



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 2

Neiva, 28 de octubre

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Yulieth Fernanda González Pomeo, con C.C. No. 1077869148,

Jose Luis Cuenca Trujillo, con C.C. No. 1077866321,

_____, con C.C. No. _____,

_____, con C.C. No. _____,

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o _____

titulado DISEÑO DE RIEGO LOCALIZADO UTILIZANDO EL SOFTWARE IRRICAD PARA EL CULTIVO DE LULO (Solanum Quitoense L.) UBICADO EN LA FINCA EL PORVENIR VEREDA EL RECREO MUNICIPIO DE GARZÓN-HUILA

presentado y aprobado en el año 2024 como requisito para optar al título de

INGENIERO AGRICOLA _____;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales "open access" y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.

Vigilada Mineducación



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2

- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: Jose Luis Cuenca Trujillo

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: Juliana Gonzalez P.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: _____



TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: DISEÑO DE RIEGO LOCALIZADO UTILIZANDO EL SOFTWARE IRRICAD PARA EL CULTIVO DE LULO (*Solanum Quitoense L.*) UBICADO EN LA FINCA EL PORVENIR VEREDA EL RECREO MUNICIPIO DE GARZÓN-HUILA

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
González Pomeo	Yulieth Fernanda
Cuenca Trujillo	Jose Luis

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Bonilla Perdomo	Javier Eduardo

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniero Agrícola

FACULTAD: Ingeniería

PROGRAMA O POSGRADO: Ingeniería Agrícola

CIUDAD: Garzón

AÑO DE PRESENTACIÓN:

NÚMERO DE PÁGINAS: 44

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 3
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

Diagramas x Fotografías x Grabaciones en discos ___ Ilustraciones en general ___ Grabados ___
Láminas ___ Litografías ___ Mapas x Música impresa ___ Planos x Retratos ___ Sin ilustraciones ___
Tablas o Cuadros x

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

MATERIAL ANEXO:

Cálculos Blanco Hídrico, Database Lulo, Cálculos Agronómicos, Datos precipitación, Plano Riego.

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. cultivo de lulo	<u>lulo cultivation</u>	6. _____	_____
2. diseño de riego	<u>irrigation design</u>	7. _____	_____
3. sistema de riego	<u>irrigation system</u>	8. _____	_____
4. eficiencia hídrica	<u>water efficiency</u>	9. _____	_____
5. _____	_____	10. _____	_____

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

El presente trabajo de grado se enfoca en el diseño de un sistema de riego localizado para el cultivo de lulo (*Solanum quitoense* L.) en la finca El Porvenir, ubicada en la vereda El Recreo, municipio de Garzón, Huila. Utilizando el software especializado Irricad V18 Link para AutoCAD Civil3D 2020, se busca optimizar el uso del agua, mejorar la productividad y la rentabilidad del cultivo, y mitigar los efectos de la sequía en esta región.

El estudio incluye un análisis detallado de la topografía, el suelo, y los requerimientos hídricos del lulo, apoyado en una exhaustiva revisión bibliográfica y datos obtenidos de fuentes confiables como la estación Aquastat de la FAO. Se diseñó un sistema de riego por goteo con emisores autocompensados, garantizando una distribución uniforme del agua y minimizando las pérdidas por percolación y escorrentía.

La integración de técnicas avanzadas de modelado 3D y cálculos precisos permitió una evaluación eficiente de múltiples escenarios, reduciendo significativamente los tiempos de diseño en comparación con métodos tradicionales. Este enfoque no solo asegura una gestión sostenible de los recursos hídricos, sino que también potencializa la resiliencia y la rentabilidad del cultivo de lulo en la región.



ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

The present work focuses on the design of a localized irrigation system for the cultivation of lulo (*Solanum quitoense* L.) in El Porvenir farm, located in El Recreo, municipality of Garzón, Huila. Using the specialized software Irricad V18 Link for AutoCAD Civil3D 2020, the aim is to optimize water use, improve crop productivity and profitability, and mitigate the effects of drought in this region.

The study includes a detailed analysis of the topography, soil, and water requirements of lulo, supported by an exhaustive literature review and data obtained from reliable sources such as the FAO Aquastat station. A drip irrigation system with self-compensating emitters was designed, ensuring uniform water distribution and minimizing percolation and runoff losses.

The integration of advanced 3D modeling techniques and accurate calculations allowed for efficient evaluation of multiple scenarios, significantly reducing design times compared to traditional methods. This approach not only ensures sustainable water resource management, but also enhances the resilience and profitability of the lulo crop in the region.

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado:

Firma:

Nombre Jurado: Jhon Jairo Beltrán Diaz

Firma:

Nombre Jurado: Jhon Jairo Vargas Hoyos

Firma:

**DISEÑO DE RIEGO LOCALIZADO UTILIZANDO EL SOFTWARE
IRRICAD PARA EL CULTIVO DE LULO (*Solanum Quitoense L.*)
UBICADO EN LA FINCA EL PORVENIR VEREDA EL RECREO
MUNICIPIO DE GARZÓN-HUILA**

Trabajo de grado presentado al departamento de Ingeniería Agrícola
como requisito para optar al título de: Ingeniero Agrícola

Autores

Yulieth Fernanda González Pomeo, Cod. 20142131246

Jose Luis Cuenca Trujillo, Cod. 20151139057

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Agrícola

Garzón, Huila, Colombia. 2024

Firma



Director: JAVIER EDUARDO BONILLA PERDOMO

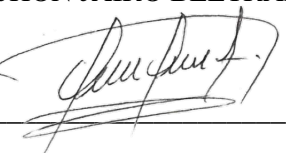
Nota de aceptación

Firma



Jurado: JHON JAIRO BELTRÁN DIAZ

Firma.



Jurado: JHON JAIRO VARGAS HOYOS

Firma.

DISEÑO DE RIEGO LOCALIZADO UTILIZANDO EL SOFTWARE IRRICAD PARA EL CULTIVO DE LULO (*Solanum Quitoense L.*) UBICADO EN LA FINCA EL PORVENIR VEREDA EL RECREO MUNICIPIO DE GARZÓN-HUILA

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1: Área de estudio del proyecto de investigación.....	9
Figura 2: Reconocimiento de la finca El Porvenir, en la vereda El Recreo del municipio de Garzón Huila.....	10
Figura 3: Levantamiento topográfico de la finca El Porvenir, en la vereda El Recreo del municipio de Garzón Huila	11
Figura 4: Observación y el seguimiento del desplazamiento de un flotador a lo largo del curso de agua.....	12
Figura 5: Plano del levantamiento topográfico de la finca El Porvenir, en la vereda El Recreo del municipio de Garzón Huila	13
Figura 6: Coeficiente del cultivo Kc en las diferentes etapas del cultivo de lulo	15
Figura 7: Balance Hídrico total decadal anual.	17
Figura 8: Balance hidrológico decadal anual plan de siembras - proyecto de riego.	18
Figura 9: Mapa de elevaciones de la válvula 4 (crítica).	21
Figura 10: Perfil de elevación lateral más crítico.	21
Figura 11: Perfil de elevación de la distribuidora.....	23
Figura 12: Perfil de elevación del tramo 3.	25
Figura 13: Catálogo perdidas en la válvula	26
Figura 14: Perdida de carga filtro AZUD AGL DISCOS 130 micron.....	28
Figura 15: Bomba monofásica IHM Centrífuga 15A-2MW 2*2"	29
Figura 16: Curva característica Bomba seleccionada.....	30
Figura 17: Captura de procedimiento del cargue de la base de datos para la tubería.....	31
Figura 18: Captura de procedimiento del cargue del componente de un regulador de presión..	32
Figura 19: Mapa indicador de presiones.	33
Figura 20: Mapa grafico donde muestra la distribución de tramos.....	34
Figura 21: Plano del diseño general con el Software Irricad para el cultivo de lulo.....	35

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: Parámetros, métodos y referencias de los análisis a realizar	11
Tabla 2: Evapotranspiración de Referencia.....	14
Tabla 3: Coeficiente del cultivo (Kc) de lulo.	15
Tabla 4: Precipitación con 75% de probabilidad estación San Antonio del Pescado.....	16
Tabla 5: Parámetros utilizados para el diseño agronómico.....	19
Tabla 6: Datos obtenidos del diseño agronómico.	20

RESUMEN

El presente trabajo de grado se enfoca en el diseño de un sistema de riego localizado para el cultivo de lulo (*Solanum quitoense* L.) en la finca El Porvenir, ubicada en la vereda El Recreo, municipio de Garzón, Huila. Utilizando el software especializado Irricad V18 Link para AutoCAD Civil3D 2020, se busca optimizar el uso del agua, mejorar la productividad y la rentabilidad del cultivo, y mitigar los efectos de la sequía en esta región.

El estudio incluye un análisis detallado de la topografía, el suelo, y los requerimientos hídricos del lulo, apoyado en una exhaustiva revisión bibliográfica y datos obtenidos de fuentes confiables como la estación Aquastat de la FAO. Se diseñó un sistema de riego por goteo con emisores autocompensados, garantizando una distribución uniforme del agua y minimizando las pérdidas por percolación y escorrentía.

La integración de técnicas avanzadas de modelado 3D y cálculos precisos permitió una evaluación eficiente de múltiples escenarios, reduciendo significativamente los tiempos de diseño en comparación con métodos tradicionales. Este enfoque no solo asegura una gestión sostenible de los recursos hídricos, sino que también potencializa la resiliencia y la rentabilidad del cultivo de lulo en la región.

Palabras clave: cultivo de lulo, diseño de riego, sistema de riego localizado, eficiencia hídrica.

ABSTRACT

The present work focuses on the design of a localized irrigation system for the cultivation of lulo (*Solanum quitoense* L.) in El Porvenir farm, located in El Recreo, municipality of Garzón, Huila. Using the specialized software Irricad V18 Link for AutoCAD Civil3D 2020, the aim is to optimize water use, improve crop productivity and profitability, and mitigate the effects of drought in this region.

The study includes a detailed analysis of the topography, soil, and water requirements of lulo, supported by an exhaustive literature review and data obtained from reliable sources such as the FAO Aquastat station. A drip irrigation system with self-compensating emitters was designed, ensuring uniform water distribution and minimizing percolation and runoff losses.

The integration of advanced 3D modeling techniques and accurate calculations allowed for efficient evaluation of multiple scenarios, significantly reducing design times compared to traditional methods. This approach not only ensures sustainable water resource management, but also enhances the resilience and profitability of the lulo crop in the region.

Keywords: lulo cultivation, irrigation design, irrigation design, localized irrigation system, water efficiency

1. INTRODUCCIÓN

El avance tecnológico ha desempeñado un papel fundamental en la evolución y mejora de la productividad agrícola en Colombia (Escobar et al., 2023; Igual et al., 2014; Pulido et al., 2008; Ramírez et al., 2018). En este contexto, la implementación de sistemas de riego eficientes se erige como una necesidad crucial para afrontar los desafíos derivados del déficit hídrico que afecta a los cultivos, siendo el cultivo de lulo (*Solanum quitoense* L.) uno de los más susceptibles a estos impactos en la región del Huila (Minagricultura, 2022).

El cultivo del lulo, reconocido por su importancia económica en el departamento del Huila, se enfrenta constantemente a las adversidades climáticas, especialmente la sequía, que obstaculiza su desarrollo óptimo (Ramírez et al., 2018). La literatura científica ha documentado esta problemática y ha propuesto diversas estrategias para mejorar el manejo del riego en cultivos, subrayando la necesidad de sistemas de riego precisos y eficientes (Soltani et al., 2006).

Este proyecto de grado se orienta hacia el diseño de un sistema de riego localizado específicamente destinado al cultivo de lulo en la región del Huila, utilizando como herramienta principal el software especializado Irricad V18 Link para Autocad Civil3D 2020. Se busca así contrarrestar los efectos adversos de la sequía, optimizando el uso del agua y mejorando la productividad y rentabilidad del cultivo (Pulido et al., 2008).

Para fundamentar este proyecto, se ha realizado una revisión exhaustiva de la literatura científica, la cual incluye investigaciones previas sobre tecnologías de riego en cultivos, así como manuales técnicos específicos para el cultivo de lulo en la región (Alvarez Herrera et al., 2021; Bernal Estrada et al., 1996; Pulido et al., 2008; Ramírez et al., 2018). Se ha considerado la información relevante de investigaciones como las de (Fageria et al. 2011; Hsiao et al. 2015; Karmeli et al. 2017; Olaya-Arenas et al. 2020) y el manual técnico para el cultivo de lulo en el Huila (Gobierno del Huila, 2018).

El propósito fundamental de este proyecto radica en contribuir al desarrollo sostenible del sector agrícola en la región del Huila, a través de la aplicación de tecnologías innovadoras en el diseño de sistemas de riego adaptados al cultivo de lulo (Alvarez Herrera et al., 2021; Bernal Estrada et al., 1996). Se busca así mejorar la productividad, la rentabilidad y la resiliencia de esta actividad económica tan significativa para la zona (Minagricultura, 2022).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1.Consultas precedentes bibliográficos

Para el desarrollo de esta tesis, se llevó a cabo una exhaustiva investigación que abordó el cultivo de lulo y sus requerimientos hídricos. Esta investigación se sustentó en diversas fuentes de información confiable y actualizada, incluyendo las bases de datos e información digitales proporcionadas por la Gobernación del Huila. Se obtuvo información detallada acerca de las prácticas agrícolas óptimas, los patrones de riego recomendados y las condiciones ambientales ideales para el cultivo exitoso de lulo en la región (Alvarez Herrera et al., 2021; Bernal Estrada et al., 1996).

Además, se realizó un minucioso análisis de revistas científicas y estudios de investigación previamente llevados a cabo en distintas regiones de Colombia, con el propósito de recopilar datos relevantes sobre las mejores prácticas de riego, experiencias exitosas y conclusiones alcanzadas en relación con el cultivo de esta fruta (Bernal Estrada et al., 1996).

Un aspecto relevante de esta investigación fue la recolección de información sobre el software Irricad y sus aplicaciones exitosas en proyectos relacionados con sistemas de riego para cultivos similares al lulo (Navarrete, 2000). Se buscaron ejemplos específicos que ilustraran la efectividad, las ventajas y los resultados obtenidos al utilizar esta herramienta en el diseño y la gestión de sistemas de riego.

El objetivo principal de este ítem fue sintetizar y aplicar de manera práctica toda la información recopilada, ofreciendo recomendaciones y directrices fundamentadas para el diseño e implementación de un sistema de riego eficiente y efectivo para el cultivo de lulo en la finca El Porvenir.

2.2.Localización

La vereda El Recreo, situada al sureste del municipio de Garzón en el departamento de Huila, se encuentra a una latitud de 74°0'0" N y 3°0'0" W, abarcando una extensión de aproximadamente 40 kilómetros cuadrados con una elevación promedio de 1700 m.s.n.m. Se caracteriza por un clima frío, con temperaturas que oscilan entre los 15 y 22 °C. Su distancia a la cabecera municipal es de 19 kilómetros, colindando al este con la cordillera Oriental y el departamento vecino del Caquetá; al oeste con la vereda Las Brisas; al norte con el cerro de Pan de Azúcar y al sur con el cerro de la Esperanza y la vereda Paloquemao (IER, 2014).

2.3.Reconocimiento de campo

El terreno en cuestión está ubicado en la finca El Porvenir, en la vereda El Recreo del municipio de Garzón Huila, con coordenadas N 2°6'13" y E -75°34'26". Se distancia de la zona urbana del municipio 17 Km aproximadamente, teniendo acceso de 2 vías transitables hacia el pueblo y con transporte público, con 2 fuentes de agua que rodean los linderos de la finca, una fuente rodeada por el oriente y la otra atraviesa por la parte noroccidental. El área presenta una configuración irregular con diferentes alturas y pendientes, y una parte se detalla un poco plana (Figura 1).

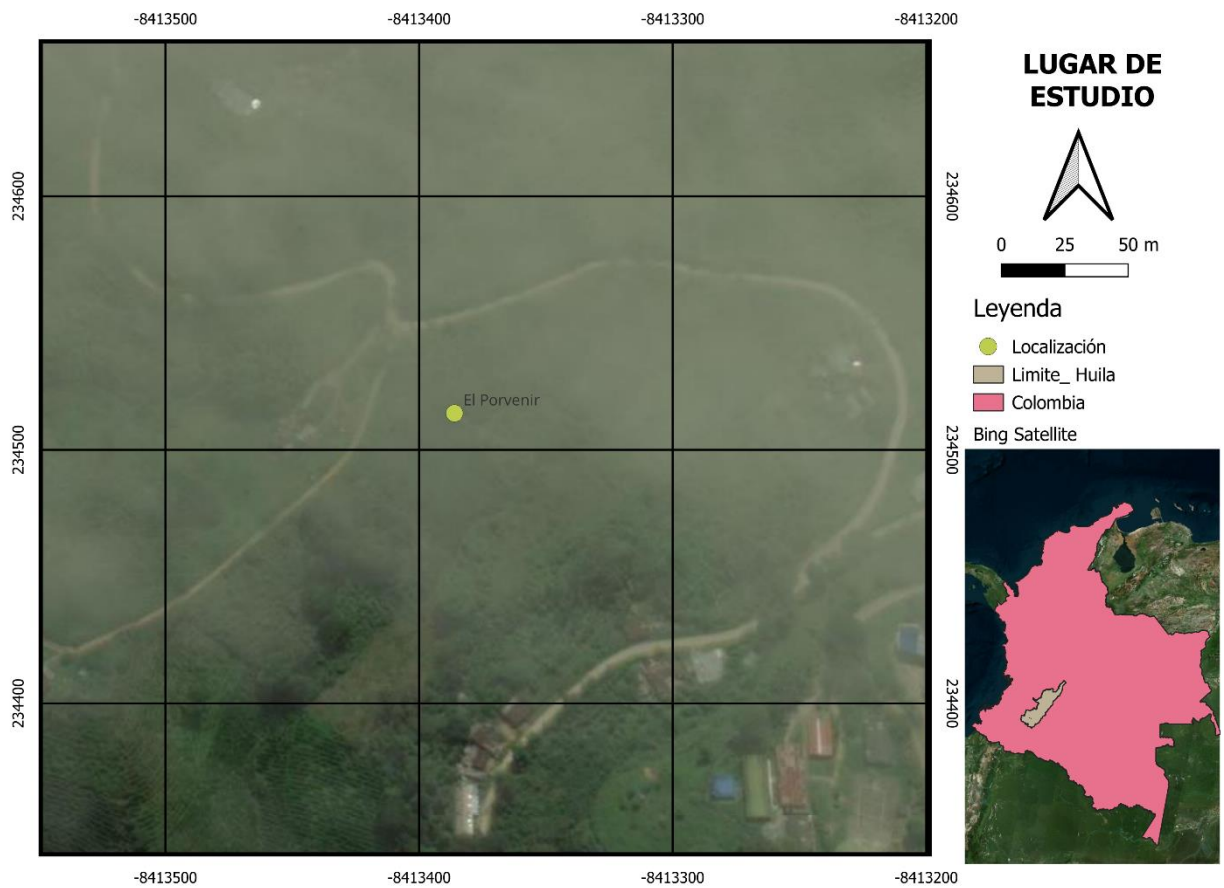


Figura 1: Área de estudio del proyecto de investigación
Fuente: Propia, QGIS versión 3.16

La finca está entre 1650 y 1680 msnm, la temperatura varía entre los 17°C y 24 °C. Durante el año tiene variedad de clima, si bien prima el clima frío y las lluvias, en los últimos años se han presentado de hasta 2 meses de tiempo seco (FAO, 2023) (Figura 1).

Teniendo en cuenta el recorrido se puede identificar que la finca cuenta con los requisitos necesarios para establecer un cultivo de Lulo con su sistema de riego.



Figura 2: Reconocimiento de la finca *El Porvenir*, en la vereda *El Recreo* del municipio de *Garzón Huila*

Fuente: Propia

2.4. Levantamiento topográfico

Se llevó a cabo un levantamiento topográfico en la finca *El Porvenir* utilizando una estación total y todos sus elementos complementarios, incluyendo un dispositivo GPS. Se tomaron puntos cada 10m aproximadamente, en un punto medio aproximadamente del lote que tuviera vista a la mayoría del terreno, se tomaron las coordenadas y de ahí se tomó el primer punto de referencia, tomando medidas a los prismas cada 10m. Se tomaron 6 puntos de referencia para abarcar el lote completamente, y tener detalle altimétrico, además de distinguir el perímetro.

Es importante destacar que el terreno no presenta obstáculos significativos como árboles, rocas o arbustos que puedan impactar el levantamiento topográfico (Figura 3). Se registraron algunos árboles en los alrededores, pero no representan interferencias considerables en el análisis topográfico realizado.



Figura 3: Levantamiento topográfico de la finca El Porvenir, en la vereda El Recreo del municipio de Garzón Huila

Fuente: Propia

2.5. Estudio de suelo

Sabiendo que el estudio del suelo representa un pilar fundamental en la comprensión de las características fisicoquímicas que influyen directamente en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Este análisis del suelo permite evaluar la textura, la capacidad de retención de agua y otros elementos determinantes para el éxito de los cultivos.

En el marco de este estudio, se ha contratado un laboratorio especializado conocido como LAGSA (Laboratorio Agroambiental de Suelos y Aguas) de la Ciudad de Neiva, para llevar a cabo el proceso de análisis de las muestras. Este laboratorio se encargará de tomar y realizar pruebas detalladas y específicas que permitirán obtener datos precisos sobre la composición del suelo (Tabla 1).

Tabla 1: Parámetros, métodos y referencias de los análisis a realizar

Parámetro		Método	Referencia
Humedad gravimétrica	Textura	Bouyoucos	(Andrades et al., 2015)
Estabilidad estructural	Capacidad de Campo	Olla y platos de presión	(Alvarado Batres & Barahona-Palomo, 2017; Petillo et al., 2016)
	Punto de marchites permanente		
Conductividad hidráulica: Pozo barrenado	Granulometría	Juego de tamicez	(Pfeiffer et al., 2008)

Porosidad total	Densidad real	Picnómetro	(Ingaramo et al., 2007)
Permeabilidad del suelo	Densidad aparente	Terrón parafinado	(Andrades et al., 2015)

Fuente: Propia

2.6. Calculo del recurso hídrico

El cálculo del recurso hídrico es un componente esencial en la gestión y planificación de recursos naturales, especialmente en entornos donde el agua juega un papel crucial, como en la agricultura, la gestión del medio ambiente y el abastecimiento urbano. Una de las técnicas fundamentales para comprender y cuantificar el flujo del agua es a través de la medición del caudal y la velocidad mediante el método del flotador (Barreto, 2009).

Este método, basado en la observación y el seguimiento del desplazamiento de un flotador a lo largo del curso de agua, nos sirve para calcular un estimado de la cantidad de agua que pasa por una sección específica y la velocidad a la que se desplaza (Figura 4). Estos datos son vitales para comprender la disponibilidad de agua, su distribución y su dinámica en un área determinada (Chamorro, 2011).



Figura 4: Observación y el seguimiento del desplazamiento de un flotador a lo largo del curso de agua

Fuente: Propia

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Levantamiento topográfico

Durante este proceso del levantamiento topográfico, se establecieron 6 puntos de referencia clave y se realizaron un total de 130 mediciones precisas (Figura 5). Los datos obtenidos fueron los siguientes:

- Área total de la finca: 12,756.89 m².
- Perímetro del terreno: 449.21 m.
- Ubicación con respecto a las vías de acceso: A una distancia de 4 m.
- Diferencia de altitud: Una variación de 33 m.
- Distancia de la fuente de agua al lote: 62m.

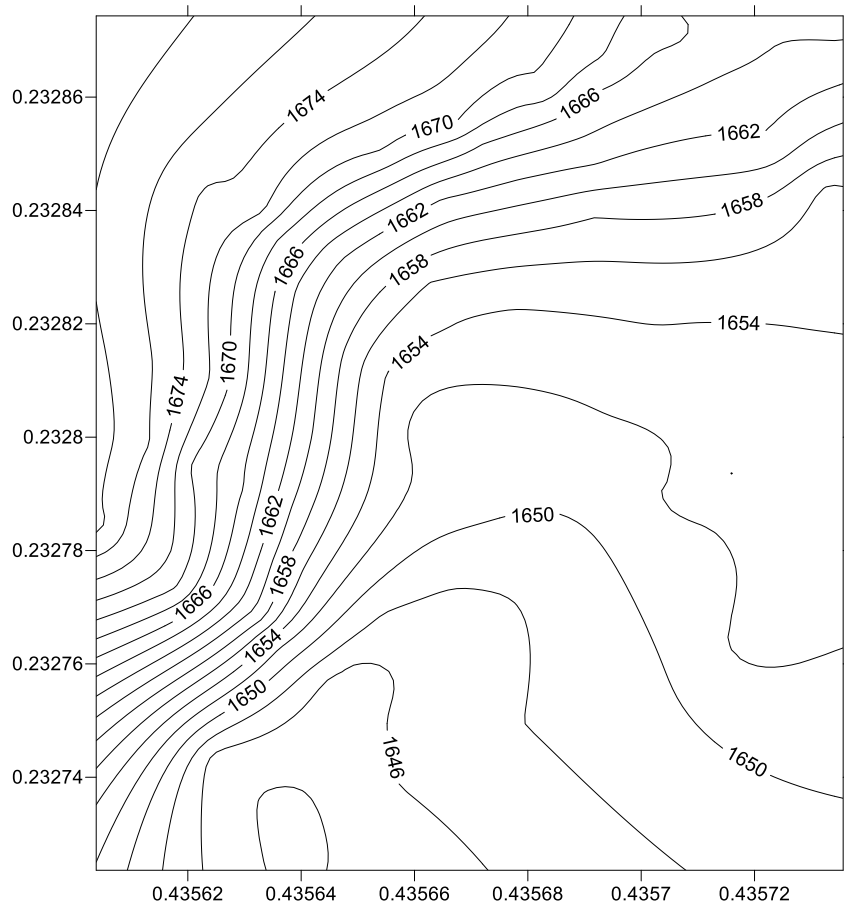


Figura 5: Plano del levantamiento topográfico de la finca El Porvenir, en la vereda El Recreo del municipio de Garzón Huila

Fuente: Propia

3.2. Análisis de suelos

En el análisis de suelo se tomaron las muestras y fueron enviadas al laboratorio Agroambiental de Suelos y Agua en la ciudad de Neiva (Anexo 1).

3.3. Calculo del recurso hídrico

El siguiente ítem se centra en el análisis y los resultados obtenidos a través de la aplicación del método del flotador para medir el caudal y la velocidad del recurso hídrico en una determinada ubicación. Se exploraron los procedimientos de medición utilizados, las herramientas empleadas y los resultados precisos derivados de esta técnica. Caudal de la quebrada 400 l/s aproximadamente, lo cual evidencia que su caudal es grande por lo que cumple con los requisitos establecidos por parte de la Corporación Autónoma del Alto Magdalena (CAM) (Decreto 1076, 2015).

Se eligió un tramo AA de 7m de distancia al otro tramo BB, se puso un flotador en el centro de AA y se dejó llevar hasta BB en 3 ocasiones, con tiempos de 17, 19 y 21 segundos, se tomó una media de 19 segundos, luego se divide la distancia en el tiempo y el resultado se multiplica por 0.85 (coeficiente de corrección) para estimar la velocidad media del arroyo. Obteniendo: $7m/19s = 0.368$; $0.368 * 0.85 = 0.3131m/s$

Se procedió a averiguar la profundidad media, tomando medida de anchura en diferentes lugares siendo los datos: 3.7m, 3.2m, 3.7m, 3.4m, 3.5m y 3.7m. Se consideró 3.7 m como la anchura media, ya que es el valor que aparece con mayor frecuencia.

Para hallar la profundidad de igual manera se hicieron varias medidas aleatorias en el tramo, obteniendo: 0.7m, 0.4m, 0.5m, 0.35m. Se elige la mitad de la medida más profunda como aproximación de la profundidad media, siendo 0.35m.

Para calcular el caudal se multiplica la velocidad media por anchura y profundidad medias. Obteniendo: $0.31331m/s * 3.7m * 0.35m = 0.405 m^3/s = 405.4 l/s$

Teniendo en cuenta que este método puede variar de los datos reales se estima un caudal de 400 l/s.

3.4. Evapotranspiración

Con la localización del predio se buscó información de la evapotranspiración de referencia para la zona, para ello se utilizó la página Aquastat de la FAO (FAO, 2006a) con la herramienta de información del clima (FAO, 2023).

Tabla 2: Evapotranspiración de Referencia

mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Eto(mm/mes)	101	93	97	87	89	83	87	95	97	96	87	94
Etc(mm/día)	3.3	3.3	3.1	2.9	2.9	2.8	2.8	3.1	3.2	3.1	2.9	3.0

Fuente: (FAO, 2023)

De la información anterior se seleccionó la evapotranspiración más elevada, que corresponde al mes de febrero con un valor de 3.3 mm/día (Tabla 2).

3.5. Coeficiente De Cultivo

El coeficiente de cultivo para el cultivo de lulo en la etapa inicial es de 0.6, para la etapa media es de 1.15 y para etapa final es de 0.8, como se evidencia en la Tabla 3 y Figura 6 (FAO, 2006b).

Tabla 3: Coeficiente del cultivo (K_c) de lulo.

LULO	Coeficiente de cultivo K_c				Periodo Vegetativo				
	Ini	Des	Med.	Fin	Ini	Des	Med.	Fin	Total
	0.6	0.6	1.15	0.8	120	300	540	720	720

Fuente: (IDEAM, 2010)

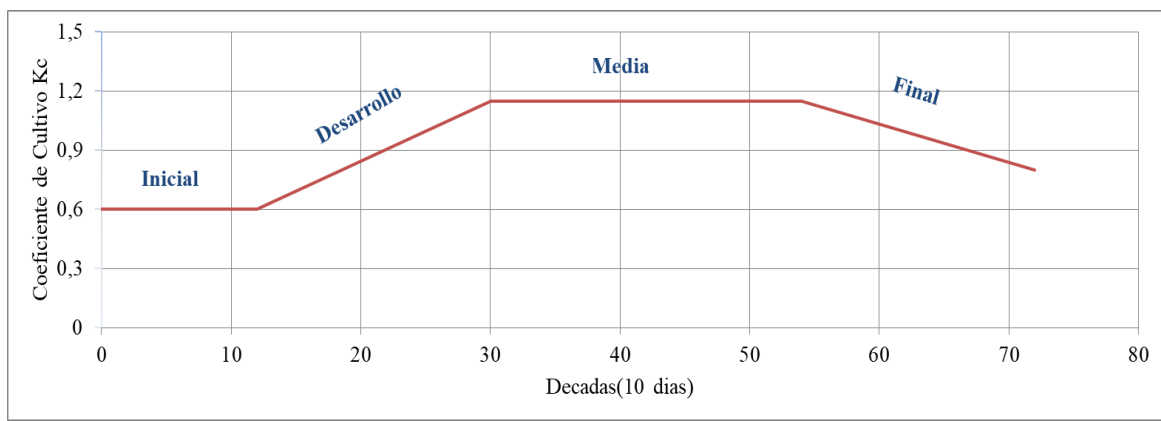


Figura 6: Coeficiente del cultivo K_c en las diferentes etapas del cultivo de lulo

Fuente: Autoría propia

3.6. Balance Hídrico

Teniendo en cuenta el coeficiente del cultivo por los 2 años, se determina la precipitación con el 75% de Probabilidad u ocurrencia, para ello se adquieren los datos de precipitación diaria de la estación San Antonio del Pescado del municipio de Garzón, desde 2012 hasta 2020, se organizan en décadas y meses, luego se aplica el método de WEIBULL citado por (Escuela técnica del Ejército de Honduras, 2003). El proceso es el siguiente:

1. Se determina la Probabilidad a calcularse, los meses considerados, y el Período (años) comprendido.
2. Seguidamente, estos registros se ordenan de mayor a menor, asignándoles un número correlativo y se aplica la fórmula de distribución introducida por Weibull de la siguiente manera:

$$(1) \quad F = \frac{M}{(N + 1)}$$

Dónde la probabilidad es (F), el Número correctivo es (M) y el Número de datos (N).

Los resultados se presentan en la

Tabla 4: Precipitación con 75% de probabilidad estación San Antonio del Pescado

1 SEMESTRE																	
ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
DEC1	DEC2	DEC3	DEC4	DEC5	DEC6	DEC7	DEC8	DEC9	DEC10	DEC11	DEC12	DEC13	DEC14	DEC15	DEC16	DEC17	DEC18
0	0	5	11	19	27	18	27	26	31	32	21	41	31	48	49	21	21

2 SEMESTRE																		
JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE			OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE			
DEC19	DEC20	DEC21	DEC22	DEC23	DEC24	DEC25	DEC26	DEC27	DEC28	DEC29	DEC30	DEC31	DEC32	DEC33	DEC34	DEC35	DEC36	75%
26	19	16	5	17	12	25	4	9	20	17	24	31	39	23	35	8	6	75

Fuente: Propia, datos de (FAO, 2023).

La evapotranspiración potencial (ETp) se obtiene de Tabla 2. Evapotranspiración de Referencia.

El uso consumo (mm/mes) se calcula como el producto de la evapotranspiración potencial (ETp) en mm/mes y el coeficiente de cultivo (Kc).

$$(2) \quad UC = Kc * ETp$$

La precipitación efectiva (Pe) se calcula por el método de Conservación de Suelos (SCS) del Ministerio de Agricultura de los Estados Unidos. De acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$(3) \quad Pe = f(1.252474 Pt^{0.82416} - 2.935224) \times 10^{0.0095 U_c}$$

$$(4) \quad f = 0.531747 + 0.011621D - 0.000089D^2 + 0.00000023D^3$$

Dónde la Precipitación Efectiva es (Pe) en (mm), Precipitación mensual del 75% (Pt) en (mm), Uso consumo del cultivo considerado (Uc) en (mm), Factor de corrección (f) (adimensional) y Dosis de riego neta (D) en (mm).

Teniendo en cuenta las temporadas de lluvia se plantea la siembra en el mes de marzo, en el cual se comenzaron los cálculos.

El almacenamiento para el mes de marzo es igual a la lámina de riego, calculada con datos obtenidos del estudio de suelos

$$(5) \quad Lr = \frac{(CC - PMP)}{100} * PR * DA$$

Donde la Capacidad de campo (CC), Punto de marchitez permanente (PMP), Profundidad radicular (PR) y Densidad aparente (DA).

El déficit es la diferencia entre el Almacenamiento y el Uso consumo, si esta diferencia es negativa entonces hay un déficit de agua, sino, si es positiva esta diferencia, entonces hay un exceso.

Para los demás meses, el almacenamiento equivale al exceso del mes anterior más la precipitación efectiva del mes.

La demanda neta total (mm) es la suma del déficit de cada cultivo en milímetros.

El balance hídrico total anual del proyecto se grafica como la relación entre la demanda neta total y la precipitación efectiva para cada mes (Figura 7).

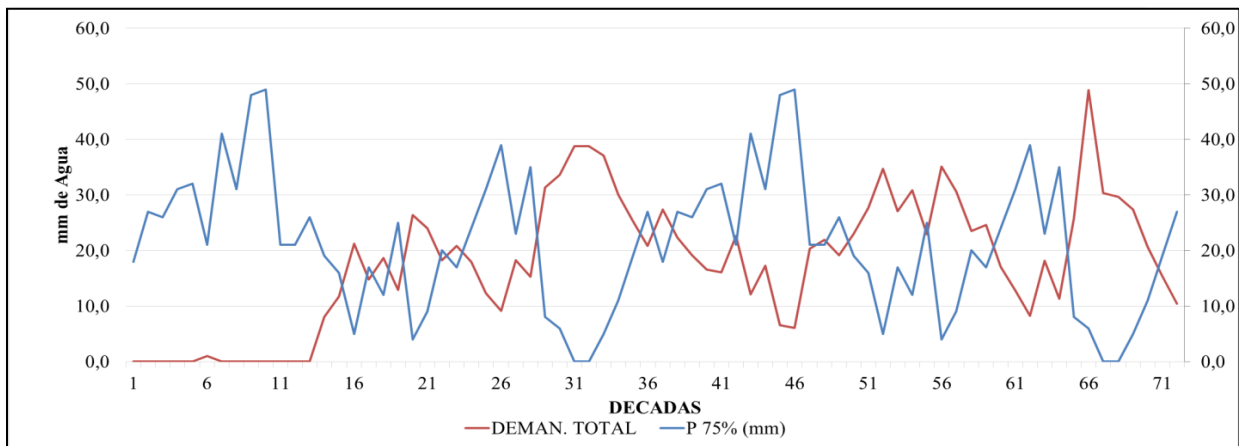


Figura 7: Balance Hídrico total decadal anual.

Fuente: Propia.

La demanda bruta es la demanda neta dividida entre la eficiencia de Aplicación.

$$(6) \quad Demanda Bruta(mm) = \frac{Demanda neta (mm)}{Eficiencia Aplicación (decimal)}$$

El área parcial es el área que se va a regar.

La demanda Bruta total es el valor absoluto de La Demanda Bruta por el área parcial, por los días de la década.

$$(7) \text{ Demanda bruta Total}(m^3) = \text{Demanda Bruta}(mm) * \text{Área parcial (Ha)} * \text{días decada}$$

El módulo de riego (MR) se calcula

$$(8) \quad MR(Lps/Ha) = \frac{\text{Días decada} * \text{Demanda Bruta total } (m^3)}{\text{Jornada de Riego } (h) * \text{Área parcial } (Ha) * 3.6}$$

Los días de cada década son los números de días que tienen las décadas de cada mes, ejemplo: Enero tiene tres décadas, la década uno y dos tienen 10 días y la década tres 11 días.

El caudal decadal se calcula:

$$(9) \quad \text{Caudal decadal } (m^3/s) = \frac{\text{Demanda bruta total del proyecto } (m^3)}{\text{Días de decada} * \text{Jornada de riego}(h) * 3600}$$

El caudal decadal demanda bruta (Lps)

$$(10) \quad \text{Caudal decadal demanda bruta (Lps)} = \text{Caudal decadal } (m^3/s) * 1000$$

El caudal de oferta es el caudal disponible en la captación para poder realizar el riego.

El caudal de diseño es el caudal disponible más unas décimas de seguridad, generalmente unos 0.8 Lps más, éste es el caudal que se debe captar (Figura 8).

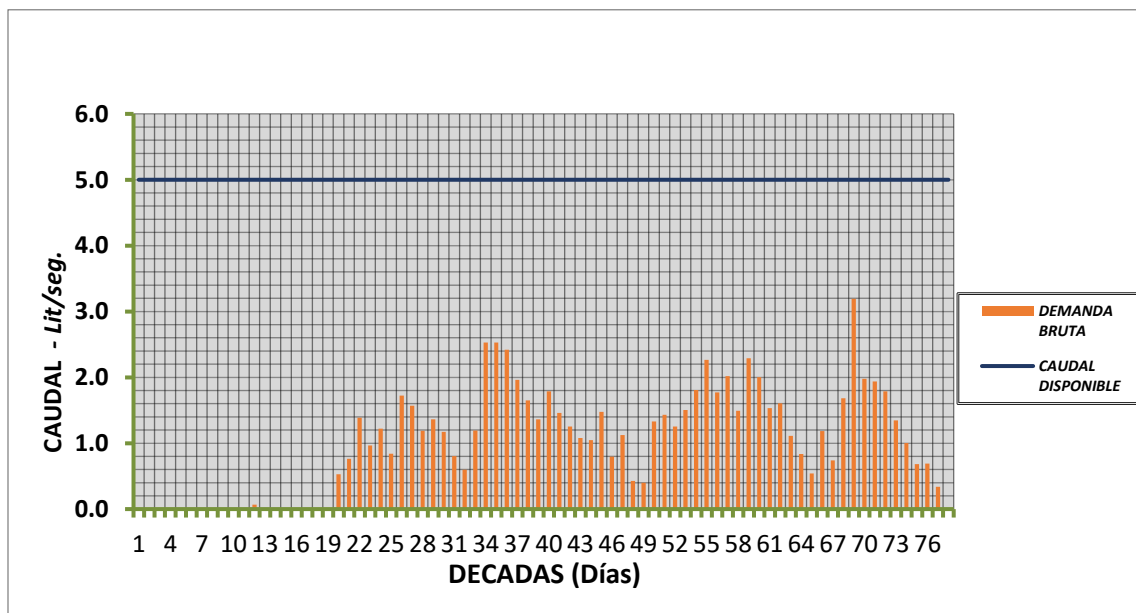


Figura 8: Balance hidrológico decadal anual plan de siembras - proyecto de riego.

Fuente: Propia.

3.7.DISEÑO AGRONÓMICO.

Se optó por una frecuencia de riego de un día para reducir el diámetro de las tuberías de riego. Se asumió una eficiencia del 95% para el sistema debido a la utilización de una línea de riego por goteo. La distancia entre surcos se definió en 3 metros, y entre plantas de lulo en 2 metros. Se seleccionó la línea de goteo incorporado Azud Genium MD PC calibre 25000, con una capacidad de 2 litros por hora y emisores cada 50 centímetros. La presión de trabajo del emisor es de 10.5461 mca, el diámetro interior es de 15.5 mm y el espesor de la pared es de 0.63 mm, buscando maximizar la economía en el riego (Anexo 2).

Para realizar el tiempo de riego total requerido (h) se aplica la siguiente formula:

$$(11) \text{ Precipitación} = \frac{\text{caudal emisor (lph)}}{\text{distancia surcos(m)} * \text{sep emisores (m)}} = \frac{2}{3 \text{ m} * 0.5 \text{ m}} = 1.33 \frac{\text{mm}}{\text{h}}$$

$$(12) \text{ Tiempo de riego} = \frac{\text{Evapotranspiracion (mm)}}{\text{precipitacion} \left(\frac{\text{mm}}{\text{h}}\right)}$$

$$(13) \text{ Etc} = \frac{\text{Evapotranspiracion (mm)} * Kc}{\text{Eficiencia}} = \frac{3.37 \text{ mm} * 1.15}{0.95} = 4.07 \text{ mm}$$

$$(14) \text{ Tiempo de riego} = \frac{4.070 \text{ mm}}{1.3333 \frac{\text{mm}}{\text{h}}} = 3.059 \text{ horas}$$

Por temas de facilidad y manejo del agricultor en campo se redondea a:

→ 3.5 horas (tiempo disponible agricultor)

Tabla 5: Parámetros utilizados para el diseño agronómico.

Parámetros de diseño datos ingresados			
Cultivo	Lulo	Caudal emisor (lph)	2
Sistema de riego	Goteo	No. De laterales x surco(un)	1
Modelo del emisor	Genium pc	Distancia entre laterales (m)	3
DISTANCIA PLANTAS (m)	2	SEPARACIÓN EMISOR (m)	0.5
DISTANCIA SURCOS (m)	3	EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (mm)	3.37
Numero surcos (un)	1	Kc cultivo	1.15
Eficiencia de riego (%)	95%	Tiempo de riego total requerido (h)	3.5
Área a regar (ha)	1.27568963	Número de operaciones ajustado (número de turnos por cada 3 horas)	1.00
Numero de válvulas por operación	1		

Fuente: Propia.

En la Tabla 5 se consignó los parámetros usados para el diseño agronómico, tales como el cultivo, tipo de emisor, caudal del emisor, distancia entre laterales, evapotranspiración, coeficiente de cultivo, entre otros parámetros. Los valores obtenidos del diseño agronómico se pueden apreciar (Tabla 6).

Para el cálculo del tiempo por operación

$$(15) \text{ Tiempo por operación} = \frac{\text{lamina bruta de riego (mm)}}{\text{lamina de aplicación (mm/h)}} = \frac{4.08 \text{ mm}}{1.33 \text{ mm/h}} = 3.06 \text{ h}$$

Tabla 6: Datos obtenidos del diseño agronómico.

Diseño agronómico datos calculados			
Plantas por hectárea (un)	1667	Caudal por operación (m ³ /h)	17.01
Lamina aplicación (mm/h)	1.33	Caudal de bombeo (gpm)	74.84
Lamina neta de riego (mm)	3.8755	Caudal por válvula promedio (m ³ /h)	17.01
Lamina bruta de riego (mm)	4.08	Numero de válvulas total	1
Tiempo por operación (h)	3.06	Área promedio de la válvula (ha)	1.28
Número de operaciones	1.14	Agua bruta aplicada por planta al día (l)	24.47
Tiempo de riego total ajustado (h)	3.06	Agua neta aplicada por planta al día (l)	23.25
Área por operación (ha)	1.27568963		

Fuente: Propia.

De la tabla anterior (Tabla 6) se puede evidenciar que se va a aplicar una lámina bruta al día de 4.08 mm, y de acuerdo al emisor seleccionado el tiempo de riego es de tres horas con una precipitación de 1.33 mm/h. También se logra ver que el área promedio por la válvula es de 1.28 hectáreas, que cada planta de lulo va a recibir al día 22.77 L de agua y que el caudal requerido va a ser de 74.84 GPM de caudal.

3.8.DISEÑO HIDRÁULICO.

El diseño hidráulico comprende las dimensiones de tuberías, la válvula y equipos necesarios. Este se realizará con software de diseño IRRICAD v18 y Autocad Civil3D 2020, que permite dibujar y dimensionar la red hidráulica, a partir de una data base que se carga previamente. En la siguiente figura se muestra el diseño, donde los laterales están de diferentes colores de acuerdo a la elevación, la tubería distribuidora de color verde, la válvula de color azul diferenciada por una figura redonda, la tubería principal de color rosa, el punto de bombeo identificada con un hexágono, y finalmente se indica el lateral crítico, identificado por un círculo en la parte izquierda del área.

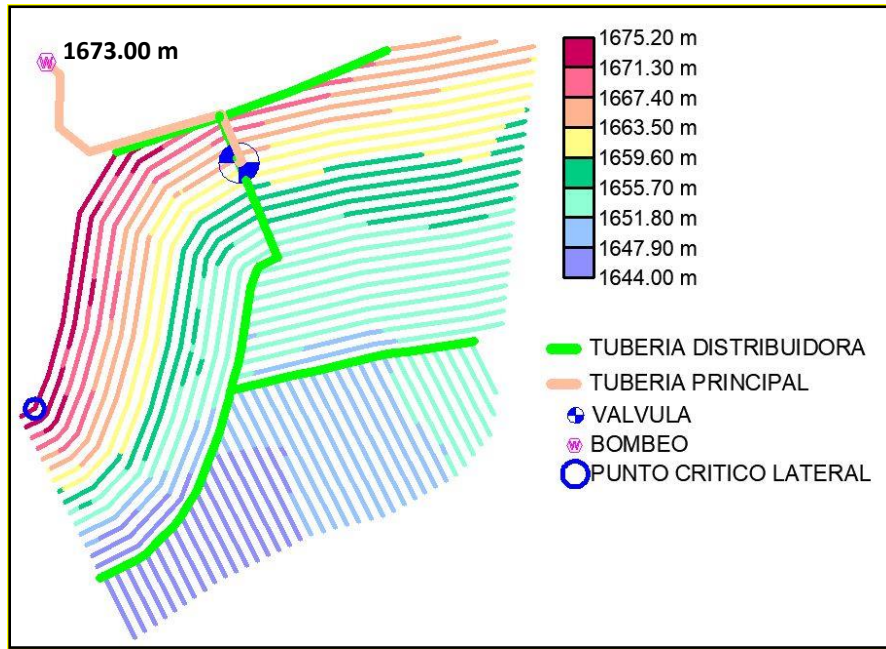


Figura 9: Mapa de elevaciones de la válvula 4 (crítica).

Fuente: Autoría propia

3.8.1. Pérdidas en lateral crítico.

Según el fabricante, la línea de goteo es autocompensada, por lo que la presión en los laterales del sistema de riego debe estar entre 6 PSI y 40 PSI. Sin embargo, para los fines de este proyecto, se utilizará una presión mínima de 6.25 PSI.

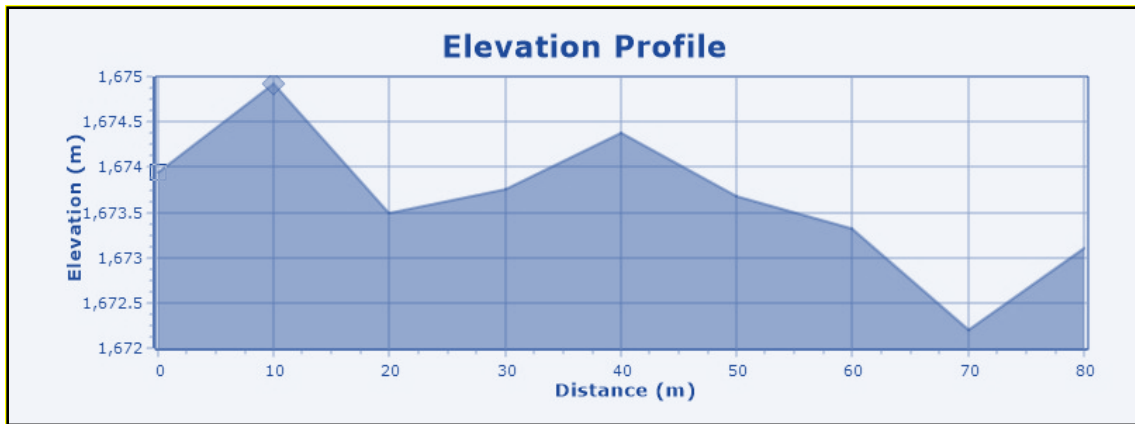


Figura 10: Perfil de elevación lateral más crítico.

Fuente: Propia

De acuerdo con lo mostrado por la Figura 9 y la Figura 10, el punto más crítico se encuentra a 2 metros de la entrada del lateral con un valor de 1675 msnm, este lateral cuenta con una longitud de 80 metros y según el fabricante presenta un caudal nominal de 400 litros por hora cada 100 metros de línea de riego, por lo tanto, se divide el lateral en dos tramos. El tramo 1 abarca desde la entrada

hasta los 70 metros, donde se encuentra el punto más elevado, y el tramo 2 se extiende desde los 70 metros hasta el final del lateral. La pérdida de presión para el primer tramo es:

$$(16) \quad \text{Caudal del tramo 1} = 400 \text{ Lph} * 80 \text{ m} / 100 = 320 \text{ Lph}$$

$$(17) \quad \text{Salidas igualmente espaciadas} = \frac{70\text{m}}{0.5 \text{ m}} = 140 \text{ salidas}$$

Pérdida de presión Ecuación de Hazzen Williams

$$(18) \quad Hf = \frac{1.21 \times 10^{10} * Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}} * L$$

La pérdida de presión en el tramo de tubería (Hf) (en metros de columna de agua), el caudal en litros por segundo (Q) en (Lps), la longitud del tramo de tubería en metros (L) (70 m), el coeficiente de Hazen-Williams (C) (140 para PE).

D es el diámetro interno de la tubería en milímetros (15.5 mm).

$$(19) \quad Hf = \frac{1.21 \times 10^{10} * 0.088^{1.85}}{140^{1.85} 15.5^{4.87}} * 70\text{m} = 1.614 \text{ m. c. a}$$

Ahora se debe multiplicar este valor por un coeficiente F de salidas múltiples igualmente espaciadas N desarrollado por Christiansen en 1942, él se calcula como:

$$(20) \quad F = \left(\frac{1}{m+1} \right) + \left(\frac{1}{2N} \right) + \left(\frac{m-1}{6N^2} \right)$$

Donde el factor de pérdida de carga de Christiansen (F), m= 1.85 para ecuación de Hazzen-Williams y 2 para Darcy-Weysbach y N es el número de salidas igualmente espaciadas

$$(21) \quad F = \left(\frac{1}{1.85+1} \right) + \left(\frac{1}{2 * 140} \right) + \left(\frac{1.85-1}{6 * 140^2} \right) = 0.35$$

$$(22) \quad \text{Pérdida en tramo 1} = Hf_1 = 1.614 * 0.35 = 0.5649 \text{ m. c. a}$$

De acuerdo a lo mostrado por la figura 9 y la figura 10, el punto más crítico se encuentra a 2 metros de la entrada del lateral con un valor de 1675 msnm.

La presión mínima estará a los 70 metros de la entrada del lateral, la presión de entrada será la suma de las pérdidas en el tramo 1 más la presión mínima más las pérdidas por elevación.

$$(23) \quad P_{min} = 6.25 \text{ PSI} = \frac{6.25}{1.422} = 4.39 \text{ m. c. a}$$

$$(24) \quad P_{ent_1} = 4.39 \text{ m. c. a} + 0.5649 \text{ m. c. a} + 2 \text{ m. c. a} = 6.954 \text{ m. c. a}$$

3.8.2. Pérdidas en la distribuidora

Se observa que el tramo más crítico de la distribuidora se encuentra por encima de la válvula (Figura 11). Esta criticidad se debe a que el agua debe ascender desde la válvula hasta un punto más elevado. En este tramo específico, se encuentran 3 laterales distribuidos cada 3 metros. Según el plano de distribución de riego, estos laterales suman una longitud total de 246.76 metros y manejan un caudal de 987 litros por hora. La distribuidora en este tramo tiene una longitud aproximada de 27.2 metros.

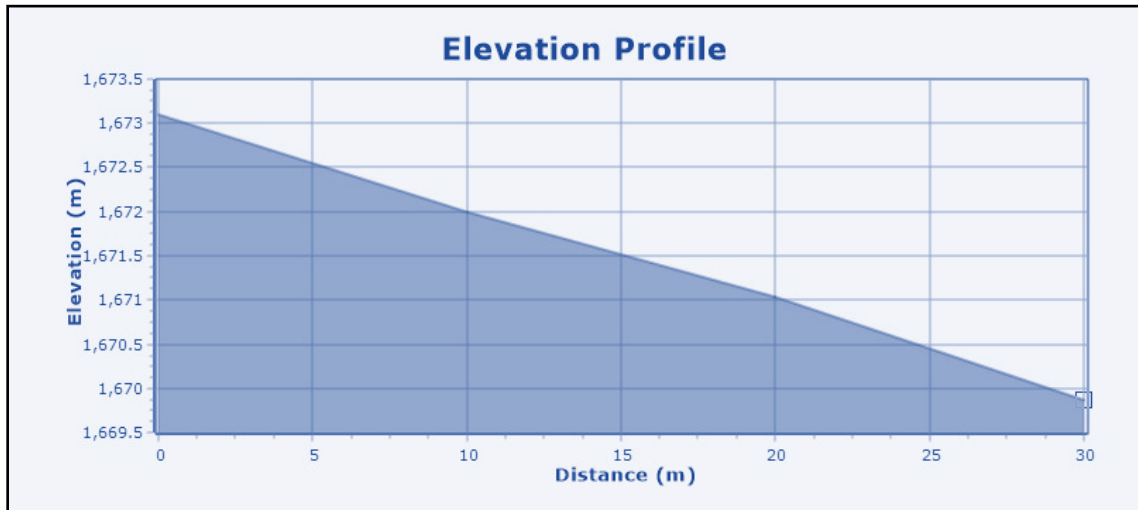


Figura 11: Perfil de elevación de la distribuidora
Fuente: Propia

$$(25) \quad \text{Caudal del tramo 2} = 0.0002747 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 0.27 \text{ lps}$$

Salidas igualmente espaciadas = 3 ya que son tres laterales en este tramo

Pérdida de presión Ecuación de Hazzen Williams

Se calculó el diámetro, teniendo en cuenta una velocidad estimada de 1.5m/s.

$$(26) \quad d(m) = \sqrt{\frac{4 * 0.0002747 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)}{1.5 \frac{\text{m}}{\text{s}} * \pi}} = 0.0152 \text{ m} = 15.2 \text{ mm.}$$

Se seleccionó el diámetro interior de 46 mm de una manguera comercial de 50 mm clase 4 (Anexo 3).

$$L=27.2 \text{ m}$$

Pérdida de presión Ecuación de Hazzen Williams

$$(27) \quad Hf = \frac{1.21 \times 10^{10} * Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}} * L * f$$

Donde Hf es la pérdida de presión en el tramo de tubería (en metros de columna de agua), Q es el caudal en litros por segundo (0.27 Lps), L es la longitud del tramo de tubería en metros (27.2m), C es el coeficiente de Hazen-Williams (140 para PE), D es el diámetro interno de la tubería en milímetros (46 mm) y F es el número de salidas igualmente espaciadas.

$$(28) \quad Hf = \frac{1.21 \times 10^{10} * 0.27^{1.85}}{140^{1.85} 46^{4.87}} * 27.2m = 0.029 \text{ m. c. a}$$

Ahora se debe multiplicar este valor por un coeficiente F de salidas múltiples igualmente espaciadas N desarrollado por Christiansen en 1942, él se calcula como:

$$(29) \quad F = \left(\frac{1}{m+1} \right) + \left(\frac{1}{2N} \right) + \left(\frac{m-1}{6N^2} \right)$$

Donde F es el factor de pérdida de carga de Christiansen, m= 1.85 para ecuación de Hazzen-Williams y 2 para Darcy-Weysbach y N es el número de salidas igualmente espaciadas.

$$(30) \quad F = \left(\frac{1}{1.85+1} \right) + \left(\frac{1}{2 * 3} \right) + \left(\frac{1.85-1}{6 * 3^2} \right) = 0.5333$$

$$(31) \quad \text{Pérdida en tramo 2} = Hf_2 = 0.029 * 0.53 = 0.0155 \text{ m. c. a}$$

$$(32) \quad P_{ent_2} = Hf + P_{ent_1} + \Delta H = \text{m. c. a}$$

$$\Delta H = 4m$$

$$(33) \quad P_{ent_2} = 0.0155 + 6.954 + 4 = 10.9695 \text{ m. c. a}$$

TRAMO 3

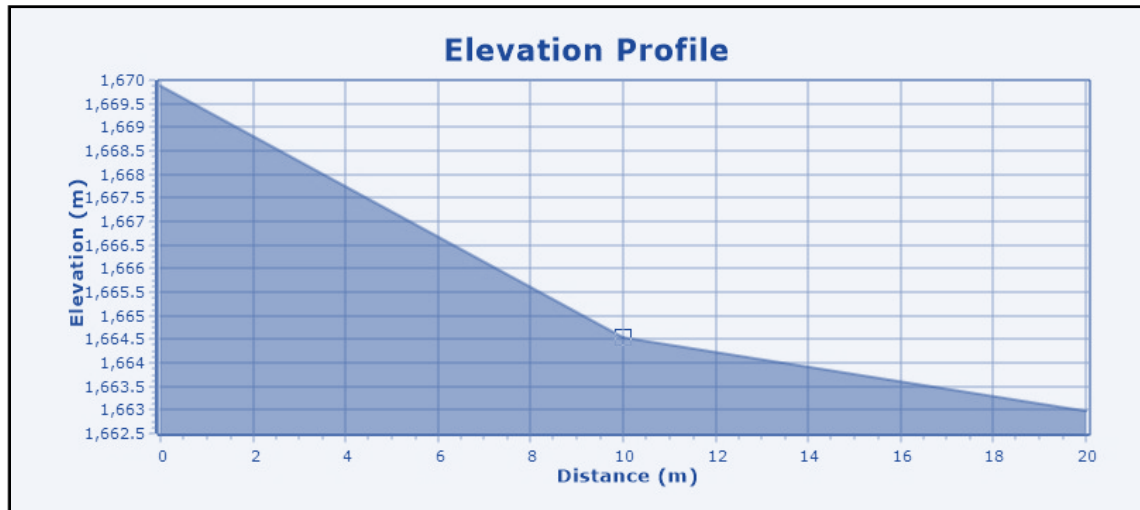


Figura 12: Perfil de elevación del tramo 3.

Fuente: Propia

$$\begin{aligned} \text{Caudal del tramo 3} &= 1068.6 \text{ m} * 400/100 = 4274.4 \text{ lph} = 4.274 \text{ m}^3/\text{h} = 1.187 \text{ lps} \\ &= 0.001187 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Salidas igualmente espaciadas = 8 ya que son el numero de laterales en este tramo

Pérdida de presión Ecuación de Hazzen Williams

Se calcula el diámetro

$$(34) \quad d(m) = \sqrt{\frac{4 * 0.001187 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)}{1.5 \text{ m/s} * \pi}} = 0.0317 \text{ m}$$

= 31.7 mm. seleccionamos el diametro comercial de 46 mm

Pérdida de presión Ecuación de Hazzen Williams

$$(35) \quad Hf = \frac{1.21 \times 10^{10} * Q^{1.85}}{C^{1.85} D^{4.87}} * L * f$$

Donde Hf es la pérdida de presión en el tramo de tubería (en metros de columna de agua), Q es el caudal en litros por segundo (1.18 Lps), L es la longitud del tramo de tubería en metros (12.32m), C es el coeficiente de Hazen-Williams (140 para PE), D es el diámetro interno de la tubería en milímetros (46 mm) y F es el número de salidas igualmente espaciadas

$$(36) \quad Hf = \frac{1.21 \times 10^{10} * 1.18^{1.85}}{140^{1.85} 46^{4.87}} * 12.32 \text{ m} = 0.17315 \text{ m. c. a}$$

Ahora se debe multiplicar este valor por un coeficiente F de salidas múltiples igualmente espaciadas N desarrollado por Christiansen en 1942, él se calcula como:

$$(37) \quad F = \left(\frac{1}{m+1}\right) + \left(\frac{1}{2N}\right) + \left(\frac{m-1}{6N^2}\right)$$

Donde F es el factor de pérdida de carga de Christiansen, m= 1.85 para ecuación de Hazzen-Williams y 2 para Darcy-Weysbach, N es el número de salidas igualmente espaciadas

$$(38) \quad F = \left(\frac{1}{1.85+1}\right) + \left(\frac{1}{2*8}\right) + \left(\frac{1.85-1}{6*8^2}\right) = 0.4155$$

Pérdida en tramo 3 = $Hf_3 = 0.17315 * 0.41 = 0.07 \text{ m.c.a}$

$$(39) \quad P_{ent_3} = Hf_3 + P_{ent_2} + \Delta H = \text{m.c.a}$$

$$(40) \quad \Delta H = 7\text{m}$$

$$(41) \quad P_{ent_3} = 0.07 + 10.97 + 7 = 18.04 \text{ m.c.a}$$

Se halla hf en válvula

$$(42) \quad \text{Caudal del tramo 4} = 4119.196 \text{ m}^3/\text{h} * \frac{400}{100} =$$

$$16477 \text{ lph} = 16.477 \text{ m}^3/\text{h} = 4.58 \text{ lps} = 0.00458 \text{ m}^3/\text{s}$$

Teniendo en cuenta el catálogo perdidas en la válvula.

Nominal Diameter		Flow to (1Kg/cm2) dif. Press		
mm	inch	Lpm	m3/h	Gpm
20	½"	200	12.0	52.9
25	¾"	385	23.1	101.9
32	1"	770	46.2	203.7
40	1 ¼"	1100	66.0	291
50	1 ½"	1750	105.0	463
63	2"	3400	204.0	899.5
75	2 ½"	5250	315.0	1388.9

Figura 13: Catálogo perdidas en la válvula

Fuente: (Jain, 2023)

Se selecciona una válvula de 3" de la tabla con un kv de 315 entonces la pérdida en la válvula es:

$$(43) \quad Hf = \left(\frac{Q}{Kv}\right)^2$$

$$(44) \quad Hf = \left(\frac{16.477}{315}\right)^2 = 0.00274\text{bar} = 0.028\text{m.c.a}$$

Presión a la entrada de la válvula

Es la presión en el tramo 3+ la pérdida de presión en la válvula

$$(45) \quad P_{entv} = P_3 + Perdida_{pv}$$

$$(46) \quad P_{entv} = 18.04 + 0.028 = 18.06m. c. a$$

3.8.3. Pérdidas de fricción en la Tubería Principal.

TRAMO 4

Longitud 75.614m

Se calcula diámetro

$$(47) \quad d(m) = \sqrt{\frac{4 * 0.00458 \left(\frac{m^3}{s}\right)}{1.5 * \pi}} = 0.0623 m$$

= 62.3 mm. seleccionamos el diametro comercial de 80 mm

Ahora se calcula la perdida de presión en este tramo

$$(48) \quad H_f = \frac{1.21 \times 10^{10} * 4.58^{1.85}}{140^{1.85} 80^{4.87}} * 75.614m = 0.88m. c. a$$

$$(49) \quad \Delta H = 1673 - 1663 = 10m. c. a$$

$$(50) \quad P_{entp} = P_{entv} + H_{f4} - \Delta H$$

$$(51) \quad P_{entp} = 18.06 + 0.88 - 10 = 8.94m. c. a$$

3.8.4. Pérdida en Filtrado.

Se ha seleccionado un filtro de discos de 120 mesh suministrado por inverna riegos del Huila de la marca AZUD AGL de 3", y de acuerdo a la información suministrada por el fabricante del filtro de disco seleccionado, la pérdida de presión máxima a través del mismo es para un caudal de 17 m³/h es de 0.05 bar= 0.51m

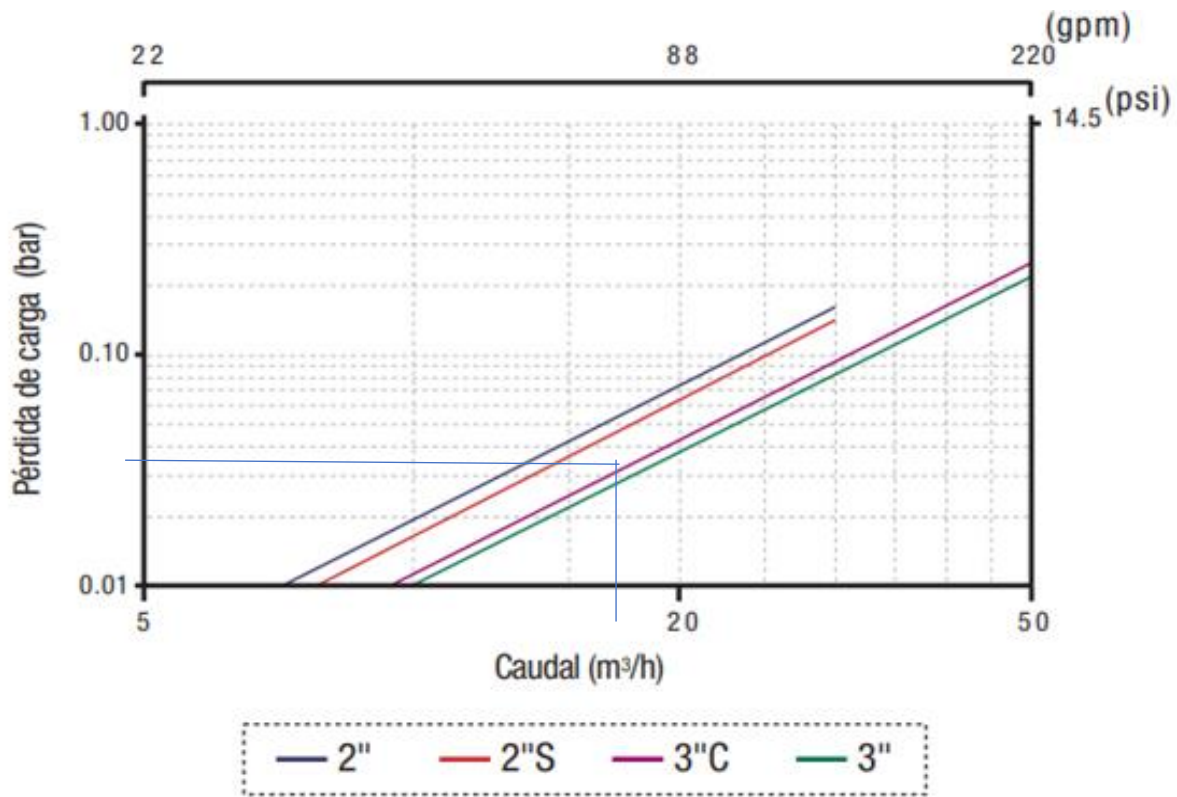


Figura 14: Perdida de carga filtro AZUD AGL DISCOS 130 micron

3.8.5. Pérdidas por Accesorios

De acuerdo con el manual técnico de información de riego (Hunter, 2023), se puede asignar un valor del 10% de las pérdidas totales a las pérdidas menores o por accesorios.

$$(52) \quad Hf_{menores} = Hf * 0.10$$

$$(53) \quad Hf_{menores} = 8.94 \text{ m.c.a.} * 0.10 = 0.894 \text{ m.c.a.}$$

3.8.6. Cabeza Dinámica Total

La cabeza dinámica total es la sumatoria de todas las pérdidas por fricción, accesorios, menores y la altura de succión.

$$(54) \quad CDT = Hf + Hf_{menores} + Hf_{Filtrado} + Altura_{Succ}$$

$$(55) \quad CDT(\text{m.c.a.}) = 8.94 \text{ m.c.a.} + 0.894 \text{ m.c.a.} + 0.30 \text{ m.c.a.} + 2 \text{ m.c.a.} \cong 12.13 \text{ m.c.a.}$$

3.8.7. Potencia de la Bomba

La potencia de la bomba se calcula con la siguiente ecuación según (Hunter,2023).

$$(56) \quad P(\text{Hp}) = \frac{Q * CDT}{76 * n}$$

Donde P es la potencia requerida por la bomba dada en Caballos de Potencia, Q es el caudal del sistema dado en Litros por segundo, CDT es la cabeza dinámica total dada en metros y n es la eficiencia del motor de la bomba (70% asumido).

$$(57) \quad P(\text{Hp}) = \frac{(4.58 \text{ Lps}) * (12.13 \text{ m. c. a})}{76 * 70\%} = 1.044 \text{ HP}$$

De lo anterior el sistema de riego requiere un caudal de 4.58 litros por segundo, una presión de 13 metros columna de agua y una bomba de 1.5 caballos. Por lo que indagando en el mercado nacional se logró seleccionar la bomba de riego IHM Centrífuga 15A-2MW con 2 caballos de potencia con entrada y salida en 1.1/2" pulgadas (Figura 15).



Figura 15: Bomba monofásica IHM Centrífuga 15A-2MW 2*2"
Fuente: IHM, 2023

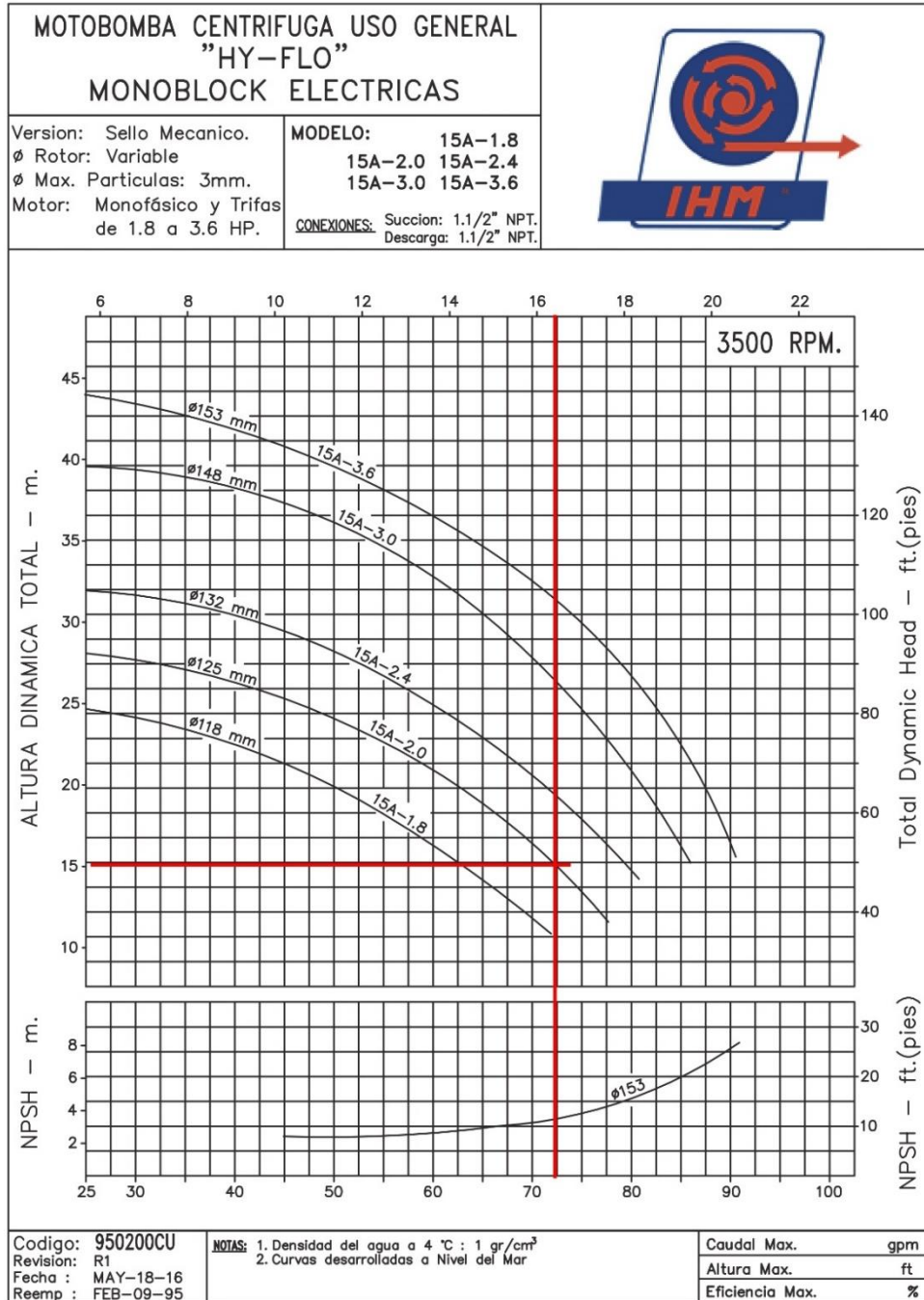


Figura 16: Curva característica Bomba seleccionada
Fuente: IHM, 2023

De acuerdo con la figura 22, la presión de operación de la bomba será de 15 metros columna de agua aproximadamente a 3500 rpm, para ofrecer un caudal de 4.58 l/s de caudal con un diámetro de impulsor de 125mm.

3.9.Procedimiento en Irricad

Inicialmente se dibujaron los laterales (línea de goteo AZUD genium PC), se seleccionó el emisor, seguidamente se dibujó la tubería múltiple conectando los laterales.

Teniendo en cuenta el perfil de elevación de la tubería múltiple se seleccionó una posición que quedara en un punto medio de la diferencia de elevación, para crear la válvula, que debe ser entre rango de 0 a 16.477 m³/h, dato tomado de los laterales que arroja el programa.

Un criterio importante a tener en cuenta es la velocidad para las tuberías, a lo que se le asignó una velocidad de 1.5m/s para la tubería de zona y la principal, esto con el fin de evitar sobrepresiones.

Con el objetivo de homogeneizar el diámetro de las tuberías se seleccionó el diámetro de 50mm CI 4 para la distribuidora. Por ende esta es la información que se carga a la base de datos.

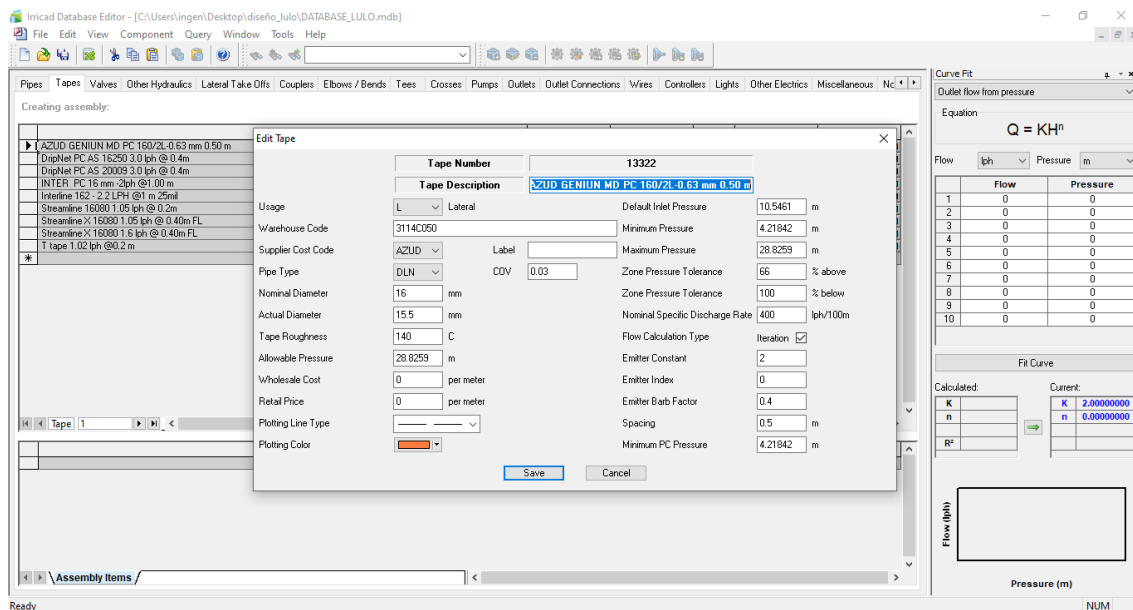


Figura 17: Captura de procedimiento del cargue de la base de datos para la tubería

Se va analizando los datos insertados, presentando presiones negativas, esto se debe al desnivel del terreno, por lo que se agregaron 2 reguladores de presión en los tramos inferiores, estos reguladores se agregaron a la base de datos como componente, que deja una presión a regular de 15 PSI a una profundidad de 0m.

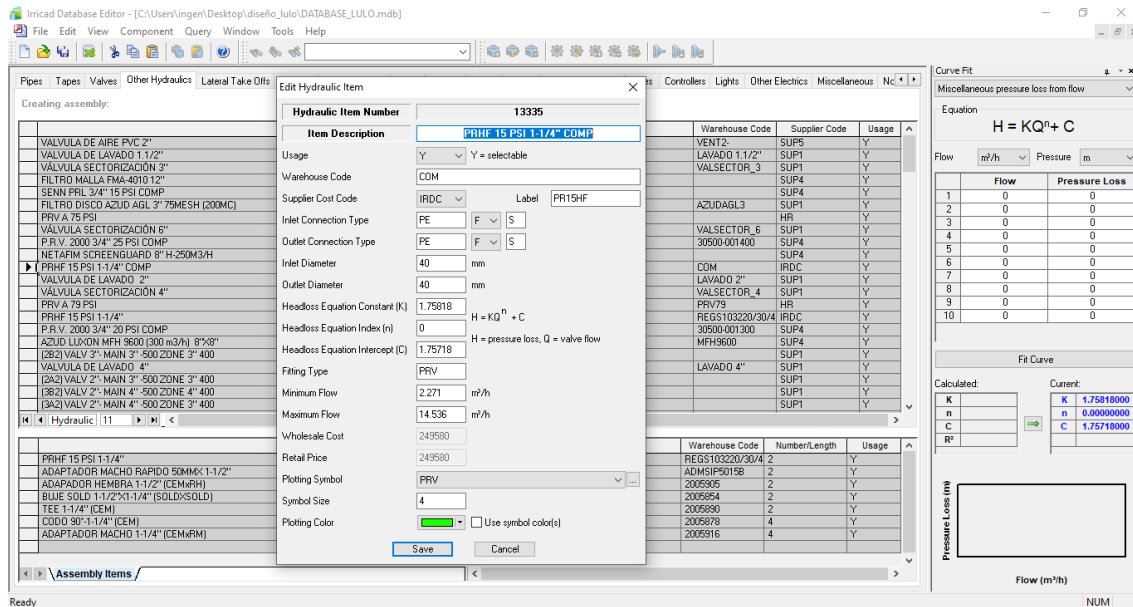


Figura 18: Captura de procedimiento del cargue del componente de un regulador de presión

En la válvula se configura la presión en 25 PSI, buscando una presión mínima de 6,25 PSI. Al analizar se encontró una presión de 24,98 PSI, asignando un único turno de riego.

Al generar el mapa de presiones se obtuvo el siguiente diagrama, donde los colores amarillo y cian indican que la presión está dentro del rango de compensación, pero el amarillo está cerca del límite inferior. Verde es que esta dentro del rango. Azul oscuro es que está muy arriba de la presión máxima y el rojo es que está muy por debajo de la presión mínima.

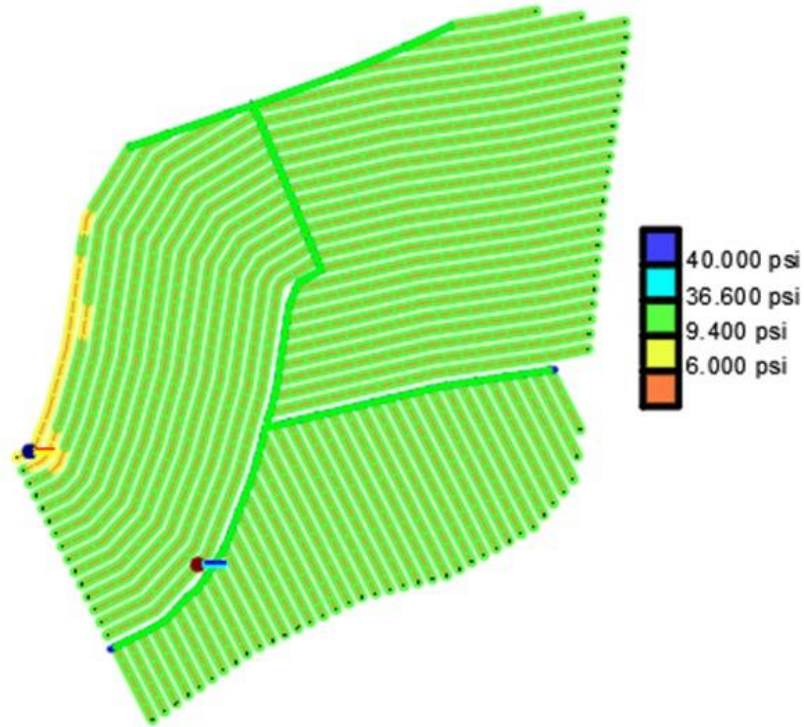


Figura 19: Mapa indicador de presiones.

Fuente: Propia

Se dibujó la principal desde la válvula hasta la posición de la bomba (fuente de agua), quedando a 75.6 m de válvula a la bomba. El programa sugiere tubería de 75mm Cl4, ya que es poco comercial, se seleccionó tubería de 90mm Cl6.

La válvula se dejó de 3in por temas de instalación. |

Se analizaron las presiones, obteniendo en la válvula una presión de 8,49 m.c.a; y de manera manual se obtuvo 8.94m.c.a.; para el lateral crítico se obtuvo una presión mínima de 2.79 m.c.a. y la presión de entrada al lateral o tramo 1 de 7.229 m.c.a.; al inicio del tramo 2 la presión es de 10.54 m.c.a., y de manera manual se obtuvo 10.96 m.c.a.; para el tramo 3 la presión final es de 10.54 m.c.a. y en la entrada de 17.56 m.c.a. de forma manual en la entrada es de 18.06. m.c.a.

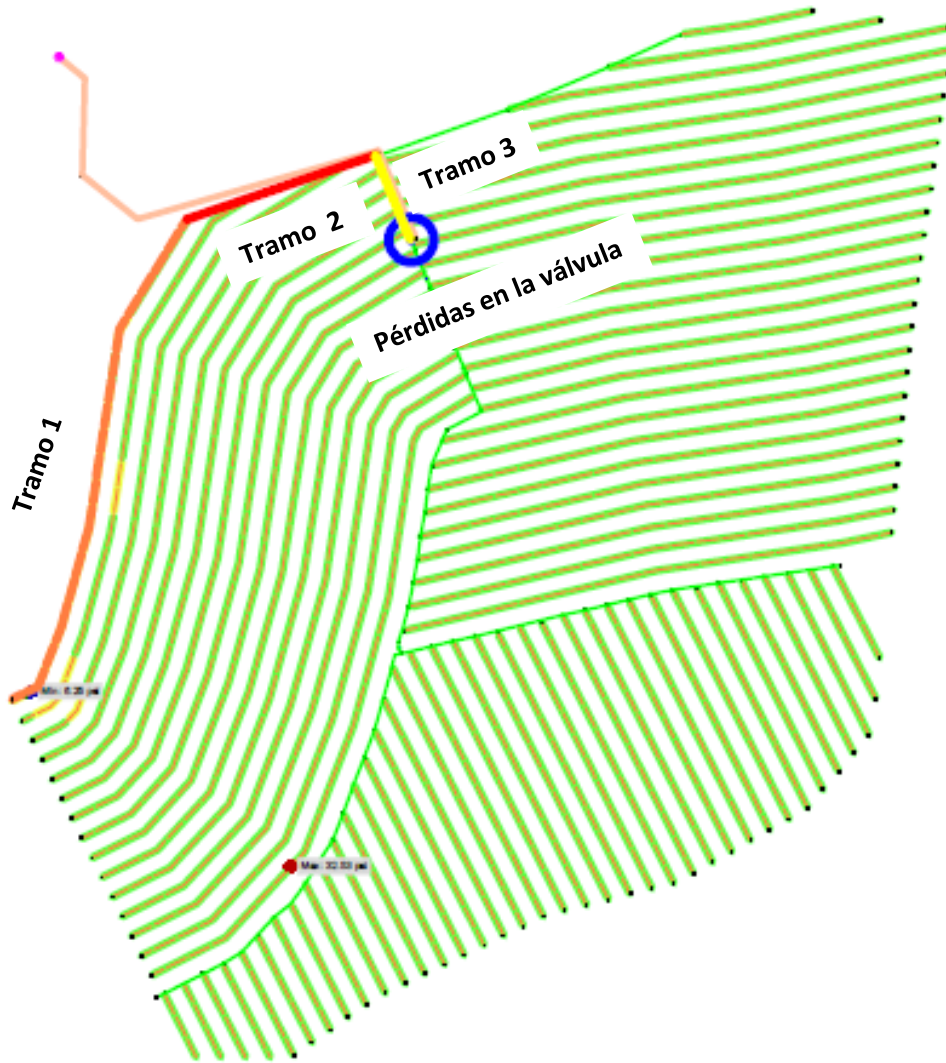



Figura 20: Mapa gráfico donde muestra la distribución de tramos.
Fuente: Propia

Para finalizar se obtiene el siguiente plano de diseño.

4. CONCLUSIONES

- El uso del software Irricad V18 en conjunto con AutoCAD Civil3D 2020 permitió diseñar un sistema de riego por goteo altamente eficiente y adaptado a las condiciones específicas del cultivo de lulo en la finca El Porvenir. Este enfoque tecnológico representa un avance significativo en la gestión sostenible de los recursos hídricos y la optimización de la productividad agrícola en la región.
- La integración de técnicas de levantamiento topográfico de precisión, análisis de suelos detallados y estimaciones precisas de evapotranspiración y balance hídrico, junto con la potencia de cálculo y modelado 3D de Irricad, permitió diseñar un sistema de riego a medida que maximiza la uniformidad de aplicación, minimiza las pérdidas por percolación o escorrentía, y entrega el agua directamente a la raíz de cada planta.
- El análisis físico-químico del suelo realizado por el laboratorio LAGSA mediante rigurosas pruebas como densidad real, textura Bouyoucos, permeabilidad, curva de retención y pH, caracterizó un suelo Franco-arcilloso, profundo, moderadamente permeable y ligeramente ácido ideal para el cultivo de lulo.
- La estimación de la evapotranspiración con los datos de la estación Aquastat de la FAO garantizó precisión, arrojando un promedio de 3.3 mm/día para la zona. El balance hídrico con el coeficiente de cultivo específico permitió calcular la lámina neta de riego óptima de 3.87 mm/día para el lulo.
- Irricad V18 demostró ser una herramienta invaluable en el diseño de sistemas de riego localizado, reduciendo drásticamente los tiempos de cálculo en un 75% en comparación con los métodos manuales tradicionales. Su interfaz amigable, algoritmos optimizados y base de datos integrada facilitaron la evaluación rápida de múltiples escenarios y la toma de decisiones informadas para seleccionar la configuración óptima.
- La simulación computacional proporcionada por Irricad V18 permitió analizar en minutos escenarios que tomarían días con métodos manuales, lo que representa un ahorro significativo de tiempo y recursos. Esta capacidad de exploración y optimización es fundamental para el diseño de sistemas de riego eficientes y adaptados a las necesidades específicas de cada cultivo y entorno.
- El sistema de riego diseñado, con laterales de polietileno y emisores autocompensados de 2 l/h espaciados a 0.5 m, garantiza una distribución uniforme y precisa del agua, minimizando las pérdidas y maximizando la eficiencia del riego, lo que se traduce en un uso sostenible de los recursos hídricos y un aumento potencial en la productividad y rentabilidad del cultivo de lulo.

5. ANEXO 1

ENTREGA DE RESULTADOS		
 LAGSA Laboratorio Agroambiental de Suelos y Aguas	INFORME DE RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICO DE SUELOS	CÓDIGO ER-FR-02 VERSIÓN 01 PAG: 1 DE 1

DATOS DEL CLIENTE		
SOLICITANTE: Yulieth Gonzales DIRECCIÓN: Cra 5 N° 7-37	TELÉFONO: 3123619448 EMAIL: yuliethgnziz@gmail.com	CIUDAD: Garzón
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		
MUNICIPIO: Garzón CULTIVO: No Reporta FECHA DE RECEPCIÓN: 18/11/2021	DEPARTAMENTO: Huila ID CLIENTE: Finca El Porvenir FECHA DE ENTREGA: 11/12/2021	

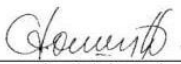
3. RESULTADOS						
MUESTRA LAB No.	Densidad Aparente	Densidad Real	Gravimétrica		Porosidad Total	Humedad Gravimétrica
			Capacidad de Campo (CC)	Punto de Marchitez Permanente (PMP)		
	$g.cm^{-3}$			%		
547-21	1,15	2,20	30,00	17,00	47,73	-

Estabilidad Estructural	Límites de Atterberg	Coeficiente de Estabilidad Lineal	Permeabilidad	Conductividad Hidráulica	Infiltración	Granulometría
			$cm^3.s^{-1}$	$m.dia^{-1}$	$cm.h^{-1}$	g
-	-	-	-	-	-	-

Textura			
% Arena	% Limo	% Arcilla	Franco Arcillo Arenoso
54,40	17,66	27,94	

*Los resultados corresponden unicamente a las muestras suministradas por el cliente y analizadas en el laboratorio

MÉTODOS	
Humedad gravimétrica: Secado a 105°C	Textura: Bouyoucos
Estabilidad estructural: Yoder	CC y PMP: olla y platos de presión
L de Atterberg: Líquido, Plástico	Infiltración: Anillos infiltrómetros
Conductividad hidráulica: Pozo Barrenado	Granulometría: Juego de Tamices
Porosidad total: Relación de densidades	Densidad real : Pícnómetro
Permeabilidad de suelo: Permeámetro de cabeza constante	Densidad aparente: Terrón Parafinado


Director Laboratorio
 Armando Torrente Trujillo M.Sc. Ph.D

Carrera 5ª No. 21ª -61 B/ Sevilla Neiva-Huila. Telefax 8666848 Cel 3142480137
 E-mail. Lagsalaboratorio@gmail.com - Comercial@laboratoriolagsa.com

AZUD GENIUN PC MD

Más uniformidad para tu cultivo



- 1 **Anti-raíces ARS**
Experiencia frente a la intrusión radicular.
- 2 **Anti-obstrucciones DS TECHNOLOGY**
La seguridad patentada.
- 3 **Uniformidad SILITEC**
Tecnología farmacéutica en el corazón del emisor, la membrana.
- 4 **Protección H.E.X.**
Exclusivo triple sistema de filtración en 3D.

DS Technology
Anti-clogging efficiency
Eficacia antibloqueante



www.azud.com

Qué es

AZUD GENIUN es la tubería emisora, que cumple con las especificaciones de la ISO 9261, y que garantiza el crecimiento uniforme del cultivo en cualquier terreno, con menos recursos y con más respeto medioambiental.

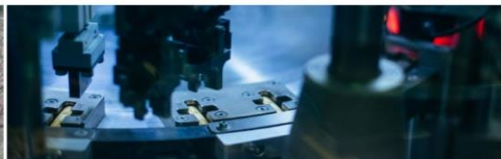
Su tecnología autocompensante lo convierte en la mejor solución para el riego por goteo de precisión, ya que garantiza la uniformidad del caudal en toda la instalación.

Aplicación

- Riego por goteo en terrenos con desniveles
- Riego de cultivos ecológicos
- Riego de cultivos hortícolas

Ventajas

- **Emisores siempre protegidos:**
Sistema de filtración autolimpiante H.E.X. para la retención de partículas en la superficie y en profundidad.
- **Caudal uniforme garantizado en la vida útil del cultivo:**
La membrana inyectada es dinámica, lo que garantiza una autocompensación de precisión, fiable y duradera y una limpieza eficiente del laberinto.
- **Máxima resistencia certificada frente obstrucciones:**
El laberinto autolimpiante DS Technology está formado por cavidades elípticas que evitan la sedimentación de partículas.
- **Mayor protección contra intrusión radicular:**
El sistema ARS consiste en un equilibrio entre dos arcos con diferentes ángulos de apertura y un diseño cónico en el punto de emisión del agua que dificultan la intrusión radicular.



DATOS TÉCNICOS

www.azud.com

AZUD GENIUN PC		AZUD GENIUN PC 160			
Modelo		1L	1.6L	2L	3.8L
Caudal nominal	l/h gph	1.00 0.26	1.60 0.42	2.00 0.53	3.80 1.00
Diámetro interior	mm in	15.5 0.61			
Espesor nominal	mm mil	0.63 25	0.70 28	0.80 32	
Presión máxima	bar psi	2.8 41	2.9 42	3.0 44	

ISO 9261

Modelo AZUD GENIUN PC		Ecuación característica AZUD GENIUN $q = K \cdot h^x$		Presión de trabajo	
Modelos		q (l/h) - h (mca)	q (gph) - h (psi)	bar	psi
AZUD GENIUN PC	1L	$q = 1.00 \cdot h^0$	$q = 0.26 \cdot h^0$	0.4 - 4.0	6 - 58 psi
AZUD GENIUN PC	1.6L	$q = 1.60 \cdot h^0$	$q = 0.42 \cdot h^0$	0.4 - 4.0	6 - 58 psi
AZUD GENIUN PC	2L	$q = 2.00 \cdot h^0$	$q = 0.53 \cdot h^0$	0.4 - 4.0	6 - 58 psi
AZUD GENIUN PC	3.8L	$q = 3.80 \cdot h^0$	$q = 1.00 \cdot h^0$	0.4 - 4.0	6 - 58 psi

Modelo AZUD GENIUN PC							
Modelo	Espesor de pared (mm) (mil)		Distancia entre goteros (m)	Bobina (m)	Bobinas / Palé	Bobinas / Contenedor 40' HC	Bobinas / Camión 81 m ²
160	0.63	25	< 0.20	750	12	480	528
			≥ 0.20	800			
160	0.70	28	< 0.20	550	12	480	528
			≥ 0.20	600			
160	0.80	32	< 0.20	450	12	480	528
			≥ 0.20	500			

AZUD GENIUN PC			Longitud de ramal*									
Modelo	Espesor mm mil	Presión entrada bar psi	Separación de emisores*									
			0.20 m 8"	0.25 m 10"	0.30 m 12"	0.33 m 13"	0.40 m 16"	0.50 m 20"	0.60 m 24"	0.75 m 30"	1.00 m 39"	1.25 m 49"
160	1L	2.8 41	193 633	232 761	270 886	291 955	338 1109	402 1319	461 1512	542 1779	461 1512	782 2566
	1.6L		142 466	171 561	198 650	214 702	349 1145	296 971	340 1115	401 1316	340 1115	578 1896
	2L		123 404	148 486	172 564	185 607	216 709	256 840	294 965	347 1138	294 965	500 1640
	3.8L		81 266	97 318	113 371	122 400	142 466	169 554	194 636	229 751	194 636	330 1083
160	1L	2.9 42	196 643	236 774	273 896	295 968	343 1125	407 1335	467 1532	551 1808	677 2221	793 2602
	1.6L		144 472	173 568	201 659	217 712	253 830	300 984	345 1132	406 1332	500 1640	585 1919
	2L		124 407	150 492	174 571	188 617	219 719	260 853	299 981	352 1155	433 1421	507 1663
	3.8L		82 269	99 325	115 377	124 407	144 472	171 561	197 646	232 761	286 938	335 1099
160	1L	3.0 44	198 650	239 784	277 909	299 981	348 1142	413 1355	474 1555	558 1831	686 2251	804 2638
	1.6L		146 479	176 577	204 669	220 722	256 840	304 997	350 1148	412 1352	507 1663	594 1949
	2L		126 413	152 499	177 581	191 627	222 728	263 863	302 991	357 1171	439 1440	514 1686
	3.8L		83 272	100 328	116 381	126 413	146 479	174 571	200 656	236 774	290 951	340 1115

*Pendiente: 0%

*Presión mínima en el último gotero del lateral: 0.4 bar / 6 psi.

Se recomienda realizar el diseño de la instalación, con longitudes de ramal inferiores a 800 metros / 2.625 pies.

Para más longitudes de ramal, consulte nuestro programa de cálculo hidráulico AZIS en www.azud.com.

ACCESORIOS DE SEGURIDAD



VÁLVULA CINTA-CINTA



ENLACE CINTA-CINTA



ENLACE CINTA-TUBERÍA



VÁLVULA CINTA-TUBERÍA

RECOMENDAMOS ACCESORIOS HOMOLOGADOS POR AZUD, CONSULTE NUESTRA GAMA DE ACCESORIOS Y COMPLEMENTOS

AZUD
La Cultura del Agua



SISTEMA AZUD, S.A.
Avda. de las Américas P. 6/6 - Pol. Ind. Oeste
30820 ALCANTARILLA - MURCIA - SPAIN

✉ Apdo. 147 • 30169 SAN GINÉS - MURCIA - SPAIN
Tel.: +34 968 808402 • Fax: +34 968 808302
Para más información consulte nuestra web azud.com

ANEXO 3

→ Marking

Each pipe can be identified by its external diameter and by its class (2,5, 4, 5 or 6 bar). On each 1 meter of the pipe there is a mark that represents the following:

→ Standard Irrigation Pipes



→ Standard Irrigation PE Pipes Tile Coils



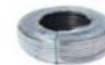
Model	Pipe OD (mm)	PN (class)	Max. Working Pressure (bar)	Min. Wall Thickness* (mm)	I.D (mm)	Material Class.	Tie Coils Pipe Length				
							25meter	50meter	100meter	200meter	400meter
16/4	16	4	4	1	14.0	PE40	40500-004110	40500-004210	40500-004310	40500-004410	40500-004510
20/4	20	4	4	1.2	17.6	PE40	40500-004810	40500-004910	40500-005010	40500-005110	40500-005130
25/4	25	4	4	1.5	22.0	PE40	40500-005510	40500-005610	40500-005710	40500-005910	
32/4	32	4	4	1.3	29.4	PE63	40500-006205	40500-006310	40500-006410		
32/4 Soft	32	4	4	2.4	27.2	PE32			40500-006430		
32/6	32	6	6	2.0	28.0	PE63		40500-010610	40500-010710		
40/4	40	4	4	1.6	36.8	PE63		40500-006700	40500-006900	40500-007000	N/A
40/4 Soft	40	4	4	3.0	34.0	PE32			40500-007400		N/A
40/5	40	5	5	1.9	36.2	PE63			40500-007450		N/A
40/6	40	6	6	1.6	36.8	PE100		40550-004639	40550-004640		N/A
50/4	50	4	4	2.0	46.0	PE63		40500-007600	40500-007800		N/A
50/4 Soft	50	4	4	3.7	42.6	PE32		40500-008200	40500-008300		N/A
50/5	50	5	5	2.4	45.2	PE63			40500-008380		N/A
50/6	50	6	6	2.0	46.0	PE100		40550-004649	40550-004650		N/A
63/4	63	4	4	2.5	58.0	PE63		40500-008500	40500-008700		N/A
63/5	63	5	5	3.0	57.0	PE63		40500-008770	40500-008780		N/A
63/6	63	6	6	3.0	57.0	PE80		40550-010189	40550-010190		N/A
75/4	75	4	4	2.9	69.2	PE63			40500-009100		N/A
75/5	75	5	5	3.6	67.8	PE63		40500-009230	40500-009270	40500-009280	N/A
75/6	75	6	6	2.0	71.0	PE80		40550-010194	40550-010195		N/A
90/6	90	6	6	3.5	83.0	PE100		40550-006500	40550-006550	40500-012550**	N/A

Missing catalog numbers available upon request

* At water temperatures up to 35° C

** PE63

→ Standard Irrigation PE Pipes Stretched Wrapped Coils

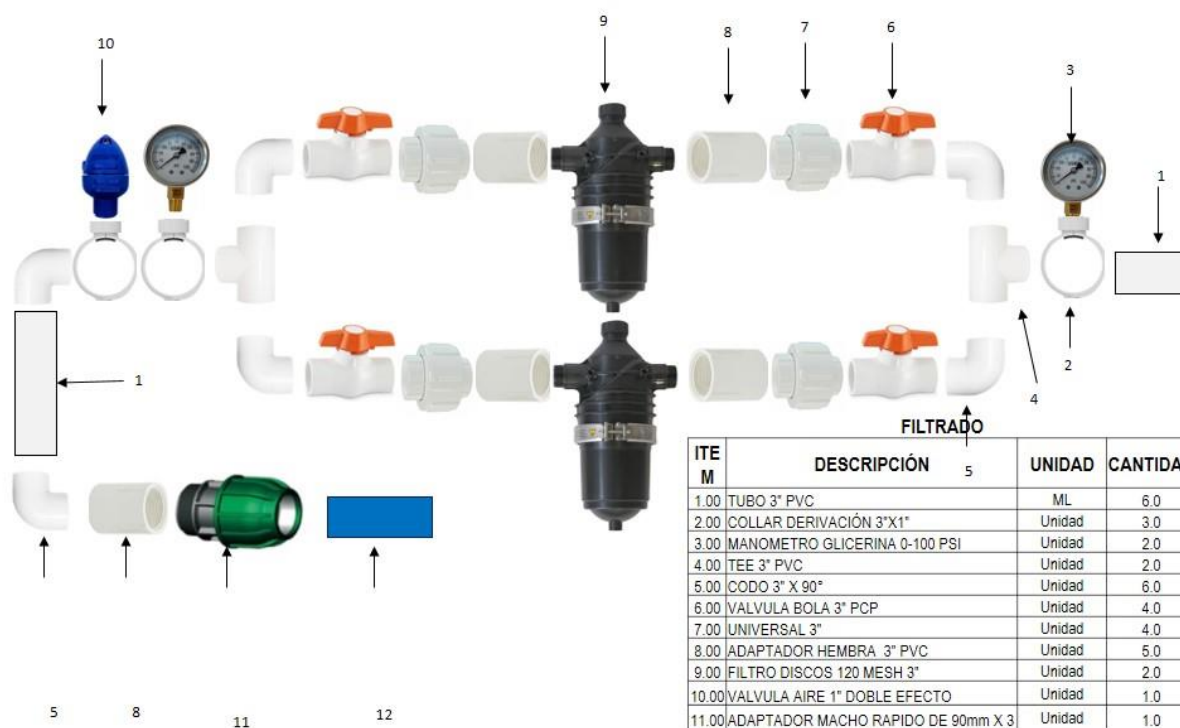


Model	Pipe OD (mm)	PN (class)	Max. Working Pressure (bar)	Min. Wall Thickness* (mm)	I.D (mm)	Material Class.	Tie Coils Pipe Length				
							25meter	50meter	100meter	200meter	400meter
16/4	16	4	4	1.0	14.0	PE40		40500-004200	40500-004300	40500-004400	
20/4	20	4	4	1.2	17.6	PE40		40500-004900	40500-005000	40500-005100	
25/4	25	4	4	1.5	22.0	PE40		40500-005600	40500-005700		N/A
32/4	32	4	4	1.3	29.4	PE63	40500-005500			N/A	N/A
32/4 Soft	32	4	4	2.4	27.2	PE32					

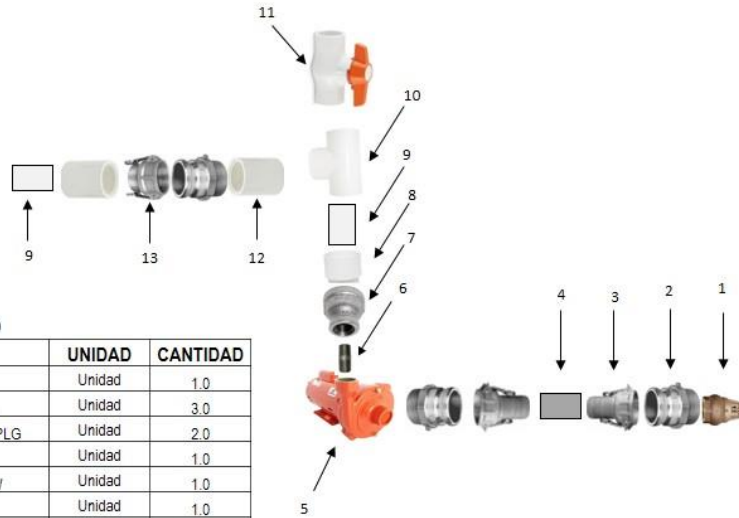
Missing catalog numbers available upon request

* At water temperatures up to 35° C

ANEXO 4

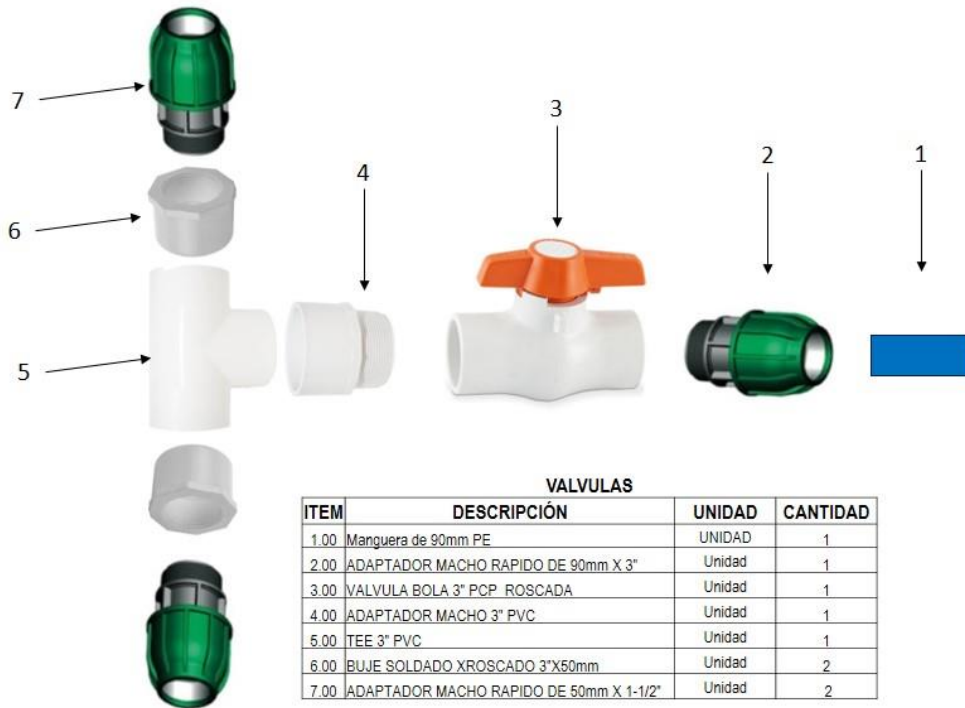


ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1.00	TUBO 3" PVC	ML	6.0
2.00	COLLAR DERIVACIÓN 3"X1"	Unidad	3.0
3.00	MANOMETRO GLICERINA 0-100 PSI	Unidad	2.0
4.00	TEE 3" PVC	Unidad	2.0
5.00	CODO 3" X 90°	Unidad	6.0
6.00	VALVULA BOLA 3" PCP	Unidad	4.0
7.00	UNIVERSAL 3"	Unidad	4.0
8.00	ADAPTADOR HEMBRA 3" PVC	Unidad	5.0
9.00	FILTRO DISCOS 120 MESH 3"	Unidad	2.0
10.00	VALVULA AIRE 1" DOBLE EFECTO	Unidad	1.0
11.00	ADAPTADOR MACHO RAPIDO DE 90mm X 3"	Unidad	1.0
12.00	MANGUERA PELETIZADA 3"	-	-



BOMBEO

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1.00	VALVULA DE PIE 3"	Unidad	1.0
2.00	ACOPLE TIPO OPW ALUMINIO PARTE F 3	Unidad	3.0
3.00	ACOPLE TIPO OPW ALUMINIO PARTE C 3PLG	Unidad	2.0
4.00	MANGUERA CORRUGADA SUCCION 6M	Unidad	1.0
5.00	BOMBA DE RIEGO IHM Centrífuga 15A-2MW	Unidad	1.0
6.00	NIPLE GALVANIZADO	Unidad	1.0
7.00	REDUCCION CONCENTRICA ROSCADA	Unidad	1.0
8.00	ADAPTADOR MACHO 3" PVC	Unidad	1.0
9.00	TUBO 3" PVC	ML	1.2
10.00	TEE 3" PVC	Unidad	1.0
11.00	VALVULA BOLA 3" PCP	Unidad	1.0
12.00	ADAPTADOR HEMBRA 3" PVC	Unidad	2.0
13.00	ACOPLE TIPO OPW ALUMINIO PARTE B 3	Unidad	1.0



VALVULAS

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1.00	Manguera de 90mm PE	UNIDAD	1
2.00	ADAPTADOR MACHO RAPIDO DE 90mm X 3"	Unidad	1
3.00	VALVULA BOLA 3" PCP ROSCADA	Unidad	1
4.00	ADAPTADOR MACHO 3" PVC	Unidad	1
5.00	TEE 3" PVC	Unidad	1
6.00	BUJE SOLDADO XROSCADO 3"x50mm	Unidad	2
7.00	ADAPTADOR MACHO RAPIDO DE 50mm X 1-1/2"	Unidad	2

6. REFERENCIAS

- Alvarado Batres, C., & Barahona-Palomo, M. (2017). Comparación de tres métodos de infiltración utilizados para el cálculo del balance hídrico del suelo, en la Cuenca del río Suquiapa, El Salvador. *UNED Research Journal*, 9(1), 23–33.
<https://doi.org/10.22458/urj.v9i1.1674>
- Alvarez Herrera, J. G., Jaime Guerrero, M., & Fischer, G. (2021). Aspectos de la fisiología y el cultivo del lulo (*Solanum quitoense* LAM.) en Colombia: una revisión. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 13(1), 131–148.
<https://doi.org/10.22490/21456453.4641>
- Andrades, M., Moliner, A., & Masaguer, A. (2015). Prácticas de edafología : métodos didácticos para análisis de suelos. *Universidad de Rioja*, 5(7), 43.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/580696.pdf>
- Barreto, P. (2009). Instructivo de medición de caudal. *Laboratorio de Calidad Ambiental*, 6(2), 1–9.
https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/protocols/INSTRUCTUVO_DE_MEDICIÓN_DE_CAUDAL.pdf
- Bernal Estrada, J. A., Córdoba G, O., Franco, G., Londoño B, M., Rodríguez Osorio, J. E., & Guevara Monroy, N. (1996). *Cultivo del lulo (Solanum quitoense Lam.)*. 61–80.
<http://hdl.handle.net/20.500.12324/21110>
- Chamorro, G. I. (2011). Guía de Hidrometría: Estimación del caudal por el Método de Flotadores. *Ministerio Del Ambiente: Dirección Regional de Lima*, 1(Lima, Perú), 18.
http://www.senamhi.gob.pe/usr/cdc/AFORO_X_FLOTADORES.pdf
- Decreto 1076. (2015). Decreto 1076 de 2015 Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. *Departamento Administrativo de La Función Pública*, 1–447.
- Escobar, H. J., Garavito, J., & Castellanos, D. A. (2023). Development of an active packaging with an oxygen scavenger and moisture adsorbent for fresh lulo (*Solanum quitoense*). *Journal of Food Engineering*, 349(December 2022), 111484.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2023.111484>
- FAO. (2006a). Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. *FAO*.
- FAO. (2006b). Obtenido de Evapotranspiración de cultivo. Guías para la determinación de requerimientos de agua de los cultivos: *FAO*. <https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf>
- FAO. (2023). Obtenido del clima. *Aquastat*. <https://aquastat.fao.org/>:
<https://aquastat.fao.org/climate-information-tool/climate-data?lat=2.1474588811928736&lon=-75.70192215247495&filterParams=%7B%22fromDate%22%3A%221664503176639%22%22toDate%22%3A%2220230101%22%22%7D>

2:222023-01-01T04:59:59.999Z%22%7D

IDEAM. (2010). CAPÍTULO 5. ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA. *Estudio Nacional Del Agua*.

IER, I. E. el R. (2014). *Institución Educativa el Recreo*.

<https://institucioneducativaelrecreo.es.tl/Rese%F1a-Hist%F3rica.htm>

Igual, M., Ramires, S., Mosquera, L. H., & Martínez-Navarrete, N. (2014). Optimization of spray drying conditions for lulo (*Solanum quitoense* L.) pulp. *Powder Technology*, 256, 233–238. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2014.02.003>

Ingaramo, O. E., Paz Ferreiro, J., Mirás Avalos, J. M., & Vidal Vázquez, E. (2007).

Caracterización de las propiedades generales del suelo en una parcela experimental con distintos sistemas de laboreo. *Cadernos Do Laboratorio Xeoloxico de Laxe*, 32(32), 127–137.

Jain. (2023). *Jain PVC Pipes*.

Minagricultura. (2022). *Reporte: Área, Producción y Rendimiento Nacional por Cultivo*.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia.

<https://agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>

Navarrete, C. (2000). Evaluación comparativa de software IRRICAD en riego por goteo. *INIA*.

Petillo, G., Puppo, M., Hayashi, L., & Morales, R. (2016). Metodología para determinar los parámetros hídricos de un suelo a campo. *Universidad de La Republica*, 10.

[http://www.fagro.edu.uy/~hidrologia/riego/Metodologia para determinar los parametros hidricos de un suelo a campo.pdf](http://www.fagro.edu.uy/~hidrologia/riego/Metodologia%20para%20determinar%20los%20parametros%20hidricos%20de%20un%20suelo%20a%20campo.pdf)

Pfeiffer, M., Haberland, J., Kremer, C., & Seguel, O. (2008). Comparación de dos métodos alternativos al pozo barreno para la medición de la conductividad hidráulica saturada (Ks) en un Alfisol. *Revista de La Ciencia Del Suelo y Nutricion Vegetal*, 8(3), 49–56.

<https://doi.org/10.4067/s0718-27912008000300005>

Pulido, S., Bojacá, C. R., Salazar, M., & Chaves, B. (2008). Node appearance model for Lulo (*Solanum quitoense* Lam.) in the high altitude tropics. *Biosystems Engineering*, 101(4), 383–387. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2008.09.009>

Ramírez, F., Kallarackal, J., & Davenport, T. L. (2018). Lulo (*Solanum quitoense* Lam.) reproductive physiology: A review. *Scientia Horticulturae*, 238(May), 163–176.

<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.04.046>

Soltani, A., Hammer, G. L., Torabi, B., Robertson, M. J., & Zeinali, E. (2006). Modeling chickpea growth and development: Phenological development. *Field Crops Research*, 99(1), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.02.004>