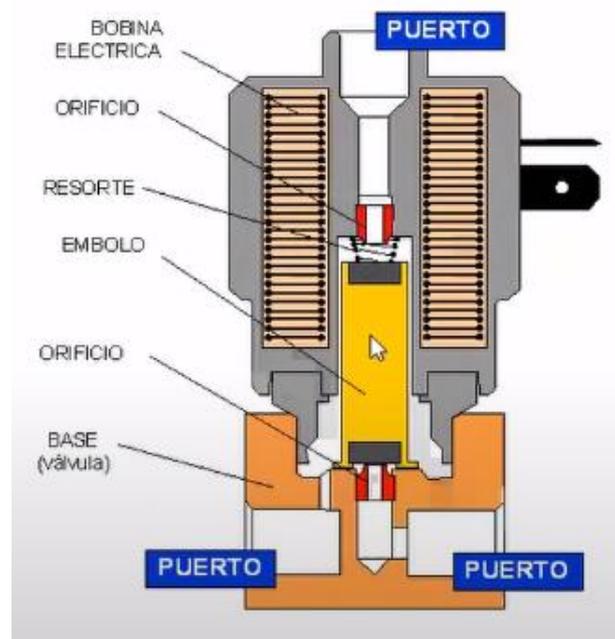


Figura 47: Composición interna del solenoide

El paso de corriente a señal hidráulica se da mediante la bobina que recubre el embolo que al energizarse se transforma en un electro imán con la capacidad de desplazarlo.

Según la operación del solenoide pueden ser abiertos (NO) o cerrados (NC). En la posición abierta puerto presión agua arriba tiene comunicación con la cámara de válvula, manteniéndola cerrada. En el caso contrario, la válvula siempre estará abierta.

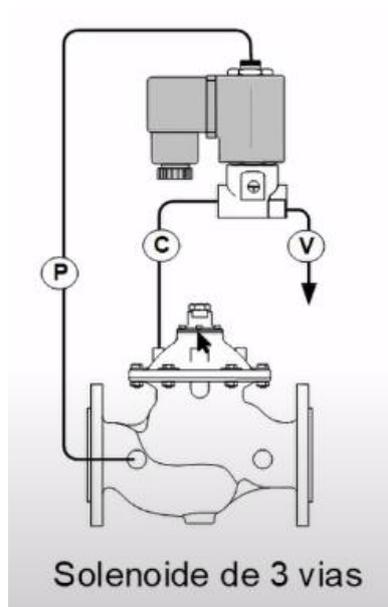


Figura 48: Puertos de conexión con la válvula

Los modelos de regletas o barras de solenoides se determinaron a partir de los resultados de:

- Tamaño de válvula: 3" N y 2" N.
- Cantidad de enlaces y número de micro tubos por enlace: 2 enlaces por solenoides y 1 micro tubo por válvula.

Obtuvimos 5 unidades remotas de los siguientes modelos:

- RTU 2/0: 1 unidad
- RTU 4/0: 2 unidades
- RTU 6/0: 1 unidad
- RTU 8/0: 1 unidad

En la Figura 49 se muestra las RTU base para los 5 turnos.

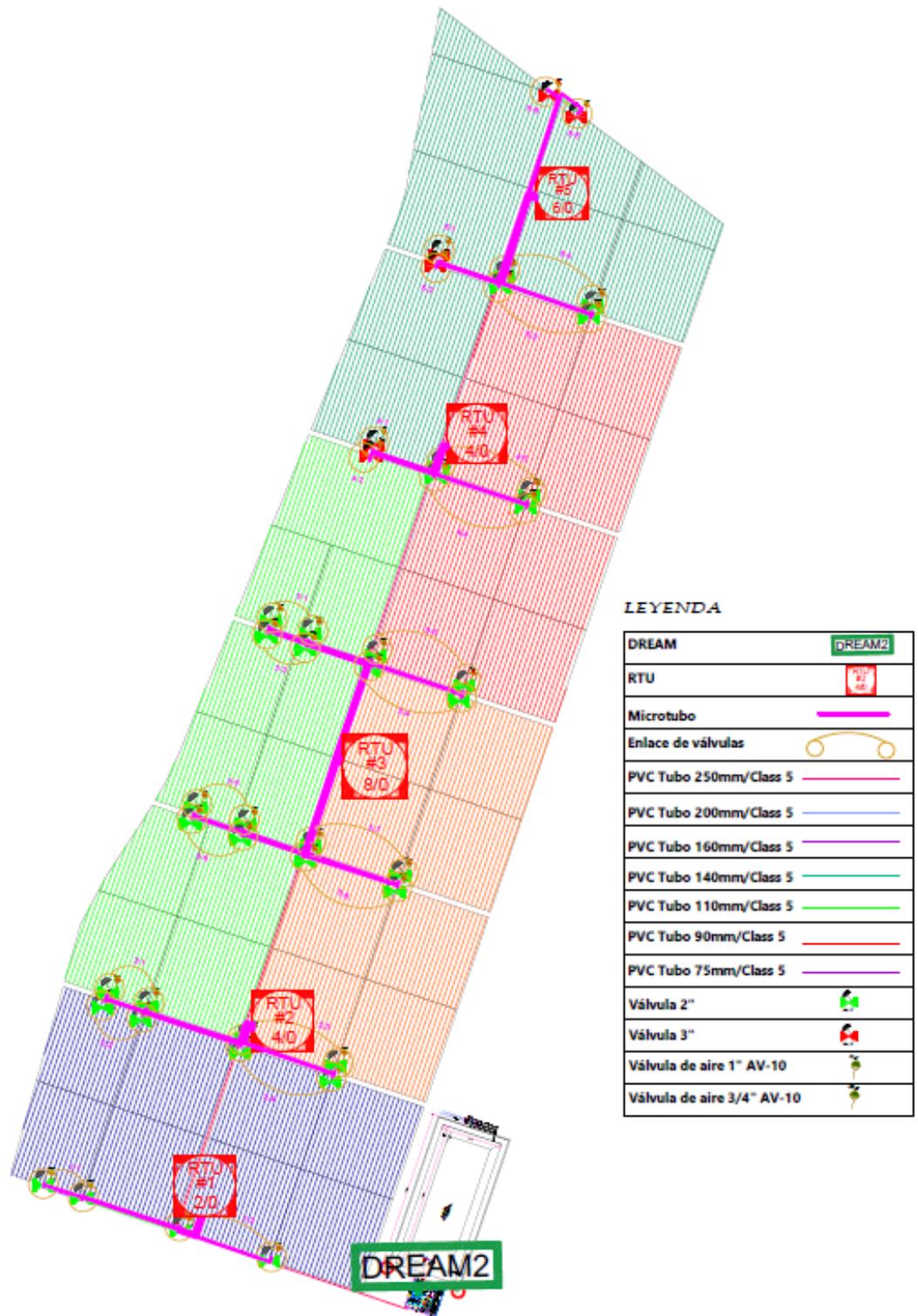


Figura 49: Automatización de S&M Foods

Esto nos da un total de 24 enlaces disponibles, las cuales permitieron conectar las 42 válvulas de campo.

Las válvulas enlazadas no superan los 450 metros por longitud de micro tubo, valor considerado como máximo permisible por experiencia en la operación. Esto con el objetivo de garantizar tiempos breves de apertura.

En la Tabla 30 observamos el resumen de modelos, número de válvulas que fueron enlazadas a un solenoide.

Tabla 30: Resumen de válvulas enlazadas por válvula

# UNIDAD	MODELO	ENLACE	VALVULAS
1	2/0	1	3,4
		2	1,2
2	4/0	1	7,8
		2	11,12
		3	5,6
		4	9,10
3	8/0	1	23,24
		2	27,28
		3	21,22
		4	25,26
		5	19,20
		6	13,14
		7	17,18
		8	15,16
4	4/0	1	32
		2	29
		3	33,34
		4	30,31
5	6/0	1	38
		2	36,37
		3	39,40
		4	35
		5	41
		6	42

Tenemos enlaces de 2 válvulas, debido a que algunas comparten el mismo solenoide. Estas corresponden a las de 2", esto se debe por tener una cámara más pequeña y un tiempo de llenado menor para su apertura. Caso contrario pasa en las de 3" que con una cámara interna más amplia la apertura es mayor; fue por ello que se optó por dejarla enlazada a un solenoide. Los solenoides se pueden manipular de forma manual para abrir válvulas en campo; sin

embargo, regularmente están en AUTO y funcionan en forma automática.

En caso de presentar pendientes pronunciadas será recomendable aumentar el número de unidades de radio o emplear componentes que contrarresten estas desventajas.

V. CONCLUSIONES

1. En el diseño de sistema de riego por goteo para el cultivo de la paprika, los parámetros fundamentales para el diseño agronómico fueron: lámina de reposición con un valor de 7mm/día, capacidad de riego de 2.42 mm/hr y un tiempo de riego de 2.8 horas, con estos datos se calculó el número de turnos obteniendo como resultado cinco. El diseño hidráulico se inició con la selección de un gotero no autocompensado de 1 lph , se consideró criterios de velocidad de 0.6 a 2.5 m/s para el dimensionamiento de diámetro de matrices y en la selección de válvulas de 2" y 3" se admitieron pérdidas de 2.5 m como máximo. Para el sistema de filtrado se consideró instalar cinco cuerpos de grava de 48", además de válvulas de control y regulación necesarias para una adecuada protección de los emisores y operación del sistema. Adicionalmente se realizó una comparación de coeficiente de uniformidad de diseño y campo donde se obtuvo un valor promedio de 94.38% para el coeficiente en campo y 98.01% para diseño.
2. Las unidades remotas de telecontrol vía radio frecuencia propuestas fueron cinco con un total de 24 salidas conectadas a 42 válvulas, teniendo como criterio distancias no mayores de 450 metros entre unidades remotas y válvulas, y desnivel topográfico no mayor a tres metros. Los componentes utilizados en la automatización fueron el Dream II, interface RF G5, cinco unidades de remotas y una master. Para este proyecto cada unidad remota cubrió 8 ha en promedio lo que generó un beneficio en el tiempo de apertura a fin de aprovechar al máximo el tiempo de riego calculado en el diseño, reduciendo los tiempos muertos y logrando la eficiencia de aplicación esperada.

VI. RECOMENDACIONES

1. En la automatización de válvulas en campo, considerar por cada válvula una línea de señal hidráulica o microtubo, mejorando el tiempo de reacción para apertura o cierre.
2. En la prueba de uniformidad es necesario confirmar que los componentes del sistema estén operando bajo los parámetros de diseño establecidos y verificar en campo que las mangueras y tuberías no presenten fugas que alteren la medición.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia de Extensión Rural Pocito. (2013). *Riego presurizado*.
[https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_ _hoja_informativa_riego_por_goteo_olivo-_julio_.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_hoja_informativa_riego_por_goteo_olivo-_julio_.pdf)
- Alirio, E. (2013). *Riego por goteo*. http://www.psi.gob.pe/wp-content/uploads/2016/03/biblioteca_hojas_riego_presurizado-1.pdf
- Apaéstegui, J. & Peña, F. (2017). Disponibilidad de agua para riego. In *El Agua en el Perú: Situación y Perspectivas* (Issue 2009, p. 18).
- Cahuana, R. (2014). Ministerio de agricultura y riego. *Agrocalidad*, 1.
<https://www.gob.pe/minagri%0Ahttp://www.minagri.gob.pe/portal/datos>. Cited 25 Apr 2016
- Cuartero Abengózar, H. & Pérez Martínez, M. (2015). *Guía de gestión energética en zonas verdes y campos de golf*.
- FAO. (1997). Evapotranspiración de Cultivo. Estudio FAO Riego y Drenaje, 322.
- Fernández de Sousa, M. & González de Lena, G. (2014). El Sistema de riego Localizado. *SERIDA Tecnología Agroalimentaria*, 14, 25–32. <http://serida.org/pdfs/6003.pdf>
- Fernández Gómez, R. (2010). *Manual de Riego para agricultores Modulo 4.Riego Localizado* (Junta de A).
- Google Earth. (2019, August 4).
https://earth.google.com/web/search/12°+4'+55.5+s,76°+56'+57.2+w/@-12.08310097,-76.95433904,228.99406357a,1749.46559596d,35y,158.73892706h,0t,0r/data=CigiJgokCd-rt1WjXTNAEdqrt1WjXTPAGVVX513wFzjAIQC_z5-sHl_A
- Hazen-Williams. (2015). Hazen-Williams:
<https://www.passeidireto.com/arquivo/69295862/la-formula-de-hazen-williams>
- HIDROSTAL. (Setiembre de 2014). Electrobomba centrifuga monoblock series B y C. Electrobomba centrifuga monoblock series B y C:
<http://www.hidrostal.com.pe/pdf/catalogos/L1/CATALOGO%20LINEA-1%20ElectrobombaSerieBC.pdf>

- INEI. (2012). IV Censo Nacional. *Artículo*, 47.
- INIA. (1999). *Elementos de riego tecnificado*.
- Liotta, M. (2000). *Evaluación del coeficiente de uniformidad en equipos de riego presurizado*. 1–7. http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-evaluacion_de Equipos_de_riego_presurizado__2_.pdf
- Liotta, M. (2015). Riego por goteo. In *Inta: Vol. 1 edición*. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_riego_por_goteo.pdf%0Afile:///C:/Users/SURI/OneDrive/Documentos/inta_manual_riego_por_goteo.pdf
- Liotta, M. (s.f.). Evaluación del coeficiente de uniformidad en equipos de riego presurizado. Evaluación del coeficiente de uniformidad en equipos de riego presurizado: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-evaluacion_de Equipos_de_riego_presurizado__2_.pdf
- Louvain Cooperation. (n.d.). *Sistematización cultivo de paprika e hisopo orgánico*.
- Nicoll Perú S.A. (2006). *Catálogo de Tubos y Accesorios PVC U Presión: NTP-ISO 4422*.
- Peralta, J.M. & Simpfendörfer, C. (2001). Riego por Aspersión. In *Fao* (Vol. 1). <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/40180/NR26419.pdf?sequence=1>
- Playán, E. & Zapata, N. (n.d.). *Automatización del riego* (p. 25).
- Popoca, M., Águila, F. & Quevedo, A. (2008). Sistema de riego automatizado en tiempo real con balance hídrico, medición de humedad del suelo y lisímetro. *Agricultura Técnica En México*, 34(4), 459–470.
- Rivulis. (2018). Eolos Compact. Eolos Compact: https://www.rivulis.com/products/drip-tapes-drip-lines/compact/Eurodrip_Compact_Espanol_Latinoamerica_20220207_Web.pdf
- Rivulis. (2021). *Manual de usuario de riego por goteo* (p. 121).
- Rivulis. (2018). V2500 & V3500 Válvulas de Control Hidráulico. V2500 & V3500 Válvulas de Control Hidráulico: https://www.rivulis.com/products/valves/v2500/RIV_ValvesBrochure_SP_MX-14pg-012021-Final-LOWRES.pdf
- Servicio agrícola y ganadero. (2019). *Operación y mantención de sistemas de riego tecnificado con generación fotovoltaico*.
- Stewart, M. (2019). Centrifugal pumps. In *Centrifugal Pumps* (Vol. 9783642401). <https://doi.org/10.1007/978-3-642-40114-5>
- TALGIL. (2018). *DREAM2*. <https://talgil.com/ESP/DREAM2>

TALGIL. (2007). Guia de instalación Dream . ISRAEL: Israel: Talgil computación y control ltd.

TALGIL. (2014). Guía de sistema Dream RF RTU. Israel: Talgil computación y control ltd.

Yamit. (2021). F600 Sistema de filtración con gravas (p. 48)

YAMIT. (s.f.). F-600 Filtros de Media. F-600 Filtros de Media: <https://www.yamit-f.com/es/product/f-600/>

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Especificación técnica de las válvulas V2500 marca RIVULIS

V2500 Válvulas de Plástico | En Línea

Dimensiones, peso y volumen de la cámara de control

Medida	Conexión	Resorte	Largo		Ancho		Alto		Peso		Volumen Cámara de Control	
			mm	plg	mm	plg	mm	plg	Kg	Lb	cm ³	plg ³
1½"	Roscada	✓	180	7.09	140	5.51	105	4.13	0.7	1.4	94	5.74
2"	Roscada	✓	190	7.48	140	5.51	108	4.25	0.7	1.4	94	5.74
2"L (2, 3, 2)	Roscada	✓	237	9.33	166	6.54	105	4.13	1.3	2.6	150	9.15
3"	Roscada	✓	277	10.91	166	6.54	121	4.76	1.5	3	150	9.15
3"	Victaulic	✓	277	10.91	166	6.54	112	4.41	1.3	2.6	150	9.15
3"	Bridada	✓	282	11.1	198	7.8	198	7.8	3.3	6.7	150	9.15
3"R	Victaulic	✓	240	9.45	140	5.51	108	4.25	0.8	1.6	94	5.74
3"R	Bridada	✓	246	9.69	198	7.8	198	7.8	1.8	3.6	94	5.74
3"L (3, 4, 3)	Roscada	✓	310	12.2	240	9.45	168	6.61	3.6	7.3	400	24.41
3"L (3, 4, 3)	Victaulic	✓	310	12.2	240	9.45	154	6.06	3.2	6.5	400	24.41
3"L (3, 4, 3)	Bridada	✓	315	12.4	240	9.45	208	8.19	4.3	8.7	400	24.41
4"	Roscada	✓	350	13.78	240	9.45	181	7.13	3.9	7.9	400	24.41
4"	Victaulic	✓	350	13.78	240	9.45	166	6.54	3.5	7.1	400	24.41
4"	Bridada	✓	356	14.02	240	9.45	228	8.98	7	13.6	400	24.41
6"	Bridada	✓	424	16.69	339	13.35	258	10.16	15	30.4	2300	140.35
8"	Bridada	✓	502	19.76	340	13.39	340	13.39	18	36.4	2300	140.35



Anexo 2: Modelos de tanque YAMIT

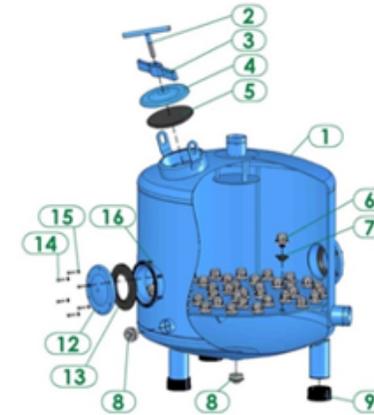
Serie F600 - Filtros de Media DESPIECE Y MEDIDAS

YAMIT
FILTRATION

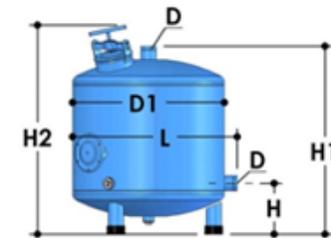


Modelo: F636 – F680

Despiece		Modelo				
Filtro	F636	F640	F650	F660	F680	
Cuerpo filtro	24"×3"	30"×3"	36"×3"	48"×4"	60"×4"	
1	Cuerpo	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	Manija	E6020106000	E6020106000	E6020106000	E6020106000	E6020106000
3	Soporte ajuste	6012108000-P	6012108000-P	6012108000-P	6012108000-P	6012108000-P
4	Tapa	5320010800-P	5320010800-P	5320010800-P	5320010800-P	5320010800-P
5	Junta de tapa	5311200600-120	5311200600-120	5311200600-120	5311200600-120	5311200600-120
6	Hongo	4000016500	4000016500	4000016500	4000016500	4000016500
7	Junta de hongo	5312000600-280	5312000600-280	5312000600-280	5312000600-280	5312000600-280
8	Tapón metálico	4180200300	4180200300	4180200300	4180200300	4180200300
9	Base goma de pata	5312007600-069	E5312030600-067	E5312030600-067	E5312030600-067	-----
11	Codo plástico	6226003000	-----	-----	-----	-----
12	Tapa apertura servicio	5320010600-P	5320010600-P	5320010600-P	5320010600-P	-----
13	Junta apertura servicio	5311150600-045	5311150600-045	5311150600-045	5311150600-045	-----
14	Tornillo	4102110401-030	4102110401-030	4102110401-030	4102110401-030	-----
15	Arandela	4122110401	4122110401	4122110401	4122110401	-----
16	Tuerca	4112110401	4112110401	4112110401	4112110401	-----
17	Tapa conector rápido	-----	-----	-----	-----	5320010402-P
18	Conector rápido	-----	-----	-----	-----	4150104000-03P
19	Goma conector rápido	-----	-----	-----	-----	4084040200



Modelo	ØD1 (in)	H (mm) (in)	H1 (mm) (in)	H2 (mm) (in)	L (mm) (in)	No. sacos de grava de 25 kg (55 lb)
F636	24	180 7.09	880 34.65	1285 50.6	750 29.53	7
F640	30	300 11.81	1070 42.13	1197 47.12	864 34.02	12
F650	36	300 11.81	1110 43.7	1242 48.9	1010 39.76	16
F660	48	330 11.81	1110 43.7	1189 46.81	1338 52.69	23
F680	60	440 17.32	1420 55.9	1515 59.6	1585 62.4	40



BERMAD Irrigation



350 Series

Filter Stations

Filter Backwash Hydraulic Valve

3x3 Plastic

IR-3x3-350-P

The BERMAD Model IR-3x3-350-P is a compact 3-port valve, in a T configuration. It is double chambered, hydraulically operated, and diaphragm actuated. Designed for automatic backwashing of filtration systems, the BERMAD Model IR-3x3-350-P is available in Angle flow (A) and Straight flow (S) configurations.



Angle Flow



Straight Flow

Features and Benefits

- Line Pressure Driven
- Double Chambered Design
 - ↳ Wide application range
 - ↳ Requires low actuation pressure
 - ↳ Protected diaphragm
- Dynamic Sealing
 - ↳ Seals at very low pressure
 - ↳ Prevents seal friction and erosion
- Engineered Plastic Valve Design
 - ↳ Highly durable, chemical and cavitation resistant
- Short Valve Travel
 - ↳ Smooth changes of flow direction
 - ↳ Eliminates mixing of supply and waste water
- User-Friendly
 - ↳ Can be installed in various orientations
 - ↳ Simple in-line inspection and service



Typical Applications

- Automatic Backwash of Filter Batteries
 - ↳ Gravel Filters
 - ↳ Sand Filters
 - ↳ Disk Filters
 - ↳ Screen Filters
- Single Filter Autonomic Backwash System
- Angled or Straight Installations

- [1] BERMAD Model IR-3x3-350-S-P allows flow into the filter, switches closed upon pressure rise command blocking inlet to filter and enables backwash flow from the filter.
- [2] BERMAD Hydromptor Model IR-900-MD
- [3] BERMAD Air Valve Model ARA-A-I-P

Anexo 4: Especificaciones técnicas de la limitadora de caudal marca BERMAD



Technical Data

Pressure Rating:
10 bar; 145 psi

Operating Pressure Range:
0.5-10 bar; 7-145 psi

Setting Range:
1-7 bar; 15-100 psi

Setting ranges vary according to specific pilot spring. Please consult factory

Flow Setting Range:
±20% from valve predetermined flow

Materials:
Body, Cover and Plug: Polyamid 6 & 30% GF

Diaphragm: NR, Nylon fabric reinforced

Seals: NR

Spring: Stainless Steel

Cover Bolts: Stainless Steel

Control Accessories:

Tubing and Fittings: Polyethylene

PRP Pilot Spring Range:

Spring	Spring color	Setting Range
J	Green	0.2-1.7 bar
K	Gray	0.5-3.0 bar
N	Colorless	0.8-6.5 bar

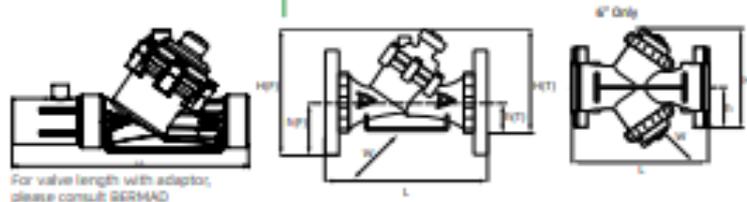
FCP Pilot Spring Range:

Spring	Flow velocity m/sec
E-Purple	1-5

Technical Specifications

Y Pattern Valves Dimensions & Weights

For BERMAD angle, dual & T pattern, Please see our full engineering page.



For valve length with adaptor, please consult BERMAD

Sizes Inch - DN	2 1/2" ; 40			2" ; 50		2 1/4" ; 50		2 1/2" ; 65		3" ; 80	
	Rc (BSPT), NPT	Rc (BSPT), NPT	G (BSPF)	Rc (BSPT), NPT	G (BSPF)	Rc (BSPT), NPT	G (BSPF)	Rc (BSPT), NPT	Universal Flanges		
L (mm)	200	230	230	230	230	298	298	308	308		
H (F) (mm)	—	—	—	—	—	—	—	244	244		
H (T) (mm)	173	173	173	187	187	199	199	—	—		
h (F) (mm)	—	—	—	—	—	—	—	100	100		
h (T) (mm)	40	40	40	43	43	55	55	—	—		
W (mm)	97	97	97	135	135	135	135	200	200		
CCDV (lit)	0.12	0.12	0.12	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15		
Weight (kg)	1.1	1.2	1.2	1.47	1.47	1.6	1.6	4.4	2.5		

Sizes Inch - DN	3 1/2" ; 90L		4" ; 100		4 1/2" ; 100L		6 1/2" ; 150R		6" ; 150		6" ; 150	
	Rc (BSPT), NPT	Universal Flanges		Universal Flanges		Universal Flanges		Groove	Universal Flanges		Groove	Universal Flanges
L (mm)	298	308	308	250	250	442	442	400	470	490	504	504
H (F) (mm)	—	317	317	329	329	340	340	286	377	198	286	286
H (T) (mm)	270	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
h (F) (mm)	—	100	100	112	112	112	112	57	149	100	143	143
h (T) (mm)	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
W (mm)	168	200	200	224	224	226	226	226	287	475	475	475
CCDV (lit)	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	1.15	1.15	1.15	1.15	2 x 0.62	2 x 0.62	12.5
Weight (kg)	3	4.6	3.7	7.4	4.6	13.5	10	8	16.5	11	12.5	12.5

CCDV = Control Chamber Displacement Volume • BSRT = Internal Threaded • BSPF = External Threaded • Other End Connections are available on request. For dimensions and weights of adaptors or valve with adaptors please consult with customer service

Flow Properties

Sizes Inch DN	2 1/2" ; 40	2" ; 50	2 1/4" ; 50L	2 1/2" ; 65
KV	50	50	100	100

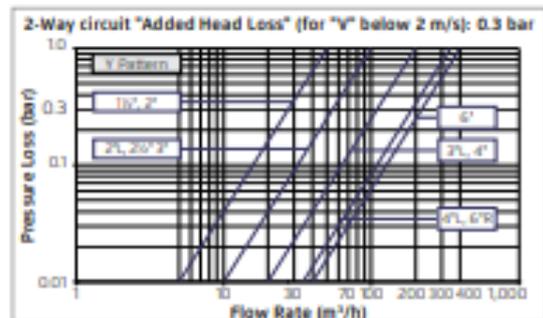
Sizes Inch DN	3" ; 80	3 1/2" ; 90L	4" ; 100	4 1/2" ; 100L	6 1/2" ; 150L	6" ; 150
KV	100	200	200	340	340	400

Valve Flow Coefficient

$$\Delta P = \left(\frac{Q}{Kv} \right)^2$$

$Kv = m^3/h @ \Delta P \text{ of } 1 \text{ bar}$
 $Q = m^3/h$
 $\Delta P = \text{bar}$

Flow Chart



Anexo 5: Especificaciones técnicas del hidrómetro marca RAPHAEL

Raphael

Raf Meter

Removeable Measuring Unit Woltman Meter RMW

TECHNICAL SPECIFICATIONS

Dimensions and Weights

DN [mm] [inch]	50 2	65 2½	80 3	100 4	125 5	150 6	200 8	250 10	300 12	400 16	500 20
Length L [mm]	200	200	200	250	250	300	350	450	500	600	800
Width B [mm]	168	185	200	220	250	285	340	395	445	565	670
Height H [mm]	237	245	255	316	326	375	402	518	538	660	770
Weight [Kg]	11.5	12.5	15.5	19	25	41.5	52.5	77	97	199	340

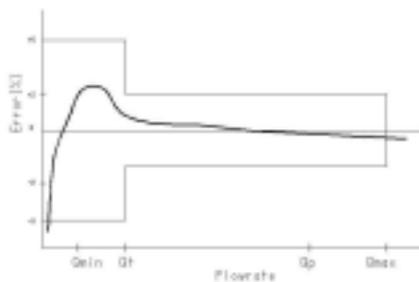


Metrological Data

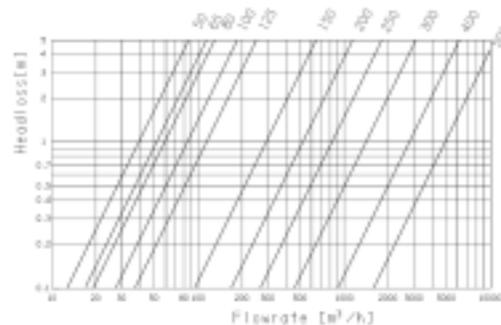
DN [mm] [inch]	50 2	65 2½	80 3	100 4	125 5	150 6	200 8	250 10	300 12	400 16	500 20
Q1-Min. Flowrate	0.5	0.8	1.26	2	3.2	5	8	12.6	20	32	50
Q2-Transitional Flowrate	0.8	1.28	2.02	3.2	5.12	8	12.8	20.16	32	51.2	80
Q3-Permanent Flowrate	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
Q4-Max. Flowrate	31.25	50	78.75	125	200	312.5	500	787.5	1250	2000	3125

* Flowrates units: m³/hour

ACCURACY CURVE



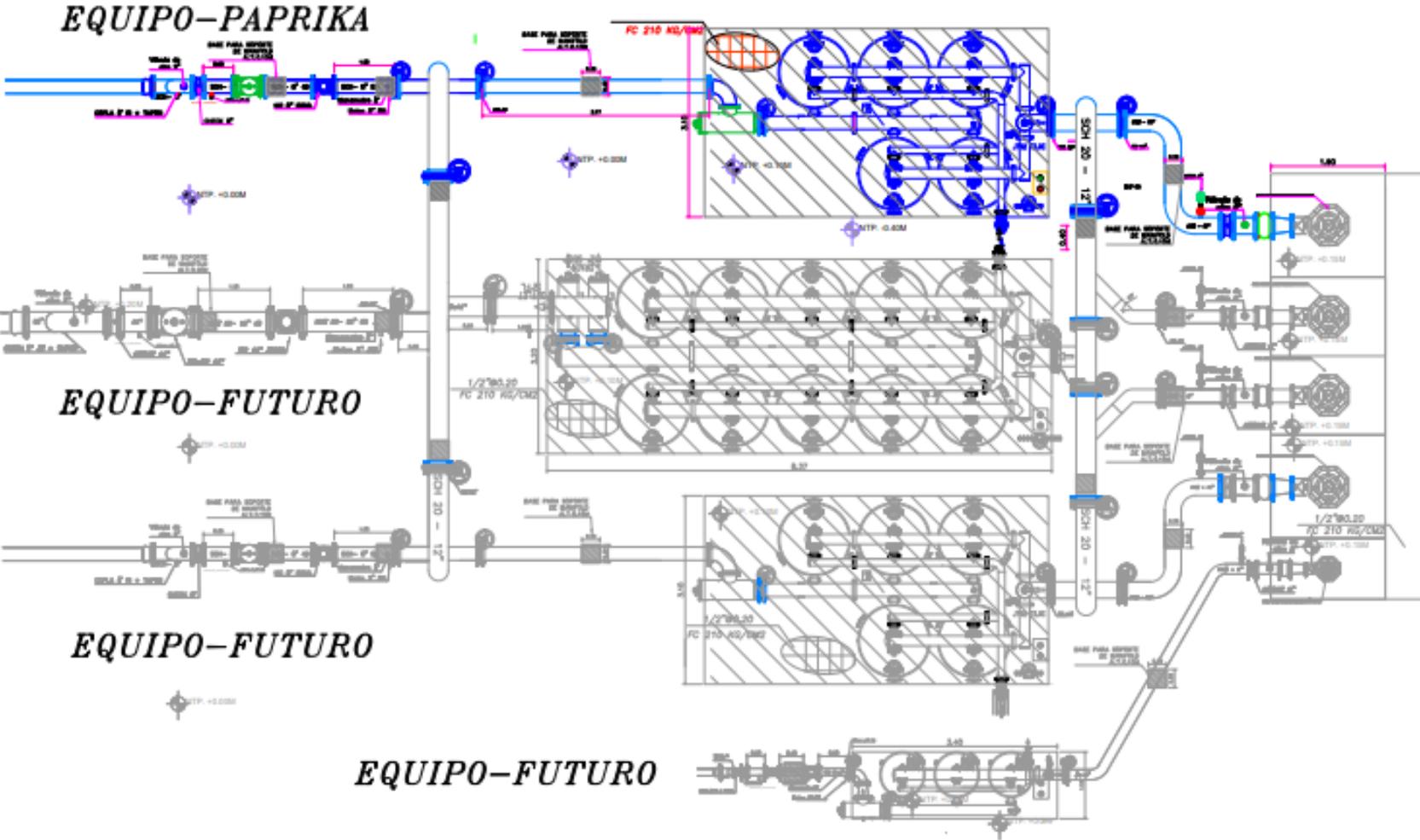
HEADLOSS CURVE



NOTE: The information is subject to changes without prior notice

RMW 08/10

Anexo 6: Centro de control del Fundo S&M Foods



Anexo 7: Especificación técnica del DREAM 2



★★★ DREAM 2 ★★★

Controlador profesional de múltiples cabezales de riego habilitado al Internet

El **DREAM 2** es la nueva generación de sistemas centrales de control de riego. Permite la combinación de diversas tecnologías para satisfacer las necesidades específicas de cada proyecto. Se trata de un **controlador habilitado al Internet**, para que el usuario pueda controlar todo desde su **PC o Smartphone**.

El **DREAM 2** puede manejar **múltiples cabezales de riego**. Esto permite al usuario gestionar proyectos medianos a grandes, con muchas líneas de riego usando un solo controlador.

Características Generales:

Hardware modular y flexible:

- **Salidas locales AC o DC** – Activación directa de Solenoides y Válvulas Eléctricas
- **Unidades remotas de un solo cable (2W RTU)** - Hasta 10 km
- **Unidades remotas inalámbricas (RF RTU)** - Hasta 5 km (pronto, hasta 10 km)
- **pH /CE** – Puede manejar múltiples mesas de inyección de fertilizante
- **Estación meteorológica** - ET, protección contra heladas y parada por lluvia
- **Entradas analógicas** - Locales o a distancia via unidades remotas (RF o 2W)

Irrigación:

- Cientos de programas de riego, cabezales de riego y válvulas pueden ser definidos
- Dosificación de agua por tiempo, volumen, volumen por área y ET
- Irrigación por días de la semana o por ciclo de días
- Ciclo Único o riego por pulsos
- Inicio: Automático por tiempo o por condición o de forma manual
- Cada programa permite secuencia de válvulas o de grupos de ellas
- Operación de válvula principal: retrasada, adelantada, o simultáneamente con las válvulas.
- Puede manejar múltiples fuentes de agua

Fertilización:

- Permite la definición de sitios locales y sitios centrales de fertilización. Hasta 5 fertilizantes por sitio
- Modos de dosificación de fertilizante:

Continuo	- Tiempo (h:m:s), Volumen (Litros)
Concentración	- L/m ² , L/m ³ , seg/min, m ³ /L
Proporcional	- Litros
- Tres etapas de fertirrigación: Pre-riego, Inyección, post-riego.

Retrolavado:

- Permite la definición de sitios locales y sitios centrales de retrolavado
- Retrolavado por tiempo, por presión diferencial o por ambos.
- Parámetros: Intervalo entre ciclos, Retardo Pre Espera y entre filtros, Tiempo de lavado, Retardo DP
- Detección y prevención de bucle sin fin
- Acumulación de ciclos de lavado por tiempo y por DP

Alarmas:

- Caudal alto, caudal bajo, fugas de agua, baja presión
- Fugas de fertilizante, ausencia de pulsos de la inyección
- Falla en el sensor de presión diferencial.
- Batería baja, Ausencia de energía AC

Comunicación:

- Nuevo software para PC, basado en Java - **DREAM CONSOLE**. Fácil de usar, potente y moderno
- Nueva aplicación para Smartphone - **DREAM SPOT**. Desde cualquier dispositivo y sistema operativo
- Canales posibles de comunicación: **Netatick**, módem 3G, Ethernet, radio, cable
- Notificaciones de alarma vía e-mail

General:

- Controlador multilingüe.
- Pantalla grande LCD gráfica y teclado numérico completo.
- Definiciones del instalador que permiten adaptar el controlador para cada aplicación específica
- Sistema flexible de condiciones que permiten iniciar, detener, pausar y continuar programas de riego
- Registro de todas las actuaciones del sistema.
- Memoria no volátil para el almacenamiento de la configuración del controlador

Opciones de alimentación:

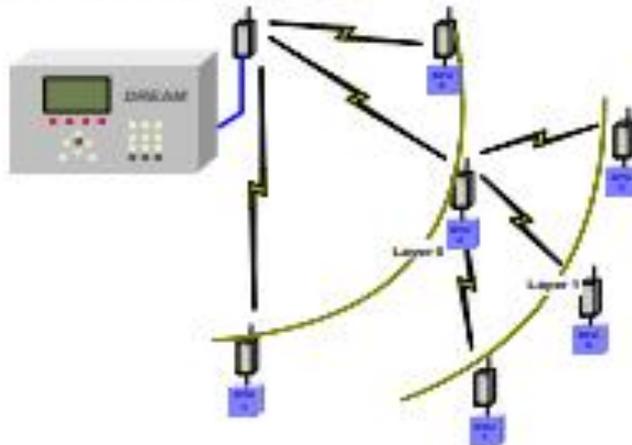
- 12V DC desde panel solar y batería recargable
- 220V / 110V AC

Anexo 8: Especificación técnica del RTU



☆☆☆ El sistema RTU radio ☆☆☆ para los controladores DREAM y UNILINER

El sistema RTU radio de TALGIL ofrece una solución perfecta para controlar sistemas de riego distribuidos, cuando el uso de cables resulta imposible o no es deseado. El sistema utiliza baja energía de transmisión y por lo tanto no se requiere ninguna licencia. Bajo buenas condiciones se puede cubrir una distancia de 2 km. Un RTU radio puede servir también como un repetidor para RTUs remotos, de esa forma se multiplica el rango de comunicación a 4 km. Los RTUs radio son energizados por medio de baterías estándar o células solares que a su vez activan solenoides tipo LATCH con modalidad de ahorro de energía, por lo tanto son adecuados para usarse en aquellos lugares en donde no haya energía eléctrica. La comunicación bidireccional entre los RTUs y la unidad de control permite no solo la activación de salidas remotas sino también la lectura de entrada remota, y debido a que cada comunicación toma una señal de confirmación la transferencia de información es altamente confiable. El RTU radio tiene una estructura modular con una capacidad máxima de 8 salidas y 4 entradas digitales. Un canal de radio RTU puede manejar hasta 63 unidades.



Características generales

- El radio de comunicación de 2 km puede ser duplicado utilizando un RTU como un repetidor para otros.
- Comunicación bidireccional
- Energizado mediante batería o energía solar
- Hasta 63 RTUs por canal
- 16 opciones de selección de frecuencia de canal
- Exento de licencia
- Modo de testeo RF
- Tasa de escaneo flexible
- No. de salidas - 2,4,6,8 (2 conductores tipo LATCH)
- No. de entradas digitales - 4
- No. de entradas analógicas - 2 o 4
- Modo de test I/O
- Cierre automático de salidas cuando hay pérdida de comunicación y recuperación automática cuando se recupera la comunicación
- Señales de estado, visuales y sonoras, mediante LED y bocina
- Informe de batería baja del RTU



Anexo 9: Reporte de uniformidad de la válvula 1

Colección de Datos													RESULTADO GLOBAL		
Equipo:	1.00														
#válvula:	1.00												%CV		0.04
Cliente:													Desviación estandar		0.05
Goteros:	EOLOS COMPACT												Prom.Caudal		1.03
Distancia goteros	0.20												Prom.Caudal 25% inferior		0.97
Distancia mangueras	1.98												Coeficiente de Uniformidad		0.94
Fecha:	Diciembre 01-17 de 2021														
Unidad muestra	litros														
Caudal Gotero:	1.00														
Tasa de Riego nom:	2.53														
Distancia (m)	Primero			1/3 parte			2/3parte			Ultimo					
	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)			
0.00	18.00	60.00	1.08	18.00	60.00	1.08	18.00	60.00	1.08	17.50	60.00	1.05			
30.00	18.00	60.00	1.08	17.80	60.00	1.07	17.50	60.00	1.05	17.40	60.00	1.04			
60.00	17.50	60.00	1.05	17.00	60.00	1.02	16.80	60.00	1.01	16.30	60.00	0.98			
100.00	17.00	60.00	1.02	16.70	60.00	1.00	16.20	60.00	0.97	15.40	60.00	0.92			

Anexo 10: Reporte de uniformidad de la válvula 3

Colección de Datos													RESULTADO GLOBAL		
Equipo:	1.00														
#válvula:	3.00												%CV		0.05
Cliente:													Desviación estandar		0.05
Goteros:	EOLOS COMPACT												Prom.Caudal		1.02
Distancia goteros	0.20												Prom.Caudal 25% inferior		0.96
Distancia mangueras	1.98												Coeficiente de Uniformidad		0.94
Fecha:	Diciembre 01-17 de 2021														
Unidad muestra	litros														
Caudal Gotero:	1.00														
Tasa de Riego nom:	2.53														
Distancia (m)	Primero			1/3 parte			2/3parte			Ultimo					
	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)			
0.00	18.20	60.00	1.09	18.00	60.00	1.08	18.00	60.00	1.08	16.50	60.00	0.99			
30.00	18.00	60.00	1.08	17.70	60.00	1.06	17.50	60.00	1.05	16.00	60.00	0.96			
60.00	17.40	60.00	1.04	17.00	60.00	1.02	16.60	60.00	1.00	15.70	60.00	0.94			
100.00	17.00	60.00	1.02	16.20	60.00	0.97	16.00	60.00	0.96	15.50	60.00	0.93			

Anexo 11: Reporte de uniformidad de la válvula 5

Colección de Datos										RESULTADO GLOBAL			
Equipo:	1.00												
#válvula:	5.00									%CV			0.04
Cliente:										Desviación estandar			0.05
Goteros:	EOLOS COMPACT									Prom.Caudal			1.03
Distancia goteros	0.20									Prom.Caudal 25% inferior			0.97
Distancia mangueras	1.98									Coficiente de Uniformidad			0.94
Fecha:	Diciembre 01-17 de 2021												
Unidad muestra	litros												
Caudal Gotero:	1.00												
Tasa de Riego nom:	2.53												
Distancia (m)	Primero			1/3 parte			2/3parte			Ultimo			
	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	
0.00	18.20	60.00	1.09	18.00	60.00	1.08	17.60	60.00	1.06	17.00	60.00	1.02	
30.00	18.00	60.00	1.08	17.70	60.00	1.06	17.30	60.00	1.04	16.60	60.00	1.00	
60.00	17.80	60.00	1.07	17.30	60.00	1.04	17.00	60.00	1.02	16.00	60.00	0.96	
100.00	17.00	60.00	1.02	16.70	60.00	1.00	16.30	60.00	0.98	15.60	60.00	0.94	

Anexo 12: Reporte de uniformidad de la válvula 6

Colección de Datos										RESULTADO GLOBAL			
Equipo:	1.00												
#válvula:	6.00									%CV			0.03
Cliente:										Desviación estandar			0.03
Goteros:	EOLOS COMPACT									Prom.Caudal			1.04
Distancia goteros	0.20									Prom.Caudal 25% inferior			0.99
Distancia mangueras	1.98									Coficiente de Uniformidad			0.95
Fecha:	Diciembre 01-17 de 2021												
Unidad muestra	litros												
Caudal Gotero:	1.00												
Tasa de Riego nom:	2.53												
Distancia (m)	Primero			1/3 parte			2/3parte			Ultimo			
	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	
0.00	18.00	60.00	1.08	18.00	60.00	1.08	17.80	60.00	1.07	17.60	60.00	1.06	
30.00	17.90	60.00	1.07	17.70	60.00	1.06	17.50	60.00	1.05	17.30	60.00	1.04	
60.00	17.60	60.00	1.06	17.30	60.00	1.04	17.00	60.00	1.02	16.50	60.00	0.99	
100.00	17.20	60.00	1.03	17.00	60.00	1.02	16.60	60.00	1.00	16.00	60.00	0.96	

Anexo 13: Reporte de uniformidad de la válvula 8

Colección de Datos							RESULTADO GLOBAL					
Equipo:	1.00											
#válvula:	8.00											
Cliente:							%CV					
Goteros:	EOLOS COMPACT						Desviación estandar					
Distancia goteros	0.20						Prom.Caudal					
Distancia mangueras	1.98						Prom.Caudal 25% inferior					
							Coficiente de Uniformidad					
Fecha:	Diciembre 01-17 de 2021											
Unidad muestra	litros											
Caudal Gotero:	1.00											
Tasa de Riego nom:	2.53											
Distancia (m)	Primero			1/3 parte			2/3parte			Ultimo		
	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)
0.00	18.10	60.00	1.09	18.00	60.00	1.08	17.50	60.00	1.05	17.40	60.00	1.04
30.00	17.80	60.00	1.07	17.60	60.00	1.06	17.00	60.00	1.02	16.80	60.00	1.01
60.00	17.30	60.00	1.04	17.00	60.00	1.02	16.50	60.00	0.99	16.20	60.00	0.97
100.00	17.00	60.00	1.02	16.80	60.00	1.01	16.20	60.00	0.97	15.80	60.00	0.95

Anexo 14: Reporte de uniformidad de la válvula 11

Colección de Datos							RESULTADO GLOBAL					
Equipo:	1.00											
#válvula:	11.00											
Cliente:							%CV					
Goteros:	EOLOS COMPACT						Desviación estandar					
Distancia goteros	0.20						Prom.Caudal					
Distancia mangueras	1.98						Prom.Caudal 25% inferior					
							Coficiente de Uniformidad					
Fecha:	Diciembre 01-17 de 2021											
Unidad muestra	litros											
Caudal Gotero:	1.00											
Tasa de Riego nom:	2.53											
Distancia (m)	Primero			1/3 parte			2/3parte			Ultimo		
	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)
0.00	18.00	60.00	1.08	18.00	60.00	1.08	18.00	60.00	1.08	17.00	60.00	1.02
30.00	17.80	60.00	1.07	17.50	60.00	1.05	16.90	60.00	1.01	16.50	60.00	0.99
60.00	17.50	60.00	1.05	17.20	60.00	1.03	16.00	60.00	0.96	16.20	60.00	0.97
100.00	17.20	60.00	1.03	17.00	60.00	1.02	16.00	60.00	0.96	15.80	60.00	0.95

Anexo 15: Reporte de uniformidad de la válvula 15

Colección de Datos										RESULTADO GLOBAL			
Equipo:	1.00												
#válvula:	15.00									%CV			0.05
Cliente:										Desviación estandar			0.05
Goteros:	EOLOS COMPACT									Prom.Caudal			1.01
Distancia goteros	0.20									Prom.Caudal 25% inferior			0.95
Distancia mangueras	1.98									Coeficiente de Uniformidad			0.94
Fecha:	Diciembre 01-17 de 2021												
Unidad muestra	litros												
Caudal Gotero:	1.00												
Tasa de Riego nom:	2.53												
Distancia (m)	Primero			1/3 parte			2/3parte			Ultimo			
	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	
0.00	18.10	60.00	1.09	18.00	60.00	1.08	17.50	60.00	1.05	17.00	60.00	1.02	
30.00	17.50	60.00	1.05	17.50	60.00	1.05	17.00	60.00	1.02	16.00	60.00	0.96	
60.00	17.00	60.00	1.02	17.00	60.00	1.02	16.50	60.00	0.99	15.70	60.00	0.94	
100.00	17.00	60.00	1.02	16.50	60.00	0.99	16.00	60.00	0.96	15.20	60.00	0.91	

Anexo 16: Reporte de uniformidad de la válvula 16

Colección de Datos										RESULTADO GLOBAL			
Equipo:	1.00												
#válvula:	16.00									%CV			0.05
Cliente:										Desviación estandar			0.05
Goteros:	EOLOS COMPACT									Prom.Caudal			1.02
Distancia goteros	0.20									Prom.Caudal 25% inferior			0.95
Distancia mangueras	1.98									Coeficiente de Uniformidad			0.93
Fecha:	Diciembre 01-17 de 2021												
Unidad muestra	litros												
Caudal Gotero:	1.00												
Tasa de Riego nom:	2.53												
Distancia (m)	Primero			1/3 parte			2/3parte			Ultimo			
	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	
0.00	18.00	60.00	1.08	18.00	60.00	1.08	17.80	60.00	1.07	17.50	60.00	1.05	
30.00	18.00	60.00	1.08	17.80	60.00	1.07	17.50	60.00	1.05	16.20	60.00	0.97	
60.00	17.50	60.00	1.05	17.00	60.00	1.02	16.50	60.00	0.99	15.70	60.00	0.94	
100.00	17.30	60.00	1.04	16.50	60.00	0.99	15.80	60.00	0.95	15.50	60.00	0.93	

Anexo 17: Reporte de uniformidad de la válvula 19

Colección de Datos										RESULTADO GLOBAL			
Equipo:	1.00												
#válvula:	19.00									%CV			0.05
Cliente:										Desviación estandar			0.05
Góteros:	EOLOS COMPACT									Prom.Caudal			1.00
Distancia goteros	0.20									Prom.Caudal 25% inferior			0.95
Distancia mangueras	1.98									Coeficiente de Uniformidad			0.95
Fecha:	Diciembre 01-17 de 2021												
Unidad muestra	litros												
Caudal Gotero:	1.00												
Tasa de Riego nom:	2.53												
Distancia (m)	Primero			1/3 parte			2/3parte			Ultimo			
	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	
0.00	18.00	60.00	1.08	18.00	60.00	1.08	17.50	60.00	1.05	17.00	60.00	1.02	
30.00	17.50	60.00	1.05	17.50	60.00	1.05	17.00	60.00	1.02	16.60	60.00	1.00	
60.00	17.00	60.00	1.02	16.80	60.00	1.01	16.50	60.00	0.99	15.60	60.00	0.94	
100.00	16.00	60.00	0.96	15.40	60.00	0.92	15.60	60.00	0.94	15.50	60.00	0.93	

Anexo 18: Reporte de uniformidad de la válvula 23

Colección de Datos										RESULTADO GLOBAL			
Equipo:	1.00												
#válvula:	23.00									%CV			0.05
Cliente:										Desviación estandar			0.05
Góteros:	EOLOS COMPACT									Prom.Caudal			1.03
Distancia goteros	0.20									Prom.Caudal 25% inferior			0.97
Distancia mangueras	1.98									Coeficiente de Uniformidad			0.94
Fecha:	Diciembre 01-17 de 2021												
Unidad muestra	litros												
Caudal Gotero:	1.00												
Tasa de Riego nom:	2.53												
Distancia (m)	Primero			1/3 parte			2/3parte			Ultimo			
	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	
0.00	18.50	60.00	1.11	18.00	60.00	1.08	18.00	60.00	1.08	18.00	60.00	1.08	
30.00	18.00	60.00	1.08	17.50	60.00	1.05	17.50	60.00	1.05	17.30	60.00	1.04	
60.00	17.00	60.00	1.02	16.80	60.00	1.01	16.50	60.00	0.99	16.50	60.00	0.99	
100.00	16.50	60.00	0.99	16.00	60.00	0.96	16.00	60.00	0.96	15.60	60.00	0.94	

Anexo 19: Reporte de uniformidad de la válvula 9

Colección de Datos							RESULTADO GLOBAL					
Equipo:	1.00											
#válvula:	9.00											
Cliente:												
Goteros:	EOLOS COMPACT											
Distancia goteros	0.20											
Distancia mangueras	1.98											
Fecha:	Diciembre 01-17 de 2021											
Unidad muestra	litros											
Caudal Gotero:	1.00											
Tasa de Riego nom:	2.53											
Distancia (m)	Primero			1/3 parte			2/3parte			Ultimo		
	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)
0.00	18.00	60.00	1.08	18.00	60.00	1.08	17.50	60.00	1.05	17.00	60.00	1.02
30.00	17.50	60.00	1.05	17.50	60.00	1.05	17.00	60.00	1.02	16.80	60.00	1.01
60.00	17.40	60.00	1.04	17.00	60.00	1.02	16.50	60.00	0.99	16.00	60.00	0.96
100.00	17.00	60.00	1.02	16.50	60.00	0.99	16.20	60.00	0.97	15.50	60.00	0.93

Anexo 20: Reporte de uniformidad de la válvula 13

Colección de Datos							RESULTADO GLOBAL					
Equipo:	1.00											
#válvula:	13.00											
Cliente:												
Goteros:	EOLOS COMPACT											
Distancia goteros	0.20											
Distancia mangueras	1.98											
Fecha:	Diciembre 01-17 de 2021											
Unidad muestra	litros											
Caudal Gotero:	1.00											
Tasa de Riego nom:	2.53											
Distancia (m)	Primero			1/3 parte			2/3parte			Ultimo		
	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)
0.00	18.00	60.00	1.08	18.00	60.00	1.08	18.00	60.00	1.08	18.00	60.00	1.08
30.00	18.00	60.00	1.08	17.50	60.00	1.05	17.50	60.00	1.05	17.30	60.00	1.04
60.00	17.00	60.00	1.02	16.80	60.00	1.01	16.60	60.00	1.00	16.50	60.00	0.99
100.00	17.00	60.00	1.02	15.40	60.00	0.92	16.00	60.00	0.96	15.60	60.00	0.94

Anexo 21: Reporte de uniformidad de la válvula 17

Colección de Datos							RESULTADO GLOBAL					
Equipo:	1.00											
#válvula:	17.00											
Cliente:												
Goteros:	EOLOS COMPACT											
Distancia goteros	0.20											
Distancia mangueras	1.98											
Fecha:	Diciembre 01-17 de 2021											
Unidad muestra	litros											
Caudal Gotero:	1.00											
Tasa de Riego nom:	2.53											
Distancia (m)	Primero			1/3 parte			2/3parte			Ultimo		
	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)
0.00	18.00	60.00	1.08	18.00	60.00	1.08	18.00	60.00	1.08	17.00	60.00	1.02
30.00	18.00	60.00	1.08	17.50	60.00	1.05	17.50	60.00	1.05	16.60	60.00	1.00
60.00	17.50	60.00	1.05	17.00	60.00	1.02	16.80	60.00	1.01	15.60	60.00	0.94
100.00	17.00	60.00	1.02	16.50	60.00	0.99	16.20	60.00	0.97	15.50	60.00	0.93

Anexo 22: Reporte de uniformidad de la válvula 21

Colección de Datos							RESULTADO GLOBAL					
Equipo:	1.00											
#válvula:	21.00											
Cliente:												
Goteros:	EOLOS COMPACT											
Distancia goteros	0.20											
Distancia mangueras	1.98											
Fecha:	Diciembre 01-17 de 2021											
Unidad muestra	litros											
Caudal Gotero:	1.00											
Tasa de Riego nom:	2.53											
Distancia (m)	Primero			1/3 parte			2/3parte			Ultimo		
	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)
0.00	18.00	60.00	1.08	18.00	60.00	1.08	17.00	60.00	1.02	16.50	60.00	0.99
30.00	17.50	60.00	1.05	17.70	60.00	1.06	17.50	60.00	1.05	16.80	60.00	1.01
60.00	17.30	60.00	1.04	17.00	60.00	1.02	16.50	60.00	0.99	16.50	60.00	0.99
100.00	16.50	60.00	0.99	16.20	60.00	0.97	15.50	60.00	0.93	15.00	60.00	0.90

Anexo 23: Reporte de uniformidad de la válvula 26

Colección de Datos							RESULTADO GLOBAL					
Equipo:	1.00											
#válvula:	26.00											
Cliente:												
Goteros:	EOLOS COMPACT											
Distancia goteros	0.20											
Distancia mangueras	1.98											
Fecha:	Diciembre 01-17 de 2021											
Unidad muestra	litros											
Caudal Gotero:	1.00											
Tasa de Riego nom:	2.53											
Distancia (m)	Primero			1/3 parte			2/3parte			Ultimo		
	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)
0.00	18.00	60.00	1.08	18.00	60.00	1.08	17.60	60.00	1.06	18.00	60.00	1.08
30.00	17.90	60.00	1.07	17.50	60.00	1.05	17.30	60.00	1.04	17.30	60.00	1.04
60.00	17.60	60.00	1.06	17.20	60.00	1.03	17.00	60.00	1.02	16.50	60.00	0.99
100.00	17.20	60.00	1.03	17.00	60.00	1.02	16.00	60.00	0.96	15.60	60.00	0.94

Anexo 24: Reporte de uniformidad de la válvula 27

Colección de Datos							RESULTADO GLOBAL					
Equipo:	1.00											
#válvula:	27.00											
Cliente:												
Goteros:	EOLOS COMPACT											
Distancia goteros	0.20											
Distancia mangueras	1.98											
Fecha:	Diciembre 01-17 de 2021											
Unidad muestra	litros											
Caudal Gotero:	1.00											
Tasa de Riego nom:	2.53											
Distancia (m)	Primero			1/3 parte			2/3parte			Ultimo		
	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)
0.00	18.50	60.00	1.11	18.00	60.00	1.08	17.80	60.00	1.07	17.50	60.00	1.05
30.00	18.00	60.00	1.08	17.50	60.00	1.05	17.50	60.00	1.05	16.20	60.00	0.97
60.00	17.00	60.00	1.02	17.20	60.00	1.03	17.00	60.00	1.02	15.70	60.00	0.94
100.00	16.50	60.00	0.99	17.00	60.00	1.02	16.60	60.00	1.00	15.50	60.00	0.93

Anexo 25: Reporte de uniformidad de la válvula 28

Colección de Datos										RESULTADO GLOBAL		
Equipo:	1.00											
#válvula:	28.00											
Cliente:												
Goteros:	EOLOS COMPACT											
Distancia goteros	0.20											
Distancia mangueras	1.98											
Fecha:	Diciembre 01-17 de 2021											
Unidad muestra	litros											
Caudal Gotero:	1.00											
Tasa de Riego nom:	2.53											
Distancia (m)	Primero			1/3 parte			2/3parte			Ultimo		
	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)
0.00	18.00	60.00	1.08	18.00	60.00	1.08	17.50	60.00	1.05	17.50	60.00	1.05
30.00	18.00	60.00	1.08	17.50	60.00	1.05	17.00	60.00	1.02	17.40	60.00	1.04
60.00	17.50	60.00	1.05	16.80	60.00	1.01	16.50	60.00	0.99	16.30	60.00	0.98
100.00	17.00	60.00	1.02	15.40	60.00	0.92	16.20	60.00	0.97	15.40	60.00	0.92

Anexo 26: Reporte de uniformidad de la válvula 30

Colección de Datos										RESULTADO GLOBAL		
Equipo:	1.00											
#válvula:	30.00											
Cliente:												
Goteros:	EOLOS COMPACT											
Distancia goteros	0.20											
Distancia mangueras	1.98											
Fecha:	Diciembre 01-17 de 2021											
Unidad muestra	litros											
Caudal Gotero:	1.00											
Tasa de Riego nom:	2.53											
Distancia (m)	Primero			1/3 parte			2/3parte			Ultimo		
	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)
0.00	18.00	60.00	1.08	18.00	60.00	1.08	18.00	60.00	1.08	18.00	60.00	1.08
30.00	18.00	60.00	1.08	17.70	60.00	1.06	17.00	60.00	1.02	16.90	60.00	1.01
60.00	17.50	60.00	1.05	17.30	60.00	1.04	16.00	60.00	0.96	16.50	60.00	0.99
100.00	17.00	60.00	1.02	16.70	60.00	1.00	16.00	60.00	0.96	15.60	60.00	0.94

Anexo 27: Reporte de uniformidad de la válvula 33

Colección de Datos										RESULTADO GLOBAL		
Equipo:	1.00											
#válvula:	33.00											
Cliente:												
Goteros:	EOLOS COMPACT											
Distancia goteros	0.20											
Distancia mangueras	1.98											
Fecha:	Diciembre 01-17 de 2021											
Unidad muestra	litros											
Caudal Gotero:	1.00											
Tasa de Riego nom:	2.53											
Distancia (m)	Primero			1/3 parte			2/3parte			Ultimo		
	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)
0.00	18.10	60.00	1.09	18.00	60.00	1.08	17.80	60.00	1.07	16.50	60.00	0.99
30.00	17.50	60.00	1.05	17.80	60.00	1.07	17.50	60.00	1.05	16.00	60.00	0.96
60.00	17.00	60.00	1.02	17.00	60.00	1.02	16.50	60.00	0.99	15.70	60.00	0.94
100.00	17.00	60.00	1.02	16.70	60.00	1.00	15.80	60.00	0.95	15.50	60.00	0.93

Anexo 28: Reporte de uniformidad de la válvula 36

Colección de Datos										RESULTADO GLOBAL		
Equipo:	1.00											
#válvula:	36.00											
Cliente:												
Goteros:	EOLOS COMPACT											
Distancia goteros	0.20											
Distancia mangueras	1.98											
Fecha:	Diciembre 01-17 de 2021											
Unidad muestra	litros											
Caudal Gotero:	1.00											
Tasa de Riego nom:	2.53											
Distancia (m)	Primero			1/3 parte			2/3parte			Ultimo		
	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)
0.00	18.00	60.00	1.08	18.00	60.00	1.08	17.50	60.00	1.05	17.50	60.00	1.05
30.00	17.80	60.00	1.07	17.50	60.00	1.05	17.00	60.00	1.02	16.20	60.00	0.97
60.00	17.50	60.00	1.05	17.20	60.00	1.03	16.50	60.00	0.99	15.70	60.00	0.94
100.00	17.20	60.00	1.03	16.80	60.00	1.01	16.00	60.00	0.96	15.50	60.00	0.93

Anexo 29: Reporte de uniformidad de la válvula 32

Colección de Datos							RESULTADO GLOBAL					
Equipo:	1.00											
#válvula:	32.00											
Cliente:							%CV		0.04			
Gotos:	EOLOS COMPACT						Desviación estandar		0.05			
Distancia goteros	0.20						Prom.Caudal		1.02			
Distancia mangueras	1.98						Prom.Caudal 25% inferior		0.97			
Fecha:	Diciembre 01-17 de 2021						Coeficiente de Uniformidad		0.94			
Unidad muestra	litros											
Caudal Gotero:	1.00											
Tasa de Riego nom:	2.53											
Distancia (m)	Primero			1/3 parte			2/3parte			Ultimo		
	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)
0.00	18.00	60.00	1.08	18.00	60.00	1.08	17.80	60.00	1.07	17.00	60.00	1.02
30.00	17.90	60.00	1.07	17.50	60.00	1.05	17.20	60.00	1.03	16.60	60.00	1.00
60.00	17.60	60.00	1.06	17.20	60.00	1.03	16.80	60.00	1.01	15.60	60.00	0.94
100.00	17.20	60.00	1.03	16.80	60.00	1.01	16.50	60.00	0.99	15.50	60.00	0.93

Anexo 30: Reporte de uniformidad de la válvula 35

Colección de Datos							RESULTADO GLOBAL					
Equipo:	1.00											
#válvula:	35.00											
Cliente:							%CV		0.05			
Gotos:	EOLOS COMPACT						Desviación estandar		0.05			
Distancia goteros	0.20						Prom.Caudal		1.03			
Distancia mangueras	1.98						Prom.Caudal 25% inferior		0.98			
Fecha:	Diciembre 01-17 de 2021						Coeficiente de Uniformidad		0.95			
Unidad muestra	litros											
Caudal Gotero:	1.00											
Tasa de Riego nom:	2.53											
Distancia (m)	Primero			1/3 parte			2/3parte			Ultimo		
	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)
0.00	18.50	60.00	1.11	18.00	60.00	1.08	17.80	60.00	1.07	18.00	60.00	1.08
30.00	18.00	60.00	1.08	17.70	60.00	1.06	17.20	60.00	1.03	17.30	60.00	1.04
60.00	17.00	60.00	1.02	17.00	60.00	1.02	16.80	60.00	1.01	16.50	60.00	0.99
100.00	16.50	60.00	0.99	16.20	60.00	0.97	16.50	60.00	0.99	15.60	60.00	0.94

Anexo 31: Reporte de uniformidad de la válvula 38

Colección de Datos							RESULTADO GLOBAL																	
Equipo:	1.00																							
#válvula:	38.00																							
Cliente:																								
Goteros:	EOLOS COMPACT																							
Distancia goteros	0.20																							
Distancia mangueras	1.98																							
Fecha:	Diciembre 01-17 de 2021																							
Unidad muestra	litros																							
Caudal Gotero:	1.00																							
Tasa de Riego nom:	2.53																							
Distancia (m)	Primero			1/3 parte			2/3parte			Ultimo														
	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)												
0.00	18.00	60.00	1.08	18.00	60.00	1.08	18.00	60.00	1.08	16.50	60.00	0.99												
30.00	18.00	60.00	1.08	17.50	60.00	1.05	17.50	60.00	1.05	16.00	60.00	0.96												
60.00	17.50	60.00	1.05	17.20	60.00	1.03	16.80	60.00	1.01	15.70	60.00	0.94												
100.00	17.00	60.00	1.02	16.80	60.00	1.01	16.20	60.00	0.97	15.50	60.00	0.93												
							<table border="1"> <tr> <td colspan="2">RESULTADO GLOBAL</td> </tr> <tr> <td>%CV</td> <td>0.05</td> </tr> <tr> <td>Desviación estandar</td> <td>0.05</td> </tr> <tr> <td>Prom.Caudal</td> <td>1.02</td> </tr> <tr> <td>Prom.Caudal 25% inferior</td> <td>0.96</td> </tr> <tr> <td>Coefficiente de Uniformidad</td> <td>0.94</td> </tr> </table>						RESULTADO GLOBAL		%CV	0.05	Desviación estandar	0.05	Prom.Caudal	1.02	Prom.Caudal 25% inferior	0.96	Coefficiente de Uniformidad	0.94
RESULTADO GLOBAL																								
%CV	0.05																							
Desviación estandar	0.05																							
Prom.Caudal	1.02																							
Prom.Caudal 25% inferior	0.96																							
Coefficiente de Uniformidad	0.94																							

Anexo 32: Reporte de uniformidad de la válvula 40

Colección de Datos							RESULTADO GLOBAL																	
Equipo:	1.00																							
#válvula:	40.00																							
Cliente:																								
Goteros:	EOLOS COMPACT																							
Distancia goteros	0.20																							
Distancia mangueras	1.98																							
Fecha:	Diciembre 01-17 de 2021																							
Unidad muestra	litros																							
Caudal Gotero:	1.00																							
Tasa de Riego nom:	2.53																							
Distancia (m)	Primero			1/3 parte			2/3parte			Ultimo														
	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)												
0.00	18.10	60.00	1.09	18.00	60.00	1.08	17.50	60.00	1.05	17.00	60.00	1.02												
30.00	17.50	60.00	1.05	17.50	60.00	1.05	17.00	60.00	1.02	16.80	60.00	1.01												
60.00	17.00	60.00	1.02	16.80	60.00	1.01	16.50	60.00	0.99	16.50	60.00	0.99												
100.00	17.00	60.00	1.02	15.40	60.00	0.92	15.60	60.00	0.94	16.00	60.00	0.96												
							<table border="1"> <tr> <td colspan="2">RESULTADO GLOBAL</td> </tr> <tr> <td>%CV</td> <td>0.05</td> </tr> <tr> <td>Desviación estandar</td> <td>0.05</td> </tr> <tr> <td>Prom.Caudal</td> <td>1.01</td> </tr> <tr> <td>Prom.Caudal 25% inferior</td> <td>0.97</td> </tr> <tr> <td>Coefficiente de Uniformidad</td> <td>0.96</td> </tr> </table>						RESULTADO GLOBAL		%CV	0.05	Desviación estandar	0.05	Prom.Caudal	1.01	Prom.Caudal 25% inferior	0.97	Coefficiente de Uniformidad	0.96
RESULTADO GLOBAL																								
%CV	0.05																							
Desviación estandar	0.05																							
Prom.Caudal	1.01																							
Prom.Caudal 25% inferior	0.97																							
Coefficiente de Uniformidad	0.96																							

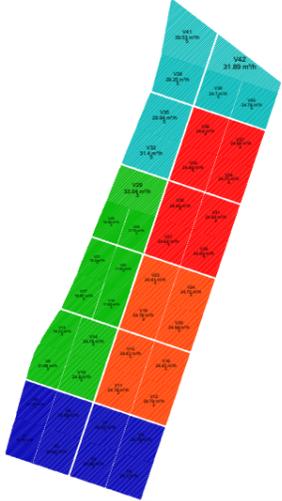
Anexo 33: Reporte de uniformidad de la válvula 42

Colección de Datos													RESULTADO GLOBAL		
Equipo:	1.00														
#válvula:	42.00												%CV		0.05
Cliente:													Desviación estandar		0.05
Goteros:	EOLOS COMPACT												Prom.Caudal		1.03
Distancia goteros	0.20												Prom.Caudal 25% inferior		0.96
Distancia mangueras	1.98												Coeficiente de Uniformidad		0.93
Fecha:	Diciembre 01-17 de 2021														
Unidad muestra	litros														
Caudal Gotero:	1.00														
Tasa de Riego nom:	2.53														
Distancia (m)	Primero			1/3 parte			2/3parte			Ultimo					
	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)	Volumen (ml)	Tiempo (seg)	Caudal (lph)			
0.00	18.00	60.00	1.08	18.00	60.00	1.08	17.50	60.00	1.05	17.50	60.00	1.05			
30.00	17.90	60.00	1.07	17.70	60.00	1.06	17.00	60.00	1.02	17.40	60.00	1.04			
60.00	17.60	60.00	1.06	17.30	60.00	1.04	16.50	60.00	0.99	16.30	60.00	0.98			
100.00	17.20	60.00	1.03	17.00	60.00	1.02	15.60	60.00	0.94	15.40	60.00	0.92			

Anexo 34: Planos

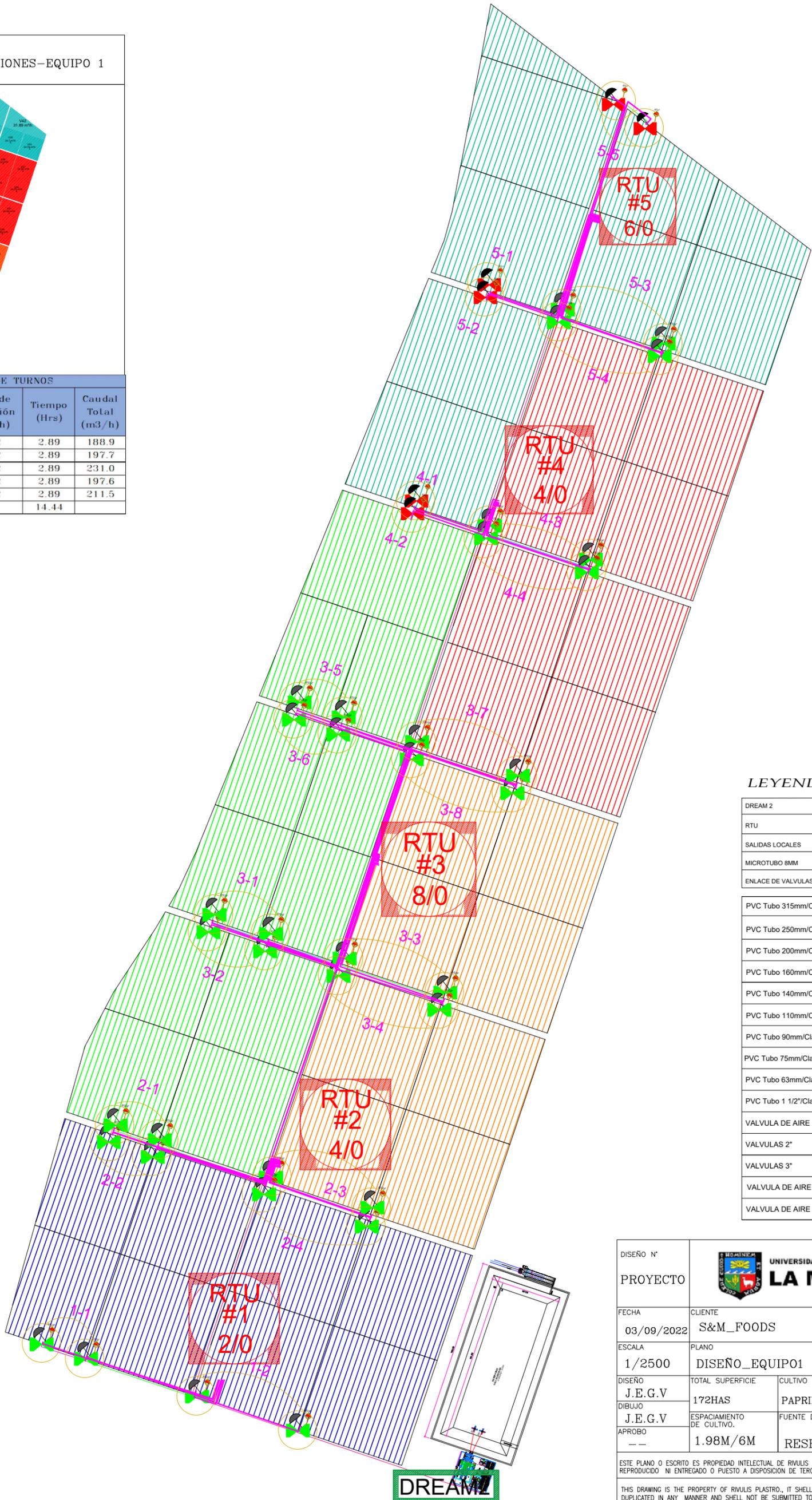
PLANO DE AUTOMATIZACIÓN DE RIEGO EQUIPO 1

ESQUEMA DE OPERACIONES-EQUIPO 1



DISTRIBUCION DE TURNOS

Turnos (#)	Área Neta (ha)	Tasa de Irrigación (mm/h)	Tiempo (Hrs)	Caudal Total (m3/h)
1	8.45	2.42	2.89	188.9
2	7.92	2.42	2.89	197.7
3	9.29	2.42	2.89	231.0
4	7.92	2.42	2.89	197.6
5	7.41	2.42	2.89	211.5
Total	40.99		14.44	



LEYENDA

DREAM 2	
RTU	
SALIDAS LOCALES	
MICROTUBO 8MM	
ENLACE DE VALVULAS	

PVC Tubo 315mm/Class 5	
PVC Tubo 250mm/Class 5	
PVC Tubo 200mm/Class 5	
PVC Tubo 160mm/Class 5	
PVC Tubo 140mm/Class 5	
PVC Tubo 110mm/Class 5	
PVC Tubo 90mm/Class 5	
PVC Tubo 75mm/Class 5	
PVC Tubo 63mm/Class 5	
PVC Tubo 1 1/2"/Class 7.5	
VALVULA DE AIRE 2"	
VALVULAS 2"	
VALVULAS 3"	
VALVULA DE AIRE 1"AV-10	
VALVULA DE AIRE 3/4"AV-10	

DISEÑO N°	UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA		
PROYECTO	S&M_FOODS		
FECHA	03/09/2022	CLIENTE	S&M_FOODS
ESCALA	1/2500	SISTEMA DE RIEGO	GOTEO
DISEÑO	J.E.G.V	PLANO	DISEÑO_EQUIPO1
DIBUJO	J.E.G.V	ASPERSOR	—
APROBO	—	BOQUILLA	—
		GOTEROS	EOLOS_COMP/LS
		CULTIVO	PAPRIKA
		FUENTE DE AGUA	RESERVORIO
		DIST. ENTRE EMISOR	0.20M/0.30M
		DIST. ENTRE LATERALES	1.98M/1.5M

MUY IMPORTANTE:
Sr. CLIENTE, ESTE DISEÑO ES EL DOCUMENTO GRAFICO QUE CONTEMPLA TODAS LAS ESPECIFICACIONES SOLICITADAS OPORTUNAMENTE Y COMPLEMENTA COMO PARTE INTEGRANTE AL "CONTRATO DE COMPRA - VENTA DE EQUIPO DE RIEGO".

P/ CLIENTE: P/Rivulus Plastro

OBSERVACIONES:
EL PRESENTE DISEÑO SE ELABORÓ PARA EFECTOS DE COTIZACIÓN DEL EQUIPO ANTES DE EJECUTAR LA INSTALACIÓN, EL CLIENTE DEBERÁ APROBAR LAS ESPECIFICACIONES Y MEDIDAS QUE APAREZCAN EN EL MISMO.

DREAM2

ESTE PLANO O ESCRITO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE RIVULUS PLASTRO, Y NO PUEDE SER REPRODUCIDO NI ENTREGADO O PUESTO A DISPOSICIÓN DE TERCERAS PERSONAS SIN SU EXPRESA AUTORIZACIÓN.
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF RIVULUS PLASTRO, IT SHALL NOT BE COPIED OR DUPLICATED IN ANY MANNER AND SHALL NOT BE SUBMITTED TO OUTSIDE PARTIES WITHOUT WRITTEN CONSENT.