

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“DISEÑO HIDRÁULICO DE RIEGO POR GOTEO Y
MICROASPERSIÓN PARA EL CULTIVO DE MANDARINA
EN LA COSTA CENTRAL DEL PERÚ”**

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

LOURDES TATIANA CHAPOÑAN FERNANDEZ

LIMA – PERÚ

2022

Document Information

Analyzed document	TSP-Chapoñan_Lourdes 24_01_2023docx.docx (D157201441)
Submitted	1/28/2023 1:34:00 PM
Submitted by	LIA RAMOS FERNANDEZ
Submitter email	liarf@lamolina.edu.pe
Similarity	2%
Analysis address	liarf.unalm@analysis.arkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://www.midagri.gob.pe/portal/22-sector-agrario/vision-general/190-problemas-en-la-agricul... Fetched: 1/28/2023 1:35:00 PM	 1
SA	Universidad Nacional Agraria La Molina / TSP-Chapoñan_Lourdes_17-09-2022 .docx Document TSP-Chapoñan_Lourdes_17-09-2022 .docx (D144333773) Submitted by: liarf@lamolina.edu.pe Receiver: liarf.unalm@analysis.arkund.com	 3
W	URL: https://www.fao.org/3/at787s/at787s.pdf Fetched: 11/23/2021 9:08:11 PM	 1
W	URL: https://es.weatherspark.com/y/20449/Clima-promedio-en-Huaral-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o Fetched: 1/28/2023 1:35:00 PM	 2
SA	T. T. Noriega Brito María José_1.pdf Document T. T. Noriega Brito María José_1.pdf (D145141358)	 1
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	 4
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	 1

Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
“DISEÑO HIDRÁULICO DE RIEGO POR
GOTEO Y MICROASPERSIÓN PARA EL CULTIVO DE MANDARINA EN LA COSTA CENTRAL DEL PERÚ”
TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERA AGRÍCOLA

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA

**“DISEÑO HIDRÁULICO DE RIEGO POR GOTEO Y
MICROASPERSIÓN PARA EL CULTIVO DE MANDARINA EN LA
COSTA CENTRAL DEL PERÚ”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TITULO DE:

INGENIERA AGRÍCOLA

Presentado por:

BACH. LOURDES TATIANA CHAPOÑAN FERNANDEZ

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

Mg. Sc. MIGUEL ÁNGEL SÁNCHEZ DELGADO

Presidente

Dra. LIA RAMOS FERNÁNDEZ

Asesora

Ing. CARLOS ALBERTO BRAVO AGUILAR

Miembro

Mg. Sc. JOSÉ ANTONIO ORELLANA PARDAVÉ

Miembro

LIMA – PERÚ

2022

DEDICATORIA

A Dios, por colocar en mi camino a las personas correctas para mi crecimiento profesional y espiritual

A mis padres, quienes han creído en mí siempre, dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio.

A mis hermanos, porque han fomentado en mí, el deseo de superación con cada palabra de aliento y apoyo incondicional.

A mi esposo, por la paciencia y soporte emocional en esta etapa, y por todo el amor que nos brinda para motivarnos a concluir cada decisión que uno se proponga.

A mi hija, por ser el motivo y pujanza de nuestras labores cotidianas e impulsarnos a cada día ser una mejor versión.

A mi amigo Raúl Huamán quien me dio los ánimos necesarios para culminar esta etapa

AGRADECIMIENTO

Al ingeniero Alberto Bengoa por los consejos y aporte en mi etapa profesional.

A la Doctora Lía Fernández por su disposición inmediata y apoyo en la realización del trabajo de suficiencia profesional.

Especial agradecimiento a quienes conforman y dirigen la facultad de Agrícola de la UNALM, quienes bregan incansablemente por formar buenos profesionales al servicio de la humanidad. Nos abren puertas, oportunidades y continúan asesorándonos aún después de haber dejado nuestra casa de estudios.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PROBLEMÁTICA	1
1.2. OBJETIVOS.....	2
1.2.1. Objetivo principal	2
1.2.2. Objetivos específicos	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. CULTIVO DE MANDARINA	3
2.1.1. Características morfológicas	3
2.1.2. Clima.....	4
2.1.3. Suelo	4
2.1.4. Variedad.....	5
2.2. SISTEMA DE RIEGO PRESURIZADO	5
2.2.1. Sistema de riego por goteo	6
2.2.2. Sistema de riego por microaspersión	8
2.2.3. Componentes de un sistema de riego presurizado	9
2.3. ANTECEDENTES	14
III. DESARROLLO DE TRABAJO	15
3.1. DISEÑO HIDRÁULICO POR GOTEO	15
3.1.1. Ubicación del proyecto	15
3.1.2. Clima.....	16
3.1.3. Topografía.....	16
3.1.4. Fuente de agua	16
3.1.5. Suelo	17
3.1.6. Diseño agronómico.....	17
3.1.7. Diseño hidráulico.....	21
3.1.8. Componentes del sistema de riego por goteo	30
3.2. DISEÑO HIDRÁULICO POR MICROASPERSIÓN.....	35
3.2.1. Ubicación.....	35
3.2.2. Clima.....	36

3.2.3. Topografía.....	37
3.2.4. Fuente de agua.	37
3.2.5. Suelo:	38
3.2.6. Diseño agronómico.....	39
3.2.7. Diseño hidráulico.....	40
3.2.8. Componentes del sistema de riego por microaspersión.....	46
3.3. COMPARACIÓN DE COSTOS EN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO Y MICROASPERSIÓN	51
3.3.1. Sistema hidráulico de riego por goteo.	51
3.3.2. Sistema hidráulico de riego por microaspersión.....	52
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	54
4.1. DISEÑO HIDRÁULICO EN RIEGO POR GOTEO.....	54
4.2. DISEÑO HIDRÁULICO EN RIEGO POR MICROASPERSIÓN	58
4.3. COMPARACIÓN DE COSTOS ENTRE RIEGO POR GOTEO Y MICROASPERSIÓN	61
V. CONCLUSIONES.....	63
VI. RECOMENDACIONES.....	64
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
VIII. ANEXOS	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Evapotranspiración del cultivo - Chincha	19
Tabla 2 : Diseño agronómico - Goteo	21
Tabla 3: Características del gotero -Chincha.....	22
Tabla 4 : Datos técnicos del gotero- Chincha.....	22
Tabla 5: Cálculos hidráulicos en portar regantes- Goteo	24
Tabla 6: Cálculos hidráulicos en laterales de riego-Goteo.....	24
Tabla 7: Pérdidas de carga en la subunidad V1-Goteo.....	25
Tabla 8: Pérdida de carga total en las subunidades de riego-Goteo	26
Tabla 9: Requerimiento crítico de presión a nivel de arco de riego-Goteo.....	26
Tabla 10: Coeficiente de fricción de Hanzen-Willians (C)	27
Tabla 11: Diseño de la red matriz para el turno-1-Goteo	28
Tabla 12: Diseño de la red matriz para el turno-2-Goteo	28
Tabla 13: Diseño de la red matriz para el turno-3-Goteo	28
Tabla 14: Requerimiento de la altura dinámica total del sistema- ADT-Goteo	29
Tabla 15. Perdida de carga por los componentes del cabezal-Goteo.	30
Tabla 16: Evapotranspiración del cultivo-Huaral.....	39
Tabla 17: Diseño agronómico-Huaral	40
Tabla 18: Características del microaspersor-Huaral.....	41
Tabla 19: Datos técnicos del microaspersor-Huaral.....	41
Tabla 20: Cálculos hidráulicos en portar lateral de riego-Microaspersión.....	42
Tabla 21: Cálculos hidráulicos en laterales de riego-Microaspersión.....	42
Tabla 22: Pérdidas de carga en la subunidad V1 sector A-Microaspersión.....	42
Tabla 23: Pérdidas de carga en la subunidad V1 sector B-Microaspersión.....	43
Tabla 24: Requerimiento crítico de presión a nivel de arco de riego-Microaspersión.....	44
Tabla 25: Diseño de la red matriz para el turno-1- Microaspersión.....	44
Tabla 26: Diseño de la red matriz para el turno-2-Microaspersión.....	44
Tabla 27: Diseño de la red matriz para el turno-5-Microaspersión.....	45
Tabla 28: Resumen de la pérdida en los turnos críticos del sistema- Microaspersión	45
Tabla 29: Requerimiento de altura dinámica total del sistema -ADT Microaspersión.....	45

Tabla 30: Pérdida de carga por los componentes del cabezal- Microaspersión.....	46
Tabla 31 : Resumen del presupuesto hidráulico por goteo.....	51
Tabla 32: Resumen del presupuesto hidráulico por microaspersión.	53
Tabla 33: Requerimiento de la altura dinámica total del sistema- ADT-Chincha.....	54
Tabla 34: Requerimiento de potencia de la unidad de bombeo Huaral.....	58
Tabla 35: Resumen de costos en los dos proyectos de riego presurizado	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Curvas caudal-presión en función del exponente de descarga.....	12
Figura 2: Componentes de un sistema de riego.....	13
Figura 3: Vista satelital del fundo San Miguel en Google Earth.....	15
Figura 4: Temperatura máxima (--) y mínima (--) promedio en Huaral.	16
Figura 5: Cálculo de la ETo usando CropWat de la FAO.	18
Figura 6: Esquema de distribución de presiones de la sub unidad de riego-Goteo.	25
Figura 7: Bomba turbina vertical con motor de eje sólido en el fundo San Miguel.....	31
Figura 8: Filtro automático de 6” Luxón Azud del fundo San Miguel.....	32
Figura 9: Sistema de fertilización para el fundo San Miguel	32
Figura 10: Controlador de riego para el fundo San Miguel.....	33
Figura 11: Elementos de medición	34
Figura 12: Instalación de la porta laterales en el fundo San Miguel.	34
Figura 13: Válvula hidráulica para los arcos de riego.	35
Figura 14: Vista satelital del predio de 3.5 has- Huaral	36
Figura 15: Temperatura máxima (--) y mínima (--) promedio en Huaral.	37
Figura 16: Reservorio de 1000 m3 en el predio de 3.5 has - Huaral.	38
Figura 17: Resultados del Eto en la provincia de Huaral	39
Figura 18: Esquema de distribución de presiones de la subunidad de riego- Microaspersión.	43
Figura 19: Cabezal de riego para 3.5 hectáreas - Huaral.....	48
Figura 20: Distribución de la tubería principal- Huaral	49
Figura 21: Arco de riego del proyecto de 3.5 has-Huaral	50
Figura 22: Gráfico de inversión por componente de riego para el fundo San Miguel.	52
Figura 23: Gráfico de inversión por componente de riego para el predio de Huaral	53
Figura 24: Esquema de la distribución de tuberías para el sistema de riego por goteo.....	56
Figura 25: Esquema de la distribución de tuberías para el sistema de riego por microaspersión.....	59
Figura 26: Cálculo hidráulico de subunidad de la válvula 7 y 12 - Goteo	68
Figura 27: Cálculo hidráulico de subunidad de la válvula 8,9 y 11 - Goteo.	69

Figura 28: Cálculo hidráulico de subunidad de la válvula 5 y 6 - Goteo.	70
Figura 29: Cálculo hidráulico de subunidad de la válvula 3 - Goteo.	71
Figura 30: Cálculo hidráulico de subunidad de la válvula 10 y 11 - Goteo.	72
Figura 31: Cálculo hidráulico de subunidad de la válvula 2 - Goteo.	73
Figura 32: Cálculo hidráulico de subunidad de la válvula 14 - Goteo.	74
Figura 33: Cálculo hidráulico de subunidad de la válvula 2 y 3 - Microaspersión.	75
Figura 34: Cálculo hidráulico de subunidad de la válvula 4 - Microaspersión.	76
Figura 35: Cálculo hidráulico de subunidad de la válvula 4 - Microaspersión.	77
Figura 36: Especificación técnica del emisor gotero.	78
Figura 37: Características del filtro Azud Luxón MFH.	79
Figura 38: Ficha técnica del filtro Azud Luxon MFH.	80
Figura 39: Características del controlador Agrotal- Talgil.	81
Figura 40: Ficha técnica del microaspersor NaanDanJain.	82
Figura 41: Características del filtro Azud Helix.	83
Figura 42: Ficha técnica del filtro Azud Helix.	84
Figura 43: Capacitación sobre sistema de riego presurizado a pequeños agricultores en la provincia de Huaral.	85
Figura 44: Capacitación sobre el sistema de riego presurizado por goteo fundo San Miguel.	86

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Cálculos hidráulicos en la subunidad del sistema a goteo.	68
Anexo 2: Cálculos hidráulicos en la subunidad de riego por microaspersión.	75
Anexo 3: Fichas técnicas de accesorios instalados en sistema a goteo.	78
Anexo 4: Fichas técnicas de accesorios instalados en sistema por microaspersión.	82
Anexo 5: Capacitaciones en riego tecnificado al personal operativo.	85

RESUMEN

El proyecto de suficiencia profesional “Diseño hidráulico de riego por goteo y microaspersión para el cultivo de mandarina en la costa central del Perú”, tiene como principal objetivo el desarrollo de los cálculos hidráulicos de dos sistemas de riego presurizado para el cultivo de mandarina, donde la propuesta de diseño que se presenta para cada caso dependerá de los factores económicos, las condiciones del terreno y cultivo, las actividades del agricultor dentro del predio y su extensión, con la finalidad de obtener un riego eficiente. El reconocimiento del predio y la conversación directa con el encargado del terreno para realizar la propuesta de valor es de suma importancia ya que con esta información se elegirá el emisor de riego, luego se procederá a realizar los cálculos hidráulicos para el proyecto, para determinar los caudales por turno y las pérdidas de carga, lo que definirá el diámetro de tubería y el metrado de accesorios que se instalarán en el sistema de riego. Todo este análisis se lleva a cabo en la hoja de cálculo Excel donde se utilizará las fórmulas basadas en principios teóricos, con la finalidad de elegir la bomba correcta. Se concluye que la potencia de la bomba para el fundo San Miguel es de 50 HP (goteo) y para el predio de 4 has es de 5.5 HP (microaspersión). Y como elemento final se brindará la propuesta de valor para cada uno.

Palabras clave: Diseño hidráulico-Riego presurizado, goteo, microaspersión, cultivo de mandarina.

ABSTRACT

The main objective of the professional proficiency project "Hydraulic design of drip irrigation and microsprinkling for mandarin cultivation on the central coast of Peru" is the development of hydraulic calculations for two pressurized irrigation systems for mandarin cultivation, where The design proposal that is presented for each case will depend on the economic factors, the conditions of the land and cultivation, the activities of the farmer within the property and its extension, in order to obtain efficient irrigation. The recognition of the property and the direct conversation with the person in charge of the land to make the value proposal is of the utmost importance since with this information the irrigation emitter will be chosen, then the hydraulic calculations for the project will be carried out, to determine the flow rates per shift and load losses, which will define the diameter of the pipe and the metering of accessories to be installed in the irrigation system. All this analysis is carried out in the Excel spreadsheet where formulas based on theoretical principles will be used, in order to choose the correct pump. It is concluded that the power of the pump for the San Miguel farm is 50 HP (drip) and for the 4-hectare farm it is 5.5 HP (micro-sprinkler). And as a final element, the value proposition for each one will be provided.

Keywords: Hydraulic design-Pressurized irrigation, drip, micro-sprinkler, mandarin cultivation.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. PROBLEMÁTICA

El riego es tan antiguo como la agricultura misma ante la necesidad del hombre de abastecer agua para los cultivos. Tradicionalmente los sistemas de riego por gravedad son predominantes, tanto en la distribución como en el aporte de agua a los cultivos. En estos sistemas, el agua se desplaza por la fuerza de gravedad, desde puntos de mayor a menor cota topográfica. Se ha comprobado que el problema crítico de la agricultura es el sistema de riego por gravedad, donde en cada tendida de agua por surco se pierde un 60 % a 70% del agua (Agrollona, 2019).

Con el desarrollo de los grupos de bombeo, los sistemas tradicionales de riego en parcela se modernizaron por sistemas de riego a presión, como el riego por aspersión y goteo. Es por ello que el eje central del presente documento es desarrollar un diseño de riego tecnificado rentable para medianos y pequeños agricultores en la costa peruana.

El diseño hidráulico es crucial para el éxito del proyecto porque recopila datos del sistema clima, suelo y planta para obtener una dotación de agua eficiente, garantizando la descarga uniforme de los emisores ya que esto conduce a un incremento en el rendimiento del cultivo y mayor calidad del producto cosechable.

Actualmente la agricultura peruana constituye una economía de parceleros en el cual el 85% de los agricultores tiene terrenos con menos de 10 hectáreas, predominando las unidades productivas con un área entre 3 y 10 hectáreas (33%) (MINAGRI, 2015). Es por ello que brindar una buena asesoría de un sistema de riego tecnificado contribuirá en que los pequeños parceleros accedan a esta tecnología, incrementen la productividad de la tierra y que evidencien que la tecnificación del riego es la vía para el desarrollo agrícola.

En este proyecto se expondrá dos sistemas de riego tecnificado, el primero mediante el uso de goteros autocompensados y el segundo por microaspersión, ambos en el cultivo de mandarina con la finalidad de mejorar el suministro de agua, gestionar adecuadamente la frecuencia e intensidad de riego y la mecanización de labores culturales

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo principal

Presentar dos alternativas de diseño hidráulico del riego en el cultivo de mandarina: por goteo y microaspersión, en la costa central del Perú.

1.2.2. Objetivos específicos

- Proponer el diseño hidráulico por goteo en el cultivo de mandarina.
- Proponer el diseño hidráulico por microaspersión en el cultivo de mandarina.
- Comparar el costo de ambos sistemas de diseño hidráulico.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. CULTIVO DE MANDARINA

La mandarina es una planta que pertenece a la familia de las Rutáceas que se compone de 150 géneros y 900 especies, género Citrus y especie reticulada.

Es probable que el origen de la mandarina al igual que otros cítricos se localice en Asia oriental, en una zona que abarca desde la vertiente meridional del himalaya hasta China meridional, Indochina, Tailandia, Malasia e Indonesia (Agusti, 2003).

Hasta el año 2013, el Perú contaba con 70,000 has de plantación de cítricos, el cual 15,000 has son del cultivo de mandarina (León, 2021) . Actualmente en el Perú la producción de mandarina ha incrementado debido a los elevados niveles de consumo en el mercado interno y externo, siendo Lima la región principal de producción, pues fue partícipe del 44% (León, 2021).

2.1.1. Carteristas morfológicas

Estas plantas presentan un periodo tardío de 5 años o más con un tardío inicio de la producción, por ello es necesario la injertación o propagación asexual de una planta ya compuesta por un patrón y copa (Morales & Lopez, 2007).

La **raíz** de la mandarina posee un sistema radicular pivotante que puede alcanzar 1.5 m de profundidad, la mayor densidad de las raíces secundarias se encuentra a los 80 cm que alcanzan longitudes de 6-7 cm en sentido horizontal.

Una de las características de su raíz es su adaptación a suelos de baja humedad, pues soporta periodos prolongados de sequía, ya que sus hojas están bien adaptadas para conservar el agua, esto varía según la edad de la planta (Salvatierra, y otros, 2012).

Las mandarinas se caracterizan por ser arboles entre pequeños y medianos, ramas flexibles y delgadas, armadas con espinas axilares pequeñas, hojas de forma lanceolada, anchas o angostas; flores pequeñas, blancas, fragantes, solitarias o en racimos de 3 ó 4 que nacen en las axilas de las hojas, fruto redondo algo achatado y semillas pequeñas, lisas y redondas en un extremo y punteadas en el otro (Corpoica, 2022).

El **tronco** o fuste de la mandarina cultivada o injertada tienen una formación semiesférica en las plantas adultas y al año de edad presentan crecimiento vegetativo, es decir las brotaciones.

2.1.2. Clima

El clima es uno de los factores importantes para la morfología de la planta, porque interviene en el tamaño de la planta, el aspecto de las hojas y la calidad de producto. Por eso el clima apropiado para los cítricos es tropical y subtropical, pero este se puede ver afectado por la condición ambiental del medio, lo cual provoca una alteración significativa en las características de la plantas (González & Tullo, 2019).

El factor temperatura es muy importante para la producción de mandarina, ya que en zonas con temperaturas altas afectan a la floración y el cuajado de frutos y por el contrario cuando la temperatura es menor a 12.5°C el crecimiento de la mandarina es interrumpido. Es por ello que la temperatura óptima para este cultivo varía desde los 21°C a 27°C (Morales & Lopez, 2007).

2.1.3. Suelo

Los cítricos en general tienen una gran capacidad de adaptabilidad en suelos variados, desde muy pedregosos hasta suelos arcillosos, pero su desarrollo óptimo ocurre en los suelos francos y arenosos profundos (Salvatierra, y otros, 2012).

El rango óptimo de pH para la planta es de 5 a 6, pues si este es menor va a presentar problemas en el desarrollo de la planta por deficiencia de calcio y magnesio, y si es mayor tendrá problemas de fijación con el hierro y el zinc. Es importante tener en cuenta que, para la mandarina, las características químicas de los suelos son menos importantes que las

características físicas (Morales & Lopez, 2007).

2.1.4. Variedad

Las variedades que en el Perú más se producen son: Clementinas, Satsumas y algunos híbridos.

Clementinas. Las variedades de este tipo son productivas, con frutos de tamaño pequeño y normalmente sin semilla (Agusti, 2003).

Satsumas. Dentro de este grupo encontramos:

- *Okitsu:* Son arboles vigorosos y medianos, no tiene ramas laterales y su follaje es poco denso, con flores grandes y anteras sin grano de polen, fruto aplanado de buen tamaño y cáscara un poco más delgada que la Satsuma Clausellina (Agusti, 2003).
- *Owari:* Es una variedad, que tiene origen en Japón. Son árboles vigorosos con ramas largas, follaje poco denso, su fruto es de tamaño mediano con un buen porcentaje de zumo, a pesar de tender a bufarse fácilmente y las flores son grandes y con anteras sin granos de polen (Agusti, 2003).

Híbridos: Los frutos de este grupo son de color anaranjado a anaranjado rojizo, tienen buen tamaño y alto contenido de zumo y brix. Tienen flores pequeñas con anteras amarillas y de buena cantidad de granos de polen muy viables.

- *Orri:* Esta variedad se produjo en Israel a partir de la irradiación de yemas híbrido Orah, Su fruto es de gran calidad, fácil pelado y tamaño mediano, la viabilidad de polen es muy baja, pueden presentar alternancia en las cosechas (IVIA, 2022).
- *W. Murcott:* Semilla originaria de Murcott en una plantación cercana a Marrakech en Marruecos, es un árbol vigoroso de espina pequeña, la viabilidad del polen es alta. (Pons, 2019).

2.2. SISTEMA DE RIEGO PRESURIZADO

La definición de riego se puede expresar como la aplicación oportuna y uniforme de agua a la zona de raíces, con la finalidad de reponer el agua consumida por los cultivos (Saldarriaga, 2012), es por ello que actualmente se impulsa de un buen manejo del cultivo, ya que este

nos brinda un conjunto de elementos que permiten la aplicación adecuada de agua y nutrientes que necesita la planta, pues es eficiente y localizado.

Este sistema ha permitido no solo el ahorro del agua que se pierde en el camino por la infiltración profunda y de escurrimiento, sino también evita la disminución significativa de la fertilidad del suelo debido a la lixiviación de nutrientes, pues el agua se transporta por tuberías. Esto hace que la eficiencia del riego sea alta.

Otro beneficio que desarrolla es la aplicación uniforme del agua por medio de los emisores en terrenos con topografía irregular, lo que también ayuda tener menor presencia de malezas, porque su aplicación es localizada.

En el lado económico este sistema probablemente al inicio resulte costoso, pues requiere de varios equipos y materiales para su funcionamiento y contar con un personal calificado para dirigir y controlar el sistema, sin embargo, esta inversión es compensada por el ahorro de actividades culturales como el desmalezado (arada, desbrozada, rastreada, etc.) y las labores que se da para mejorar las condiciones de infiltración en un sistema de riego ancestral (gravedad). En este sistema encontramos diferentes sistemas de riego tecnificado, los más comunes son:

2.2.1. Sistema de riego por goteo

Este sistema se caracteriza por aplicar agua gota por gota, directamente a la zona radicular, por acción del gotero. La mayoría de estos emisores trabajan a una presión próxima de 10 m.c.a con caudales descargados entre 1 y 16 l h⁻¹ (Abadía, 2018).

Ventajas:

- Presenta una alta eficiencia de riego (90- 95%)
- Este sistema al ser localizado reduce el crecimiento de las malezas, plagas y hongos en el cultivo.
- Se consigue una menor compactación del suelo y una mayor aireación del terreno, que ayuda a tener un mejor perfil del suelo para un buen desarrollo del cultivo.
- Humedecimiento parcial del suelo en este sistema permite que la pérdida de agua por

evaporación directa sea baja.

- Facilita las operaciones del agricultor y el libre tránsito de maquinarias, pues existe franjas entre las hileras de la plantación que permanecen secas.
- Con un sistema de riego por goteo las partes de la superficie de la planta están secas, esto ayuda a reducir la incidencia de hongo y otras plagas que dependen de un medio ambiente húmedo.

Desventajas

- Al presentar una menor velocidad de salida y un pequeño orificio hacen que el sistema sea vulnerable al taponamiento debido a las impurezas del agua.
 - Cuando se riega por goteo, las sales se acumulan en la zona húmeda.
 - A diferencia del riego por microaspersión y aspersión, éste no puede formar microclimas que ayuden a lugares con heladas, como en sitios con altas temperaturas.
 - Hay un menor control visual de este emisor una vez que el follaje caduco cubre los laterales, haciendo imposible ver el funcionamiento del gotero.
 - El emisor de este sistema tiene una gran variedad en la forma y configuración para disipar la presión.
-
- **Goteros laberinto:** El agua circula en ellos de forma tortuosa, funcionando prácticamente en condiciones de régimen turbulento, por lo que son menos sensibles a los cambios de temperatura, presión y a las obturaciones.

 - **Gotero tipo Vortex:** En este caso el agua después de pasar por la perforación, llega a una cámara donde entra tangencialmente originando un flujo vorticial que ocasiona una pérdida de carga y luego sale al exterior en forma de gota. Su diámetro de salida es pequeño de 0.6 mm, es por ello que son muy sensibles a las obturaciones (Liotta, Carrion , Ciancaglini, & Olgún, 2015).

 - **Goteros autocompensado:** El material elemental de este gotero es una membrana flexible de caucho o silicona, que se deforma mediante la acción de diferentes presiones de agua antes y después de la misma. Esta acción ayuda a mantener el caudal descargado aproximadamente igual, a pesar de las presiones de entradas que estén dentro del límite

de regulación (deformaciones admisibles por la membrana) (Abadía, 2018). Este gotero se recomienda en topografía con alto desnivel, donde el diseño hidráulico no pueda garantizar la uniformidad de presiones.

- **Cintas de riego:** Estas cintas vienen con los goteros insertados en una gran variedad de caudales y espaciamiento que trabajan a una baja presión. Estas cintas tienen costos flexibles, de acuerdo con el espesor de las cintas, generalmente se utiliza para cultivos de temporada (hortalizas) (Liotta,2015).

2.2.2. Sistema de riego por microaspersión

Es una técnica similar al riego por aspersión, pero con menos alcance que aplica el agua en forma de lluvia con gotas finas esparcidas por un dispositivo llamado microaspersor. Suelen trabajar a presiones de 10 a 20 m.c.a, con caudales hasta 300 l h⁻¹, que logran alcanzar radios mojados de 3.5m e incluso más (Abadía, 2018).

Ventajas

- Un sistema por microaspersión tiene una mayor superficie húmeda lo que permite a la planta un área de mayor exploración radicular y mayor aprovechamiento de los nutrientes del suelo.
- Tiene menor riesgo de obturación porque el diámetro de su orificio es mayor, y el agua sale a una mayor velocidad.
- Permite un mejor control de las sales, pues hay un mayor desplazamiento tanto lateralmente como en profundidad.
- En este sistema la verificación de su funcionamiento es más rápida y efectiva.

Desventajas

- Al igual que cualquier sistema presurizado el costo de la inversión inicial es mayor, pues se requiere de varios componentes instalados para su correcto funcionamiento y control.
- Presenta una menor eficiencia y uniformidad de riego debido a factores como la evaporación y el viento del lugar.
- El humedecimiento constante de los trancos será factor para que se desarrollen

enfermedades, sobre todo en arboles sensibles.

- Necesidad de un mejor control de malezas, porque estas pueden interceptar el agua proyectada.
- Los trabajos culturales del agricultor como la poda, raleo y cosecha pueden modificar los laterales y la posición vertical del microaspersor, lo que provocaría que el radio mojado no sea uniforme.

2.2.3. Componentes de un sistema de riego presurizado

a. Fuente de agua:

Es el principal componente para cubrir las necesidades del cultivo, el cual provienen de dos fuentes de abastecimiento: aguas subterráneas y las superficiales, siendo la primera extraída por medio de la perforación del suelo (pozo) y la otra es captada a través de ríos, red de tuberías y reservorio (Fernández & Garcia, 2010).

b. Unidad de presión:

Es el empleo de energía por medio de una o más bombas para impulsar el agua de riego. Cada una de ellas son usadas para diferentes situaciones, entre ellas tenemos las bombas sumergibles, bombas centrifugas, bomba de turbina vertical para pozos profundos, etc. Estas se seleccionan por su potencia en Kw o HP. Es probable que en algunos sistemas no cuenten con un sistema de bombeo porque tienen la ventaja de trabajar en un terreno con desniveles pronunciados que por la fuerza de gravedad se logra conseguir la presión requerida para que los emisores puedan funcionar.

c. Cabezal de riego:

- **El sistema de filtrado:** Este sistema es imprescindible en el riego localizado para minimizar las obstrucciones producidas por las materias transportadas en suspensión por el agua (arcilla, limo y arena).

Para la elección del tipo y cantidad de filtro se tendrá en cuenta principalmente dos aspectos, de las características del agua de riego a emplear, el caudal necesario a filtrar

y el emisor que emplearemos en nuestro diseño, pues este último se toma en cuenta el diámetro de paso mínimo para escoger el grado de filtración.

- **El grado de filtración:** Este depende de las características de los emisores de riego que se emplean, en concreto el diámetro mínimo de paso del emisor, esto nos ayuda a reducir el riesgo de obturación en el sistema, sin embargo, este dato no es suministrado por los fabricantes, por lo que se deben fijar otros criterios a la hora de escoger el grado de filtración (Abadía, 2018). El grado de filtración se puede medir mediante el llamado *número de mesh*, o en *micrones* (μ).
- **Caudal de filtrado:** Este punto trata del dimensionamiento de la estación de filtrado, ya que el número y tamaño de filtros dependerá del caudal máximo del sistema. Para hallar el número de filtros a instalar es necesario dividir el caudal del filtrado con el caudal nominal del filtro elegido, para ello es necesario considerar la elección del tamaño del filtro, pues cuan mayor sea, la cantidad de filtros será menor, esto no es conveniente porque genera más pérdidas de carga y agua se durante el lavado automático o retro lavado manual (Abadía, 2018).
- **Presión de filtrado:** Cuando se habla de presión de filtrado se debe distinguir entre la presión de funcionamiento en el proceso normal del filtrado, y la presión necesaria en el proceso de autolavado, estos datos son facilitados por los fabricantes y dados en sus catálogos.

Los principales tipos de filtros son:

- **Filtro de grava:** Estos filtros son efectivos en fuentes de agua con sustancias y partículas suspendidas en el agua de riego, pues posee en su interior arena y grava tamizada de una tamaño determinado. Para el diseño se considera una pérdida entre 5 a 7 m.c.a cuando están sucias (Liotta,2015)
- **Filtro de malla:** Los filtros de malla en su interior posee un cartucho con malla metálica o plástica de diferentes orificios y diámetros. Para riego por goteo se recomienda malla de 105 a 125 micrones (μ) y para microaspersión de 150 μ .

- **Los filtros de anillos** poseen una serie de discos o anillas con ranuras en ambas caras, que supuestamente forman los conductos de paso de agua (Liotta,2015)
- **Hidrociclones:** son útiles para separar gravillas y arenas de partículas superiores a 100 micrones, consiguiendo una eficiencia del 98%.
- **Sistema de Fertilización:** Este sistema se realiza para inyectar al sistema las soluciones de nutrientes. Consta de recipientes que son los que contienen la solución y el inyector que puede efectuarse por el Venturi (sin necesidad de energía), bomba hidráulica e inyector hidráulico.
- **Aparatos y elementos de control.**
 - **Manómetro:** Es un componente que permite determinar la presión en los puntos que uno desee, tanto en el cabezal como en campo.
 - **Caudalímetro:** Su función es la medición de caudal instantáneo y totalizado.
 - **Válvulas de aire:** encargadas de eliminar el aire que se acumula en el sistema, está ubicado en el cabezal de riego y en campo.

d. Red de distribución:

Son los encargados de conducir el agua a presión a los diferentes arcos de riego en el campo, dentro de ellos contamos con tuberías primarias y secundarias que por medio de fórmulas y criterios se escogerá el diámetro adecuado para su correcto funcionamiento.

Los materiales más usados para un sistema de riego presurizado son: HDPE y PVC, ambos tienen diferentes clases que se utilizarán de acuerdo a la presión de trabajo en el sistema.

e. Arcos de riego:

Son pequeños cabezales de riego accionadas por válvulas para suministrar el agua en los diferentes sectores de riego. Pueden ser manuales o hidráulicas, esta última se puede accionar manualmente o a distancia a través de mandos hidráulicos o eléctricos (Liotta,2015).

f. Emisores de riego:

Son uno de los elementos fundamentales de las instalaciones de riego localizado, que

aseguran la repartición homogénea del agua desde las líneas de riego hacia la planta.

Para el diseño hidráulico del sistema es importante conocer la ecuación de descarga: Relación del caudal descargado q (l/s) con la presión de trabajo H (m.c.a) y se representa en la siguiente fórmula.

$$q = kh^x$$

Siendo, “ q ” el caudal de descarga ($l\ h^{-1}$); “ k ” el coeficiente del emisor, “ H ” la presión nominal (m.c.a); y “ x ” el exponente de descarga del emisor, variable entre 0 y 1. Figura 1

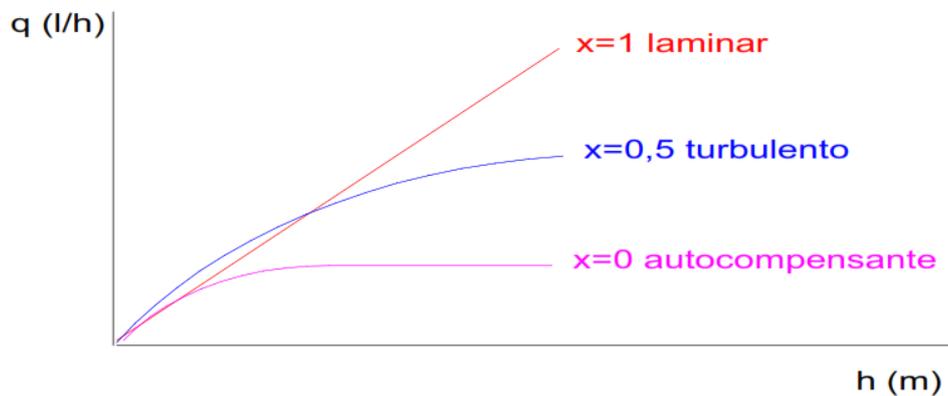


Figura 1: Curvas caudal-presión en función del exponente de descarga.

FUENTE: Helfgott (2020).

El conocimiento de esta ecuación característica del emisor es fundamental durante el proceso de diseño, ya que condicionará las diferencias de presión máximas admisibles en la subunidad, debido a que el exponente mide la sensibilidad de los emisores a la variación de la presión.

En la Figura 2 se visualiza los componentes básicos para la instalación de un sistema de riego presurizado.

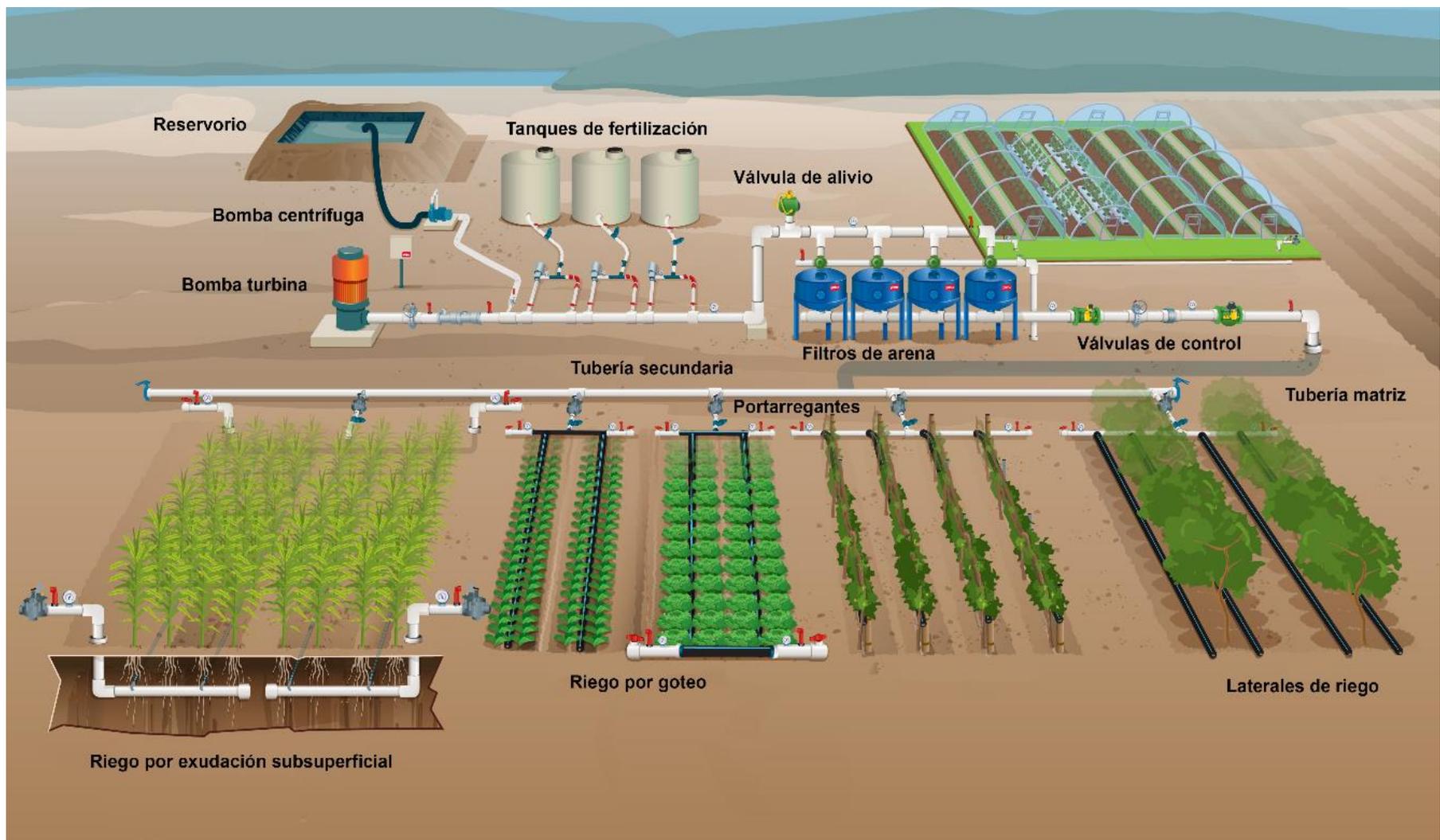


Figura 2: Componentes de un sistema de riego.

FUENTE: Toro (2021).

2.3. ANTECEDENTES

La situación de la actividad agrícola, ganadera y pecuaria del Perú, así como la globalización de la economía, la apertura de los mercados (TLC y otros), la reciente crisis financiera mundial, han hecho que el Sector Agricultura se oriente a elevar la competitividad de los productores agrarios a nivel nacional. Los pequeños y medianos agricultores del país enfrentan una serie de retos, como la baja producción y rendimiento, que se suma con la inestabilidad de precios y mercados seguros provocando una disminución socioeconómica.

Esto ha despertado el interés de los agricultores en la instalación del sistema de riego presurizado porque hoy en día se ha comprobado su eficiencia en comparación con la tecnificación de riegos ancestrales. Esto está reflejado en los siguientes proyectos ya ejecutados que genera la confianza de este sistema que sigue dando de qué hablar.

Cruz (2009) en su tesis “**Diseño de sistema de riego por goteo controlado y automatizado para uva italiana**” realizó un desarrollo tecnológico del sistema de riego por medio de la automatización para una mayor productividad y control del cultivo.

Perales (2021) en su trabajo de suficiencia profesional “**Diseño e instalación de sistema de riego por microaspersión para el fundo Amalia**”, distrito de Lajas, provincia de Chota, región de Cajamarca; recomienda la implementación de este sistema en zonas altoandinas productoras de palto y los estudios necesarios para tener mayor eficiencia de riego.

Jiménez (2020) en su tesis “**Mejoramiento de la eficiencia de riego mediante un sistema presurizado** por aspersión para el complejo deportivo San Juan Masías de la ciudad de Lambayeque”; concluye que el volumen demandado anual del proyecto es de 14 414,66 m³ de agua y que la eficiencia de riego se verá mejorada en un 46,43% por el tipo de sistema de riego presurizado.

Actualmente hay una gran cantidad de proyectos y estudios ejecutados en todo el territorio peruano el cual su correcto análisis, criterio e instalación ha dado resultados para el sector agrícola.

III. DESARROLLO DE TRABAJO

3.1. DISEÑO HIDRÁULICO POR GOTEO

3.1.1. Ubicación del proyecto

El fundo San Miguel se ubica en el centro poblado Chacarita, en el distrito de Chinchabaja, provincia de Chinchay departamento de Ica (ver Figura 3), cuya ubicación geográfica es:

Latitud : 13°26'30.25"
Longitud : 76°8'48.56"
Altitud : 200 m.s.n.m.
Extensión : 30.00 ha



Figura 3: Vista satelital del fundo San Miguel en Google Earth

FUENTE: Google Earth (2022).

3.1.2. Clima

En Chinchabaja, los veranos son calurosos, húmedos, áridos y nublados y los inviernos son largos, cómodos, secos y mayormente despejados. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 16 °C a 28 °C y rara vez baja a menos de 14 °C o sube a más de 30 °C (Ver Figura 4).

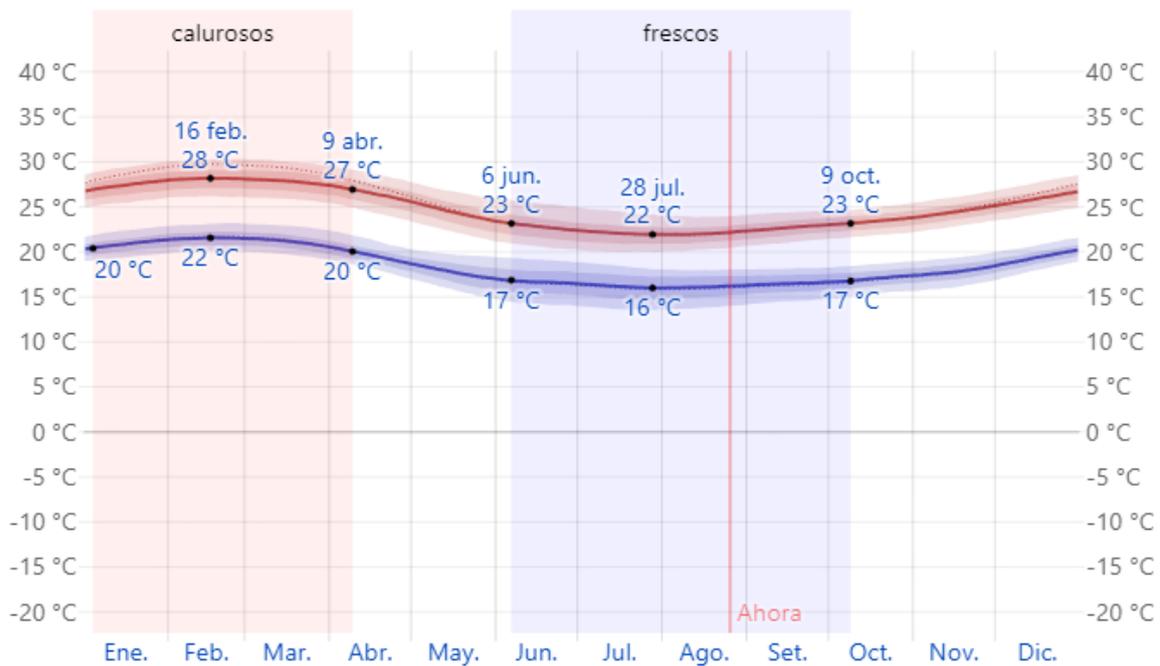


Figura 4: Temperatura máxima (--) y mínima (--) promedio en Huaral.

FUENTE: Weathers Spark (2022).

3.1.3. Topografía

La topografía de la zona del proyecto presenta pendientes suaves que varían entre 3 y 5 por ciento con un área de 30 has. Estos datos nos permitieron realizar la sectorización de las subunidades de riego, los cálculos hidráulicos de las tuberías y ubicación de accesorios de riego que forman parte del desarrollo para obtener un sistema de riego eficiente.

3.1.4. Fuente de agua

De acuerdo con la visita de campo a fines del año 2017, se observó un terreno que presentaba un sistema de riego ancestral, pues a la mitad del lote contaban con un canal que repartía parte del terreno. Sin embargo, para el proyecto la fuente principal proviene de un pozo que está en la parte central del terreno con una altura dinámica de 60 m y cumple con las necesidades hídricas del cultivo de mandarina.

3.1.5. Suelo

El análisis de suelo en el fundo San Miguel fueron proporcionados por el ingeniero Agrónomo encargado, el cual se reconoció dos tipos de suelo para el cultivo, en la parte alta se presenció un suelo franco arcilloso y en la parte baja un suelo franco arenoso, estas características del tipo de suelo se tomaron en cuenta para los turnos de riego.

3.1.6. Diseño agronómico

El diseño agronómico del sistema de riego consiste en determinar la necesidad de agua del cultivo y parámetros de diseño para tener un mejor rendimiento del cultivo, costo de operación del sistema de riego, capacidad de las redes y estructura de riego. El marco de plantación de la mandarina es de 6 m. entre hileras y 4 m. entre plantas. El fundo se caracteriza por tener un suelo de textura franco arenosa y pendiente suave.

Estos cálculos son justificados por las siguientes fórmulas:

a. Cálculo de la evapotranspiración de referencia

Es el agua usada por las plantas en la transpiración más la evaporada directamente desde la superficie del suelo. Se mide en mm d-1.

Este dato se dio por el método de Penman-Monteih a través del software CropWat, el cual brinda información de las temperaturas, velocidad de viento, humedad y radiación neta (Ver Figura 5). Este software nos dará el dato final de ETo por medio de la siguiente fórmula:

$$ET_0 = \frac{0.408D(R_n - G) + \frac{900}{T + 273}u_2(e_s - e_a)}{D + g(1 + 0.34u_2)}$$

Donde:

ETo: Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm d-1).

Rn: Radiación neta en la superficie del cultivo (MJm-2. D2).

G: Flujo de calor en el suelo (MJ.m-2. D-1).

T: Temperatura media del aire (°C).

u2: Velocidad del viento (ms-1).

esat: Presión de vapor a saturación (kpa).

Eact : Presión real de vapor (kpa)

D: Es la pendiente de la curva de presión de vapor a saturación (kpa °C-1)

G: Constante psicrométrica (kpa °C-1)

Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind km/day	Sun hours	Rad MJ/m ² /day	ETo mm/day
January	17.9	26.8	81	233	5.3	18.6	3.81
February	18.9	27.6	79	199	5.5	18.7	3.98
March	18.7	27.7	79	199	5.5	17.8	3.84
April	16.7	25.7	82	199	5.7	16.5	3.31
May	14.4	23.0	82	173	4.0	12.5	2.47
June	13.3	20.9	82	138	1.9	9.2	1.88
July	12.6	20.1	82	173	1.6	9.1	1.90
August	12.2	20.4	80	199	1.6	10.1	2.18
September	12.6	21.0	82	199	2.0	11.9	2.37
October	13.2	22.2	75	199	3.1	14.5	3.06
November	14.4	23.0	82	233	4.0	16.4	3.14
December	16.0	24.9	81	233	4.8	17.7	3.53
Average	15.1	23.6	80	198	3.8	14.4	2.96

Figura 5: Cálculo de la ETo usando CropWat de la FAO.

b. Coeficiente de cultivo

Este factor depende de las características fisiológicas, periodos vegetativos del cultivo y expresa la variación de su capacidad para extraer el agua del suelo durante su periodo vegetativo, en este caso presentaremos el Kc del cultivo de mandarina (Ver Tabla 1).

c. Evapotranspiración del cultivo (ETc)

Con los datos de evapotranspiración del cultivo de referencia y el Kc se obtiene la evapotranspiración del cultivo (Ver Tabla 1).

$$ETc = k \cdot ETo$$

ETc: Evapotranspiración del cultivo.

K: Coeficiente del cultivo.

ETo: Evapotranspiración de referencia. (mm.d⁻¹)

Tabla 1: Evapotranspiración del cultivo - Chincha

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Eto(mm/mes)	118	111	119	99,3	76,6	56,4	58,9	67,6	71,1	94,9	94,2	109
Kc	0,75	0,9	0,8	0,8	0,8	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,8	0,75
ETc(mm/mes)	88,6	100,3	95,2	79,4	61,3	47,9	50,1	57,4	60,4	80,6	75,4	82,1

d. Fórmulas empleadas para estimar la lámina de riego y parámetros agronómicos.

Capacidad retentiva del suelo: Esta característica se debe al tipo de suelo, pues muestra la capacidad para almacenar agua en la zona radicular.

$$La = (\%_{\text{peso}}CC - \%_{\text{peso}}PMP) * D_a * Pr * \%Ag$$

Donde:

%CC: Porcentaje de la capacidad de campo

%PMP: Porcentaje del punto de marchitez permanente.

D_a: Densidad aparente. (g cm⁻³)

Pr: Profundidad efectiva de raíz (m)

%Ag: Porcentaje de agotamiento.

Lámina Neta de Riego (Ln, mm d⁻¹): Es la cantidad de agua necesaria para la planta.

$$Ln = (K * ETo) - Pe$$

Donde:

K: Coeficiente del cultivo.

ETo: Evapotranspiración potencial. (mm d⁻¹)

Pe: Precipitación efectiva (mm d⁻¹)

Lámina bruta (L_b , mm d^{-1}):

$$L_b = \frac{L_n}{E_f}$$

Donde:

L_n : Lámina neta de riego. (mm d^{-1})

E_f : eficiencia de aplicación

Precipitación del sistema: Cantidad de agua que entrega un campo en función de las características del sistema instalado.

$$P = \frac{\text{Números de laterales} * \text{Caudal del gotero (l/h)}}{\text{Distancia de emisores(m)} * \text{distancia de laterales(m)}}$$

Tiempo de riego (T_r , hr d^{-1}): Es el tiempo que toma la planta en recuperar su requerimiento hídrico y se obtiene entre la lámina de riego y la precipitación del sistema.

$$T_r = \frac{\text{Lámina de riego (mm/día)}}{\text{Precipitación del sistema (mm/hr)}}$$

Caudal del sistema (Q_s , l s^{-1}): Es un caudal constante durante un determinado tiempo, que es necesario para poder regar una determinada superficie de terreno. Este caudal es función del área de riego, lámina de riego y el tiempo total disponible para riego.

$$Q_s = \frac{2.78 * A * L_r}{T}$$

Donde:

A : Área total a regar. (m^2)

L_r : Lámina de riego diaria. (mm d^{-1})

T : Tiempo total disponible para regar (hr)

En la Tabla 2 se muestra datos y cálculos del sistema agronómico para un desarrollo adecuado del sistema que luego será tomado en cuenta para nuestro diseño hidráulico.

Tabla 2: Diseño agronómico - Goteo

Parámetros de demanda hídrica		
Eto (en máx. demanda)	mm d ⁻¹	3,98
Kc (en máx. demanda)		0,90
Etc	mm d ⁻¹	3,58
Precipitación Efectiva	mm d ⁻¹	0,00
Lámina Neta de Riego	mm d ⁻¹	3,58
Eficiencia aplicación	%	95%
Lámina Bruta a Reponer diariamente	mm d ⁻¹	3,77
Litros a reponer diariamente por planta	l d ⁻¹	67,87
Parámetros del Gotero Autocompensado		
Caudal del gotero	l hr ⁻¹	1,00
N ^a de laterales por cultivo	mm	2,00
Presión Nominal de Operación	m	10,00
Presión Máxima de Operación	m	20,00
Distribución del Gotero		INSERTADO
Distanciamiento entre grupo de gotero	m	0,40
Distancia entre laterales	m	6,00
Precipitación horaria del sistema de goteo	mm h ⁻¹	0,83
	m ³ ha ⁻¹ h ⁻¹	8,33
	l s ⁻¹ ha ⁻¹	2,31
Parámetros para el riego		
Frecuencia de riego	d	1,00
Lamina de riego a reponer	mm d ⁻¹	3,77
Tiempo de riego por turno	hr d ⁻¹	4,52
N ^o Turnos de riego	N ^o	3,00
Tiempo de riego Total	hr d ⁻¹	13,57
Área máxima por turno	ha	11,00
Caudal máxima del sistema por turno	m ³ h ⁻¹	91,67
	l s ⁻¹	25,46

3.1.7. Diseño hidráulico

Los cálculos hidráulicos se realizaron partiendo desde el final de los sectores hasta llegar a la fuente de agua del predio. Es decir, que se calculó primero las presiones y caudales en la subunidad de riego, para luego hallar el diámetro y las pérdidas de fricción de la tubería primaria y secundaria y terminar con el cabezal. Una vez determinado los componentes del cabezal se procede a establecer el ADT, que junto a la capacidad del sistema permitió la elección de la bomba y características de filtrado y fertirriego.

Los criterios de diseño de las diferentes estructuras y componentes del sistema de riego tienen en cuenta la funcionalidad hidráulica, economía de los recursos empleados y planteamientos de estructura simples que facilitan las labores de la construcción y operación del sistema, procurando mantener un presupuesto aceptable planificado para un área de 30 hectáreas.

a) Diseño hidráulico en la subunidad de riego.

Se escogió un sistema de riego presurizado por goteo, el cual su emisor presenta las siguientes características (Ver tablas 3 y 4), este dato se encuentra en la ficha técnica del producto (Ver Figura 35).

Tabla 3: Características del gotero -Chincha

Características	Descripción
Emisor	Goteo
Marca	Rivulis
Modelo	Oliympos PC/AS

Tabla 4: Datos técnicos del gotero- Chincha

Características	Descripción
Rango de presión de trabajo	0,8 – 2.0 bar
Compensación de presión (PC)	Si
Presión (para el cálculo de caudales)	1 bar
Distancia de los emisores	0,40 m
Espesor de manguera	0,38 mm
Requerimiento de filtrado	130 μ

Para el diseño del riego por goteo, se planteó la distribución de los laterales de riego en sentido preferentemente paralelo a las curvas de nivel, a fin de reducir los efectos de las pérdidas por fricción, de manera que permita la uniformidad de aplicación de los goteros. El cálculo de la pérdida de carga por fricción en las tuberías de los porta laterales y laterales se desarrolló por medio de la siguiente fórmula:

$$H_f = F * C * L * Q^{1.75} * D^{-4.75}$$

Donde:

Hf: Pérdidas de carga por fricción (m.c.a)

L: Longitud (m)

Q: Caudal ($\text{m}^3 \text{h}^{-1}$)

C: Depende de la T°

D: Diámetro interior(mm)

F: Coeficiente o factor Christiansen

Para el cálculo de las tuberías terciarias (porta laterales) se tomó en cuenta las fórmulas de derivaciones puesto que su distribución se da en forma continua o discreta, siendo la primera un reparto de caudal mediante un número infinito de derivaciones equidistantes, mientras el otro realiza un reparto de caudal finito de derivaciones equidistantes o no.

Es por ello que las pérdidas de carga en las tuberías con derivaciones son menores a las tuberías sin derivaciones, pues el caudal que circula en el primer caso va disminuyendo paulatinamente y por tanto la pérdida de carga también.

Para facilitar el cálculo se consideró el coeficiente de Christiansen (F) que relaciona la pérdida de carga en la tubería con servicio en ruta y “n” derivaciones, con la pérdida de carga que se produciría en la misma tubería si no tuviera derivaciones, es decir como si transportara de forma constante todo el caudal que entra en origen. Por tanto, “F” será siempre menor que 1 (Abadía, 2018).

El análisis en las subunidades se basa en mantener la uniformidad de riego en los emisores, el cual se toma en cuenta las pérdidas de carga por fricción de sus componentes (manguera y tuberías) y el desnivel topográfico, ya que según Helfgott una variación máxima del 20% de la presión de operación del gotero significa una máxima variación del 10 % en caudal cuando el exponente de descarga es menor a 0.5, el cual llama la ley del 20%.

Este análisis se realizó a pesar de contar con un gotero autocompensado, ya que los porta laterales en este diseño son muy largos debido a la irregularidad de la geometría del terreno.

A continuación, se presenta los cálculos de pérdida de cargas a nivel de la subunidad para un arco de riego, los demás están archivados en los anexos (Ver tablas 5, 6, 7, 8 y 9).

Tabla 5: Cálculos hidráulicos en portar regantes- Goteo

Tramo	Caudal	Caudal acumulado	Diámetro interno	Longitud	Longitud acumulada	Pérdida HF	Pérdida acumulada	Velocidad Crítica
Nº	(l/s)	(l/s)	(mm)	(m)	(m)	(m.c.a.)	(m.c.a.)	(m/s)
1	0,250	0,25	46,40	12,00	12,00	0,01	0,01	0,15
2	0,250	0,50	46,40	12,00	24,00	0,03	0,04	0,30
3	0,250	0,75	46,40	12,00	36,00	0,07	0,11	0,44
4	0,250	1,00	46,40	12,00	48,00	0,11	0,23	0,59
5	0,250	1,25	59,80	12,00	60,00	0,05	0,28	0,45
6	0,250	1,50	59,80	12,00	72,00	0,07	0,35	0,53
7	0,250	1,75	59,80	12,00	84,00	0,09	0,44	0,62
8	0,250	2,00	59,80	12,00	96,00	0,12	0,56	0,71
9	0,250	2,25	59,80	12,00	108,00	0,14	0,70	0,80
10	0,250	2,50	59,80	12,00	120,00	0,17	0,87	0,89
11	0,250	2,75	59,80	12,00	132,00	0,20	1,07	0,98
12	0,250	3,00	59,80	12,00	144,00	0,24	1,31	1,07
13	0,250	3,25	71,40	12,00	156,00	0,12	1,42	0,81
14	0,250	3,50	71,40	12,00	168,00	0,13	1,56	0,87
16	0,250	3,75	71,40	12,00	180,00	0,15	1,71	0,94
17	0,250	4,00	71,40	12,00	192,00	0,17	1,87	1,00
18	0,250	4,25	71,40	12,00	204,00	0,19	2,06	1,06
19	0,250	4,50	71,40	12,00	216,00	0,21	2,27	1,12
20	0,250	4,75	71,40	12,00	228,00	0,23	2,49	1,19
21	0,250	5,00	71,40	12,00	240,00	0,25	2,74	1,25
22	0,250	5,25	71,40	12,00	252,00	0,27	3,01	1,31
23	0,250	5,50	71,40	12,00	264,00	0,29	3,30	1,37
24	0,250	5,75	85,60	12,00	276,00	0,13	3,44	1,00
25	0,250	6,00	85,60	12,00	288,00	0,14	3,58	1,04
26	0,250	6,25	85,60	12,00	300,00	0,15	3,74	1,09
27	0,250	6,50	85,60	12,00	312,00	0,17	3,90	1,13
28	0,250	6,75	85,60	12,00	324,00	0,18	4,08	1,17
28	0,000	6,75	104,60	218,00	542,00	1,24	5,32	0,79

Tabla 6: Cálculos hidráulicos en laterales de riego-Goteo

Sección	Caudal	Diámetro interno	Longitud	Pérdida HF	Factor Christiansen	Pérdida final	Velocidad crítica
Nº	(l s ⁻¹)	(mm)	(m)	(m)	Fc	(m.c.a.)	(m s ⁻¹)
L1-A	0,063	16	96,00	1,13	0,36	0,41	0,31

Tabla 7: Pérdidas de carga en la subunidad V1-Goteo

Parámetros	Valor (m.c.a.)
Pérdidas de carga en el portallateral	5,32
Desnivel topográfico en el portallateral	-4,50
Pérdidas de carga en el lateral	0,41
Desnivel topográfico en el lateral	- 0,50
Pérdida total en el sector de riego	0,73

Para tener una idea clara de la uniformidad en la subunidad se ha recurrido a un esquema que muestra las presiones en los puntos extremos de los laterales. Figura 6

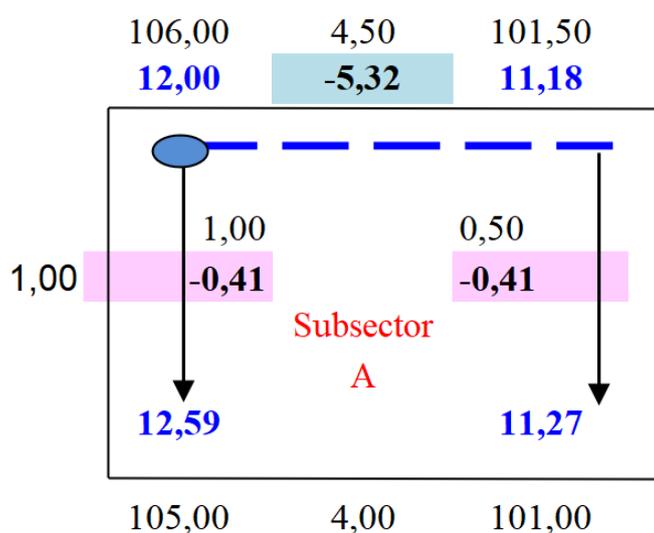


Figura 6: Esquema de distribución de presiones de la sub unidad de riego-Goteo

En la Figura 6 se presenta un esquema con datos de la subunidad, donde se aprecia la distribución de las presiones en los extremos, con la finalidad de establecer uniformidad de riego en los emisores teniendo en cuenta la ley de 20%. En este caso el resultado es el 10,5% siendo menor al 20 %.

Tabla 8: Pérdida de carga total en las subunidades de riego-Goteo

Turnos de riego	Unidades de riego	Pérdida de carga por el porta lateral	Desnivel topográfico del porta lateral	Desnivel de carga por el lateral	Desnivel topográfico del lateral	Presión al inicio del sector
Turno - 01	Válvula 9	1,54	-1,50	0,73	-0,50	0,77
	Válvula 10	5,28	-4,00	0,50	-0,50	1,28
	Válvula 11	3,50	-1,50	0,32	-0,50	1,81
	Válvula 12	2,59	-4,00	0,18	0,50	-0,73
	Válvula 13	3,50	-1,50	0,32	-0,50	1,81
Turno - 02	Válvula 5	0,49	-0,50	0,24	-2,00	-1,27
	Válvula 6	0,49	-0,50	0,24	-2,00	-1,27
	Válvula 7	2,03	-3,00	0,15	0,50	-0,32
	Válvula 8	1,54	-1,50	0,73	-0,50	0,77
	Válvula 4	5,28	-4,00	0,50	-0,50	1,28
Turno - 03	Válvula 1	5,32	-4,50	0,41	-0,50	0,73
	Válvula 2	5,83	-3,50	0,58	-1,00	1,91
	Válvula 3	2,59	-4,00	0,18	0,50	1,00
	Válvula 14	2,35	-2,50	0,97	0,50	1,31

Tabla 9: Requerimiento crítico de presión a nivel de arco de riego-Goteo

Hidrante	UNIDAD	Turno 1	Turno 2	Turno 3
		V-11	V-7	V-2
Presión de operación del gotero	m.c.a	10	10	10
Pérdida del sector de riego	m.c.a	1,81	1,75	1,91
Pérdida de las válvulas del arco de riego	m.c.a	2	2	2
Pérdida por accesorios en arco de riego	m.c.a	0,5	0,5	0,5
PRESIÓN TOTAL FINAL	m.c.a	14,31	14,25	14,41

b) Diseño de la red de tubería matriz de conducción y distribución

Para el diseño hidráulico de las tuberías de PVC se ha tenido en cuenta las leyes que rigen el flujo de agua en tuberías a presión, empleando como herramienta la hoja de cálculo de Excel que considera el uso de las fórmulas de Hazen-Williams para calcular las pérdidas de carga. Para la selección de la clase de las tuberías de PVC Clase 5, se tiene en cuenta el desnivel topográfico (presión estática) y la línea de presión producida (presión dinámica).

Fórmula de Hazen-Williams:

$$H_f = 1.21 * 10^{10} * L * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} * D^{-4.871}$$

Donde:

H_f: Pérdidas de carga por fricción (mca)

- L: Longitud (m)
- Q: Caudal (l s⁻¹)
- C: Coeficiente de rugosidad
- D: Diámetro interior(mm)

Los valores del Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams en función del material de la tubería. La Tabla 10 muestra los valores para algunos materiales:

Tabla 10: Coeficiente de fricción de Hanzen-Willians (C)

Material	Condición	C _{HW}
Concreto	Variable	130
Arcilla vitrificada	Buenas condiciones	100
PVC	Constante	150
Polietileno (PE)	Constante	130-140
Abesto-Cemento	Constante	140

FUENTE: Saldarriaga (2007)

El valor del coeficiente de rugosidad depende del material, por eso el valor de “C” es igual a 150. Además, se consideró como criterio práctico que las velocidades se encuentren en el rango de 0.60 a 2.00 m s⁻¹, pues se considera que una velocidad demasiado baja puede provocar problemas de sedimentación en el interior de la tubería, mientras una velocidad alta puede provocar problemas de golpe de ariete o esfuerzos mecánicos excesivos en nudos y líneas.

Las tablas 11, 12 y 13 muestran los cálculos de los turnos de riego.

Fórmula de la Velocidad:

$$V = \frac{4Q}{(\pi * D^2)}$$

Donde:

- V: Velocidad (m/s)
- Q: Caudal (m³/s)
- D: diámetro interno de la tubería (m)

Tabla 11: Diseño de la red matriz para el turno-1-Goteo

T	Caudal Tramo	Caudal Acumulado	Diámetro Interno	Longitud	Pérdida HF	Velocidad Crítica	Desnivel	Hf Neto	Pérdida Acumulada
	(l s ⁻¹)	(l ⁻¹)	(mm)	(m)	(m)	(m s ⁻¹)	(m)	(m)	(m)
1	4,50	4,50	71,40	192,00	3,30	1,12	-2,0	1,30	1,30
2	4,45	8,95	85,60	230,00	5,56	1,56	-2,0	3,82	5,11
3	6,26	15,21	104,60	26,00	0,61	1,77	0,0	0,66	5,77
4	10,02	25,23	152,00	10,00	0,10	1,39	0,0	0,11	5,88

Tabla 12: Diseño de la red matriz para el turno-2-Goteo

T	Caudal Tramo	Caudal Acumulado	Diámetro Interno	Longitud	Pérdida HF	Velocidad Crítica	Desnivel	Hf Neto	Pérdida Acumulada
	(l s ⁻¹)	(l s ⁻¹)	(mm)	(m)	(m)	(m s ⁻¹)	(m)	(m)	(m)
11	3,78	3,78	71,40	136,00	1,72	0,94	0,0	1,72	1,72
12	3,00	6,78	71,40	77,00	2,71	1,69	0,0	2,82	4,51
13	3,70	10,48	104,60	120,00	1,48	1,22	0,0	1,53	6,04
14	3,40	13,88	104,60	72,00	1,45	1,62	-1,0	0,55	6,59
15	0,00	13,88	104,60	76,00	1,53	1,62	0,0	1,63	8,22
16	6,50	20,38	133,00	41,00	0,52	1,47	0,0	0,56	8,78
17	0,00	20,38	152,00	22,00	0,15	1,12	0,0	0,16	8,93

Tabla 13: Diseño de la red matriz para el turno-3-Goteo

T	Caudal Tramo	Caudal Acumulado	Diámetro Interno	Longitud	Pérdida HF	Velocidad Crítica	Desnivel	Hf Neto	Pérdida Acumulada
	(l s ⁻¹)	(l s ⁻¹)	(mm)	(m)	(m)	(m s ⁻¹)	(m)	(m)	(m)
21	4,50	4,50	71,40	99,00	1,70	1,12	1,0	2,70	2,70
22	7,40	11,90	104,60	84,00	1,29	1,38	1,5	2,86	5,55
23	6,80	18,70	133,00	134,00	1,45	1,35	1,5	3,05	8,61
24	3,08	21,78	152,0	36,00	0,27	1,20	1,0	1,29	9,89

En el proyecto según los cálculos se escogió tuberías de PVC UF Clase 7.5 en diámetros de 160 mm y de Clase 5 en los diámetros de, 140 mm, 110mm, 90mm y 75 mm.

c) Requerimiento de la potencia del sistema.

La unidad de bombeo se empleó para la operación de todos los turnos de riego, debido a la zona de ubicación del cabezal de filtrado.

La fórmula empleada para el cálculos de la potencia de la bomba es la siguiente:

$$P = \frac{Q\gamma H}{746n}$$

Donde:

P: Potencia requerida de la bomba (HP)

Q: Caudal de operación (m³/s)

γ : Peso específico del agua (N/m³)

H: Altura total de bombeo (m)

n: Eficiencia de bombeo

Dentro de los requerimientos de presión que se necesita es importante considerar las pérdidas de carga de los accesorios de riego en el cabezal. En esta etapa final se obtuvo la pérdida de carga total del sistema (ver Tabla 14) y el caudal máximo en cada turno que posteriormente determinó la potencia de bomba para el funcionamiento del sistema.

El ADT es la presión total dinámica que requiere el sistema y su cálculo se ve en la siguiente ecuación.

$$ADT = hf + \Delta h + \text{pérdida en el subnivel de riego} + \text{pérdida en el cabezal de riego} + \text{presión de operación}$$

Donde:

hf: Pérdida por fricción de tubería.

Δh : Desnivel desde la caseta de bombeo y la válvula

Tabla 14: Requerimiento de la altura dinámica total del sistema- ADT-Goteo

ADT Final	Unidad	Turno 1	Turno 2	Turno 3
		R-V11	R-V4	R-V2
Presión de entrada al arco de riego	m.c.a	14,31	14,25	14,41
Pérdida por fricción en la red matriz	m.c.a	5,88	8,93	9,89
Pérdida por accesorios en red matriz (10%)	m.c.a	0,59	0,89	0,99
Pérdida en cabezal de filtrado	m.c.a	8,50	8,50	8,50
Seguridad (5%)	m.c.a	1,46	1,61	1,69
ALTURA DINÁMICA TOTAL (ADT)	m.c.a	30,93	34,18	35,48

Además de las pérdidas por fricción y por topografía (variables en cada turno de riego), se determinó pérdidas en el cabezal de riego de 8.5 m.c.a. (Ver Tabla 15).

Tabla 15. Perdida de carga por los componentes del cabezal-Goteo.

Componentes	
Filtro de malla Luxon	1.50
Caudalímetro Woltman	0.50
Válvula de alivio	1.00
Válvula mariposa	1.00
V. reductora - sostenedora	1.00
Manifold	1.00
Otros	1.00
TOTAL (m)	7.00

Hasta esta etapa se han presentado todos los cálculos y consideraciones que han permitido tener resultado del dimensionamiento de las tuberías y la elección de la bomba, presentados en los resultados de la monografía para explicar y discutir sobre algunos puntos en consideración.

3.1.8. Componentes del sistema de riego por goteo

a) Cabezal de Riego

El cabezal de riego se ubica generalmente cerca a la fuente de agua, el cual contiene la unidad de bombeo, que extrae el agua desde la fuente, válvulas, que controlan el flujo de agua, la unidad de inyección de fertilizantes; manómetros, controles de presión, filtros que son necesarios para facilitar la operación de riego.

- **Unidad de Bombeo:**

En este sistema se instaló una bomba turbina vertical con motor de eje sólido que está diseñada para operar en pozos profundos, esta bomba tiene en su interior 5 impulsores que ayuda abastecer la presión que el sistema requiere. La capacidad de del motor es para 60 HP (Ver Figura 7).



Figura 7: Bomba turbina vertical con motor de eje sólido en el fundo San Miguel

- **Sistema de filtrado.**

Es una pieza fundamental para el funcionamiento eficiente del sistema, pues es el encargado de limpiar las impurezas del agua para evitar el taponamiento en los goteros.

Para este proyecto el sistema de filtrado está compuesto por un filtro de 6" y 4800 cm² de superficie de filtración, de la marca Azud- España, modelo Luxón, malla inoxidable de 125 μ de filtración que se limpia automáticamente por diferencial de presión (5 m.c.a) y por tiempo ya que tiene un controlador (Ver Figura 8).



Figura 8: Filtro automático de 6" Luxón Azud del fundo San Miguel

- **Sistema de fertilización:**

El sistema de fertilización cuenta con 3 tanques, cada uno de 1000 litros de capacidad, los cuales contendrán los nutrientes de la planta que son mezclados por unos agitadores eléctricos y posteriormente serán impulsados al sistema por medio de una electrobomba inoxidable Salmson de 1 HP (ADT: 40m y q: 33-58 lph), También tiene incorporado los siguientes accesorios como filtro de anillo de 2", válvula de paso de 1", válvula check de 1" y válvula de aire de 1" (Ver Figura 9).



Figura 9: Sistema de fertilización para el fundo San Miguel

- **Semi-Automatización:**

Este sistema es operado por un controlador AGROTAL de escala mediana que se utilizará para la apertura de las 14 válvulas hidráulicas según su turno de riego a través de los solenoides que están conectados con las válvulas por medio de microtubos (Ver Figura 10).

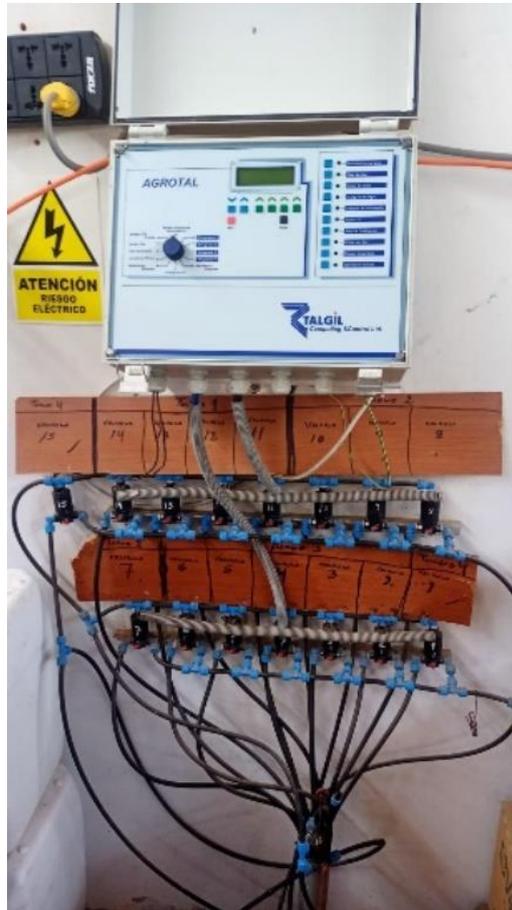


Figura 10: Controlador de riego para el fundo San Miguel

- **Accesorios de medición:**

El sistema cuenta con un caudalímetro bridado de 6" marca Hidroconta-España, tipo woltman, que se encargara de medir el volumen de agua que pasa por la tubería y manómetros en el sistema de filtrado para leer la diferencia de presión y dar alerta al controlador para su respectivo lavado (Ver Figura 11).

Caudalímetro



Manómetro



Figura 11: Elementos de medición

FUENTE: Azud (2020).

b) Red de distribución

Está conformada por la Tubería Matriz, la cual se inicia desde el cabezal de filtrado y continúa hasta los sectores de riego, acondicionada con tuberías de PVC UF Clase 5.0 de 160mm, 140mm, 110mm y 90 mm. Las tuberías terciarias son de PVC Uf Clase 5 de diámetro de 90mm, 75mm, 63mm, 50mm (Ver Figura 12).



Figura 12: Instalación de la porta laterales en el fundo San Miguel

c) Arco de riego

En este proyecto se instalaron 14 arcos de riego compuestos por 14 válvulas hidráulicas de 2" y 1 válvula de aire de 2" de doble efecto que permitirá la salida del aire que se acumula en los porta laterales (Ver Figura 13).



Figura 13: Válvula hidráulica para los arcos de riego

3.2. DISEÑO HIDRÁULICO POR MICROASPERSIÓN.

3.2.1. Ubicación

La segunda zona de trabajo se realizó en el departamento de Lima, provincia de Huaral, en el distrito de Huaral. La ubicación se aprecia en la Figura 14.

Latitud	:	11°25'21.81"
Longitud	:	77°14'39.65"
Altitud	:	200 m.s.n.m.
Extensión	:	3.500 ha



Figura 14: Vista satelital del predio de 3.5 has- Huaral

FUENTE: Google Earth.

3.2.2. Clima

En Huaral los veranos son calurosos, húmedos, áridos y nublados y los inviernos son largos, secos y mayormente despejados (Ver Figura 15).

Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 16 °C a 28 °C y rara vez baja a 14 °C o sube a más de 30 °C.

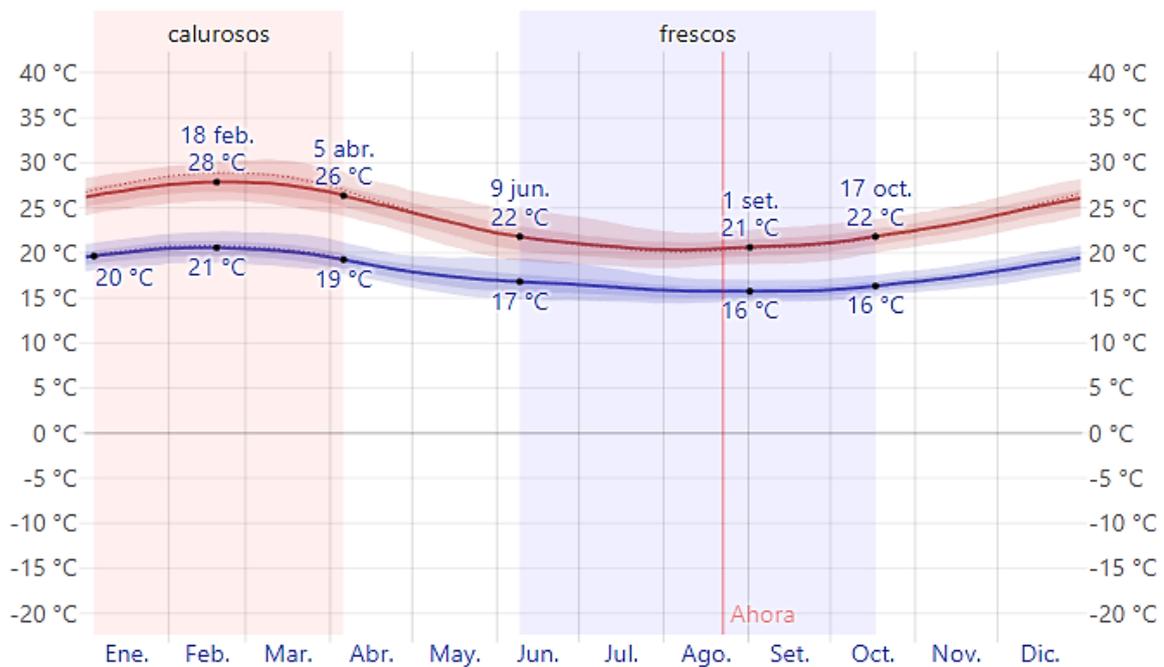


Figura 15: Temperatura máxima (--) y mínima (--) promedio en Huaral

FUENTE: Weather Spark (2022)

3.2.3. Topografía

Es habitual que pequeños agricultores no cuenten con un plano topográfico, por lo que es necesario realizar una visita a campo con el operario de la parcela y anotar datos importantes que se complementan con las fotos aéreas de la zona regable. En este caso tenemos un terreno de 3.5 ha con pendiente casi plano del 2%, en el cual se trabajó en el Google Earth Pro.

A partir de esta herramienta se accede a la ubicación, perfil, área y forma del terreno. Esto ayudó a plasmar el terreno en el AutoCAD.

3.2.4. Fuente de agua

La fuente hídrica de este pequeño proyecto proviene del río Chancay que llega a través de un canal revestido de concreto que desemboca en un reservorio de 1000 m³ (Ver Figura 16).



Figura 16: Reservorio de 1000 m³ en el predio de 3.5 has - Huaral

En la imagen muestra los sedimentos que presenta la calidad de agua del Río Chancay, que ha sido almacenada por mucho tiempo, esto no era problema para su antiguo sistema de riego por gravedad. Es por ello que actualmente se viene construyendo un desarenador que se limpiará cada cierto tiempo para evitar el desgaste de los filtros instalados.

Para el sistema presurizado por microaspersión la calidad de agua química no es tomado en cuenta porque el diámetro de salida de su orificio del emisor es mayor y el agua sale a una mayor velocidad, estas características nos ayudan a tener menor riesgo de obturación en el sistema.

3.2.5. Suelo

No se realizaron pruebas en campo para determinar las propiedades físicas del suelo. En cuanto a la experiencia obtenida se determinó que el tipo de suelo es arenoso-franco.

3.2.6. Diseño agronómico

El diseño agronómico del sistema de riego consiste en determinar la necesidad de agua del cultivo y parámetros de diseño para tener un mejor rendimiento del cultivo, costo de operación del sistema de riego, capacidad de las redes y estructura de riego. El marco de plantación de la mandarina es de 4 m. entre hileras y 2,5 m. entre plantas.

a) Cálculo de la evapotranspiración potencial

En la Figura 17 se presenta los datos del ETo obtenidos del software Crowat

Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind km/day	Sun hours	Rad MJ/m ² /day	ETo mm/day
January	18.9	27.8	90	233	5.1	18.1	3.43
February	19.4	28.3	86	199	6.0	19.4	3.90
March	18.9	28.3	85	199	6.2	19.0	3.85
April	17.2	26.7	88	199	5.8	16.9	3.23
May	15.6	23.3	97	173	3.9	12.7	2.09
June	13.3	20.0	99	138	1.4	8.8	1.42
July	12.2	19.4	97	173	1.0	8.5	1.37
August	11.1	18.9	100	199	0.9	9.3	1.34
September	12.2	20.0	97	199	1.4	11.1	1.70
October	12.2	21.7	97	199	2.5	13.6	2.12
November	13.3	23.3	97	233	3.7	15.8	2.48
December	13.3	25.5	100	233	4.8	17.6	2.72
Average	14.8	23.6	94	198	3.6	14.2	2.47

Figura 17: Resultados del Eto en la provincia de Huaral

b) Evapotranspiración del cultivo (ETc)

En el siguiente cuadro se tendrá datos del Etc mensual (Ver Tabla 16).

Tabla 16: Evapotranspiración del cultivo-Huaral

Etc Huaral	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Eto (mm/mes)	106,3	109,2	119,4	96,9	64,79	42,6	42,47	41,54	71,1	94,86	94,2	109,4
Kc	0,75	0,9	0,8	0,8	0,8	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,8	0,75
ETC (mm/mes)	79,7	98,3	95,5	77,5	51,8	36,2	36,1	35,3	60,4	80,6	75,4	82,1

En la Tabla 17 se muestra información del diseño agronómico en máxima demanda

Tabla 17: Diseño agronómico-Huaral

Parámetros de demanda hídrica		
Eto (en máx. demanda)	mm d ⁻¹	3,90
Kc (en máx. demanda)		0,90
Etc	mm d ⁻¹	3,51
Precipitación Efectiva	mm d ⁻¹	0,00
Lamina Neta de Riego	mm d ⁻¹	3,51
Eficiencia aplicación	%	85%
Lámina Bruta a Reponer diariamente	mm d ⁻¹	4,13
Litros a reponer diariamente por planta	l d ⁻¹	74,33
Parámetros del microaspersor		
Caudal del microaspersor	l h ⁻¹	40,00
N ^a de laterales por cultivo	mm	1,00
Presión Nominal de Operación	m	20,00
Presión Máxima de Operación	m	30,00
Diámetro de humedecimiento	m	4,00
Distancia entre los laterales	m	2,50
	mm h ⁻¹	4,00
Precipitación horaria del sistema de goteo	m ³ h ⁻¹ ha ⁻¹	40,00
	l s ⁻¹ ha ⁻¹	11,11
Parámetros para el riego		
Frecuencia de riego	días	1,00
Lámina de riego a reponer	mm d ⁻¹	4,13
Tiempo de riego por turno	h d ⁻¹	1,0
N ^o Turnos de riego	N ^o	5,00
Tiempo de riego Total	h d ⁻¹	5,16
Área máxima por turno	ha	1,00
	m ³ h ⁻¹	40,00
Caudal máxima del sistema por turno	l s ⁻¹	11,11

3.2.7. Diseño hidráulico

El procedimiento del diseño hidráulico es el mismo en ambos proyectos, pues se trabaja a nivel de la subunidad (arcos de riego), red matriz y el sistema de bombeo, la diferencia se da en las características de los emisores y la elección del equipo de filtración, pues para este proyecto se requiere de mayor presión que en un sistema de goteo, el sistema de filtrado no es tan riguroso por que el diámetro y velocidad de salida es mayor al del gotero, es por ello que son menos propensos a ser obstruidos.

a) Diseño Hidráulico en la subunidad de riego

Para el diseño de riego por microaspersión, se planteó el sistema de distribución de los laterales de acuerdo a la funcionalidad y distribución de las plantas ya establecidas, pues antes eran regadas por el sistema de gravedad, es por ello que la longitud máxima recomendada para los laterales, es de 60 m, de manera que nos permita la variación máxima del 20% de la presión de operación del micro aspersor, lo que significa una máxima variación del 10% en caudal. El microaspersor que se utilizó para la ejecución del proyecto presenta las siguientes características que están especificados en las tablas (Ver tablas 18 y 19).

Tabla 18: Características del microaspersor-Huaral

Características	Descripción
Marca	NaanDanJain
Modelo	Grupo Modular
Color del rotor	Negro
Color de boquilla	Violeta
Diámetro de boquilla	0,82 mm

Tabla 19: Datos técnicos del microaspersor-Huaral

Características	Descripción
Rango de presión de trabajo	1,5 – 3,0 bar
Compensación de presión	No
Presión de trabajo	2 bar
Distancia entre emisores	4 m.
Requisitos de filtrado	200 micrones

En las siguientes tablas se presenta los cálculos a nivel de un arco de riego, se adjunta como anexo el resto de los cálculos de los demás arcos de riego (Ver tablas 20, 21, 22 ,23 y 24).

Tabla 20: Cálculos hidráulicos en portar lateral de riego-Microaspersión

T	Caudal	Caudal acumulado	Diámetro interno	Longitud	Longitud acumulada	Pérdida HF	Pérdida acumulada	Velocidad Crítica
Nº	(l s ⁻¹)	(l s ⁻¹)	(mm)	(m)	(m)	(m.c.a.)	(m.c.a.)	(m s ⁻¹)
1	0,200	0,20	46,40	5,00	5,00	0,00	0,00	0,12
2	0,200	0,40	46,40	5,00	10,00	0,01	0,01	0,24
3	0,200	0,60	46,40	5,00	15,00	0,02	0,02	0,35
4	0,200	0,80	46,40	5,00	20,00	0,03	0,05	0,47
5	0,200	1,00	46,40	5,00	25,00	0,05	0,05	0,59
6	0,200	1,20	46,40	5,00	30,00	0,07	0,11	0,71
7	0,200	1,40	46,40	5,00	35,00	0,09	0,09	0,83
8	0,200	1,60	46,40	5,00	40,00	0,11	0,20	0,95
9	0,200	1,80	46,40	5,00	45,00	0,13	0,13	1,06
10	0,200	2,00	46,40	5,00	50,00	0,16	0,29	1,18
11	0,200	2,20	46,40	5,00	55,00	0,19	0,19	1,30
12	0,200	2,40	46,40	5,00	60,00	0,22	0,41	1,42
13	0,200	2,60	59,80	5,00	65,00	0,08	0,08	0,93
14	0,200	2,80	59,80	5,00	70,00	0,09	0,16	1,00
15	0,200	3,00	59,80	5,00	75,00	0,10	0,10	1,07
16	0,200	3,20	59,80	5,00	80,00	0,11	0,21	1,14
17	0,200	3,40	59,80	5,00	85,00	0,12	0,12	1,21

Tabla 21: Cálculos hidráulicos en laterales de riego-Microaspersión

Sección	Caudal	Diámetro interno	Longitud	Pérdida HF	Factor Christiansen	Pérdida final	Velocidad crítica
Nº	(l s ⁻¹)	(mm)	(m)	(m)	Fc	(m.c.a.)	(m s ⁻¹)
L1-A	0,150	16	54,00	2,94	0,35	1,03	0,75
L1-B	0,150	16	54,00	2,94	0,35	1,03	0,75

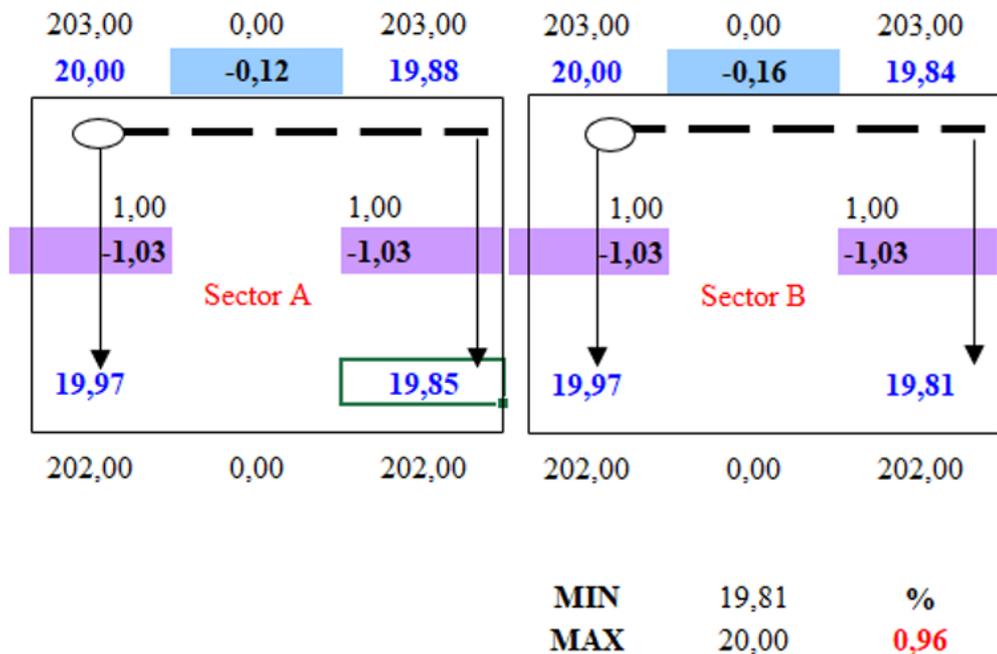
Tabla 22: Pérdidas de carga en la subunidad V1 sector A-Microaspersión

Parámetros	VALOR
	(m.c.a.)
Pérdida de carga en porta lateral	0,16
Desnivel topográfico en porta lateral	0,00
Perdidas de carga en lateral	1,03
Desnivel topográfico en lateral	0,50
Pérdida total en sector de riego	1,69

**Tabla 23: Pérdidas de carga en la subunidad
V1 sector B-Microaspersión**

Parámetros	VALOR (m.c.a.)
Pérdidas de carga en porta lateral	0,12
Desnivel topográfico en porta lateral	0,00
Pérdidas de carga en lateral	1,03
Desnivel topográfico en lateral	0,00
Pérdida total en sector de riego	1,15

En la Figura 18 se muestran dos esquemas analizados para la válvula 1 que está ubicada en la mitad del sector, el cual ambas áreas están divididas por el sector A y Sector B, donde se aprecia distribución de las presiones en los extremos, con la finalidad de verificar y establecer la uniformidad de riego en los emisores teniendo en cuenta la ley de 20%. En este caso el resultado es el 0.96% siendo menor al 20%.



**Figura 18: Esquema de distribución de presiones de la subunidad de riego-
Microaspersión**

Tabla 24: Requerimiento crítico de presión a nivel de arco de riego-Microaspersión

HIDRANTE	Unidad	Turno 1	Turno 2	Turno 5
		V-1	V-4	V-5
Presión de operación del microaspersor	m.c.a	20	20	20
Pérdida del sector de riego	m.c.a	1,69	1,04	1,55
Pérdida de las válvulas del arco de riego	m.c.a	1,5	1,5	1,5
Pérdida por accesorios en arco de riego	m.c.a	0,15	0,15	0,15
PRESIÓN TOTAL FINAL	m.c.a	23,31	22,69	23,2

b) Diseño de la red de tubería matriz de conducción y distribución

Las tuberías seleccionadas son de PVC, de unión flexible para las tuberías de norma ISO y de unión de simple presión.

Para el diseño hidráulico de las tuberías de PVC se consideró las leyes que rigen el flujo de agua en tuberías de presión, empleando el Excel como hoja de cálculo el cual se utiliza la formula Hazen-Williams para calcular las pérdidas de carga; además se considera como criterio práctico que las velocidades se encuentran en el rango de 0,6 a 2,0 m s⁻¹.

Se ha elegido la tubería principal diámetro de 90mm PVC UF Clase 5. Para la selección de la clase se tuvo en cuenta el desnivel topográfico y la línea de presión producida (Ver tablas 25, 26, 27 y 28).

Tabla 25: Diseño de la red matriz para el turno-1- Microaspersión

# T	Caudal	Caudal Acumulado	Diámetro Interno	Longitud	Pérdida HF	Velocidad Crítica	Desnivel	Hf Neto	Pérdida Acumulada
	(l s ⁻¹)	(l s ⁻¹)	(mm.)	(metros)	(metros)	(m s ⁻¹)	(metros)	(metros)	(metros)
1	5,30	5,30	71,4	27,00	0,64	0,92	0,5	0,76	1,14
2	0,00	5,30	85,60	55,00	0,53	0,92	0,0	0,53	1,67

Tabla 26: Diseño de la red matriz para el turno-2-Microaspersion

# T	Caudal	Caudal Acumulado	Diámetro Interno	Longitud	Pérdida HF	Velocidad Crítica	Desnivel	Hf Neto	Pérdida Acumulada
	(l s ⁻¹)	(l s ⁻¹)	(mm.)	(metros)	(metros)	(m s ⁻¹)	(metros)	(metros)	(metros)
1	5,80	5,80	85,60	55,00	0,62	1,01	0,0	0,62	0,62

Tabla 27: Diseño de la red matriz para el turno-5-Microaspersión.

# T	Caudal x Tramo	Caudal Acumulado	Diámetro Interno	Longitud x Tramo	Pérdida HF	Velocidad Crítica	Desnivel	Hf Neto	Pérdida Acumulada
	(l s ⁻¹)	(l s ⁻¹)	(mm.)	(metros)	(metros)	(m s ⁻¹)	(metros)	(metros)	(metros)
31	8,30	8,30	85,60	82,53	1,82	1,44	-1,0	0,75	0,82
32	0,00	8,30	85,60	52,54	1,16	1,44	-0,5	0,61	0,97
33	0,00	8,30	85,60	18,19	0,40	1,44	-1,0	-0,61	0,37
2	0,00	8,30	85,60	55,00	1,21	1,44	-1,0	0,17	0,58

Tabla 28: Resumen de la pérdida en los turnos críticos del sistema- Microaspersión

Turnos de riego	Unidad de riego	Caudal en la subunidad	Caudal por turno	Pérdida por fricción en la red matriz
Turno - 01	V-1	5,30	5,30	1,67
Turno - 03	V-2	5,80	5,80	0,62
Turno - 05	V-5	8,30	8,30	0,58

c) Requerimientos de la potencia del sistema

Para la selección de la unidad de bombeo, se consideró las válvulas críticas, en este caso las válvulas extremas y de mayor nivel en contra. La potencia de bomba se calculó en base a los datos del ADT (pérdida de carga total de la subunidad de riego, red matriz y componentes del cabezal) y el caudal por turno de riego (el más alto de los turnos de riego) (Ver tablas 29 y 30).

Tabla 29: Requerimiento de altura dinámica total del sistema -ADT Microaspersión

ADT FINAL	Unidad	Turno 1	Turno 3	Turno 5
		R-V1	R-V4	R-V5
Presión de entrada al arco de riego	m.c.a	23,31	22,69	23,2
Pérdida por fricción en la red matriz	m.c.a	1,29	0,62	0,91
Pérdida por accesorios en red matriz (10%)	m.c.a	0,13	0,06	0,09
Pérdida en cabezal de filtrado	m.c.a	4,00	4,00	4,00
Seguridad (5%)	m.c.a	2,9	2,7	2,7
ALTURA DINÁMICA TOTAL (ADT)	m.c.a	31,60	30,11	30,09

Tabla 30: Pérdida de carga por los componentes del cabezal- Microaspersión

COMPONENTES	m.c.a
Filtro de malla	1,50
Válvula de alivio	0,50
Válvula mariposa	1,00
Manifold	0,50
Otros	0,50
TOTAL	4,00

Hasta esta etapa se ha presentado todos los cálculos y consideraciones que ha permitido tener resultado del dimensionamiento de las tuberías y la elección de la bomba que se presentaran en los resultados de la monografía para explicar y discutir sobre algunos puntos en consideración.

3.2.8. Componentes del sistema de riego por microaspersión

a) Cabezal de Riego

El cabezal de riego se ubica generalmente cerca a la fuente de agua, el cual contiene la unidad de bombeo, que extrae el agua desde la fuente, válvulas, que controlan el flujo de agua, la unidad de inyección de fertilizantes; manómetros, controles de presión, filtros que son necesarios para facilitar la operación de riego.

- **Unidad de bombeo:**

En el proyecto se realizaron los cálculos hidráulicos necesarios para hallar la potencia de la bomba, pues se escogió una bomba centrífuga de presión de 5.5 hp que ayudará a impulsar el caudal y presión necesaria en los microaspersores.

- **Válvulas de control o maniobra:**

Las válvulas instaladas en el cabezal son las: válvulas bola de 2" para realizar el retro lavado de los filtros, una válvula de alivio que se activa cuando hay un exceso de presión en el sistema, válvula mariposa de 3", que es la llave principal de la salida del flujo de agua a las tuberías principales, y 2 válvulas de aire de doble efecto, que ayuda a eliminar el aire que se

acumula en el interior de las tuberías debido al desnivel del terreno.

- **Sistema de filtrado:**

En la instalación del proyecto se colocaron 2 filtros de PVC de anillo de 130 μ de conexión victaulic de 3" con un caudal máximo de 50 m³ hr⁻¹, superficie de filtración de 1699 cm². La limpieza de ellos es a través del principio de retro lavado con operación manual, considerando para ello una diferencia de presiones entre el caudal de entrada y salida de los filtros, se revierte el flujo de agua limpia, cerrando la entrada de agua del sistema hacia el filtro y eliminando el agua sucia producto del retro lavado mediante una tubería de PVC de 63 mm C-5 provisto de una válvula de control de flujo.

- **Sistema de fertilización:**

El sistema de fertilización cuenta con 2 cilindros de 200 litros de capacidad, el cual contendrá los nutrientes de la planta que serán mezcladas manualmente y posteriormente serán impulsados al sistema por medio de una electrobomba inoxidable de 1,2 HP. También tiene incorporado los siguientes accesorios como válvula de paso de 1", válvula check de 1", válvula de aire de 1", manómetro, válvula angular y un flujómetro.

- **Accesorios de medición:**

En el sistema presenta dos accesorios de medición, uno es el manómetro, que nos lee la presión del sistema y nos ayuda a saber en qué momento se realizara el retrolavado, pues se debe tener una pérdida máxima de 5 metros, y el caudalímetro para el control del volumen de agua (Ver Figura 19).



Figura 19: Cabezal de riego para 3.5 hectáreas - Huaral

b) Red de distribución

Está conformada por la Tubería Matriz, la cual se inicia desde el cabezal de filtrado y continúa hasta los sectores de riego, acondicionada con tuberías de PVC UF Clase 5, de 90 mm y 63 mm.

Para el diseño hidráulico de las Tuberías de PVC se ha tenido en cuenta las leyes que rigen el flujo de agua en tuberías a presión, empleándose las fórmulas de Hazen-Williams para calcular las pérdidas de carga. Además, se ha considerado como criterio práctico que las velocidades se encuentren en el rango de 0,6 a 2,0 m s⁻¹ (Ver Figura 20).



Figura 20: Distribución de la tubería principal- Huaral

c) Arco de riego

Los arcos de riego permiten conectar las tuberías porta laterales a la tubería matriz y secundaria, de esta manera es posible delimitar y controlar los diferentes sectores de riego. Luego de efectuarse la sectorización de los predios se ha obtenido 5 arcos de riego.

El presente proyecto plantea la implementación de 5 unidades de arcos de riego compuestos por 5 válvulas esféricas de 3", 5 válvulas de aire de 2" automáticas para permitir el ingreso de aire a los laterales de riego y accesorios de PVC de 63mm y 50mm. El accionamiento de las válvulas será en forma manual (Ver Figura 21).



Figura 21: Arco de riego del proyecto de 3.5 has-Huaral

3.3. COMPARACIÓN DE COSTOS EN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO Y MICROASPERSIÓN

El objetivo principal en esta etapa es el presupuesto para dos diseños de riego presurizado (goteo y microaspersión), el cual presentará el porcentaje de inversión según los componentes de riego al proponer un presupuesto y obtener cuál es el costo por hectárea de cada proyecto.

3.3.1. Sistema hidráulico de riego por goteo

El Fundo San Miguel es una empresa dedicada a la producción y exportación de uva y mandarina, el cual solicitó un diseño de riego por goteo en una de sus sedes que se encuentra en la provincia de Chíncha para 30 ha.

Esta empresa tiene la capacidad de realizar una inversión inicial grande, ya que conocen la rentabilidad del riego por goteo para sus cultivos, pues todas sus sedes tienen instalado un sistema de riego presurizado con alta tecnología.

Es por ello que se instaló un sistema de semi automatización para la apertura de sus válvulas y la posibilidad de programar el horario de riego.

En la Tabla 31 se muestra el resultado de la inversión en materiales de riego es 68,484.56 dólares para 30 has, lo que resultaría 2283 dólares por hectárea.

Tabla 31 : Resumen del presupuesto hidráulico por goteo

ITEM A: Tubería Matriz	\$ 13,136.11	22.6%
ITEM B: Porta regante	\$ 7,440.39	
ITEM C: Arco de riego	\$ 2,267.49	44.6%
ITEM D: Lateral de Riego	\$ 16,167.92	
ITEM E: Cabezal de Riego	\$ 15,106.27	26.0%
ITEM F: Automatización	\$ 2,415.22	4.2%
ITEM G: Fertirriego	\$ 1,504.36	2.6%
SUB TOTAL		\$ 58,037.77
TOTAL, IGV 18%		\$ 68,484.56

En el siguiente gráfico se presentará el porcentaje de costo por componente de riego como la subunidad, la distribución de tubería, el cabezal de riego, automatización y fertilización (Ver Figura 22).

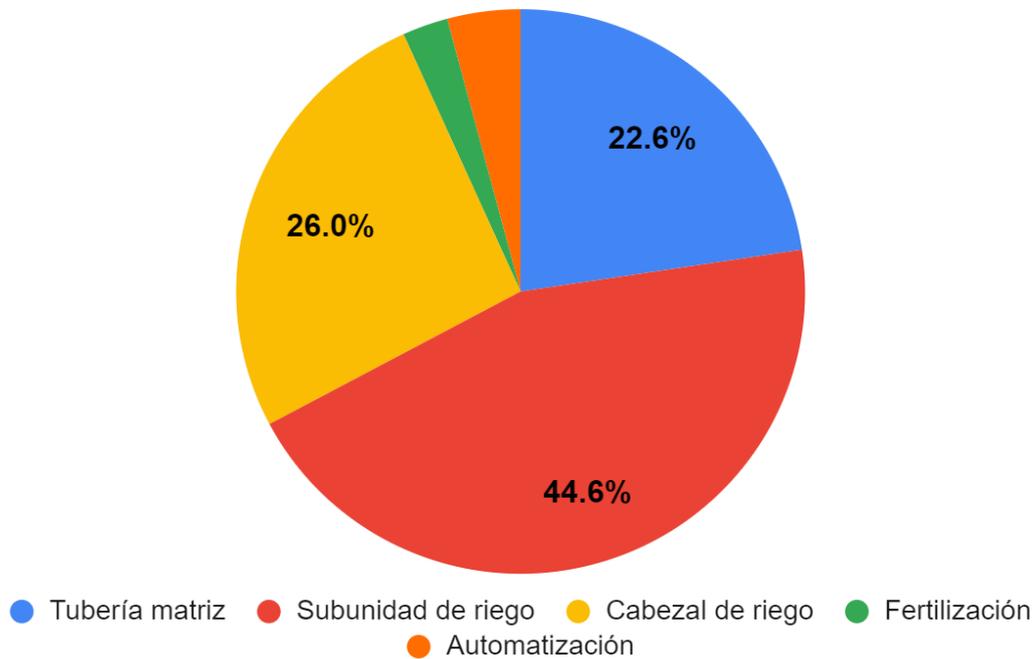


Figura 22: Gráfico de inversión por componente de riego para el fundo San Miguel

3.3.2. Sistema hidráulico de riego por microaspersión

En el predio de Huaral el diseño se realizó para el Sr Hugo Ramírez quien es poseedor de un predio de 3.5 has de cultivo de mandarina, el cual consistía en un sistema de riego por gravedad y contaba con un reservorio para tal fin. Sin embargo, decidió implementar su predio con riego presurizado para mejorar las condiciones de su producción y un mejor manejo de su cultivo.

A diferencia del anterior caso este cliente contaba con una inversión limitada, por tanto, la oferta resultó en una excelente propuesta de valor con los componentes básicos para su funcionamiento.

En la Tabla 32 se muestra el resultado de la inversión en materiales de riego es 11,764.47

dólares para un área de 3.5 has, lo que resultaría 3361 dólares por hectárea.

Tabla 32: Resumen del presupuesto hidráulico por microaspersión.

ITEM A: Tubería Matriz	\$ 1,035.01	10.4%
ITEM B: Porta lateral	\$ 1,147.34	
ITEM C: Arco de riego	\$ 786.35	53.5%
ITEM D: Lateral de Riego	\$ 3,397.00	
ITEM E: Cabezal de Riego	\$ 2,788.23	28.0%
ITEM F: Fertirriego	\$ 815.96	8.2%
SUB TOTAL		\$ 9,969.89
TOTAL, IGV 18%		\$ 11,764.47

En el siguiente gráfico se presenta el porcentaje de costo por componente de riego como la subunidad, la distribución de tubería, el cabezal de riego, automatización y fertilización (Ver Figura 23).

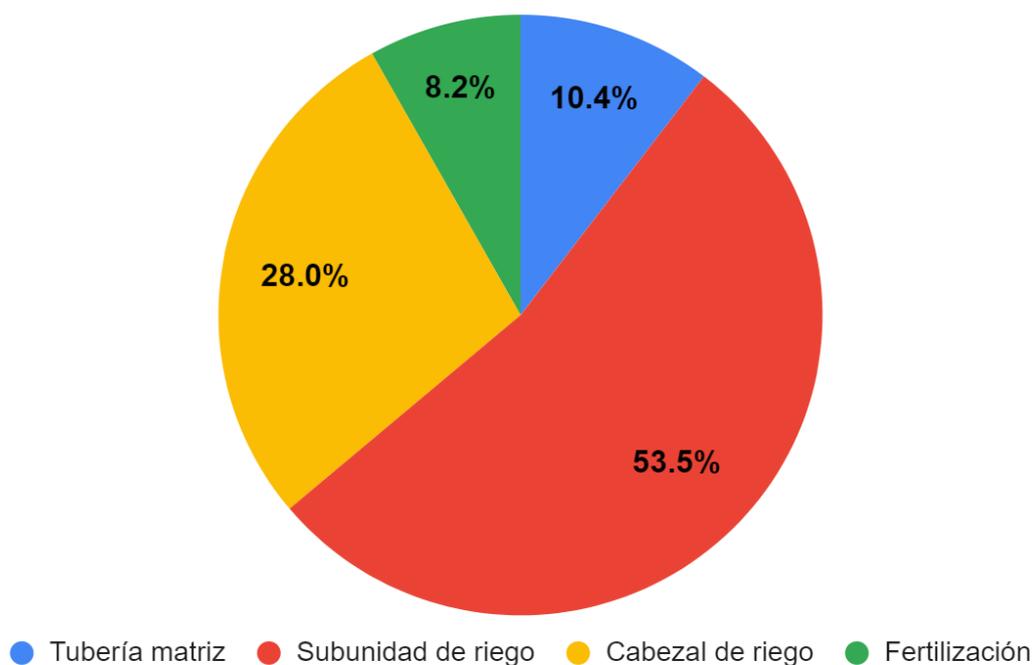


Figura 23: Gráfico de inversión por componente de riego para el predio de Huaral

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DISEÑO HIDRÁULICO EN RIEGO POR GOTEO

Se realizó los cálculos necesarios para determinar el ADT máximo de sistema y el turno de mayor caudal para tener como resultado final la potencia de la bomba.

Durante el desarrollo del diseño de riego se obtuvieron los diámetros de la tubería, la capacidad del sistema de filtrado, la bomba para el sistema de fertilización, tamaño de válvulas y demás componentes. Por tanto, se presenta tuberías de 160, 140, 110 y 90 mm de clase 7.5 para la tubería principal y en los porta laterales diámetros de 90, 75, 63 y 50 mm de clase 5. En el cabezal de riego el tamaño del filtrado, caudalímetro, y demás componentes son de 6" para un mejor manejo del sistema.

En la Tabla 33 se presenta un cuadro resumen de las presiones, caudales y potencia de la bomba para el funcionamiento del sistema, pues se sabe que está diseñado para 3 turnos de riego con caudal máximo de 25.3 lps.

Tabla 33: Requerimiento de la altura dinámica total del sistema- ADT-Chincha

Descripción		Unidad	Turno 1	Turno 2	Turno 3
Caudal		l s ⁻¹	25,23	20,38	21,78
		l m ⁻¹	1.513,80	1.222,80	1.306,80
		m ³ h ⁻¹	90,83	73,37	78,41
ADT	Prof. Pozo	m.c.a	60,00	60,00	60,00
	Hf del sistema	m.c.a	30,93	34,18	35,48
	Total		90,93	94,18	95,48
Requerimiento de potencia		HP	58,26	48,75	52,81

La bomba está ubicada a 60 m de la altura dinámica del pozo, lo cual se considera para el ADT final, por lo que correspondería una potencia de 60 HP por no encontrar en el mercado una bomba con 58,26 HP.

En la Figura 24 se aprecia la distribución de tuberías, topografía del terreno; la ubicación de la válvulas, la caseta de riego y la fuente de agua que es un pozo localizado en el centro del predio con una profundidad de 60 m que abastece en la zona alta y baja del campo.

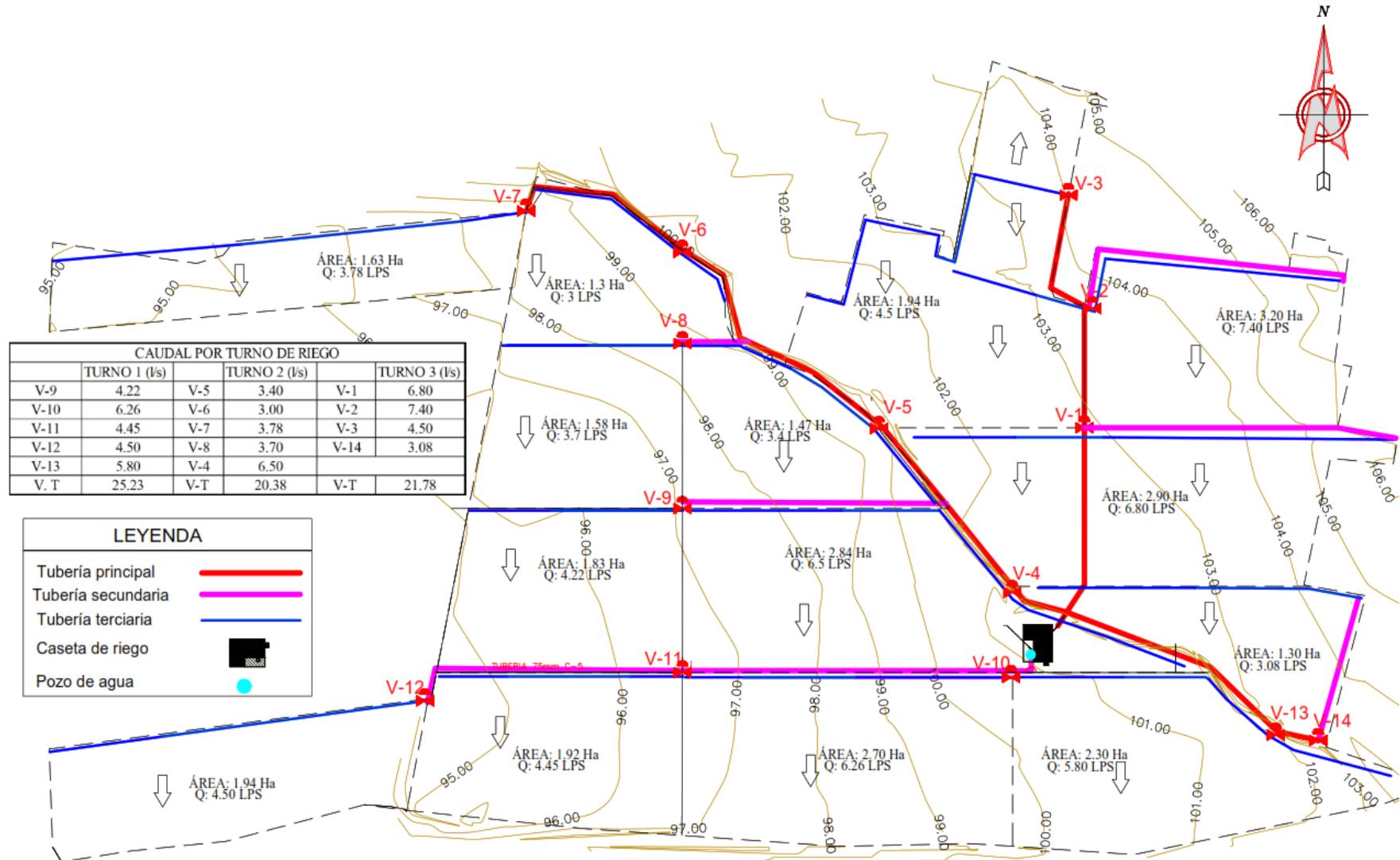


Figura 24: Esquema de la distribución de tuberías para el sistema de riego por goteo

- **DISCUSIONES:**

El proyecto en el Fundo San Miguel comenzó desde cero, es decir, que se realizó el diseño cuando el terreno no había sido sembrado, pues el cultivo de mandarina proveniente del vivero con 1 año de edad se sembró al finalizar la instalación del sistema. Esta característica facilitó optar por un sistema de riego por goteo ya que tiene una gran eficiencia de aplicación (95%) que ayudaría el ahorro de agua en los meses con mayor demanda (febrero, marzo y abril) correspondiente a la época de verano que trae consigo elevada evapotranspiración.

La textura del suelo es franco arenoso (60%) y franco arcilloso (40 %), ésta última con un mayor poder retentivo, debido a la presencia de arcilla en el suelo.

Debido a la geometría irregular del terreno se obtuvo el 80% de la parcelación con porta laterales muy extensas (mayor a 200 m.) y con una pendiente del 2%, por esta razón se consideró elegir un gotero autocompensado a fin de mantener la uniformidad en el caudal del emisor y suplir las carencias de diseño.

El sistema de semi automatización (apertura y cierre) no puede controlar las válvulas localizadas a un desnivel de 5 metros por encima de éste. Es por ello que la ubicación de las válvulas de apertura 1, 2 y 14 (figura 22) se encuentran máximo a 3 metros de desnivel sobre el cabezal, por eso se instaló un tramo de tubería ciega máximo de 200 metros hasta la posición que deberían estar las válvulas, ya que éstas por criterio de diseño deben estar en la cota más alta de la sub unidad.

Antes de presentar una propuesta sobre el diseño del sistema se debe tener previo conocimiento de la textura del suelo, características del cultivo, información de la fuente de agua (calidad), el manejo de cultivo (actividades para realizar la siembra, fertilización, fumigación y cosecha), ya que estos factores inciden en el costo del sistema de riego por goteo en frutales como la mandarina.

4.2. DISEÑO HIDRÁULICO EN RIEGO POR MICROASPERSIÓN

Durante el desarrollo del diseño de riego se obtuvieron los diámetros de la tubería, la capacidad del sistema de filtrado, la bomba para el sistema de fertilización, tamaño de válvulas y demás componentes. Es por ello que se obtuvo tuberías de 90 mm para la red principal y en los porta laterales diámetros de 63 mm y 50 mm de clase 5. En el cabezal de riego el tamaño del filtrado, caudalímetro, y demás componentes son de 3”.

En el siguiente cuadro (Tabla 34) se da el resumen de los resultados para cada turno, el cual se escogió el turno que requiera de mayor potencia de la bomba de modo que cumpla con todos los requisitos hidráulicos del sistema de riego por microaspersión.

Tabla 34: Requerimiento de potencia de la unidad de bombeo Huaral

REQUERIMIENTO DE POTENCIA DE UNIDAD DE BOMBEO						
Descripción	Unidad	Turno 1	Turno 2	Turno 3	Turno 4	Turno 5
Caudal	$l\ s^{-1}$	5,30	5,80	5,90	5,70	8,30
	$l\ m^{-1}$	318,00	348,00	354,00	342,00	498,00
	$m^3\ h^{-1}$	19,08	20,88	21,24	20,52	29,88
ADT	m.c.a	33,52	32,95	28,19	28,96	30,96
Potencia de bomba	HP	3,64	3,79	3,99	3,30	5,27

La fuente de agua del predio de Huaral proviene del río Chancay que es captada a través de un canal y almacenada en un reservorio de 1000 m³. Se seleccionó una electrobomba centrífuga con potencia 5.5 Hp para un funcionamiento eficiente del sistema por microaspersión.

En la Figura 25 se detalla la distribución de tuberías calculadas para el sistema de riego por microaspersión.

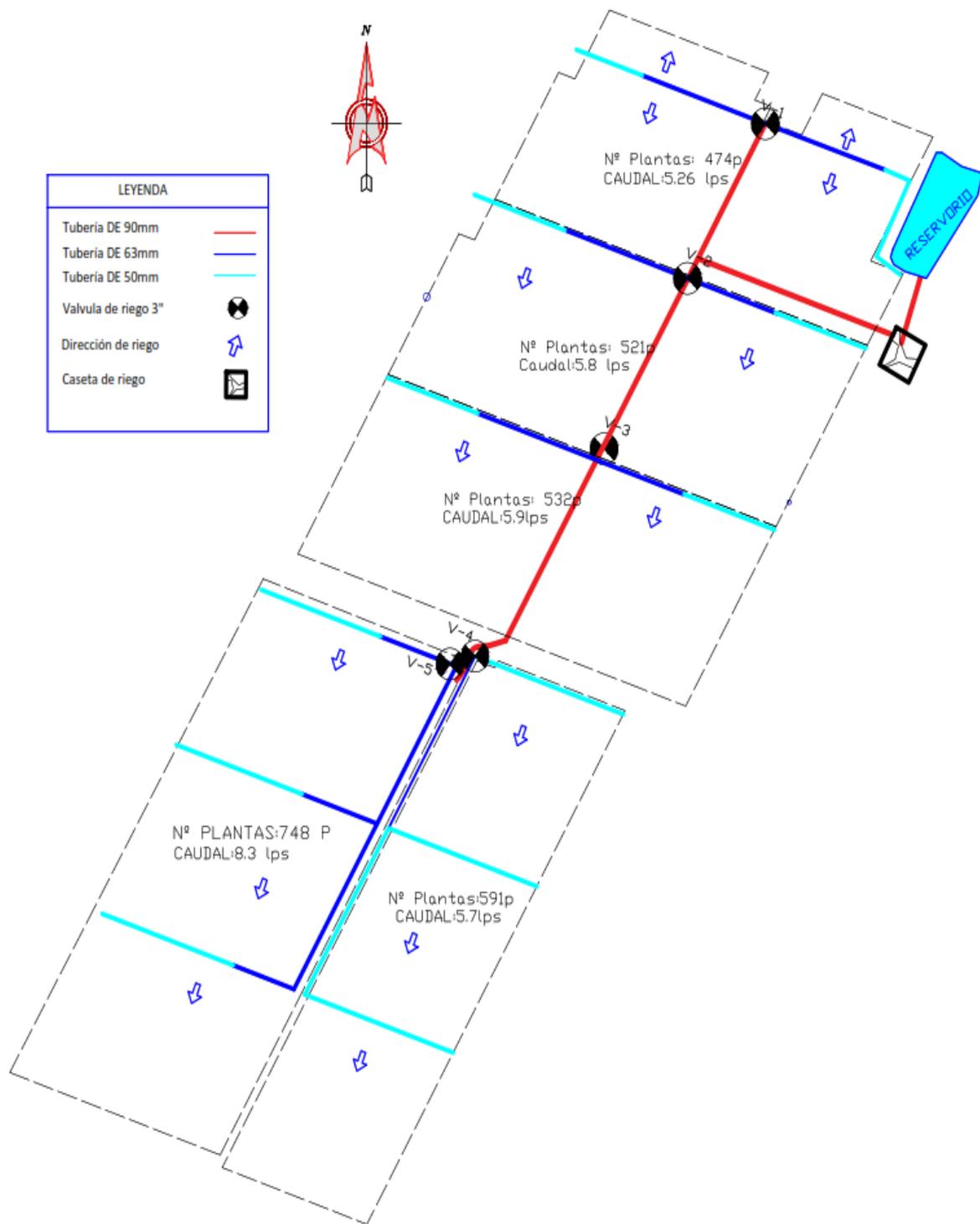


Figura 25: Esquema de la distribución de tuberías para el sistema de riego por microaspersión

- **DISCUSIONES**

El proyecto en la zona de Huaral para el cultivo de mandarina se dió cuando la planta estaba en una etapa adulta (5 y 13 años) y alta densidad que era manejado por un sistema de riego por gravedad en su periodo inicial, como se sabe este sistema presenta un gasto excesivo de agua, baja uniformidad de riego y una eficiencia de aplicación que oscila entre el 50 - 60 %, ante estas desventajas se propusieron dos alternativas de riego presurizado: goteo y microaspersión. Ambos sistemas son eficientes en arboles frutales, sin embargo se optó por el sistema de microaspersión, ya que su emisor presenta un caudal y radio de incidencia mayor al del gotero, además la textura de suelo es arena franca, este tipo de suelo tiene una capacidad limitada de retención de agua, por lo tanto la propuesta del sistema por microaspersión sería una mejor alternativa para no generar el estrés hídrico del cultivo, pues se conoce que en la etapa inicial de la planta, éste disponía de mayor volumen de agua.

El emisor de riego que se seleccionó tiene un caudal de 40 l h^{-1} con un radio de incidencia de 2 m, a causa de esta característica se sectorizó el terreno en parcelas máximas de 0.8 has para un mejor manejo y control de las sub unidades , ya que estamos frente a un cultivo de alta densidad. Es por ello que también se propuso laterales de longitud máxima de 60 m para garantizar la uniformidad del sistema.

La ubicación de las válvulas de la subunidad 1, 2 y 3 están ubicadas en la mitad de los portalaterales (figura 23) con la finalidad de garantizar una mayor uniformidad de caudal en los emisores de riego y reducir los costos de la tubería terciaria, ya que obtendremos diámetros máximo de 63 mm, puesto que si las válvulas están ubicadas en un extremo se consideraría tuberías de 90 mm.

En la sub unidad de la válvula 4 y 5 a diferencia de las subunidades 1, 2 y 3 se plantea una sectorización diferente porque en la subunidad de la válvula 5 presenta cultivo de mandarina de 2 años, por ello tiene que ser separado con las demás plantas adultas, esto resultó en parcelas portalaterales de menor longitud y laterales de 150 m, éste último sobrepasa la longitud máxima, es por ello que las sub unidades se dividieron en 3 tramos a fin de reducir la longitud del lateral en dichas válvulas.

Para calcular el diámetro de las tuberías se utilizó la ecuación de Hazen Willians en la hoja de cálculo Excel porque la fórmula es sencilla y su cálculo es simple debido a que el coeficiente de rugosidad C no está en función de la velocidad ni del diámetro de la tubería, , en este caso nuestro valor C es 150 por trabajar con tuberías de PVC, sin embargo la aplicación de ésta es certera sólo cuando el agua que fluye esta en temperaturas ordinarias ($5^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}$), las velocidades que circulan son inferiores a 3 m/s, se toma en cuenta para rangos de diámetros de 50mm a 500 mm y para tubería de régimen laminar y de transición. Estas limitaciones y condiciones están considerados en ambos proyectos, por el cual se da la respectiva justificación de su uso. Por el contrario, se sabe que la ecuación de Darcy nos brinda mejores resultados para la elección de diámetro, ya que esta se puede calcular para cualquier temperatura, rango de velocidades, diámetros y longitudes de tuberías. Sin embargo el cálculo de las pérdidas de la carga por fricción de esta ecuación se dificulta, dado que el factor de fricción es difícil de cuantificar analíticamente. Es por ello que se han dado de manera experimental las comparaciones de varias fórmulas (incluso Hazen Willians) para calcular la pérdida de carga respecto a la ecuación de Darcy- Weisbach , ya que para hallar su coeficiente depende de varias fórmulas de acuerdo con el tipo de flujo que se presenta en la tubería, pues se debe calcular el número de Reynolds, que a su vez , éste depende del diámetro de tubería, velocidad y viscosidad del agua .

4.3. COMPARACIÓN DE COSTOS ENTRE RIEGO POR GOTEO Y MICROASPERSIÓN

El presupuesto de los accesorios de riego en el fundo San Miguel es de 68,484.56 dólares, que incluye solo los materiales de riego. El costo de inversión por ha es de 2,283 dólares por hectárea.

El presupuesto de accesorios de riego para el predio de Huaral es de 3361 dólares solo en materiales de riego, que está dentro del rango de US\$ 3,000.00 a US\$ 4,000.00 para cultivos permanentes de alta densidad (Lora, 2017). El marco de plantación en este predio es muy denso, el cual requiere más cantidad de laterales de riego.

El proyecto de 30 ha tiene una menor inversión por hectárea que el de 3.5 ha, a pesar que este último es un modelo básico ajustable para la economía del agricultor, y el otro presenta mayor tecnología.

En el tercer objetivo se tiene como resultado que más del 40% se invierte en las subunidades de riego que incluye porta laterales emisores, laterales y arcos, el segundo lugar en costos es en el cabezal de riego con un 25 % de la inversión total. En la siguiente tabla se da a conocer la inversión por hectárea (Ver Tabla 35).

Tabla 35: Resumen de costos en los dos proyectos de riego presurizado

Descripción	San Miguel		Predio de Huaral	
	Costo/Has	Porcentaje	Costo/Has	Porcentaje
ITEM A : Tubería Matriz	\$ 437.87	22.60%	\$ 295.72	10%
ITEM B : Porta lateral	\$ 248.01		\$ 327.81	
ITEM C : Arco de riego	\$ 75.58	44.60%	\$ 224.67	53%
ITEM D : Lateral de Riego	\$ 538.93		\$ 970.57	
ITEM E : Cabezal	\$ 503.54	26%	\$ 796.64	28%
ITEM F : Automatización	\$ 80.51	4.20%		
ITEM G : Fertirriego	\$ 50.15	2.60%	\$ 233.13	8%
	SUB TOTAL	\$ 58,037.77	\$ 9,969.89	
	TOTAL	\$ 68,484.56	\$11,764.47	
	(+ IGV 18%)			
	Área (has)	30	3.5	

V. CONCLUSIONES

- De acuerdo con la elección del emisor, se calculó la precipitación horaria del sistema de goteo, dando como resultado 0.83 mm h^{-1} el cual permite regar 4.52 horas por turno. En cambio, la precipitación horaria del sistema de microaspersión es de 4 mm h^{-1} que permite regar en 1 hora cada turno. Estos resultados se tomaron en cuenta para sectorizar y hallar el número de turnos en base al horario de trabajo del jornal, obteniendo 3 turnos con un total de 14 horas al día y 5 turnos con un total de 5 horas al día en la zona de Chincha y Huaral, respectivamente.
- Se realizó el sistema hidráulico con la distribución de agua adecuada y el dimensionamiento de equipos del sistema de filtrado, fertilización y válvulas de control en la matriz y las subunidades en ambos proyectos.
En el proyecto ubicado en Chincha según cálculos hidráulicos se obtuvo tubería matriz de 160, 140, 110 y 90 mm, transportando un caudal máximo de $90 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, impulsados por una bomba de 60 HP que aporta una altura dinámica de 97 m, el cual su operación es semi automática al trabajar solo en el cierre y apertura de las válvulas de las sub unidades, además tiene un sistema automático para el lavado del filtro cuando éste indica una diferencia de presión de 5 m entre la entrada y salida del filtro. En cambio, En la zona de Huaral el sistema trabaja con una tubería principal de 90 mm que transporta un caudal máximo de $28 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, impulsado por una electrobomba de 5,5 HP que aporta una altura dinámica de 31 m y la operación en su totalidad es manual.
- El costo para un sistema de riego por goteo y microaspersión es de 2282 y 3361 dólares por hectárea respectivamente, siendo de mayor costo en todo la sub unidad de riego, el cual representa una inversión mayor al 40% de todo el sistema, seguidamente está el cabezal de riego que es más del 25% y el de menor inversión está en la fertilización que representa menos del 10%, esto se da en ambos proyectos.

VI. RECOMENDACIONES

- Capacitar al personal encargado sobre la operación y mantenimiento del sistema presurizado para que éste se mantenga en condiciones óptimas en todo momento.
- Implementar un sistema por microaspersión en frutales cuando la fase inicial de riego se propone en una etapa adulta de la planta y éste haya sido regado por un sistema por gravedad.
- En la selección del sistema de filtrado de la caseta de bombeo bajo riego por goteo y microaspersión se debe considerar la calidad de agua, siendo este un requisito fundamental en el sistema por goteo, ya que éste es más propenso a obstruirse.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abadía, S.R. (2018). Instalación de riego a presión en parcela: Riego localizado. *Curso Internacional de Modernización de regadíos: Ahorro y eficiencia de energía*. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Agrollona. (24 de septiembre de 2019). El riego agrícola en el Perú. *Agricultura*. Recuperado de <http://agro12y10.com/el-riego-agricola-en-el-peru/>
- Agustí, M. (2003). *Citricultura* (2a ed.). Madrid, España: Mundi-prensa.
- Ansede, M. (27 de julio de 2021). La mutación que cambió la historia de las mandarinas. *El País*, p. 1. Recuperado de <https://elpais.com/ciencia/2021-07-28/la-mutacion-que-cambio-la-historia-de-las-mandarinas.html#:~:text=Hace%201%2C6%20millones%20de,desarrollan%20copias%20de%20la%20madre.>
- AZUD. (2020). *Sistema de riego y filtración*. Recuperado de <https://azud.com/wp-content/uploads/2020/06/AZUD-Catalogo-Riego-20-1.pdf>
- CORPOICA. (2022). *Manual: Aspectos básicos para el cultivo de mandarina*. Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
- Cruz, J. (2009). Tesis. *Diseño de un sistema de riego por goteo controlado y automatizado para uva italiana*. Lima, Perú: Pontífica Universidad Católica del Perú.
- Fernández, M.M. & García, G. (2010). El sistema de riego localizado. En *Tecnología Agroalimentaria* (p. 14).
- Frutas-Hortalizas. (2022). *Frutas-Hortalizas.com*. Recuperado de <https://www.frutas-hortalizas.com/Frutas/Origen-produccion-Mandarina.html>
- González, L. & Tulló, C. (2019). *Guía técnica: Cultivo de cítricos*. San Lorenzo, Paraguay: Agencia de cooperación Internacional del Japón.
- Helfgott, C.E. (2020). Diseño de riego presurizado [Diapositiva de Power Point].
- IVIA. (2022). *Mandarina Orri*. Instituto Valenciano de investigaciones agrarias. Recuperado de <https://ivia.gva.es/documents/161862582/161863574/ORRI.pdf/b5f0f967-0c94-4b28-92fe-ec7aa1ccc0c?t=1453984709720>

- Jiménez, C. (2020). *Mejoramiento de la eficiencia de riego mediante un sistema presurizado por aspersión para el complejo deportivo San Juan Masias de la ciudad de Lambayeque*. Lambayeque, Perú: [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo]. Recuperado de https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/8760/Jim%c3%a9nez_Estrada_C%c3%a9sar_Leonardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Léon, J. (17 de marzo de 2021). Producción nacional mandarinas alcanzó las 525.000 toneladas en 2020. *agraria.pe*. Recuperado de [https://agraria.pe/noticias/produccion-nacional-mandarinas-alcanzo-las-525-000-toneladas-23917#:~:text=\(Agraria.pe\)%20De%20acuerdo,con%20el%2044%25%20del%20total](https://agraria.pe/noticias/produccion-nacional-mandarinas-alcanzo-las-525-000-toneladas-23917#:~:text=(Agraria.pe)%20De%20acuerdo,con%20el%2044%25%20del%20total).
- León, R. (3 de julio de 2021). Perú proyecta exportar 300mil toneladas de cítricos. *AGROPERÚ informa*. Recuperado de <https://www.agroperu.pe/historico-peru-proyecta-exportar-citricos/>
- Liotta, M., Carrion, R., Ciancaglini, N. & Olguín, A. (2015). *Riego por goteo*. PROSAP, INTA.
- MINAGRI. (2015). *Problemas de la agricultura peruana*. Recuperado de <https://www.midagri.gob.pe/portal/22-sector-agrario/vision-general/190-problemas-en-la-agricultura-peruana>
- Morales, G. & Lopez, J. (2007). Manual técnico. *Aspectos básicos para el cultivo de la mandarina*. Bogotá: Corporación Colombiana de investigación agropecuaria-AGROSAVIA. Recuperado de <https://repository.agrosavia.co/>.
- Perales, J. (2021). *Diseño e instalación de sistema de riego por microaspersión para el fundo Amalia*. Lima, Perú: [Trabajo de Suficiencia Profesional]. Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5196>
- Pons, J. (2019). *Técnicas para mejorar la productividad de la mandarina W .Murcott*. Recuperado de <http://www.seminarioprocitrus.org/ponencias/diamiercoles/4-joan-pons.pdf>
- PSI. (2021). *Programa de riego tecnificado*. Recuperado de http://www.psi.gob.pe/docs/%5Cbiblioteca%5Cguias%5Cprograma_de_riego_tecnificado.pdf
- Saldarriaga. (2012). *Sistemas de riego*. Colombia: Grupo Latino Editores.

- Salvatierra, A., Ibacache, A., Burgos, M., Araya, K., Cortés, M. & Osorio, A. (2012). Riego de Mandarins y Paltos. *Riego en Mandarinas y Paltos*. Chile: INIA INTIHUASI.
- TORO. (2021). *toro.com*. Recuperado de <https://driptips.toro.com/wp-content/uploads/typical-drip-irrigation-system-layout-sans-header-resized-2Artboard-1.jpg>
- Villavicencio, A. (2021). Cómo determinar el coeficiente de uniformidad de caudal en riego tecnificado. *Portal Fruticula*, pág. 1.
- Weather Spark. (2022). *weatherspark.com*. Recuperado de <https://es.weatherspark.com/y/20449/Clima-promedio-en-Huaral-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Cálculos hidráulicos en la subunidad del sistema a goteo

VÁLVULA 7 y 12 CÁLCULOS HIDRÁULICOS EN PORTALATERALES

Tramo	Caudal	Caudal acumulad	Diametro interno	Longitud	Longitud acumulada	Perdida HF	Perdida acumulada	Velocidad Crítica	OBSERV.
Nº	(l/s)	(l/s)	(mm)	(m)	(m)	(m.c.a.)	(m.c.a.)	(m/s)	
1	0,144	0,14	46,40	12,00	12,00	0,00	0,00	0,09	O.K.
2	0,144	0,29	46,40	12,00	24,00	0,01	0,02	0,17	O.K.
3	0,144	0,43	46,40	12,00	36,00	0,03	0,04	0,26	O.K.
4	0,144	0,58	46,40	12,00	48,00	0,04	0,09	0,34	O.K.
5	0,144	0,72	46,40	12,00	60,00	0,06	0,15	0,43	O.K.
6	0,144	0,87	46,40	12,00	72,00	0,09	0,24	0,51	O.K.
7	0,144	1,01	46,40	12,00	84,00	0,12	0,36	0,60	O.K.
8	0,144	1,16	46,40	12,00	96,00	0,15	0,51	0,68	O.K.
9	0,144	1,30	46,40	12,00	108,00	0,18	0,69	0,77	O.K.
10	0,144	1,44	46,40	12,00	120,00	0,22	0,91	0,85	O.K.
11	0,144	1,59	46,40	12,00	132,00	0,26	1,16	0,94	O.K.
12	0,144	1,73	46,40	12,00	144,00	0,30	1,47	1,02	O.K.
13	0,144	1,88	59,80	12,00	156,00	0,10	1,57	0,67	O.K.
14	0,144	2,02	59,80	12,00	168,00	0,12	1,69	0,72	O.K.
15	0,144	2,17	59,80	12,00	180,00	0,13	1,82	0,77	O.K.
16	0,144	2,31	59,80	12,00	192,00	0,15	1,97	0,82	O.K.
17	0,144	2,45	59,80	12,00	204,00	0,17	2,13	0,87	O.K.
18	0,144	2,60	59,80	12,00	216,00	0,18	2,32	0,93	O.K.
19	0,144	2,74	59,80	12,00	228,00	0,20	2,52	0,98	O.K.
20	0,144	2,89	59,80	12,00	240,00	0,22	2,74	1,03	O.K.
21	0,144	3,03	59,80	12,00	252,00	0,24	2,98	1,08	O.K.
22	0,144	3,18	59,80	12,00	264,00	0,26	3,24	1,13	O.K.
23	0,144	3,32	59,80	12,00	276,00	0,28	3,52	1,18	O.K.
24	0,144	3,47	71,40	12,00	288,00	0,13	3,65	0,87	O.K.
25	0,144	3,61	71,40	12,00	300,00	0,14	3,79	0,90	O.K.
26	0,144	3,75	71,40	12,00	312,00	0,15	3,94	0,94	O.K.
27	0,144	3,90	71,40	12,00	324,00	0,16	4,10	0,97	O.K.

324,00

Vx = Válvula del Sector de Riego Analizado.

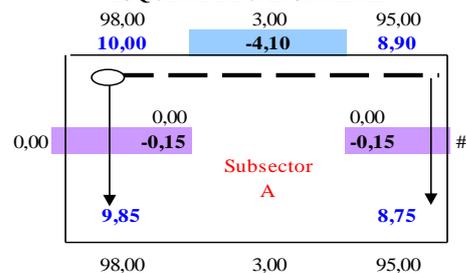
CÁLCULOS HIDRÁULICOS EN LATERAL DE RIEGO

Sección	Caudal	Diámetro interno	Longitud	Pérdida HF	Factor Cristhiansen	Perdida de carga dinal	Velocidad crítica	OBSERV.
Nº	(l/s)	(mm)	(m)	(m)	Fc	(m.c.a.)	(m/s)	
L1-A	0,035	16	102,00	0,43	0,35	0,15	0,17	O.K.

DETERMINACIÓN DE PÉRDIDAS EN EL SUBSECTOR A

PARAMETROS	VALOR (m.c.a.)
PERDIDAS DE CARGA EN PORTALATERAL	4,10
DESNIVEL TOPOGRAFICO EN PORTALATERAL	-3,00
PERDIDAS DE CARGA EN LATERAL	0,15
DESNIVEL TOPOGRAFICO EN LATERAL	0,50
PERDIDA TOTAL EN SECTOR DE RIEGO	1,75

ESQUEMA DE UNIFORMIDAD



MIN 8,75
MAX 10,00 13%

Figura 26: Cálculo hidráulico de subunidad de la válvula 7 y 12 - Goteo

VÁLVULA 8 , 9 y 11 CÁLCULOS HIDRÁULICOS EN PORTALATERALES

Tramo	Caudal	Caudal acumulado	Diametro interno	Longitud	Longitud acumulada	Pérdida HF	Pérdida acumulada	Velocidad Crítica	OBSERV.
Nº	(l/s)	(l/s)	(mm)	(m)	(m)	(m.c.a.)	(m.c.a.)	(m/s)	
1	0,330	0,33	46,40	12,00	12,00	0,02	0,02	0,20	O.K.
2	0,330	0,66	46,40	12,00	24,00	0,06	0,07	0,39	O.K.
3	0,330	0,99	46,40	12,00	36,00	0,11	0,18	0,59	O.K.
4	0,330	1,32	46,40	12,00	48,00	0,19	0,37	0,78	O.K.
5	0,330	1,65	46,40	12,00	60,00	0,28	0,65	0,98	O.K.
6	0,330	1,98	59,80	12,00	72,00	0,11	0,76	0,70	O.K.
7	0,330	2,31	59,80	12,00	84,00	0,15	0,91	0,82	O.K.
8	0,330	2,64	59,80	12,00	96,00	0,19	1,10	0,94	O.K.
9	0,330	2,97	59,80	12,00	108,00	0,23	1,33	1,06	O.K.
10	0,330	3,30	59,80	12,00	120,00	0,28	1,61	1,17	O.K.
11	0,330	3,63	59,80	12,00	132,00	0,33	1,94	1,29	O.K.

Vx = Válvula del Sector de Riego Analizado.

CÁLCULOS HIDRÁULICOS EN LATERAL DE RIEGO

Sección	Caudal	Diámetro interno	Longitud	Pérdida HF	Factor Cristhiansen	Pérdida de carga dinal	Velocidad crítica	OBSERV.
Nº	(l/s)	(mm)	(m)	(m)	Fc	(m.c.a.)	(m/s)	
L1-A	0,080	16	115,00	2,08	0,35	0,73	0,40	O.K.

DETERMINACION DE PERDIDAS EN EL SUBSECTOR B

PARAMETROS	VALOR
	(m.c.a.)
PERDIDAS DE CARGA EN PORTALATERAL	1,94
DESNIVEL TOPOGRAFICO EN PORTALATERAL	-1,50
PERDIDAS DE CARGA EN LATERAL	0,73
DESNIVEL TOPOGRAFICO EN LATERAL	0,50
PERDIDA TOTAL EN SECTOR DE RIEGO	1,66

MIN 10,56 %
MAX 11,77 **10,26**

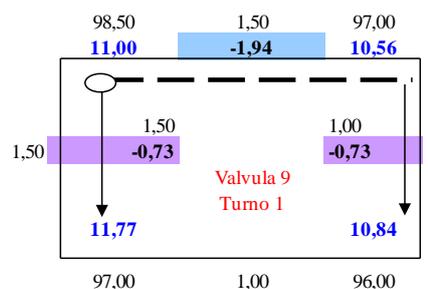


Figura 27: Cálculo hidráulico de subunidad de la válvula 8,9 y 11 - Goteo

VÁLVULA 5 y 6

CÁLCULOS HIDRÁULICOS EN PORTALATERALES

Tramo	Caudal	Caudal acumulado	Díametro interno	Longitud	Longitud acumulada	Pérdida HF	Pérdida acumulada	Velocidad Crítica	OBSERV.
Nº	(l/s)	(l/s)	(mm)	(m)	(m)	(m.c.a.)	(m.c.a.)	(m/s)	
1	0,238	0,24	59,80	12,00	12,00	0,00	0,00	0,08	O.K.
2	0,238	0,48	59,80	12,00	24,00	0,01	0,01	0,17	O.K.
3	0,238	0,71	59,80	12,00	36,00	0,02	0,03	0,25	O.K.
4	0,238	0,95	59,80	12,00	48,00	0,03	0,06	0,34	O.K.
5	0,238	1,19	59,80	12,00	60,00	0,05	0,11	0,42	O.K.
6	0,238	1,43	59,80	12,00	72,00	0,06	0,17	0,51	O.K.
7	0,238	1,67	59,80	12,00	84,00	0,08	0,26	0,59	O.K.
8	0,238	1,90	59,80	12,00	96,00	0,11	0,36	0,68	O.K.
9	0,238	2,14	59,80	12,00	108,00	0,13	0,49	0,76	O.K.

Vx = Válvula del Sector de Riego Analizado.

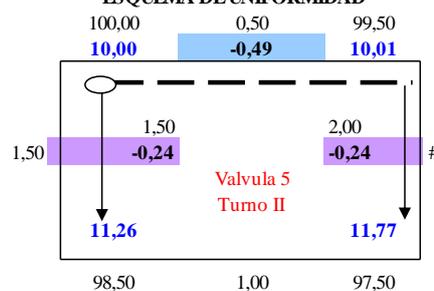
CÁLCULOS HIDRÁULICOS EN LATERAL DE RIEGO

Sección	Caudal	Díametro interno	Longitud	Pérdida HF	Factor Crithiansen	Pérdida de carga dinal	Velocidad crítica	OBSERV.
Nº	(l/s)	(mm)	(m)	(m)	Fc	(m.c.a.)	(m/s)	
L1-A	0,059	17	86,00	0,69	0,35	0,24	0,26	O.K.
L1-B	0,059	17	85,00	0,68	0,35	0,24	0,26	O.K.

DETERMINACION DE PERDIDAS EN EL SUBSECTOR A

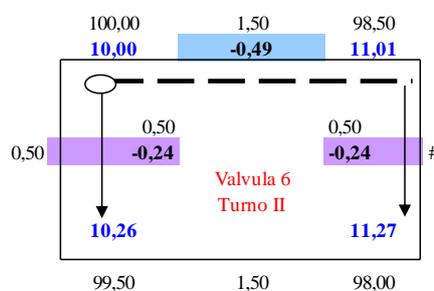
PARAMETROS	VALOR
	(m.c.a.)
PERDIDAS DE CARGA EN PORTALATERAL	0,49
DESNIVEL TOPOGRAFICO EN PORTALATERAL	-0,50
PERDIDAS DE CARGA EN LATERAL	0,24
DESNIVEL TOPOGRAFICO EN LATERAL	-2,00
PERDIDA TOTAL EN SECTOR DE RIEGO	-1,77

ESQUEMA DE UNIFORMIDAD



DETERMINACION DE PERDIDAS EN EL SUBSECTOR B

PARAMETROS	VALOR
	(m.c.a.)
PERDIDAS DE CARGA EN PORTALATERAL	0,49
DESNIVEL TOPOGRAFICO EN PORTALATERAL	-1,50
PERDIDAS DE CARGA EN LATERAL	0,24
DESNIVEL TOPOGRAFICO EN LATERAL	-0,50
PERDIDA TOTAL EN SECTOR DE RIEGO	-1,27



MIN	10,00	%
MAX	11,77	15,01

Figura 28: Cálculo hidráulico de subunidad de la válvula 5 y 6 - Goteo

VÁLVULA 3 CÁLCULOS HIDRÁULICOS EN PORTALATERALES

Tramo	Caudal	Caudal acumulado	Díametro interno	Longitud	Longitud acumulada	Perdida HF	Perdida acumulada	Velocidad Crítica	OBSERV.
Nº	(l/s)	(l/s)	(mm)	(m)	(m)	(m.c.a.)	(m.c.a.)	(m/s)	
1	0,160	0,16	46,40	12,00	12,00	0,00	0,00	0,09	O.K.
2	0,160	0,32	46,40	12,00	24,00	0,02	0,02	0,19	O.K.
3	0,160	0,48	46,40	12,00	36,00	0,03	0,05	0,28	O.K.
4	0,160	0,64	46,40	12,00	48,00	0,05	0,10	0,38	O.K.
5	0,160	0,80	59,80	12,00	60,00	0,02	0,13	0,28	O.K.
6	0,160	0,96	59,80	12,00	72,00	0,03	0,16	0,34	O.K.
7	0,160	1,12	59,80	12,00	84,00	0,04	0,20	0,40	O.K.
8	0,160	1,28	59,80	12,00	96,00	0,05	0,25	0,46	O.K.
9	0,160	1,44	59,80	12,00	108,00	0,07	0,32	0,51	O.K.
10	0,160	1,60	59,80	12,00	120,00	0,08	0,40	0,57	O.K.
11	0,160	1,76	59,80	12,00	132,00	0,09	0,49	0,63	O.K.
12	0,160	1,92	59,80	12,00	144,00	0,11	0,60	0,68	O.K.
13	0,160	2,08	59,80	12,00	156,00	0,12	0,72	0,74	O.K.
14	0,160	2,24	59,80	12,00	168,00	0,14	0,86	0,80	O.K.
15	0,160	2,40	59,80	12,00	180,00	0,16	1,02	0,85	O.K.
16	0,160	2,56	71,40	12,00	192,00	0,08	1,10	0,64	O.K.
17	0,160	2,72	71,40	12,00	204,00	0,09	1,19	0,68	O.K.
18	0,160	2,88	71,40	12,00	216,00	0,09	1,28	0,72	O.K.
19	0,160	3,04	71,40	12,00	228,00	0,10	1,38	0,76	O.K.
20	0,160	3,20	71,40	12,00	240,00	0,11	1,50	0,80	O.K.
21	0,160	3,36	71,40	12,00	252,00	0,12	1,62	0,84	O.K.
22	0,160	3,52	71,40	12,00	264,00	0,13	1,75	0,88	O.K.
23	0,160	3,68	71,40	12,00	276,00	0,14	1,90	0,92	O.K.
24	0,160	3,84	71,40	12,00	288,00	0,16	2,06	0,96	O.K.
25	0,160	4,00	71,40	12,00	300,00	0,17	2,22	1,00	O.K.
26	0,160	4,16	71,40	12,00	312,00	0,18	2,40	1,04	O.K.
27	0,160	4,32	71,40	12,00	324,00	0,19	2,59	1,08	O.K.

Vx = Válvula del Sector de Riego Analizado.

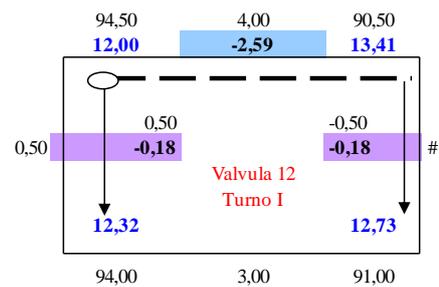
CÁLCULOS HIDRÁULICOS EN LATERAL DE RIEGO

Sección	Caudal	Díametro interno	Longitud	Pérdida HF	Factor Cristhiansen	Perdida de carga dinal	Velocidad crítica	OBSERV.
Nº	(l/s)	(mm)	(m)	(m)	Fc	(m.c.a.)	(m/s)	
L1-A	0,053	17	77,00	0,51	0,35	0,18	0,23	O.K.

DETERMINACION DE PERDIDAS EN LA VALVULA 12

PARÁMETROS	VALOR
	(m.c.a.)
PÉRDIDAS DE CARGA EN PORTALATERAL	2,59
DESNIVEL TOPOGRÁFICO EN PORTALATERAL	-4,00
PÉRDIDAS DE CARGA EN LATERAL	0,18
DESNIVEL TOPOGRÁFICO EN LATERAL	0,50
PERDIDA TOTAL EN SECTOR DE RIEGO	-0,73

ESQUEMA DE UNIFORMIDAD



MIN 12,32 %
MAX 13,41 **8,08**

Figura 29: Cálculo hidráulico de subunidad de la válvula 3 - Goteo

VÁLVULA 10 y 11

CÁLCULOS HIDRÁULICOS EN PORTALATERALES

Tramo	Caudal	Caudal acumulado	Diametro interno	Longitud	Longitud acumulada	Pérdida HF	Pérdida acumulada	Velocidad Crítica	OBSERV.
Nº	(l/s)	(l/s)	(mm)	(m)	(m)	(m.c.a.)	(m.c.a.)	(m/s)	
1	0,325	0,33	46,40	12,00	12,00	0,02	0,02	0,19	O.K.
2	0,325	0,65	46,40	12,00	24,00	0,05	0,07	0,38	O.K.
3	0,325	0,98	46,40	12,00	36,00	0,11	0,18	0,58	O.K.
4	0,325	1,30	46,40	12,00	48,00	0,18	0,36	0,77	O.K.
5	0,325	1,63	46,40	12,00	60,00	0,27	0,63	0,96	O.K.
6	0,325	1,95	46,40	12,00	72,00	0,37	1,00	1,15	O.K.
7	0,325	2,28	59,80	12,00	84,00	0,15	1,14	0,81	O.K.
8	0,325	2,60	59,80	12,00	96,00	0,18	1,33	0,93	O.K.
9	0,325	2,93	59,80	12,00	108,00	0,23	1,55	1,04	O.K.
10	0,325	3,25	59,80	12,00	120,00	0,27	1,82	1,16	O.K.
11	0,325	3,58	59,80	12,00	132,00	0,32	2,14	1,27	O.K.
12	0,325	3,90	71,40	12,00	144,00	0,16	2,30	0,97	O.K.
13	0,325	4,23	71,40	12,00	156,00	0,18	2,49	1,06	O.K.
14	0,325	4,55	71,40	12,00	168,00	0,21	2,70	1,14	O.K.
15	0,325	4,88	71,40	12,00	180,00	0,24	2,94	1,22	O.K.
16	0,325	5,20	71,40	12,00	192,00	0,27	3,20	1,30	O.K.
17	0,325	5,53	71,40	12,00	204,00	0,30	3,50	1,38	O.K.

Vx = Válvula del Sector de Riego Analizado.

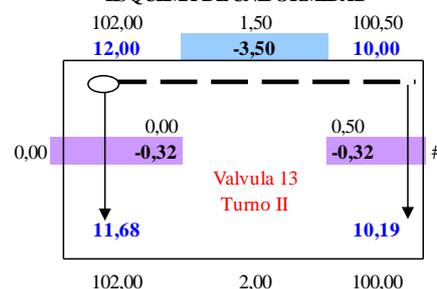
CÁLCULOS HIDRÁULICOS EN LATERAL DE RIEGO

Sección	Caudal	Diámetro interno	Longitud	Pérdida HF	Factor Crithiansen	Pérdida de carga dinal	Velocidad crítica	OBSERV.
Nº	(l/s)	(mm)	(m)	(m)	Fc	(m.c.a.)	(m/s)	
L1-A	0,078	17	70,00	0,90	0,35	0,32	0,34	O.K.

DETERMINACION DE PERDIDAS EN LA VALVULA 13

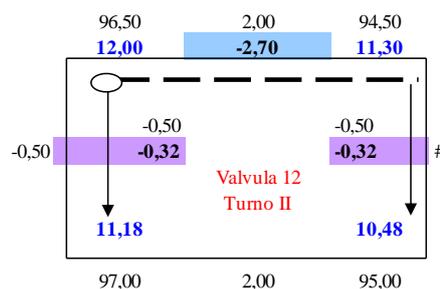
PARÁMETROS	VALOR
	(m.c.a.)
PÉRDIDAS DE CARGA EN PORTALATERAL	3,50
DESNIVEL TOPOGRÁFICO EN PORTALATERAL	-1,50
PÉRDIDAS DE CARGA EN LATERAL	0,32
DESNIVEL TOPOGRÁFICO EN LATERAL	-0,50
PERDIDA TOTAL EN SECTOR DE RIEGO	1,81

ESQUEMA DE UNIFORMIDAD



DETERMINACION DE PERDIDAS EN LA VALVULA 11

PARÁMETROS	VALOR
	(m.c.a.)
PÉRDIDAS DE CARGA EN PORTALATERAL	2,70
DESNIVEL TOPOGRÁFICO EN PORTALATERAL	-2,00
PÉRDIDAS DE CARGA EN LATERAL	0,32
DESNIVEL TOPOGRÁFICO EN LATERAL	0,50
PERDIDA TOTAL EN SECTOR DE RIEGO	1,52



MIN	10,19	%
MAX	12,00	15,11

Figura 30: Cálculo hidráulico de subunidad de la válvula 10 y 11 - Goteo

VÁLVULA 2

CÁLCULOS HIDRÁULICOS EN PORTALATERALES

Tramo	Caudal	Caudal acumulado	Diametro interno	Longitud	Longitud acumulada	Perdida HF	Perdida acumulada	Velocidad Critica	OBSERV.
Nº	(l/s)	(l/s)	(mm)	(m)	(m)	(m.c.a.)	(m.c.a.)	(m/s)	
1	0,330	0,33	46,40	12,00	12,00	0,02	0,02	0,20	O.K.
2	0,330	0,66	46,40	12,00	24,00	0,06	0,07	0,39	O.K.
3	0,330	0,99	46,40	12,00	36,00	0,11	0,18	0,59	O.K.
4	0,330	1,32	46,40	12,00	48,00	0,19	0,37	0,78	O.K.
5	0,330	1,65	59,80	12,00	60,00	0,08	0,45	0,59	O.K.
6	0,330	1,98	59,80	12,00	72,00	0,11	0,57	0,70	O.K.
7	0,330	2,31	59,80	12,00	84,00	0,15	0,72	0,82	O.K.
8	0,330	2,64	59,80	12,00	96,00	0,19	0,90	0,94	O.K.
9	0,330	2,97	71,40	12,00	108,00	0,10	1,00	0,74	O.K.
10	0,330	3,30	71,40	12,00	120,00	0,12	1,12	0,82	O.K.
11	0,330	3,63	71,40	12,00	132,00	0,14	1,27	0,91	O.K.
12	0,330	3,96	71,40	12,00	144,00	0,16	1,43	0,99	O.K.
13	0,330	4,29	71,40	12,00	156,00	0,19	1,62	1,07	O.K.
14	0,330	4,62	71,40	12,00	168,00	0,22	1,84	1,15	O.K.
15	0,000	4,62	71,40	39,00	207,00	0,70	2,54	1,15	O.K.
16	0,300	4,92	71,40	12,00	219,00	0,24	2,78	1,23	O.K.
17	0,300	5,22	85,60	12,00	231,00	0,11	2,89	0,91	O.K.
18	0,300	5,52	85,60	12,00	243,00	0,12	3,02	0,96	O.K.
19	0,300	5,82	85,60	12,00	255,00	0,14	3,15	1,01	O.K.
20	0,300	6,12	85,60	12,00	267,00	0,15	3,30	1,06	O.K.
21	0,300	6,42	85,60	12,00	279,00	0,16	3,46	1,12	O.K.
22	0,300	6,72	85,60	12,00	291,00	0,18	3,64	1,17	O.K.
23	0,300	7,02	85,60	12,00	303,00	0,19	3,83	1,22	O.K.
24	0,300	7,32	85,60	12,00	315,00	0,20	4,03	1,27	O.K.
25	0,300	7,62	85,60	12,00	327,00	0,22	4,25	1,32	O.K.
26	0,300	7,32	85,60	12,00	339,00	0,20	4,46	1,27	O.K.
27	0,000	7,32	104,60	210,00	549,00	1,38	5,83	0,85	O.K.

Vx = Válvula del Sector de Riego Analizado.

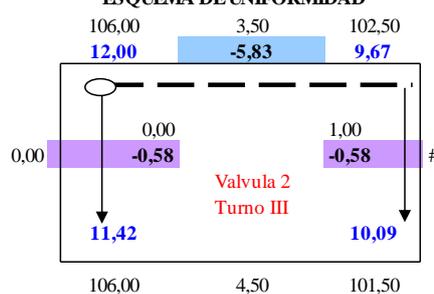
CÁLCULOS HIDRÁULICOS EN LATERAL DE RIEGO

Sección	Caudal	Diámetro interno	Longitud	Pérdida HF	Factor Cristhiansen	Perdida de carga dinal	Velocidad crítica	OBSERV.
Nº	(l/s)	(mm)	(m)	(m)	Fc	(m.c.a.)	(m/s)	
L1-A	0,080	17	122,00	1,66	0,35	0,58	0,35	O.K.
L1-B	0,076	17	108,00	1,34	0,35	0,47	0,33	O.K.

DETERMINACION DE PERDIDAS EN LA VALVULA 2

PARÁMETROS	VALOR
	(m.c.a.)
PÉRDIDAS DE CARGA EN PORTALATERAL	5,83
DESNIVEL TOPOGRÁFICO EN PORTALATERAL	-3,50
PÉRDIDAS DE CARGA EN LATERAL	0,58
DESNIVEL TOPOGRÁFICO EN LATERAL	-1,00
PERDIDA TOTAL EN SECTOR DE RIEGO	1,91

ESQUEMA DE UNIFORMIDAD



MIN 10,09 %
MAX 12,00 15,94

Figura 31: Cálculo hidráulico de subunidad de la válvula 2 - Goteo

VÁLVULA 14

CÁLCULOS HIDRÁULICOS EN PORTALATERALES

Tramo	Caudal	Caudal acumulado	Diametro interno	Longitud	Longitud acumulada	Perdida HF	Perdida acumulada	Velocidad Crítica	OBSERV.
Nº	(l/s)	(l/s)	(mm)	(m)	(m)	(m.c.a.)	(m.c.a.)	(m/s)	
1	0,153	0,15	46,40	12,00	12,00	0,00	0,00	0,09	O.K.
2	0,153	0,31	46,40	12,00	24,00	0,01	0,02	0,18	O.K.
3	0,153	0,46	46,40	12,00	36,00	0,03	0,05	0,27	O.K.
4	0,153	0,61	46,40	12,00	48,00	0,05	0,10	0,36	O.K.
5	0,153	0,77	59,80	12,00	60,00	0,02	0,12	0,27	O.K.
6	0,153	0,92	59,80	12,00	72,00	0,03	0,15	0,33	O.K.
7	0,153	1,07	59,80	12,00	84,00	0,04	0,19	0,38	O.K.
8	0,153	1,22	59,80	12,00	96,00	0,05	0,24	0,44	O.K.
9	0,153	1,38	59,80	12,00	108,00	0,06	0,30	0,49	O.K.
10	0,153	1,53	59,80	12,00	120,00	0,07	0,37	0,54	O.K.
11	0,153	1,68	59,80	12,00	132,00	0,09	0,45	0,60	O.K.
12	0,153	1,84	59,80	12,00	144,00	0,10	0,55	0,65	O.K.
13	0,153	1,99	59,80	12,00	156,00	0,11	0,67	0,71	O.K.
14	0,153	2,14	59,80	12,00	168,00	0,13	0,80	0,76	O.K.
16	0,153	2,30	59,80	12,00	180,00	0,15	0,95	0,82	O.K.
17	0,153	2,45	59,80	12,00	192,00	0,16	1,11	0,87	O.K.
18	0,153	2,60	59,80	12,00	204,00	0,18	1,29	0,93	O.K.
19	0,153	2,75	59,80	12,00	216,00	0,20	1,50	0,98	O.K.
20	0,153	2,91	59,80	12,00	228,00	0,22	1,72	1,04	O.K.
21	0,153	3,06	59,80	12,00	240,00	0,24	1,96	1,09	O.K.
22	0,000	3,06	85,60	104,00	344,00	0,38	2,35	0,53	O.K.

Vx = Válvula del Sector de Riego Analizado.

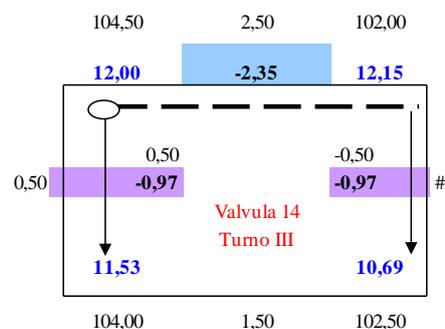
CÁLCULOS HIDRÁULICOS EN LATERAL DE RIEGO

Sección	Caudal	Diámetro interno	Longitud	Pérdida HF	Factor Cristhiansen	Perdida de carga dinal	Velocidad crítica	OBSERV.
Nº	(l/s)	(mm)	(m)	(m)	Fc	(m.c.a.)	(m/s)	
L1-A	0,117	17	105,00	2,76	0,35	0,97	0,51	O.K.
L1-B	0,117	17	105,00	2,76	0,35	0,97	0,51	O.K.

DETERMINACION DE PERDIDAS EN LA VALVULA 14

PARÁMETROS	VALOR
	(m.c.a.)
PÉRDIDAS DE CARGA EN PORTALATERAL	2,35
DESNIVEL TOPOGRÁFICO EN PORTALATERAL	-2,50
PÉRDIDAS DE CARGA EN LATERAL	0,97
DESNIVEL TOPOGRÁFICO EN LATERAL	0,50
PERDIDA TOTAL EN SECTOR DE RIEGO	1,31

ESQUEMA DE UNIFORMIDAD



MIN 10,69 %
MAX 12,15 **12,06**

Figura 32: Cálculo hidráulico de subunidad de la válvula 14 - Goteo

Anexo 2: Cálculos hidráulicos en la subunidad de riego por microaspersión

VÁLVULA 2,3
CÁLCULOS HIDRÁULICOS EN PORTALATERALES

Tramo	Caudal	Caudal acumulado	Diametro interno	Longitud	Longitud acumulada	Perdida HF	Perdida acumulada	Velocidad Crítica	OBSERV.
N°	(l/s)	(l/s)	(mm)	(m)	(m)	(m.c.a.)	(m.c.a.)	(m/s)	
1	0,200	0,20	46,40	5,00	5,00	0,00	0,00	0,12	O.K.
2	0,200	0,40	46,40	5,00	10,00	0,01	0,01	0,24	O.K.
3	0,200	0,60	46,40	5,00	15,00	0,02	0,03	0,35	O.K.
4	0,200	0,80	46,40	5,00	20,00	0,03	0,06	0,47	O.K.
5	0,200	1,00	46,40	5,00	25,00	0,05	0,11	0,59	O.K.
6	0,200	1,20	46,40	5,00	30,00	0,07	0,18	0,71	O.K.
7	0,200	1,40	46,40	5,00	35,00	0,09	0,26	0,83	O.K.
8	0,200	1,60	46,40	5,00	40,00	0,11	0,37	0,95	O.K.
9	0,200	1,80	46,40	5,00	45,00	0,13	0,51	1,06	O.K.
10	0,200	2,00	46,40	5,00	50,00	0,16	0,67	1,18	O.K.
11	0,200	2,20	59,80	5,00	55,00	0,06	0,73	0,78	O.K.
12	0,200	2,40	59,80	5,00	60,00	0,07	0,79	0,85	O.K.
13	0,200	2,60	59,80	5,00	65,00	0,08	0,87	0,93	O.K.
14	0,200	2,80	59,80	5,00	70,00	0,09	0,95	1,00	O.K.
15	0,200	3,00	59,80	5,00	75,00	0,10	1,05	1,07	O.K.
16	0,200	3,20	59,80	5,00	80,00	0,11	1,16	1,14	O.K.
17	0,200	3,40	59,80	5,00	85,00	0,12	1,28	1,21	O.K.

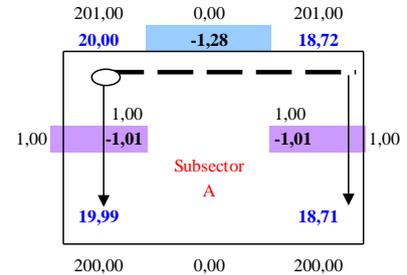
CÁLCULOS HIDRÁULICOS EN LATERAL DE RIEGO

Sección	Caudal	Diámetro interno	Longitud	Pérdida HF	Factor Christiansen	Pérdida final	Velocidad crítica	OBSERV.
N°	(l/s)	(mm)	(m)	(m)	Fc	(m.c.a.)	(m/s)	
L1-A	0,150	16	53,00	2,88	0,35	1,01	0,75	O.K.
L1-B	0,150	16	53,00	2,88	0,35	1,01	0,75	O.K.

DETERMINACION DE PERDIDAS EN EL SUBSECTOR A

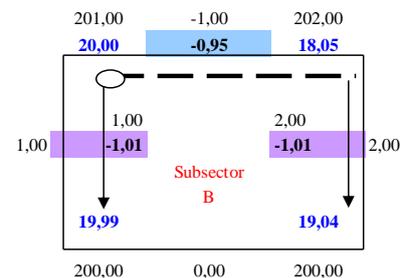
PARÁMETROS	VALOR
	(m.c.a.)
PÉRDIDAS DE CARGA EN PORTALATERAL	1,28
DESNIVEL TOPOGRÁFICO EN PORTALATERAL	0,00
PÉRDIDAS DE CARGA EN LATERAL	1,01
DESNIVEL TOPOGRÁFICO EN LATERAL	-1,00
PERDIDA TOTAL EN SECTOR DE RIEGO	1,29

ESQUEMA DE UNIFORMIDAD



DETERMINACION DE PERDIDAS EN EL SUBSECTOR B

PARÁMETROS	VALOR
	(m.c.a.)
PÉRDIDAS DE CARGA EN PORTALATERAL	0,95
DESNIVEL TOPOGRÁFICO EN PORTALATERAL	1,00
PÉRDIDAS DE CARGA EN LATERAL	1,01
DESNIVEL TOPOGRÁFICO EN LATERAL	-2,00
PERDIDA TOTAL EN SECTOR DE RIEGO	0,96



MIN	18,05	%
MAX	20,00	9,77

Figura 33: Cálculo hidráulico de subunidad de la válvula 2 y 3 - Microaspersión

VÁLVULA 4
CÁLCULOS HIDRÁULICOS EN PORTALATERALES

Tramo	Caudal	Caudal acumulado	Diametro interno	Longitud	Longitud acumulada	Perdida HF	Perdida acumulada	Velocidad Crítica	OBSERV.
Nº	(l/s)	(l/s)	(mm)	(m)	(m)	(m.c.a.)	(m.c.a.)	(m/s)	
1	0,160	0,16	46,40	5,00	5,00	0,00	0,00	0,09	O.K.
2	0,160	0,32	46,40	5,00	10,00	0,01	0,01	0,19	O.K.
3	0,160	0,48	46,40	5,00	15,00	0,01	0,02	0,28	O.K.
4	0,160	0,64	46,40	5,00	20,00	0,02	0,04	0,38	O.K.
5	0,160	0,80	46,40	5,00	25,00	0,03	0,08	0,47	O.K.
6	0,160	0,96	46,40	5,00	30,00	0,04	0,12	0,57	O.K.
7	0,160	1,12	46,40	5,00	35,00	0,06	0,18	0,66	O.K.
8	0,160	1,28	46,40	5,00	40,00	0,07	0,25	0,76	O.K.
9	0,160	1,44	46,40	5,00	45,00	0,09	0,34	0,85	O.K.
10	0,160	1,60	46,40	5,00	50,00	0,11	0,45	0,95	O.K.
11	0,160	1,76	46,40	5,00	55,00	0,13	0,58	1,04	O.K.
12	0,160	1,92	46,40	5,00	60,00	0,15	0,73	1,14	O.K.

Vx = Válvula del Sector de Riego Analizado.

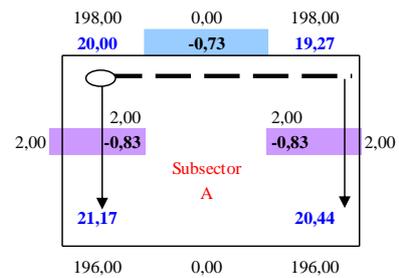
CÁLCULOS HIDRÁULICOS EN LATERAL DE RIEGO

Sección	Caudal	Diámetro interno	Longitud	Pérdida HF	Factor Christiansen	Pérdida final	Velocidad crítica	OBSERV.
Nº	(l/s)	(mm)	(m)	(m)	Fc	(m.c.a.)	(m/s)	
L1-A	0,136	16	52,00	2,38	0,35	0,83	0,68	O.K.
L1-B	0,136	16	52,00	2,38	0,35	0,83	0,68	O.K.
L1-C	0,136	16	52,00	2,38	0,35	0,83	0,68	O.K.

DETERMINACION DE PERDIDAS EN LA VALVULA 12

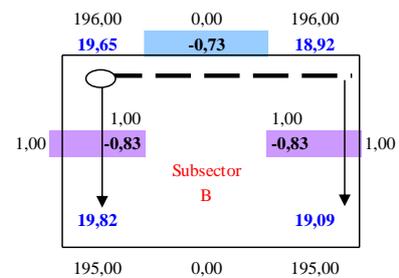
PARÁMETROS	VALOR
	(m.c.a.)
PÉRDIDAS DE CARGA EN PORTALATERAL	0,73
DESNIVEL TOPOGRÁFICO EN PORTALATERAL	0,00
PÉRDIDAS DE CARGA EN LATERAL	0,83
DESNIVEL TOPOGRÁFICO EN LATERAL	-2,00
PERDIDA TOTAL EN SECTOR DE RIEGO	-0,44

ESQUEMA DE UNIFORMIDAD



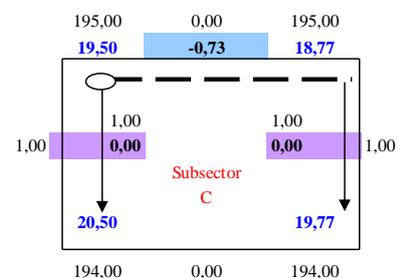
DETERMINACION DE PERDIDAS EN LA VALVULA 11

PARÁMETROS	VALOR
	(m.c.a.)
PÉRDIDAS DE CARGA EN PORTALATERAL	0,73
DESNIVEL TOPOGRÁFICO EN PORTALATERAL	0,00
PÉRDIDAS DE CARGA EN LATERAL	0,83
DESNIVEL TOPOGRÁFICO EN LATERAL	-1,00
PERDIDA TOTAL EN SECTOR DE RIEGO	0,56



DETERMINACION DE PERDIDAS EN LA VALVULA 12

PARÁMETROS	VALOR
	(m.c.a.)
PÉRDIDAS DE CARGA EN PORTALATERAL	0,73
DESNIVEL TOPOGRÁFICO EN PORTALATERAL	0,00
PÉRDIDAS DE CARGA EN LATERAL	0,83
DESNIVEL TOPOGRÁFICO EN LATERAL	-1,00
PERDIDA TOTAL EN SECTOR DE RIEGO	0,56



MIN	18,77	%
MAX	21,17	11,32

Figura 34: Cálculo hidráulico de subunidad de la válvula 4 - Microaspersión

VÁLVULA 5
CÁLCULOS HIDRÁULICOS EN PORTALATERALES

Tramo	Caudal	Caudal acumulado	Díametro interno	Longitud	Longitud acumulada	Perdida HF	Perdida acumulada	Velocidad Crítica	OBSERV.
Nº	(l/s)	(l/s)	(mm)	(m)	(m)	(m.c.a.)	(m.c.a.)	(m/s)	
1	0,170	0,17	46,40	5,00	5,00	0,00	0,00	0,10	O.K.
2	0,170	0,34	46,40	5,00	10,00	0,01	0,01	0,20	O.K.
3	0,170	0,51	46,40	5,00	15,00	0,01	0,02	0,30	O.K.
4	0,170	0,68	46,40	5,00	20,00	0,02	0,05	0,40	O.K.
5	0,170	0,85	46,40	5,00	25,00	0,04	0,08	0,50	O.K.
6	0,170	1,02	46,40	5,00	30,00	0,05	0,13	0,60	O.K.
7	0,170	1,19	46,40	5,00	35,00	0,06	0,20	0,70	O.K.
8	0,170	1,36	46,40	5,00	40,00	0,08	0,28	0,80	O.K.
9	0,170	1,53	46,40	5,00	45,00	0,10	0,38	0,90	O.K.
10	0,170	1,70	46,40	5,00	50,00	0,12	0,50	1,01	O.K.
11	0,170	1,87	46,40	5,00	55,00	0,14	0,65	1,11	O.K.
12	0,170	2,04	46,40	5,00	60,00	0,17	0,81	1,21	O.K.
13	0,170	2,21	59,80	5,00	65,00	0,06	0,87	0,79	O.K.
14	0,170	2,38	59,80	5,00	70,00	0,07	0,94	0,85	O.K.
15	0,170	2,55	59,80	5,00	75,00	0,07	1,01	0,91	O.K.
16	0,170	2,72	59,80	4,00	79,00	0,07	1,08	0,97	O.K.

Vx = Válvula del Sector de Riego Analizado.

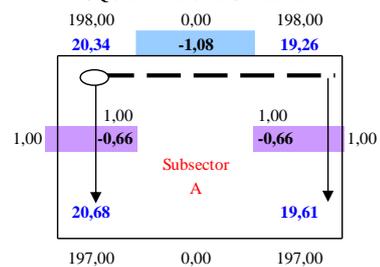
CÁLCULOS HIDRÁULICOS EN LATERAL DE RIEGO

Sección	Caudal	Díametro interno	Longitud	Pérdida HF	Factor Christiansen	Pérdida final	Velocidad crítica	OBSERV.
Nº	(l/s)	(mm)	(m)	(m)	Fc	(m.c.a.)	(m/s)	
L1-A	0,126	16	47,00	1,88	0,35	0,66	0,63	O.K.
L1-B	0,126	16	50,00	2,00	0,35	0,70	0,63	O.K.
L1-B	0,126	16	48,00	1,92	0,35	0,67	0,63	O.K.

DETERMINACION DE PERDIDAS EN LA VALVULA 4

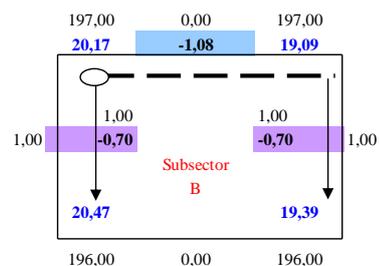
PARÁMETROS	VALOR
	(m.c.a.)
PÉRDIDAS DE CARGA EN PORTALATERAL	1,08
DESNIVEL TOPOGRÁFICO EN PORTALATERAL	0,00
PÉRDIDAS DE CARGA EN LATERAL	0,66
DESNIVEL TOPOGRÁFICO EN LATERAL	-1,00
PERDIDA TOTAL EN SECTOR DE RIEGO	0,73

ESQUEMA DE UNIFORMIDAD



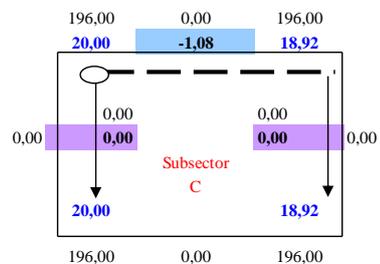
DETERMINACION DE PERDIDAS EN LA VALVULA 10

PARÁMETROS	VALOR
	(m.c.a.)
PÉRDIDAS DE CARGA EN PORTALATERAL	1,08
DESNIVEL TOPOGRÁFICO EN PORTALATERAL	0,00
PÉRDIDAS DE CARGA EN LATERAL	0,70
DESNIVEL TOPOGRÁFICO EN LATERAL	-1,00
PERDIDA TOTAL EN SECTOR DE RIEGO	0,78



DETERMINACION DE PERDIDAS EN LA VALVULA 10

PARÁMETROS	VALOR
	(m.c.a.)
PÉRDIDAS DE CARGA EN PORTALATERAL	1,08
DESNIVEL TOPOGRÁFICO EN PORTALATERAL	0,00
PÉRDIDAS DE CARGA EN LATERAL	0,67
DESNIVEL TOPOGRÁFICO EN LATERAL	0,00
PERDIDA TOTAL EN SECTOR DE RIEGO	1,75



MIN	18,92	%
MAX	20,68	8,49

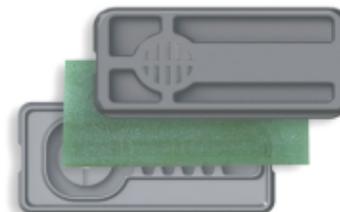
Figura 35: Cálculo hidráulico de subunidad de la válvula 4 - Microaspersión

Anexo 3: Fichas técnicas de accesorios instalados en sistema a goteo

Olympos AS (antisifón)

En condiciones en las que el riesgo de ingestión de tierra sea alto en el apagado del riego, el Olympos AS protege su sistema gracias a la tecnología de diafragma antisifón.

Cuando hay presión negativa en el lateral (por ejemplo, un vacío provocado al apagar el riego), la membrana desciende y sella la entrada, lo que a su vez ralentiza el retroceso del agua. Cuanto mayor es el vacío, mayor es el nivel de sellado que se obtiene.



Olympos AS – protección adicional para su sistema de riego subterráneo

Olympos PC/AS Datos Técnicos

Ø Nominal (mm)	Espesor de pared		Ø Interno (mm)	Bobinado del lateral de goteo	Presión de trabajo máxima (bar)	Longitud de rollo (en función del espaciamiento entre emisores) (m)	Caudal (l/h)	Distancia longitudinal máxima x separación entre emisores (cm) sobre un terreno plano									
	(mm)	(mil)						15	20	30	40	50	60	70	75	100	
	0.38	15	16.1	Flat	2.1	850 (20 cm)	1.0	133	170	237	297	353	405	453	467	586	
						900 (25 cm)											
16						950 (≥30 cm)	2.0	85	108	152	190	227	260	291	306	376	
						750 (20 cm)											
	0.45	18	16.1	Flat	2.3	800 (≥30 cm)	2.0	86	111	155	195	232	265	298	313	385	
						450 (≥30 cm)											
	0.89	35	14.2	Flat	3.0	450 (≥30 cm)	1.0	116	149	211	268	320	368	414	437	539	
						2.0											73
1.02	40	14.2	Round	3.5	500 (≥15 cm)	1.0	124	159	225	285	341	393	442	466	576		
					2.0											78	101
17	0.64	25	16.1	Flat	2.5	650 (20 cm)	1.0	143	183	256	321	382	437	490	515	633	
						650 (25 cm)											
						650 (≥30 cm)											
0.89	35	16.1	Flat	3.0	400 (≥30 cm)	1.0	155	198	277	348	413	474	531	558	686		
					2.0											98	126
20	1.02	40	17.5	Round	3.5	400 (≥15 cm)	1.0	209	264	364	452	533	608	678	712	869	
						2.0											133
	1.14	45	17.5	Round	3.5	400 (≥15 cm)	1.0	209	264	364	452	533	608	678	712	869	
						2.0											133
22	0.45	18	22.2	Flat	1.8	consult	1.0	237	299	410	508	598	680	758	796	970	
						2.0											151
23	0.64	25	22.2	Flat	2	450 (≥15 cm)	1.0	249	314	431	535	629	716	799	838	1021	
						2.0											158

Los resultados de los casos prácticos son netamente informativos y pueden variar. Este folleto ha sido diseñado para su publicación en todo el mundo, por lo que las descripciones, las fotos y la información son de carácter genérico. Consulte a un especialista y lea las características técnicas para garantizar un uso correcto de los productos de Rivulis. Consulte a su distribuidor más cercano, ya que algunos productos no se comercializan en todos los lugares. Rivulis se reserva el derecho a cambiar las características y el diseño de sus productos sin previo aviso. Proporcionamos información correcta en las fichas técnicas, planos, manuales y folletos de nuestros productos. Aun así, esta información debe ser revisada antes de tomar una decisión.

Figura 36: Especificación técnica del emisor gotero

AZUD LUXON

AZUD LUXON MFH

Gama de filtros automáticos de malla, de control hidráulico, aptos para todas las aplicaciones y con un amplio rango de grados de filtrado, con la garantía de calidad de AZUD.



TECNOLOGÍA

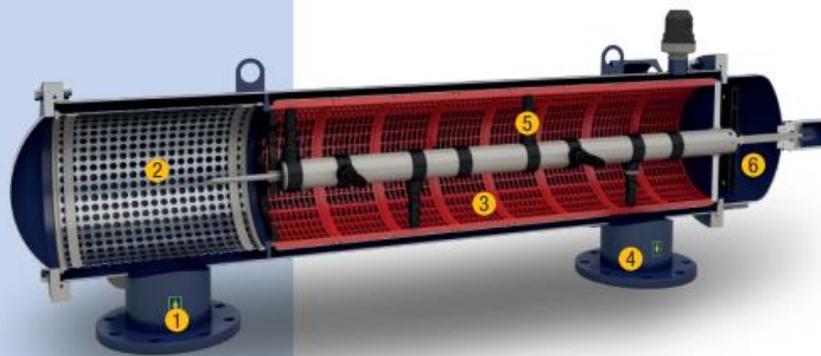
Los filtros AZUD LUXON mantienen sin interrupción el suministro de agua filtrada durante el ciclo de lavado.

El agua ingresa al sistema (1) y se encuentra con un pre-filtro (2). Lo atraviesa y fluye al interior del filtro.

Después, el agua pasa a través de la malla (3), de manera que las partículas quedan retenidas en la cara interna del elemento filtrante. El agua ya filtrada continúa su trayecto hasta el colector de salida (4).

Cuando se produce un incremento del diferencial de presión se provoca el inicio del ciclo de limpieza. Se abre una válvula hidráulica situada en la salida de drenaje, lo que crea una succión en el extremo de las boquillas interiores del filtro (5). Estas, sujetas a un movimiento helicoidal a lo largo de la malla, aspiran las partículas filtradas. La suciedad se expulsa por el drenaje (6).

El tiempo de duración de este proceso está preestablecido por el controlador. Cuando se cumple, la válvula de lavado se cierra y finaliza el proceso de limpieza, con un gasto mínimo de agua.



VENTAJAS:

- ✓ **Eficiencia energética:** El consumo en el ciclo de lavado es mínimo.
- ✓ **Amplio rango de filtración:** Grados de filtrado 80, 100, 125, 200, 300, 500 y 1000 micron.
- ✓ **Versatilidad:** Gama de 4" a 12" // 100-300 mm.
- ✓ **Resistencia:** Soporta hasta 60 °C (140 °F).
- ✓ **Gran superficie filtrante:** Hasta 12000 cm² (1860 in²).
- ✓ **Material resistente:** La malla es de acero inoxidable de alta calidad resistente a la corrosión.
- ✓ **Fácil mantenimiento:** La tapa con bisagra reduce los trabajos a la hora de abrir el filtro.
- ✓ **Ahorro de tiempo:** El proceso de filtración continúa de manera simultánea al ciclo de lavado.
- ✓ **Facilidad en la instalación:** Los equipos son proporcionados listos para instalar.

Figura 37: Características del filtro Azud Luxón MFH

AZUD LUXON

AZUD LUXON MFH

Modelo	CONEXIÓN DN				Superficie filtrante	
	Brida entrada-salida		Válvula de drenaje-hembra		cm ²	in ²
	"	mm	"	mm		
AZUD LUXON MFH 2400 M/4	4"	100	2"	50	2400	370
AZUD LUXON MFH 4800 M/4	4"	100	2"	50	4800	745
AZUD LUXON MFH 4800 M/6	6"	150	2"	50	4800	745
AZUD LUXON MFH 7200 M/6	6"	150	2"	50	7200	1115
AZUD LUXON MFH 7200 M/8	8"	200	2"	50	7200	1115
AZUD LUXON MFH 9600 M/8	8"	200	2"	50	9600	1490
AZUD LUXON MFH 9600 M/10	10"	250	2"	50	9600	1490
AZUD LUXON MFH 12000 M/10	10"	250	2"	50	12000	1860
AZUD LUXON MFH 12000 M/12	12"	300	2"	50	12000	1860

Todos los modelos con conexión de brida DN 2576
 Consulte otras configuraciones en www.azud.com
 Incluye un prefiltro con paso de 6 mm.

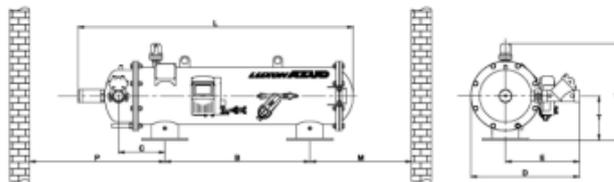
Modelo	CONEXIÓN		FILTRACIÓN				CICLO DE LAVADO				
	Brida entrada-salida		Superficie filtrante		Caudal máximo		Caudal		Tiempo	Volumen	
	"	mm	cm ²	in ²	m ³ /h	gpm	l/s	gpm	s	l	gal
AZUD LUXON MFH 2400 M/4	4"	100	2400	370	90	396	2.8	44	30	84	22
AZUD LUXON MFH 4800 M/4	4"	100	4800	745	90	396	5.6	89	30	168	44.5
AZUD LUXON MFH 4800 M/6	6"	150	4800	745	170	749	5.6	89	30	168	44.5
AZUD LUXON MFH 7200 M/6	6"	150	7200	1115	170	749	8.4	133	30	252	66.5
AZUD LUXON MFH 7200 M/8	8"	200	7200	1115	300	1321	8.4	133	30	252	66.5
AZUD LUXON MFH 9600 M/8	8"	200	9600	1490	300	1321	11.2	178	30	336	89
AZUD LUXON MFH 9600 M/10	10"	250	9600	1490	451	1986	11.2	178	30	336	89
AZUD LUXON MFH 12000 M/10	10"	250	12000	1860	500	2202	14	222	30	420	111
AZUD LUXON MFH 12000 M/12	12"	300	12000	1860	564	2483	14	222	30	420	111

El caudal dado por filtro condiciona la frecuencia de la activación del lavado.
 Caudal máximo recomendado, 125 micron y agua de calidad buena.
 Mínima presión de lavado: 2.5 bar / 36.3 psi en colector de salida.
 Consulte otros grados de filtrado.

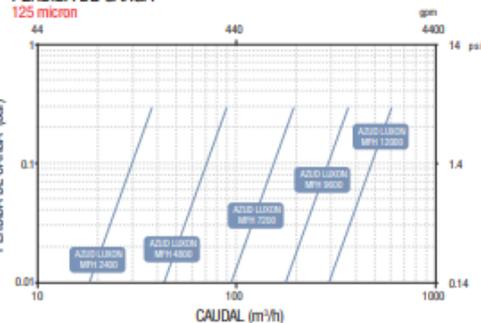
MATERIALES CONSTRUCTIVOS

Cuerpo-Tapa	Acero al carbono (S-235-JR) con recubrimiento epoxy-poliéster
Elemento filtrante	Malla A/INOX 316L - Soporte PP moldeado
Mecanismo de limpieza	Acero inoxidable AISI-304
Juntas	NBR
Válvula de drenaje	Poliámidá reforzada
Ventosa	1" BSP Triple efecto. Fabricada en poliámidá reforzada

Unidad de control a pilas o a 220 V AC incluida.
 Presión máx. 10 bar / 145 psi. Presión mín. 2.5 bar / 36.3 psi.
 Temperatura máx. 60 °C / 140 °F
 5-cPH-9



PÉRDIDA DE CARGA



Modelo	DIMENSIONES										PESO											
	L		W		D		B		C		E		T		M		P		Peso filtro lleno	Peso filtro vacío		
	mm	"	mm	"	mm	"	mm	"	mm	"	mm	"	mm	"	mm	"	mm	"	kg	lb	kg	lb
AZUD LUXON MFH 2400 M/4	1160	45.7	625	24.6	675	26.6	360	14.2	263	10.4	460	18.1	300	11.8	685	27.0	860	33.9	179	394	62	137
AZUD LUXON MFH 4800 M/4	1435	56.5	625	24.6	675	26.6	770	30.3	218	8.6	460	18.1	300	11.8	610	24.0	800	31.5	237	523	75	165
AZUD LUXON MFH 4800 M/6	1435	56.5	625	24.6	675	26.6	770	30.3	218	10.6	460	18.1	300	11.8	660	26.0	850	33.5	237	523	75	165
AZUD LUXON MFH 7200 M/6	1710	67.3	625	24.6	675	26.6	900	35.4	288	11.3	460	18.1	300	11.8	685	27.0	1150	45.3	293	645	90	198
AZUD LUXON MFH 7200 M/8	1710	67.3	625	24.6	675	26.6	900	35.4	288	11.3	460	18.1	300	11.8	685	27.0	1150	45.3	299	659	96	212
AZUD LUXON MFH 9600 M/8	1985	78.2	625	24.6	675	26.6	1100	43.3	338	13.3	460	18.1	300	11.8	820	32.3	1460	57.5	438	968	131	289
AZUD LUXON MFH 9600 M/10	1985	78.2	625	24.6	675	26.6	1100	43.3	338	13.3	460	18.1	300	11.8	820	32.3	1460	57.5	438	968	131	289
AZUD LUXON MFH 12000 M/10	2260	89.0	625	24.6	675	26.6	1370	53.9	338	13.3	460	18.1	300	11.8	820	32.3	1740	68.5	457	1007	164	362
AZUD LUXON MFH 12000 M/12	2260	89.0	625	24.6	675	26.6	1370	53.9	338	13.3	460	18.1	300	11.8	820	32.3	1740	68.5	457	1007	164	362

M-P = Mínima distancia recomendada para operaciones de mantenimiento.

Figura 38: Ficha técnica del filtro Azud Luxon MFH

★★★ AGROTAL ★★★

Innovación – el primer temporizador agrícola totalmente equipado

El primer controlador del mercado basado en manejo de tiempos que ofrece un amplio rango de características requeridas para aplicaciones agrícolas profesionales incluyendo el control de hasta 3 inyectores de fertilizante y filtros automáticos, retrolavando con los más amigables MMI. La unidad es expansible hasta 36 estaciones.

Características generales

- Estructura modular – expansible en pasos de 6, hasta 36 salidas.
- Todas las salidas disponibles pueden ser utilizadas sin necesidad de dejar sin uso alguna de ellas. La asignación de salidas puede tener:
 - 0 o 1 válvula principal / control de bomba.
 - Hasta 3 inyectores de fertilizante.
 - Cualquier número de válvulas de riego.
 - Cualquier número de estaciones de filtrado.
 - 0 o 1 válvula sostenedora de presión.
- Las entradas pueden ser asignadas para:
 - 1 medidor de caudal.
 - 1 sensor de presión.
 - 1 sensor de diferencia de presión.
 - 1 sensor para la activación del programa No. 4.
- MMI amigable incluyendo pantalla gráfica, perilla de selección, teclas de función y leds indicadores.
- Tiempo ajustable para testeó de válvula.

Características de riego

- Cuatro programas de riego independientes con hasta seis horarios de inicio por programa.
- Cada programa puede ser asignado a cualquier número de válvulas o grupos de válvulas.
- Cada programa maneja ambos, riego y fertilización con tiempo de riego de agua y tiempo de riego de fertilizante independientes para cada miembro del programa.
- Cualquier programa puede ser regado por pulsos con un número ilimitado de ciclos dentro de la zona horaria permitida.
- El Programa No. 4 puede funcionar como un programa normal o como uno de emergencia iniciado mediante un sensor especialmente asignado, adecuado para manejar protección contra congelamiento y procedimientos de refrigeración.
- Unidades de tiempo de riego en horas/minutos o minutos/segundos seleccionable por programa.
- Todos los tiempos de riego de agua pueden ser ajustados en % entre 0- 250 %.
- Ajustable por demora por lluvia con longitud ilimitada.
- Calendario de días de riego ajustable hasta 31 días.
- Varios modos de inicio de programa incluyendo modo automático, modo manual, programa total, programa parcial, inicio de válvula individual.
- Pausa de programa manual con longitud ajustable.
- Incluye pantallas de revisión de estado del programa.

Fertigación

- Maneja hasta 3 inyectores de fertilizante independientes.
- Fertilización en tres etapas: pre-riego, inyección y post-riego.
- Aplicación de fertilizantes en forma continua o proporcional.
- Orden de inyección paralela o secuencial seleccionable.

Filtración

- Programa de retrolavado de filtros automáticos activados por sensor de diferencia de presión y/o por tiempo transcurrido.
- En forma opcional manejo de válvula sostenedora de presión.

Características especiales

- Solapamiento o demora de válvulas que protege al sistema hidráulico de presiones extremas y cambios de caudal.
- Alerta por alta presión.
- Apertura/cierre demorado o adelantado de la válvula principal.
- Demora ajustable del encendido luego de falla eléctrica, protege a la bomba contra daños.

Pantallas de revisión de estados

- Informe de los estados de los programas.
- Indicación de problemas existentes.
- Muestra el caudal actual.
- Muestra el estado de las salidas y entradas.

Especificaciones técnicas

- Salidas operadas por relé
- Salidas de contacto seco.
- Batería de reserva alcalina de 9V.
- Protección opcional contra rayos.
- Detección y eliminación de salidas cortocircuitadas.

Información eléctrica

- Entrada de 110V o 220V AC, 50 o 60Hz.
- Transformador interno de 75 VA.
- Salidas de 24v AC máx. 10 watt por salida.
- Hasta 11 solenoides de 4 watts pueden funcionar en forma simultánea.

Figura 39: Características del controlador Agrotal- Talgil

Anexo 4: Fichas técnicas de accesorios instalados en sistema por microaspersión



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- Presiones recomendadas de operación: 1.5 a 3.0 bar
- Caudal: 25 a 400 l/h
- Diámetros de humedecimiento: 1 a 10 m
- Requerimientos de Filtrado: 130 micrones para boquillas púrpura y marrón
200 micrones para el resto



CAUDAL POR BOQUILLA (l/h)

Color	Caudal (l/h)	boquilla (mm)	Presión (bar)					
			1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
Violeta	35	0.82	25	30	35	39	43	46
Marrón	43	0.94	32	37	43	50	55	60
Gris	70	1.16	49	60	70	78	86	93
Verde	105	1.41	74	90	105	117	129	139
Naranja	120	1.50	85	105	120	134	147	159
Amarillo	160	1.73	113	140	160	179	196	212
Azul	200	1.92	141	170	200	224	245	265
Marril	235	2.07	166	204	235	263	288	311
Rojos	260	2.18	184	225	260	291	318	344
Negro	300	2.34	212	260	300	335	367	397

DIÁMETRO DE HUMEDECIMIENTO (m) A 2.0 BAR Y 0.25 m DEL NIVEL DEL SUELO

Anisneblina (Ø)	Color de boquilla	Caudal (l/h)	Diámetro de boquilla (mm)	Difusores estáticos Rotores								Rotores					
				90°	180°	Nebuliza	En franjas	Caras acatas	Plano	12 Chorras	Pegajoso	Contra hormiga	Lado único Negro	Lado único Azul	Grande	Invertido	
	Violeta	35	0.82	1.7	2.1	1.3	2.2	0.8	2.8	2.4	5.3	6.0	6.3			5.0	6.0
	Marrón	40	0.94	1.7	2.3	1.8	4.2	0.9	3.4	4.5	5.5	6.0	6.5			5.5	6.5
	Gris	70	1.16	2.5	2.7		8.5	0.9	3.4	5.5	6.0	6.5	7.5			6.5	7.5
	Verde	105	1.41	3.5	2.7		9.0	0.9	3.4	6.0	6.0	7.0	7.5		9.0	8.0	8.5
	Naranja	120	1.50	4.5	2.7		9.0	0.9	4.0	6.0	6.0	7.0	8.0		9.0	8.0	9.0
	Amarillo	160	1.73								6.5	8.0	9.0	8.0	9.0	9.0	9.5
	Azul	200	1.92									8.0	8.5	8.5	9.0	9.0	10.0
	Marril	235	2.07										8.5	9.0	10.0	9.0	10.5
	Rojos	260	2.18										8.5	10.0	10.0	9.0	11.0
	Negro	300	2.34										9.0	10.5	10.0	9.5	11.0
Verde (Ø34)	Verde	40	1.41	2.0	1.3		2.8	0.8	3.5	2.5	4.0					4.5	6.0
Naranja (Ø38)	Naranja	70	1.50	2.2	2.2		5.0	0.8	3.5	4.5	5.0					6.0	7.5
Amarillo (Ø40)	Amarillo	90	1.73	2.5	2.5		5.5	0.9	4.0	5.0	5.5					6.0	8.0
Azul (Ø50)	Azul	120	1.92	2.5	2.7		7.0	1.0	4.0	6.0	6.0					6.5	8.0

Probado bajo condiciones de laboratorio.
 * Rotor invertido a altura de 0.6 y 1.80 m
 ** Solo para uso en posición vertical

Figura 40: Ficha técnica del microaspersor NaanDanJain

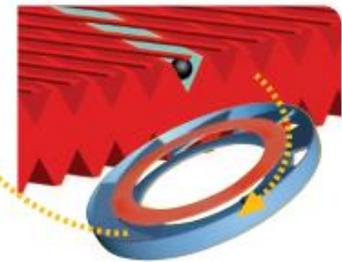
AZUD HELIX SYSTEM

AZUD HELIX SYSTEM es la gama de filtración basada en el mínimo mantenimiento y máxima seguridad de filtración. Dispositivo AZUD HELIX retardador de la colmatación. Optimización de rendimiento y mínima frecuencia e intensidad de labores de mantenimiento.



VENTAJAS

- ✓ **Dispositivo AZUD HELIX.**
Dispositivo retardador de la colmatación. Optimización de rendimiento y mínima frecuencia e intensidad de labores de mantenimiento.
- ✓ **Filtración con discos. Máxima seguridad.**
Su estudiado diseño y fabricación garantizan una elevada vida útil, resistencia y calidad de filtración. Elevada superficie filtrante. Grados de filtrado 100, 130, 200 y 400 micron.
- ✓ **Modularidad, versatilidad, compatibilidad.**
El sistema modular permite un amplio rango de posibilidades con mínimo número de componentes.

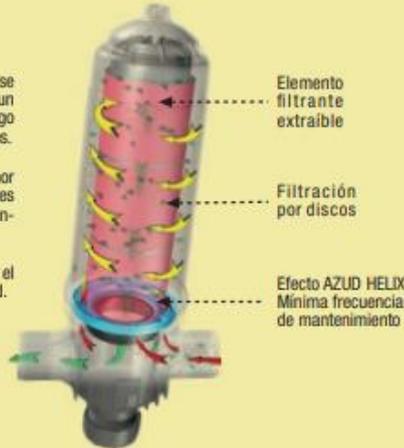


TECNOLOGÍA

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

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

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



- ✓ **Fabricados en material plástico.**
- ✓ **Bajo mantenimiento.** Sin necesidad de herramientas. Máxima resistencia, sin piezas móviles susceptibles de desgaste.
- ✓ **Exclusivo sistema MARIPOSA** de cierre del elemento filtrante, que permite una fácil descompresión de la pila de discos para su limpieza. De cómodo manejo y que, a su vez, impide la pérdida accidental de discos.
- ✓ **Ahorro de agua y energía.**

Figura 41: Características del filtro Azud Helix

AZUD HELIX SYSTEM 130 micron	Caudal máximo	Superficie filtrada
		Discos
2N	30 m ³ /h 132 gpm	1198 cm ² 186 in ²
	30 m ³ /h 132 gpm	1699 cm ² 263 in ²
3C	50 m ³ /h 220 gpm	1198 cm ² 186 in ²
	50 m ³ /h 220 gpm	1699 cm ² 263 in ²
4N	70 m ³ /h 308 gpm	2396 cm ² 371 in ²
	100 m ³ /h 440 gpm	3398 cm ² 527 in ²
6N	100 m ³ /h 440 gpm	3398 cm ² 527 in ²

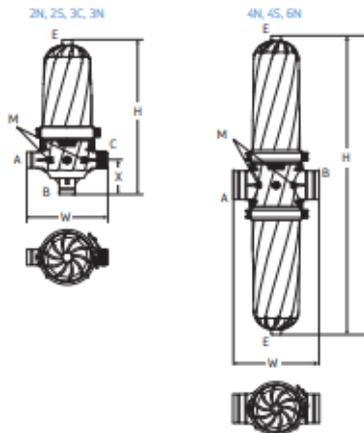
Disponibles otros grados de filtrado. Consulte en www.azud.com

MATERIALES DE FABRICACIÓN

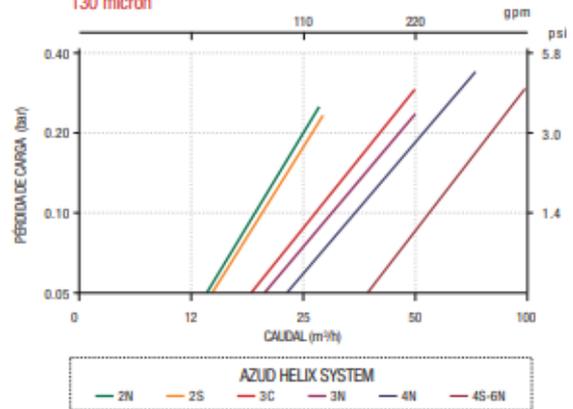
Carcasa Filtro	Poliamida reforzada con fibra de vidrio
Elemento filtrante	Discos MG Polipropileno / Discos WS HDPE
Sistema de cierre	Acero inoxidable
Elementos de sellado	NBR

4-pH-11 • Presión máxima 10 bar / 145 psi • Temperatura máxima 60 °C / 140 °F

AZUD HELIX SYSTEM



PÉRDIDA DE CARGA FILTRO AZUD HELIX SYSTEM 130 micron



CONFIGURACIÓN FILTRO	Conexión	Modelo	Conexión			Dimensiones					
			A	B	C	H		W		X	
						mm	in	mm	in	mm	in
	2"	2NR	BSP	BSP	BSP	595	23.4	310	12.2	133	5.2
		2NA	NPT	NPT	NPT						
		2NW	RANURADA	RANURADA	RANURADA						
	2"Super	2SR	BSP	BSP	BSP	720	28.3	310	12.2	133	5.2
		2SA	NPT	NPT	NPT						
		2SV	RANURADA	RANURADA	RANURADA						
	3"	3CR	BSP	BSP	BSP	610	24	336	13.2	147	5.8
		3CA	NPT	NPT	NPT						
		3CV	RANURADA	RANURADA	RANURADA						
	3"	3NR	BSP	BSP	BSP	735	28.9	336	13.2	147	5.8
		3NA	NPT	NPT	NPT						
		3NV	RANURADA	RANURADA	RANURADA						
	4"	4NL	RANURADA	RANURADA	-	950	37.4	341	13.4	-	-
		4NB	BRIDA	BRIDA	-						
		4SL	RANURADA	RANURADA	-						
	4"Super	4SB	BRIDA	BRIDA	-	1200	47.2	341	13.4	-	-
		4SL	RANURADA	RANURADA	-						
		4SB	BRIDA	BRIDA	-						
	6"	6NB	BRIDA	BRIDA	-	1200	47.2	531	20.9	-	-

Conexión E 3/4" BSP • Conexión M 1/4" BSP

Figura 42: Ficha técnica del filtro Azud Helix

Anexo 5: Capacitaciones en riego tecnificado al personal operativo



Figura 43: Capacitación sobre sistema de riego presurizado a pequeños agricultores en la provincia de Huaral



Figura 44: Capacitación sobre el sistema de riego presurizado por goteo fundo San Miguel