Universidad Nacional de Ingeniería

Área de Conocimiento de Agricultura

DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO PARA EL CULTIVO DE PLÁTANO (MUSA PARADISIACA) VARIEDAD CEMSA 3/4 EN LA FINCA BETEL-TOUR, UBICADA EN LA COMUNIDAD AMAYITO, MUNICIPIO DE DIRIAMBA, DEPARTAMENTO DE CARAZO, NICARAGUA

Trabajo Monográfico para optar al título de
Ingeniero Agrícola

Elaborado por:

Br. Brandon Jose Valverde Angulo
2020-0412U

Bra. Jennifer de los Ángeles Cruz Navarro
2020-0412U

Br. Josdany José Naranjo Oporta
2020-0349U

Tutor:

Ing. Walter Arnulfo Solórzano Guerrero.

10 de noviembre de 2025
Managua, Nicaragua

INDICE

I. INTRODUCCIÓN 1
II. ANTECEDENTES 2
III. JUSTIFICACIÓN 3
IV. OBJETIVOS 4
4.1 Objetivo general 4
4.2 Objetivos específicos 4
V. MARCO TEORICO 5
5.1 Generalidades del cultivo del plátano 5
5.1.1 Taxonomía del cultivo de plátano 5
5.1.2 Variedad CEMSA ¾ 5
5.1.3 Requerimientos edafoclimáticos 5
5.2 Generalidades del sistema de riego 6
5.2.1 Riego por goteo 6
5.2.3 Componentes del riego por goteo 7
5.3 Propiedades edáficas del suelo 9
5.3.1 Textura de suelo 9
5.3.2 Profundidad radicular del suelo 9
5.3.3 Densidad real 10
5.3.4 Densidad aparente 10
5.4 Propiedades hidrofísicas del suelo 10
5.4.1 Capacidad de campo 10
5.4.2 Punto de marchitez permanente 10
5.4.3 Velocidad de infiltración 11
5.5 Condiciones topográficas 11
5.5.1 Planimetría 11
5.5.2 Altimetría 11
5.6 Diseño agronómico 11
5.6.1 Evaporación 12
5.6.2 Transpiración 12

5.6.3 Coeficiente del cultivo 12
5.6.4 Evapotranspiración 12
5.6.5 Evapotranspiración de referencia 12
5.6.6 Evapotranspiración real 12
5.6.7 Lamina de riego 13
5.6.8 Intensidad de aplicación de riego 13
5.6.9 Caudal por hectárea 13
5.6.10 Tiempo de riego 13
5.6.11 Turnos de riego 13
5.6.12 Frecuencia de riego 13
5.7 Diseño geométrico 14
5.7.1 Red de distribución 14
5.8 Diseño hidráulico 14
5.9 Costos de inversión del sistema de riego por goteo 14
VI. DISEÑO METODOLOGICO 16
6.1 Diseño de la investigación 16
6.1.1 Según el enfoque de la investigación 16
6.1.2 Según el alcance de los resultados 16
6.1.3 Según el tiempo de ocurrencia 16
6.1.4 Según el período en que se realiza el estudio 17
6.2 Descripción del área de estudio 17
6.2.1 Macro localización 17
6.2.2 Micro localización 18
6.3 Análisis de las propiedades hidrofísicas del suelo 19
6.3.1 Análisis de las muestras en el laboratorio 19
6.4 Diseño geométrico 27
6.5 Diseño hidráulico 27
6.5.1 Red de distribución 27
6.6 Determinación de los costos de inversión 29
VII. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS 30
7.1 Determinación de las propiedades hidrofísicas del suelo 30

7.1.1 Porcentaje de humedad 31
7.1.2 Capacidad de campo 31
7.1.3 Punto de marchitez permanente 31
7.1.4 Densidad aparente 31
7.1.5 Densidad real 32
7.1.6 Porosidad total 32
7.1.7 Potencial de hidrógeno 32
7.1.8 Conductividad eléctrica 32
7.1.9 Textura de suelo 33
7.2 Levantamiento Topográfico de la zona de estudio 33
7.3 Determinación de los parámetros para el diseño de sistema de riego 34
7.3.1 Diseño agronómico 34
7.3.2 Diseño geométrico 40
7.3.3 Diseño hidráulico 41
7.4 Lista de materiales para diseño de sistema de riego 56
7.4.1 Lista de materiales de PVC 56
7.4.2 Lista de materiales de riego 56
7.4.3 Lista de materiales para sarta de descarga 56
7.4.4 Lista de materiales misceláneo 57
VIII. CONCLUSIONES 58
IX. RECOMENDACIONES 60
X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 61
XI. ANEXOS I

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de las propiedades hidrofísicas del suelo de la finca Betel Tour .. 30
Tabla 2. Resumen del Diseño agronómico para el riego por goteo 34
Tabla 3. Valores del coeficiente Kc..... 36
Tabla 4. Datos técnicos del sistema de riego por goteo 39
Tabla 5. Cálculo de número de válvulas propuestas 40
Tabla 6. Carga total dinámica turno 4..... 55

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Porcentaje de humedad 19
Ecuación 2 Capacidad de campo 20
Ecuación 3 Punto de marchitez permanente 20
Ecuación 4 Densidad aparente..... 20
Ecuación 5 Densidad real 21
Ecuación 6 Porosidad total 21
Ecuación 7 Área de la sección de infiltración..... 22
Ecuación 8 Evapotranspiración real..... 22
Ecuación 9 Lámina de riego..... 23
Ecuación 10 Lámina bruta corregida 23
Ecuación 11 Caudal requerido 23
Ecuación 12 Intensidad de aplicación..... 24
Ecuación 13 Caudal por hectárea..... 24
Ecuación 14 Caudal total..... 25
Ecuación 15 Turnos de riego..... 25
Ecuación 16 Área del turno de riego..... 25
Ecuación 17 Tiempo de puesta 26
Ecuación 18 Caudal de bombeo..... 26
Ecuación 19 Jornada de riego 26
Ecuación 20 Pérdidas por fricción Hazen Williams..... 27
Ecuación 21 Velocidad del flujo..... 28

Ecuación 22 Carga total dinámica 28
Ecuación 23 Potencia del equipo de bombeo 29

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de una sarta de descarga con sistema de filtrado 8
Figura 2. Esquema de un caballete doble con válvulas de control y aire 9
Figura 3. Macro localización 17
Figura 4. Micro localización 18
Figura 5. Datos de evapotranspiración de referencia (ETO) 35

DEDICATORIA

Primeramente, dedico a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud, ser el manantial de vida y darme lo necesario para seguir adelante día a día, para lograr mis objetivos además de su infinita bondad y amor.

A mi madre **Lucila Mendoza** por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos por sus valores por la motivación constante por su sacrificio, que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada por su amor.

A mis tíos y tías **Julio Parrales**, **Haydee Mendoza**, **Harold Valverde**, **Isabel Vado** a todos ustedes que han sido mi inspiración y fortaleza en todo este camino universitario.

A mis dos amigos **Josdany Naranjo y Jennifer Cruz** por su apoyo y por siempre aportar positividad a mi vida, y tener esa mentalidad de que si se puede y estar en los momentos buenos y en los no tan buenos.

Les dedico con todo mi corazón este importante logro en mi vida.

Br. Brandon José Valverde Angulo

DEDICATORIA

Primeramente, dedico a Dios este logro, por brindarme la fortaleza, la sabiduría y la guía necesarias para completar este viaje académico. Su presencia ha sido un constante recordatorio de que, con fe y dedicación, todo es posible.

A mi madre, **Yamileth Navarro**, quien ha sido, desde el primer día de mi vida, la fuente inagotable de amor, apoyo y motivación. Su dedicación y sacrificio han sido fundamentales en cada paso de este arduo camino académico. A mi padre, **Noé Cruz**, por su constante impulso hacia la excelencia y su inquebrantable confianza en mis decisiones. Su ejemplo de integridad y responsabilidad ha dejado una huella indeleble en mi vida.

A mi hermana, **Margarita Cruz**, por ser mi compañera incondicional y mi aliada siempre. Tu apoyo emocional y tu capacidad para alegrar mis días han convertido este proceso más llevadero y gratificante. La complicidad y el cariño que compartimos son un recordatorio constante de la importancia de la familia en nuestras vidas.

También, a mi abuela, **Sofía Rivas**, que en paz descanse en el cielo. Su memoria vive en mí y en cada uno de los valores que me inculcó. Su fortaleza y amor han sido un faro que ilumina mi camino. A toda mi familia, quienes han sido mi red de apoyo. Cada uno de ustedes ha contribuido a mi crecimiento y ha apoyado mis sueños.

Finalmente, a mis compañeros de tesis, **Brandon Valverde** y **Josdany Naranjo**. Su colaboración, amistad y apoyo a lo largo de este proceso han sido esenciales para alcanzar nuestras metas. Juntos hemos enfrentado desafíos y celebrando logros, estoy agradecida por la amistad que hemos construido.

A todos ustedes, este trabajo es un reflejo de su amor y apoyo. Gracias por ser la razón detrás de mis esfuerzos.

Bra. Jennifer de los Ángeles Cruz Navarro

DEDICATORIA

Dedico lo presente a Dios, en mi vida ha sido un factor muy importante para continuar siempre fuerte y ser un guía en cada paso de este camino. Por cada uno de las sabidurías y cada uno de los impulsos representados en todo este trayecto.

A mis padres, **Danilo Naranjo** y **Perla Oporta**, quienes han sido las personas que siempre he admirado, su esfuerzo, sus consejos y cada uno de su apoyo, los cuales han representado su cariño, amor y sobre todo paciencia en este largo trayecto, además su entusiasmo de verme crecer cada día ha sido lo que ha causado en mi la fuerza de alcanzar esta meta, hoy con su inmensa confianza me han hecho la mejor persona.

Mis hermanas **Dariela Naranjo y Dysania Naranjo**, por brindarme su comprensión, cariño y motivación cada día, dándome la inspiración de tener siempre mis sueños en alto y siempre hacerme pensar en encontrar lo dulce y no lo amargo de este camino.

Mi abuela, **Juana Bravo**, quien desde el primer momento que inicie mis estudios me hizo saber que era capaz de conseguir y lograr cualquier cosa que me propusiera, ha sido una persona de tanto valor en mi vida, quien me ha inculcado que todo se logra con paciencia, constancia y que nunca se debe de dejar de creer en uno.

A mi pareja, **Jennifer Cruz**, quien fue más que mi compañera de estudio, porque cada desvelo, en cada página escrita y en cada duda, tu amor me sostuvo y tu fe me levantó. Quien fue mi impulso cuando me quería dar por vencido, por tu ternura y compañía en este camino que representa un sueño construido por tu apoyo.

A mi amigo, **Brandon Valverde**, por demostrar que la verdadera amistad se mide en los momentos duros, si hoy estoy hasta aquí, es también por su lealtad y esa forma de empujarme a no rendirme nunca. Lo que empezó como un reto personal terminó como una victoria compartida.

Br. Josdany José Naranjo Oporta

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente y sobre todas las cosas a Dios, por la sabiduría y siempre ayudando a tomar las decisiones correctas, y eligiendo el camino correcto luego a mi madre, **Lucila Angulo** y padre, por ser el faro de amor incondicional y la fuente inagotable de inspiración en mi vida. Gracias por cada palabra de aliento en los momentos de duda, por tus sacrificios silenciosos que allanaron mi camino y por enseñarme que con perseverancia y fe cualquier meta es alcanzable.

Este logro es el fruto de tu apoyo constante y el reflejo de los valores que con tanto cariño me inculcaste. Te dedico a ti, mamá, el resultado de tantos años de esfuerzo, porque tus sueños y esperanzas viven en cada página de esta tesis.

Con inmenso cariño y gratitud, dedico también este trabajo a mis tíos y tías: **Julio**, **Isabel**, **Harold** y **Haydee**. Gracias por su apoyo incondicional, por su presencia constante en cada etapa de mi vida y por ser pilares de fortaleza y alegría en nuestra familia. Sus consejos, su aliento y su confianza en mí han sido un impulso fundamental para llegar hasta aquí. Este logro también les pertenece, por ser parte esencial de mi formación y por todo el amor que siempre me han brindado.

Con una mención importante a nuestro tutor de tesis **Ing. Walter Solorzano** quien fue él quien nos dio el seguimiento y ayudó para la formación de la tesis y la aportación de sus conocimientos, agradezco también a mis profesores de formación por todo lo que me enseñaron en cinco años de carrera.

Y, por último, pero no menos importante mis dos amigos **Jennifer** y **Josdany** que desde siempre me brindaron su amistad genuina y sobre todo el hecho de que me compartan sus conocimientos durante todo este camino universitario muchas gracias Dios siempre me los bendiga.

Br. Brandon José Valverde Angulo

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Dios, por ser la fuente de fortaleza, sabiduría y guía a lo largo de este arduo camino académico. Su luz ha iluminado mis pasos y nos ha brindado la perseverancia necesaria para superar cada desafío.

A mis padres, cuyo amor incondicional y apoyo constante han sido fundamentales en mi formación. Gracias por enseñarme a valorar el conocimiento y por siempre estar a mi lado, alentándome a alcanzar cada meta y a perseguir los sueños con determinación.

Un agradecimiento especial al **Ing. Walter Solórzano**, nuestro tutor, por su orientación y apoyo invaluable durante el desarrollo de esta tesis. Su experiencia y dedicación han sido una guía esencial en cada etapa de este proceso, y su compromiso con la excelencia ha sido una fuente de inspiración constante.

A todos los profesores que, a lo largo de mi formación académica, han contribuido a complementar nuestros conocimientos y a enriquecer la perspectiva. Su dedicación y pasión por la enseñanza han dejado una huella profunda en nuestras vidas, y cada uno de ustedes ha desempeñado un papel crucial en mi desarrollo personal y profesional.

Finalmente, queremos expresar nuestra gratitud a don **Pedro Joaquín Delgado**, quien nos brindó la oportunidad de realizar nuestros estudios de tesis en su finca agrícola. Su generosidad y disposición para compartir su conocimiento y experiencia han sido fundamentales para el éxito de este trabajo.

A todos ustedes, nuestro más profundo agradecimiento. Este logro es un reflejo de su apoyo y confianza en cada uno de nosotros.

.

Bra. Jennifer de los Ángeles Cruz Navarro

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi gratitud a la virgen purísima, por interceder por mí y cubrirme con su manto de amor, desde el inicio hasta el final de este largo y arduo comino, agradezco por colocarme con las personas correctas y siempre estar en cada proceso.

A mis tíos, primos y amigos, quienes han estado presente a mi lado, brindándome apoyo, alegría y sobre todo alentándome con palabras de ánimos a lo largo de todo este tiempo.

A mi tutor, **Ing. Walter Solorzano**, por su orientación, por cada consejo, cada corrección, por su contante disposición para guiarnos en la realización de este documento y por ser un gran mentor en esta carrera quien ha dejado una gran huella imborrable en este documento y en mi vida. Aprecio profundamente por llevar a cabo nuestra investigación, ofreciendo un contenido valioso, donde este logro no es solo nuestro sino también de él.

A todo aquel grupo de docente que formo parte de este camino quienes contribuyeron a mi formación académica a lo largo de estos años.

A quien me dio acogida en su hostal durante mi estadía y estudio, todos aquellos inquilinos que me brindaron un calor de un hogar y a mi amigo **Anbner González**, quien fue un gran apoyo durante momentos de duda.

Br. Josdany José Naranjo Oporta

RESUMEN

Este documento presenta el diseño de un sistema de riego por goteo para el cultivo de plátano Musa paradisiaca variedad CEMSA ¾, en la finca Betel-tour, ubicada en la comunidad Amayito, municipio de Diriamba, departamento de Carazo, Nicaragua. Esta investigación se centra en desarrollar un diseño de riego que responda a las necesidades y condiciones edafoclimáticas, topográficas y costos de inversión.

La metodología integró un enfoque descriptivo y prospectivo con técnicas cualitativas y cuantitativas, incluyendo análisis de laboratorio de las propiedades hidrofísicas del suelo resultando una textura arcillosa, levantamiento topográfico mediante GPS y software especializado con resultantes <5.56% de pendiente, siendo necesario la utilización de cinta autocompensada. Además, cálculos agronómicos estableciendo una lámina bruta de 8.21 mm/día, con un marco de plantación de 0.2 metros x 5 metros, estableciendo el sistema en 4 turnos riego, cada uno con una duración de 4.60 horas, geométricos e hidráulicos. Estos elementos proporcionaron con precisión la demanda de agua, definir la distribución geométrica del sistema y garantizar un diseño hidráulico eficiente.

El sistema de riego por goteo brinda una eficiencia del 90%, asegurando una lámina de agua uniforme y reducción de pérdidas por infiltración o evaporación. El análisis económico mostró que tiene un costo de $ 1,856.51 por manzana, aunque la inversión inicial es relativamente alta, la implementación del sistema es financieramente viable a lo largo del tiempo para mejorar la productividad y calidad del cultivo.

El diseño incorpora filtros los cuales son fundamentales para evitar la obstrucción en los emisores, la fuente de agua proviene de un pozo, y el sistema incluye válvulas hidráulicas de operación manual, que permiten un mayor control y regulación para obtener una mayor eficiencia. Asimismo, en el dimensionamiento de la red, se verificó que las velocidades se mantuvieras por debajo de los 2.5 m/s, con el propósito de minimizar pérdidas por fricción y alargar la vida útil de las tuberías.

I. INTRODUCCIÓN

La utilización de un sistema de riego se ha vuelto cada vez más necesario debido a los cambios climáticos lo cual ha obligado a los productores a trabajar bajo estos recursos. En el contexto del cultivo de plátano (Musa paradisiaca), la implementación de riego por goteo o riego gota a gota permite la optimización de agua y abonos en los sistemas agrícolas de las zonas áridas (Espinosa, 2016).

Los sistemas de riego localizados suponen una contribución al mejoramiento de la eficiencia del manejo del agua de riego y además permiten el uso de fertiirrigación. El empleo adecuado de todos los recursos tecnológicos disponibles en riego debe complementarse con la optimización de otros factores de producción, de modo de incrementar la producción y la rentabilidad de la agricultura intensiva regada, ya que esta tecnología supone importantes inversiones de instalación (Bravo, 2019).

La finca Betel-Tour, como muchas otras enfrentan un desafío en la producción debido a la falta de un sistema de riego. La finca ubicada en la comunidad Amayito, municipio de Diriamba, departamento de Carazo, sufre la ausencia del recurso agua hacia las plantas provocando que entren a un estrés hídrico, causado por las condiciones climáticas. Esta situación evidencia la necesidad de implementar soluciones innovadoras que permitan a los productores enfrentar estos problemas y maximizar la producción.

Este proyecto tiene como objetivo el diseño de un sistema de riego por goteo específicamente adaptado a las necesidades del cultivo del plátano. El sistema propuesto está diseñado para funcionar en las temporadas secas, brindando a las plantas la capacidad de mantener un suministro de agua controlado y reduciendo la pérdida de agua debido a la evaporación y la infiltración en el suelo.

Además, la implementación de este sistema de riego no solo contribuirá a mitigar los efectos de la falta de un sistema de riego y la variabilidad climática, también se ofrece aspectos como la distribución del sistema, el presupuesto de materiales y su instalación.

II. ANTECEDENTES

Según **Chacón** (2008)**.**, los suelos de Diriamba son potencialmente aptos para el riego, esto por su pendiente, tipos de suelos que poseen, los cuales tienen una textura de un 60% de suelos arcillosos, 30% franco arcilloso, 5% arcilla pesada, 5% franco arenoso limoso y mantos acuíferos, de manera detallada bajo estas condiciones un sistema de riego es adecuado para la producción agrícola y agrónoma.

Sequeira & López (2018), llevaron a cabo un estudio sobre los factores socioeconómicos de la adopción de tecnología de sistema de riego por goteo y aspersión en 29 productores del municipio de la conquista, Carazo en el periodo 2010 – 2015. En su validación de datos demuestra que el 80% adoptan riego por goteo y el 20% adoptan riego por aspersión, donde los indicadores más importantes de toma de decisiones fueron por parte de los productores e indicaciones de instituciones, obteniendo resultados que los ingresos productivos incrementaron al utilizar estos sistemas.

Vargas (2020), Elaboró un estudio de prefactibilidad de un sistema de riego para la instalación en la agrícola Mariu Tropical, como objetivo general se menciona que se identificará cual debería ser el sistema de riego; de esta manera se obtiene un resultado que, el riego más factible para el cultivo de plátano de la finca de 200 ha, debería de ser por goteo, se alude que la inversión debe de ser de $1,232,160, según el análisis de período de recuperación basándose en 10 años, la recuperación estimada es de 2.17 años lo cual demuestra que existe una viabilidad satisfactoria para el proyecto.

Larios (2021), Realizó a través de su tesis de pregrado un diseño de sistema de riego por goteo para el cultivo de plátano (Musa paradisiaca), en la finca doña Martha, obteniendo unos costos de inversión para la instalación del sistema de riego en 3.081 ha; se necesita una inversión inicial de $ 7,135.72, si bien representa un costo elevado, se menciona que en el peor de los casos de precios en los mercados el productor recuperaría su inversión en una sola hectárea de cultivo, recuperando de esta manera los costos del proyecto.

III. JUSTIFICACIÓN

El municipio de Diriamba perteneciente al departamento de Carazo cuenta con un clima donde la temporada seca es demasiado caluroso, con vientos muy fuertes, y cielos mayormente despejados, en contraste, en temporada de lluvia es opresiva y nublada, con precipitaciones que no siguen un patrón constante, no son continua si no que se mantienen en cierto descontrol por lo cual la temporada seca se hace más larga, (Weather Spark, 2024).

El cultivo de plátano representa un complemento importante para la alimentación diaria de las Familias nicaragüenses y una alternativa para la diversificación de fincas, contribución a la economía local y nacional. Este rubro genera importantes fuentes de empleos en toda la cadena productiva hasta la exportación, la cual aportó a la economía nacional 18.2 millones de dólares, creciendo 21.8% en valor y 6.6% en volumen, respecto al año 2022, (MAG, 2023).

A través de este estudio se busca como objetivo principal que en la finca Betel Tour se analicé las características geográficas y climáticas que influyen en el cultivo del plátano, con el propósito de realizar un diseño de sistema de riego, con un enfoque que sea alcanzable para el productor y que cumpla los requisitos del cultivo, tomando en cuenta los parámetros esenciales como diseño agronómico, geométrico, hidráulico y presupuestario.

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

- Diseñar un sistema de riego por goteo del cultivo de plátano, en la finca betel-tour, comunidad Amayito, municipio de Diriamba, departamento de Carazo, Nicaragua.

4.2 Objetivos específicos

- Analizar las condiciones hidrofísicas y topográficas del área de estudio donde se realizará el diseño del sistema de riego por goteo.

- Realizar el diseño agronómico, geométrico e hidráulico del sistema de riego por goteo en la finca Betel-Tour, de la comunidad Amayito, departamento de Carazo.

- Determinar los costos de inversión del sistema de riego por goteo del cultivo de plátano en la finca Betel-Tour.

V. MARCO TEORICO

5.1 Generalidades del cultivo del plátano

Los plátanos pertenecen al género Musa y representan al cuarto cultivo más importante en el mundo, ya que sólo lo superan el arroz, trigo y maíz (Jones, 2000).

5.1.1 Taxonomía del cultivo de plátano

Según (Champion, 1968) la clasificación taxonómica es la siguiente:

Taxonomía del cultivo de plátano	
Clase	Monocotiledóneas
Orden	Escitamineas
Familia	Musaceae
Subfamilia	Musoideae
Género	Musa
Especies	Acuminata y Balbisiana
Sección	Eumusa

5.1.2 Variedad CEMSA ¾

La variedad CEMSA ¾ se caracteriza por tener plantas vigorosas, pseudotallo cilíndrico con una altura entre 2.15 a 2.75 m color verde. La disposición de las hojas es recta. El período de duración del primer ciclo vegetativo (siembra-floración) es de 210 a 270 días, el período de duración del primer ciclo productivo (floración-cosecha) es de 90 a 110 días, con un ciclo total entre 300 a 380 días.

5.1.3 Requerimientos edafoclimáticos

- **Clima:** La temperatura óptima para el desarrollo del fruto es de 26 a 30 °C; temperaturas más bajas prolongan la cosecha por más de un mes.

- **Requerimiento hídrico:** Requiere abundante agua; 1,800-2,500 mm anuales, 150-250 mm mensuales, y 5-10 litros diarios según la edad de la planta. La distribución del riego debe ser uniforme durante todo el año para un desarrollo óptimo.

- **Luminosidad:** El plátano necesita 6-8 horas de sol diarias.

- **Viento:** Las plantaciones de plátano deben ubicarse en áreas con vientos menores a 20 km/h para evitar daños foliares, pérdida de producción y maduración precoz.

- **Suelo:** El cultivo de plátano requiere suelos profundos (1.2 m) y bien gestionados; ajustar riego y fertilización en suelos arenosos, y evitar encharcamiento en suelos pesados para prevenir toxicidad.

- **Pendiente:** Es posible cultivar en pendientes de hasta 40% (fuertemente escarpada), lo ideal para poder implementar un sistema platanero y con riego eficiente es una pendiente no mayor al 2%.

- **pH:** Este factor nos indica la alcalinidad y/o acidez del suelo, para el plátano se recomienda un pH moderadamente ácido (5.8 a 6.5); en este rango se facilita la disponibilidad de nutrientes.

5.2 Generalidades del sistema de riego

5.2.1 Riego por goteo

Es uno de los sistemas más tradicionales y se le conoce como riego por goteo o riego localizado, consiste en un método que se basa en el uso inteligente de agua, pues evita el desperdicio de insumos es ideal para utilizar en zonas áridas o en cultivos que requieren mayor concentración de los abonos, pues permite implementar el sistema por fertiirrigación las mangueras para riego que se emplean cuentan con unos goteros especiales para regar el agua y permitir que se infiltre en el suelo óptimamente.

- **Goteros anti drenantes:** Son goteros automáticos, es decir, que tras pasar determinado tiempo la presión en el sistema baja para evitar que el agua siga

corriendo por la tubería. Esto es una gran ventaja, ya que evita daños en la bomba de riego que impulsa el sistema.

- **Goteros auto compensantes:** Son sistemas de riego fijos, radicando su función en la capacidad de homogeneizar el riego en otras palabras, mantiene un goteo constante y con el mismo nivel de presión el sistema se fundamenta en una línea estándar de menor presión, así la caída del agua de la tubería mantiene el mismo flujo.

- **Goteros regulables:** Son especiales para permitir un caudal regulado con mando mecánico.

5.2.3 Componentes del riego por goteo

El sistema de riego por goteo tiene diferentes partes. Los cabezales, líneas de goteo y sus conectores, que los unen a la línea principal, son los componentes del sistema de entrega y distribución (rieggo, 2022).

- **Unidad de bombeo:** Esta debe ser configurada para satisfacer las demandas de presión y flujo que el sistema de riego por microaspersión necesita.

- **Filtración:** Esta es la parte del centro de control que se dedica a remover las impurezas presentes en el agua.

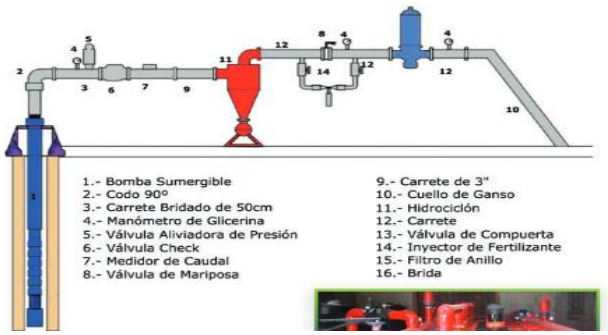
- **Válvulas de control:** entre éstas podemos encontrar, válvulas check o unidireccionales y válvulas de compuerta.

- **Válvulas de seguridad:** entre estas se encuentran principalmente una válvula reguladora de presión.

- **Válvula aliviadora de aire y vacío:** Son colocadas en las partes altas del terreno en las tuberías principales subterráneas para desalojar el aire que queda atrapado dentro de ellas.

- **Válvula aliviadora de presión:** Su función es proteger la línea de conducción principal, de repentinos excesos de presión causados por cierres rápidos de a válvulas, (Granados, 2015).

Figura 1. Esquema de una sarta de descarga con sistema de filtrado



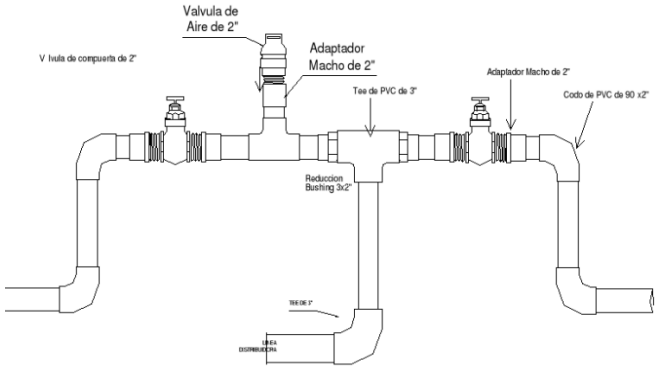
Fuente: Manual de operación y mantenimiento sistema de riego por (ADRA PERU , 2009).

- **Líneas conducción:** Estas líneas son las tuberías de abastecimiento de agua. La línea principal comienza en la descarga del centro de control y tiene su terminación ya sea en el caballete o en el lugar donde se bifurca dando lugar a dos líneas sub principales comúnmente llamadas Manifold.

- **Caballete:** El caballete es el punto de unión entre la tubería principal y la línea del manifold.

- **Manifold:** Este es el punto de partida del sistema de riego, donde el agua es distribuida a través de las líneas de riego por tuberías de PVC instaladas bajo tierra.

Figura 2. Esquema de un caballete doble con válvulas de control y aire



Fuente: (Rincon del vago , 2016)

- **Laterales de riego:** Estas tuberías son las encargadas de suministrar agua a los micro aspersores. Están hechas de mangueras de polietileno y comúnmente tienen un diámetro de 16 mm.

- **Lavado final:** Su propósito es drenar el agua sucia que fluye de la tubería, lo cual es esencial para prevenir la obstrucción de los goteros.

5.3 Propiedades edáficas del suelo

Las propiedades edáficas del suelo se refieren a las características físicas, químicas y biológicas que influyen en su capacidad para sustentar el crecimiento de las plantas. Entre estas propiedades se incluyen la textura, estructura, permeabilidad, capacidad de retención de agua, pH, etc, (Brady & Weil, 2008).

5.3.1 Textura de suelo

La textura del suelo se refiere a la proporción relativa de las clases de tamaño de partícula (separaciones de suelo, o fracciones) en un volumen de suelo dado y se describe como una clase textural de suelo. (FAO, 2009).

5.3.2 Profundidad radicular del suelo

La profundidad radicular del suelo se refiere a la distancia vertical desde la superficie del suelo hasta la profundidad máxima a la que pueden penetrar las raíces de las plantas.

5.3.3 Densidad real

La densidad real del suelo, también conocida como densidad de partículas, es la masa de las partículas sólidas del suelo por unidad de volumen, excluyendo los poros y el espacio aéreo. Se expresa generalmente en gramos por centímetro cúbico (g/cm^3).

5.3.4 Densidad aparente

La densidad aparente del suelo es la masa de una unidad de volumen de suelo seco, incluyendo tanto las partículas sólidas como los poros. Se expresa comúnmente en gramos por centímetro cúbico (g/cm^3) o en kilogramos por metro cúbico (kg/m^3). La densidad aparente es una medida de la compactación del suelo y afecta la porosidad, la capacidad de retención de agua, y la penetración de las raíces. (Brady & Weil, 2008).

5.4 Propiedades hidrofísicas del suelo

Las propiedades hidro físicas del suelo se refieren a las características relacionadas con el movimiento y la retención del agua en el suelo, (Hillel, 1998).

5.4.1 Capacidad de campo

Es la cantidad de agua que el suelo retiene contra la gravedad, se consigue dejando drenar el agua del suelo saturado, este nivel de humedad es la mayor cantidad de agua que queda retenida en los poros, es decir, que el suelo puede llegar a almacenar sin drenar.

5.4.2 Punto de marchitez permanente

Según (Ortiz , 2011), se conoce como tal, al porcentaje o nivel de humedad del suelo al cual las plantas se marchitan en forma permanente, si el suelo no recibe nuevos aportes de agua; la evaporación desde el suelo y la extracción por parte de las raíces hacen que el agua almacenada disminuya hasta llegar a un nivel en el que las raíces ya no puedan extraer agua desde el suelo.

5.4.3 Velocidad de infiltración

La velocidad de infiltración es la tasa a la cual el agua se mueve desde la superficie del suelo hacia el perfil del suelo, siendo absorbida por los poros y grietas del mismo. Se mide generalmente en unidades de milímetros por hora (mm/h) o centímetros por hora (cm/h). La velocidad de infiltración es una propiedad crucial del suelo que afecta la disponibilidad de agua para las plantas, la recarga de acuíferos y el control de la erosión, (Hillel, 1998).

5.5 Condiciones topográficas

5.5.1 Planimetría

La Planimetría es una técnica fundamental en el diseño de sistemas de riego, ya que se refiere a la representación gráfica y precisa de las características de una superficie en dos dimensiones. Este tipo de representación permite observar el terreno sin tener en cuenta su altitud, enfocándose en las distancias y relaciones horizontales entre los distintos puntos que forman parte de un área.

5.5.2 Altimetría

La altimetría es una técnica fundamental en el diseño de sistemas de riego, ya que se refiere al estudio y representación de las variaciones en la altura o elevación del terreno. A diferencia de la planimetría, que representa las distancias horizontales, la altimetría describe cómo cambian las elevaciones de un área, lo que es crucial para entender la topografía del terreno y para tomar decisiones clave en la planificación y operación de los sistemas de riego.

5.6 Diseño agronómico

El diseño agronómico del riego puede definirse como el conjunto de datos y propuestas referidos al manejo del agua en la agricultura, donde están adecuadamente considerados los aspectos de suelo, clima, cultivo y calidad de las aguas disponibles, así como las ventajas, limitaciones y adaptabilidad de los diferentes métodos de riego (Villafañe, 1998).

5.6.1 Evaporación

La evaporación corresponde al proceso en el cual el agua que se encuentra en estado líquido en una superficie es removida como vapor de agua, (FAO, 2006.).

5.6.2 Transpiración

Es el proceso por el cual el agua es absorbida por las raíces de las plantas y luego evaporada a la atmosfera a través de las estomas en las hojas. (Rothschuh Osorio, 2023).

5.6.3 Coeficiente del cultivo

El coeficiente Kc varía a lo largo del ciclo vegetativo, con la fecha de plantación o siembra, textura y estructura del suelo, métodos de riego, sistemas de manejo y condiciones climáticas.

5.6.4 Evapotranspiración

La evaporación y la transpiración, dos procesos que ocurren simultáneamente en la agricultura, son influenciados por la disponibilidad de agua y radiación solar. Al inicio del ciclo de cultivo, la evaporación predomina, pero a medida que el cultivo crece y cubre el suelo (FAO, 2006).

5.6.5 Evapotranspiración de referencia

La evapotranspiración de referencia (Eto) es la tasa de evaporación de un cultivo hipotético de pasto, con altura de 0.12 m, resistencia superficial de 70 s m-1 y albedo de 0.23. Se calcula usando el método FAO Penman-Monteith, que emplea datos meteorológicos para determinar parámetros climáticos.

5.6.6 Evapotranspiración real

Según (Ortiz, 2011), la evapotranspiración real del cultivo es la combinación del agua transpirada por los cultivos y de la evaporada directamente desde el suelo hacia la

atmósfera y se calcula como el producto entre la evapotranspiración potencial por el coeficiente de cultivo Kc.

5.6.7 Lamina de riego

La lámina de riego en agricultura se refiere al espesor de la capa de agua que se distribuye sobre la superficie del suelo durante un ciclo de riego, (Catalán, Sanchez, Villa, Inzunza , & Mendoza , 2007).

5.6.8 Intensidad de aplicación de riego

Se refiere a cómo el agua interactúa con el suelo al primer contacto. Los sistemas de riego varían en cómo aplican agua, ya sea en corrientes concentradas o en un patrón disperso.

5.6.9 Caudal por hectárea

El caudal por hectárea en agricultura se refiere a la cantidad de agua que se aplica por unidad de superficie (hectárea) para el riego de cultivos.

5.6.10 Tiempo de riego

El tiempo de riego según (Carrazón Alocén, 2007), no es más que el tiempo que se deberá estar regando en la parcela para poder aplicar la lámina de riego calculada.

5.6.11 Turnos de riego

Los turnos de riego consisten en dividir un área agrícola en partes iguales, suministrando agua según la demanda hídrica del cultivo en tiempos específicos.

5.6.12 Frecuencia de riego

Según (Castañón Najera , 2000), la frecuencia de riego es crucial para ajustar la extracción de nutrientes y la evapotranspiración del cultivo a las necesidades reales.

5.7 Diseño geométrico

El diseño geométrico de sistemas de riego define la disposición y dimensiones de los componentes, considerando factores como el tamaño del área, la geometría del terreno, el tipo de cultivo y el suelo. Es crucial para una distribución eficiente del agua. En riego por goteo, es una de las tres partes clave junto con el diseño agronómico y el hidráulico. Esto asegura un riego adecuado y optimizado, (Ángeles, 2019).

5.7.1 Red de distribución

Para una red de distribución de agua a presión, es importante tener en cuenta la diferencia de altura entre el área de captación (tanque de almacenamiento, pozo, rio, lago, laguna, canal, etc.) y el área de riego. En situaciones donde esto no sea factible, será necesario emplear tanques de ruptura de presión para asegurar que el agua llegue a las parcelas en las condiciones óptimas, (Arango Tobón, 1998).

5.8 Diseño hidráulico

El diseño hidráulico se refiere al proceso de planificación y cálculo de sistemas que involucran el flujo y la distribución de fluidos, como el agua, a través de redes de tuberías, canales u otros conductos. Este proceso implica determinar las características del sistema, como el tamaño de las tuberías, las presiones requeridas, las tasas de flujo y la ubicación de válvulas y accesorios, con el objetivo de garantizar un funcionamiento eficiente y seguro del sistema hidráulico, (Tullis, 2013).

5.9 Costos de inversión del sistema de riego por goteo

El costo de instalación se divide en los siguientes rubros:

- Cabezal de riego aquí se reflejan los equipos y materiales empleados en la instalación del cabezal de riego como son la bomba de riego.

- Red de riego aquí se encuentran los materiales necesarios para la aplicación de agua en la parcela.

- El tipo de sistema de riego dependiendo del tipo de sistema que se trate tendrá un costo u otro. Por ejemplo, la cantidad de materiales empleados en una instalación de riego por goteo es mayor a los empleados en instalaciones de riego por inundación.

- Dependiendo del grado de automatización requerido por el agricultor se incorporarán los sistemas automáticos pertinentes, como los programadores de riego, los sistemas de inyección de fertilizantes. (Novagric, s.f.)

VI. DISEÑO METODOLOGICO

6.1 Diseño de la investigación

6.1.1 Según el enfoque de la investigación

De tal forma, la presente investigación asumió un enfoque metodológico en el cual tomó la combinación técnica de investigación cualitativa y cuantitativa para lograr una visión más amplia y detallada del tema de estudio. Así pues, en el desarrollo del estudio, se llevó a cabo un minucioso análisis de los datos de campo; en el cual se evaluó y se diseñó con los datos obtenidos, para obtener una interpretación más precisa y relevante del tema desarrollado.

Dichos datos son indispensables para realizar los cálculos que incluyen, el diseño agronómico, geométrico e hidráulico. Por otro lado, se realizó el análisis presupuestario de la propuesta del diseño. Esta evaluación demostró la factibilidad de la implementación del proyecto y costos necesarios en aporte del sistema propuesto. Este análisis económico fue fundamental para asegurarse que el proyecto en cuestión sea rentable económicamente para el productor.

6.1.2 Según el alcance de los resultados

El alcance de esta investigación implicó la realización de un estudio descriptivo mediante la recopilación de datos en el terreno. Esto permitió llevar a cabo los cálculos necesarios antes, y posteriormente presentar la propuesta de un diseño de sistema de riego por goteo, por lo cual abarcó un uso eficiente y optimización de los recursos hídricos.

6.1.3 Según el tiempo de ocurrencia

Esta investigación adopto un enfoque prospectivo, la cual buscó analizar y proyectar hacía el futuro, partiendo desde el análisis con la identificación de un problema específico en la finca Betel Tour, radicando en la necesidad de un proyecto de sistema de riego por goteo para el cultivo de plátano.

6.1.4 Según el período en que se realiza el estudio

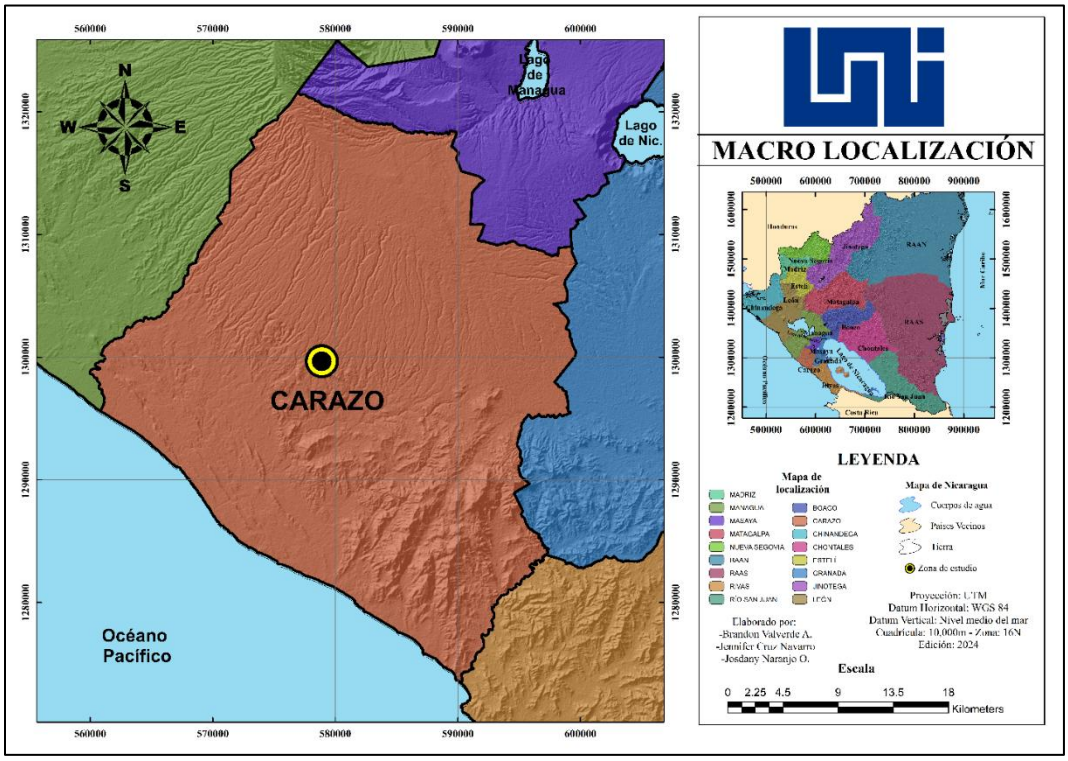
La presente investigación se efectuó en un periodo programado desde agosto de 2024. En la que contiene los costos asociados al diseño e implementación de un sistema de riego por goteo, adaptado a las necesidad y circunstancias existente en la finca “Betel Tour”.

6.2 Descripción del área de estudio

6.2.1 Macro localización

El área de estudio se ubica en el departamento de Carazo a 11°50′50″ latitud norte y 86°11′57″ longitud oeste. Está ubicado en la zona central de la región del pacífico, al sur de la capital de Managua, cerca de la cadena de volcanes de Nicaragua.

Figura 3. Macro localización

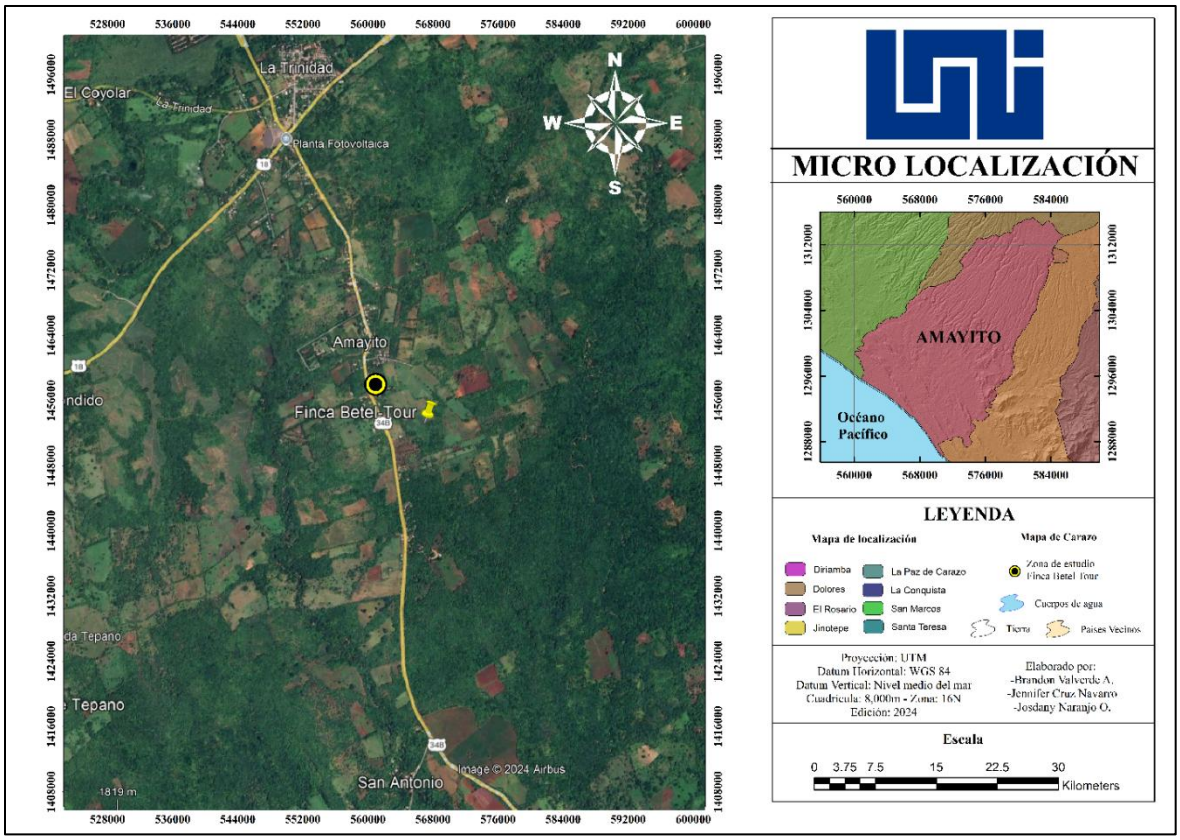


Fuente: ArcGIS

6.2.2 Micro localización

El diseño del sistema de riego fue en la Finca Betel-Tour con latitud norte 11°42'49.99" y longitud oeste 86°19'28.75", propiedad de Joaquín Delgado, se encuentra ubicado en la comunidad “Amayito” del municipio de Diriamba, Departamento de Carazo en la carretera a la Boquita, a 7 km al sur de la entrada de Apompoa.

Figura 4. Micro localización



Fuente: ArcGIS

6.3 Análisis de las propiedades hidrofísicas del suelo

6.3.1 Análisis de las muestras en el laboratorio

El análisis de las propiedades hidrofísicas de la fina “Betel Tour” en estudio se realizó en las instalaciones del laboratorio de edafología, ubicado en el Recinto Universitario Simón Bolívar (RUSB), de la ciudad de Managua. Laboratorio en el cual se tramitó una solicitud para permitir el uso.

El análisis del suelo se realizó cosechando una muestra al azar en toda el área de la parcela, siguiendo un patrón en zig-zag. Se tomaron entre 10 y 20 submuestras del área seleccionada.

- **Porcentaje de humedad**

Para conocer el porcentaje de humedad del suelo se utilizó el método gravimétrico y se determinó mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 1 Porcentaje de humedad

$$\%\mathrm{H} = \frac{(\mathrm{PSHT} - \mathrm{PSST})}{(\mathrm{PSST} - \mathrm{PT})} \times 100$$

Donde:

%H: Porcentaje gravimétrico de contenido de humedad del suelo

PSHT: Peso de suelo húmedo más peso de la tara

PSST: Peso de suelo seco más peso de la tara

Pt: Peso de la tara

- **Capacidad de campo**

Se determinó el porcentaje de la humedad en base al suelo seco que fue la capacidad de campo utilizando la siguiente fórmula:

Ecuación 2 Capacidad de campo

$$\%\mathrm{CC} = \frac{(\mathrm{PSHT} - \mathrm{PSST})}{(\mathrm{PSST} - \mathrm{PT})} \times 100$$

Donde:

%CC: Porcentaje gravimétrico de contenido de agua a capacidad de campo

PSHT: Peso de suelo húmedo más peso de la tara

PSST: Peso de suelo seco más peso de la tara

Pt: Peso de la tara

- **Punto de marchitez permanente (PMP)**

Para la determinación de esta propiedad se utilizó la ecuación de (Grassi 1987).

Ecuación 3 Punto de marchitez permanente

$$\%\mathrm{PMP} = \frac{\%\mathrm{CC}}{2.1}$$

Donde:

PMP: Punto de marchitez permanente del suelo

%CC: Porcentaje de capacidad de campo

2.1: Factor de Grassi para suelos medios

- **Densidad aparente (Da)**

Para la determinación de la Densidad aparente del suelo se utilizó el método del hoyo Excavando y pesando el suelo que ocupa el hoyo para obtener la masa de suelo. Luego, se midió el volumen de la excavación adicionando agua, que representa el volumen del hoyo que contenía al suelo.

Ecuación 4 Densidad aparente

$$\mathrm{DA} = \frac{\mathrm{Mss}}{\mathrm{Vol}}$$

Donde:

DA: Densidad aparente (gr/cm³) en estado de campo

Mss: Peso de masa de suelo seco al horno (gr)

Vc: Volumen que ocupa el hoyo

- **Densidad real (Dr)**

Para obtener el valor de densidad real, se abordó el método del picnómetro, el valor de la densidad real se obtuvo con la siguiente fórmula:

Ecuación 5 Densidad real

$$\mathrm{Dr} = \frac{\mathrm{d1} \times \mathrm{d3} \times \mathrm{ps}}{\mathrm{d3(p1 - pp)} - \mathrm{d1(p3 - ps - pp)}}$$

Donde:

Dr: Densidad real (gr/cm^3)

d1= Densidad del agua a la T1 en °C

d3: Densidad del agua a la T3 en °C

p1: Peso del picnómetro amas agua (gr)

Pp: Peso del picnómetro vacío (gr)

P3: Peso del conjunto agua más suelo más picnómetro (gr)

Ps: Peso del suelo (gr)

- **Porosidad total (Pt)**

Para la determinación de la porosidad total del suelo se tomó en cuenta los valores Da en la siguiente fórmula de la porosidad es la siguiente:

Ecuación 6 Porosidad total

$$\mathrm{PT} = 1 - \left(\frac{\mathrm{DA}}{\mathrm{DR}}\right) \times 100$$

Dónde:

Pt: Porosidad total (%).

Da: Densidad aparente (gr/cm3).

Dr: Densidad real (gr/cm3).

- **Velocidad de infiltración**

La superficie a través de la cual se infiltra el agua es:

Ecuación 7 Área de la sección de infiltración

$$S = \pi \times R \times (2 \times h + R)$$

Para un intervalo de tiempo *dt* suficientemente pequeño, se puede considerar que la capacidad de infiltración *f* es constante. Bajo esta premisa, se estableció la siguiente relación para determinar la velocidad de infiltración:

- **Velocidad de infiltración**

$$F = \frac{R}{2 \times (t2 \times t1)} \times In \frac{(2h1 + R)}{2h1 + R}$$

Ecuación 8 Evapotranspiración real

$$Etr = Kc \times Eto$$

Donde:

Etr: Evapotranspiración del real (mm/día)

Kc: Coeficiente del cultivo (adimensional)

Eto: Evapotranspiración (mm/día)

- **Lámina de riego**

Esta se determinó mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 9 Lámina de riego

$$Lr = \frac{Cc - PMP}{100} \times Da \times Pr \times \%AG$$

Donde:

Lr: Lámina de riego (mm o cm)

% Cc: Porcentaje gravimétrico de contenido de agua a capacidad de campo (%)

% PMP: Punto de marchitez permanente del suelo (%)

Da: Densidad aparente (gr/cm^3)

Pr: Profundidad del perfil de suelo (cm)

% AG: Porcentaje de agotamiento

- **Lámina bruta de riego corregida**

Se determinó con la siguiente fórmula:

Ecuación 10 Lámina bruta corregida

$$L_B : \frac{Ln}{Ef}$$

Donde:

L_B: Lámina bruta Corregida (mm)

L_n: Lámina neta (mm)

Ef: Eficiencia del sistema de riego

- **Caudal requerido**

Se expresa de la siguiente manera:

Ecuación 11 Caudal requerido

$$Qr = \frac{A \times 10 \times Etr}{jr}$$

Donde:

Qr: Caudal requerido (m^3/hr)

A: Área (ha)

10: Factor constante (m^3/mm*ha)

Etr: Déficit del cultivo o demanda hídrica (mm)

Jr: Jornada de riego (horas)

- **Intensidad de aplicación**

Se utilizó la siguiente fórmula.

Ecuación 12 Intensidad de aplicación

$$Ia = \frac{Qi}{Ei \times Es}$$

Donde:

Ia: Intensidad de aplicación (mm/hr)

Qi: Caudal del emisor (Lph)

Ei: Espaciamiento entre emisor (m)

Es: Espaciamiento entre surco (m)

- **Caudal por hectárea**

Se determinó el caudal por hectárea de esta manera:

Ecuación 13 Caudal por hectárea

$$Qha = Ia \times 10$$

Donde:

Qha: Caudal por hectárea (m^3/hr)

Ia: Intensidad de aplicación (mm/hr)

10: Factor constante (m^3/mm*ha)

- **Caudal total**

Ecuación 14 Caudal total

$$Qt = Qha \times A$$

Donde:

Qt: Caudal total (m^3/hr)

Qha: Caudal por hectárea (m^3/hr)

A: área (ha)

- **Turnos de riego**

Se calculó de la siguiente manera:

Ecuación 15 Turnos de riego

$$N° \; turno = \frac{Qt}{Qr}$$

Donde:

N° turno: Turnos de riego

Qt: Caudal total (m^3/hr)

Qr: Caudal de requerido (m^3/hr)

- **Área por turnos de riego**

Es la superficie del sector que se puede regar con dicho caudal

Ecuación 16 Área del turno de riego

$$At = \frac{A}{N° \; turno}$$

Donde:

At: Área del turno (ha)

A: Área (ha)

N° turnos: Números de turnos

- **Tiempo de puesta**

Ecuación 17 Tiempo de puesta

$$Tp = \frac{Df}{Ia}$$

Donde:

Tp: Tiempo de puesta (hr)

Df: Déficit del cultivo o demanda hídrica bruta (mm)

Ia: Intensidad de aplicación (mm/hr)

- **Caudal de bombeo**

Representa el caudal necesario para abastecer el diseño de riego.

Ecuación 18 Caudal de bombeo

$$Qb = Area\ del\ turno\ \times Qha$$

Donde:

Qb: Caudal de bombeo (m^3/hr)

AT: área del turno (ha)

Qha: Caudal por hectárea (m^3/hr)

- **Jornada de riego**

Riego adecuado en toda el área del terreno durante el día.

Ecuación 19 Jornada de riego

$$Jr = Tp \times N°\ de\ turno$$

Donde:

Jr: Jornada de riego (hr)

Tp: tiempo de puesta o tiempo de riego (hr)

N° de turnos: números de turnos

6.4 Diseño geométrico

El diseño geométrico es la segunda fase del diseño de sistema de riego, se realizó una división de las áreas de riego en parte iguales llamadas turnos y se trazó las líneas de tubería del sistema.

6.5 Diseño hidráulico

Este determina los diámetros y longitudes óptimas de las tuberías en un sistema de riego. Se cumplió dos criterios; lograr una uniformidad igual o mayor al 90% en el punto crítico y mantener una velocidad del flujo menor o igual a 2.5 m/s.

6.5.1 Red de distribución

La red de distribución consiste en una red de tuberías ya sea subterráneas o superficiales que tiene como finalidad entregar el agua necesaria en cada parte del sistema.

- **Pérdidas por fricción Hazen Williams**

Se determinó las pérdidas de carga por fricción en tubería utilizando la siguiente ecuación:

Ecuación 20 Pérdidas por fricción Hazen Williams

$$Hf = 10.67(\frac{Q}{C})^{1.852} \times \frac{L}{D^{4.87}}$$

Donde:

C: Factor de rugosidad del material en que se transporta el fluido

Q: Caudal de diseño (m^3/s)

L: Longitud de la tubería (m)

D: diámetro de la tubería (m)

- **Velocidad del flujo**

La siguiente ecuación determinó la velocidad que llevó el flujo dentro la tubería en cada tramo del sistema de la red

Ecuación 21 Velocidad del flujo

$$V = \frac{Q}{A}$$

Donde:

V: Velocidad del fluido (m/s)

Q: Caudal transportado (m^3/s)

A: Área de la sección de tubería (m^2).

- **Carga total dinámica**

Se calculó de la siguiente manera.

Ecuación 22 Carga total dinámica

$$CTD = ND + hf + Pd + \Delta z$$

Donde:

CTD: carga total dinámica (m)

ND: nivel dinámico (m)

Hf: pérdidas por fricción en tubería columna (m)

Pd: Presión en la descarga (m)

ΔZ: Desnivel desde el punto de descarga al punto final del sistema (m)

- **Potencia del equipo de bombeo**

Es la energía necesaria que demandó el sistema de riego para satisfacer tanto en caudal como en presión para su buen funcionamiento.

Ecuación 23 Potencia del equipo de bombeo

$$Php = \frac{Q \times CTD}{3960 \times n}$$

Donde:

Php: Potencia de la bomba (Hp)

Q: Caudal máximo en el sistema (gpm)

CTD: Carga total dinámica (Pie)

n: Eficiencia

6.6 Determinación de los costos de inversión

Los costos de inversión del proyecto presentaron una amplia variabilidad, ya que dependió de diversos factores. Entre estos se encuentran la distancia hasta la fuente de agua. El suministro de agua mediante bombeo, la estructura necesaria para la captación y almacenamiento, los materiales utilizados, las condiciones del mercado, equipos y materiales.

La estimación de los costos de inversión se efectuó mediante el método de estimación detallado, que consiste en cotizaciones basadas en valores reales de mercado de los elementos, realización de mediciones y aplicación de costos unitarios.

Cada elemento se detalló para cuantificar los costos directos, materiales, zanjeo, mano de obra y transporte.

VII. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

7.1 Determinación de las propiedades hidrofísicas del suelo

Se llevó a cabo un estudio detallado de las características del suelo, un paso fundamental para el diseño de un sistema de riego por goteo. Para ello, se inició con la determinación de la clase textural del suelo. Además, se recolectaron muestras en dos estados: inalteradas (en su estado natural) y alteradas, en la zona de estudio. El objetivo de esta recolección fue identificar las propiedades hidrofísicas del terreno, es decir, comprender cómo interactúa el suelo con el agua.

Este conocimiento profundo de las características del suelo es esencial, ya que permitió estimar con precisión el volumen de agua necesario para el diseño de un sistema de riego eficiente.

Tabla 1. Resumen de las propiedades hidrofísicas del suelo de la finca Betel Tour

Cultivo	**Plátano**			
Entregado por	Brandon Valverde, Jennifer Cruz y Josdany Naranjo			
Identificación	Productor: Pedro Joaquín Delgado, Finca Betel Tour Comunidad: Amayito			
Laboratorio	Edafología, RUSB			
Fecha de ingreso	20/01/2025			
Fecha de ejecución	20/01/2025 - 23/01/2025			
Descripción	**Resultados**	**Unidad**	**Rango adecuado**	**Evaluación**
Humedad	58.30	%	-	-
Capacidad de Campo	58.30	%	20 - 40	Muy Alta
Punto de Marchitez Permanente	27.76	%	15 - 20	Muy Alta
Densidad Aparente	0.69	gr/cm3	1.2 - 1.45	Muy bajo
Densidad Real	1.97	gr/cm3	2.40 - 2.60	Bajo
Porosidad Total	64.97	%	45 - 55	Alta
Potencial de Hidrógeno	7.00	/	6 - 7.5	Neutro
Conductividad Eléctrica	0.39	Ds/M	0.8 - 1.6	No salina
Granulomería (%)				
Textura	**Arcilloso**	**Arena**	**Limo**	**Arcilla**
		33.08	22.92	44

Fuente: elaboración propia.

7.1.1 Porcentaje de humedad

Los análisis realizados revelaron un porcentaje de humedad del 58.30%, este porcentaje refleja la capacidad de absorción activa del suelo, lo cual es crucial para el desarrollo y crecimiento de los cultivos, especialmente en el caso del plátano. Un contenido de humedad óptimo de esta magnitud favorece la disponibilidad de agua para las raíces, lo que contribuye a un crecimiento saludable y productivo de las plantas.

7.1.2 Capacidad de campo

Se determinó que el suelo presenta una capacidad de campo del 58.30%, un valor que se considera alto y que indica su capacidad para retener agua. Esta propiedad es fundamental, ya que señala la cantidad de agua que el suelo puede almacenar y mantener disponible para los cultivos, resistiendo el drenaje por efecto de la gravedad. Una capacidad de campo tan significativa es especialmente beneficiosa para el cultivo del plátano, ya que proporciona un suministro constante de humedad, esencial para un crecimiento óptimo y saludable.

7.1.3 Punto de marchitez permanente

El resultado obtenido es del 27.76%, lo que representa el porcentaje de agua no disponible para las plantas. Este valor indica que el agua está fuertemente unida a las partículas del suelo, lo que dificulta significativamente su absorción por el cultivo. Esta limitación es crucial a considerar, debido a que compromete el desarrollo y rendimiento productivo.

7.1.4 Densidad aparente

El resultado de la densidad aparente obtenido fue de 0.69 g/cm³, según las consideraciones de la FAO, indica una condición de suelo extremadamente baja. Este valor indica una mayor porosidad y menor compactación del suelo, lo que favorece un mejor desarrollo radicular y, en consecuencia, estas condiciones son óptimas para el crecimiento del cultivo, permitiendo un adecuado acceso a agua y nutrientes, lo que contribuye al rendimiento saludable del cultivo.

7.1.5 Densidad real

Se obtuvo un valor de 1.97 g/cm³, lo que indica un valor bajo. Este resultado indicó la presencia de material orgánico y la inclusión de minerales menos densos en la composición mineralógica del suelo. Estas características fueron favorables, ya que contribuyen a una mejor estructura del suelo, facilitando la retención de agua y nutrientes, lo que a su vez beneficia el crecimiento de los cultivos.

7.1.6 Porosidad total

El análisis del suelo ha revelado una porosidad total del 64.97%, lo que se clasificó como una porosidad muy alta dentro del rango de porosidades. Esto indica que el suelo a pesar de tener una textura arcillosa no significa que es un suelo en su totalidad compacto debido a la proporción de arena, lo que presenta una estructura suelta y poco compacta. No obstante, la cantidad de arcilla podría influir que el drenaje sea relativamente lento, por lo que es necesario un manejo preciso del riego para mantener el equilibrio entre disponibilidad de agua y oxigenación del suelo.

7.1.7 Potencial de hidrógeno

El estudio del suelo dio como resultado un pH de 7.00, lo que se clasifica como un suelo neutro. Este valor indicó que el suelo no presenta características ácidas ni salinas, lo que lo hace óptimo para la absorción y disponibilidad de nutrientes. Un pH neutro minimiza los problemas de toxicidad o deficiencia que pueden surgir en suelos ácidos o alcalinos, favoreciendo así un entorno saludable para el crecimiento de las plantas y mejorando el rendimiento de los cultivos.

7.1.8 Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica fue cuantificada en 0.39 Ds/M, lo que se consideró como rango no salino. Esto sugiere una baja existencia de iones, es decir sales disueltas en el agua del suelo. La ausencia de acumulación excesiva de sales previene el estrés por salinidad en las plantas, creando un entorno más favorable para el crecimiento de los cultivos. Esta condición es especialmente beneficiosa para el desarrollo saludable del plátano.

7.1.9 Textura de suelo

El resultado de la textura del suelo indicó que se trata de un suelo arcilloso, con un 44% de arcilla, 33.08% de arena y 22.92% de limo. Para determinar la textura, se utilizó el método del triángulo textural, el cual, a través de la interpolación de valores, permitió confirmar la clasificación.

Este tipo de suelo se caracterizó por su capacidad para retener humedad y, en general, presenta una alta fertilidad debido a su capacidad de intercambio catiónico. Sin embargo, una desventaja notable es la limitada aireación, lo que puede afectar el desarrollo radicular y la salud general de las plantas

7.2 Levantamiento Topográfico de la zona de estudio

Se realizó la delimitación del área de estudio utilizando el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), con la cual se logró levantar el área total de la finca, así como del área cultivada, con el objetivo de establecer con precisión el área de estudio para el diseño eficiente de un sistema de riego por goteo.

Se procedió a la delimitación del área de interés utilizando la plataforma Google Earth, para posteriormente exportar la información al software Global Mapper, estos datos generaron curvas de nivel con un intervalo de 1 metro, destacando las curvas principales cada 2 metros. Con la información obtenida se determinó que la cota mínima es de 57 metros y la máxima de 70 metros, lo que representa una pendiente de 5.56%. No obstante, la pendiente no es uniforme en todo el terreno, sino que oscilan entre 0-2%, 2-5% y 5-6%. Estos resultados constituyen un insumo técnico fundamental para la planificación y diseño del proyecto, (Ver anexo 6.2 plano topográfico, pág xiii).

7.3 Determinación de los parámetros para el diseño de sistema de riego

7.3.1 Diseño agronómico

Tabla 2. Resumen del Diseño agronómico para el riego por goteo

Datos para diseño de riego		
Descripción	**Valor**	**Unidad de medida**
Capacidad de campo (CC)	58.30	%
Punto de marchitez permanente (PMP)	27.76	%
Densidad aparente (Da)	0.69	gr/cm3
Profundidad efectiva (Pe)	50.00	cm
Porcentaje de agotamiento (LARA)	60.00	%
Datos del ambiente		
Área	8	ha
Cultivo		Plátano
Evapotranspiración Potencial (ETO)	6.22	mm/día
Coeficiente del cultivo (Kc)	1.20	Adimencional
Evapotranspiración Real (ETR)	7.46	mm/día
Eficiencia esperada	90.00	%
Uso consultivo máximo diario (DHB)	8.28	mm/día
Datos de riego		
Método de riego		Goteo
Marco de plantación	Lineal	m
Frecuencia de riego	1.0	diario
Caudal del emisor	0.6	lph
Presión de trabajo	7.0	psi
Espaciamiento entre emisores (Ee)	0.2	m
Espaciamiento entre laterales (El)	5.0	m

Fuente: Elaboración propia.

- **Evapotranspiración**

Se determinó el valor de ETO utilizando el método de FAO Penman-Monteith, para calcular la evapotranspiración potencial (ETO). Este método considera los parámetros climáticos necesarios y la medición correspondiente a la superficie de referencia, (ver tabla 2).

Se llevó a cabo un análisis, empleando el software CROPWAT y se recopilaron datos de la plataforma Data Access Viewer, en un período de 2002 a 2022 correspondientes a los últimos 20 años, (Ver anexo 5 variable climática, pág ix). A partir de ellos, se estableció que el valor máximo de la ETO de 6.22 mm/día, registrado en el mes de marzo, el cual corresponde al mes con las temperaturas más altas y la mayor sensación térmica, (ver figura 5).

Figura 5. Datos de evapotranspiración de referencia (ETO)

ETo Penman-Monteith Mensual - untitled

País NICARAGUA Estación LA TRINIDAD

Altitud 71 m. Latitud 11.71 °N Longitud 86.32 °E

Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo
	°C	°C	%	m/s	horas	MJ/m²/día	mm/día
Enero	22.9	31.0	72	7.6	2.1	10.7	4.99
Febrero	23.4	31.9	68	7.3	2.5	12.1	5.70
Marzo	23.9	32.7	65	6.8	2.8	13.4	6.22
Abril	25.3	33.2	66	5.4	2.7	13.7	5.78
Mayo	26.1	33.1	73	4.6	2.4	13.1	4.80
Junio	25.8	31.3	81	4.4	2.3	12.8	3.85
Julio	25.5	31.1	81	5.5	2.3	12.8	3.99
Agosto	25.8	31.3	79	4.7	2.4	13.1	4.10
Septiembre	25.7	30.9	80	3.7	2.3	12.7	3.75
Octubre	25.3	30.3	82	3.9	2.1	11.7	3.41
Noviembre	23.8	30.2	80	5.4	2.1	10.8	3.64
Diciembre	23.4	30.5	77	6.8	2.0	10.2	4.13
Promedio	**24.7**	**31.5**	**75**	**5.5**	**2.3**	**12.3**	**4.53**

Fuente: Elaboración propia - Software Cropwat, con datos del sitio web Data Access View.

- **Coeficiente del cultivo (Kc)**

El coeficiente hídrico del cultivo (Kc), está basado en el consumo o necesidades de agua en las fases de desarrollo de la planta, el cual cambia según su estado de crecimiento. (Kc inicial, Kc medio, Kc final). Se han tomado los valores, según los estudios considerados de valores de (Kc) recomendados por la FAO, para cultivos no estresados y bien manejados. Tomando así un valor de Kc de 1.2 en su etapa media de la cual es su valor más alto en sus necesidades hídricas, correspondientes al segundo año (ver tabla 3).

Tabla 3. Valores del coeficiente Kc

Cultivo	Kc (Inicial)	Kc (Medio)	Kc (Final)
Plátano	1.00	1.20	1.10

Fuente: Elaboración propia, con datos de evaporación del cultivo, (FAO, s.f.).

- **Sustituyendo en la ecuación 9 se determinó la evapotranspiración real**

$$Etr = 1.20 \times 6.22\ mm/día = 7.46\ \text{mm/día}$$

Esta es la demanda hídrica que requirió el cultivo por día para satisfacer las pérdidas por evaporación y transpiración de las plantas.

- **Sustituyendo en la ecuación 10 se determinó la lámina de riego**

$$Lr = \frac{58.30\ \% - 27.76\ \%}{100} \times 0.69 \frac{gr}{cm^3} \times 50\ cm \times 0.60\ \% = 6.32\ cm$$

$$\text{Lr} = 63.2\text{mm}$$

Este resultado representó la lámina de agua máxima que el suelo puede soportar para evitar pérdidas por escorrentías y percolación profunda. Con esta lámina llegamos al nivel de capacidad de campo.

- **Sustituyendo en la ecuación 11 se determinó la lámina bruta corregida**

De acuerdo con el sistema de riego localizado la frecuencia de riego es diaria, corrigiendo la lámina de riego neta de 63.2mm que almacena el suelo a la demanda hídrica por día de 7.46mm.

$$L_B: \frac{7.46\ mm}{0.90} = 8.28 mm/día$$

Esta es la lámina de agua que aplicó el sistema de riego, tomando en cuenta la eficiencia de aplicación del sistema.

- **Sustituyendo en la ecuación 12 se determinó el caudal requerido**

$$\mathrm{Qr} = \frac{8\ \mathrm{ha}\ \times 8.28\ \mathrm{mm}\ \times 10}{16.89\ \mathrm{hr}} = 35.98\ \mathrm{m^3/hr}$$

Determinando el caudal requerido de 35.98 $\mathrm{m^3/hr}$ equivalente a 158.38gpm se puede establecer que la fuente de agua garantiza cuyo caudal ya que se realizó un aforo con un barril de 120 litros, obteniendo un caudal de 190.38 gpm, el cual nos reflejó que el pozo cumple con la demanda necesaria de agua (ver anexo 4, pág ix).

- **Sustituyendo en la ecuación 13 se determinó la Intensidad de aplicación**

$$\mathrm{Ia} = \frac{0.60\ \mathrm{lph}}{5.00\ \mathrm{mts}\ \times 0.20\ \mathrm{mts}} \times 3 = 1.80\ \mathrm{mm/hr}$$

La intensidad de aplicación se calculó conociendo el caudal que nos brinda la cinta de goteo seleccionada, (ver anexo 8.13 cinta autocompensada geotopdrip, pág xxxiii). Este cálculo se realizó con el caudal de la cinta entre el marco de riego.

En suelos arcillosos la capacidad de infiltración y conductividad hidráulica son reducidas comparadas con suelos arenosos. Una intensidad moderada como 1.80 mm/h evita exceder la tasa de absorción del suelo, por lo que se minimiza escurrimiento superficial y encharcamiento.

Asimismo, 1.80 mm/h es suficiente para mantener una humectación uniforme del bulbo radicular del plátano sin generar grandes pérdidas por percolación profunda.

- **Sustituyendo en la ecuación 14 se determinó el caudal por hectárea**

$$\mathrm{Qh} = 1.80 \frac{\mathrm{mm}}{\mathrm{hr}} \times 10 = 18\ \mathrm{m^3/hr}$$

El caudal por hectárea se determinó a partir de la intensidad de aplicación, multiplicando la intensidad de aplicación por un factor constante de 10, utilizado para obtener un

resultado en metros cúbicos por hora, este valor representó el flujo volumétrico de agua que se suministró al turno de riego para cumplir con la necesidad del cultivo.

- **Sustituyendo en la ecuación 15 se determinó el caudal total**

$$\mathrm{Qt} = 8\ \mathrm{ha} \times 18\ \mathrm{m^3/hr} = 143.91\ \mathrm{m^3/hr}$$

Para determinar el caudal total del sistema de riego se multiplicó la superficie total del área del cultivo por el caudal de diseño por hectárea, este valor representa el volumen total de agua que debe ser suministrado a toda el área de diseño.

- **Sustituyendo en la ecuación 16 se determinó los turnos de riego**

$$\mathrm{N°\ turnos} = \frac{143.91\ \mathrm{m^3/hr}}{35.98\ \mathrm{m^3/hr}} = 3.99 \cong 4\ \mathrm{turnos}$$

El número de turnos de riego se determinó mediante la división del caudal total de diseño entre el caudal requerido en metro cúbicos por hora, este valor representa la cantidad de subdivisiones del área total que se deben regar de forma secuencial.

- **Sustituyendo en la ecuación 17 se determinó el área por turno de riego**

$$\mathrm{At} = \frac{8\ \mathrm{ha}}{4\ \mathrm{Turnos}} = 2\ \mathrm{ha}$$

Para determinar la superficie de cada turno de riego, se dividió el área total del terreno por el número de turnos de riego previamente calculado el valor resultante corresponderá al área específica que se debe regar.

- **Sustituyendo en la ecuación 18 se determinó el tiempo de riego**

$$\mathrm{Tr} = \frac{8.28\ \mathrm{mm/dia}}{1.80\ \mathrm{mm/hr}} = 4.60\ \mathrm{hr}$$

El tiempo de riego o también conocido como tiempo de puesta se determinó mediante la división de la demanda hídrica del cultivo (lámina bruta), entre la intensidad de aplicación,

este estableció la duración del riego diaria por turnos que es necesaria para cumplir con la lámina bruta del cultivo.

- **Sustituyendo en la ecuación 19 se determinó el caudal de bombeo**

$$\mathrm{Qb} = 2\ \mathrm{ha} \times 18\ \mathrm{m^3/hr} = 35.98\ \mathrm{m^3/hr}$$

Es el caudal que suministra la bomba en un tiempo determinado, este valor fue crucial para el diseño del sistema de riego ya que este logró ser suficiente para cubrir la necesidad hídrica del cultivo, se calculó multiplicando el área por turno de riego por el caudal por hectárea.

- **Sustituyendo en la ecuación 20 se determinó la jornada de riego**

$$\mathrm{Jr} = 4.60\ \mathrm{hr} \times 4\ \mathrm{Turnos} = 18.40\ \mathrm{hr}$$

Para determinar la duración total de la jornada de riego, se multiplicó el tiempo de riego de cada turno por el número de turnos necesarios, el resultado de este cálculo indico el total de horas por día que el sistema debe estar en operación para regar.

Tabla 4. Datos técnicos del sistema de riego por goteo

Datos técnicos	Unidad de medida	Cinta de goteo
Área de riego	ha	8.00
Caudal requerido	m3/hr	35.98
Caudal del gotero	lph	0.60
Espaciamiento lateral	mt	5.00
Espaciamiento gotero	mt	0.20
Lámina bruta	mm	8.28
Intensidad de aplicación	mm/hr	1.80
Tiempo de riego / puesta	hr	4.60
Caudal por hectárea	m3/hr*ha	18.00
Caudal total	m3/hr	143.91
Turnos de riego	#	4.00
Área por turnos de riego	ha	2.00
Caudal de bombeo	m3/hr	35.98
Jornada de riego	hr	18.40

Fuente: Elaboración propia.

- **Selección de válvulas**

Tabla 5. Cálculo de número de válvulas propuestas

N° Valvula	Área (m2)	Área (ha)	Q válvulas (m3/hr)	Q válvulas (gpm)	Diámetro Válvulas (in)
1	10,024.12	1.00	18.04	79.43	2
2	6,910.43	0.69	12.44	54.76	2
3	7,783.02	0.78	14.01	61.67	2
4	6,866.22	0.69	12.36	54.41	2
5	6,162.29	0.62	11.09	48.83	2
6	5,710.46	0.57	10.28	45.25	2
7	13,590.54	1.36	24.46	107.69	2
8	10,641.58	1.06	19.15	84.32	2
9	10,387.63	1.04	18.70	82.31	2
Sumatoria	**78,076.29**	**7.81**	**140.54**	**618.65**	

Fuente: Elaboración propia.

El área de estudio se dividió en segmentos, permitiendo la realización de cuatro turnos. Para cada segmento, se determinó el área, el caudal que se calculó multiplicando el área por el caudal por hectárea, lo que permitió calcular el caudal que circulaba a través de la válvula correspondiente para el área determinada.

Con esta información, fue posible seleccionar la válvula más adecuada, considerando el diámetro requerido para manejar el caudal calculado, (ver anexo 8.11 válvulas hidráulicas, pág xxxii).

7.3.2 Diseño geométrico

- **Plano geométrico**

El plano geométrico del área de estudio comprendió una superficie de 16.70 ha, la cual fue delimitada considerando los linderos del terreno y topografía existente. Dicho levantamiento permitió identificar las zonas aptas para la instalación del sistema de riego, así como el acceso y caminos internos. Dentro de esta extensión se identificaron

sectores no aprovechables debido a la presencia de árboles frutales y especies maderables de valor, los cuales fueron excluidos del diseño. De esta manera, el área efectiva de trabajo se definió en 8 ha, constituyendo a una superficie neta destinada al desarrollo del sistema de riego, (ver anexo 6.3 plano geométrico, pág xiv).

- **Plano hidráulico**

El plano hidráulico representa la distribución del sistema de riego a partir del pozo. Desde este punto se extendió la sarta de descarga sobre la cual se instaló dispositivos de filtrado y control necesarios para la operación, (ver anexo 6.7 plano de sarta de descarga, pág xviii).

Posteriormente se encuentra la conducción principal, la cual se ramificó hacia los turnos de riego, conformados por dos y tres válvulas hidráulicas colocadas estratégicamente para garantizar una lámina uniforme. Estas válvulas fueron colocadas considerando como parámetro de diseño un ± 15% del caudal requerido y cumpliendo con el área por turno de riego, dichas válvulas se encuentran compuesta por un caballete de riego sencillo o doble encargado de abastecer cada sector, (ver anexo 6.6 plano de caballete de riego, pág xvii). A partir del caballete se dispone la línea de manifold, que distribuye el caudal hacia la cinta de goteo auto compensada, (ver anexo 6.5 plano hidráulico, pág xvi).

7.3.3 Diseño hidráulico

- **Cálculo de las pérdidas por fricción de la tubería de conducción con Hazen Williams**

- **Sustituyendo en la ecuación 21 se determinó las perdidas por fricción Hazen William**

- ✓ **Turno 1**

Turno 1 – Tramo 1

$$\mathrm{Hf} = 10.674 \times \frac{\left(\frac{18.04\left(\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{seg}}\right)}{3600}\right)^{1.852}}{150^{1.852} \times \left(\frac{57.4(\mathrm{mm})}{1000}\right)^{4.871}} \times 77.1785(\mathrm{m})$$

$$\mathrm{Hf} = 4.68\ \mathrm{m}$$

Turno 1 – Tramo 5

$$\mathrm{Hf} = 10.674 \times \frac{\left(\frac{30.48\left(\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{seg}}\right)}{3600}\right)^{1.852}}{150^{1.852} \times \left(\frac{84.6(\mathrm{mm})}{1000}\right)^{4.871}} \times 25.5177(\mathrm{m})$$

$$\mathrm{Hf} = 0.62\ \mathrm{m}$$

Sumatoria de pérdidas en turno 1:

$$\sum_{\mathbf{Hf}} \mathbf{Turno\ 1} = \mathbf{Hf_{Tramo\ 1}\ (m) + Hf_{Tramo\ 5}(m)}$$

$$\sum_{\mathrm{Hf}} \mathrm{Turno\ 1} = 4.68\ \mathrm{m} + 0.62\ \mathrm{m} = 5.30\ \mathrm{m}$$

- ✓ **Turno 2**

Turno 2 – Tramo 6

$$\mathrm{Hf} = 10.674 \times \frac{\left(\frac{21.37\left(\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{seg}}\right)}{3600}\right)^{1.852}}{150^{1.852} \times \left(\frac{57.4(\mathrm{mm})}{1000}\right)^{4.871}} \times 69.57(\mathrm{m})$$

$$\mathrm{Hf} = 5.77\ \mathrm{m}$$

Turno 2 – Tramo 4

$$\mathrm{Hf} = 10.674 \times \frac{\left(\frac{35.38\left(\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{seg}}\right)}{3600}\right)^{1.852}}{150^{1.852} \times \left(\frac{84.6(\mathrm{mm})}{1000}\right)^{4.871}} \times 173.60(\mathrm{m})$$

$$\mathrm{Hf} = 5.54\ \mathrm{m}$$

Sumatoria de pérdidas en turno 2:

$$\sum_{\mathbf{Hf}} \mathbf{Turno\ 2} = \mathbf{Hf_{Tramo\ 6}\ (m)} + \mathbf{Hf_{Tramo\ 4}(m)}$$

$$\sum_{\mathrm{Hf}} \mathrm{Turno\ 2} = 5.77\ \mathrm{m} + 5.54\ \mathrm{m} = 11.31\ \mathrm{m}$$

- ✓ **Turno 3**

Turno 3 – Tramo 7

$$\mathrm{Hf} = 10.674 \times \frac{\left(\frac{24.46\left(\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{seg}}\right)}{3600}\right)^{1.852}}{150^{1.852} \times \left(\frac{84.6(\mathrm{mm})}{1000}\right)^{4.871}} \times 96.15(\mathrm{m})$$

$$\mathrm{Hf} = 1.55(\mathrm{m})$$

Turno 3 – Tramo 3

$$\mathrm{Hf} = 10.674 \times \frac{\left(\frac{24.46\left(\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{seg}}\right)}{3600}\right)^{1.852}}{150^{1.852} \times \left(\frac{84.6(\mathrm{mm})}{1000}\right)^{4.871}} \times 20.71(\mathrm{m})$$

$$\mathrm{Hf} = 0.33(\mathrm{m})$$

Turno 3 – Tramo 4

$$\mathrm{Hf} = 10.674 \times \frac{\left(\frac{36.82\left(\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{seg}}\right)}{3600}\right)^{1.852}}{150^{1.852} \times \left(\frac{84.6(\mathrm{mm})}{1000}\right)^{4.871}} \times 374.17\ (\mathrm{m})$$

$$\mathrm{Hf} = 12.86\ \mathrm{m}$$

Sumatoria de pérdidas en turno 3:

$$\sum_{\mathbf{Hf}} \mathbf{Turno\ 3} = \mathbf{Hf_{Tramo\ 7}}\,(\mathbf{m}) + \mathbf{Hf_{Tramo\ 3}}(\mathbf{m}) + \mathbf{Hf_{Tramo\ 4}}(\mathbf{m})$$

$$\sum_{\mathrm{Hf}} \mathrm{Turno\ 3} = 1.55\ \mathrm{m} + 0.33\ \mathrm{m} + 12.86\ \mathrm{m} = 14.74\ \mathrm{m}$$

- ✓ **Turno 4**

Turno 4 – Tramo 8

$$\mathrm{Hf} = 10.674 \times \frac{\left(\frac{18.70\left(\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{seg}}\right)}{3600}\right)^{1.852}}{150^{1.852} \times \left(\frac{84.60(\mathrm{mm})}{1000}\right)^{4.871}} \times 166.27(\mathrm{m})$$

$$\mathrm{Hf} = 1.63\ \mathrm{m}$$

Turno 4 – Tramo 9

$$\mathrm{Hf} = 10.674 \times \frac{\left(\frac{37.85\left(\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{seg}}\right)}{3600}\right)^{1.852}}{150^{1.852} \times \left(\frac{84.6(\mathrm{mm})}{1000}\right)^{4.871}} \times 383.27(\mathrm{m})$$

$$\mathrm{Hf} = 13.86\ \mathrm{m}$$

Sumatoria de pérdidas en turno 4:

$$\sum_{\mathbf{Hf}} \mathbf{Turno\ 4} = \mathbf{Hf_{Tramo\ 8}\ (m)} + \mathbf{Hf_{Tramo\ 9}(m)}$$

$$\sum_{\mathrm{Hf}} \mathrm{Turno\ 4} = 1.63\ \mathrm{m} + 13.86\ \mathrm{m} = 15.49\ \mathrm{m}$$

- **Cálculo de la velocidad de las tuberías de conducción en función del caudal**
- **Sustituyendo en la ecuación 22 se determinó la velocidad del flujo**
  - ✓ **Turno 1**

Turno 1 – tramo 1

$$\mathrm{V} = \frac{18.04\left(\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{h}}\right)}{3600\ \pi\left(\frac{0.0574(\mathrm{m})}{2}\right)^2} = 1.94\ (\mathrm{m/s})$$

Turno 1 – tramo 5

$$V = \frac{30.48\left(\frac{m^3}{h}\right)}{3600\,\pi\left(\frac{0.0846(m)}{2}\right)^2} = 0.62\ (m/s)$$

- ✓ **Turno 2**

Turno 2 – tramo 6

$$V = \frac{21.37\left(\frac{m^3}{h}\right)}{3600\,\pi\left(\frac{0.0574(m)}{2}\right)^2} = 2.29\ (m/s)$$

Turno 2 – tramo 4

$$V = \frac{35.38\left(\frac{m^3}{h}\right)}{3600\,\pi\left(\frac{0.0846(m)}{2}\right)^2} = 1.75\ (m/s)$$

- ✓ **Turno 3**

Turno 3 – tramo 7

$$V = \frac{24.46\left(\frac{m^3}{h}\right)}{3600\,\pi\left(\frac{0.0846(m)}{2}\right)^2} = 1.21\ (m/s)$$

Turno 3 – tramo 3

$$V = \frac{24.46\left(\frac{m^3}{h}\right)}{3600\,\pi\left(\frac{0.0846(m)}{2}\right)^2} = 1.21\ (m/s)$$

Turno 3 – tramo 4

$$V = \frac{36.82\left(\frac{m^3}{h}\right)}{3600\,\pi\left(\frac{0.0846(m)}{2}\right)^2} = 1.82\ (m/s)$$

- ✓ **Turno 4**

Turno 4 – tramo 8

$$V = \frac{18.70\left(\frac{m^3}{h}\right)}{3600\,\pi\left(\frac{0.0846(m)}{2}\right)^2} = 0.92\ (m/s)$$

Turno 4 – tramo 9

$$V = \frac{37.85\left(\frac{m^3}{h}\right)}{3600\,\pi\left(\frac{0.0846(m)}{2}\right)^2} = 1.87\ (m/s)$$

- ➢ **Cálculo de pérdidas por fricción del lateral con Hazen Williams**

  - ✓ **Turno 1**

$$Hf = 10.674 \times \frac{\left(\frac{0.30\left(\frac{m^3}{seg}\right)}{3600}\right)^{1.852}}{140^{1.852} \times \left(\frac{15.34(mm)}{1000}\right)^{4.871}} \times 101.17(m)$$

$$Hf = 2.23\ m$$

  - ✓ **Turno 2**

$$\mathrm{Hf} = 10.674 \times \frac{\left(\frac{0.36\left(\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{seg}}\right)}{3600}\right)^{1.852}}{140^{1.852} \times \left(\frac{15.34(\mathrm{mm})}{1000}\right)^{4.871}} \times 121.69(\mathrm{m})$$

$$\mathrm{Hf} = 3.78\ \mathrm{m}$$

- ✓ **Turno 3**

$$\mathrm{Hf} = 10.674 \times \frac{\left(\frac{0.35\left(\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{seg}}\right)}{3600}\right)^{1.852}}{140^{1.852} \times \left(\frac{15.34(\mathrm{mm})}{1000}\right)^{4.871}} \times 115.72(\mathrm{m})$$

$$\mathrm{Hf} = 3.27\ \mathrm{m}$$

- ✓ **Turno 4**

$$\mathrm{Hf} = 10.674 \times \frac{\left(\frac{0.26\left(\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{seg}}\right)}{3600}\right)^{1.852}}{140^{1.852} \times \left(\frac{15.34(\mathrm{mm})}{1000}\right)^{4.871}} \times 87.74(\mathrm{m})$$

$$\mathrm{Hf} = 1.49\ \mathrm{m}$$

- ➢ **Pérdidas corregidas con el valor de Christiansen en los laterales**

Dado que en la línea lateral el caudal se redujo progresivamente por la descarga de los emisores, las pérdidas de carga no permanecieron constantes a lo largo de su recorrido.

Por este motivo, al valor obtenido en la estimación general de pérdidas se le aplicó una corrección mediante el factor de Christiansen que depende del número de salidas (ver anexo 7.11 coeficiente de Christiansen para múltiples salidas, pág xxiii). Con lo cual se obtiene la pérdida real de la cinta:

Pérdida corregida:

$$\mathbf{Hf_c = Hf(m) \times Factor}$$

Lateral (Turno 1)

$$\mathrm{Hf_c} = 2.23(\mathrm{m}) \times 0.362$$
$$\mathrm{Hf_c} = 0.81\ \mathrm{m}$$

Lateral (Turno 2)

$$\mathrm{Hf_c} = 3.78(\mathrm{m}) \times 0.362$$
$$\mathrm{Hf_c} = 1.37\ \mathrm{m}$$

Lateral (Turno 3)

$$\mathrm{Hf_c} = 3.27(\mathrm{m}) \times 0.362$$
$$\mathrm{Hf_c} = 1.18\ \mathrm{m}$$

Lateral (Turno 4)

$$\mathrm{Hf_c} = 1.49(\mathrm{m}) \times 0.362$$
$$\mathrm{Hf_c} = 0.54\mathrm{m}$$

- **Cálculo de la velocidad en línea lateral en función del caudal**

  - ✓ **Turno 1**

$$\mathrm{V} = \frac{0.30\left(\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{h}}\right)}{3600\ \pi\left(\frac{0.0153(\mathrm{m})}{2}\right)^2} = 0.46\ (\mathrm{m/s})$$

✓ **Turno 2**

$$V = \frac{0.36\left(\frac{m^3}{h}\right)}{3600\,\pi\left(\frac{0.0153(m)}{2}\right)^2} = 0.55\ (m/s)$$

✓ **Turno 3**

$$V = \frac{0.35\left(\frac{m^3}{h}\right)}{3600\,\pi\left(\frac{0.0153(m)}{2}\right)^2} = 0.52\ (m/s)$$

✓ **Turno 4**

$$V = \frac{0.26\left(\frac{m^3}{h}\right)}{3600\,\pi\left(\frac{0.0153(m)}{2}\right)^2} = 0.40\ (m/s)$$

➢ **Cálculo de pérdidas por fricción de la tubería del manifold con Hazen Williams**

✓ **Turno 1**

$$Hf = 10.674 \times \frac{\left(\frac{18.04\left(\frac{m^3}{seg}\right)}{3600}\right)^{1.852}}{150^{1.852} \times \left(\frac{57.4(mm)}{1000}\right)^{4.871}} \times 139.21(m)$$

$$Hf = 8.44\ m$$

✓ **Turno 2**

$$\mathrm{Hf} = 10.674 \times \frac{\left(\frac{7.00\left(\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{seg}}\right)}{3600}\right)^{1.852}}{150^{1.852} \times \left(\frac{57.4(\mathrm{mm})}{1000}\right)^{4.871}} \times 41.42(\mathrm{m})$$

$$\mathrm{Hf} = 0.44\ \mathrm{m}$$

- ✓ **Turno 3**

$$\mathrm{Hf} = 10.674 \times \frac{\left(\frac{12.23\left(\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{seg}}\right)}{3600}\right)^{1.852}}{150^{1.852} \times \left(\frac{57.4(\mathrm{mm})}{1000}\right)^{4.871}} \times 132.03(\mathrm{m})$$

$$\mathrm{Hf} = 3.90\ \mathrm{m}$$

- ✓ **Turno 4**

$$\mathrm{Hf} = 10.674 \times \frac{\left(\frac{9.57\left(\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{seg}}\right)}{3600}\right)^{1.852}}{150^{1.852} \times \left(\frac{57.4(\mathrm{mm})}{1000}\right)^{4.871}} \times 76.40(\mathrm{m})$$

$$\mathrm{Hf} = 1.43\ \mathrm{m}$$

- ➢ **Pérdidas corregidas con el valor de Christiansen en los manifold**

Dado que en la línea de manifold el caudal se redujo progresivamente por la descarga de le las salidas de la línea lateral, las pérdidas de carga no permanecieron constantes a lo largo de su recorrido. Por este motivo, al valor obtenido en la estimación general de

pérdidas se le aplicó una corrección mediante el factor de Christiansen que depende del número de salidas (ver anexo 7.11 coeficiente de Christiansen para múltiples salidas, pág xxiii). Con lo cual se obtiene la pérdida real del manifold:

Manifold (Turno 1)

$$\mathrm{Hf_c} = 8.44(\mathrm{m}) \times 0.362$$
$$\mathrm{Hf_c} = 3.05\ \mathrm{m}$$

Manifold (Turno 2)

$$\mathrm{Hf_c} = 0.44(\mathrm{m}) \times 0.362$$
$$\mathrm{Hf_c} = 0.16\ \mathrm{m}$$

Manifold (Turno 3)

$$\mathrm{Hf_c} = 3.90(\mathrm{m}) \times 0.362$$
$$\mathrm{Hf_c} = 1.41\ \mathrm{m}$$

Manifold (Turno 4)

$$\mathrm{Hf_c} = 1.43(\mathrm{m}) \times 0.362$$
$$\mathrm{Hf_c} = 0.52\ \mathrm{m}$$

- **Cálculo de la velocidad en línea manifold en función del caudal**

  - ✓ **Turno 1**

$$\mathrm{V} = \frac{18.04\left(\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{h}}\right)}{3600\ \pi\left(\frac{0.0574(\mathrm{m})}{2}\right)^2} = 1.94\ (\mathrm{m/s})$$

  - ✓ **Turno 2**

$$\mathrm{V} = \frac{7.00\left(\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{h}}\right)}{3600\ \pi\left(\frac{0.0574(\mathrm{m})}{2}\right)^2} = 0.75\ (\mathrm{m/s})$$

- ✓ **Turno 3**

$$V = \frac{12.23\left(\frac{m^3}{h}\right)}{3600\,\pi\left(\frac{0.0574(m)}{2}\right)^2} = 1.31\ (m/s)$$

- ✓ **Turno 4**

$$V = \frac{9.58\left(\frac{m^3}{h}\right)}{3600\,\pi\left(\frac{0.0574(m)}{2}\right)^2} = 1.03\ (m/s)$$

- ➢ **Cálculo de pérdidas por fricción de la sarta de descarga**

$$Hf = 10.674 \times \frac{\left(\frac{37.85\left(\frac{m^3}{seg}\right)}{3600}\right)^{1.852}}{130^{1.852} \times \left(\frac{77.9(mm)}{1000}\right)^{4.871}} \times 5.05(m)$$

$$Hf = 0.36\ m$$

Las pérdidas de carga generadas en los accesorios de la sarta de descarga se determinaron mediante el método de longitudes equivalentes, asignando a cada elemento una longitud equivalente según su tipo y diámetro. La suma de estas longitudes permitió estimar la pérdida total por fricción en la línea, (ver anexo 7.13 valores de longitud equivalente, pág xxiv).

$$Hf = 10.674 \times \frac{\left(\frac{36.74\left(\frac{m^3}{seg}\right)}{3600}\right)^{1.852}}{130^{1.852} \times \left(\frac{77.9(mm)}{1000}\right)^{4.871}} \times 18.14(m)$$

$$\mathrm{Hf} = 1.21\ \mathrm{m}$$

- **Cálculo de perdida por fricción en tubería de columna**

$$\mathrm{Hf} = 10.674 \times \frac{\left(\frac{37.85\left(\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{seg}}\right)}{3600}\right)^{1.852}}{130^{1.852} \times \left(\frac{77.9(\mathrm{mm})}{1000}\right)^{4.871}} \times 18(\mathrm{m})$$

$$\mathrm{Hf} = 1.27\ \mathrm{m}$$

- **Cálculo de la velocidad en sarta de descarga, tubería de columna y accesorios en función del caudal**

$$\mathrm{V} = \frac{37.85\left(\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{h}}\right)}{3600\ \pi\left(\frac{0.0779(\mathrm{m})}{2}\right)^2} = 2.21\ (\mathrm{m/s})$$

- **Cálculo de carga total dinámica (CTD)**

- **Sustituyendo en la ecuación 23 se determinó la carga total dinámica**

Con base a los resultados hidráulicos obtenidos para cada sección del sistema, se determinó que el turno 4 presenta la condición más crítica, al concentrar la mayor carga total dinámica en comparación con los demás turnos, de esta manera se obtiene:

$$CTD = 13\ m + (0.54\ m + 0.52\ m + 15.49\ m + 1.8\ m) + 10\ m + 5\ m + 7.84\ m + 1.27\ m + 0.56\ m$$

$$CTD = 56.02\ m \cong 183.75\ pies$$

Tabla 6. Carga total dinámica turno 4

CARTA TOTAL DINAMICA TURNO 4	
DESCRIPCION	**PRESION (MTS)**
ASPERSOR/EMISOR	10
LATERAL	0.54
MANIFOULD	0.52
CONDUCCION	15.49
VALVULA HIDRAULICA	1.8
DESNIVEL	5
SARTA DE DESCARGA	7.84
NIVEL DINAMICO	13
PERDIDA EN COLUMNA	1.27
ACCESORIOS	0.56693932
PRESION TOTAL (MTS)	**56.02184896**

Fuente: Elaboración propia – Software Excel

- **Cálculo de la potencia de Bombeo**

Una vez obtenidos todos los datos de presión hidráulica del diseño, y considerando que el turno 4 presenta la mayor demanda, se determinó la potencia requerida del equipo de bombeo necesaria para compensar las pérdidas por fricción y asegurar el funcionamiento óptimo del sistema.

- **Sustituyendo en la ecuación 24 se determinó la potencia del equipo de bombeo**

$$Php = \frac{166.63\ gpm \times 183.75\ pies}{3960 \times (0.74 \times 0.90)}$$

$$Php = 11.61\ hp$$

Una vez obtenido este dato se realizó una selección adecuada del equipo de bombeo a utilizar para el turno 4 siendo este el más crítico, se seleccionó una bomba sumergible

marca franklin modelo 150SSI10F66-0663 (ver anexo 9.1 curva de rendimiento de bomba, pág xxxiv).

Sin embargo, el resultado del cálculo obtenido fue de 11.61 hp y considerando que este valor no corresponde a una potencia comercial disponible, se optó por utilizar un motor sumergible encapsulado de 6”, monofásico de 15 hp, marca franklin (ver anexo 9.2 selección de motor, pág xxxv).

7.4 Lista de materiales para diseño de sistema de riego

7.4.1 Lista de materiales de PVC

Este rubro incluyó todos los componentes destinados a la conducción principal y secundaria del sistema, tales como tuberías, codos, adaptadores, reducciones y otros accesorios fabricados en PVC. Estos elementos conformaron la estructura base de transporte del caudal desde la fuente hasta los diferentes sectores de riego, seleccionados según su diámetro y presión nominal para garantizar la eficiencia hidráulica y la durabilidad del sistema, (ver anexo 10.1 materiales de PVC, pág xxxv).

7.4.2 Lista de materiales de riego

En este apartado se agruparon los elementos específicos que permitieron la distribución y aplicación del agua en el cultivo, como válvulas hidráulicas y cintas de goteo autocompensadas. Cada componente fue seleccionado en función de las condiciones hidráulicas del diseño y las características del terreno, (ver anexo 10.2 materiales de riego, pág xxxvi).

7.4.3 Lista de materiales para sarta de descarga

El rubro correspondiente a la sarta de descarga comprendió los elementos instalados desde la salida del pozo hasta el punto de conexión con la conducción principal, incluyendo accesorios e implementos. La selección de estos materiales se seleccionó de modo que garantice una adecuada entrega del caudal y la protección del equipo de bombeo, (ver anexo 10.3 sarta de descarga, pág xxxvi).

7.4.4 Lista de materiales misceláneo

El rubro misceláneo agrupó los materiales complementarios necesarios para la instalación y operación del sistema. Aunque no intervienen directamente en el desempeño hidráulico, son esenciales para asegurar la correcta fijación, estanqueidad y mantenimiento de la infraestructura de riego, (ver anexo 10.4 misceláneo, pág xxxvii).

VIII. CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos planteados en el diseño de un sistema de riego por goteo para el cultivo de plátano (musa paradisiaca) variedad CEMSA 3/4 en la finca betel-tour, ubicada en la comunidad Amayito, municipio de Diriamba, departamento de Carazo, Nicaragua se establece lo siguiente:

1. Con base al levantamiento topográfico, se delimitó el área de estudio, la cual comprendió una extensión total de 16.70 hectáreas. A partir del análisis altimétrico, se identificó una pendiente máxima del 5.56 %. Debido a esta condición, se seleccionó una cinta de riego autocompensada con el propósito de mantener un caudal constante en el sistema. Asimismo, el análisis de las propiedades hidrofísicas son óptimas para el cultivo del plátano, además las muestras recolectadas en campo revelaron una textura de suelo arcillosa; por tal motivo, se estableció un espaciamiento de 0.20 m entre goteros, garantizando una adecuada humectación del bulbo radicular del cultivo de plátano.

2. En cuanto al diseño agronómico, este se elaboró con base a los resultados de las propiedades hidrofísicas del suelo, obteniéndose una lámina de riego de 8.28 mm/día, considerando una eficiencia de aplicación del 90%. Además, se determinó una intensidad de aplicación de 1.80 mm/día y un caudal por hectárea de 18.00 m^3/h. El diseño geométrico definió un área neta de riego de 8.0 ha con una demanda total de 35.98 m^3/h, distribuidas en cuatro turnos de riego de 2.0 ha cada uno, mediante nueve válvulas hidráulicas que operan entre dos y tres simultáneamente. El diseño hidráulico incorporó tuberías de conducción de PVC de 2” y 3”, y manifold de 2”, una carga total dinámica de 56.02 mca, correspondiente al turno cuatro que resultó ser el más crítico.

3. Finalmente, los costos de inversión del sistema de riego por goteo se estimaron en función de los resultados de los diseños agronómico, geométrico e hidráulico, así como de los materiales requeridos para su instalación, incluyendo tuberías, codos, válvulas hidráulicas y cinta de goteo autocompensada. Se determinó un valor total de inversión de $ 21,052.85 USD, equivalente a $ 1,856.51 USD por manzana, lo que

proporciona al productor una referencia clara de los costos y alcances del proyecto. Aunque el sistema requiere una inversión inicial considerable, su implementación garantiza beneficios sostenibles en términos de eficiencia en el uso del agua, incremento de la productividad y mejora en la calidad del cultivo de plátano, contribuyendo a mitigar la limitación del recurso hídrico en la finca Betel-Tour.

IX. RECOMENDACIONES

- Realizar pruebas hidrofísicas en temporada seca para obtener resultados más precisos en condiciones climáticas exigentes y asimismo enviar muestras al laboratorio en un plazo máximo de 24 horas para preservar las propiedades originales y asegurar la confiabilidad.

- Se recomienda implementar el sistema de riego por goteo de acuerdo con el diseño agronómico, geométrico e hidráulico planteado, dado que es la mejor opción para la producción de plátano, aplicando la frecuencia de lámina bruta para satisfacer la demanda hídrica y evitar pérdidas por percolación.

- Es conveniente monitorear de manera periódica los niveles dinámicos y estáticos del pozo para asegurar que el diseño del sistema sea sostenible, eficiente y que se mantenga un suministro constante de agua a la zona del cultivo, protegiendo la vida útil del pozo y del equipo.

- Es fundamental brindar capacitación continua al productor y al personal responsable de la operación y el mantenimiento del sistema de riego. La formación en técnicas adecuadas de aplicación del agua, junto con el monitoreo periódico de las condiciones del suelo y del equipo, permitirá optimizar la eficiencia del sistema, garantizar su funcionamiento adecuado y prolongar su vida útil.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ADRA PERU . (2009). *Manual de operación y mantenimiento del sistema de riego por goteo.*

agropinos. (n.d.). Retrieved from https://www.agropinos.com/blog/sistema-de-riego-por-aspersion

Alegret, B. E., & Martínez, V. Y. (2019, Septiembre). *go.gale.com*. Retrieved from https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA612580282&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=16800338&p=IFME&sw=w&userGroupName=anon%7E1cb51471&aty=open-web-entry

Alex. (n.d.). *es.scribd.com*. Retrieved from https://es.scribd.com/document/394568110/Longitud-Equivalente-Anexo-B

Andrango Qumbiamba , P. (2019). *Determinación del caudal de riego según las necesidades hídricas de los cultivos para las comunidades de la UCICMA. .* Quito: UCE.

Angeles , H. (2019). Algunos Aspectos de Diseño, Operación, Mantenimiento y Evaluación de los Sistemas de Riego por Goteo. (31), 5.

Arango Tobón, J. C. (1998). *Métodos de riego.* Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

Arias , P., Dankers, C., Liu, P., & Pikauskas , P. (2004). *La economía mundial del banano 1985-2002.* Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

Bravo, F. S. (2019). *kerwa.ucr.ac.cr*. Retrieved from https://www.kerwa.ucr.ac.cr/server/api/core/bitstreams/756abc79-c730-4e76-8441-cb452fe6d226/content

Carrazón Alocén, J. (2007). *Manual práctico para el diseño de sistemas de miniriego.* Tegucigalpa.

Castañón Najera , G. (2000). *Ingeniería del Riego Utilización Racional del Agua.* Madrid : THOMSON LEARNIG .

Catalán, V., Sánchez, C., Villa, C., Inzunza, I., & Mendoza, M. (2007). *Programa para calcular las demandas de agua y calendarizar el riego de los cultivos.* Gómez Palacio, Dgo. Méx.: CENID-RASPA, INIFAP.

Chacón, D. M. (2008). *repositorio.unan.edu.ni*. Retrieved from https://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/3154/1/5875.pdf

Champion, W. J. (1968). *The Genus Musa.* Royal Botanic Gardens.

es.scribd.com. (n.d.). Retrieved from https://es.scribd.com/doc/186600563/Tabla-No-5-Coeficientes-de-Christiansen-para-salidas-multiples-f-pdf

Espinosa, M. (2016). *guiagronicaragua.com*. Retrieved from https://guiagronicaragua.com/wp-content/uploads/2016/10/Situaci%C3%B3n-del-Riego-en-Nicargua-MLE-Edi2016.pdf

FAO . (2016). *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.* Retrieved from https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/#:~:text=Se%20denomina%20Capacidad%20de%20Campo,de%20la%20lluvia%20o%20riego).

FAO. (2006.). *ESTUDIO FAO RIEGO Y DRENAJE NR°56. .* Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

FAO. (2009). *Guía para descripción de suelos.*

FAO. (n.d.). *https://openknowledge.fao.org/*. Retrieved from https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/f3660258-d07f-487e-b3c1-01661c83cb16/content

GESTIRIEGO. (2016, Mayo 25). *gestiriego.com*. Retrieved from https://www.gestiriego.com/diseno-agronomico/

Gur, E. (n.d.). *sswm.info*. Retrieved from https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/red-de-distribuci%C3%B3n-comunitaria

Heslop Harrison , & Schwarzacher. (2007). Domestication, Genomics and the Future for Banana. *Oxford Academic* , 1073–1084.

Hillel, D. (1998). *Environmental Soil Physics.* Academic Press.

Howell, T. (2001). *Enhancing Water Use Efficiency in Irrigated Agriculture.* American Society of Civil Engineers (ASCE).

HYDRO ENVIROMENT. (2024). *HYDRO ENVIROMENT*. Retrieved from https://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=220

iagua. (2019, Abril 19). *iagua*. Retrieved from https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/conexiones-riego-localizado-revision-principales

iagua. (2024, 10). Retrieved from iagua: https://www.iagua.es/respuestas/cuantos-tipos-riego-hay

Intagri. (2015). *intagri.com*. Retrieved from https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/sistema-de-riego-por-goteo

Jiménez. (2017, Mayo 18). *hidraulicafacil.com.mex*. Retrieved from https://www.hidraulicafacil.com.mx/2017/05/diseno-hidraulico-de-sistemas-de-riego.html

Jones, D. R. (2000). *Disease of banana, abaca and ensete.* CABI.

Khan, S., Smith , R., & Jones, T. (2014). *Microirrigation for crop production: Design, operation, and management.* CRC Press.

Larios, E. (2021, Agosto). *ribuni.uni.edu.ni.* Retrieved from https://ribuni.uni.edu.ni/4448/1/96006.PDF

MAG. (2023, Enero). *mag.gob.ni*. Retrieved from https://www.mag.gob.ni/index.php/noticias?view=article&id=59:produccion-platano-aporta&catid=11

Martinez , E., & González, M. (2007). *Instructivo técnico del cultivo del plátano.* CUBANS PUBLICATIONS .

Novagric. (n.d.). Retrieved from Novagric: https://novagric.com/precio-del-riego-por-goteo-como-calcularlo/

Ortiz , E. (2011). *Manejo del agua en el suelo para cultivos agrícolas.*

rieggo. (2022). *Sistema de riego por goteo.* Junio 23: https://rieggo.com/blog/que-es-un-sistema-de-riego-por-goteo-y-sus-beneficios/#:~:text=El%20sistema%20de%20riego%20por%20goteo%20consiste%20en%20suministrar%20gota,el%20agua%20exacta%20que%20requiere.

Rincon del vago . (2016, Julio 14). *Rincon del Vago*. Retrieved from https://html.rincondelvago.com/riego-por-microaspersion.html

Rincon del vago . (2016, Julio 14). *Rincon del vago* . Retrieved from https://html.rincondelvago.com/riego-por-microaspersion.html

Rothschuh Osorio, U. (2023, Marzo 14). *BIO enciclopedia* . Retrieved from https://www.bioenciclopedia.com/transpiracion-de-las-plantas-que-es-y-proceso-825.html

Salinas Sequeira , F., & Gómez López, G. (2018, Abril). *repositorio.una.edu.ni*. Retrieved from https://repositorio.una.edu.ni/3760/1/tnf06s165f.pdf

Tovar. (1993). *Riego por microaspersión en frutales.*

TRAXCO. (2017, Marzo 9). *TRAXCO*. Retrieved from https://www.traxco.es/blog/tecnologia-del-riego/aplicacion-del-riego

TRAXCO. (2017). *TRAXCO* . Retrieved from https://www.traxco.es/

Tullis, J. P. (2013). *Hydraulics of Pipelines: Pumps, Valves, Cavitation, Transients.* Nueva York: McGraw-Hill Education .

USDA. (n.d.). *https://www.nrcs.usda.gov/*. Retrieved from https://www.nrcs.usda.gov/resources/education-and-teaching-materials/soil-texture-calculator

Vargas, C. (2020). *repository.eafit.edu.co*. Retrieved from https://repository.eafit.edu.co/server/api/core/bitstreams/023615e9-b613-4b1d-9679-6fa859284ec8/content

Villafañe, R. (1998). *Diseño Agronomico de riego.* Maracay: EX-Libris.

Weather Spark. (2024). Retrieved from Weather Spark: https://es.weatherspark.com/y/14358/Clima-promedio-en-Diriamba-Nicaragua-durante-todo-el-a%C3%B1o

XI. ANEXOS

Anexo 1 Propiedades Hidrofísicas del suelo

Anexo 1.1 Visita de campo

Ubicación de Finca	Amayito, Diriamba - Carazo
Área (Ha)	8.00
Técnico	Brandon Valverde, Jennifer Cruz, Josdany Naranjo

Descripción	Cantidad	Observaciones
Tipo de fuente de agua	Pozo	La fuente de abastecimiento seleccionada para el sistema de riego por goteo será el pozo existente en la finca, con una profundidad total de 11.70 m.
Cultivo	Plátano	Plátano (Musa Paradisiaca), variedad CEMSA 3/4
Área de riego	7.81 ha	Esta es la superficie efectiva que abarca el diseño del sistema de riego por goteo y el cultivo correspondiente.
Espaciamiento entre surcos	3.50mts	Distancia establecida para los caminos o surcos dentro del área de cultivo.
Espaciamiento entre plantas	1.50mts	Distancia recomendada entre plantas dentro del surco.
Dirección de siembra	Este - Oeste	Esta orientación se considerará en el diseño del sistema de riego para optimizar la distribución de luz solar y la eficiencia del riego.
Sistema de riego	Goteo	Se ha seleccionado el sistema de riego por goteo debido a su alta eficiencia del 90%, lo que lo hace especialmente adecuado para el cultivo del plátano.
Pendiente	5.56%	La cota mínima del terreno es de 57 metros, mientras que la máxima alcanza los 70 metros, resultando en una pendiente promedio del 5.56%. Esta pendiente no es uniforme, presentando variaciones entre 0-2%, 2-5% y 5-6%.
Tipo de suelo	Arcilloso	La textura del suelo es adecuada para la implementación del sistema de riego por goteo, permitiendo una buena retención de humedad.
Jornada de trabajo	18.4	Se estima una jornada de trabajo de 18.4 horas para la instalación y mantenimiento del sistema.
Estructura hidráulica	Sarta de descarga	Actualmente, no existe una estructura hidráulica en el área de la finca; sin embargo, se diseñará una acorde a los requerimientos del sistema.
Camino	De fácil acceso	El camino principal hacia la finca es accesible mediante vehículo privado, facilitando el acceso a la infraestructura de riego.

Fuente: Elaboración Propia – Software Excel

Anexo 1.2 Análisis de capacidad de campo y punto de marchitez permanente

CC Y PMP										
Item	Muestra	Pt (gr)	PshT(gr)	PssT (gr)	Psh (gr)	Pss (gr)	Psht-Psst (gr)	Psst-Pt (gr)	CC (%)	PMP (%)
1	Muestra #1	16.64	62.99	45.92	46.35	29.28	17.07	29.28	58.30	27.76
									MUY ALTA	

Fuente: Elaboración Propia – Software Excel

Anexo 1.3 Análisis de Potencial de hidrógeno, conductividad eléctrica y humedad

HUMEDAD				
No.	Muestra	PH	CE (Ds/M)	Humedad (%)
1	Muestra #1	7.0	0.39	58.30
			NO SALINA	

Fuente: Elaboración Propia – Software Excel

Anexo 1.4 Evaluación de capacidad de campo

Capacidad de Campo % de volumen	Evaluación
< 20	Baja
20 – 40	Media
40 – 55	Alta
> 55	Muy Alta

Fuente: Guía de laboratorio de fundamento de suelos – UNI

Anexo 1.5 Evaluación de salinidad del suelo

Tabla 1. Escala para clasificar los suelos según salinidad.

Suspensión Relación Suelo/Agua	Conductividad Eléctrica (Ds/M)
No Salina	0-1
Levemente Salina	1-2
Moderadamente Salina	2-4
Muy Salina	4-8

Fuente: Guía de laboratorio de fundamento de suelos – UNI

Anexo 2 Propiedades edáficas

Anexo 2.1 Análisis de densidad real

DENSIDAD REAL											
No.	Muestra	PP (gr)	D1 (gr/cm3)	D3 (gr/cm3)	Pp+S (gr)	PS (gr)	P1 (Pp+Agua)	P3 (Pp+S+Agua)	D1*D3*PS	D3 (P1-PP)	DR (gr/cm3)
1	Tara (8)	41.5	0.966	0.966	50.22	8.72	142.82	147.14	8.65	100.91	**1.97**

Fuente: Elaboración Propia – Software Excel

Anexo 2.2 Análisis de densidad aparente y porosidad

DENSIDAD APARENTE										
No.	Muestra	Peso de Beacker	Peso Seco	MPS (gr)	D (cm)	H (cm)	PI	Vol (cm3)	DA (gr/cm3)	Porosidad %
1	Tara (3)	145.18	181.75	181.75	5.08	14		283.75	0.64	67.51
2	Tara (Sofi)	149.27	210.32		5.08	14		283.75	0.74	62.44
3	Tara (B4)	147.46	196.5		5.08	14		283.75	0.69	64.97
PROMEDIO									**0.69**	**64.97**
									MUY BAJO	**MUY ALTO**

Fuente: Elaboración Propia – Software Excel

Anexo 2.3 Análisis de textura de suelo

TEXTURA																	
Muestra	LI (g/lts)	LC (40s) (g/lts)	LB (g/lts)	LC (5hrs) (g/lts)	LC (5hrs corregida)	TBL (°C)	TBL (5hrs) (°C)	T1 (°C)	T (5hrs) (°C)	FC	FC (5hrs)	PS (gr)	Lima + Arcilla %	Arcilla %	Arena %	Limo %	Clasificación
1	31	33.46	0	22	25.6	28.2	25.6	28.2	25.6	2.46	1.68	50	66.92	44	33.08	22.92	**ARCILLA**

Fuente: Elaboración Propia – Software Excel

Anexo 2.4 Cálculo de triángulo textural de suelo

RIEGA – Herramienta de suelos

Introduzca valores para determinar su tipo de suelo

CALCULADOR DE TEXTURA

Porcentaje de arena: 33%

Porcentaje de arcilla: 44%

Porcentaje de limo: 23%

Textura del suelo: CLAY

Clay - Característica:

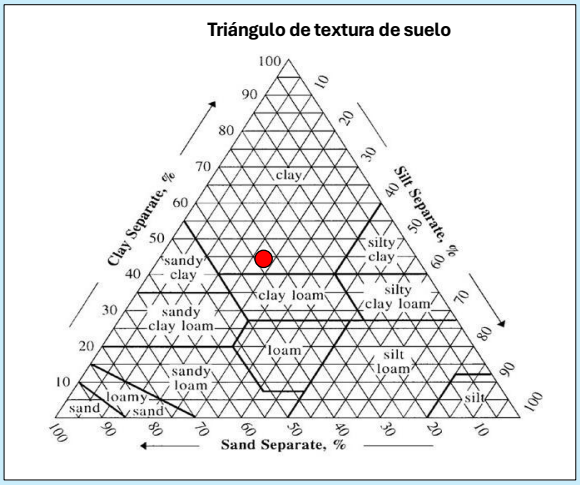
Capacidad de campo (CC): 42 %

Pto. marchitez permanente (PMP): 30 %

Definiciones:

La **capacidad de campo** es la cantidad de humedad del suelo o el contenido de agua que se mantiene en el suelo una vez se ha drenado el exceso de agua y ha disminuido la velocidad del movimiento descendente.

El **punto de marchitez permanente** es el punto mínimo de humedad del suelo que necesita para que la planta no se marchite.



Calculador adaptado de: United States Department of Agriculture

Fuente: (USDA, s.f.), herramienta de suelos – Software Excel

Anexo 2.5 Evaluación de densidad real

Densidad Real gr/cm^3	Evaluación
<2.40	Bajo
2.40 – 2.60	Medio
2.60 – 2.80	Alto
>2.80	Muy Alto

Fuente: Guía de laboratorio de fundamento de suelos – UNI

Anexo 2.6 Evaluación de densidad aparente

Evaluación Aparente (Da)	Densidad gr/cm^3
Muy Baja	**<1.0**
Baja	**1.0– 1.2**
Media	**1.2 – 1.45**
Alta	**1.45 – 1.60**
Muy Alta	**>1.60**

Fuente: Guía de laboratorio de fundamento de suelos – UNI

Anexo 2.7 Evaluación de la porosidad total

Evaluación Total (Pt)	Porosidad	Porcentaje (%)
Muy Alta		>65
Alta		55 – 65
Media		45 – 55
Baja		40 – 45
Muy Baja		<40

Fuente: Guía de laboratorio de fundamento de suelos – UNI

Anexo 2.8 Datos de densidad de agua destilada a distintas temperaturas

T (°C)	Densidad (gr/cm^3)	T (°C)	Densidad (gr/cm^3)	T (°C)	Densidad (gr/cm^3)
0.0	0.999	12.5	0.999	25.0	0.997
0.5	0.999	13.0	0.999	25.5	0.997
1.0	0.999	13.5	0.999	26.0	0.997
1.5	0.999	14.0	0.999	26.5	0.997
2.0	0.999	14.5	0.999	27.0	0.997
2.5	0.999	15.0	0.999	27.5	0.996
3.0	0.999	15.5	0.999	28.0	0.996
3.5	0.999	16.0	0.999	28.5	0.996
4.0	1.000	16.5	0.999	29.0	0.996
4.5	1.000	17.0	0.999	29.5	0.996
5.0	1.000	17.5	0.999	30.0	0.996
5.5	1.000	18.0	0.999	30.5	0.996
6.0	1.000	18.5	0.998	31.0	0.995
6.5	1.000	19.0	0.998	31.5	0.995
7.0	1.000	19.5	0.998	32.0	0.995
7.5	1.000	20.0	0.998	32.5	0.995
8.0	1.000	20.5	0.998	33.0	0.995
8.5	1.000	21.0	0.998	33.5	0.995
9.0	1.000	21.5	0.998	34.0	0.994
9.5	1.000	22.0	0.998	34.5	0.994
10.0	1.000	22.5	0.998	35.0	0.994
10.5	1.000	23.0	0.998	35.5	0.994
11.0	1.000	23.5	0.998		
11.5	1.000	24.0	0.997		
12.0	1.000	24.5	0.997		

Fuente: Guía de laboratorio de fundamento de suelos – UNI

Anexo 3 Resultados de las pruebas de infiltración

Lugar:	Finca Betel - Tour, área aproximada del sorgo		
Coordenadas			
X:	-86.32482782	**Y:**	11.71364959
Elevación (m.s.n.m):	70.73		
Hora de inicio:	10:13:00	**Hora de finalización:**	12:11:00
Diámetro del agujero de infiltración (cm):	8	**Profundidad del agujero de infiltración (cm):**	31
Carga (cm):	15		
Levantamiento:	Brandon Valverde, Jennifer Cruz, Josdany Naranjo		

Hora	Tiempo (min)	Tiempo acumulado (min)	lectura h (cm)	Dh (cm)	Infiltracion acumulada (cm)	Velocidad de infiltración (cm/min)
10:13:00 a. m.	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10:16:00	3	3.00	7.10	7.10	7.10	2.37
10:19:00	3	6.00	7.30	0.20	7.30	0.07
10:22:00	3	9.00	7.40	0.10	7.40	0.03
10:25:00	3	12.00	7.40	0.00	7.40	0.00
10:28:00	3	15.00	7.40	0.00	7.40	0.00
10:31:00	3	18.00	7.40	0.00	7.40	0.00
10:34:00	3	21.00	7.40	0.00	7.40	0.00
10:37:00	3	24.00	7.40	0.00	7.40	0.00
10:40:00	3	27.00	7.40	0.00	7.40	0.00
10:43:00	3	30.00	7.40	0.00	7.40	0.00
10:46:00	3	33.00	7.40	0.00	7.40	0.00
10:51:00	5	38.00	7.70	0.30	7.70	0.06
10:56:00	5	43.00	7.90	0.20	7.90	0.04
11:01:00	5	48.00	8.00	0.10	8.00	0.02
11:06:00	5	53.00	8.10	0.10	8.10	0.02
11:11:00	5	58.00	8.20	0.10	8.20	0.02
11:16:00	5	63.00	8.40	0.20	8.40	0.04
11:21:00	5	68.00	8.50	0.10	8.50	0.02
11:31:00	10	78.00	8.70	0.20	8.70	0.02
11:41:00	10	88.00	9.00	0.30	9.00	0.03
11:51:00	10	98.00	9.30	0.30	9.30	0.03
12:01:00	10	108.00	9.60	0.30	9.60	0.03
12:11:00	10	118.00	9.80	0.20	9.80	0.02
					R:	**0.03**	**cm/min**	
					Kfs:	**6.47E-04**	**cm/min**	
					Kfs:	**0.39**	**mm/h**	**Arcilloso**
						2.330474118	**mm/d**	

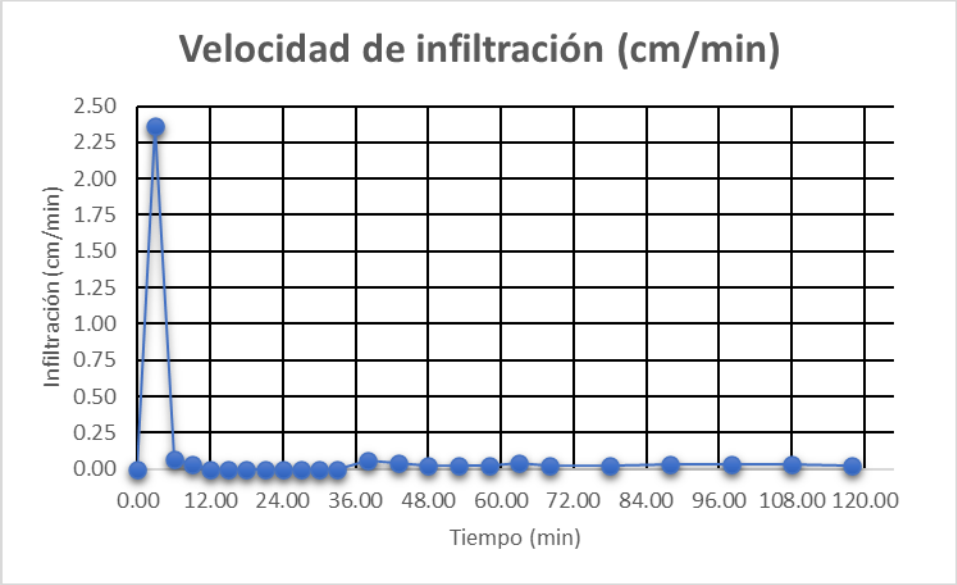
Fuente: Elaboración Propia – Software Excel

Lugar:	Finca Betel - Tour, área de pasto Mombasa		
Coordenadas			
X:	-86.32298816	**Y:**	11.71289386
Elevación (m.s.n.m):	67.87		
Hora de inicio:	12:59:00	**Hora de finalización:**	14:44:00
Diámetro del agujero de infiltración (cm):	8	**Profundidad del agujero de infiltración (cm):**	32
Carga (cm):	11		
Levantamiento:	Brandon Valverde, Jennifer Cruz, Josdany Naranjo		

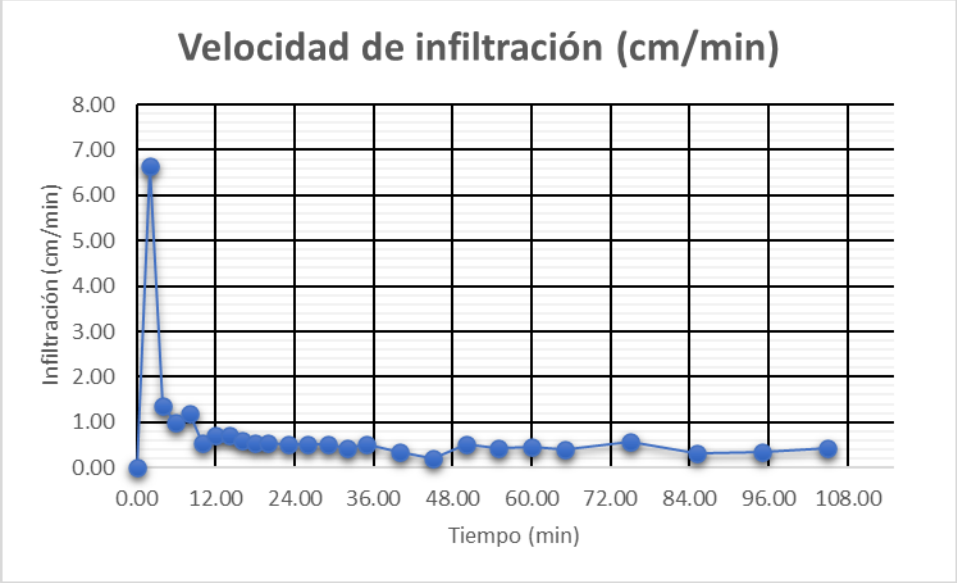
Hora	Tiempo (min)	Tiempo acumulado (min)	lectura h (cm)	Dh (cm)	Infiltracion acumulada (cm)	Velocidad de infiltración (cm/min)
12:59:00 p. m.	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13:01:00	2	2.00	13.30	13.30	13.30	6.65
13:03:00	2	4.00	16.00	2.70	16.00	1.35
13:05:00	2	6.00	18.00	2.00	18.00	1.00
13:07:00	2	8.00	20.40	2.40	20.40	1.20
13:09:00	2	10.00	21.50	1.10	21.50	0.55
13:11:00	2	12.00	22.90	1.40	22.90	0.70
13:13:00	2	14.00	24.30	1.40	24.30	0.70
13:15:00	2	16.00	25.50	1.20	25.50	0.60
13:17:00	2	18.00	26.60	1.10	26.60	0.55
13:19:00	2	20.00	27.70	1.10	27.70	0.55
13:22:00	3	23.00	29.20	1.50	29.20	0.50
13:25:00	3	26.00	30.70	1.50	30.70	0.50
13:28:00	3	29.00	32.20	1.50	32.20	0.50
13:31:00	3	32.00	33.50	1.30	33.50	0.43
13:34:00	3	35.00	35.00	1.50	35.00	0.50
13:39:00	5	40.00	36.73	1.73	36.73	0.35
13:44:00	5	45.00	37.77	1.04	37.77	0.21
13:49:00	5	50.00	40.27	2.50	40.27	0.50
13:54:00	5	55.00	42.37	2.10	42.37	0.42
13:59:00	5	60.00	44.67	2.30	44.67	0.46
14:04:00	5	65.00	46.67	2.00	46.67	0.40
14:14:00	10	75.00	52.40	5.73	52.40	0.57
14:24:00	10	85.00	55.60	3.20	55.60	0.32
14:34:00	10	95.00	59.00	3.40	59.00	0.34
14:44:00	10	105.00	63.20	4.20	63.20	0.42
					R:	**0.41** cm/min	
					Kfs:	**1.17E-02** cm/min	
					Kfs:	**7.05** mm/h	**Franco arcilloso**
						42.28491042 mm/d	

Fuente: Elaboración Propia – Software Excel

Anexo 3.1 Gráfica de velocidad de infiltración



Fuente: Elaboración Propia – Software Excel



Fuente: Elaboración Propia – Software Excel

Anexo 4 Aforo de pozo

Aforo de pozo					
Lugar:	Finca Betel - Tour				
Fecha:	01/11/2025				
Coordenadas:	573444 E	1294909 N			
NEA (m):	6				
Lectura	**Volumen (Gal)**	**Tiempo (min)**	**Caudal (gpm)**	**Descenso (m)**	**ND (m)**
1	31.70	0.16	198.15	-6.50	12.50
2	31.70	0.17	186.49	-6.70	12.70
3	31.70	0.17	186.49	-7.00	13.00
Promedio	**31.70**	**0.17**	**190.38**	**-6.73**	**12.73**

Fuente: elaboración propia – software Excel.

Anexo 5 Variable climática

Anexo 5.1 Datos de precipitación de Data Access Viewer

NASA/POWER SOUR/NATIVE RESOLUTION MONTHY AND ANNUAL													
Dates (month/day/year) 01/01/2002 through 12/31/2022													
Location:				Latitude:11.7139					Longitude: -86.3247				
Elevation from MERRA-2: Average for 0.5 x 0.625 degree lat/lon region = 41.28 meters													
Parameter (s):				Precipitation Corrected summ (mm)									
YEAR	**JAN**	**FEB**	**MAR**	**APR**	**MAY**	**JUN**	**JUL**	**AUG**	**SEP**	**OCT**	**NOV**	**DEC**	**ANN**
2002	2.95	8.16	0.03	1.07	231.19	48.35	103.85	125.25	186.86	143.28	38.00	0.13	889.12
2003	0.51	0.06	19.25	78.83	176.56	153.90	70.39	69.55	119.78	172.00	65.04	8.05	933.92
2004	0.53	0.12	1.51	0.86	124.95	66.10	80.28	71.26	306.79	115.70	67.57	7.12	842.79
2005	0.01	0.16	31.15	5.57	175.70	318.54	103.40	192.16	477.36	414.47	53.06	1.25	1772.83
2006	0.17	4.50	0.00	4.38	96.23	221.87	169.47	82.76	143.16	166.05	54.02	2.55	945.16
2007	0.00	0.06	5.88	40.73	242.84	115.34	174.91	298.29	391.32	560.32	13.29	9.53	1852.51
2008	1.56	0.73	0.39	33.04	172.79	300.31	237.50	349.61	567.47	410.95	80.22	2.09	2156.66
2009	0.00	0.43	0.34	0.00	180.90	299.62	77.97	62.50	115.51	162.61	66.83	12.65	979.36
2010	0.00	0.49	0.49	113.17	220.57	273.67	327.34	353.35	350.26	108.99	42.28	0.18	1790.79
2011	0.20	6.35	15.61	15.62	260.22	249.80	300.14	267.89	251.68	452.66	17.80	6.07	1844.04
2012	0.01	0.00	0.30	53.95	156.82	177.20	30.69	223.84	192.18	198.11	0.91	1.21	1035.22
2013	0.02	0.00	0.09	11.81	260.14	208.85	125.42	173.58	355.62	293.18	71.82	2.93	1503.46
2014	0.00	0.95	1.54	4.99	127.69	105.38	3.89	133.92	419.03	347.34	118.52	0.50	1263.75
2015	0.13	0.70	0.83	2.60	14.29	101.28	22.93	76.72	186.81	199.50	141.87	5.72	753.38
2016	0.06	0.27	1.26	40.31	125.42	390.08	123.36	178.46	250.72	353.89	206.17	82.56	1752.56
2017	0.18	0.11	0.55	25.76	421.76	314.05	90.83	440.43	291.21	570.00	55.60	6.80	2217.28
2018	4.20	0.51	0.05	26.99	313.76	176.97	37.39	86.97	151.33	460.11	46.26	3.22	1307.76
2019	0.75	0.06	0.08	3.85	366.74	117.33	66.75	109.48	190.79	506.10	29.28	2.56	1393.77
2020	0.27	0.10	0.29	16.58	217.50	302.99	186.09	264.70	523.63	707.31	1530.45	12.97	3762.88
2021	2.06	0.07	1.80	85.82	151.39	502.47	223.75	609.24	536.44	204.02	4.06	1.24	2322.36
2022	0.26	0.32	7.95	41.51	287.73	316.80	186.64	121.11	241.13	149.53	470.78	3.48	1827.24
PROMEDIO	0.66	1.15	4.26	28.93	205.96	226.71	130.62	204.34	297.58	318.86	151.13	8.23	1578.42

Fuente: Elaboración propia, con datos de global data Access Viewer.

Anexo 5.2 Datos de temperatura de Data Access Viewer

NASA/POWER SOUR/NATIVE RESOLUTION MONTHY AND ANNUAL													
Dates (month/day/year) 01/01/2002 through 12/31/2022													
Location:				Latitude:11.7139						Longitude: -86.3247			
Elevation from MERRA-2: Average for 0.5 x 0.625 degree lat/lon region = 41.28 meters													
Parameter (s):				T2M_MAX									
YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
2002	32.01	31.97	33.20	32.91	33.93	31.71	31.11	31.93	31.06	30.46	31.32	31.46	33.93
2003	31.63	32.89	33.21	33.26	32.73	30.84	31.51	31.90	31.80	31.57	31.47	31.63	33.26
2004	31.32	31.97	32.84	33.79	33.30	32.27	32.19	32.34	31.05	30.33	30.02	30.75	33.79
2005	31.32	32.79	32.84	34.46	33.82	30.73	30.77	30.68	30.51	28.74	29.42	29.86	34.46
2006	30.67	31.17	32.35	33.86	32.87	31.42	31.15	31.45	31.67	31.44	30.79	31.39	33.86
2007	31.39	32.89	32.72	32.94	32.96	31.32	31.02	30.09	29.78	29.64	29.24	29.41	32.96
2008	30.55	31.29	32.41	32.67	33.48	30.70	29.97	30.05	29.85	29.23	29.67	29.31	33.48
2009	30.21	31.13	32.25	32.77	32.99	32.16	31.24	31.78	32.25	31.38	31.19	31.50	32.99
2010	31.73	32.64	34.08	34.11	33.59	30.60	30.16	30.07	29.78	30.04	29.26	29.35	34.11
2011	30.49	31.42	33.03	32.62	33.55	31.23	29.76	30.40	30.05	29.82	29.88	29.70	33.55
2012	29.84	30.75	32.63	31.99	32.49	31.65	31.48	31.98	30.42	30.27	30.15	31.73	32.63
2013	31.55	31.40	33.22	33.01	32.38	30.44	30.33	30.55	29.91	29.97	29.85	30.23	33.22
2014	30.41	31.46	32.23	33.19	32.72	32.00	32.71	32.66	31.51	30.09	29.80	30.18	33.19
2015	30.75	31.72	32.32	33.74	33.78	32.56	33.10	33.20	32.23	32.28	30.99	31.98	33.78
2016	32.26	32.86	33.23	33.03	33.17	30.77	30.83	31.09	30.60	30.51	30.50	29.58	33.23
2017	30.15	31.28	31.99	33.49	31.31	30.73	30.27	30.94	30.36	30.31	30.20	29.86	33.49
2018	30.53	31.59	31.94	32.70	33.44	30.61	31.02	31.69	31.59	30.25	30.59	31.30	33.44
2019	31.34	32.01	31.48	33.05	32.72	31.46	31.60	31.78	32.17	29.81	30.51	30.77	33.05
2020	31.39	32.59	32.89	33.71	34.08	30.85	30.74	30.88	30.50	29.84	29.11	29.49	34.08
2021	30.18	32.24	32.75	33.16	32.32	32.75	30.76	30.90	29.97	30.71	30.29	30.67	33.16
2022	30.84	31.32	32.09	33.27	32.56	30.03	30.36	30.64	30.52	30.60	30.35	29.90	33.27
PROMEDIO	30.98	31.88	32.65	33.23	33.06	31.28	31.05	31.29	30.84	30.35	30.22	30.48	33.47

NASA/POWER SOUR/NATIVE RESOLUTION MONTHY AND ANNUAL													
Dates (month/day/year) 01/01/2002 through 12/31/2022													
Location:				Latitude:11.7139						Longitude: -86.3247			
Elevation from MERRA-2: Average for 0.5 x 0.625 degree lat/lon region = 41.28 meters													
Parameter (s):				T2M_MIN									
YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
2002	22.83	23.95	23.78	24.91	25.78	25.03	25.16	25.48	25.89	25.67	23.32	24.25	22.83
2003	22.84	24.04	24.58	24.69	25.98	25.54	25.75	25.31	25.66	25.40	25.04	23.14	22.84
2004	23.17	24.02	24.27	24.28	25.45	25.32	25.54	25.20	25.71	25.91	23.41	23.16	23.16
2005	22.02	22.49	24.83	26.17	26.25	26.39	25.78	25.64	25.47	24.06	22.58	23.74	22.02
2006	22.10	22.05	23.13	24.70	25.49	25.26	25.39	25.74	25.68	25.95	21.57	23.82	21.57
2007	24.07	23.11	24.76	26.28	25.73	25.67	25.14	25.61	25.30	24.65	23.34	23.32	23.11
2008	22.37	22.98	24.37	25.09	25.56	25.85	25.09	25.55	25.12	25.06	22.33	22.16	22.16
2009	22.28	21.05	21.77	24.83	26.27	25.75	25.80	25.98	25.59	25.65	24.35	23.90	21.05
2010	21.22	24.18	22.84	26.22	26.00	25.91	25.49	25.41	25.39	24.60	22.72	21.17	21.17
2011	22.27	23.83	23.43	25.07	25.98	25.52	25.29	25.45	25.77	22.99	23.23	22.70	22.27
2012	21.90	23.20	23.59	25.34	26.75	26.24	25.77	26.00	25.75	24.96	22.45	23.53	21.90
2013	23.87	23.57	22.40	25.32	25.81	25.55	25.64	25.31	25.43	25.65	25.04	23.69	22.40
2014	23.46	23.92	24.53	24.79	26.22	26.19	25.81	26.13	25.70	25.19	24.02	23.16	23.16
2015	22.49	23.37	24.14	24.93	26.37	25.99	26.04	26.56	26.05	25.98	24.51	25.17	22.49
2016	23.66	23.47	24.65	26.03	26.52	25.70	24.89	26.25	24.71	25.56	23.87	23.36	23.36
2017	22.89	23.23	24.68	25.62	26.27	25.71	25.03	25.94	26.24	25.39	24.47	22.26	22.26
2018	22.72	23.38	23.09	24.83	26.45	26.10	25.68	25.74	25.85	24.89	25.66	23.20	22.72
2019	23.96	24.31	23.99	25.47	25.87	25.74	25.33	26.10	26.10	25.70	25.02	24.77	23.96
2020	24.10	25.16	25.13	25.71	26.36	25.95	25.38	25.72	26.18	25.55	25.05	23.05	23.05
2021	23.58	22.48	23.67	25.48	26.07	26.06	25.61	26.05	25.64	26.13	24.39	23.65	22.48
2022	23.26	23.70	24.78	26.11	26.18	24.52	25.84	25.03	25.68	25.84	25.18	23.76	23.26
PROMEDIO	22.91	23.40	23.92	25.33	26.06	25.71	25.50	25.72	25.66	25.28	23.88	23.38	22.53

Fuente: Elaboración propia, con datos de global data Access Viewer.

Anexo 5.3 Datos de velocidad del viento

NASA/POWER SOUR/NATIVE RESOLUTION MONTHY AND ANNUAL													
Dates (month/day/year) 01/01/2002 through 12/31/2022													
Location:				Latitude:11.7139					Longitude: -86.3247				
Elevation from MERRA-2: Average for 0.5 x 0.625 degree lat/lon region = 41.28 meters													
Parameter (s):				WS2M									
YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
2002	8.28	8.18	8.04	7.59	6.64	4.61	6.20	6.54	3.88	4.62	6.69	7.34	6.55
2003	8.86	7.74	6.21	5.60	5.44	3.61	5.82	5.72	3.35	3.14	4.77	7.01	5.61
2004	6.97	7.32	8.52	5.67	5.71	5.73	5.31	5.50	3.18	4.16	6.33	7.77	6.01
2005	8.45	7.87	4.63	5.53	4.77	3.32	4.39	4.28	5.08	5.21	4.83	6.31	5.39
2006	7.72	7.98	7.59	5.51	4.54	5.04	5.74	5.33	4.40	4.47	5.23	6.66	5.85
2007	8.63	7.03	6.98	4.64	3.76	4.21	5.14	3.42	3.87	3.86	5.73	6.44	5.31
2008	7.59	6.81	6.66	6.08	4.52	4.97	4.97	4.49	3.63	4.44	5.59	7.34	5.59
2009	7.69	8.41	7.28	6.38	4.00	3.49	6.11	5.52	4.58	4.45	5.33	6.49	5.81
2010	7.88	6.52	6.46	4.48	5.11	3.67	3.65	2.75	3.55	3.44	5.24	7.06	4.98
2011	6.87	7.29	6.43	5.06	4.03	3.43	3.54	3.46	2.63	4.37	5.33	6.98	4.95
2012	7.56	7.25	7.52	4.20	3.54	3.74	6.39	3.94	4.48	3.87	6.66	6.59	5.48
2013	7.81	6.90	6.20	5.35	4.41	4.23	4.84	4.55	2.82	3.53	4.64	6.58	5.16
2014	7.62	6.96	6.30	6.01	5.07	5.53	7.10	4.93	3.69	3.37	5.80	7.00	5.78
2015	8.42	7.40	7.24	6.12	6.18	5.56	6.69	5.95	4.45	3.35	5.12	6.45	6.08
2016	6.79	8.12	6.22	4.84	4.11	4.20	5.60	4.02	3.94	3.16	4.10	5.99	5.09
2017	6.89	5.98	6.66	4.96	2.93	3.51	5.28	3.80	3.04	4.00	4.39	6.64	4.84
2018	7.02	7.88	6.79	5.24	3.28	4.87	6.49	6.01	4.08	4.76	5.57	7.13	5.76
2019	7.29	6.88	7.02	5.32	3.93	5.21	6.33	5.05	4.15	3.04	5.53	6.72	5.54
2020	7.08	7.30	7.28	5.13	4.11	4.80	5.06	4.73	2.64	3.49	4.75	6.25	5.22
2021	6.99	6.56	6.92	5.27	5.57	3.87	5.35	3.97	3.41	3.53	5.89	6.56	5.32
2022	7.00	6.84	6.21	4.89	3.02	4.05	5.29	4.16	2.97	3.71	4.07	6.55	4.90
PROMEDIO	7.59	7.30	6.82	5.42	4.51	4.36	5.49	4.67	3.71	3.90	5.31	6.76	5.49

Fuente: Elaboración propia, con datos de global data Access Viewer.

Anexo 5.4 Datos de radiación solar

NASA/POWER SOUR/NATIVE RESOLUTION MONTHY AND ANNUAL													
Dates (month/day/year) 01/01/2002 through 12/31/2022													
Location:				Latitude:11.7139					Longitude: -86.3247				
Elevation from MERRA-2: Average for 0.5 x 0.625 degree lat/lon region = 41.28 meters													
Parameter (s):				ALLSKY_SFC_UV_INDEX									
YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
2002	2.12	2.39	2.97	3.02	2.37	2.27	2.21	2.41	2.24	2.34	2.01	2.01	2.36
2003	2.14	2.54	2.68	2.53	2.34	2.30	2.23	2.43	2.42	2.17	2.15	2.04	2.33
2004	2.17	2.57	2.95	2.94	2.42	2.28	2.33	2.41	2.37	2.31	2.05	1.93	2.39
2005	2.12	2.48	2.71	2.46	2.29	2.14	2.40	2.43	2.20	1.94	1.95	1.99	2.26
2006	2.11	2.52	2.94	2.84	2.58	2.36	2.26	2.46	2.41	2.18	2.08	1.88	2.39
2007	2.05	2.49	2.67	2.63	2.27	2.46	2.42	2.35	2.35	1.95	2.05	1.92	2.30
2008	2.04	2.40	2.74	2.83	2.38	2.28	2.29	2.35	2.10	1.88	2.01	1.89	2.27
2009	2.07	2.56	2.86	2.84	2.53	2.32	2.26	2.41	2.55	2.27	2.08	2.06	2.40
2010	2.21	2.49	2.88	2.68	2.45	2.32	2.19	2.32	2.12	2.18	2.02	1.93	2.32
2011	2.01	2.52	2.79	2.75	2.32	2.29	2.26	2.52	2.15	1.93	2.10	1.82	2.29
2012	1.99	2.39	2.75	2.64	2.24	2.32	2.30	2.47	2.43	2.17	2.15	2.03	2.32
2013	2.20	2.52	2.90	2.69	2.38	2.06	2.13	2.32	2.12	2.20	2.08	1.97	2.30
2014	2.09	2.51	2.78	2.69	2.42	2.27	2.34	2.40	2.33	2.09	2.09	2.01	2.34
2015	2.17	2.49	2.79	2.70	2.52	2.23	2.20	2.38	2.21	2.21	2.06	1.96	2.33
2016	2.19	2.62	2.98	2.67	2.48	2.31	2.37	2.47	2.44	2.18	2.01	2.11	2.40
2017	2.13	2.48	2.74	2.72	2.29	2.21	2.36	2.54	2.30	1.95	2.06	1.90	2.31
2018	2.08	2.49	2.79	2.72	2.24	2.28	2.31	2.41	2.41	1.95	2.23	1.96	2.32
2019	2.14	2.66	3.06	2.79	2.10	2.54	2.48	2.56	2.49	2.25	2.17	1.98	2.43
2020	2.05	2.41	2.77	2.68	2.24	2.24	2.51	2.42	2.57	2.07	1.77	1.99	2.31
2021	2.17	2.56	2.75	2.65	2.60	2.43	2.42	2.50	2.49	2.32	2.11	1.91	2.41
2022	2.13	2.45	2.80	2.73	2.40	2.22	2.37	2.45	2.24	2.24	1.87	2.01	2.33
PROMEDIO	2.11	2.50	2.82	2.72	2.37	2.29	2.32	2.43	2.33	2.13	2.05	1.97	2.34

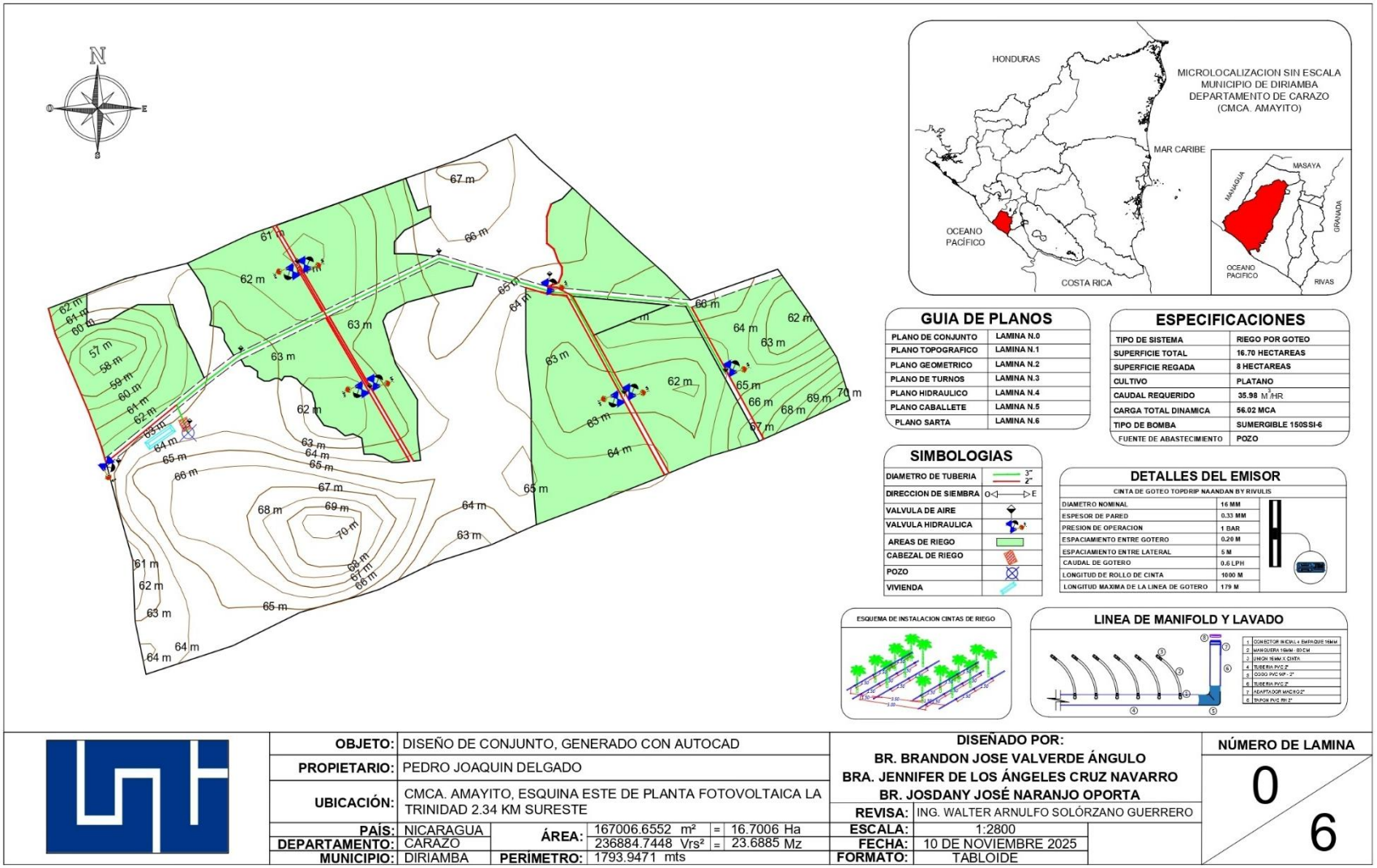
Fuente: Elaboración propia, con datos de global data Access Viewer

Anexo 5.5 Datos de humedad Relativa

NASA/POWER SOUR/NATIVE RESOLUTION MONTHY AND ANNUAL													
Dates (month/day/year) 01/01/2002 through 12/31/2022													
Location:				Latitude:11.7139					Longitude: -86.3247				
Elevation from MERRA-2: Average for 0.5 x 0.625 degree lat/lon region = 41.28 meters													
Parameter (s):				RH2M									
YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
2002	68.27	66.88	63.34	62.85	73.36	81.97	82.07	78.26	80.90	82.94	79.32	74.25	74.53
2003	70.42	67.57	65.18	64.92	75.82	81.14	80.02	77.15	76.24	80.67	79.52	72.58	74.27
2004	68.50	65.43	63.41	63.03	72.71	77.57	75.54	76.18	80.77	81.28	79.34	73.79	73.13
2005	68.73	64.99	66.94	64.23	75.17	83.39	81.36	81.89	84.50	86.68	83.02	79.51	76.70
2006	75.38	69.32	65.21	63.44	70.49	81.31	81.67	79.41	78.54	80.60	77.21	74.34	74.74
2007	68.36	64.65	63.44	67.88	75.78	79.76	81.24	82.38	82.25	84.19	83.22	79.15	76.03
2008	74.63	68.64	63.89	65.29	71.78	81.72	82.88	82.49	83.73	85.30	80.40	79.87	76.72
2009	74.98	68.61	64.21	64.53	71.89	79.16	82.89	78.83	76.97	79.15	78.12	73.23	74.38
2010	69.07	66.68	64.02	68.54	75.82	82.07	83.40	80.60	83.39	78.74	79.92	74.41	75.56
2011	72.62	67.72	64.60	63.80	73.07	82.13	83.25	80.97	80.26	82.17	80.60	79.00	75.85
2012	74.94	70.88	65.40	69.03	73.04	77.69	79.62	77.39	80.59	80.71	77.18	73.79	75.02
2013	70.79	67.06	65.96	65.78	72.85	82.21	83.60	81.11	82.36	82.26	81.28	80.04	76.28
2014	74.08	68.73	64.28	65.55	69.37	77.85	72.57	73.15	78.70	82.54	81.23	78.81	73.90
2015	74.32	68.13	64.13	65.17	66.84	74.68	72.36	70.39	76.00	77.84	78.31	75.33	71.96
2016	69.62	65.50	65.18	67.13	73.22	81.16	83.06	81.56	81.87	80.77	80.09	82.16	75.94
2017	77.21	70.67	64.60	67.03	79.74	82.30	84.51	79.98	81.77	83.56	78.25	79.15	77.40
2018	73.87	69.33	65.68	66.25	74.59	82.17	80.79	80.02	78.07	82.90	80.89	74.82	75.78
2019	70.22	66.97	64.50	64.64	77.81	81.33	79.37	76.67	78.78	81.73	81.69	77.65	75.11
2020	71.68	66.67	64.59	65.11	72.28	82.89	81.89	82.97	79.60	82.33	85.33	81.35	76.39
2021	77.17	68.53	63.59	70.00	73.62	78.32	81.79	80.84	81.70	80.78	79.43	77.41	76.10
2022	69.54	65.53	64.65	65.98	75.80	82.95	83.66	79.81	80.73	80.87	83.07	80.71	76.11
PROMEDIO	72.11	67.55	64.61	65.72	73.57	80.66	80.84	79.15	80.37	81.81	80.35	77.21	75.33

Anexo 6 Elaboración de planos

Anexo 6.1 Plano de conjunto



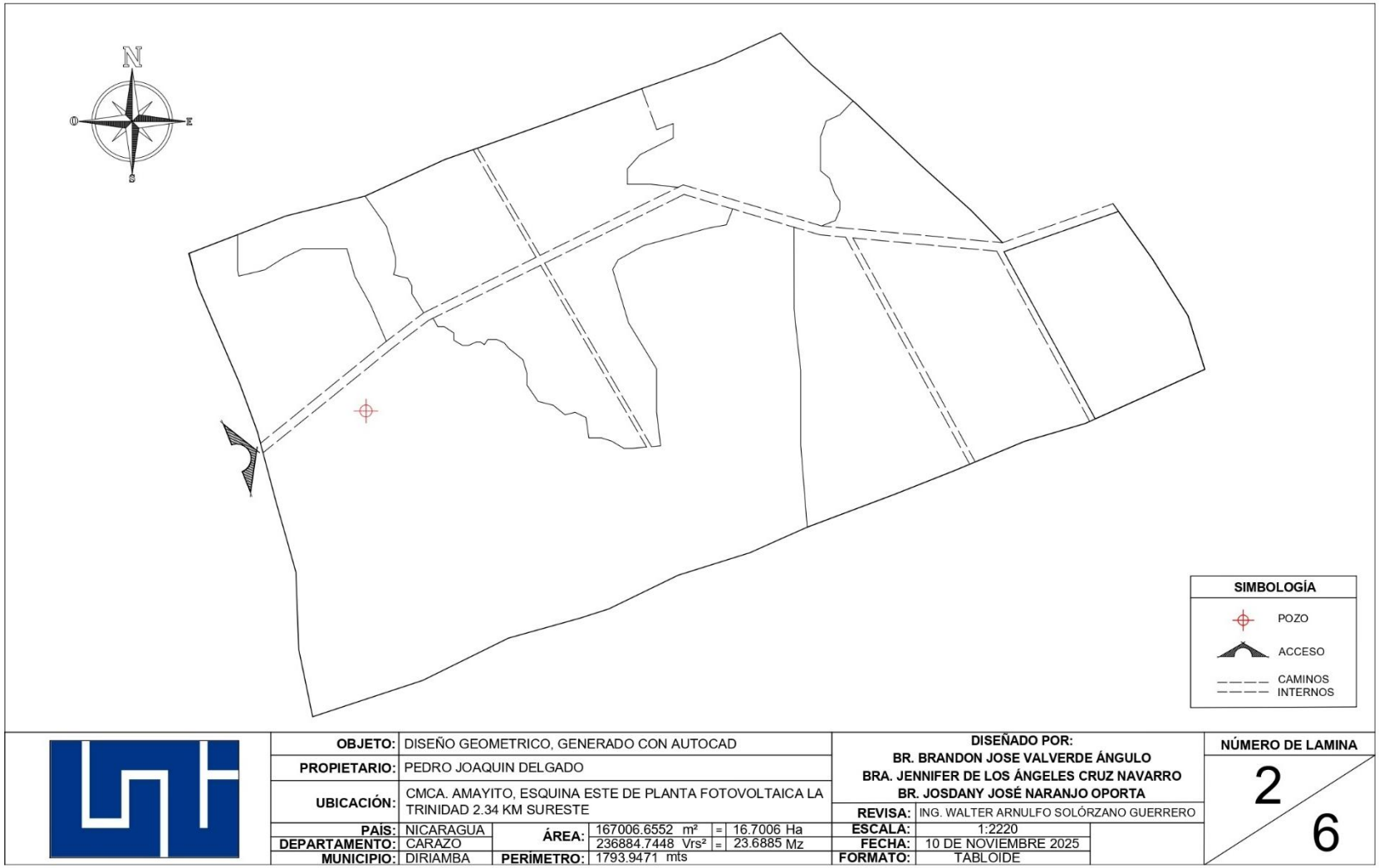
Anexo 6.2 Plano Topográfico



OBJETO:	CURVAS DE NIVEL, GENERADO CON GLOBAL MAPPER			**DISEÑADO POR:** BR. BRANDON JOSE VALVERDE ÁNGULO; BRA. JENNIFER DE LOS ÁNGELES CRUZ NAVARRO; BR. JOSDANY JOSÉ NARANJO OPORTA	**NÚMERO DE LAMINA** 1 / 6
PROPIETARIO:	PEDRO JOAQUIN DELGADO				
UBICACIÓN:	CMCA. AMAYITO, ESQUINA ESTE DE PLANTA FOTOVOLTAICA LA TRINIDAD 2.34 KM SURESTE			**REVISA:** ING. WALTER ARNULFO SOLÓRZANO GUERRERO	
PAÍS:	NICARAGUA	**ÁREA:**	167006.6552 m² = 16.7006 Ha	**ESCALA:**	1:2700
DEPARTAMENTO:	CARAZO		236884.7448 Vrs² = 23.6885 Mz	**FECHA:**	10 DE NOVIEMBRE 2025
MUNICIPIO:	DIRIAMBA	**PERÍMETRO:**	1793.9471 mts	**FORMATO:**	TABLOIDE

Fuente: Elaboración Propia – Software AutoCAD.

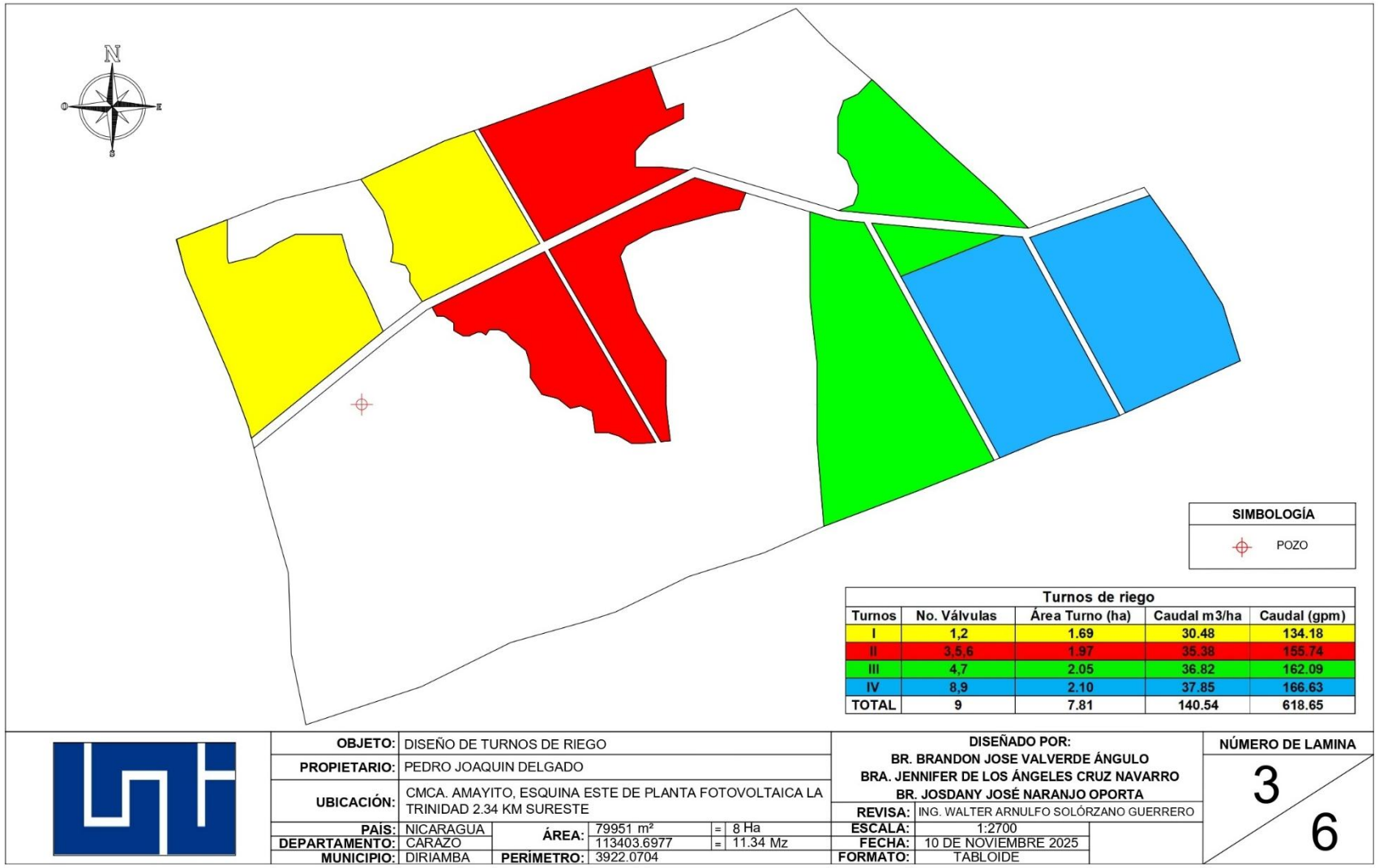
Anexo 6.3 Plano geométrico



OBJETO:	DISEÑO GEOMETRICO, GENERADO CON AUTOCAD			DISEÑADO POR: BR. BRANDON JOSE VALVERDE ÁNGULO BRA. JENNIFER DE LOS ÁNGELES CRUZ NAVARRO BR. JOSDANY JOSÉ NARANJO OPORTA	NÚMERO DE LAMINA
PROPIETARIO:	PEDRO JOAQUIN DELGADO				
UBICACIÓN:	CMCA. AMAYITO, ESQUINA ESTE DE PLANTA FOTOVOLTAICA LA TRINIDAD 2.34 KM SURESTE			REVISA: ING. WALTER ARNULFO SOLÓRZANO GUERRERO	2 / 6
PAÍS:	NICARAGUA	ÁREA:	167006.6552 m² = 16.7006 Ha	ESCALA: 1:2220	
DEPARTAMENTO:	CARAZO		236884.7448 Vrs² = 23.6885 Mz	FECHA: 10 DE NOVIEMBRE 2025	
MUNICIPIO:	DIRIAMBA	PERÍMETRO:	1793.9471 mts	FORMATO: TABLOIDE	

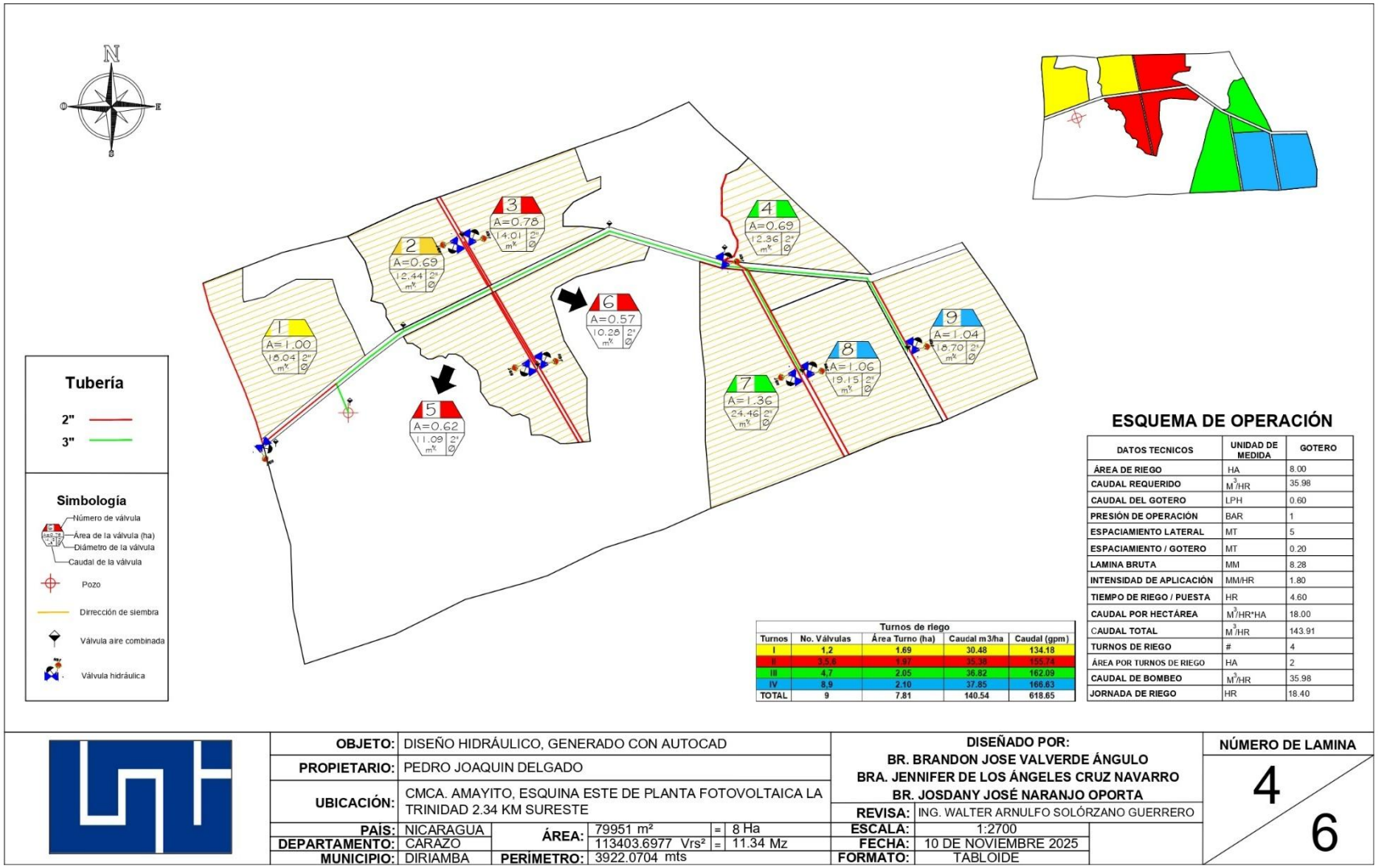
Fuente: elaboración propia – software AutoCAD.

Anexo 6.4 Plano de turnos de riego



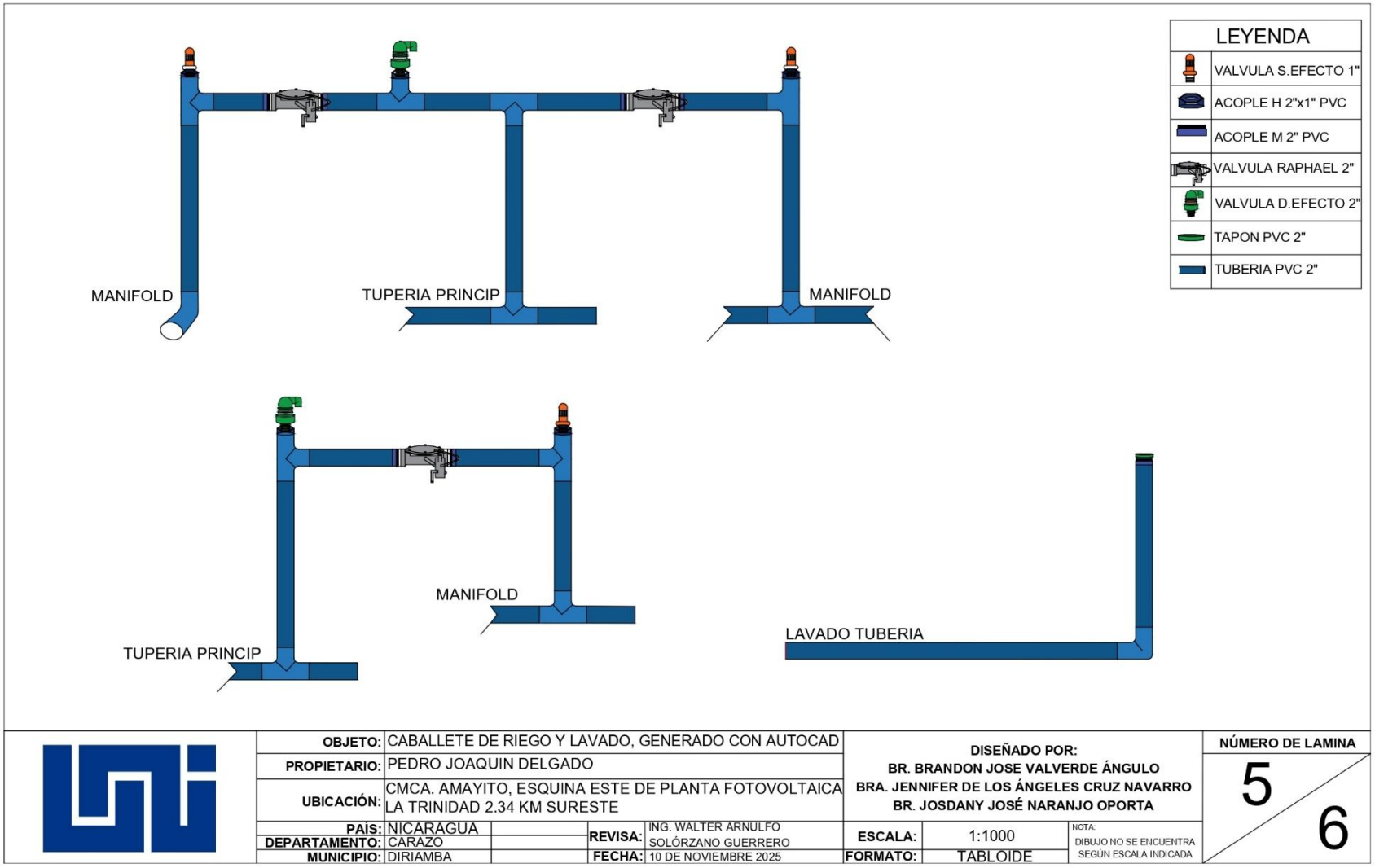
Fuente: elaboración propia – software AutoCAD.

Anexo 6.5 Plano Hidráulico



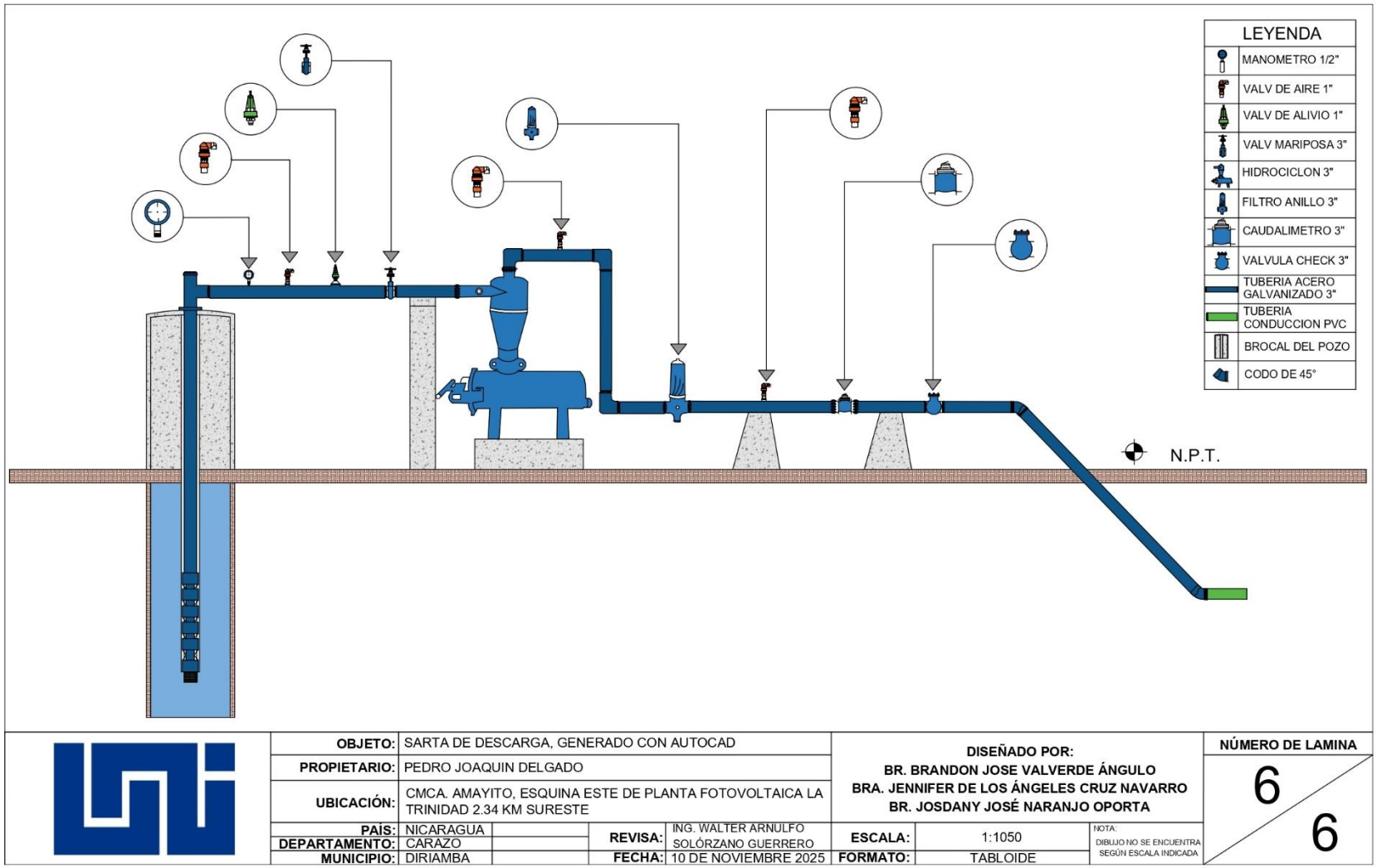
Fuente: elaboración propia – software AutoCAD.

Anexo 6.6 Plano de caballete de riego



Fuente: elaboración propia – software AutoCAD.

Anexo 6.7 Plano de sarta de descarga



Fuente: elaboración propia – software AutoCAD.

Anexo 7 Datos hidráulicos

Anexo 7.1 Resultado hidráulico turno 1

METODO DE HAZEM-WILLIANS								
CALCULO HIDRAULICO EN TUBERIAS DE CONDUCCION								
TURNO 1								
1	77.1785	18.04	2"	57.4	150	4.68	1.94	6.65
5	25.5177	30.48	3"	84.6	150	0.62	1.51	0.88
		TOTAL PERDIDA				5.30		7.53
LATERAL								
Lateral	101.1725	0.30352	1/2"	15.34	140	2.23	0.46	3.17
		SUMAS - PERDIDA				2.23		3.17
		HF CORRERGIDA				0.81		1.15
MANIFOLD								
Manifold	139.2144	18.04	2"	57.4	150	8.44	1.94	12.00
		SUMAS - PERDIDA				8.44		12.00
		HF CORRERGIDA				3.05		4.34

CARGA TOTAL DINAMICA TURNO 1	
DESCRIPCION	PRESION (MTS)
ASPERSOR/EMISOR	10
LATERAL	0.81
MANIFOULD	3.05
CONDUCCION	5.30
VALVULA HIDRAULICA	0.89
DESNIVEL A FAVOR	-2
SARTA DE DESCARGA	7.84
NIVEL DINAMICO	13
PERDIDA EN LA COLUMNA	1.27
ACCESORIOS	0.400982986
PRESION TOTAL (MTS)	38.5580759
PRESION TOTAL (PIES)	126.470489

Fuente: Elaboración propia – Software Excel

Anexo 7.2 Resultado hidráulico turno 2

METODO DE HAZEM-WILLIANS								
CALCULO HIDRAULICO EN TUBERIAS DE CONDUCCION								
TRAMOS	LONGITUD (mts)	CAUDAL (mch)	DIAMETRO		C	PERDIDA (mts)	VELOCIDAD (m/s)	PERDIDA Psi
			Pulg.	mm				
TURNO 2								
6	69.5685	21.3709	2"	57.4	150	5.77	2.29	8.21
4	173.5996	35.3804	3"	84.6	150	5.54	1.75	7.88
		TOTAL PERDIDA				11.31		16.08
LATERAL								
Lateral	121.685	0.36506	1/2"	15.34	140	3.78	0.55	5.37
		SUMAS - PERDIDA				3.78		1.37
		HF CORRERGIDA				1.37		1.94
MANIFOLD								
manifold	41.4212	7.00472	2"	57.4	150	0.44	0.75	0.62
		SUMAS - PERDIDA				0.44		0.62
		HF CORRERGIDA				0.16		0.22

CARGA TOTAL DINAMICA TURNO 2	
DESCRIPCION	PRESION (MTS)
ASPERSOR/EMISOR	10
LATERAL	1.37
MANIFOULD	0.16
CONDUCCION	11.31
VALVULA HIDRAULICA	0.4
DESNIVEL A FAVOR	-1
SARTA DE DESCARGA	7.84
NIVEL DINAMICO	13
PERDIDA EN LA COLUMNA	1.27
ACCESORIOS	0.464695217
PRESION TOTAL (MTS)	43.80739967
PRESION TOTAL (PIES)	143.6882709

Fuente: Elaboración propia – Software Excel

Anexo 7.3 Resultado hidráulico turno 3

METODO DE HAZEM-WILLIANS								
CALCULO HIDRAULICO EN TUBERIAS DE CONDUCCION								
TRAMOS	LONGITUD (mts)	CAUDAL (mch)	DIAMETRO		C	PERDIDA (mts)	VELOCIDAD (m/s)	PERDIDA Psi
			Pulg.	mm				
TURNO 3								
7	96.1527	24.463	3"	84.6	150	1.55	1.21	2.20
3	20.7056	24.463	3"	84.6	150	0.33	1.21	0.47
4	374.1728	36.8222	3"	84.6	150	12.86	1.82	18.28
		TOTAL PERDIDA				14.74		20.96
LATERAL								
Lateral	115.722	0.34717	1/2"	15.34	140	3.27	0.52	4.65
		SUMAS - PERDIDA				3.27		4.65
		HF CORRERGIDA				1.18		1.68
MANIFOLD								
manifold	132.0343	12.2315	2"	57.4	150	3.90	1.31	5.54
		SUMAS - PERDIDA				3.90		5.54
		HF CORRERGIDA				1.41		2.01

CARGA TOTAL DINAMICA TURNO 3	
DESCRIPCION	PRESION (MTS)
ASPERSOR/EMISOR	10
LATERAL	1.18
MANIFOULD	1.41
CONDUCCION	14.74
VALVULA HIDRAULICA	1
DESNIVEL	1
SARTA DE DESCARGA	7.84
NIVEL DINAMICO	13
PERDIDA EN LA COLUMNA	1.27
ACCESORIOS	0.566673139
PRESION TOTAL (MTS)	52.00827371
PRESION TOTAL (PIES)	170.5871378

Fuente: Elaboración propia – Software Excel

Anexo 7.4 Resultado hidráulico Turno 4

METODO DE HAZEM-WILLIANS								
CALCULO HIDRAULICO EN TUBERIAS DE CONDUCCION								
TRAMOS	LONGITUD (mts)	CAUDAL (mch)	DIAMETRO		C	PERDIDA (mts)	VELOCIDAD (m/s)	PERDIDA Psi
			Pulg.	mm				
TURNO 4								
8	166.2654	18.6977	3"	84.6	150	1.63	0.92	2.32
9	383.2714	37.8526	3"	84.6	150	13.86	1.87	19.71
		TOTAL PERDIDA				15.49		22.02
LATERAL								
Lateral	87.7362	0.26321	1/2"	15.34	140	1.49	0.40	2.11
		SUMAS - PERDIDA				1.49		2.11
		HF CORRERGIDA				0.54		0.77
MANIFOLD								
manifold	76.4031	9.57742	2"	57.4	150	1.43	1.03	2.04
		SUMAS - PERDIDA				1.43		2.04
		HF CORRERGIDA				0.52		0.74

CARTA TOTAL DINAMICA TURNO 4	
DESCRIPCION	PRESION (MTS)
ASPERSOR/EMISOR	10
LATERAL	0.54
MANIFOULD	0.52
CONDUCCION	15.49
VALVULA HIDRAULICA	1.8
DESNIVEL	5
SARTA DE DESCARGA	7.84
NIVEL DINAMICO	13
PERDIDA EN COLUMNA	1.27
ACCESORIOS	0.56693932
PRESION TOTAL (MTS)	56.02184896
PRESION TOTAL (PIES)	183.7516646

Fuente: Elaboración propia – Software Excel

Anexo 7.5 Resultado hidráulico Sarta de descarga

SARTA DE DESCARGA								
S1	5.05	37.8526	3"	77.9	130	0.36	2.21	0.51
		TOTAL PERDIDA				0.36		0.51

Fuente: Elaboración propia – Software Excel

Anexo 7.6 Resultado hidráulico de accesorios de sarta de descarga

ACCESORIOS SARTA DE DESCARGA								
S1	18.14	37.8526	3"	77.9	130	1.28	2.21	1.82
		TOTAL PERDIDA				1.28		1.82

Fuente: Elaboración propia – Software Excel

Anexo 7.7 Resultado hidráulico de tubería de columna

COLUMNA								
S1	18	37.8526	3"	77.9	130	1.27	2.21	1.80
		TOTAL PERDIDA				1.27		1.80

Fuente: Elaboración propia – Software Excel

Anexo 7.8 Coeficiente de rugosidad de materiales

Material de la Tubería	Coeficiente C (H-W)
Cloruro de Polivinilo (Pvc)	150
Polietileno (PE)	140
Asbesto	140
Acero nuevo	130
Aluminio en acoples	120
Acero viejo	85

Fuente: Elaboración propia, con datos de (Alegret & Martínez, 2019).

Anexo 7.9 Turnos de Riego

Turnos de riego				
Turnos	No. Válvulas	Área Turno (ha)	Caudal m3/hr	Caudal (gpm)
I	1,2	1.69	30.48	134.18
II	3,5,6	1.97	35.38	155.74
III	4,7	2.05	36.82	162.09
IV	8,9	2.10	37.85	166.63
TOTAL	9	7.81	140.54	618.65

Qmin =	30.48
Qmáx =	37.85
	-24%

Fuente: elaboración propia software Excel.

Anexo 7.10 Diámetro de tubería PVC

Pulg	mm	SDR 13.5 (315 psi) (ASTM2241)	SDR 17 (250 psi) (ASTM2241)	SDR 26 (160 psi) (ASTM 2241)	SDR 32.5 (125 psi) (ASTM2241)	SDR 41 (drenaje)
1/2"	12	18.2/21.3	...	...	...	...
3/4"	18	...	23.5/26.7	...	...	...
1"	25	...	29.5/33.4	30.4/33.4	...	...
1 1/4"	31	...	37.2/42.2	38.9/42.2	39.1/42.2	39.8/42.2
1 1/2"	38	...	42.6/48.3	44.6/48.3	45.3/48.3	45.9/48.3
2"	50	...	53.2/60.3	5537/60.3	56.6/60.3	57.4/60.3
2 1/2"	62	...	64.4/73.0	67.4/73.0	68.5/73.0	69.5/73.0
3"	75	...	78.4/88.9	82.0/88.9	83.4/88,9	84.6/88,9
4"	100	...	100.8/114.3	105.5/114.3	107.3/114.3	108.7/114.3
6"	150	...	148.5/168.3	155.3/168.3	157.9/168.3	160.1/168.3
8"	200	...	193.3/219.1	202.2/219.1	205.6/219.1	208.4/219.1
10"	250	...	240.9/273.1	252.1/273.1	256.2/273.1	259.8/273.0
12"	300	...	285.8/323.8	299.0/323.8	303.9/323.8	308.1/323.8

Fuente: DURMAN

Anexo 7.11 Diámetro de tubería acero

TABLA F.1 Cédula 40

Tamaño nominal de la tubería		Diámetro exterior		Espesor de pared		Diámetro interior			Área de flujo	
NPS (in)	DN (mm)	(in)	(mm)	(in)	(mm)	(in)	(ft)	(mm)	(ft^2)	(m^2)
⅛	6	0.405	10.3	0.068	1.73	0.269	0.0224	6.8	0.000 394	3.660×10^{-5}
¼	8	0.540	13.7	0.088	2.24	0.364	0.0303	9.2	0.000 723	6.717×10^{-5}
⅜	10	0.675	17.1	0.091	2.31	0.493	0.0411	12.5	0.001 33	1.236×10^{-4}
½	15	0.840	21.3	0.109	2.77	0.622	0.0518	15.8	0.002 11	1.960×10^{-4}
¾	20	1.050	26.7	0.113	2.87	0.824	0.0687	20.9	0.003 70	3.437×10^{-4}
1	25	1.315	33.4	0.133	3.38	1.049	0.0874	26.6	0.006 00	5.574×10^{-4}
1¼	32	1.660	42.2	0.140	3.56	1.380	0.1150	35.1	0.010 39	9.653×10^{-4}
1½	40	1.900	48.3	0.145	3.68	1.610	0.1342	40.9	0.014 14	1.314×10^{-3}
2	50	2.375	60.3	0.154	3.91	2.067	0.1723	52.5	0.023 33	2.168×10^{-3}
2½	65	2.875	73.0	0.203	5.16	2.469	0.2058	62.7	0.033 26	3.090×10^{-3}
3	80	3.500	88.9	0.216	5.49	3.068	0.2557	77.9	0.051 32	4.768×10^{-3}
3½	90	4.000	101.6	0.226	5.74	3.548	0.2957	90.1	0.068 68	6.381×10^{-3}
4	100	4.500	114.3	0.237	6.02	4.026	0.3355	102.3	0.088 40	8.213×10^{-3}
5	125	5.563	141.3	0.258	6.55	5.047	0.4206	128.2	0.139 0	1.291×10^{-2}
6	150	6.625	168.3	0.280	7.11	6.065	0.5054	154.1	0.200 6	1.864×10^{-2}
8	200	8.625	219.1	0.322	8.18	7.981	0.6651	202.7	0.347 2	3.226×10^{-2}
10	250	10.750	273.1	0.365	9.27	10.020	0.8350	254.5	0.547 9	5.090×10^{-2}
12	300	12.750	323.9	0.406	10.31	11.938	0.9948	303.2	0.777 1	7.219×10^{-2}
14	350	14.000	355.6	0.437	11.10	13.126	1.094	333.4	0.939 6	8.729×10^{-2}
16	400	16.000	406.4	0.500	12.70	15.000	1.250	381.0	1.227	0.1140
18	450	18.000	457.2	0.562	14.27	16.876	1.406	428.7	1.553	0.1443
20	500	20.000	508.0	0.593	15.06	18.814	1.568	477.9	1.931	0.1794
24	600	24.000	609.6	0.687	17.45	22.626	1.886	574.7	2.792	0.2594

Fuente: Apéndice F. Dimensiones de la tubería de acero

Anexo 7.12 Coeficiente de Christiansen para múltiples salidas

Salidas	F	Salidas	F
1	1,000	16	0,377
2	0,634	17	0,375
3	0,528	18	0,373
4	0,480	19	0,372
5	0,451	20	0,370
6	0,433	21	0,369
7	0,419	22	0,368
8	0,410	23	0,367
9	0,402	24	0,366
10	0,396	25	0,365
11	0,392	26	0,364
12	0,388	27	0,364
13	0,384	28	0,363
14	0,381	29	0,363
15	0,379	30	0,362

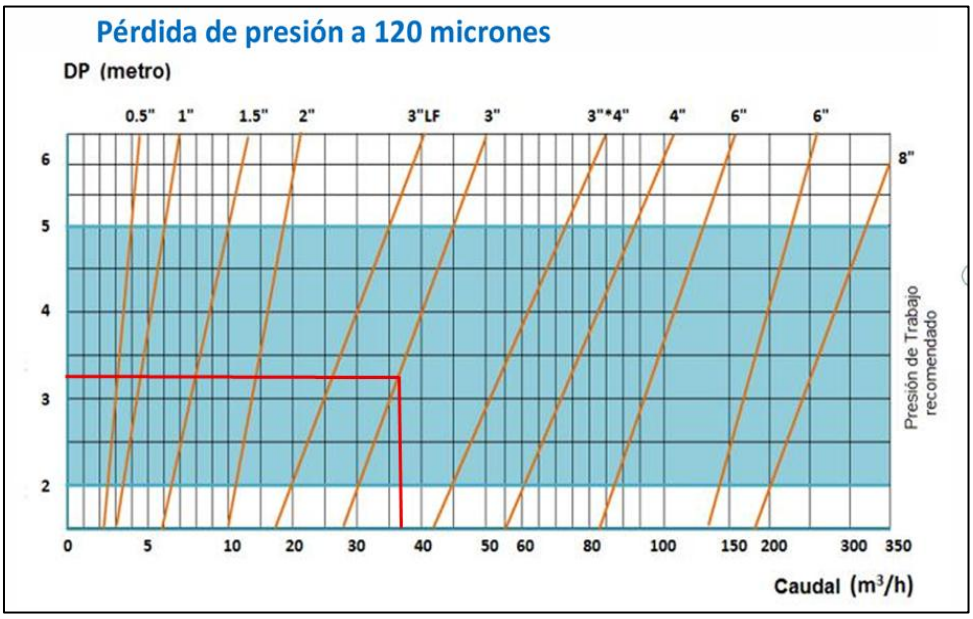
Fuente: (es.scribd.com, s.f.)

Anexo 7.13 Valores de longitud equivalente

Accesorios	K	L_{eq} = L/D
Ampliación gradual	0.30	12.00
Codo 90°	0.90	45.00
Codo 45°	0.40	20.00
Curva 90°	0.40	30.00
Curva 45°	0.20	15.00
Curva 22.5°	0.10	-
Rejilla	0.75	-
Entrada normal en tubo	0.50	-
Confluencias	0.40	30.00
Venturi	2.50	-
Reducción gradual	0.15	6.00
Válvula de ángulo abierta	5.00	170.00
Válvula de gaveta abiera	0.20	8.00
Válvula de globo abierta	10.00	350.00
Salida de tubo	1.00	35.00
T - Pasaje directo	0.60	20.00
T - Salida de lado	1.30	50.00
T - Pasaje bilateral	1.80	65.00
Válvula de pie y rejilla	1.75	250.00
Válvula de retención	2.50	100.00

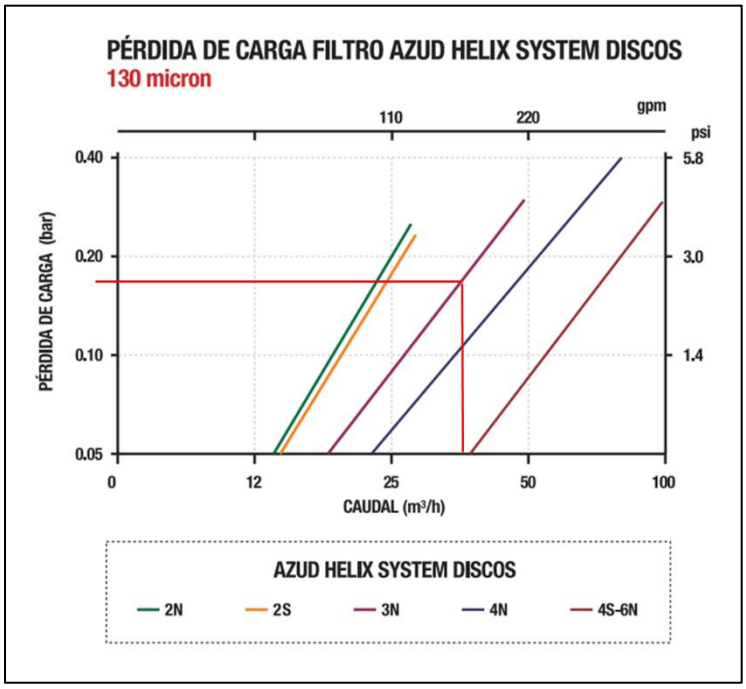
Fuente: Elaboración propia, con datos de (Alex, s.f.).

Anexo 7.14 Gráfica para pérdidas de carga en filtro hidrociclón



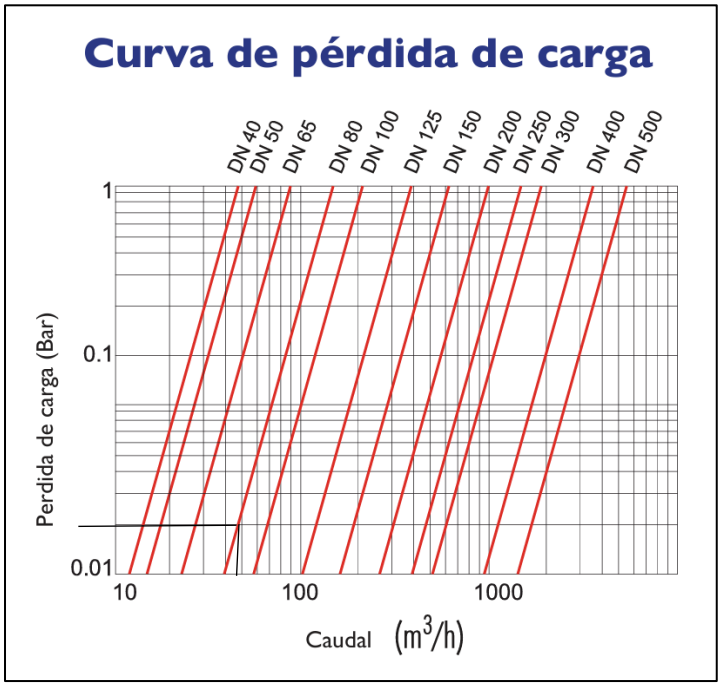
Fuente: YAMIT Filtration & Water Treatment

Anexo 7.15 Gráfico de pérdida de carga en filtro secundario



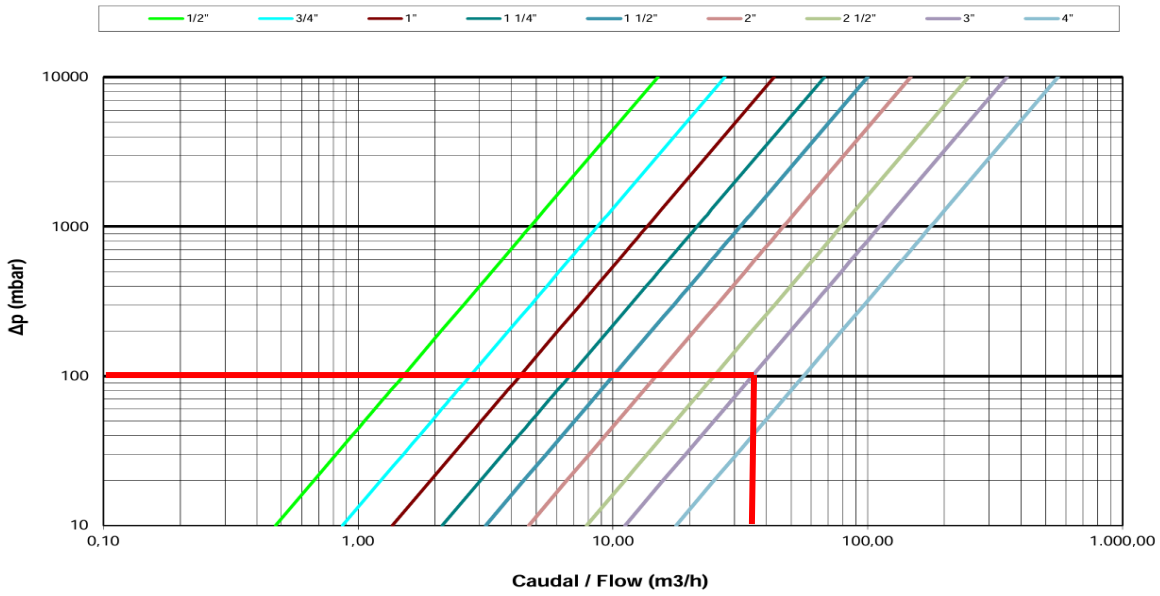
Fuente: AZUD - Helix System

Anexo 7.16 Curva de pérdida de carga en el caudalímetro



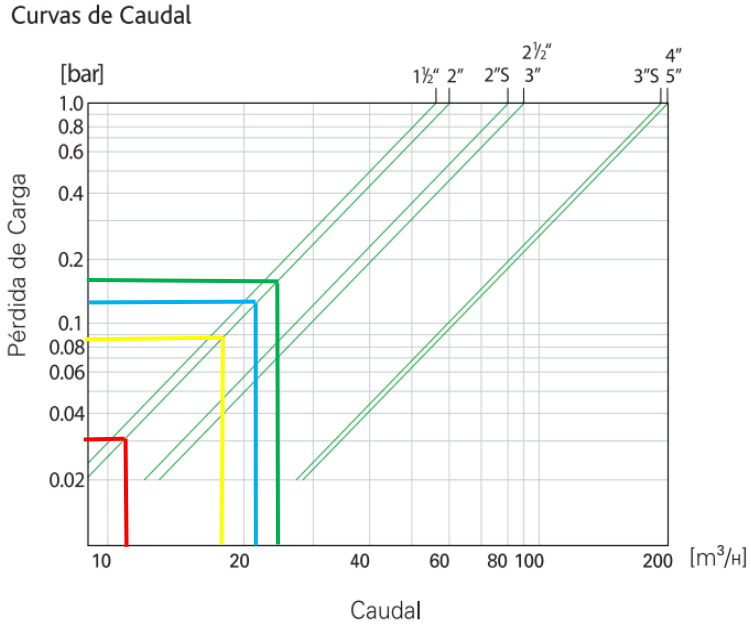
Fuente: Catálogo de BAR METERS, Turbina Tipo Woltman

Anexo 7.17 Curva de pérdida de carga en válvula check



Fuente: Catalogo Genebre S.A

Anexo 7.18 Curva de perdida de carga de válvulas hidráulicas

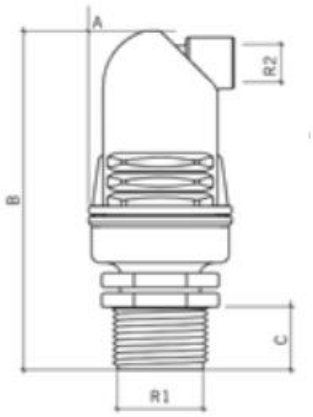


Fuente: Catálogo de Riego - Raphael Talis

Anexo 8 Fichas técnicas

Anexo 8.1 Válvula de aire doble efecto

Tipo de válvula	Funciones	Referencia	Diámetros
Doble Efecto	Expulsión de aire Admisión de aire	Jimten X-294 DOROT	¾" – 1" 2"
Triple efecto	Expulsión de aire Admisión de aire Expulsión de aire residual	Jimten X-295 DOROT	¾" – 1" 2"





Válvula JIMTEN X-294, Doble efecto Válvula JIMTEN X-295, Triple efecto				
A (mm)	B (mm)	C (mm)	R2 (")	R1 (")
50.9	119	22	¼	¾
50.9	119	22	¼	1

Fuente: Catalogo DURMAN

Anexo 8.4 Válvula purgadora de aire A.R.I serie AV-010

DIMENSIONS AND WEIGHTS

Nominal Size	Dim. mm A	Dim. mm B	Weight Kg.	Orifice Area mm2
3/4" (20mm)	60	124	0.1	314
1" (25mm)	60	124	0.1	314
2" (50mm)	73	122	0.2	800
3" (80mm)	104	165	0.6	2000

PARTS LIST AND SPECIFICATION

No.	Part	Material 3/4" , 1"	Material 2"	Material 3"
1.	Cover	Polypropylene	Polypropylene	Polypropylene
2.	Seal	BUNA-N	E.P.D.M.	E.P.D.M.
3.	Float	Polypropylene	Reinforced Nylon	Reinforced Nylon
4.	Body	Polypropylene	Reinforced Nylon	Reinforced Nylon
5.	Disc	-	Reinforced Nylon	Reinforced Nylon

Fuente: Catalogo A.R.I, AV - 0.10

Anexo 8.5 Válvula de alivio

Ref	Medida/Size	PN	Dimensiones/Dimensions (mm) L	Dimensiones/Dimensions (mm) H	Peso/Weight (g)
3190 03	3/8"	16	33	90	370
3190 04	1/2"	16	35	100	390
3190 05	3/4"	16	42	125	630
3190 06	1"	16	46	135	1000
3190 07	11/4"	16	55	155	1450
3190 08	11/2"	16	67	170	2100
3190 09	2"	16	74	185	3250
3190 10	21/2"	16	80	220	5500
3190 11	3"	16	90	230	6800
3190 12	4"	16	110	285	13300

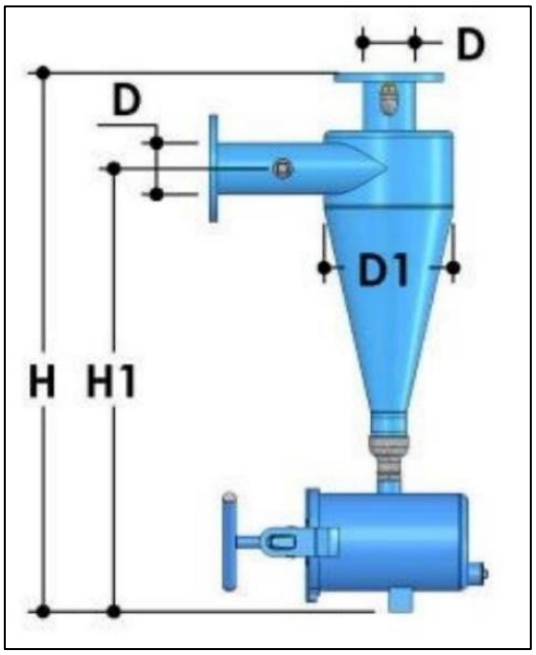
Fuente: Catálogo de Genebre S.A, Art 3190 Válvula de seguridad

Anexo 8.6 Válvula de compuerta

Ref	Medida / Size R	PN	Dimensiones / Dimensions (mm) P	A	L	Peso / Weight (g)
3222 03	3/8″	10	13	60	32	155
3222 04	½″	10	13	62	39	160
3222 05	¾″	10	14	63	41	200
3222 06	1″	10	18	75	48	295
3222 07	1¼″	10	26	94	52	435
3222 08	1½″	10	33	100	52	575
3222 09	2″	10	43	120	59	950
3222 10	2½″	16	60	155	60	1755
3222 11	3″	16	72	190	74	2170
3222 12	4″	16	93	230	85	4165

Fuente: Catálogo de Genebre S. A, Art 322 válvula de compuerta, H-H

Anexo 8.7 Filtro hidrociclón serie F750



Modelo	Ent/Sal ØD (pulg)	Tanque (lt)	ØD1 (pulg)	H (mm)	H1 (mm)	Peso embalaje (kg)	Caudal** (m3/h)	Depósito Sedimentos (litros)
F710	3/4	1.5	3	475	380	8.3	2.4 – 4	1.5
F720	1	1.5	4	600	460	10.1	3.5 – 6	2.5
F730	1.5	2.5	6	740	594	15.5	6.5 – 10	5
F740	2	5	8	900	755	23.4	11 – 19	5
F750LF	3	5	8	930	765	32.5	20 – 35	5 (10*)
F750	3	5	8	930	765	32.5	29 – 45	5 (10*)
F755	3*4	60	12	1550	1285	75.0	45 – 73	30
F760	4	60	16	1765	1495	97.5	60 – 93	60
F770	6	150	20	1996	1671	187.0	93 – 155	150
F775	6	150	24	2300	1940	230.0	145 – 225	150(220*)
F780	8	300	30	2897	2492	328.0	200 - 330	300

Fuente: YAMIT Filtration & Water Treatment

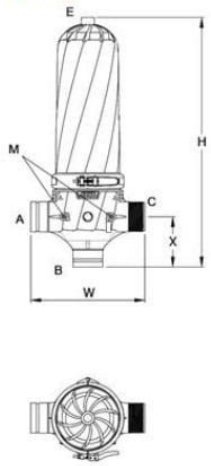
Anexo 8.8 Filtro secundario

CONFIGURACIÓN FILTRO	Conexión	Modelo	Conexión			Dimensiones (mm)		
			A	B	C	H	W	X
	2”	2NR 2NA 2NV 2NW	BSP NPT VIC VIC	BSP NPT VIC BSP	BSP NPT BSP VIC	597	309	133
	2”Super	2SR 2SA 2SV 2SW	BSP NPT VIC VIC	BSP NPT VIC BSP	BSP NPT BSP VIC	721	309	133
	3”	3NR 3NA 3NV 3NW	BSP NPT VIC VIC	BSP NPT VIC BSP	BSP NPT BSP VIC	727	336	147
	4”	4NL 4NB	VIC BRIDA	VIC BRIDA	-	950	341	-
	4”Super	4SL 4SB	VIC BRIDA	VIC BRIDA	-	1200	341	-
	6”	6NB	BRIDA	BRIDA	-	1200	531	-

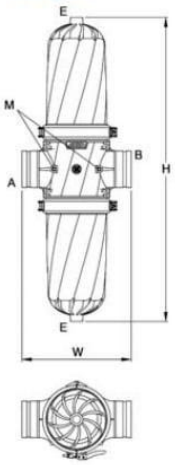
Conexión E 3/4” BSP • Conexión M 1/4” BSP

AZUD HELIX SYSTEM

2N, 2S, 3N



4N, 4S, 6N



AZUD HELIX SYSTEM 130 micron	Caudal máximo	Superficie filtrado	
		Discos	Malla
2N"	30 m3/h 132 gpm	1.198 cm2 186 in2	815 cm2 126 in2
2S"	30 m3/h 132 gpm	1.699 cm2 263 in2	1.087 cm2 169 in2
3N"	50 m3/h 220 gpm	1.699 cm2 263 in2	1.087 cm2 169 in2
4N"	70 m3/h 308 gpm	2.396 cm2 371 in2	1.630 cm2 253 in2
4S"	100 m3/h 440 gpm	3.398 cm2 527 in2	2.174 cm2 334 in2
6N"	100 m3/h 440 gpm	3.398 cm2 527 in2	2.174 cm2 334 in2

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

Fuente: AZUD - Helix System

Anexo 8.9 Caudalímetro turbina tipo Woltman serie WPH 40-500mm

Datos Técnicos

Diámetro nominal	DN	mm	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	400	500
Caudal nominal	qp	m³/h	15	15	25	40	60	100	150	250	400	600	1000	1500
Caudal máximo (corta duración)	qs	m³/h	60	90	120	150	250	300	350	650	1200	1500	2500	4000
Caudal máximo (larga duración)	qs	m³/h	30	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000	3000
Caudal de transición (+-2%)	qt	m³/h	3	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300
Caudal mínimo (+-5%)	qmin	m³/h	0.45/0.6	0.45/0.6	0.75/1.0	1.2/1.6	1.8/2.4	3/4.0	4.5/6.0	7.5/10	12	18	30	45
Perdida de carga en qs		Bar	0.3								0.1			
Lectura máxima		m³	999,999/9,999,999						9,999,999/99,999,999				999,999,999	
Lectura mínima		m³	0.0005/0.002						0.005/0.02				0.2	
Pulso		m³/p	0.1/1						1/10				10/100	

Fuente: Catálogo de BAR METERS, Turbina Tipo Woltman

Anexo 8.10 Válvula check

Ref.	Medida / Size B	DN	Dimensiones / Dimensions (mm) PN	ØA	C	D	Peso / Weight (Kg)
3121 04	G 1/2"	15	25	30	50	7,5	0,101
3121 05	G 3/4"	20	25	36,5	57	8,5	0,164
3121 06	G 1"	25	25	43	65	10,5	0,259
3121 07	G 1 1/4"	32	18	53	70	11	0,361
3121 08	G 1 1/2"	40	18	64,5	75,5	12	0,513
3121 09	G 2"	50	18	79,5	81,5	14	0,795
3121 10	G 2 1/2"	65	12	104	104	22	1,536
3121 11	G 3"	80	12	124	113	23,5	2,349
3121 12	G 4"	100	12	155	132	27	3,707

Fuente: Ficha técnica Genebre, art 3121

Anexo 8.11 Válvulas hidráulicas

Caudal recomendado

Diámetro Nominal		Caudal Máximo	
[pulgadas]	[mm]	[m³/h]	[gpm]
1.5"	40	25	110
2"	50	25	110
2"S	50S	45	198
2.5"	65	45	198
3"	80	45	198
3"S	80S	120	528
4"	100	120	528
5"	125	120	528

Para las medidas del cuerpo y demás partes, consultar Información Técnica para Proyectos.

Fuente: Catálogo de Riego - Raphael Talis

Anexo 8.12 Manguera de polietileno Blue Stripe

Manguera con DI controlado														
Número de pieza		Tamaño de manguera		Tamaño nominal de manguera			Longitud del rollo	Diámetro interno (DI)		Espesor de pared		Peso del rollo		Presión nominal
		DI mm	DI pulg.	DI pulg.	DE pulg.	Pared pulg.	Pies	Mín. pulg.	Máx. pulg.	Mín. pulg.	Máx. pulg.	Mín. lb	Máx. lb	psi
Manguera redonda Blue Stripe® - Rollo con embalaje de plástico flexible														
	EHW1554-010	15	-	0,572	0,686	0,057	100	0,569	0,574	0,054	0,059	4,3	4,8	77
	EHW1554-050	15	-	0,572	0,686	0,057	500	0,569	0,574	0,054	0,059	21,5	23,9	77
	EHW1645-010	16	5/8	0,616	0,716	0,050	100	0,613	0,618	0,047	0,052	4,0	4,5	64
	EHW1645-050	16	5/8	0,616	0,712	0,048	500	0,613	0,618	0,045	0,050	18,9	21,3	61
Manguera redonda Blue Stripe® - Rollo con flejes														
	EHD1335-100	13	1/2	0,509	0,585	0,038	1.000	0,506	0,511	0,035	0,040	24,2	28,2	58
	EHD1348-100	13	1/2	0,510	0,610	0,050	1.000	0,510	0,515	0,048	0,053	34,2	38,5	77
	EHD1350-100	13	1/2	0,520	0,626	0,053	1.000	0,516	0,521	0,050	0,055	36,2	40,5	79
	EHD1443-100	14	-	0,550	0,640	0,045	1.000	0,547	0,552	0,043	0,047	32,4	36,0	65
	EHD1554-050	15	-	0,572	0,686	0,057	500	0,569	0,574	0,054	0,059	21,5	23,9	77
x	EHD1554-100	15	-	0,572	0,686	0,057	1.000	0,569	0,574	0,054	0,059	43,0	47,7	77
	EHD1635-100	16	5/8	0,616	0,692	0,038	1.000	0,613	0,618	0,035	0,040	29,0	33,6	48
x	EHD1642-100	16	5/8	0,627	0,717	0,045	1.000	0,624	0,629	0,042	0,047	35,7	40,6	56
pwx	EHD1645-050	16	5/8	0,616	0,712	0,048	500	0,613	0,618	0,045	0,050	18,9	21,3	61
pwx	EHD1645-100	16	5/8	0,616	0,712	0,048	1.000	0,613	0,618	0,045	0,050	37,8	42,7	61
	EHD1845-100	18	-	0,710	0,805	0,048	1.000	0,707	0,712	0,045	0,050	43,2	48,7	53
	EHD1847-100	18	-	0,729	0,829	0,050	1.000	0,726	0,731	0,047	0,052	46,4	52,0	54
	EHD1850-100	18	-	0,729	0,835	0,053	1.000	0,726	0,731	0,050	0,055	49,6	55,2	58
w	EHD2052-050	20	3/4	0,807	0,917	0,055	500	0,804	0,809	0,052	0,058	28,4	32,1	54
p	EHD2052-100	20	3/4	0,807	0,917	0,055	1.000	0,804	0,809	0,052	0,058	56,9	64,2	54
pwx	EHD2057-050	20	3/4	0,807	0,927	0,060	500	0,804	0,809	0,057	0,063	31,4	35,1	59
px	EHD2057-100	20	3/4	0,807	0,927	0,060	1.000	0,804	0,809	0,057	0,063	62,7	70,2	59
p	EHD2662-066	26	1	1,060	1,190	0,065	660	1,056	1,061	0,062	0,068	58,4	64,7	50
pw	EHD2667-066	26	1	1,060	1,200	0,070	660	1,056	1,061	0,067	0,073	63,4	69,8	53
	EHD3580-030	35	1¼	1,365	1,533	0,084	300	1,360	1,370	0,080	0,088	44,2	49,2	50
Manguera de alta densidad Blue Stripe® - Rollo con flejes														
	HD1350-100	13	1/2	0,520	0,626	0,053	1.000	0,516	0,521	0,050	0,055	36,2	40,5	79

Fuente: Catálogo Toro – Manguera redonda de P

Anexo 8.13 Cinta autocompensado de goteoTopDriphir

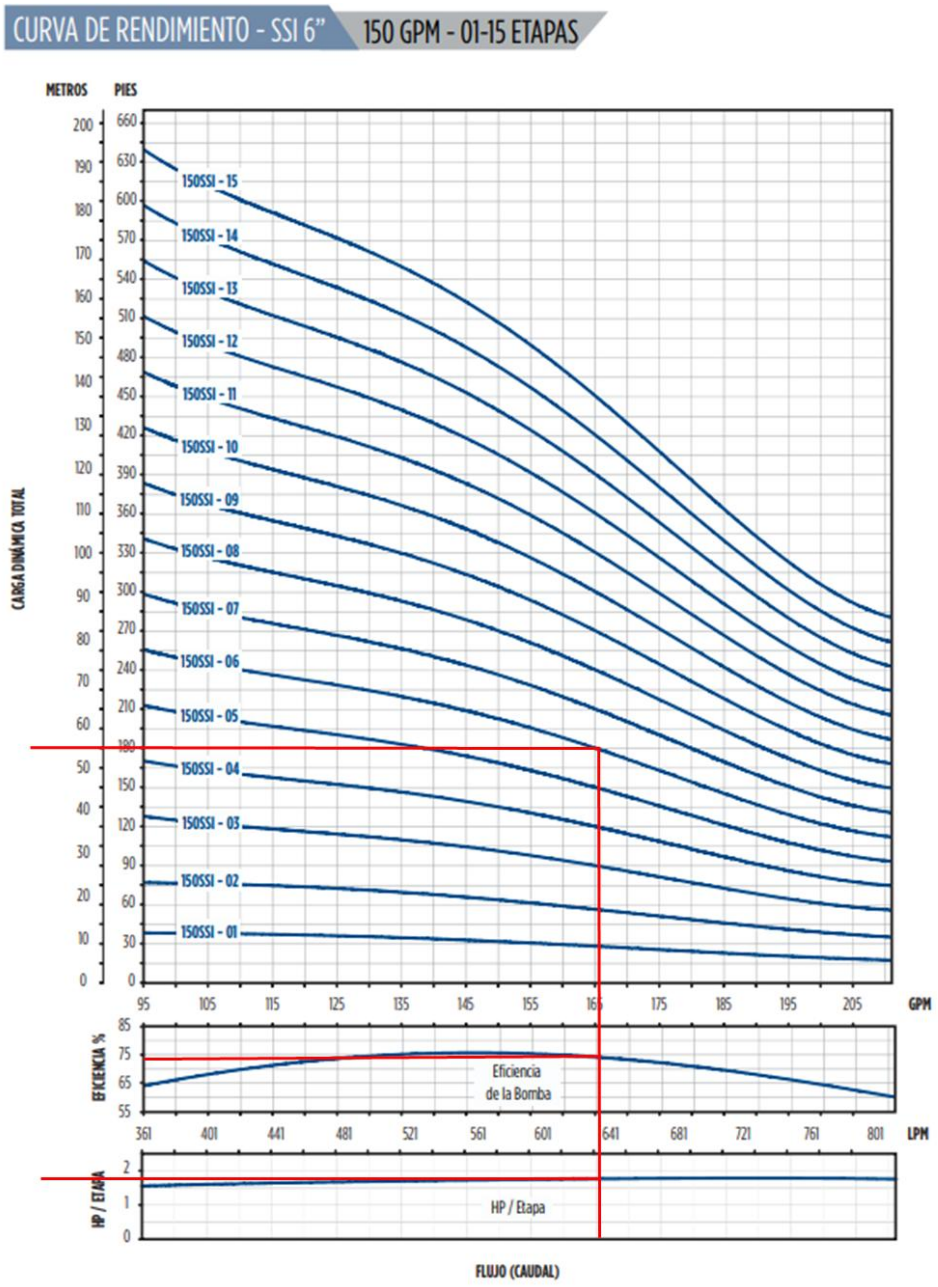
TopDrip Datos Técnicos

Nominal Ø (mm)	Espesor de pared mm	Espesor de pared (mil)	Internal Ø (mm)	Presión máxima de funcionamiento (bar)	Longitud del rollo (según distancia entre emisores) (m)	Caudal (l/h)	Longitud máxima de la línea de goteo | Calculada a la presión máxima de funcionamiento | Pendiente 0% | Distancia entre goteros 15 (m)	20 (m)	30 (m)	40 (m)	50 (m)	60 (m)	70 (m)	75 (m)	80 (m)	90 (m)	100 (m)
12	0.33	13	11.8	1.5	1250	0.6	76	97	138	176	211	243	274	289	303	331	358
						1	54	70	99	126	151	174	196	208	218	238	257
						1.6	40	51	73	93	111	129	145	153	160	175	190
						2	34	44	63	80	96	111	125	132	139	152	164
						2.2	32	42	59	75	90	104	118	124	130	143	154
						3.5	24	30	44	55	67	77	87	92	96	106	114
	0.38	15		2		0.6	86	112	159	202	243	280	316	333	350	383	413
						1	62	80	114	145	174	201	227	239	251	275	297
						1.6	45	59	84	106	128	148	167	176	185	203	219
						2	39	51	72	92	111	128	144	152	160	176	190
						2.2	37	48	68	86	104	120	136	143	150	165	178
						3.5	27	35	50	64	77	89	100	106	111	122	132
	0.45	18		2.2	1000	0.6	90	117	166	212	254	293	330	348	366	400	432
						1	65	84	119	152	182	210	237	250	262	287	311
						1.6	47	61	87	111	134	155	174	184	194	212	229
						2	41	53	75	96	116	134	151	159	167	183	198
						2.2	38	50	71	90	109	125	142	150	158	172	186
						3.5	28	37	52	67	80	93	105	110	116	127	138
	0.64	25		3	700	0.6	103	133	190	242	290	335	378	399	419	458	496
						1	74	95	136	173	208	241	272	287	301	329	356
						1.6	54	70	100	127	153	177	200	211	222	243	263
						2	47	60	86	110	132	153	173	182	192	210	227
						2.2	44	57	81	103	125	144	162	172	180	197	214
						3.5	32	42	60	76	92	106	120	127	134	146	158
16	0.33	13	16.1	1.5	1000	0.6	138	179	254	323	387	447	503	531	557	609	658
						1	99	128	182	231	277	320	361	381	400	438	474
						1.6	72	94	134	170	204	236	266	281	295	323	350
						2	63	81	116	147	177	205	231	243	256	279	303
						2.2	59	76	108	138	166	192	217	229	240	262	284
						3.5	43	56	80	102	123	142	160	169	178	194	211
	0.38	15		1.8		0.6	151	196	278	354	424	490	552	583	612	669	723
						1	108	140	199	254	304	352	396	419	440	481	520
						1.6	79	103	146	187	224	259	293	309	325	355	384
						2	68	89	127	162	194	224	253	267	281	307	332
						2.2	64	83	119	152	182	211	238	251	264	289	312
						3.5	47	61	88	112	135	156	176	186	195	213	231
	0.46	18		2	800	0.6	159	206	292	372	446	515	581	613	644	703	761
						1	114	147	209	266	320	370	417	440	463	506	548
						1.6	83	108	154	196	236	273	308	325	342	374	404
						2	72	93	133	170	204	236	266	281	295	323	350
						2.2	68	88	125	159	192	222	251	264	278	303	329
						3.5	50	64	92	118	142	164	185	195	206	225	243
	0.89	35		3	500	0.6	152	195	277	351	420	484	545	574	602	659	711
						1	108	140	198	252	302	348	392	413	434	473	512
						1.6	80	103	146	186	222	256	289	305	320	349	378
						2	69	89	126	160	192	222	250	263	277	302	327
						2.2	65	83	119	150	181	208	235	248	260	284	307
						3.5	47	61	87	111	134	154	174	183	193	211	228
	1.02	40		3.5		0.6	161	208	295	374	448	516	581	612	642	703	759
						1	115	149	211	268	322	371	418	440	462	505	546
						1.6	85	109	155	198	237	274	308	325	341	373	403
						2	73	94	134	171	205	236	267	281	295	322	349
						2.2	69	89	126	160	193	222	251	264	278	303	328
						3.5	50	65	93	118	142	164	186	196	206	224	243
	1.14	45		3.5		0.6	161	208	295	374	448	516	581	612	642	703	759
						1	115	149	211	268	322	371	418	440	462	505	546
						1.6	85	109	155	198	237	274	308	325	341	373	403
						2	73	94	134	171	205	236	267	281	295	322	349
						2.2	69	89	126	160	193	222	251	264	278	303	328
						3.5	50	65	93	118	142	164	186	196	206	224	243

Fuente: Catálogo de NaanDan by Rivulis

Anexo 9 Selección de equipo de bombeo

Anexo 9.1 Curva de rendimiento de bomba



Fuente: catalogo bombas sumergibles ssi-series – franklin electric.

Anexo 9.2 Selección de motor

MOTORES SUMERGIBLES ENCAPSULADOS DE 6”

DISPONIBILIDAD

Modelos Monofásicos, Arranque por capacitor (Se requiere caja de control)

HP	KW	“L” Dim		316 SS “L” Dim		Shipping Weight	
		IN	CM	IN	CM	LBS	KG
5	3.7	25.4	64.6	25.0	63.6	112	51
7.5	5.5	28.0	71.1	27.6	70.1	125	57
10	7.5	30.6	77.7	30.2	76.6	143	65
15	11.0	33.1	84.2	32.7	83.1	156	71

Fuente: Catalogo motor encapsulado de 6” – franklin electric.

Anexo 10 Lista de materiales

Anexo 10.1 Materiales de PVC

PROYECTO DE RIEGO POR GOTEO					
Área de riego:	8 ha / 11.34 Mz			**Finca "Betel Tour"**	
Caudal:	166.63 gpm			**Ubicación:**	Amayito - Carazo
Presión en la descarga:	55.97 mca				
LISTA DE MATERIAL PARA EL DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO TUBERIA PVC, HG Y ACCESORIOS					
I.Rubro					
1.1 Materiales de PVC					
Item	**Cantidad**	**U/M**	**Descripción**		
1	238	Unidad	Tubo PVC 2" X 6 metros SDR-41		
2	114	Unidad	Tubo PVC 3" X 6 metros SDR-41		
3	1	Unidad	Tubo PVC 1" X 6 metros SDR-26		
4	5	Unidad	Tubo PVC 2" X 6 metros SDR-26		
5	1	Unidad	Tubo PVC 3" X 6 metros SDR-26		
6	9	Unidad	Tee PVC liso 3"		
7	27	Unidad	Tee PVC liso 2"		
8	22	Unidad	Codo PVC liso 2" X 90°		
9	1	unidad	Codo PVC liso 3" X 45°		
10	6	Unidad	Reductor PVC liso 3" X 2"		
11	2	Unidad	Reductor PVC liso 3" X 1"		
12	15	Unidad	Reductor PVC liso 2" X 1"		
13	2	Unidad	Adaptador macho PVC 3"		
14	20	Unidad	Adaptador macho PVC 2"		
15	15	Unidad	Adaptador Hembra PVC 1"		
16	2	Unidad	Tapón hembra PVC con rosca 3"		
17	20	Unidad	Tapón hembra PVC con rosca 2"		

Fuente: Elaboración propia, software Excel.

Anexo 10.2 Materiales de riego

1.2 Materiales de riego			
Item	**Cantidad**	**U/M**	**Descripción**
1	8	Unidad	Válvula de aire doble propósito 1"
2	9	Unidad	Válula de aire efecto simple 1"
3	9	Unidad	Válvula hidráulica 2"
4	812	Unidad	Empaque
5	812	Unidad	Conector PVC X manguera Pe 16 mm
6	4	Unidad	Manguera de PE 16 mm, 500 pies
7	812	Unidad	Conector 16 mm X cinta
8	47	Unidad	Cinta TopDrip autocompensada 16 mm, 13 mil y 0.6 lph
10	20	Unidad	Unión cinta X cinta

Anexo 10.3 Sarta de descarga

1.3 Sarta de descarga			
Item	**Cantidad**	**U/M**	**Descripción**
1	1	Unidad	Niple R x R 3"/ 1 metro/ 1 salida 1/4"/ 1 salida 1"/ 1 salida 2"/ HG cédula 40
2	2	Unidad	Niple R x F 3"/ 0.40 metro/ HG cédula 40
3	1	Unidad	Niple R x R 3"/ 0.40 metro/ 1 salida 1"/ HG Cédula 40
4	1	Unidad	Niple R x R 3"/ 0.25 metro/ HG cédula 40
5	1	Unidad	Niple R x F 3"/ 0.80 metro/ HG cédula 40
6	1	Unidad	Niple R x R 3"/ 0.40 metro/ HG cédula 40
7	1	Unidad	Niple R x R 3"/ 1.40 metro/ HG cédula 40
8	1	Unidad	TEE 3"/ HG cédula 40
9	1	Unidad	Manómetro de Gliserina 1/4"
10	2	Unidad	Válvula de aire doble propósito 1"
11	1	Unidad	Válvula de alivio 2"
12	1	Unidad	Niple soldado x camisa 1/4"/ 0.05 metro/ HG cédula 40
13	2	Unidad	Niple soldado x camisa 1"/ 0.05 metro/ HG cédula 40
14	1	Unidad	Niple soldado x rosca 2"/ 0.05 metro/ HG cédula 40
15	1	Unidad	Válvula de compuerta 3"
16	2	Unidad	Codo liso 3"x 90/ HG cédula 40
17	1	Unidad	Hidrociclón F750 YAMIT 3"
18	1	Unidad	Filtro secundario AZUD 3" N
19	2	Unidad	Camisa 3"
20	1	Unidad	Caudalímetro 3"
21	1	Unidad	Válvula Check 3"
22	2	Unidad	Codo 3" x 45°/ HG cédula 40
23	3	Unidad	Kit de perno + tuerca + arandela plana + arandela de presión + empaque

Fuente: Elaboración propia, software Excel

Anexo 10.4 Misceláneo

1.4 Misceláneo			
Item	**Cantidad**	**U/M**	**Descripción**
1	1	Paquete	Trapos limpiadores
2	2	Unidad	Marco y hoja de cierra
3	1	Galón	Acetona
4	1	Unidad	Silicón de tubo transparente
5	1	Unidad	Pistola para silicón
6	3	Unidad	Teflón industrial 3/4"
7	4	Galón	Pegamento PVC
8	2	Unidad	Pegamento PVC 1/4 galón
9	1	Unidad	Jabon liquido para tuberia PVC 1/4 de galon

Fuente: Elaboración propia, software Excel

Anexo 11 Costos de inversión

Anexo 11.1 Materiales de sistema de riego

SERVITEC

RUC 0010202930034R



VENTA, INSTALACION Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE RIEGO Y ACUEDUCTOS

CORREO: solorzanowalter14@gmail.com

CELULAR: 75102888

CLIENTE: Josdany, Jennifer, Brandon
PROYECTO: Comunidad Amayito
FECHA: 31/10/2025

Item	Cantidad	U/M	Descripción	Precio	Total
1	238	Unidad	Tubo PVC 2" X 6 metros SDR-41	$12.00	$2,856.00
2	114	Unidad	Tubo PVC 3" X 6 metros SDR-41	$18.00	$2,052.00
3	1	Unidad	Tubo PVC 1" X 6 metros SDR-26	$4.80	$4.80
4	5	Unidad	Tubo PVC 2" X 6 metros SDR-26	$20.00	$100.00
5	1	Unidad	Tubo PVC 3" X 6 metros SDR-26	$30.00	$30.00
6	9	Unidad	Tee PVC liso 3"	$10.00	$90.00
7	27	Unidad	Tee PVC liso 2"	$3.00	$81.00
8	22	Unidad	Codo PVC liso 2" X 90°	$2.50	$55.00
9	1	unidad	Codo PVC liso 3" X 45°	$5.00	$5.00
10	6	Unidad	Reductor PVC liso 3" X 2"	$4.93	$29.58
11	2	Unidad	Reductor PVC liso 3" X 1"	$3.56	$7.12
12	15	Unidad	Reductor PVC liso 2" X 1"	$3.00	$45.00
13	2	Unidad	Adaptador macho PVC 3"	$5.00	$10.00
14	20	Unidad	Adaptador macho PVC 2"	$5.00	$100.00
15	15	Unidad	Adaptador Hembra PVC 1"	$3.00	$45.00
16	2	Unidad	Tapón hembra PVC con rosca 3"	$4.93	$9.86
17	20	Unidad	Tapón hembra PVC con rosca 2"	$1.78	$35.60
18	8	Unidad	Válvula de aire doble propósito 1"	$13.00	$104.00
19	9	Unidad	Válvula de aire efecto simple 1"	$15.00	$135.00
20	9	Unidad	Válvula hidráulica 2"	$125.00	$1,125.00
21	812	Unidad	Empaque	$0.05	$40.60
22	812	Unidad	Conector PVC X manguera Pe 16 mm	$0.11	$89.32
23	4	Unidad	Manguera de PE 16 mm, 500 pies	$0.20	$0.80
24	812	Unidad	Conector 16 mm X cinta	$0.21	$170.52
25	47	Unidad	Manguera TopDrip auto compensada 20cm/0.6lph/13mil	$145.00	$6,815.00
26	20	Unidad	Unión cinta X cinta	$1.00	$20.00
				Sub, total	$14,056.20

NOTAS

1- **TIEMPO DE ENTREGA: INMEDIATA**
2- **OBSERVACIONES: ENTREGA EN MANAGUA**
3- **VALIDEZ DE LA OFERTA: 30 DIAS**
4- **FORMA DE PAGO: EFECTIVO O TRANSFERENCIA**

Anexo 11.2 Sarta de descarga



SERVITEC

RUC 0010202930034R

VENTA, INSTALACION Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE RIEGO Y ACUEDUCTOS

CORREO: solorzanowalter14@gmail.com

CELULAR: 75102888

CLIENTE: Josdany, Jennifer, Brandon

PROYECTO: Comunidad Amayito

FECHA: 31/10/2025

Item	Cantidad	U/M	Descripción	Precio	Total
1	1	Unidad	Niple R x R 3"/ 1 metro/ 1 salida 1/4"/ 1 salida 1"/ 1 salida 2"/ HG cédula 40	$86.44	$86.44
2	2	Unidad	Niple R x F 3"/ 0.40 metro/ HG cédula 40	$54.58	$109.16
3	1	Unidad	Niple R x R 3"/ 0.40 metro/ 1 salida 1"/ HG Cédula 40	$34.58	$34.58
4	1	Unidad	Niple R x R 3"/ 0.25 metro/ HG cédula 40	$21.61	$21.61
5	1	Unidad	Niple R x F 3"/ 0.80 metro/ HG cédula 40	$89.15	$89.15
6	1	Unidad	Niple R x R 3"/ 0.40 metro/ HG cédula 40	$34.58	$34.58
7	1	Unidad	Niple R x R 3"/ 1.40 metro/ HG cédula 40	$121.01	$121.01
8	1	Unidad	TEE 3"/ HG cédula 40	$26.99	$26.99
9	1	Unidad	Manómetro de Gliserina 1/4"	$15.00	$15.00
10	2	Unidad	Válvula de aire doble propósito 1"	$13.00	$26.00
11	1	Unidad	Válvula de alivio 2"	$130.00	$130.00
12	1	Unidad	Niple soldado x camisa 1/4"/ 0.05 metro/ HG cédula 40	$4.11	$4.11
13	2	Unidad	Niple soldado x camisa 1"/ 0.05 metro/ HG cédula 40	$6.85	$13.70
14	1	Unidad	Niple soldado x rosca 2"/ 0.05 metro/ HG cédula 40	$6.85	$6.85
15	1	Unidad	Válvula de compuerta 3"	$85.00	$85.00
16	2	Unidad	Codo liso 3"x 90/ HG cédula 40	$21.22	$42.44
17	1	Unidad	Hidrociclón F750 YAMIT 3"	$500.00	$500.00
18	1	Unidad	Filtro secundario AZUD 3" N	$180.00	$180.00
19	2	Unidad	Camisa 3"	$13.95	$27.90
20	1	Unidad	Caudalímetro 3"	$350.00	$350.00
21	1	Unidad	Válvula Check 3"	$140.00	$140.00
22	2	Unidad	Codo 3" x 45°/ HG cédula 40	$21.22	$42.44
23	3	Unidad	Kit de perno + tuerca + arandela plana + arandela de presión + empaque	$15.00	$45.00
				Sub, total	$2,131.96

NOTAS

1- **TIEMPO DE ENTREGA: INMEDIATA**
2- **OBSERVACIONES: ENTREGA EN MANAGUA**
3- **VALIDEZ DE LA OFERTA: 30 DIAS**
4- **FORMA DE PAGO: EFECTIVO O TRANSFERENCIA**

Anexo 11.3 Misceláneo



SERVITEC

RUC 0010202930034R

VENTA, INSTALACION Y MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE RIEGO Y ACUEDUCTOS

CORREO: solorzanowalter14@gmail.com

CELULAR: 75102888

CLIENTE: Josdany, Jennifer, Brandon
PROYECTO: Comunidad Amayito
FECHA: 31/10/2025

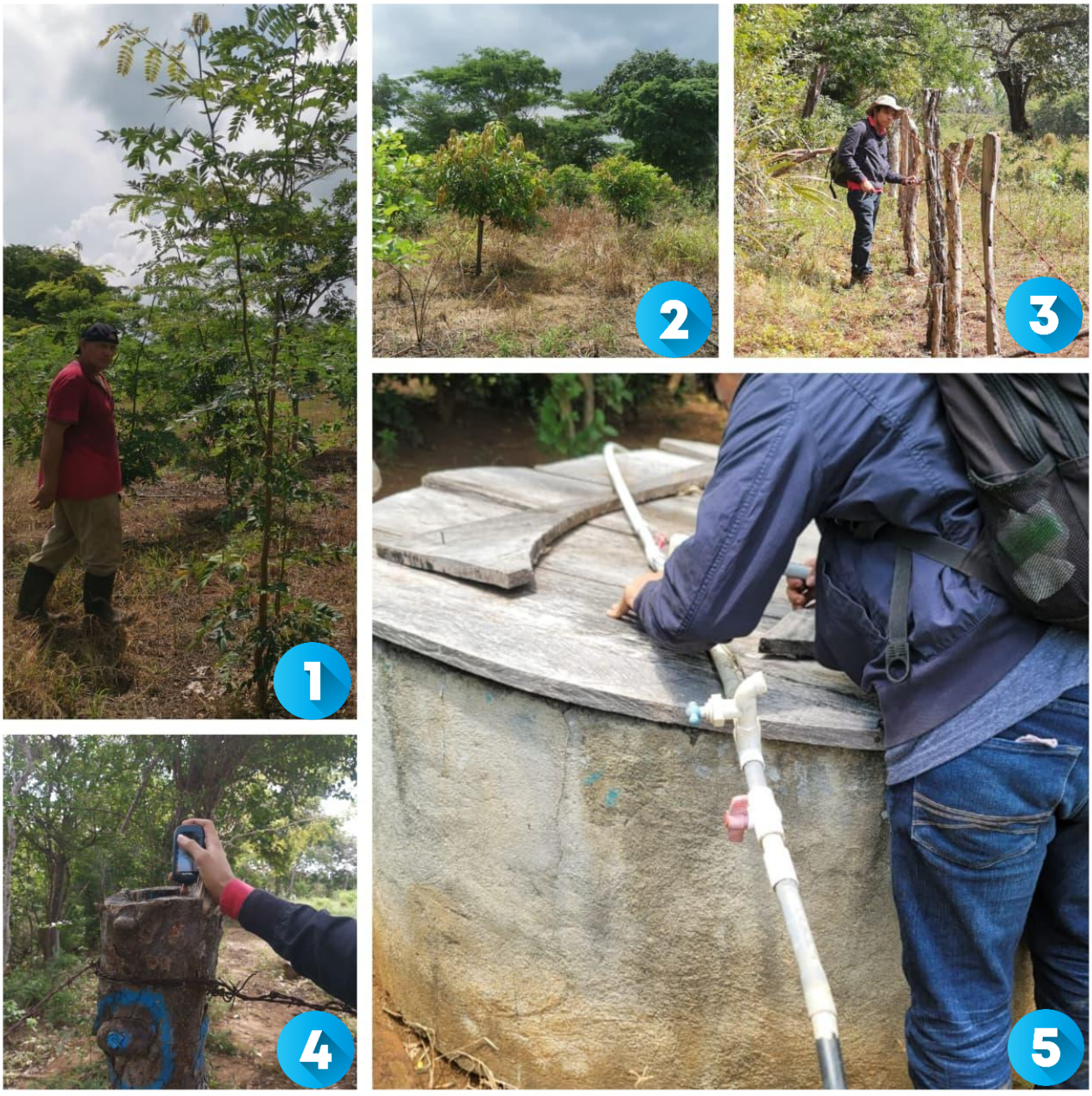
Item	Cantidad	U/M	Descripción	Precio	Total
1	1	Paquete	Trapos limpiadores	$30.00	$30.00
2	2	Unidad	Marco y hoja de cierra	$8.22	$16.44
3	1	Galón	Acetona	$12.33	$12.33
4	1	Unidad	Silicón de tubo transparente	$12.85	$12.85
5	1	Unidad	Pistola para silicón	$3.50	$3.50
6	3	Unidad	Teflón industrial 3/4"	$7.64	$22.92
7	4	Galón	Pegamento PVC	$35.00	$140.00
8	2	Unidad	Pegamento PVC 1/4 galón	$8.75	$17.50
9	1	Unidad	jabón líquido para tubería PVC 1/4 de galón	$2.33	$2.33
10	11.34	Manzana	Costo de instalación de sistema de riego	$120.00	$1,360.80
10	1	Unidad	Costo de instalación de sarta de descarga	$500.00	$500.00
				Sub, total	$2,118.67

NOTAS

1- **TIEMPO DE ENTREGA: INMEDIATA**
2- **OBSERVACIONES: ENTREGA EN MANAGUA**
3- **VALIDEZ DE LA OFERTA: 30 DIAS**
4- **FORMA DE PAGO: EFECTIVO O TRANSFERENCIA**

Anexo 12 Fotos de etapa de campo

Anexo 12.1 Reconocimiento de terreno



Nota: 1: Zona arborizada con caoba, roble, chacuabo, cedro real, 2: Árboles frutales. 3: Toma de punto georreferenciado con GPS, 4: Señalización de punto y marcación con GPS, 5: Pozo de finca.

Anexo 12.2 Prueba de infiltración



Nota: 1: Prueba de infiltración #1 área cerca de cultivo de sorgo, 2: Determinación de la textura (prueba del tacto), 3: Prueba de infiltración #2 área de pasto mombasa, 4: Determinación de la textura (prueba del tacto).

Anexo 12.3 Recolección de las muestras de suelo



Nota: 1: extracción de suelo (muestreo al azar), 2: Extracción de suelo (muestreo al azar), 3: Extracción de muestra (densidad aparente).

Anexo 12.4 Análisis de laboratorio



Nota: 1: Lectura de Bouyoucos (textura de suelo) 2: determinación de PH y CE,3: Tamizado de recolección de muestras,4: determinación de humedad,5: muestra obtenida de cilindro (densidad aparente).