



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO PARA EL CULTIVO DE
PLÁTANO (*Musa paradisiaca*), EN LA FINCA DOÑA MARTHA, COMARCA
CHACALAPA, MUNICIPIO DE BELÉN, DEPARTAMENTO DE RIVAS”**

Para optar al título de Ingeniero Agrícola

Elaborado por:

Br. Elvis Antonio Larios Zamora.

Tutor

Ing. José Mamerto Méndez Úbeda.

Managua, agosto 2021

Dedicatoria

A Dios:

Por darme la vida, la fuerza para continuar cada día hacia adelante, por darme el entendimiento y la sabiduría, para lograr coronar una meta más en mi vida.

A Mi madre:

Especialmente para mi madre Mayra Isabel Zamora, quien ha sido mi apoyo desde el inicio de mi vida, por sacrificarse ella para que pudiera continuar.

Dr. ELVIS ANTONIO LARIOS

Agradecimiento

A Dios:

Por ser mi guía espiritual, por darme la sabiduría, entendimiento y fortaleza en todo momento.

A Mi madre:

Agradezco a mi madre: Mayra Zamora, por ser ese apoyo que toda persona desearía tener, mujer ejemplo de humildad y sacrificio, todo con el fin de que yo hoy este en este punto de mi vida.

A Mi esposa:

Agradezco a mi esposa: Cesia Altamirano por su apoyo, genuino durante mi estancia en la universidad y en el proceso de creación de mi trabajo monográfico

A Mis Profesores:

Como una muestra de cariño y agradecimiento, ya que fueron ellos quienes con sus experiencias y consejos contribuyeron a que el día de hoy sea un buen profesional, y demás personas que hicieron posible que hoy logre esta meta en mi vida

A Mi Tutor:

Máster: ing. José Mamerto Méndez Úbeda, por su gran apoyo en la realización de mi tesis monográfica, quien me ha transmitido sus valiosos conocimientos.

Dr. ELVIS ANTONIO LARIOS

RESUMEN

El cultivo de plátano en Nicaragua, representa alrededor de 40 millones de dólares en exportaciones, de los cuales más de 50% provienen del departamento de Rivas, siendo una de las zonas de mayor producción en este rubro. La finca Doña Martha, se localiza en el departamento de Rivas y su principal fuente de ingresos es la producción y comercialización de plátano; la misma, cuenta con un sistema de riego por goteo el cual es deficiente, razón que ha motivado el presente trabajo monográfico, que tiene por objetivo, diseñar un sistema de riego que permita la optimización del uso de agua de acuerdo a las necesidades hídricas del cultivo de plátano (*Musa paradisiaca*). Para lograr dicho objetivo se realizó: reconocimiento del sitio, levantamiento topográfico de la áreas que lo conforman, recolección de muestras de suelo en el lugar, aforo la fuente de agua, además de la solicitó de datos climáticos del área de estudio en INITER. Las muestras recolectadas se trasladaron al laboratorio de Edafología de la UNI, con las que se calcularon las propiedades físicas e hidrofísicas del suelo. De acuerdo a los datos obtenidos en campo y laboratorio se realizó el diseño agronómico haciendo uso de la herramienta AQUACROP de la FAO, determinando la cantidad de agua necesaria para la óptima producción del cultivo de plátano en la zona; posteriormente, se realizó el diseño geométrico e hidráulico de la red de riego, determinando la cantidad de materiales e insumos de riego a utilizar, los cuales a través de cotización en empresas que distribuyen insumos de riego a nivel nacional, se determinaron los costos de materiales, que sumado a los costos de instalación y puesta en funcionamiento del sistema de riego, se determinaron los costos totales de la instalación del sistema de riego por goteo para la producción del cultivo de plátano en la finca Doña Martha, los cuales totalizan la cantidad de US\$ 7135.72.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES	2
3. JUSTIFICACIÓN.....	4
4. OBJETIVOS	6
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	6
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
5. MARCO TEORICO.....	7
5.1. CULTIVO DE PLÁTANO	7
5.1.1. Origen.....	7
5.1.2. Taxonomía.....	7
5.1.3. Morfología	7
5.1.4. Requerimientos Edafoclimáticos.....	10
5.1.5. Labores culturales.....	11
5.1.6. Plagas y enfermedades que afectan el cultivo del plátano.....	15
A. Plagas del cultivo de plátano	15
B. Enfermedades del cultivo de plátano	18
5.1.7. Variedad cuerno enano	20
5.2. IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE PLÁTANO	21
5.3. TECNOLOGÍA DE IRRIGACIÓN	22
5.3.1. Riego Por Goteo	23
A. Ventajas	23
B. Desventajas.....	24
C. Componentes.....	24
D. Eficiencia del riego por goteo	25
E. Tipos de riego por goteo.....	26
5.3.2. Diseño Agronómico de un sistema de riego.....	26
5.3.3. Diseño Hidráulico de un sistema de riego	26
5.3.4. Diseño Geométrico de un sistema de riego	26
5.4. MODELO DE PRODUCTIVIDAD DE AGUA DE LOS CULTIVOS A TRAVÉS DE AQUACROP.....	27

5.5.	PRESUPUESTO DEL PROYECTO	27
6.	DISEÑO METODOLÓGICO	28
6.1.	UBICACIÓN.....	28
6.1.1.	Microlocalización	28
6.1.2.	Microlocalización	29
6.2.	FUENTES DE INFORMACIÓN.....	30
6.2.1.	Fuente primaria.....	30
6.2.2.	Fuente secundaria.....	30
6.3.	METODOLOGÍA PARA LEVANTAMIENTO DE DATOS DE CAMPO NECESARIOS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO (MUESTREO DE SUELOS, AFORO DE LA FUENTE DE AGUA, LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO, DATOS METEOROLÓGICOS).....	31
6.3.1.	Levantamiento topográfico.....	31
6.3.2.	Muestreo de suelo.....	31
6.3.3.	Aforo de la fuente de agua.....	32
6.3.4.	Datos meteorológicos	32
6.4.	DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES HIDROFÍSICAS DEL SUELO.....	32
6.4.1.	Densidad real	33
6.4.2.	Densidad aparente	33
6.4.3.	Porosidad total	34
6.4.4.	Capacidad de campo	34
6.4.5.	Punto de marchitez permanente	35
6.4.6.	Textura del suelo	35
6.5.	METODOLOGÍA PARA, DETERMINAR LAS NECESIDADES HÍDRICAS Y RÉGIMEN DE RIEGO DEL CULTIVO DE PLÁTANO EN LA FINCA DOÑA MARTHA A TRAVÉS DEL USO DEL SOFTWARE AQUACROP.....	36
6.5.1.	Diseño agronómico	36
6.6.	METODOLOGÍA PARA REALIZACIÓN DEL DISEÑO HIDRÁULICO Y GEOMÉTRICO DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO A INSTALARSE EN LA FINCA DOÑA MARTHA PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO DE PLÁTANO.....	39
6.6.1.	Diseño hidráulico	39
6.6.2.	Diseño geométrico del sistema de riego.....	40

6.7. METODOLOGÍA PARA, DETERMINACIÓN DE COSTOS DE INSTALACIÓN Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO A TRAVÉS DE LA CUANTIFICACIÓN DE COSTOS DE MATERIALES Y MANO DE OBRA.....	45
6.7.1. Determinación de los costos del sistema de riego por goteo	45
7. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	46
7.1. DEFINICIÓN DEL ÁREA DEL ESTUDIO, CÁLCULO DE LAS PROPIEDADES HIDROFÍSICAS DEL SUELO Y AFORO DE LA FUENTE DE AGUA	46
7.1.1. Delimitación de las parcelas	46
7.2. PROPIEDADES HIDROFÍSICAS	47
7.2.1. Aforo de la fuente de agua.....	54
7.3. DISEÑO AGRONÓMICO	55
7.3.1. Datos necesarios para el diseño.....	55
7.4. Resultados obtenidos del software AQUACROP	62
7.5. Determinación del diseño geométrico e hidráulico del proyecto.....	67
7.5.1. Diseño geométrico.....	67
7.5.2. Diseño hidráulico	69
7.6. Determinación de los costos del proyecto.....	87
8. CONCLUSIONES.....	90
9. RECOMENDACIONES	92
10. BIBLIOGRAFÍA	93
11. ANEXOS	i

1. INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento vital para todo organismo vivo y es de vital importancia en zonas áridas, motivo por el cual es común encontrar tanto los asentamientos humanos como agrícolas cercanos a fuentes de agua tales como lagos, ríos etc.

Sin embargo los cambios climáticos que se han venido produciendo en los últimos tiempos en el planeta han hecho que los ciclos de sequías sean mucho más frecuentes. Fenómenos como el niño son recurrentes, dicho fenómeno en Nicaragua no era común, se presentaba en intervalos de diez a quince años, los que se vinieron reduciendo al grado de que hay años en que es consecutivo hasta por dos años. Lo que resulta en una amenaza para toda plantación agrícola, esta es una de las razones por las que se hace necesario el uso de riego.

El presente estudio fue realizado con objetivo de diseñar un sistema de riego por goteo para el cultivo de plátano (variedad cuerno enano), que permita la optimización del uso de agua, el sitio de estudio está ubicado en la comunidad Chacalapa del municipio de Belén en el departamento de Rivas, para un mejor enfoque y adecuado desarrollo de este proyecto se determinaron propiedades físicas e hidrofísicas del suelo, así como los requerimientos hídricos del cultivo, esto con el fin de que al momento de regar solo se utilice el agua necesaria para el desarrollo óptimo del cultivo sin afectar la productividad.

La importancia de este estudio radica en que la mayoría de productores en el país sin exceptuar la zona de estudio, implementan sistemas de riego de manera empírica, en los que es común el uso inadecuado del agua.

2. ANTECEDENTES

Las primeras obras del riego aparecen 3500 años A.C mostrando los primeros rasgos el país de Egipto y posteriormente en Mesopotamia y China. A partir de 1980 el uso racional del agua comenzó a representar un desafío para la humanidad, por lo que se volvió mucho más importante el uso de sistemas de riego. En Nicaragua el uso de riego inicio en los años 50, en la década de los 80 el riego recibe un gran impulso con el auge de los ingenios azucareros.

El riego por goteo se empezó a trabajar en Nicaragua como una alternativa a la situación de crisis que pasaba la agricultura a finales de la década de los noventa e inicios del nuevo milenio.

Con anterioridad en la zona de estudio no se ha hecho estudios similares para la instalación de sistemas de riego por goteo, sin embargo, en fincas aledañas a la finca Doña Martha, se han realizado instalaciones de riego por goteo los que fueron implementados por las empresas **TECNORIEGOS S.A** y la empresa **AMANCO S.A.**

Como ya se mencionó anteriormente, en el área de estudio y sus alrededores no se han realizado estudios similares como el que se desarrolló en este trabajo monográfico, sin embargo, se han realizado estudios monográficos en otras zonas del país y con otro tipo de cultivos como los que se mencionan a continuación:

Espinoza & Quintana, (1999), realizaron el “diseño del sistema por goteo para el cultivo de maíz con la aplicación de la hormona de marango”, como objetivo general ellos propusieron, diseñar el sistema de riego por goteo para el cultivo de maíz (*Zea mays*), tratado con el agente regulador hormona de marango, realizando el diseño agronómico de riego por goteo para el cultivo en cuestión, apoyados en las características propias del cultivo y las características del suelo encontradas en el sitio de estudio.

Asimismo, Araúz & Saavedra, (2004), en su estudio monográfico titulado, “Propuesta de las alternativas de los sistemas de riego presurizados en la implementación de los cultivos tradicionales para la finca experimental FTC”, en el que se propone realizar un diseño de sistema de riego para la explotación de la finca experimental FTC, que incluye una variedad de cultivos explotables en la zona. Debiendo conocer las características fisicoquímicas del suelo, condiciones de relieve y calidad de agua para riego en la zona de estudio, objetivo en el que se asemejan al primer objetivo específico de este trabajo, con el fin de realizar un diseño adecuado y eficiente de riego.

Martin & Olivas, (2012), propusieron el “diseño de riego por goteo con fertirrigación en el cultivo de piña (*Ananá comusus*), y pitahaya (*Hylocereus undatus*), en la finca Monserrat ubicada en el municipio de la Concepción del departamento de Masaya”, justificando el porqué de su estudio en qué en la zona no se encuentran fuentes naturales de abastecimiento de agua por lo que se hace difícil el abastecimiento de agua en los cultivos en la época seca, lo que hace de gran importancia la implementación de un sistema de riego fiable económicamente, proponiendo el sistema de riego por goteo, ya que este trabaja con bajos caudales y a bajas presiones. Para la implementación del diseño, se propuso el estudio de las condiciones climáticas y propiedades hidrofísicas del suelo, como base, para la adecuada planificación de riego.

3. JUSTIFICACIÓN

El plátano es un cultivo que se desarrolla de manera óptima en zonas donde las precipitaciones se encuentren entre 1800-3600mm de precipitación bien distribuidas durante todo el año. Precipitaciones como las descritas no se presentan, en la zona de estudio, ya que según INITER, en los 15 años que se tomaron para este estudio que van desde 2005-2019, las precipitaciones han variado entre 600 y 1600mm anuales, en periodos muy irregulares en el istmo de Rivas lugar donde se desarrolló este proyecto y el cultivo del plátano requiere de humedad constante durante todo el año, ya que la planta de plátano está constituida en un 85% por agua. En el país solo existen una estación humedad al año, distribuida en seis meses, esto es insuficiente para una buena producción de fruta de plátano, ya que estas necesitan entre 2 y 8 mm de agua por día, lo que hace necesario el riego en los meses secos para suplir las necesidades demandadas por el cultivo que suelen estar al máximo alcanzando los 8mm/día.

Por las condiciones antes descritas es que en este proyecto se propuso como objetivo principal, aplicar el contenido de agua necesaria para el cultivo de plátano de acuerdo con las necesidades hídricas y condiciones edafoclimáticas de la finca Doña Martha, a través de un sistema de riego por goteo, el cual es uno de los sistemas más eficientes en el uso de agua, por lo que es ampliamente utilizado en las zonas áridas. Lo que lo hace ideal para la zona

El agua aplicada por este método de riego, tiene la ventaja de infiltrar el agua directamente a la zona radicular de la planta, por lo que las pérdidas por evaporación son mínimas.

En el país no todos los productores agrícolas tienen los recursos para implementar sistemas de riego, sin embargo, existe una buena cantidad que si usan los diferentes métodos de irrigación. El uso del sistema de riego por goteo está teniendo mayor auge que los demás sistemas de riego, en los pequeños y medianos productores de plátano, debido a que este sistema se puede trabajar con bajos caudales, además que un solo operario puede manejar áreas extensas;

sin embargo, la implementación de los sistemas generalmente se hace sin un previo estudio de condiciones como requerimientos edafoclimáticos del cultivo y sin conocer las condiciones de suelo.

La capacidad de la fuente de agua es la que determina el área de riego que puede satisfacer las necesidades hídricas del cultivo. En ocasiones se puede exceder la capacidad, lo que puede llevar a pérdidas de los cultivos.

A través de los resultados obtenidos en este estudio se podrán recomendar pasos y acciones a seguir por los agricultores que en su gran mayoría hacen uso ineficiente del sistema de riego por goteo en el cultivo de plátano, lo que provoca bajos rendimientos, por lo que se hace necesario mejorar el sistema, ya que el rubro plátano es uno de los más importantes en la economía nacional. Además de lo antes mencionado con los resultados obtenidos en este proyecto a través de los estudios de suelo, se le está dando al productor una nueva ventana tecnológica, ya que este podrá conocer mejor sus áreas de cultivo desde el punto de vista edáfico lo que le dará una pauta, en sus decisiones futuras ya sea en riego o en el tipo de cultivo a elegir para su parcela.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

- Diseñar un sistema de riego que permita la optimización del uso de agua de acuerdo a las necesidades hídricas del cultivo de plátano (*Musa paradisiaca*) en la finca Doña Martha comunidad Chacalapa, municipio Belén del departamento de Rivas.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el levantamiento de datos de campo necesarios para el diseño del sistema de riego por goteo (Muestreo de suelos, aforo de la fuente de agua, levantamiento topográfico, datos meteorológicos).
- Determinar las necesidades hídricas y régimen de riego del cultivo de plátano en la finca Doña Martha a través del uso del software AQUACROP.
- Realizar el diseño hidráulico y geométrico del sistema de riego por goteo a instalarse en la finca Doña Martha para el establecimiento del cultivo de plátano.
- Determinar los costos de la instalación y puesta en funcionamiento del sistema de riego por goteo a través de la cuantificación de costos de materiales y mano de obra.

5. MARCO TEORICO

5.1. CULTIVO DE PLÁTANO

5.1.1. Origen

El plátano tiene su origen probablemente en la región Indo-malaya donde han sido cultivados desde hace miles de años. Desde Indonesia se propagó hacia el sur y el oeste, alcanzando Hawái y la Polinesia. Los comerciantes europeos llevaron noticias del árbol a Europa alrededor del siglo III a. C., aunque no fue introducido hasta el siglo X. De las plantaciones de África Occidental los colonizadores portugueses lo llevarían a Sudamérica en el siglo XVI, concretamente a Santo Domingo (InfoAgro.com, 2020).

5.1.2. Taxonomía

- **Familia:** *Musaceae*.
- **Especie:** *Lycopersicon esculentum Mill.*
- **Origen:** Región indo malaya
- **Género:** *Musa*
- **Nombre común:** Plátano, Banano, Banana o guineo
- **Nombre científico:** *Musa paradisiaca L*

5.1.3. Morfología

- **Planta.** Herbácea perenne gigante, con rizoma corto y tallo aparente, que resulta de la unión de las vainas foliares, cónico y de 3,5-7,5 m de altura, terminado en una corona de hojas. Los bananos y plátanos son plantas comprendidas dentro de las Monocotiledóneas. Pertenecen a la familia botánica ***Musáceae*** y ésta al orden ***Scitamineae***.
- **Sistema radicular:** posee raíces superficiales que se distribuyen en una capa de 30-40 cm, concentrándose la mayor parte de ellas en los 15-20 cm. Las raíces son de color blanco, tiernas cuando emergen y amarillentas y

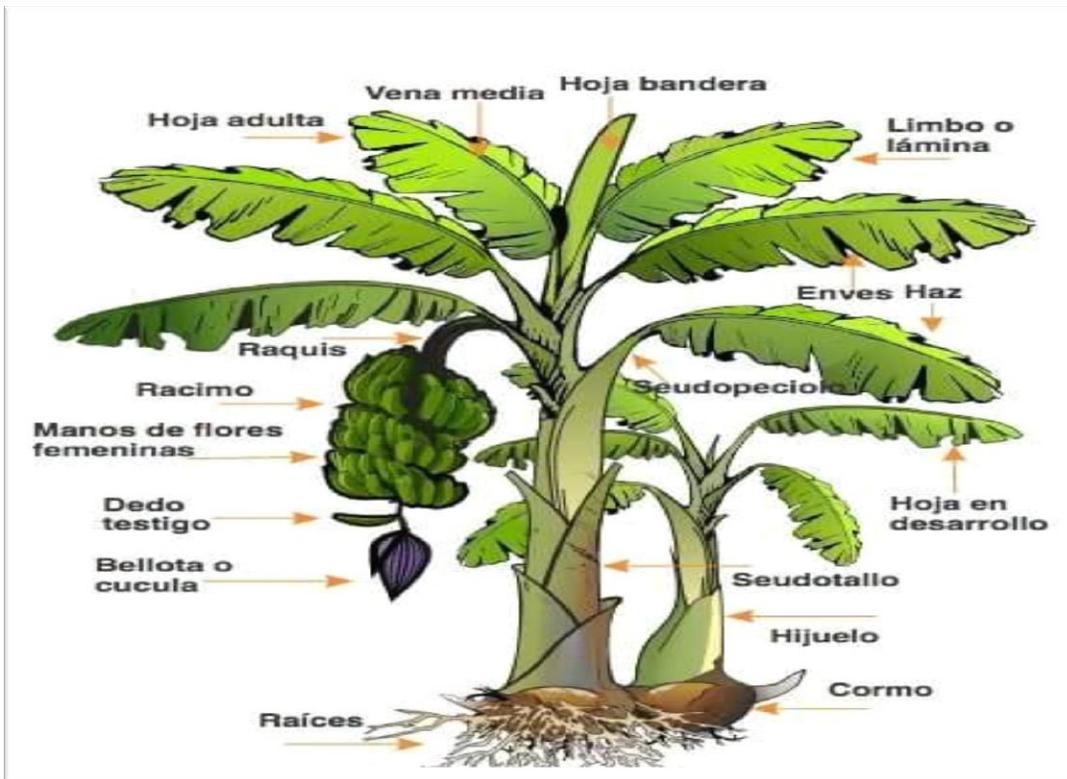
duras posteriormente. Su diámetro oscila entre 5 y 8 mm y su longitud puede alcanzar los 2,5-3 m en crecimiento lateral y hasta 1,5 m en profundidad. El poder de penetración de las raíces es débil, por lo que la distribución radicular está relacionada con la textura y estructura del suelo (InfoAgro.com, 2020)

- **Tallo:** el verdadero tallo es un rizoma grande, almidonado, subterráneo, que está coronado con yemas, las cuales se desarrollan una vez que la planta ha florecido y fructificado. A medida que cada chupón del rizoma alcanza la madurez, su yema terminal se convierte en una inflorescencia al ser empujada hacia arriba desde el interior del suelo por el alargamiento del tallo, hasta que emerge arriba del pseudotallos.
- **Hojas:** se originan en el punto central de crecimiento o meristemo terminal, situado en la parte superior del rizoma. Al principio, se observa la formación del pecíolo y la nervadura central terminada en filamento, lo que será la vaina posteriormente. La parte de la nervadura se alarga y el borde izquierdo comienza a cubrir el derecho, creciendo en altura y formando los semilimbos. La hoja se forma en el interior del pseudotallos y emerge enrollada en forma de cigarro. Son hojas grandes, verdes y dispuestas en forma de espiral, de 2-4 m de largo y hasta 1,5 m de ancho, con un peciolo de 1 m o más de longitud y un limbo elíptico alargado, ligeramente decurrente hacia el peciolo, un poco ondulado. Cuando son viejas se rompen fácilmente de forma transversal por el azote del viento. De la corona de hojas sale, durante la floración, un escapo pubescente de 5-6 cm de diámetro, terminado por un racimo colgante de 1-2 m de largo. Éste lleva una veintena de brácteas ovales alargadas, agudas, de color rojo púrpura, cubiertas de un polvillo blanco harinoso. De las axilas de estas brácteas nacen a su vez las flores.
- **Flores:** flores amarillentas, irregulares y con seis estambres, de los cuales uno es estéril, reducido a estaminodio petaloideo. El gineceo tiene tres pistilos, con ovario ínfero. El conjunto de la inflorescencia constituye el “régimen” de la platanera. Cada grupo de flores reunidas en cada bráctea

forma una reunión de frutos llamada “mano”, que contiene de 3 a 20 frutos. Un régimen no puede llevar más de 4 manos, excepto en las variedades muy fructíferas, que pueden contar con 12-14

- **Fruto:** baya oblonga. Durante el desarrollo del fruto éstos se doblan geotrópicamente, según el peso de este, determinando esta reacción la forma del racimo. Los plátanos son polimórficos, pudiendo contener de 5-20 manos, cada una con 2-20 frutos, siendo su color amarillo verdoso, amarillo, amarillo-rojizo o rojo. Los plátanos comestibles son de partenocarpia vegetativa, o sea, desarrollan una masa de pulpa comestible sin ser necesaria la polinización. Los óvulos se atrofian pronto, pero pueden reconocerse en la pulpa comestible. La partenocarpia y la esterilidad son mecanismos diferentes, debido a cambios genéticos, que cuando menos son parcialmente independientes.

Figura 1
Descripción de las partes que conforman la planta de plátano



Fuente: (Gonzalez, 2017).

5.1.4. Requerimientos Edafoclimáticos

- **Altitud:** El plátano es una planta adaptada a regiones tropicales que poseen un clima húmedo y cálido. La altitud apta para su siembra es de 0 a 400 msnm, moderado de los 400 a 800 msnm y no apto mayor a los 800 msnm. (CENTA, Guía centá platano 2019, 2019)
- **Temperatura:** La temperatura óptima para el desarrollo del cultivo es entre los 20 y 30 °C, la moderada de 30-35 °C y no apto inferior a 20 y mayor a 35 °C, ya que se produce un retardo en el desarrollo fisiológico de la planta, se retrasan la cosecha y la emergencia del brote o hijuelo..
- **Precipitación:** Debido a la naturaleza herbácea de la planta, su amplia superficie foliar y su rápido crecimiento, requiere de grandes cantidades de agua para su adecuado desarrollo. Se recomienda sembrar el plátano en aquellas zonas cuya precipitación oscila entre 1800 y 3600 mm de promedio anual, la moderada oscila entre 1200 a 1800 y 3600 a 4600 mm y la precipitación no apta es menor a 1200 mm y mayor a 4600 mm anuales. mm.
- **Vientos:** Por la naturaleza, de la planta, (sus hojas laminares y su sistema radical superficial), el viento es un factor que se debe considerar al momento de establecer una plantación. No se recomienda establecer plantaciones en aquellas áreas que estén expuestas a velocidades de viento mayores a 30 km/hora, ya que los vientos fuertes causan grandes daños en las hojas y tumban las plantas; la velocidad apta para el cultivo es inferior a 15 Km/hr y el moderado oscila entre 15 - 30 Km /hr.
- **Brillo solar:** La planta necesita de 4 a 6 horas de brillo solar promedio diario; si no se logra cumplir con esta condición se afecta el crecimiento de la planta, los dedos salen cortos, el ciclo vegetativo se alarga y se afecta el desarrollo de las plantas. Cuando la radiación es mayor (época seca) hay una influencia directa en el desarrollo y crecimiento de la planta, las pariciones son más tempranas y el grado de corta es mejor (diámetros de los dedos), asimismo la incidencia y severidad de la Sigatoka Negra es menor. El rango moderado es de 3 a 4 horas y no apto inferior a 3 horas de brillo solar diario.

- **Humedad relativa:** La humedad relativa apta para el desarrollo del cultivo es de 70 a 80%, el moderado es de 80 a 90% y no apto mayor al 90%.
- **Exigencias de suelos:** Es recomendable establecer las plantaciones en suelos de topografía plana con pendientes de 0 a 3%, con una profundidad efectiva mayor a 90 cm, de texturas franco y con buena retención de humedad (porosidad y capilaridad óptima), buen drenaje, que no presenten pedregosidad (menor a 5%) y pH óptimo de 6.0 a 7.0.

5.1.5. Labores culturales.

- **Épocas de siembra:** El plátano puede ser sembrado en cualquier época del año, siempre y cuando haya suficiente humedad, ya sea por precipitación pluvial o riego. Se debe planificar una siembra escalonada para que se mantenga una adecuada producción durante todo el año.
- **Preparación del terreno:** Una vez seleccionada el área de siembra, se debe considerar el estado en que se encuentra el terreno, si está lleno de malezas, se debe limpiar bien hasta eliminarlas; si es potrero recargarlo con ganado, para eliminar la mayor cantidad de pasto posible. También se pueden considerar las siguientes recomendaciones: control de malezas (manual, mecánico o químico), preparación de suelo, aradura (arar a una profundidad de 0.40 m y rastrear 8 días después para desmenuzar los terrones e incorporar rastrojos), luego efectuar el estaquillado.
- **Estaquillado:** Una vez que se determine la densidad de siembra y el arreglo espacial que se dará a la plantación, se procede a marcar el terreno, haciendo uso de cordeles y estacas que señalan el lugar específico donde se colocarán los rizomas. Las distancias de siembra cortas, exigen más labores culturales, pero al efectuarlas adecuadamente se obtienen mejores rendimientos.
- **Ahoyado:** Las dimensiones del hoyo de siembra, en suelos francos, pueden ser de 0.40 x 0.40 x 0.40 m, y en suelos arcillosos de 0.60 x 0.60 x 0.60 m.
- **Selección de semilla:** La producción promedio de plátano se puede mejorar considerablemente, si se realiza una adecuada selección de semilla. En toda explotación agrícola la calidad de la semilla contribuye significativamente al

éxito o fracaso de la empresa. La semilla de plátano debe estar libre de plagas (insectos, enfermedades, nematodos, entre otros).

- **Preparación y tratamiento de semilla:** La semilla (rizoma) que ha sido arrancada y cortada del pseudo tallo a 0.10 m del suelo, se conoce como semilla de cabeza. Esta es más barata y es más fácil de transportarla al sitio de siembra. Debe limpiarse, eliminando la tierra adherida, raíces y todo tejido dañado por picudo, procurando no dañar las yemas o sitios donde van a surgir los nuevos brotes. Una vez limpia, debe ser desinfectada para que quede libre de patógenos.
- **Densidad de siembra:** La densidad de siembra, el arreglo espacial y el mantenimiento, inciden directamente en los rendimientos. Existen varios factores que ayudan a determinar cuál es la mejor densidad de siembra para una situación específica, ya que varía dependiendo de las características climáticas y edáficas del área.

Tabla 1. Densidades, sistemas de siembra y ciclo de cultivo de la variedad cuerno enano

Variedad y rango de densidad (plantas/ha)	Alternativas de siembra (plantas/ha)	Sistema de siembra	Distribución espacial (m)			Ciclos de cultivo (cosechas)
			Callejón	Entre hilera	Entre planta	
Cuerno Enano 2,222 – 3,332 plantas	2,222	Doble hilera en surco	3.50	1.00	2.00	2 – 3
	2,500	Doble hilera en surco	3.00	1.00	2.00	2 – 3
	3,332	Cuadrado (dos plantas por sitio de siembra)		3.00	2.00	1

Fuente: (Bdigital.bicanal, 2004).

- **Siembra:** En suelos arcillosos se debe agregar 14 kg de materia orgánica a cada hoyo, mezclada con el suelo para mejorar las condiciones de anclaje de la futura planta. Los rizomas o cepas se distribuyen por tamaños (grandes, medianos, pequeños) procurando que el área tenga un tamaño de semilla uniforme. Si se aplica fertilizante a la siembra, éste debe ser colocado en el fondo del hoyo de siembra y cubierto con una capa de tierra no menor de 0.02 – 0.05 m de espesor. El rizoma debe ser cubierto por una capa de 0.05 – 0.10 m de suelo y apisonado a ambos lados, formando un montículo.
- **Poda o deshije:** El deshije es fundamental para mantener una plantación en condiciones apropiadas y obtener un máximo rendimiento. Consiste en seleccionar él o los hijos que se dejarán por unidad de producción, eliminando las restantes. Un buen sistema de deshije dará como resultado una producción uniforme durante todo el año; si no se realiza en el tiempo y la forma adecuada, traerá como consecuencia plantas débiles, con raíces pequeñas y de baja calidad.
- **Control de malezas:** Las malezas afectan seriamente a la planta de plátano, retardando su crecimiento y afectando la producción. La presencia de malezas, dificulta las labores de deshije, de fertilización, cosecha, riego, entre otros. Existen tres alternativas en el control adecuado de malezas: aplicación de químico, establecimiento de cultivos de cobertura a base de leguminosas y el mecánico o manual. Si se emplea el combate químico, es necesario conocer el tipo de malezas existentes, ya que éstas determinan el herbicida que se debe usar.
- **Labores pre cosecha:** El objetivo de esta práctica es proteger a la planta y al racimo, reduciendo al mínimo las pérdidas y daños de la fruta. Se trata de evitar que la planta se doble o se acame por efecto del viento y / o peso del racimo y además, obtener fruta de excelente calidad. Las técnicas de protección de fruta en plátano, pueden incluir desde: deshoje, desbellote, desmane y apuntalamiento.

- **Cosecha:** Generalmente la cosecha se inicia a los 10-11 meses después de la siembra. Los parámetros indicativos que se toman en cuenta para realizar esta labor son:
 - A. Los frutos deben presentar el tamaño normal de la variedad o híbrido.
 - B. La superficie de los frutos debe estar casi o completamente redondeada, sin aristas; el color verde intenso de la cáscara se hace más claro, con ligeros tintes amarillentos. En explotaciones comerciales los racimos se identifican semanalmente con cintas de diferentes colores según aparezca la inflorescencia, para diferenciar el tiempo de desarrollo y programar su cosecha en 10- 11 semanas.
- **Requerimientos nutricionales:** Las primeras fases de crecimiento de las plantas son decisivas para el desarrollo futuro, por tanto, es recomendable en el momento de la siembra utilizar un fertilizante rico en fósforo. Cuando no se haya realizado abonado inicial, la primera fertilización tendrá lugar cuando la planta tenga entre 3 y 5 semanas, recomendándose abonar al pie en vez de distribuir el abono por todo el terreno, ya que esta planta extiende poco las raíces.

En condiciones tropicales, los compuestos nitrogenados se lavan rápidamente, por tanto se recomienda fraccionar la aplicación de este elemento a lo largo del ciclo vegetativo.

A los dos meses, es recomendable aportar urea o nitrato amónico, repitiendo el tratamiento a los 3 y 4 meses. Al quinto mes se debe realizar una aplicación de un fertilizante rico en potasio, por ser uno de los elementos más importantes para fructificación del cultivo.

En plantaciones adultas, se seguirá empleando una fórmula rica en potasio (500 g de sulfato o cloruro potásico), distribuida en el mayor número de aplicaciones anuales, sobre todo en suelos ácidos. Se tendrá en cuenta el análisis de suelo para determinar con mayor exactitud las condiciones actuales de fertilidad del mismo y elaborar un adecuado programa de fertilización.

El uso de abonado orgánico es adecuado en este cultivo no sólo porque mejora las condiciones físicas del suelo, sino porque aporta elementos nutritivos. Entre los efectos favorables del uso de materia orgánica, está el mejoramiento de la estructura del suelo, un mayor ligamiento de las partículas del suelo y el aumento de la capacidad de intercambio (InfoAgro.com, 2020).

5.1.6. Plagas y enfermedades que afectan el cultivo del plátano

A. Plagas del cultivo de plátano

Tabla 2. Plagas que afectan al cultivo del plátano

Ítem	Nombre	Daños causados	Control
1	Picudo Negro (<i>Cosmopolites sordidus</i>)	El estado larval es el que ocasiona el daño, al utilizar el tejido del rizoma para su alimentación. Esto se manifiesta por un debilitamiento de la planta y doblamiento del pseudo tallo por el peso del racimo o la acción del viento.	Para prevenir la presencia del insecto, al establecer las plantaciones, se debe tratar la semilla antes de la siembra y posteriormente efectuar aplicaciones al inicio y salidas de la época de lluvias, con insecticidas, tales como, Clorpirifos 2.5 G o Carbofurán 10 G, en dosis de 1 – 2 onzas por planta.
2	Nematodos	En el cultivo de plátano se han reportado 19 géneros de nematodos causantes de daños a	•Evitar establecer una plantación en lugares infestados.

		<p>su sistema radicular y al cormo, dentro de los cuales cinco son los más importantes: <i>Radopholus similis</i>, <i>Pratylenchus coffeae</i>, <i>Helicotylenchus multicinctus</i>, <i>Meloidogyne spp</i> y <i>Rotylenchus reniformis</i>. De estos, <i>Radopholus similis</i>, es el de mayor importancia económica en la producción. Es el organismo causante de la enfermedad conocida como Cabeza negra; la cual se caracteriza por el ennegrecimiento y deterioro de las raíces y del rizoma, provocando pérdida de anclaje de la planta y su volcamiento total.</p>	<p>•Tratamientos químicos del rizoma antes de la siembra.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realizar drenajes adecuados en el área de siembra. <p>Si estas medidas no son suficientes se debe realizar un adecuado control con nematicidas: en época seca se puede utilizar Furadan, Mocap y Vydate; en tiempo de alta precipitación Counter Nemacur y Rugby.</p>
3	<p>Cochinilla algodonosa (<i>Dysmicoccus alazon</i>)</p>	<p>En la antigüedad era la plaga más corriente de las plataneras, pudiéndose encontrar cochinillas debajo de las vainas foliares en el falso tallo, junto al nervio central de las hojas por el envés y entre los dedos del racimo.</p>	<p>Se recomienda limpiar las hojas secas antes de efectuar el tratamiento para dejar al descubierto las cochinillas y puedan así ser fácilmente alcanzadas por el tratamiento.</p>

4	<p>Taladro o traza (Hieroxestis subcervinella)</p>	<p>La oruga que ocasiona el daño es de unos 2-2,5 cm de longitud, estrecha, delgada y con la cabeza marrón brillante, siendo típicas las dos manchas de color gris oscuro en cada anillo del abdomen. Son orugas barrenadoras, transparentes y de color blanco sucio.</p> <p>La “traza” excava unas galerías hasta las primeras “manos” de los frutos. También se localiza su ataque en la zona de pudrición de la planta “abuela”, una vez que se ha efectuado el corte de la planta después de la recolección. Aquí es donde se localizan las puestas de las mariposas que dan origen a las orugas. También suelen hacer las puestas en la última hoja podrida del “rolo”, y en la parte inferior del racimo (“platanillo”).</p>	<p>En cuanto al tratamiento, la primera operación consiste en limpiar hojas y la parte superior del tallo del racimo y despejar la parte inferior del mismo (limpieza del “platanillo”) para impedir la llegada de la “traza” a las últimas manos del racimo. Así la eficacia del tratamiento es mayor. Por otra parte, como las larvas se refugian en la parte podrida del “ñame” viejo, es conveniente tratarlo, pudiendo emplearse para ello insecticidas granulados.</p>
---	--	--	--

Fuente: (CENTA, El cultivo de platano, 2002).

B. Enfermedades del cultivo de plátano

Tabla 3. Enfermedades que afectan al cultivo del plátano

Ítem	Nombre	Daños causados	Control
1	Sigatoka amarilla (Mycosphaerella musicola)	El organismo causante de esta enfermedad presenta una patogenicidad menor que la de la Raya negra y Sigatoka negra.	La sigatoka se puede manejar en forma económica y sostenible, realizando oportunamente prácticas culturales, tales como:
2	Raya negra (Mycosphaerella fijiensis)	Es un patógeno más virulento que el causante de la Sigatoka amarilla. Sus síntomas o lesiones en las hojas de la planta no se pueden diferenciar de los de Sigatoka negra, estableciéndose la diferencia únicamente a nivel de microscopio.	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar el encharcamiento en las plantaciones mediante el establecimiento de drenajes adecuados. • Un eficiente control de malezas. • Densidades de siembras adecuadas.
3	Sigatoka negra (Mycosphaerella fijiensis var. Difformis)	Es la enfermedad foliar más destructiva que ataca el género <i>Musa</i> . Afecta solo las hojas del plátano y es causada por el hongo <i>Micosphaerella fijiensis</i> . Los efectos sobre la planta son: pérdida parcial o total del follaje, reducción del vigor, pérdida de peso de los racimos y maduración precoz de los mismos.	<ul style="list-style-type: none"> • Prácticas oportunas de deshije y desbajados, con el fin de evitar que en la plantación exista un microclima favorable para el desarrollo de la enfermedad.
4	Bacteriosis	Se le conoce también como	Utilizar semilla proveniente

5		<p>podrición acuosa. Es una de plantaciones sanas, enfermedad que se favorece fertilizar en base a análisis por la época de verano, de suelo y exigencias de la suelos pobres con planta, balancear deficiencias en potasio. Es especialmente los niveles causada por la bacteria de potasio y boro, hacer <i>Erwinia chrysantemi</i> pvr. desinfección de <i>paradisiaca</i>, que ocasiona herramientas cuando se pudrición del pseudotallo y realicen labores como posterior doblamiento del deshoje, deshije y mismo. destronque.</p>	
	<p>“Moko” Marchitez Bacterial (<i>Pseudomonas solanacearum</i>)</p>	<p>o También se le conoce como maduraviche o pringue. Es una enfermedad causada por la bacteria <i>Ralstonia solanacearum</i>, la cual puede sobrevivir en el suelo por un tiempo prolongado. Se propaga por medio de la semilla y produce en las plantas afectadas pérdida total de la producción.</p>	<p>Utilizar semilla proveniente de plantaciones sanas, hacer desinfección de herramientas cuando se realicen labores como deshoje, deshije y destronque.</p>

6	Mal de Panamá (Fusarium oxysporura f. Cubense)	El síntoma más sobresaliente es la marchites completa de la planta. El primer síntoma visible es la aparición de clorosis en los bordes de las hojas inferiores, que progresa hacia la nervadura principal, presentando gran contraste con el verde normal de la hoja sana. Luego, la hoja se marchita completamente, se torna de color café oscuro y se quiebra en el punto de unión del limbo con el pecíolo.	Empleo de semilla sana, erradicación y medidas cuarentenarias. La erradicación consiste en eliminar las plantas enfermas y su destrucción por medio del fuego, fuera de la plantación.
---	--	---	--

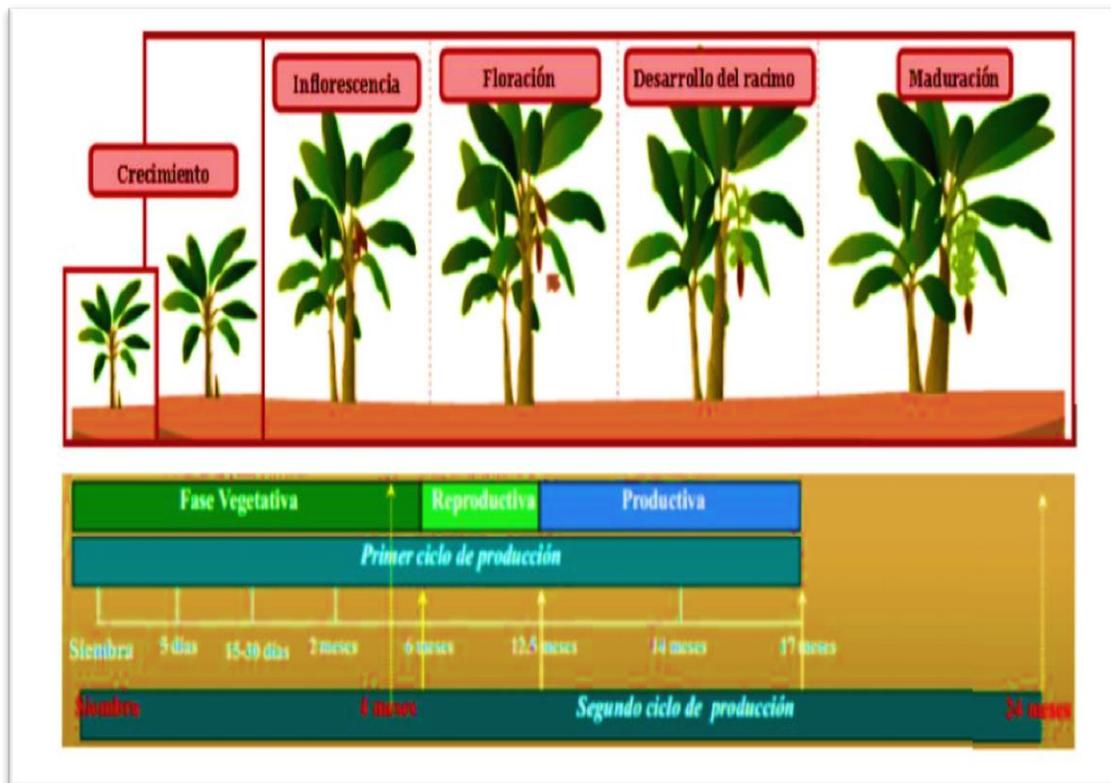
Fuente: (CENTA, Gia centa platano 2019, 2019).

5.1.7. Variedad cuerno enano

La planta tiene una altura promedio de 2.50 – 3.00 m, que la hace más resistente al acame, causado por el viento. Posee un pseudo tallo grueso, con un diámetro mayor de 0.25 m con abundantes hojas anchas. Racimos cortos, con un promedio de 40-42 frutos y un peso promedio de 13.0 kg; los frutos tienen una longitud promedio de 24.6 cm y un diámetro de 5.7 cm, poseen muy buen sabor y son de excelente calidad. El período de floración a cosecha es de 80 - 85 días. La cosecha se inicia entre 10-11 meses después de la siembra.

Figura 2

Descripción de las etapas de desarrollo de la planta de plátano



Fuente: (Ángela María Castaño P.*, 2011).

5.2. IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE PLÁTANO

Nicaragua exporta alrededor de 40 millones de dólares de los cuales el departamento de Rivas, con una producción de casi 375 millones de unidades de plátanos, es el principal exportador de esa fruta, que el año pasado generó ingresos por encima de los US\$20 millones. Estados Unidos, Puerto Rico y Centroamérica son los principales compradores del producto, según los especialistas en la zona. (Ivan, 2020)

El presidente de la Asociación de Plataneros de Rivas, Aquiles Sánchez, declaró que solo en la Isla de Ometepe existen 1,200 productores que destinan 4,200 hectáreas para el cultivo de plátano Gigante “y el 90 % de la cosecha lo compran

las empresas procesadoras de Honduras y El Salvador; el restante 10% lo consume el mercado local” (Nicaragua, 2017).

El plátano es muy importante, desde el punto de vista de seguridad alimentaria, ya que es parte de la dieta diaria en la gastronomía nicaragüense, este posee una excelente fuente de nutrientes, principalmente hidratos de carbono, fibra y potasio. Este cultivo es uno de los más importantes del mundo, después del arroz, el trigo y el maíz. Además de ser considerado un producto básico y de exportación, constituye una importante fuente de empleo e ingresos tanto en el país, como en la mayoría de los países en desarrollo.

El plátano es notoriamente consumido en Nicaragua alrededor del 60% de la población consumen plátanos, en forma de tajadas, tostones y un 63 % de la población consume plátanos maduros. (Espinoza k. , 2015), en Nicaragua y la Región Centroamericana, en los últimos años el país ha estado logrando autosatisfacer la demanda nacional que no está calculada técnicamente, además de generar lo suficiente para exportar el excedente. En Primer lugar los más grandes consumidores de las musáceas son las familias rurales, seguidos por los hogares urbanos, restaurantes, negocios gastronómicos informales entre otros.

5.3. TECNOLOGÍA DE IRRIGACIÓN

El riego es la aplicación oportuna y uniforme de agua en forma de lluvia o artificial a un perfil de suelo para reponer en éste el agua consumida por los cultivos. Es la manera de cómo el agua obtenida de diferentes fuentes es distribuida dentro del campo.

El riego es necesario cuando no hay lluvias, pero también cuando las lluvias son escasas, cuando no se pueden predecir o cuando faltan en momentos que los cultivos lo requieren. Hay lugares donde no llueve todos los días y puede haber 2 o 3 semanas sin lluvia; en estos lugares es necesario el riego. Sin embargo, la experiencia dice que para obtener una agricultura rentable y sostenible no

solamente se requiere de infraestructura de riego eficiente, sino en mayor proporción del entrenamiento adecuado que deben recibir los productores y el personal de campo responsable directamente del riego de los cultivos.

Cuando se riega eficientemente un cultivo agrícola, se producen aumentos de rendimientos de significativa importancia en relación a cultivos regados en forma deficiente.

5.3.1. Riego Por Goteo

El riego por goteo igualmente conocido como riego gota a gota es el medio más eficiente para aportar agua a la planta, ya sea en cultivos en línea o plantas aisladas. Con el uso de este sistema de riego se tienen diversas ventajas desde los puntos de vista técnico y agronómico, ya que permite el uso eficaz de agua y mano de obra, se puede trabajar con pequeños caudales y el uso de personal operario es mínimo (Pizarro, 1996).

El riego por goteo es un sistema de riego artificial comúnmente conocido como riego gota a gota es un riego localizado y uno de los más eficientes, es un sistema moderno, el primero de su tipo fue creado en 1965 de manera experimental. Este se define por llevar el agua directamente a la zona de influencia radicular en la planta manteniendo humedad a un grado relativamente alto en dicha zona (RIEGO POR GOTEIO, 2015).

A. Ventajas

- Permite el uso de agua en caudales pequeños y a bajas presiones, optimizando el uso de la misma en el riego.
- Reduce el uso de mano de obra que a diferencia de otros sistemas de riego como los sistemas de aspersion móvil, semimoviles y riegos superficiales tienen gran demanda de mano de obra para poder operar.
- Aumento de la productividad por hectárea.
- Permite la aplicación de fertilizantes con mayor eficiencia que otros sistemas de riego.

- Permite el uso de aguas salinas, debido al grado relativamente alto de humedad que se puede mantener con este tipo de riego.
- Es posible utilizar aguas residuales, esto gracias a que el agua llega directamente a la superficie del suelo, por lo que se reduce el riesgo de contaminación debido a que no hay deriva de gotas por la acción del viento
- El sistema de riego por goteo se puede utilizar en suelos rocosos y de alta pendiente (Potosí, 2007).

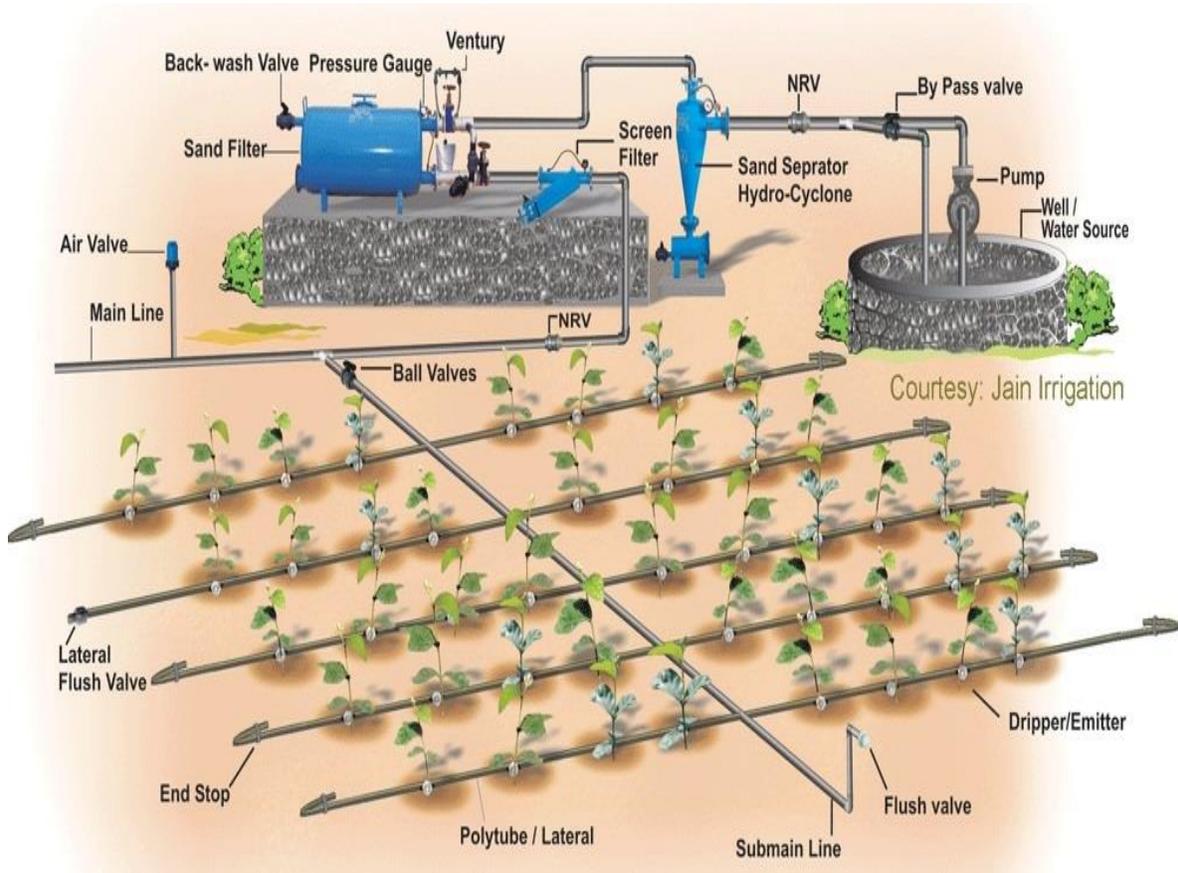
B. Desventajas

- Una de sus principales desventajas es el costo de inversión inicial, el cual es relativamente alto y muchos productores no optan en su adopción debido a lo antes mencionado.
- Suele concentrarse cantidades considerables de carbonato cálcico con el uso continuo de este sistema de riego en particular, ocasionando una capa impermeable en la superficie del suelo, lo que aumenta la escorrentía superficial y por ende el grado de erosión que estas ocasionan a los suelos. Se recomienda roturar el suelo al final de cada ciclo de cultivo para evitar lo antes dicho.
- Requiere de mayor preparación técnica del agricultor.
- Tiene altos costes de mantenimiento
- una vez instalado el sistema no se pueden realizar labores con maquinaria pesada dentro del cultivo (Gardeneas, 2016).

C. Componentes

Los sistemas de riego son un conjunto de estructuras que permiten que una determinada área sea cultivada, aplicando el agua necesaria a la plantas. Consta de varios componentes (componentes hidráulicos y no hidráulicos), los que estarán en dependencia del tipo de sistema de riego que se pretenda emplear, ya sea este superficial, aspersión o goteo. Aunque en la implementación de un sistema de regadío no siempre se cuenta con una estructura definida un ejemplo de ello es el sistema de riego superficial que en ocasiones no presentan estructuras definidas para su operación (Tapia & Osorio, 1999).

Figura 3
Componentes del sistema de riego por goteo



Fuente: (Ingemecanica, 2021).

D. Eficiencia del riego por goteo

Un sistema de riego se considera eficiente cuando el agua destinada para la planta o cultivo es aprovechada en un porcentaje mayor al %70.

El goteo es un sistema de riego que usa emisores o goteros de bajo caudal para aplicar el agua gota a gota de manera uniforme y periódica sobre la superficie o subsuperficialmente, y así abastecer las necesidades hídricas de los cultivos. Actualmente es el sistema de riego con mayor eficiencia disponible en el mercado, sin embargo, aun cuando alcanza eficiencias teóricas superiores al 90%, en la práctica puede disminuir sustancialmente cuando el sistema está mal diseñado, operado y con un programa de mantenimiento inadecuado (Intagri, 2020).

E. Tipos de riego por goteo

- **Subterráneo:** como su nombre lo dice este método consiste en aplicar agua bajo la superficie del suelo para ello se utilizan micro tuberías o cintas, entre los 10 a 50 centímetros de profundidad con caudales que van desde 0.50l/h- a 10l/h.
- **Superficial:** Es el más extendido es conocido como riego por goteo tradicional.
- **Aéreo:** Su uso está más concentrado para sistemas controlados como invernaderos.

5.3.2. Diseño Agronómico de un sistema de riego

El diseño agronómico representa la primera fase del procedimiento de diseño de cualquier tipo de riego, con el que se determina la cantidad de agua que ha de transportar la instalación, correspondiente a las necesidades brutas de riego en las épocas de máxima necesidad. Es una parte importante en un proyecto de riego ya que si se cometen errores en los cálculos del diseño agronómico repercutirán posteriormente en el diseño hidráulico (Sevilla, 2007).

5.3.3. Diseño Hidráulico de un sistema de riego

Con el diseño hidráulico se determinan los componentes, dimensiones de la red y funcionamiento de la instalación de riego, de tal manera que se puedan aplicar las necesidades de agua al cultivo en el tiempo que se haya establecido, teniendo en cuenta el diseño agronómico previamente realizado. (Sevilla, 2007).

5.3.4. Diseño Geométrico de un sistema de riego

El diseño geométrico de un sistema de riego, comprende un plano o mapa estructural, donde se muestran cada uno de los componentes del sistema de riego, este es de gran importancia, es a través de este que se realizan los

cálculos de diseño hidráulico y también es una herramienta útil tanto en sistemas pequeños como en grandes sistemas ya que a través de este es más fácil identificar con certeza cada uno de los componentes como ya se mencionó lo que facilita y agiliza las obras de mantenimiento y protección del mismo en caso de usar maquinaria agrícola pesada en el área.

5.4. MODELO DE PRODUCTIVIDAD DE AGUA DE LOS CULTIVOS A TRAVÉS DE AQUACROP

AQUACROP es un modelo de simulación de crecimiento de los cultivos, desarrollado por la FAO, destinado a contribuir con la seguridad alimentaria y mejorar el impacto que tiene la producción de los cultivos sobre el medio ambiente.

AQUACROP simula la repuesta del rendimiento de los cultivos herbáceos al agua y particularmente es adecuado, para las condiciones en las que el agua es un factor limitante en la producción de los cultivos, es bastante preciso ya que este basa sus simulación en datos meteorológicos históricos generalmente de diez años de las zona en particular donde se esté evaluando un determinado cultivo, lo que le permite tener eficacia en la predicción de las posibles condiciones meteorológicas del sitio generando calendarios de riego donde se especifica los días y cantidad de agua a aplicar al cultivo además de que también brinda un estimado de la producción. (Organizacion para la Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura, 2016)

5.5. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

El presupuesto de un proyecto es la suma total de dinero asignado con el propósito de cubrir todos los gastos del proyecto durante un periodo de tiempo específico. El fin de la gerencia del presupuesto es controlar los costos del proyecto dentro del presupuesto aprobado (Miguel Lanús, 2015).

La definición de proyecto exitoso es aquel que alcanza cuatro criterios de éxito: que el alcance del proyecto sea entregado de acuerdo al cronograma, dentro del presupuesto y que una vez entregado, llene las expectativas de calidad. Para que los gerentes de proyectos alcancen realmente el éxito, estos tienen que concentrarse en alcanzar todos esos criterios.

Las partes del proceso son:

Planear: definir y estimar los requerimientos de recursos y desarrollar el presupuesto.

Hacer: obtener la aprobación y publicar el presupuesto, autorizar los gastos.

Revisar: control de presupuesto y análisis de ejecución.

Adaptar: actualizar el presupuesto, establecer acciones correctivas.

6. DISEÑO METODOLÓGICO

La metodología utilizada en el presente estudio es descriptiva, acorde a cada procedimiento realizado en campo mediante pruebas y actividades específicas, utilizando diversos materiales y herramientas, así como también diversos programas de computación que permitieron el cálculo y obtención de muchos de los datos recopilados en este estudio. A continuación se detallan tales procedimientos de trabajo realizados para el diseño del sistema de riego.

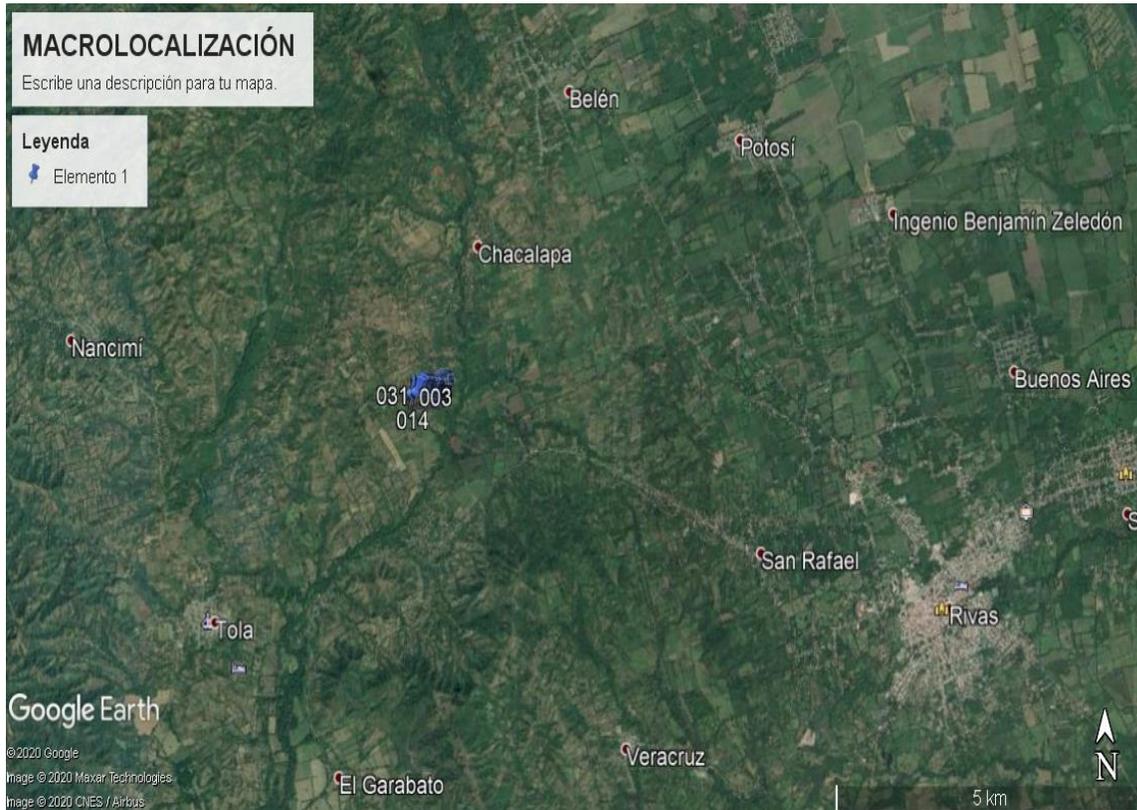
6.1. UBICACIÓN

6.1.1. Microlocalización

El departamento de Rivas se encuentra ubicado al sur de Nicaragua, entre los 11° 46'06" de latitud Norte y los 85° 50' de longitud Oeste. Limita al Norte con los departamentos de Granada y Carazo, al Sur con la república de Costa Rica, al Este con el lago de Nicaragua al Oeste con el Océano Pacífico y. Se encuentra a una altitud media de 70 m.s.n.m (metros sobre el nivel del mar).

Figura 4.

Macrolocalización del area del proyecto.



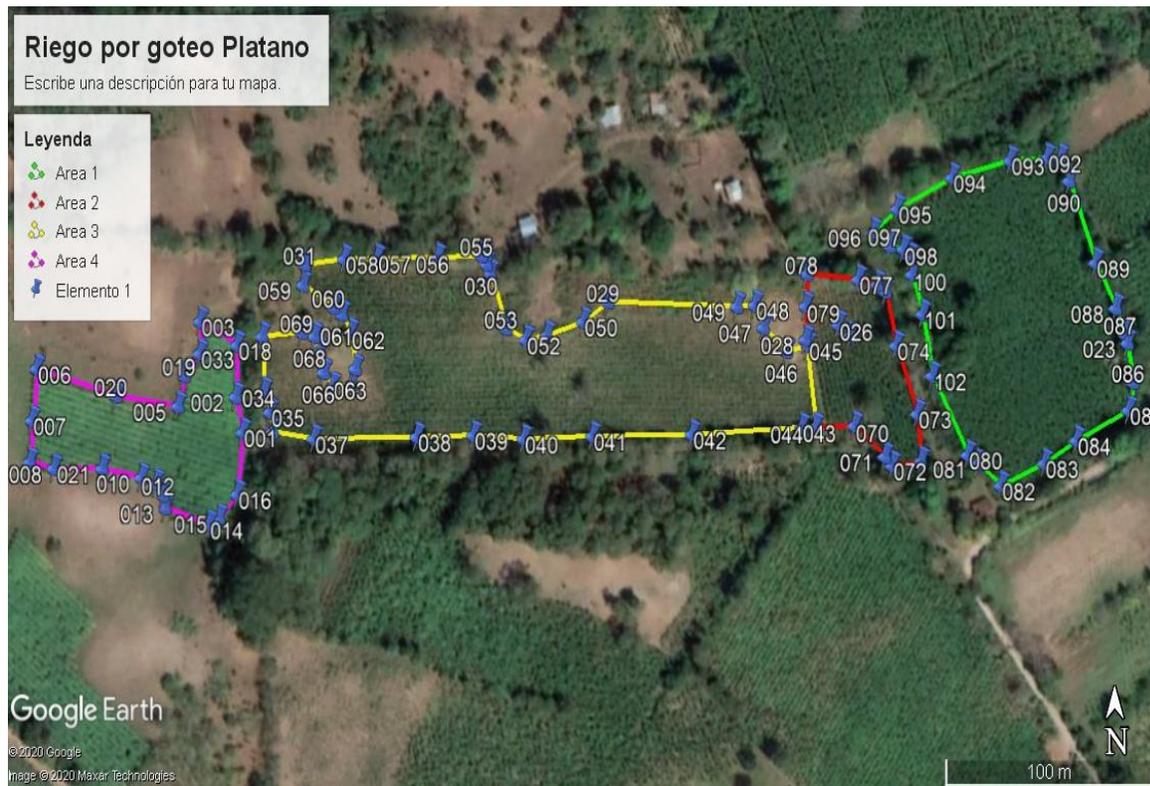
Fuente: Propia.

6.1.2. Microlocalización

El proyecto se llevó a cabo en el municipio de Belén, en el departamento de Rivas; el cual se encuentra a 101 km de la capital Managua, sobre la carretera panamericana sur, específicamente en la comunidad llamada Chacalapa. La finca pertenece al Señor Álvaro Rivas.

Figura 5

Microlocalización del proyecto



Fuente: Propia.

6.2. FUENTES DE INFORMACIÓN

Para el diseño de riego se realizó consultas en manuales de riego, libros, ingenieros especialistas en riego, docentes e internet.

6.2.1. Fuente primaria

Se realizaron todos los cálculos para la implementación del sistema de riego por goteo para poder obtener un buen resultado.

6.2.2. Fuente secundaria

Este estudio se fundamentó a través de documentación especializada sobre el tema tales como libros y manuales de riego, así como de la consulta a ingenieros especialistas en riego e internet.

6.3. METODOLOGÍA PARA LEVANTAMIENTO DE DATOS DE CAMPO NECESARIOS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO (MUESTREO DE SUELOS, AFORO DE LA FUENTE DE AGUA, LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO, DATOS METEOROLÓGICOS).

6.3.1. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se realizó haciendo uso de un GPS marca GARMIN, con el que se georreferencio los vértices de cada una de las parcelas, y la medición del área de las mismas, esto a la vez permitió obtener la macro y micro localización del sitio en estudio.

6.3.2. Muestreo de suelo

Primeramente para la realización de este proyecto, se llevó a cabo el levantamiento o toma de muestras de suelo. para lo cual se llegó al sitio de estudio seleccionando un método de muestreo, que para este caso se eligió el método de zigzag, en este método se realizan las muestras describiendo una trayectoria en zigzag como su nombre lo dice dentro de la parcela, además se usaron las siguientes herramientas para la extracción de muestras: una pala, una cubeta, un machete, un martillo o mazo y un cilindro de volumen conocido, en el proceso de recolección de muestras se recolectaron muestras alteradas u homogéneas y muestras inalteradas.

Para la recolección de muestras alteradas se procedió haciendo uso de una pala con la que se tomaron sub-muestras de suelo a una profundidad de 0-20cm que es donde se encuentra la mayor influencia radicular, las muestras pueden variar en cantidad de acuerdo a la homogeneidad del suelo que se esté muestreando, una vez se recolectaron todas las sub-muestras se colocaron en un recipiente y se procedió a su homogenización y se colocó en una bolsa debidamente rotulada con una cantidad aproximada a 1kg la cual posteriormente se llevó al laboratorio de suelos de la facultad tecnología de la construcción.

Para la recolección de muestras inalteradas, se utilizó un cilindro de volumen conocido, el cual se introduce en el suelo con la ayuda de un martillo y teniendo el cuidado de que no se realice compactación del suelo, una vez se extrae el cilindro del suelo se retira el exceso de suelo en los bordes del cilindro teniendo la precaución de no perder suelo para evitar la variación de datos en el laboratorio.

La cantidad de muestras inalteradas al igual que las muestras alteradas va a depender de la variación de suelo que se encuentre en el sitio.

Para este caso se realizaron 6 muestras inalteradas y 6 muestras alteradas debido a que el suelo en el sitio de estudio es muy homogéneo siendo todo de textura franca lo cual posteriormente se comprobó en el laboratorio.

6.3.3. Aforo de la fuente de agua

El aforo de la fuente de agua se ara haciendo uso del método volumétrico el cual es un método sencillo el cual no demanda de muchos accesorios para su realización (cronometro, recipiente y equipo de bombeo), además es bastante eficaz en el cálculo de caudales, siempre que se emplee correctamente, la fuente en la que se llevara a cabo el aforo es una noria o pozo artesanal.

6.3.4. Datos meteorológicos

Para obtener los datos meteorológicos se hizo formal solicitud a través de una carta emitida por el jefe de departamento de Ingeniería Agrícola, Ing. José Méndez, a la señora Karla Acosta actual responsable de la oficina de acceso a la información pública del instituto de estudios territoriales **INETER**. Obteniendo resultados positivos.

6.4. DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES HIDROFISICAS DEL SUELO

Una vez se recolectaron las muestras se llevaron al laboratorio de Edafología donde se procesaron, para obtener las características físicas e hidrofísicas del

suelo. A través de cálculos sencillos con los que se determinó las propiedades del suelo, como se describen a continuación:

6.4.1. Densidad real

Para obtener el valor de densidad real, se abordó el método del picnómetro, el cual consiste en colocar una porción de suelo dentro de un picnómetro, se agrega agua y se agita hasta extraer el aire presente en la muestra de suelo, una vez extraído el aire, se coloca agua hasta llegar a la marca de aforo en el picnómetro, se retira el exceso de materia orgánica y se toma la temperatura de la muestra.

El valor de densidad real se obtiene con la siguiente fórmula:

$$Dr = \frac{d1 * d3 * Ps}{d3(p1 - Pp) - (p3 - Ps - Pp)}$$

Dónde:

d1= densidad del agua, gr/cm³

d3= densidad del agua, gr/cm³

p1 = peso del picnómetro + agua (gr)

Pp= peso del picnómetro (gr)

P3= agua + picnómetro + suelo (gr)

Ps= peso del suelo (gr)

6.4.2. Densidad aparente

Para obtener el valor de densidad aparente se recolectaron muestras de suelo inalteradas, a través del método del cilindro de volumen conocido. Una vez las muestras fueron trasladadas al laboratorio de Edafología, se colocaron en una tara previamente pesada y se introdujeron al horno a temperatura constante $\pm 105^{\circ}\text{C}$ para retirar la humedad presente en el suelo; posteriormente, haciendo uso de una

balanza se obtuvo el peso seco del suelo, se dividió entre en el volumen del cilindro con el que se recolectaron las muestras.

El valor de Densidad Aparente se obtuvo haciendo uso de la siguiente formula:

$$Da = \frac{Pss}{V}$$

Donde,

Da = Densidad aparente (gr/cm³) en estado de campo.

Pss = Peso seco al horno (gr).

V = Volumen del cilindro

6.4.3. Porosidad total

El valor de porosidad total se obtiene de la relación entre densidad aparente y densidad real. A través de la siguiente formula.

$$Pt = \left(1 - \frac{Da}{Dr}\right) * 100$$

6.4.4. Capacidad de campo

Para determinar el valor de capacidad de campo se tomó una porción de suelo previamente secada al aire, la que se colocó en un papel filtro, se le agrego agua y se dejó reposar por 24 horas, algunas veces se deja reposar por más tiempo, pero para este caso se hizo en 24 horas, esto se hace con el propósito de que el agua excedente o agua gravitacional en el suelo desaparezca, una vez realizado este proceso, las muestras se colocaron en una tara previamente pesada y se pesó el suelo y la tara juntos.

Posteriormente se colocó al horno a temperatura constante de $\pm 105^{\circ}\text{C}$, para remover totalmente el agua presente en el suelo, después de 24 horas se extrajo

las muestras del horno, y se pesó con lo que ya es posible obtener el %CC a través de cálculos sencillos.

Para calcular el % CC se utiliza la siguiente formula.

$$\%cc = \left(\frac{Psh - Pss}{Pss - Pt} \right) * 100$$

Donde

Pt = peso de la tara (gr)

Psh= peso del suelo húmedo (gr)

Pss= peso del suelo seco (gr)

6.4.5. Punto de marchitez permanente

Para el cálculo del punto de marchitez permanente, se toma el valor de capacidad de campo y se divide entre el factor 1.85.

6.4.6. Textura del suelo

El procedimiento a seguir para el cálculo de la textura del suelo, es el método del hidrómetro en el cual se toman 50gm de suelo, los que se colocan en un recipiente, se agitan y se colocan en una probeta graduada a la que se le coloca un dispersor de partículas, se llena la probeta hasta la marca de 500mm se deja reposar por un día, luego se agita el contenido en la probeta y se toma la primera lectura a los 40seg y luego se vuelve a tomar otra lectura a las dos hora, en algunos casos la segunda lectura se toma a las 5horas.

Para el cálculo de textura de suelo se utilizó las siguientes formulas.

$$\%limo + arcilla = \left(\frac{Lc - Lb}{Ps} \right) * 100$$

Dónde:

LC40S = Lectura corregida a los 40 segundos.

Li = Lectura inicial en el hidrómetro a los 40 segundos.

FC = Factor de corrección.

Lb = Lectura en el blanco.

3. Cálculo para obtener el porcentaje de arena (%Arena):

$$\% \text{Arena} = 100 - (\% \text{Limo} + \% \text{Arcilla})$$

4. Cálculo para obtener el porcentaje de limo (%Limo):

$$\% \text{Limo} = (\% \text{Limo} + \% \text{Arcilla}) - (\% \text{Arcilla})$$

6.5. METODOLOGÍA PARA, DETERMINAR LAS NECESIDADES HÍDRICAS Y RÉGIMEN DE RIEGO DEL CULTIVO DE PLÁTANO EN LA FINCA DOÑA MARTHA A TRAVÉS DEL USO DEL SOFTWARE AQUACROP

6.5.1. Diseño agronómico

El diseño agronómico consiste calcular todos los parámetros necesarios para que el sistema de riego por goteo sea capaz de suministrar con eficiencia el agua a los cultivos en periodo de máximas necesidades, es decir, se calcula la cantidad de agua que necesita el cultivo para su desarrollo normal sin sufrir un déficit hídrico, así como el agua necesaria para el manejo efectivo de sales (INTAGRI). El primer paso en el diseño agronómico es el cálculo del requerimiento hídrico del cultivo, posteriormente se determinan parámetros como dosis, frecuencia y tiempo de riego, así como número de goteros y caudal de los mismos.

Este paso es muy importante, ya que permite calcular el consumo de agua de los cultivos, programar y pronosticar la aplicación de los riegos, además de diseñar el

sistema de riego, es decir, cuánto, cuándo y cómo regar los cultivos de manera eficiente y confiable.

Para el diseño agronómico se emplearon las siguientes formulas

➤ **Norma Neta del suelo**

$$Nn = 100 \times Da \times H \times (Cc - PMP) \times \frac{2}{3}$$

Dónde:

Da = Densidad aparente (gr/cm³)

H = Profundidad radicular (m)

Cc = Capacidad de campo (%)

PMP = Punto de marchitez permanente (%)

Nn = Norma neta (mm)

➤ **Norma Bruta del suelo**

$$Nb = \frac{Nn \text{ diseño}}{\text{Eficiencia}}$$

Dónde:

Nb = Norma bruta (mm)

Eficiencia = Eficiencia del sistema de riego dependiendo del clima.

Nn = Norma neta (mm)

➤ **Norma Bruta del cultivo**

$$Nb = \frac{Nn \text{ cultivo}}{\text{Eficiencia}}$$

Dónde:

Nb = Norma bruta del cultivo (mm/día)

Nn = Norma neta del cultivo (mm/día)

Eficiencia = Eficiencia del sistema de riego dependiendo del clima.

➤ **Necesidades Totales**

$$Nt = \frac{Nn}{(1 - k)Cu}$$

Dónde:

K = (1 - eficiencia)

Cu = Coeficiente de uniformidad

Nn: Norma neta del cultivo (mm/día)

Calculo de la cantidad de agua requerida

La Cantidad de agua requerida se calcula mediante la siguiente formula.

$$Q = \frac{A_{ha} + Def(mm) + 10}{jornada\ de\ trabajo\ en\ horas}$$

Dónde:

Q = es la cantidad de agua requerida (m3/hr)

Aha =es el área a diseñar.

Def =es el déficit del cultivo

Espaciamiento del emisor (EE)

Caudal del emisor (QE)

Criterio de velocidad para el agua de riego 1.5m/seg

Selección de emisor

Cinta de goteo MAGO

Diámetro de la manguera (mm)

Q= lph

Ee=m

Criterio de velocidad para el agua de riego 1.5m/seg.

➤ **Intensidad de aplicación**

$$I_a = \frac{\text{caudal del emisor (lt/hr)}}{\text{marco de plantacion } (E_l * E_E)} * .90$$

El= Espaciamiento entre surcos o laterales

Ee= Espaciamiento entre emisor

$$I_a = \frac{(lt/hr)}{Elm * Eem} * 0.90$$

➤ **Calculo del tiempo de riego**

$$Tr = \frac{Ntmm/dia}{Iamm/hor}$$

➤ **Caudal por ha**

$$Q_{ha} = I_a * 10$$

- Además de lo ya expuesto, se tomó como apoyo en el software **AQUACROP**, con el cual es posible determinar las necesidades hídricas del cultivo es decir se puede determinar la lámina, a aplicar durante las diferentes etapas de crecimiento del cultivo, también es posible determinar los eventos posibles de riego que se aplicaran durante todo el ciclo del cultivo. El uso de este programa es de gran importancia si bien calcula básicamente el diseño agronómico del cultivo este brinda gráficos, en los que reflejan los valores máximos tanto de precipitación, evapotranspiración, y lo más importante las necesidades hídricas del cultivo

6.6. METODOLOGÍA PARA REALIZACIÓN DEL DISEÑO HIDRÁULICO Y GEOMÉTRICO DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO A INSTALARSE EN LA FINCA DOÑA MARTHA PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO DE PLÁTANO.

6.6.1. Diseño hidráulico

El diseño hidráulico tiene como finalidad definir los diámetros y longitudes de las diferentes tuberías que componen el sistema (regantes, distribuidoras y conducción) bajo un criterio de optimización. El diseño hidráulico de la red parcelaria debe considerar al menos dos criterios básicos: que las secciones operen con una uniformidad de emisión mayor a 90%, y que la velocidad en las tuberías de la red parcelaria no sea mayor de 2.0 m/s (Hidraulica facil, 2021)

Antes de hacer el diseño hidráulico primeramente se realiza el diseño agronómico y geométrico es a través de estos, con los que se puede calcular las necesidades hídricas del cultivo y posible estructura final, con el cálculo del diseño hidráulico se hace un dimensionamiento de las tuberías atreves del cálculo de pérdidas de carga en las mismas como se muestra. En el capítulo de análisis y resultados de este documento.

6.6.2. Diseño geométrico del sistema de riego

Antes de realizar el diseño geométrico se debe calcular el diseño agronómico, que es de donde se conocen las áreas de las que estará conformado el sistema. Una vez realizado el diseño agronómico, haciendo uso del programa informático AutoCAD se procedió a realizar el diseño geométrico, el cual básicamente es el mapa o dibujo de la instalación, donde se especificarán: cada uno de los elementos de los que estará conformado este diseño como lo son, (fuente de abastecimiento, equipo de bombeo, tubería conductora, tubería maestra ó manifold, valvulas, area de las valuvlas, etc.).

A. Diseño de la tubería lateral

El diámetro de la tubería lateral se escoge según la conveniencia del usuario cuando se utilizan mangueras de polietileno, y no se basan realmente en un cálculo realizado del usuario sino en recomendaciones del fabricante según tipo de micro aspersor, el número de emisores en el lateral y la distancia que hay entre ellos, basándose en cálculos previos.

Al utilizar mangueras de polietileno se puede escoger entre mangueras de diámetro de 12mm, 16 mm, 20 mm y 25 mm, las que se escogen según las características antes mencionadas.

➤ Cálculo del caudal de la tubería lateral

$$q_{lat} = \# \text{ emisores por lateral } \times \text{caudal del emisor}$$

Dónde:

q_{lat} = Caudal que pasa por la tubería lateral (lps)

➤ **Cálculo de la pérdida unitaria BLASIU (m/100m)**

$$J = 7.89 \times 10^7 \left(\frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \right)$$

Dónde:

Q = Caudal del lateral (lps)

D = Diámetro interior del lateral (mm)

➤ **Cálculo de la pérdida unitaria corregida por las pérdidas de conexión de los emisores en (m/100m)**

$$J' = J[(Ee + Fe)/Ee]$$

Dónde:

J = Pérdida unitaria (m/100m)

Fe = Factor de corrección. Depende del tipo de unión y el diámetro del lateral (m)

Ee = Espaciamiento entre emisores (m)

➤ **Cálculo de la pérdida de carga (h_f) en una tubería lateral**

$$h_f = J' \times F \times (L/100)$$

Dónde:

J' = Pérdida unitaria corregida (m/100m)

F = Factor de Christiansen (De tabla)

L = Longitud de la tubería lateral (m)

➤ **Cálculo de la presión a la entrada del lateral (H lat) en metros**

$$h_{lat} = h_0 + \frac{3}{4} (h_f) \pm 0.5(Sl/100)$$

Dónde:

h_0 = Presión nominal del microaspersor (m)

h_f = Pérdida de carga en la tubería lateral (m)

Sl = Pendiente del terreno por longitud del lateral (%)

➤ **Presión mínima en el lateral**

$$h_n = h_{lat} - (h_f + 1m)$$

Dónde:

h_n = Presión mínima en el lateral (m)

h_{lat} = Presión a la entrada del lateral (m)

h_f = Pérdida de carga en la tubería lateral (m)

➤ **Pérdida de carga permisible en la tubería lateral**

$$h = h_{lat} - h_n$$

Dónde:

h = Pérdida de carga permisible en el lateral (m)

h_{lat} = Presión a la entrada del lateral (m)

h_n = Presión mínima en el lateral (m)

B. Diseño de la tubería Maestra ó Manifold

➤ **Cálculo del caudal de la tubería Maestra**

$$q_{maestra} = \# \text{ laterales } \times q_{lat}$$

Dónde:

$q_{maestra}$ = Caudal de la tubería maestra (lps)

q_{lat} = Caudal del lateral (lps)

➤ **Cálculo de la pérdida unitaria (m/100m)**

$$J = 7.89 \times 10^7 \left(\frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \right)$$

Dónde:

Q = Caudal de la maestra (lps)

D = Diámetro interior de la tubería maestra (mm)

- **Cálculo de la pérdida unitaria corregida por las pérdidas de conexión de los laterales en (m/100m)**

$$J' = J[(Ee + Fe)/Ee]$$

Dónde:

J = Pérdida unitaria (m/100m)

Fe = Factor de corrección. Depende del tipo de unión y el diámetro de la tubería maestra (manifold) en metro.

Ee = Espaciamiento entre emisores (m)

- **Cálculo de la pérdida de carga (hf) en la tubería maestra (manifold)**

$$h_f = J' \times F \times (L/100)$$

Dónde:

J' = Pérdida unitaria corregida (m/100m)

F = Factor de Christiansen (De tabla)

L = Longitud de la tubería Maestra (m)

- **Cálculo de la presión a la entrada de la tubería Maestra (H maestra) en metros**

$$h_{maestra} = h_{lat} + \frac{3}{4}(h_f) \pm 0.5(SI/100)$$

Dónde:

H_{lat} = Carga a la entrada del lateral (m)

hf = Pérdida de carga en la tubería maestra (m)

SI = Pendiente del terreno por longitud de la tubería maestra (%)

C. Diseño de la tubería conductora

Para el cálculo de la tubería conductora hacemos uso del método de velocidad permisible para rangos entre 1.2 y 1.5 m/s.

$$Q = V \times A$$

$$Q = V \times \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$D = [(4 \times Q)/(\pi \times V)]^{1/2}$$

Dónde:

Q = Caudal que pasa por la tubería conductora (m³/s)

V = Velocidad máxima permisible (1.5 m/s)

D = Diámetro de la tubería conductora (m)

➤ **Cálculo de pérdida unitaria (m/100m)**

$$J = 7.89 \times 10^{-7} \left(\frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \right)$$

Dónde:

Q = Caudal de la tubería conductora (lps)

D = Diámetro interior de la tubería conductora (mm)

➤ **Pérdida de carga en la tubería conductora**

$$h_f = J \times L / 100$$

Dónde:

J = Pérdida unitaria en la tubería conductora (m/100m)

L = Longitud de la tubería conductora (m)

➤ **Sumatoria de las pérdidas de carga**

$$\sum hf = hf_{conductora} + hf_{maestra} + h_o + hf_{acc} + hf_{locales} \pm \Delta Z$$

Dónde:

hf_{conductora} = Pérdidas de carga en la tubería conductora (m)

hf_{maestra} = Pérdidas de carga en la tubería maestra (m)

h_o = Presión nominal del microaspersor (m)

hf_{acc} = Pérdida de carga en los accesorios (m)

hf_{locales} = Pérdidas de cargas locales (m)

ΔZ = Diferencia de altura (m)

➤ **Cálculo de la Carga Total Dinámica**

$$CTD = \sum hf + NDB$$

Dónde:

CTD = Carga total dinámica (m)

$\sum h_f$ = Sumatoria de las pérdidas de carga (m)

NDB = Nivel dinámico de bombeo (m)

➤ **Cálculo de la potencia del equipo de bombeo**

$$Hp = \frac{Q \times CTD}{270 \times Ef} \times Fs$$

Dónde:

HP = Potencia del equipo de bombeo (Hp)

Q = Caudal que pasa por la conducción (m³/hr)

CTD = Carga total dinámica (m)

Ef = Eficiencia del equipo de bombeo (%)

Fs = Factor de Seguridad, (1.20) para motor de combustión interna.

6.7. METODOLOGÍA PARA, DETERMINACIÓN DE COSTOS DE INSTALACIÓN Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO A TRAVÉS DE LA CUANTIFICACIÓN DE COSTOS DE MATERIALES Y MANO DE OBRA

6.7.1. Determinación de los costos del sistema de riego por goteo

Para la elaboración del presupuesto y futura puesta en marcha del proyecto, se determinaran los costos a través del cálculo de los materiales necesarios, los cuales se reflejarán de manera unitaria y total en una tabla de datos. Para conocer los costos de adquisición, se realizó cotización de cada uno de los materiales a utilizar. Además, se estimará la cantidad y costo de mano de obra o costo de instalación del sistema.

7. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

7.1. DEFINICIÓN DEL ÁREA DEL ESTUDIO, CÁLCULO DE LAS PROPIEDADES HIDROFÍSICAS DEL SUELO Y AFORO DE LA FUENTE DE AGUA

7.1.1. Delimitación de las parcelas

La definición del área de estudio, se realizó a través de georreferenciación haciendo uso de un GPS marca Garmin con el que se definieron los vértices de cada una de las áreas, los que posteriormente se ingresaron al programa de Google Earth con el que se pudo obtener el croquis del área del proyecto. Quedando definidas las parcelas de la siguiente manera:

Parcela 1 = área 1

Parcela 2 = área 2 y área 3

Parcela 3 = área 4

Si bien en el croquis se observan 4 áreas, en el sitio, el área 2 y área 3 son una sola parcela por lo que las muestras de suelo se recolectaron y rotularon como una sola parcela, que en este caso es la parcela 2.

Figura 6
Esquema grafico del proyecto



Fuente: propia.

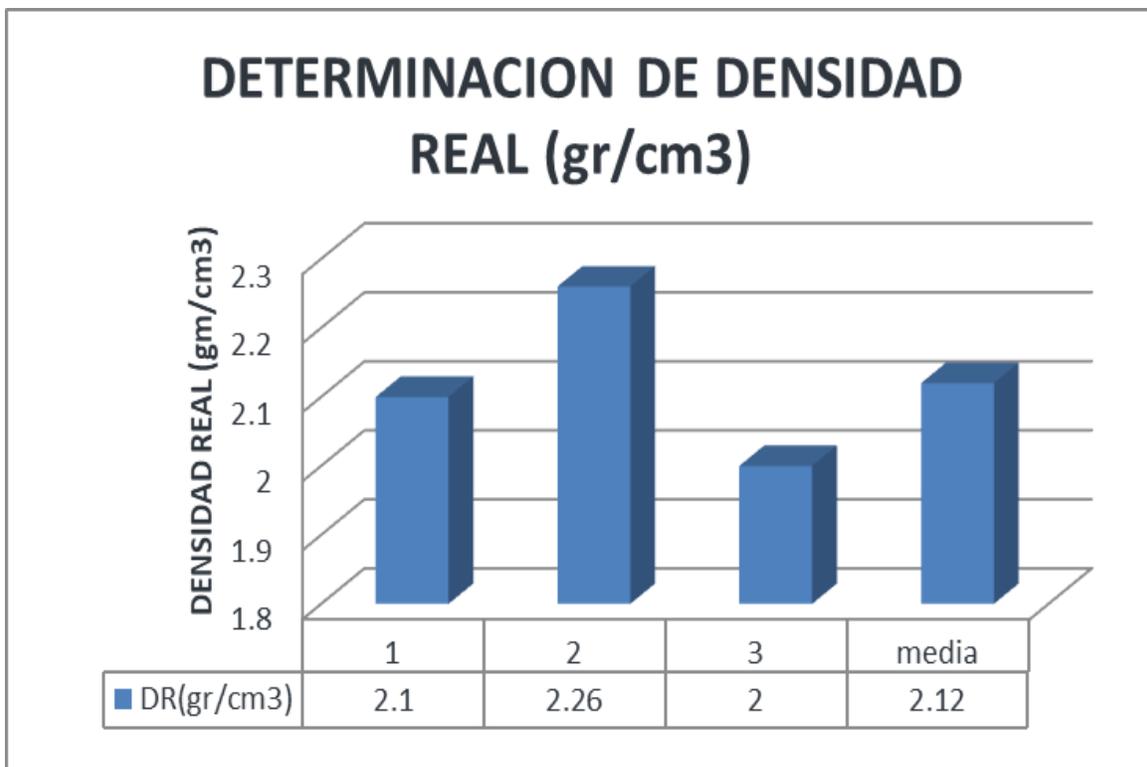
Una vez se definió el área de estudio se procedió a la recolección de muestras, de suelo, mismas que se llevaron al laboratorio de edafología de la UNI RUPAP, con las que se calcularon las propiedades hidrofísicas del suelo como se muestra a continuación, también se realizó aforo de la fuente de agua.

7.2. PROPIEDADES HIDROFÍSICAS

➤ Densidad Real

Figura 7

Determinación de densidad real



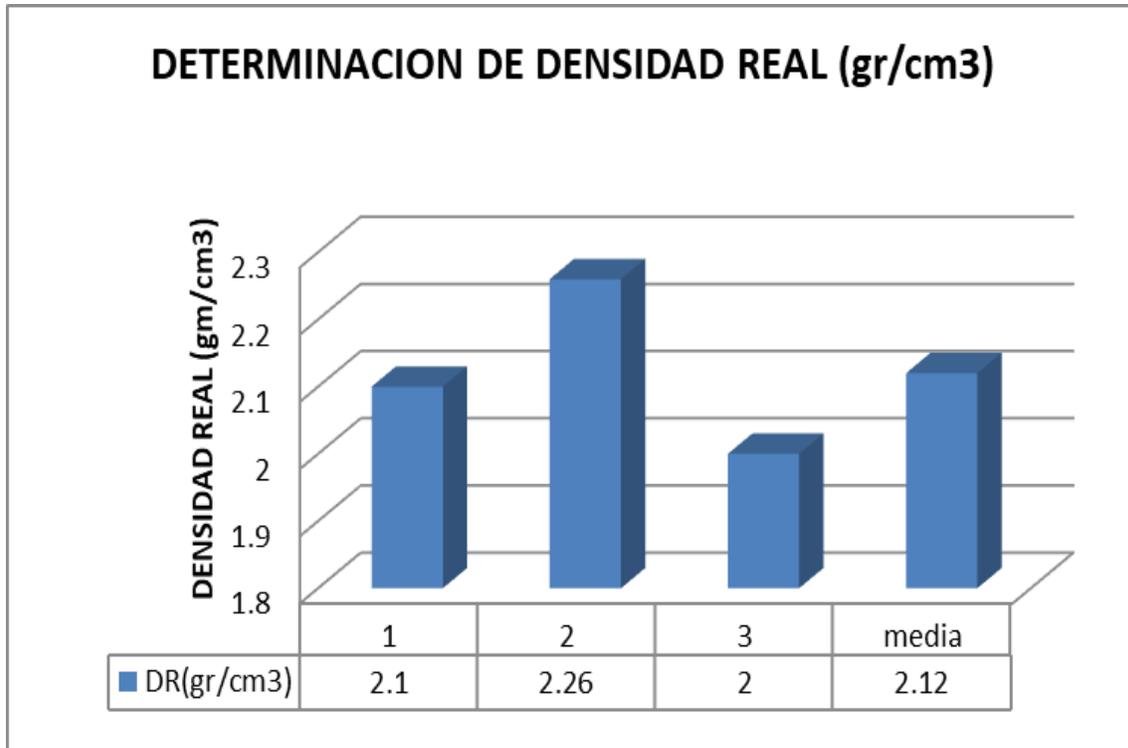
Fuente: propia.

Como se observa en la figura anterior, los valores de densidad real obtenidos en el área de estudio corresponden a: Parcela #1= 2.10 gr/cm³, parcela #2= 2.26 gr/cm³ y la parcela #3= 2 gr/cm³. El valor promedio de densidad real es de 2.14 gr/cm³ en cual es calificado como bajo, e indicativo de un suelo con alto contenido de materia orgánica, ya que es menor de 2.40 gr/cm³ (Ver anexo 2:Tabla 1y 2, pág. xiii).

➤ Densidad aparente

Figura 8

Determinación de la Densidad Aparente



Fuente: propia.

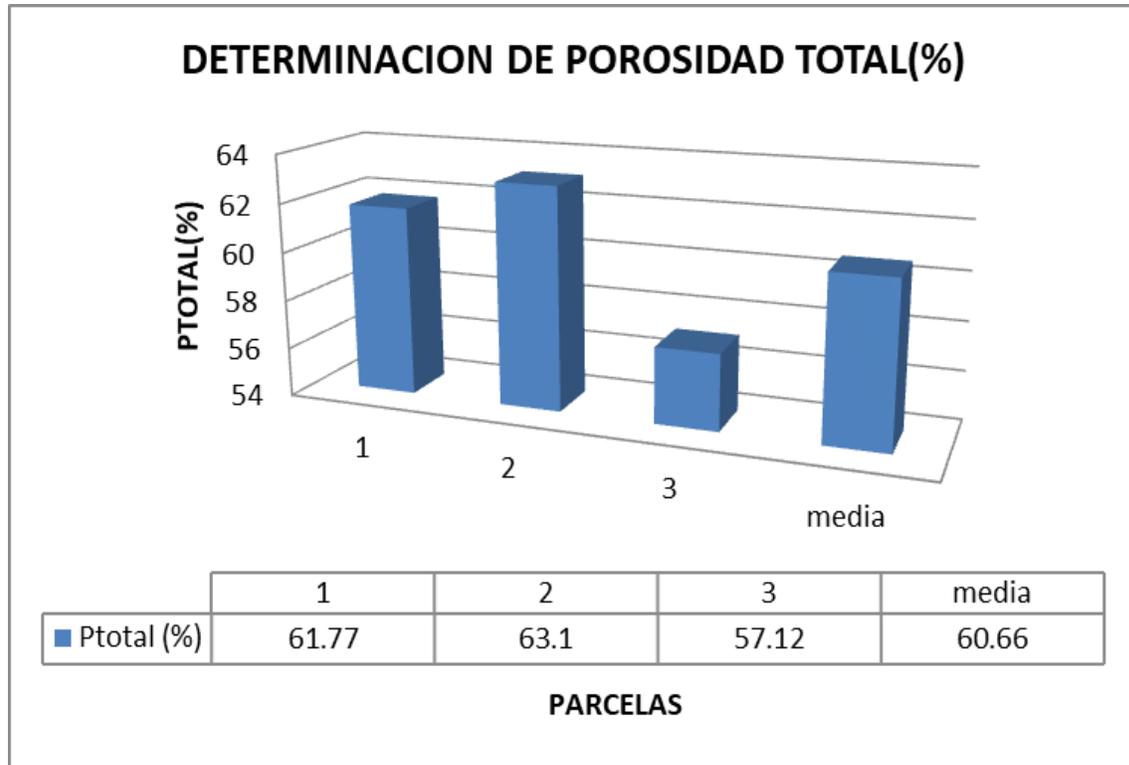
Como se puede observar en la figura anterior, los valores de densidad aparente en cada una de las parcelas son menores a 1 gr/cm^3 , lo que confirma los valores de densidad real, e indica que el suelo estudiado en este proyecto es un suelo con alto contenido de materia orgánica (Ver anexo 2: Tabla 3 , pág. xiii), lo que lo hace ideal para el cultivo de plátano (*Musa paradisiaca*), que necesita de suelos con poca resistencia a la expansión radicular, debido a que su sistema radicular es débil, con poca fuerza de penetración.

Los suelos con densidades aparente menor a uno son suelos con buena aireación en la zona radical del cultivo y además tienen buena retención de agua en su espacio poroso y con la capacidad de transmitir agua al cultivo a través de capilaridad.

➤ Porosidad total

Figura 9

Determinación de porosidad total



Fuente: propia.

El porcentaje de espacios porosos en el suelo es una característica importante, ya que es en estos donde se desarrollan las raíces de la planta y además son los responsables del drenaje y retención del agua que estará disponible para ser absorbida por la planta.

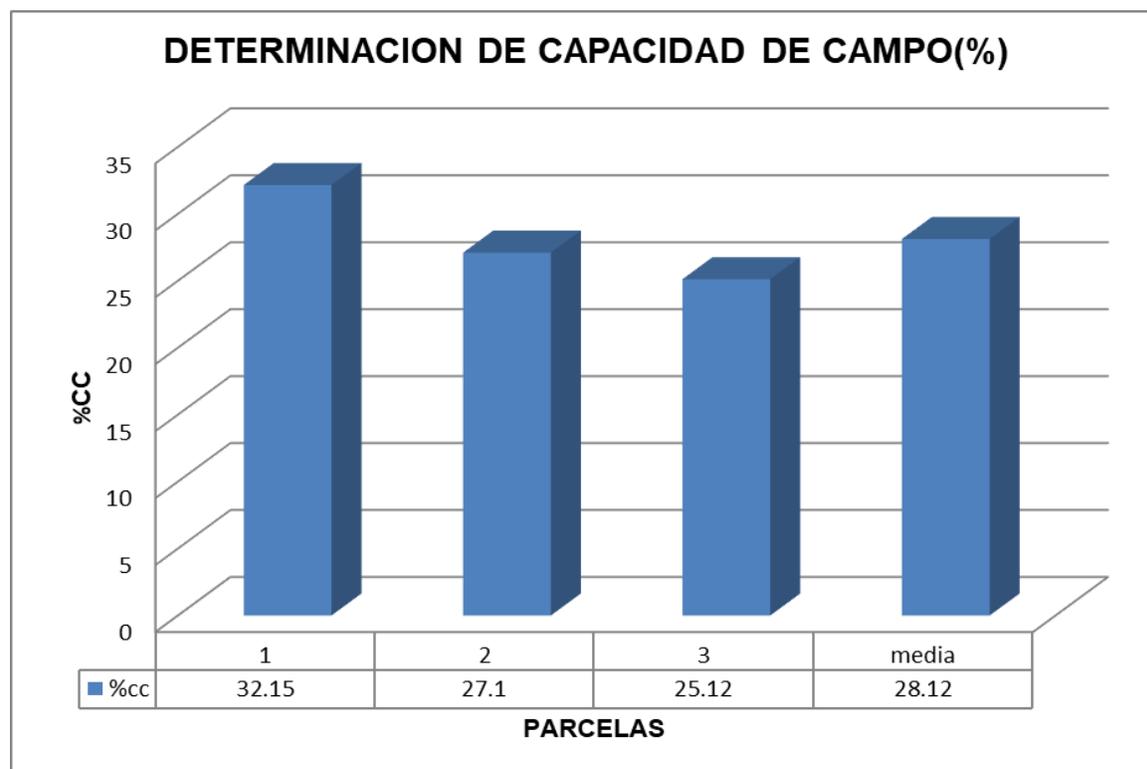
Como se aprecia en la Figura 10, el suelo estudiado en este proyecto está en el rango de porosidad alta de acuerdo a la tabla de clasificación (Ver Anexo 2: Tabla 4, pág. xiv), lo que indica que es un suelo con buena aeración, buena capacidad de retención de agua, que lo hace totalmente deseable para este proyecto. El cultivo de plátano necesita de suelos con buena capacidad de retención de agua, pero que a la vez sean bien aireados, ya que es susceptible al encharcamiento, y que en suelos mal drenados proliferan enfermedades como: punta negra,

podrición del tallo y Sigatoka negra, siendo esta última la principal enfermedad en el cultivo de plátano a nivel nacional.

➤ **Capacidad de campo**

Figura 10

Determinación de capacidad de campo



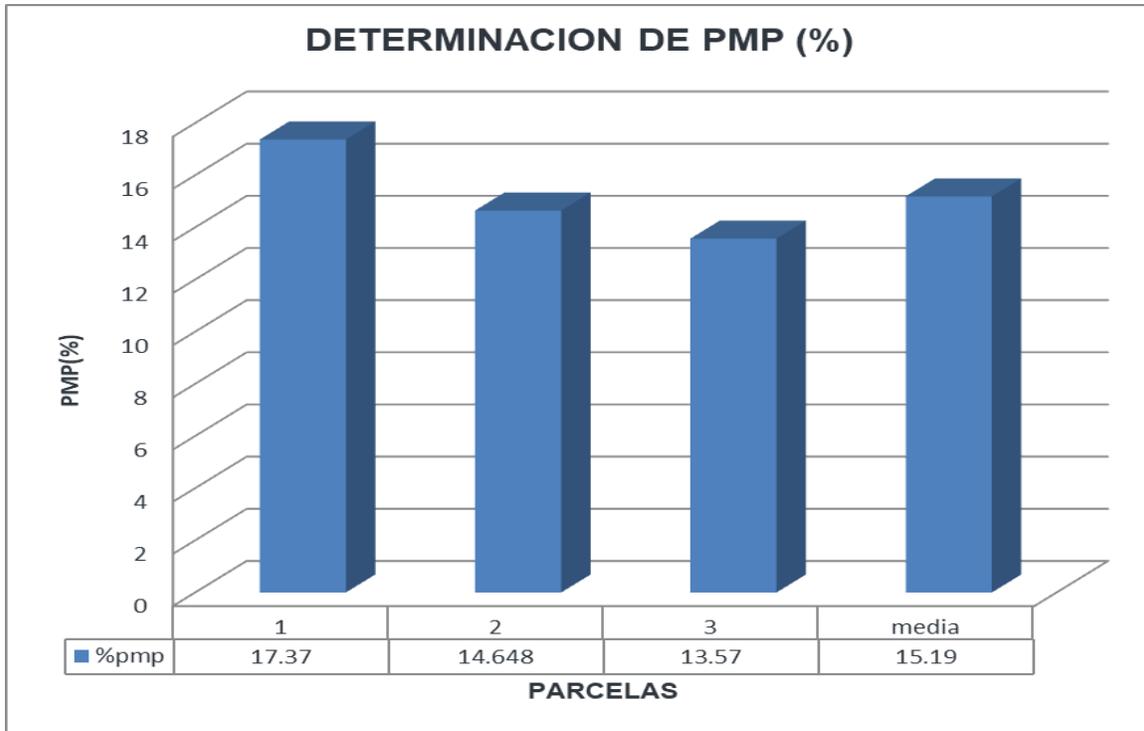
Fuente: propia.

Como se muestra en la figura 11, los valores de %Cc, en cada una de las parcelas en las que se desarrolló este estudio, se encuentran en un rango medio, (Ver, Anexo 2: tabla 5, pág. xiv), Razón por la cual, para el diseño de riego en este proyecto se eligió el sistema de riego por goteo con alta frecuencia esto con el fin de no dejar perder la humedad en el suelo, ya que al ser un suelo con un porcentaje de capacidad de campo moderadamente bajo, se puede decir que el suelo estudiado pierde humedad moderadamente rápido, por lo que lo más ideal es manejar alta frecuencia en el riego y no permitir que se pierda la humedad ya que el cultivo, estudiado es susceptible al estrés hídrico.

➤ PUNTO DE MARCHITEZ PERMANENTE

Figura 11

Determinación de PMP

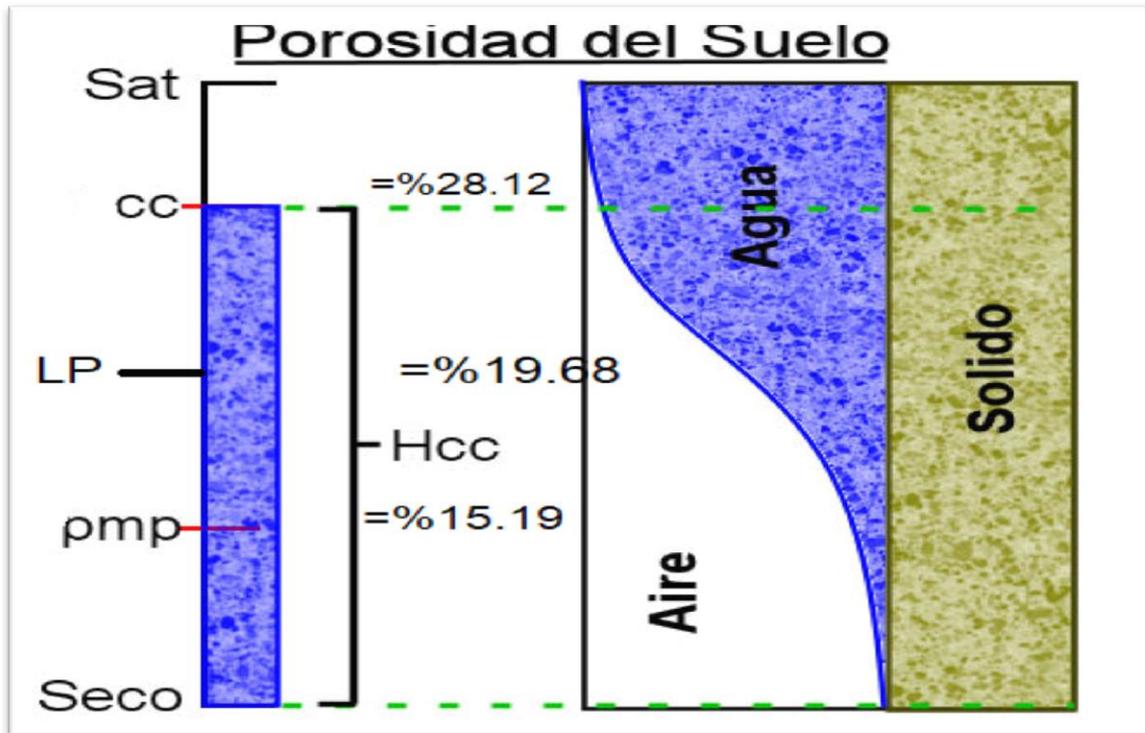


Fuente: propia.

El punto de marchitez permanente es el grado en el que el agua ya no está disponible para la planta, ya que esta tan adherida a la superficie de las partículas de suelo que la planta no tiene la fuerza para extraerla, por lo tanto a ningún cultivo, se debe dejar llegar a este punto, que en este caso, como se muestra en la figura anterior es de 15.19% del total, por lo que siempre se deja un margen de seguridad que es el límite productivo, que en este caso será cuando el agua retenida por el suelo o %Cc este en un 70%, es decir $L_p = 19.68\%$, para una mejor comprensión ver figura 12.

Figura 12

Ilustración de partes del suelo



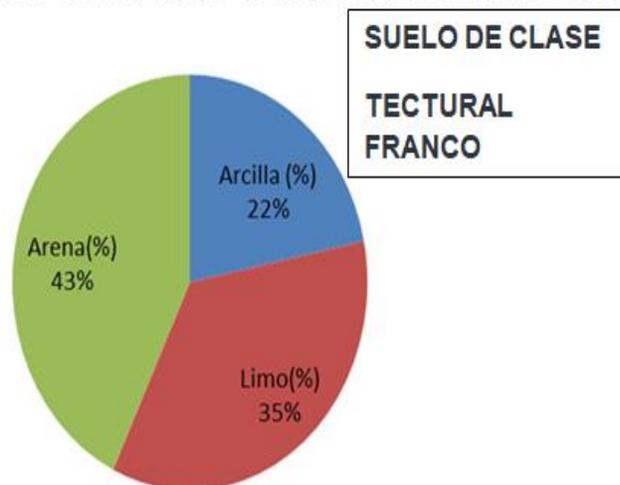
Fuente: (Wikipedia, 2021).

➤ Clase textural del suelo

Figura 13

Determinación de la clase textural del suelo

DETERMINACION DE CLASE TEXTURAL DEL SUELO



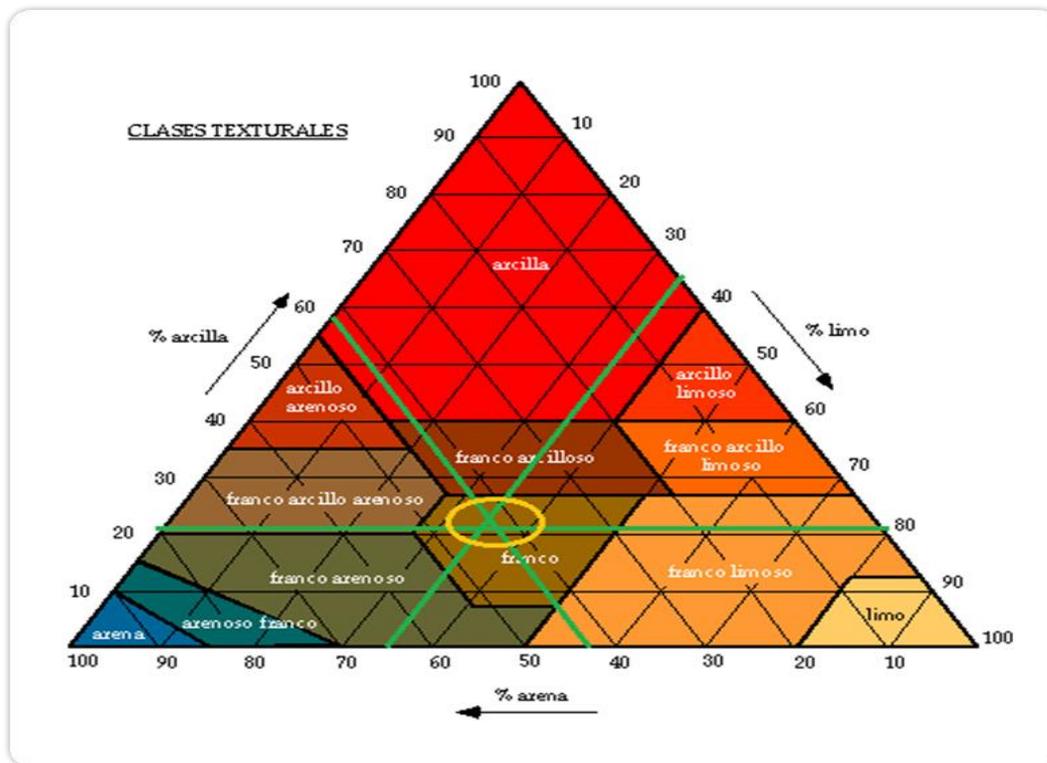
Fuente: Propia.

Cabe mencionar que en cada una de las parcelas estudiadas se obtuvo la misma clase textural que en este caso es de textura franca, con ligera tendencia a franco arenoso, por lo que en la figura anterior se muestra, el promedio de las granulometrías encontradas en cada una, con lo que se puede determinar que el suelo estudiado es ideal para el cultivo de plátano, ya que en este suelo las raíces penetran con facilidad lo que le da un mejor anclaje a la planta y además, por la característica de que su verdadero tallo es subterráneo, se desarrolla mejor en este tipo de suelo. Es decir que habrá mejor emergencia de los cornos o hijuelos de la planta.

A continuación se observa el punto en que se localiza la textura del suelo estudiado de acuerdo a las pruebas realizadas en laboratorio en el triángulo de clasificación textural de suelo, el cual es el mismo para cada parcela, como ya se mencionó la clase textural es la misma para cada parcela.

Figura 14

Triángulo textural del suelo



Fuente: (Dorronsoró Fernández, 2021).

A continuación, se presenta el resumen de los resultados de las propiedades hidrofísicas en las diferentes parcelas del área de estudio.

Tabla 4
Resumen de propiedades del suelo

Parcela	Área(Ha)	Dr (gr/cm ³)	Da (gr/cm ³)	Pt (%)	%Cc	%PMP	Clase Textural
1	1.01	2.1	0.80	61.77	32.15	17.37	franco
2	1.64	2.2975	0.82	63.1	27.1	14.648	franco
3	0.43	2.029	0.87	57.12	25.12	13.57	franco
media		2.139	0.83	60.66	28.12	15.19	franco

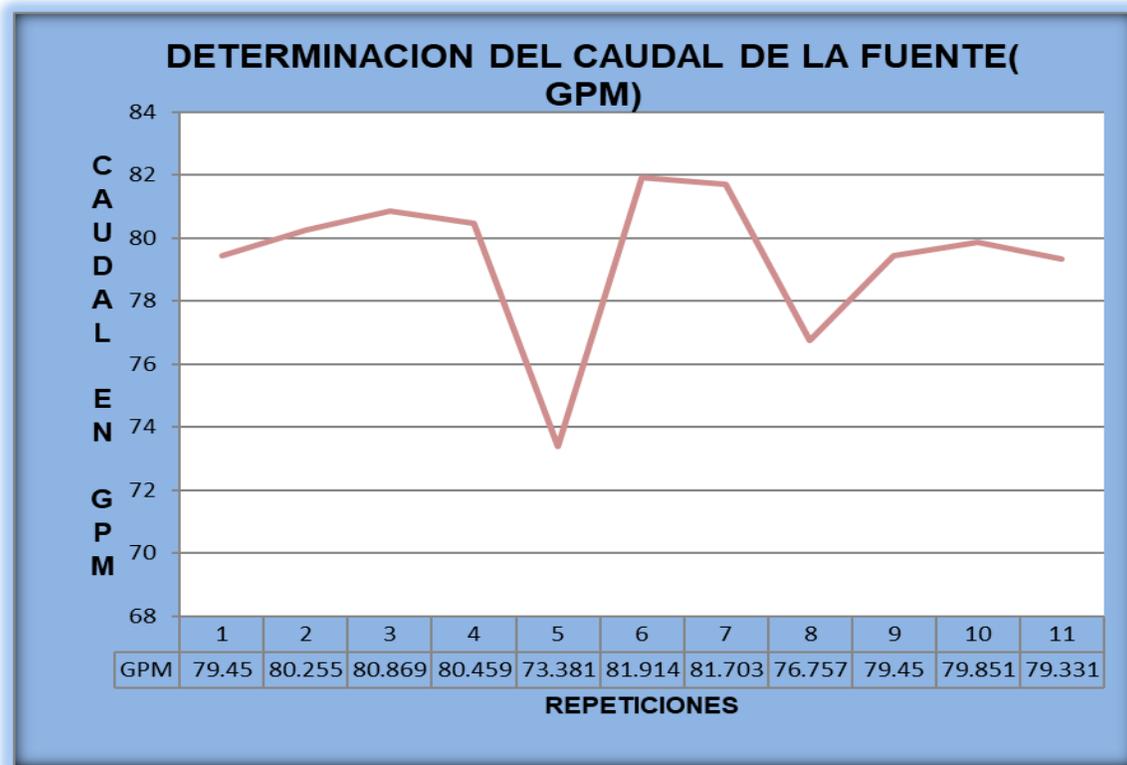
Fuente: propia.

7.2.1. Aforo de la fuente de agua

La fuente a aforar tiene las siguientes características, noria o pozo artesanal de 14m de profundidad hasta el nivel estático y de 17m al nivel dinámico, en el cual se encuentra una bomba de 3hp de alta presión sumergible, el aforo se realizó haciendo uso del método volumétrico, para lo cual se usó un recipiente de 20 litros. Se colocó el recipiente en la descarga de la bomba y se le dio marcha al equipo, haciendo uso de un cronometro se tomó el tiempo que tardo en llenarse el recipiente y se repitió el proceso 10 veces, esto con el fin de minimizar el error en los cálculos, los tiempos obtenidos, y el comportamiento del caudal en cada aforo se muestran a continuación.

Figura 15

Determinación del caudal de la fuente



Fuente: propia.

En la figura anterior se muestra el comportamiento del caudal durante el aforo, dando como promedio un caudal de 79.33 gpm.

7.3. DISEÑO AGRONÓMICO

7.3.1. Datos necesarios para el diseño

Cultivo de plátano (*Musa paradisiaca*)

Área: 3.081 Ha

Uso consuntivo máximo diario 5.52 mm

Profundidad radicular: 0.60 m

Densidad aparente del suelo (D_a) = 0.83gr/cm³

Capacidad de Campo (C_c) = 28.12%

Punto de Marchitez Permanente = 15.19%

Frecuencia de riego: 1 día
Método de riego: goteo
Cinta de gotero no autocompensante
Caudal del gotero: 1lph
Presión de trabajo: 10psi
Espaciamiento entre emisores: 0.3 m
Espaciamiento entre laterales 2.5 m
Marco de plantación: 2.5mx 0.3 m
Caudal disponible: 79.33 GPM
Nivel dinámico de Bombeo: 17m

Para el diseño **agronómico** primeramente se calcula la norma neta del suelo, norma bruta del suelo y el **déficit de cultivo**, mediante la siguiente formula.

➤ **Norma neta del suelo**

$$N_n = 100 \cdot D_a \cdot H_r \cdot (\%cc - \%pmp)^{2/3}$$

$$N_n = 100 \cdot 0.83 \text{ gr/cm}^3 \cdot 0.60 (28.12 - 15.19)^{2/3}$$

$$N_n = 429.37 \text{ mm}$$

➤ **Norma bruta del suelo**

$$N_b = N_n / e_f$$

$$N_b = 429.37 / 0.90$$

$$N_b = 477.078 \text{ mm}$$

Calculo del déficit o Norma neta del cultivo.

$$k_c \cdot E_{to} = DEF$$

Para este proyecto se tomó un periodo de estudio de datos meteorológicos de 15 años que van desde 2005-2019, obteniendo de dichos datos la E_{T_o} o evaporación de referencia, siendo esta 5.52mm/día. (INITER, 2019)

El K_c , coeficiente de cultivo se obtuvo del TOMO 56 RIEGO Y DRENAJE DE LA FAO, el cual se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla 5. Coeficiente de cultivo de plátano

Etapas del cultivo	Inicio	Desarrollo	Medio	Final
Días 1er año	120	90	120	60
2do año	120	60	180	5
Kc 1er	0.5	1.1	1.05	1
Kc2do	1.1	1.2	1.1	1
Eto mm/día	5.52	5.52	5.52	5.52

(Allen, 2006) (INITER, 2019).

Dónde:

Kc = es el coeficiente de cultivo

Eto = es la evapotranspiración del cultivo de referencia.

$$1.2 * 5.52 = 6.624\text{mm/día}$$

Para realizar el cálculo de déficit de cultivo, se tomó el dato de Kc, mayor el cual se presenta en la etapa de desarrollo del segundo año.

Marco de plantación

Distancia entre laterales o distancia de surcos 2.5m

Distancia entre emisores 30cm o 0,3m

Déficit del cultivo

$$k_c + E_{to} = DEF$$

$$DEF = 6.624\text{mm/día}$$

Área = 30810m².

➤ **Necesidades totales del cultivo**

$$Nt = \frac{Nnc}{(1 - k) * cu}$$

$$K=1-ef=1-0.90=0.1$$

$$Nt = \frac{6.624\text{mm/día}}{(1 - 0.1) * 0.90}$$

$$Nt=8.17\text{mm/día}$$

➤ **Calculo de la cantidad de agua requerida**

La cantidad de agua requerida se calcula mediante la siguiente formula.

$$Q = \frac{A_{ha} * Def(mm) * 10}{jornada\ de\ trabajo\ en\ horas}$$

Dónde:

Q = es la cantidad de agua requerida (m³/hr)

Aha =es el área a diseñar.

Def =es el déficit del cultivo.

La jornada de trabajo será de 19.5 horas ya que se debe respetar el horario de consumo pico restringido de electricidad (5.30-10.00pm).

En caso de que se esté usando generador de combustión la jornada de trabajo pasa a ser de 23 horas.

Para el cálculo de caudal se tomó las necesidades totales del cultivo o lamina bruta ya que es lo que realmente se aplica en el campo.

$$Q = \frac{3.081_{ha} * 8.17mm * 10}{14hr}$$

$$Q = 13.66m^3/h$$

El resultado anterior pasa a ser el caudal de diseño el cual se multiplica por el factor 4.4 constante que se utiliza para pasar de metros cúbicos por hora a galones por minuto.

$$Q = \frac{13.66m^3}{h} * 4.4$$

$$Q = 60.13GPM$$

Caudal disponible en la fuente 79.33GPM

➤ **Tipo de emisor**

Espaciamiento del emisor (EE)

Caudal del emisor (QE)

Criterio de velocidad para el agua de riego 1.5m/seg

➤ **Selección de emisor**

Cinta de goteo MAGO

Diámetro de la manguera=13.2mm

Qe= 1lh

Ee=0.3m

EI= 2.5m

Criterio de velocidad para el agua de riego 1.5m/seg.

➤ **Intensidad de aplicación**

$$I_a = \frac{\text{caudal del emisor (lt/hr)}}{\text{marco de plantacion } (E_l * E_E)}$$

EI= Espaciamiento entre surcos 2.5m

Ee= Espaciamiento entre emisor 0.3m

$$I_a = \frac{1(\text{lt/hr})}{2.5\text{m} * 0.3\text{m}}$$

$$I_a = 1.33\text{mm/hr}$$

➤ **Calculo del tiempo de riego**

$$Tr = \frac{N\text{tmm}/\text{dia}}{I\text{amm}/\text{hor}}$$

$$Tr = \frac{8.17\text{mm}/\text{dia}}{1.33\text{mm}/\text{hor}}$$

Tr=6.14hr/dia

➤ **Caudal por ha**

$$Q_{ha} = I_a * 10$$

$$Q_{ha} = 1.33mm * 10$$

$$Q_{ha} = 13.3m^3/hr$$

Para pasar el caudal de metros cúbicos por hectárea a gpm se multiplica por la constante 4.4.

$$Q_{ha} = \frac{13.3m^3}{hr} * 4.4 = 58.652gpm$$

$$Q_{total} = 3.081ha * 13.3 = 40.97m^3/h$$

➤ **Turnos de riego**

Para calcular los turnos de riego es necesario dividir el caudal total entre el caudal requerido por ha.

$$T = \frac{Q_{total}}{Q_{diseño}} = \frac{40.97m^3}{13.66} = 2.99 = 3$$

En este proyecto la jornada de trabajo es de 18.42 horas ya que solo se regara 3 turnos y estos tienen una duración de 6.14 horas.

➤ **Área del turno**

Para calcular el área que se tendrá por cada turno se divide el área total a diseñar entre el número de turnos que se van a tener.

$$A_{Turno} = \frac{3.081ha}{3} = 1.027ha$$

➤ **Caudal por turno**

Para obtener el caudal por turno solo se multiplico el caudal por hectárea por la cantidad de hectárea que tiene cada turno.

$$Q_{Turno} = 1.027 * 13.33m^3 = 13.659m^3$$

Tabla 6. Resumen del Diseño Agronómico

DISEÑO AGRONOMICO	
DESCRIPCION	VALOR NUMERICO
AREA(HA)	3.081
Qe(lph)	1
Ee(m)	0.3
Es(m)	2.5
Eto(mm/día)	5.52
Coeficiente de cultivo(Kc)	1.2
DEF(mm/día)	6.62
Nt(mm/día)	8.17
la(mm/m)	1.33
Qfuente(m³)	18.03
Qrequerido(m³)	13.66
Qha(m³)	13.33
Qtotal(m³)	40.97
Qturnos(m³)	13.66
Tiempo de riego (horas)	6.14
Turnos de riego	3
válvulas seleccionada	2"

Fuente: propia.

En la tabla anterior se muestra el resumen de los resultados de necesidades hídricas del cultivo y datos técnicos, que se utilizaron para realizar el cálculo de diseño agronómico

Aparte de lo ya expuesto también se tomó como base para este diseño datos obtenidos del programa **AQUACROP de la FAO**, con el que es posible obtener gráficos de diversas variables como: precipitación, evapotranspiración del cultivo e irrigación, que representan el comportamiento de las mismas. Y que permiten ver el punto en la etapa de desarrollo, en el que el cultivo necesita más agua, para

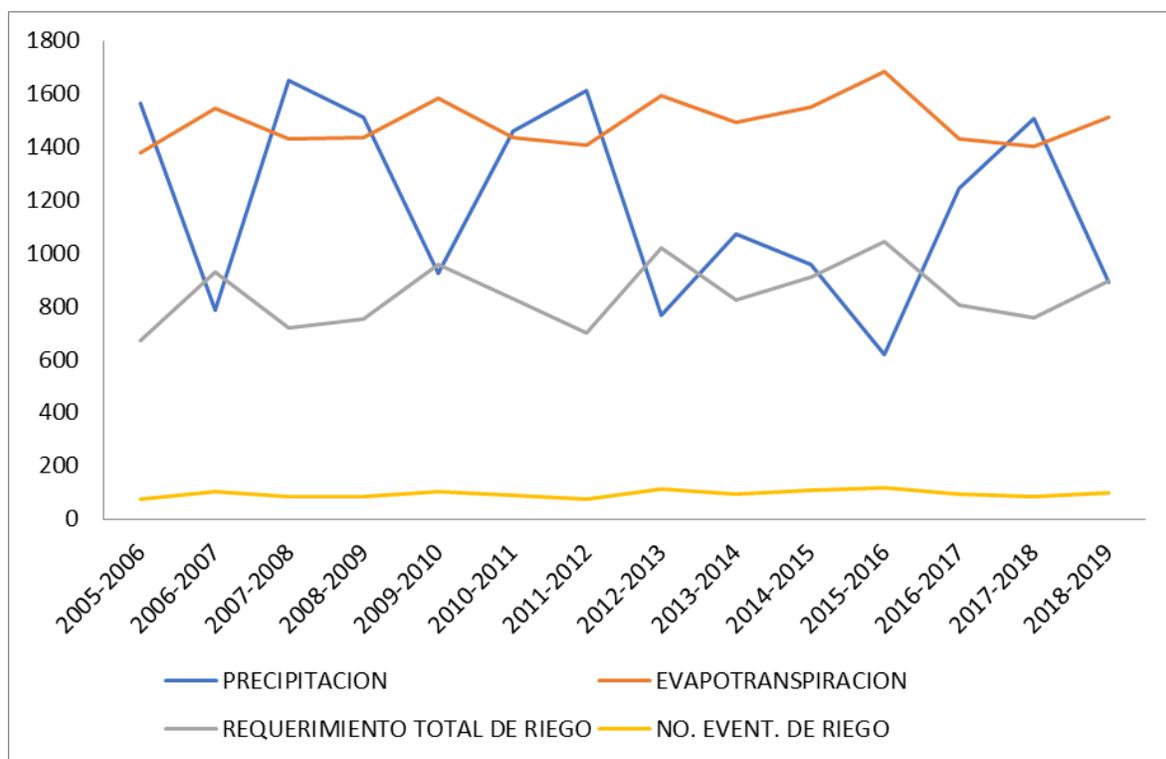
esto se utilizó datos meteorológicos de la zona de estudio, características del cultivo y la evaporación de cultivo de referencia a continuación lo resultados.

7.4. Resultados obtenidos del software AQUACROP

Para realizar la simulación de variables hídricas en el cultivo de plátano se utilizaron datos meteorológicos proporcionados por el Instituto de estudios territoriales (INITER), tales como: precipitación (mm), temperatura mensual en °C, humedad relativa (%), datos de brillo solar (h/dec), y velocidad del viento en (m/seg), (ver Anexo 4, tablas 7,8,9,10,11, pág. xix, xx, xxi, xxii, xxiii para los que se tomó un periodo de estudio desde 2005- 2019, a continuación los resultados.

Figura 16

Comportamiento de variables hídricas en el cultivo de plátano ciclo 2005-2019



Fuente: propia.

En la figura anterior, en el que se puede observar el comportamiento de las precipitaciones a lo largo de este periodo, las cuales son muy irregulares variando entre 600 y 1600mm anuales, lo que es insuficiente para el desarrollo óptimo del cultivo de plátano que necesita, precipitaciones entre 1800mm y 3600mm de lluvia al año, para su óptimo desarrollo.

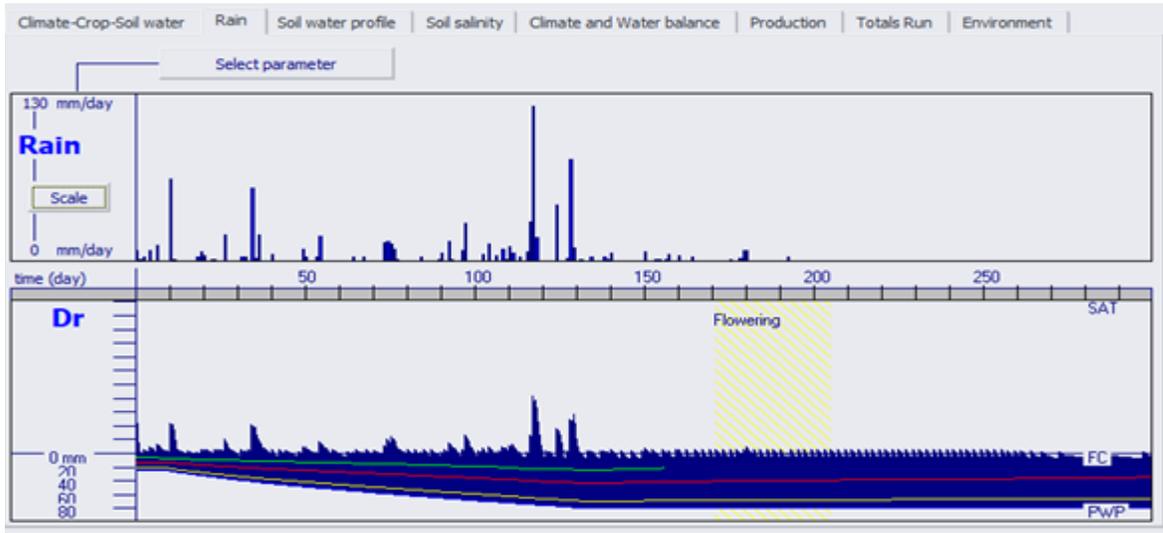
Por otra parte también, se observa, la curva color naranja que representa el comportamiento de la evapotranspiración del cultivo en la que se pueden ver ciertas variaciones, pero que es ligeramente uniforme presentando su mayor variación entre 2014 y 2016.

Los comportamientos de requerimientos hídricos del cultivo de plátano obtenidos de la simulación en AQUACROP, están sujetos a la variación de evapotranspiración del cultivo como se aprecia en la figura, estos serán mayores en los años de mayor sequía, los que para este estudio se presentaron en año 2015.

Analizando el ciclo 2018-2019 se observa, gran variación en las precipitaciones durante la primera etapa del cultivo, de acuerdo a la simulación de **AQUACROP**, para este ciclo, (ver figura 17), que cabe mencionar tiene similitud con los años anteriores tomados para este estudio, en este se observa que las precipitaciones disminuyen a medida que se acerca el periodo de floración de la planta, etapa en la cual necesita más agua, lo que hace necesario el uso de irrigación para suplir dichas necesidades.

Figura 17

Precipitación ciclo: 2018-2019

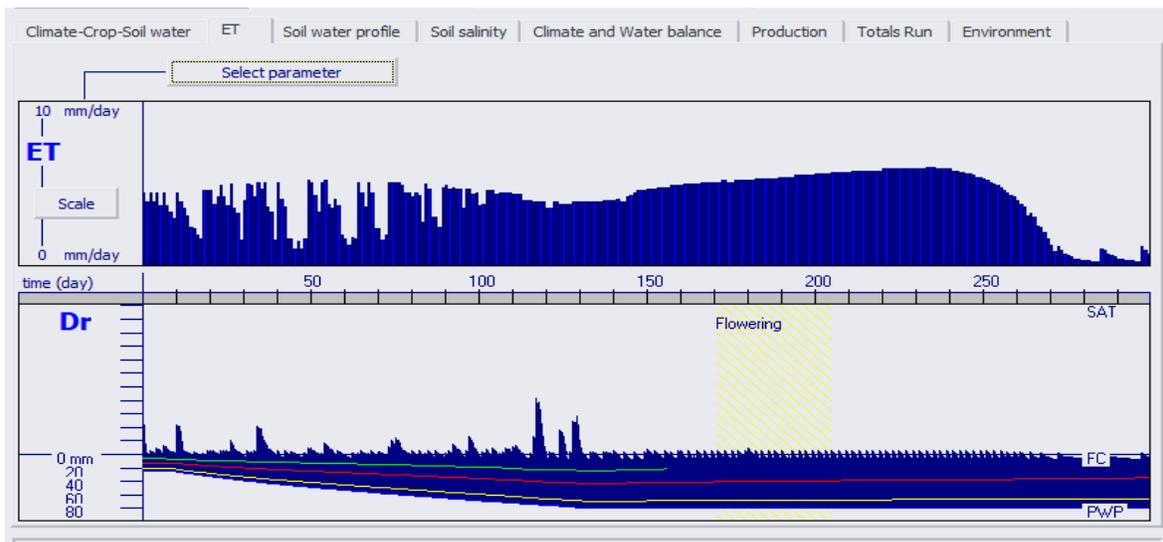


Fuente: (FAO, AQUACROP).

Continuando con el análisis este es el punto en que la planta se acerca a su madures fisiológica casi alcanzando su totalidad de área foliar por lo tanto sus pérdidas por evapotranspiración comienzan a ser mayores. (Ver figura 18), si bien en las primeras etapas de desarrollo del cultivo se observa picos altos de evapotranspiración estos no son constantes como en este punto.

Figura 18

Evapotranspiración del cultivo ciclo: 2018-2019



Fuente: (FAO, AQUACROP).

Al disminuir las precipitaciones y aumentar la demanda de agua por el cultivo se hace necesario suplir estas necesidades a través de irrigación, las que según **AQUACROP** deberían suplirse, en 100 eventos de riego bien distribuidas a lo largo del ciclo del cultivo para su óptimo desarrollo iniciando con la primera aplicación de riego el día 3 después de siembra, en la figura siguiente se muestra el comportamiento que tendría la lámina a aplicar durante el ciclo 2018-2019, en estos 100 eventos según **AQUACROP** se aplicaría una lámina total de 895mm de agua de riego, lo que contrasta un poco con la lámina calculada, en este diseño que sería de 986.38mm, lo que es comprensible ya que para este diseño se tomó como base la lámina máxima demandada por el cultivo, comenzando con el primer riego el día 05/11/2018y continuando consecutivamente con riegos diarios de 6.62mm hasta la fecha 03/4/2019.

7.5. Determinación del diseño geométrico e hidráulico del proyecto

7.5.1. Diseño geométrico

Una vez realizado el diseño agronómico del proyecto, se definió la cantidad de turnos de riego que tendría el proyecto de riego, así como el área de cada uno. Posteriormente, se procedió a realizar el diseño geométrico, el cual consiste en un esquema grafico en el que se representan todos los componentes que serán parte del proyecto de riego (Equipo de bombeo, tubería de conducción, tubería maestra, válvulas de control, laterales de riego, etc.), mismo que se realizó utilizando el software de modelación en computadora AutoCAD 2020.

En la figura a continuación se muestra el diseño geométrico del sistema de riego donde: los puntos negros son las válvulas de control o hidráulica, los puntos rojos son tapones de lavado de la tubería maestra, las líneas verdes seccionadas son la dirección de los surcos, las líneas rojas son la tubería maestra de 2", la línea amarilla representa la tubería de 2.5", la línea verde continua representa la tubería de 3".

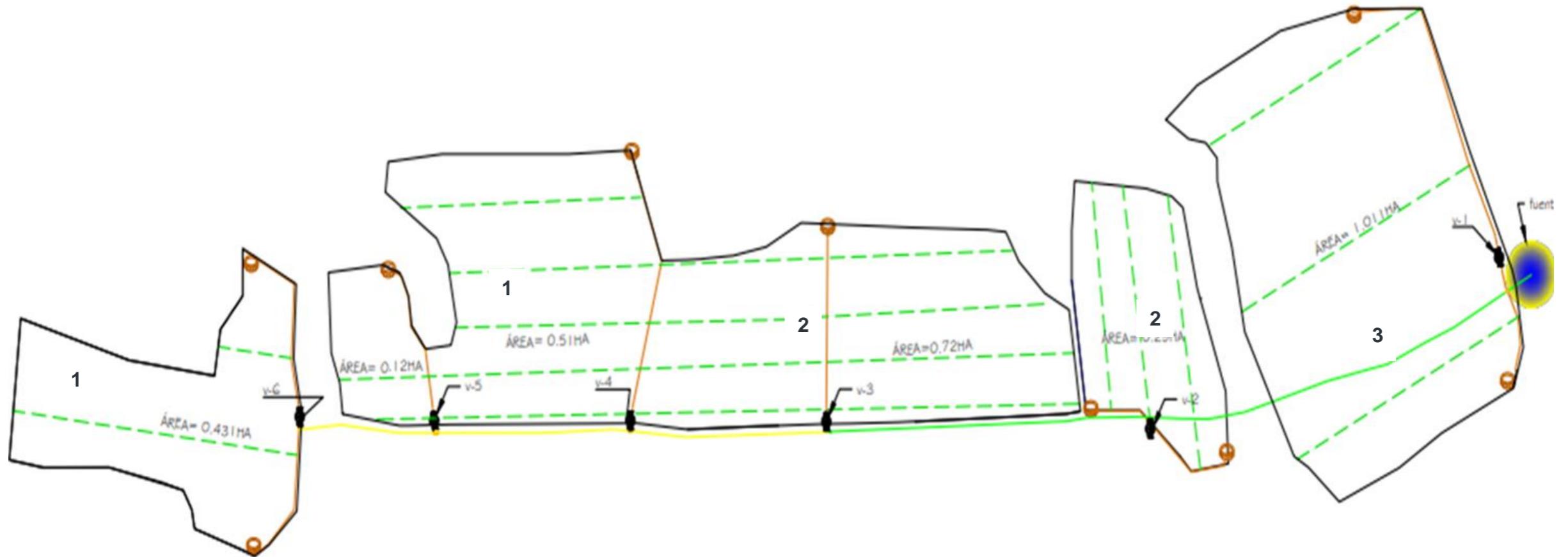
La sección número 1 o turno 1, se regara por las válvulas: 6, 5 y 4.

La sección número 2 o turno 2, se regara por las válvulas: 3 y 2.

Y finalmente la sección numero 3 o turno 3, se regara por la válvula numero 1

Figura 20

Esquema geométrico del diseño



Fuente: propia.

7.5.2. Diseño hidráulico

En base a los resultados del diseño agronómico y geométrico del sistema, se realizó el diseño hidráulico, con el cual se dimensionó las redes de tubería que conformaran el sistema así como la correcta distribución del agua en cada una de las áreas a regar, a continuación se muestra el proceso de cálculo utilizado, al final de los cálculos se muestra un resumen de los mismos para una mejor comprensión del lector.

DISEÑO UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO.

A. DISEÑO DE LA TUBERIA LATERAL

Datos de entrada

$$\varnothing = 13.2 \text{ mm (diámetro interno)}$$

$$L = 100.58\text{m}$$

$$Ee = 0.30 \text{ m}$$

$$l_0 = Ee$$

$$Fe = 0.11 \text{ (ver anexo 3: imagen 6, pág. xviii)}$$

$$Fe = 0.02 \text{ (ver anexo 3: imagen 6, pág. xviii)}$$

$$F = 0.368 \text{ (Coeficiente de Christiansen)}$$

$$S = 0.5\text{m}$$

$$h_0 = 10 \text{ psi} = 7.03 \text{ mca}$$

$$q_0 = 1.00 \text{ lph}$$

$$n = 336 \text{ emisores}$$

➤ **Cálculo del caudal de la tubería lateral**

$$ql = qo \times n$$

$$ql = 1.0lph \times 336 = 336lph$$

$$ql = \frac{336 l}{h} \frac{1 gal}{3.785l} \times \frac{1h}{60min} = 1.479gpm$$

$$ql = \frac{336l}{h} \times \frac{1h}{3600seg} = 0.093 lps$$

➤ **Cálculo de la pérdida unitaria (m/100m)**

$$J = 7.89 \times 10^7 \left(\frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \right)$$

$$J = 7.89 \times 10^7 \times \frac{(0.093lps)^{1.75}}{(13.2mm)^{4.75}} = 1.108m/100m$$

$$J = 1.108 m/100m$$

➤ **Cálculo de la pérdida unitaria corregida por las pérdidas de conexión de los emisores en (m/100m)**

$$➤ J'_i = J \times \frac{Ee+fe}{Ee}$$

$$➤ J'_i = 1.108m \times \frac{0.30m+0.11}{0.30m} = 1.51m$$

$$J' = 1.51 m/100m$$

➤ **Cálculo de la pérdida de carga (hf) en una tubería lateral o manifold**

Longitud de la tubería lateral = 70 m (Separación de emisores x número de emisores)

$$hfl = J' \times F \times (L/100m)$$

$$hfl = 1.514m \times 0.389 \times \left(\frac{100.58m}{100m} \right) = 0.5926m$$

$$h_f = 0.5926 m$$

➤ **Cálculo de la presión a la entrada del lateral (H lat) en metros**

$$hl = ho + 3/4 \times hfl \pm 1/2 \times \Delta El$$

$$h_l = 7.03m + 3/4 \times 0.5926m = 7.47m$$

$$h_{lat} = 7.47m$$

➤ **Presión mínima en el lateral**

$$h_n = h_l - (h_{fl} + \Delta E_l)$$

$$h_n = 7.47m - [0.5926m + 0] = 6.8774m$$

$$h_n = 6.8774m$$

➤ **Pérdida de carga permisible en la tubería lateral**

$$\Delta h = h_l - h_n$$

$$\Delta h = 7.47m - 6.8774m = 0.593m$$

$$h = 0.593m$$

B. DISEÑO DE LA TUBERIA MAESTRA

➤ **Cálculo del número de válvulas por turno de riego**

En una válvula de 2" se puede manejar un total de 25m³/hora, ese debería de ser el caudal de cada una de las válvulas en este proyecto, sin embargo el número de válvulas a utilizar estará de acuerdo a las condiciones del terreno.

El Caudal de las válvulas será variado en cada parcela así que de igual manera el número de válvulas del turno será diferente en cada uno de los turnos.

El número de turnos en este caso serán tres en los que se tendrán 3 válvulas en el primero y 2 en el segundo y una en el tercero.

Válvula # 1:

$$A_1 = 1.011 \text{ Ha}$$

$$\text{Long Maestra} = 126 \text{ m}$$

$$E_l = 2.5m$$

$$D = 2" \text{ (Diámetro interno} = 57.4mm)$$

➤ **Cálculo del número de laterales**

$$\#lat = \frac{\text{long maestra}}{E_l}$$

$$\#lat = \frac{126 \text{ m}}{2.5m}$$

#lat = 50 laterales

➤ **Cálculo del caudal de la tubería Maestra**

$$q_{maestra} = \# \text{ laterales} \times q_{lat}$$

$$q_{maestra} = 50 \times 0.093 \text{ lps}$$

$$q_{maestra} = 4.65 \text{ lps} \cong 16.74 \text{ m}^3/\text{hr}$$

➤ **Cálculo de la pérdida unitaria (m/100m)**

Se asume un diámetro de tubería PVC SDR 41 de 2, diámetro interno = 57.4mm

$$J = 7.89 \times 10^7 \left(\frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \right)$$

$$J = 7.89 \times 10^7 \left(\frac{(4.65 \text{ lps})^{1.75}}{(57.4 \text{ mm})^{4.75}} \right)$$

$$J = 2.62 \text{ m}/100\text{m}$$

➤ **Cálculo de la pérdida unitaria corregida por las pérdidas de conexión de los laterales en (m/100m)**

$$J' = J[(Ee + Fe)/Ee]$$

$$J' = 2.62 \text{ m} \times \frac{0.30 \text{ m} + 0.02}{0.30 \text{ m}}$$

$$J' = 2.79 \text{ m}/100\text{m}$$

➤ **Cálculo de la pérdida de carga (hf) en la tubería maestra**

$$h_f = J' \times F \times (L/100)$$

$$h_f = 2.79 \text{ m} \times 0.389 \times (126 \text{ m}/100)$$

$$h_f = 1.37 \text{ m}$$

➤ **Cálculo de la presión a la entrada de la Maestra (H maestra) en metros**

$$h_{maestra} = h_{lat} + \frac{3}{4}(h_f) \pm 0.5(Es/100)$$

$$h_{maestra} = 7.03 \text{ m} + \frac{3}{4}(1.37 \text{ m}) + 0$$

$$h_{maestra} = 8.057 \text{ m}$$

Válvula # 2:

$$A2 = 0.29\text{Ha}$$

$$\text{Long Maestra} = 57 \text{ m}$$

$$El = 2.5 \text{ m}$$

$$D = 2'' \text{ (Diámetro interno} = 57.4 \text{ mm)}$$

➤ **Cálculo del número de laterales**

$$\#lat = \frac{\text{long maestra}}{El}$$

$$\#lat = \frac{57 \text{ m}}{2.5 \text{ m}}$$

$$\#lat = \mathbf{22laterales}$$

➤ **Cálculo del caudal de la tubería Maestra**

$$q_{maestra} = \# laterales \times q_{lat}$$

$$q_{maestra} = 22 \times 0.093 \text{ lps}$$

$$q_{maestra} = \mathbf{2.046lps} \cong \mathbf{7.365 \text{ m}^3/\text{hr}}$$

➤ **Cálculo de la pérdida unitaria (m/100m)**

Se asume un diámetro de tubería PVC SDR 41 de 2", diámetro interno = 57.4 mm

$$J = 7.89 \times 10^7 \left(\frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \right)$$

$$J = 7.89 \times 10^7 \left(\frac{(2.046lps)^{1.75}}{(57.4mm)^{4.75}} \right)$$

$$J = \mathbf{1.219 \text{ m}/100\text{m}}$$

➤ **Cálculo de la pérdida unitaria corregida por las pérdidas de conexión de los laterales en (m/100m)**

$$J' = J[(Ee + Fe)/Ee]$$

$$J' = 1.219 \text{ m}[(0.3 \text{ m} + 0.02)/0.3\text{m}]$$

$$J' = \mathbf{2.285 \text{ m}/100\text{m}}$$

➤ **Cálculo de la pérdida de carga (h_f) en la tubería maestra**

$$h_f = J \times F \times (L/100)$$

$$h_f = 2.285m \times 0.389 \times (57 \text{ m}/100)$$

$$h_f = 0.5068 \text{ m}$$

➤ **Cálculo de la presión a la entrada de la tubería Maestra (H maestra) en metros**

$$h_{maestra} = h_{lat} + \frac{3}{4}(h_f) \pm 0.5(Sl/100)$$

$$h_{maestra} = 7.03m + \frac{3}{4}(0.5068 \text{ m}) + 0.5(2/100)$$

$$h_{maestra} = 7.420 \text{ m}$$

Válvula # 3:

$$A3 = 0.72 \text{ Ha}$$

$$\text{Long Maestra} = 53\text{m}$$

$$El = 2.5\text{m}$$

$$D = 2'' \text{ (Diámetro interno} = 57.4 \text{ mm)}$$

➤ **Cálculo del número de laterales**

NOTA: Laterales moviéndose a ambos lados de la tubería maestra.

$$\#lat = \frac{2 \times \text{long maestra}}{El}$$

$$\#lat = \frac{2 \times 53 \text{ m}}{2.5 \text{ m}}$$

$$\#lat = 42 \text{ laterales}$$

➤ **Cálculo del caudal de la tubería Maestra**

$$q_{maestra} = \# \text{ laterales} \times q_{lat}$$

$$q_{maestra} = 42 \times 0.093 \text{ lps}$$

$$q_{maestra} = 3.906\text{lps} \cong 14.062 \text{ m}^3/\text{hr}$$

➤ **Cálculo de la pérdida unitaria (m/100m)**

Se asume un diámetro de tubería PVC SDR 41 de 2", diámetro interno =57.4mm

$$J = 7.89 \times 10^7 \left(\frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \right)$$

$$J = 7.89 \times 10^7 \left(\frac{(3.906 \text{ lps})^{1.75}}{(57.4 \text{ mm})^{4.75}} \right)$$

$$J = 3.78 \text{ m}/100\text{m}$$

- **Cálculo de la pérdida unitaria corregida por las pérdidas de conexión de los laterales en (m/100m)**

$$J' = J[(Ee + Fe)/Es]$$

$$J' = 3.78 \text{ m}[(0.3\text{m} + 0.02)/0.3\text{m}]$$

$$J' = 4.032 \text{ m}/100\text{m}$$

- **Cálculo de la pérdida de carga (h_f) en la tubería maestra**

$$h_f = J' \times F \times (L/100)$$

$$h_f = 4.032 \text{ m} \times 0.389 \times (53 \text{ m}/100)$$

$$h_f = 0.831 \text{ m}$$

- **Cálculo de la presión a la entrada de la tubería Maestra (H maestra) en metros**

$$h_{maestra} = h_{lat} + \frac{3}{4}(h_f) \pm 0.5(Sl/100)$$

$$h_{maestra} = 7.03 \text{ m} + \frac{3}{4}(0.389 \text{ m}) + 0.5(3/100)$$

$$h_{maestra} = 7.803 \text{ m}$$

Válvula # 4:

$$A4 = 0.51 \text{ Ha}$$

$$\text{Long Maestra} = 77 \text{ m}$$

$$El = 2.5 \text{ m}$$

$$D = 2'' \text{ (Diámetro interno} = 57.4 \text{ mm)}$$

- **Cálculo del número de laterales**

$$\#lat = \frac{\text{long maestra}}{El}$$

$$\#lat = \frac{77 \text{ m}}{2.5 \text{ m}}$$

$$\#lat = 31 \text{ laterales}$$

➤ **Cálculo del caudal de la tubería Maestra**

$$q_{maestra} = \# \text{ laterales} \times q_{lat}$$

$$q_{maestra} = 31 \times 0.093 \text{ lps}$$

$$q_{maestra} = 2.883 \text{ lps} \cong 10.378 \text{ m}^3/\text{hr}$$

➤ **Cálculo de la pérdida unitaria (m/100m)**

Se asume un diámetro de tubería PVC SDR 41 de 2", diámetro interno = 57.4mm

$$J = 7.89 \times 10^7 \left(\frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \right)$$

$$J = 7.89 \times 10^7 \left(\frac{(2.883 \text{ lps})^{1.75}}{(57.4 \text{ mm})^{4.75}} \right)$$

$$J = 2.818 \text{ m}/100\text{m}$$

➤ **Cálculo de la pérdida unitaria corregida por las pérdidas de conexión de los laterales en (m/100m)**

$$J' = J[(Ee + Fe)/Ee]$$

$$J' = 2.818 \text{ m}[(0.3 \text{ m} + 0.02)/0.3 \text{ m}]$$

$$J' = 3.005 \text{ m}/100\text{m}$$

➤ **Cálculo de la pérdida de carga (hf) en la tubería maestra**

$$h_f = J' \times F \times (L/100)$$

$$h_f = 3.005 \text{ m} \times 0.389 \times (0.900 \text{ m}/100)$$

$$h_f = 0.900 \text{ m}$$

➤ **Cálculo de la presión a la entrada de la tubería Maestra (H maestra) en metros**

$$h_{maestra} = h_{lat} + \frac{3}{4}(h_f) \pm 0.5(Sl/100)$$

$$h_{maestra} = 7.03 \text{ m} + \frac{3}{4} (0.900 \text{ m}) + 0.5(3/100)$$

$$h_{maestra} = 7.72 \text{ m}$$

Válvula # 5:

$$A5 = 0.12 \text{ Ha}$$

$$\text{Long Maestra} = 48 \text{ m}$$

$$El = 2.5 \text{ m}$$

$$D = 2'' \text{ (Diámetro interno} = 57.4 \text{ mm)}$$

➤ **Cálculo del número de laterales**

$$\#lat = \frac{\text{long maestra}}{El}$$

$$\#lat = \frac{48 \text{ m}}{2.5 \text{ m}}$$

$$\#lat = 19 \text{ laterales}$$

➤ **Cálculo del caudal de la tubería Maestra**

$$q_{maestra} = \text{Número de laterales} \times q_{lat}$$

$$q_{maestra} = 19 \times 0.093 \text{ lps}$$

$$q_{maestra} = 1.767 \text{ lps} \cong 6.3612 \text{ m}^3/\text{hr}$$

➤ **Cálculo de la pérdida unitaria (m/100m)**

Se asume un diámetro de tubería PVC SDR 41 de 2", diámetro interno = 57.4 mm

$$J = 7.89 \times 10^7 \left(\frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \right)$$

$$J = 7.89 \times 10^7 \left(\frac{(1.767 \text{ lps})^{1.75}}{(57.4 \text{ mm})^{4.75}} \right)$$

$$J = 0.943 \text{ m}/100 \text{ m}$$

➤ **Cálculo de la pérdida unitaria corregida por las pérdidas de conexión de los laterales en (m/100m)**

$$J' = J[(Ee + Fe)/Ee]$$

$$J' = 0.943 \text{ m}[(0.3 \text{ m} + 0.02)/0.3 \text{ m}]$$

$$J' = 1.005 \text{ m}/100\text{m}$$

- **Cálculo de la pérdida de carga (h_f) en la tubería maestra**

$$h_f = J' \times F \times (L/100)$$

$$h_f = 1.005 \text{ m} \times 0.389 \times (48 \text{ m}/100)$$

$$h_f = 0.1878\text{m}$$

- **Cálculo de la presión a la entrada de la tubería Maestra (H maestra) en metros**

$$h_{maestra} = h_{lat} + \frac{3}{4}(h_f) \pm 0.5(Sl/100)$$

$$h_{maestra} = 7.03 \text{ m} + \frac{3}{4}(0.1878\text{m}) + 0.5(1/100)$$

$$h_{maestra} = 7.176 \text{ m}$$

Válvula # 6:

A6 = 0-43 Ha

El = 2.5m

L=98m

D = 2" (Diámetro interno = 57.4 mm)

- **Cálculo del número de laterales**

$$\#lat = \frac{\text{long manifold}}{El}$$

$$\#lat = \frac{98 \text{ m}}{2.5 \text{ m}}$$

$$\#lat = 39 \text{ laterales}$$

- **Cálculo del caudal de la tubería Maestra**

$$q_{maestra} = \# \text{ laterales} \times q_{lat}$$

$$q_{maestra} = 39 \times 0.093 \text{ lps}$$

$$q_{maestra} = 3.627 \text{ lps} \cong 13.0572 \text{ m}^3/\text{hr}$$

- **Cálculo de la pérdida unitaria (m/100m)**

Se asume un diámetro de tubería PVC SDR 41 de 2", diámetro interno = 57.4 mm

$$J = 7.89 \times 10^7 \left(\frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \right)$$

$$J = 7.89 \times 10^7 \left(\frac{(3.627 \text{ lps})^{1.75}}{(57.4 \text{ mm})^{4.75}} \right)$$

$$J = 3.322 \text{ m}/100\text{m}$$

- **Cálculo de la pérdida unitaria corregida por las pérdidas de conexión de los laterales en (m/100m)**

$$J' = J[(Ee + Fe)/Ee]$$

$$J' = 3.322 \text{ m}[(0.3 \text{ m} + 0.02)/0.3\text{m}]$$

$$J' = 3.54 \text{ m}/100\text{m}$$

- **Cálculo de la pérdida de carga (hf) en la tubería maestra**

$$h_f = J' \times F \times (L/100)$$

$$h_f = 3.543 \text{ m} \times 0.389 \times (98 \text{ m}/100)$$

$$h_f = 1.351 \text{ m}$$

- **Cálculo de la presión a la entrada de la tubería Maestra (H maestra) en metros**

$$h_{maestra} = h_{lat} + \frac{3}{4}(h_f) \pm 0.5(Sl/100)$$

$$h_{maestra} = 7.03 \text{ m} + \frac{3}{4}(1.351\text{m})$$

$$h_{maestra} = 8.043 \text{ m}$$

C. DISEÑO TUBERIA CONDUCTORA

TURNO # 1:

Válvulas: 4, 5,6

Tramo # 1: válvula X--6

Qcond = 3.627 lps

Long Cond = 45.11 m

Diámetro cond = 2.5", diámetro interno = 69.5mm

- **Cálculo de la pérdida unitaria (m/100m)**

$$J = 7.89 \times 10^7 \left(\frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \right)$$

$$J = 7.89 \times 10^7 \left(\frac{(3.627 \text{ lps})^{1.75}}{(69.5 \text{ mm})^{4.75}} \right)$$

$$J = 1.229 \text{ m}/100\text{m}$$

➤ **Pérdida de carga en la tubería conductora**

$$h_f = J \times L/100$$

$$h_f = 1.339 \text{ m} \times (45.11 \text{ m}/100)$$

$$h_f = 0.60 \text{ m}$$

Pérdidas locales en la válvula hidráulica de 2" según gráfico del fabricante, (ver anexo 2: imagen 5, pág. xvii)

$$h_{f \text{ locales}} = 0.027 \text{ m}$$

Por lo tanto la pérdida de carga es igual a:

$$h_{f \text{ total}} = 0.60 \text{ m} + 0.027 \text{ m}$$

Por lo tanto la pérdida de carga es igual a:

$$h_{f \text{ total}} = 0.627 \text{ m}$$

Tramo # 2: 5- 4

$$Q_{\text{cond}} = 5.394 \text{ lps}$$

$$\text{Long Cond} = 71.33 \text{ m}$$

$$\text{Diámetro cond} = 2.5", \text{ diámetro interno} = 69.5 \text{ mm}$$

➤ **Cálculo de la pérdida unitaria (m/100m)**

$$J = 7.89 \times 10^7 \left(\frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \right)$$

$$J = 7.89 \times 10^7 \left(\frac{(5.394 \text{ lps})^{1.75}}{(69.5 \text{ mm})^{4.75}} \right)$$

$$J = 2.682 \text{ m}/100\text{m}$$

➤ **Pérdida de carga en la tubería conductora**

$$h_f = J \times L/100$$

$$h_f = 2.682 \text{ m} \times (71.33 \text{ m}/100)$$

$$h_f = \mathbf{1.913 \text{ m}}$$

Pérdidas locales en la válvula hidráulica de 2" según gráfico del fabricante. (Ver Anexo 3: imagen 5, pág. xvii)

$$h_{f\text{locales}} = \mathbf{0.00643 \text{ m}}$$

Por lo tanto la pérdida de carga es igual a:

$$h_{f\text{total}} = \mathbf{1,9194 \text{ m}}$$

Tramo # 3: válvula 4 – bomba

$$Q_{\text{cond}} = 8.277 \text{ lps}$$

$$\text{Long Cond} = 316.14\text{m}$$

$$\text{Diámetro cond} = 3", \text{ diámetro interno} = 84.6\text{mm}$$

➤ **Cálculo de la pérdida unitaria (m/100m)**

$$J = 7.89 \times 10^7 \left(\frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \right)$$

$$J = 7.89 \times 10^7 \left(\frac{(8.277 \text{ lps})^{1.75}}{(84.4\text{mm})^{4.75}} \right)$$

$$J = \mathbf{2.230 \text{ m}/100\text{m}}$$

➤ **Pérdida de carga en la tubería conductora**

$$h_f = J \times L/100$$

$$h_f = 2.230 \text{ m} \times (316.14 \text{ m}/100)$$

$$h_f = \mathbf{7.049 \text{ m}}$$

$$h_{f\text{locales}} = \mathbf{0.0171 \text{ m}}$$

Por lo tanto la pérdida de carga es igual a:

$$h_{f\text{total}} = 7.049 \text{ m} + 0.0171 \text{ m}$$

$$h_{f\text{total}} = \mathbf{7.0661 \text{ m}}$$

➤ **Sumatoria de las pérdidas de carga**

$$\sum hf = hf_{conductora} + hf_{lateral} + h_o + hf_{acc} + hf_{locales} \pm \Delta Z$$

Pérdidas en la tubería conductora

$$\sum hf_{conductora} = 0.60 m + 1.913 m + 7.049 m$$

$$\sum hf_{conductora} = 9.562 m$$

Pérdidas en los accesorios

$$hf_{acc} = 0.1(hf_{lat} + hf_{maestra\ valv\ 4,5,6})$$

$$hf_{acc} = 0.1(0.593 m + 0.900 m + 0.1878 m + 1.351 m)$$

$$hf_{acc} = 0.2844 m$$

Pérdidas locales en las válvulas hidráulicas (válvulas 1, 3, 5)

Nota: Cada una de las válvulas maneja diferentes caudales, por lo que las perdidas según gráfico del fabricante son diferentes.

$$\sum hf_{local} = hf_{valv\ 4} + hf_{valv\ 5} + hf_{valv\ 6}$$

$$\sum hf_{local} = 0.027 m + 0.00643 m + 0.0171 m$$

$$\sum hf_{local} = \mathbf{0.05043 m}$$

$$\sum hf = 7.0661 m + 0.2844 m + 0.05043 m$$

$$\sum hf = \mathbf{7.401 m}$$
 Son las pérdidas de carga para el TURNO # 1

Turno #2 válvulas

Válvula: 2,3

Tramo # 1: 3 – 2

$$Q_{cond} = 3.906 \text{ lps}$$

$$Long\ Cond = 133.88 m$$

$$Díámetro\ cond = 3", \text{ diámetro interno} = 84.6 \text{ mm}$$

➤ Cálculo de la pérdida unitaria (m/100m)

$$J = 7.89 \times 10^7 \left(\frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \right)$$

$$J = 7.89 \times 10^7 \left(\frac{(3.906 \text{ lps})^{1.75}}{(84.60 \text{ mm})^{4.75}} \right)$$

$$J = 0.599 \text{ m}/100\text{m}$$

➤ **Pérdida de carga en la tubería conductora**

$$h_f = J \times L/100$$

$$h_f = 0.599 \text{ m} \times (133.88 \text{ m}/100)$$

$$h_f = 0.802 \text{ m}$$

$$h_{f \text{ locales}} = 0.03143 \text{ m}$$

Por lo tanto la pérdida de carga es igual a:

$$h_{f \text{ total}} = 0.802 \text{ m} + 0.03143 \text{ m}$$

$$h_{f \text{ total}} = 0.8334 \text{ m}$$

Tramo # 2: válvula 2 – bomba

$$Q_{\text{cond}} = 5.952 \text{ lps}$$

$$\text{Long Cond} = 133.35 \text{ m}$$

$$\text{Diámetro cond} = 3", \text{ diámetro interno} = 84.58 \text{ mm}$$

➤ **Cálculo de la pérdida unitaria (m/100m)**

$$J = 7.89 \times 10^7 \left(\frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \right)$$

$$J = 7.89 \times 10^7 \left(\frac{(5.952 \text{ lps})^{1.75}}{(84.60 \text{ mm})^{4.75}} \right)$$

$$J = 1.587 \text{ m}/100\text{m}$$

➤ **Pérdida de carga en la tubería conductora**

$$h_f = J \times L/100$$

$$h_f = 4.39 \text{ m} \times (133.35 \text{ m}/100)$$

$$h_f = 5.854 \text{ m}$$

$$h_{f \text{ locales}} = 0.00863 \text{ m}$$

Por lo tanto la pérdida de carga es igual a:

$$h_{f_{total}} = 5.854 \text{ m} + 0.00863 \text{ m}$$

$$h_{f_{total}} = 5.862 \text{ m}$$

➤ **Sumatoria de las pérdidas de carga**

$$\sum hf = hf_{conductora} + hf_{lateral} + h_o + hf_{acc} + hf_{locales} \pm \Delta Z$$

Pérdidas en la tubería conductora

$$\sum hf_{conductora} = 0.802 \text{ m} + 2.66 \text{ m}$$

$$\sum hf_{conductora} = 3.466 \text{ m}$$

Pérdidas en los accesorios

$$hf_{acc} = 0.1(hf_{lat} + hf_{maestra \text{ valv } 3,2})$$

$$hf_{acc} = 0.1(0.5926 \text{ m} + 0.5068 \text{ m} + 0.831 \text{ m})$$

$$hf_{acc} = 0.193 \text{ m}$$

Pérdidas locales en las válvulas hidráulicas (válvulas 2, 3)

Nota: Cada una de las válvulas maneja diferentes caudales, por lo que las perdidas según gráfico del fabricante son diferentes.

$$\sum hf_{local} = hf_{valv \ 3} + hf_{valv \ 2}$$

$$\sum hf_{local} = 0.03143 \text{ m} + 0.00863 \text{ m}$$

$$\sum hf_{local} = 0.04006 \text{ m}$$

$$\sum hf = 3.466 \text{ m} + 0.193 \text{ m} + 0.04006 \text{ m}$$

$$\sum hf = 3.699 \text{ m} \text{ Son las pérdidas de carga para el TURNO # 2}$$

Turno # 3

Válvula 1

Para el turno número tres las pérdidas de carga en la conductora para este caso se consideraran nulas ya que la maestra depende del origen de la misma, (ver Anexo No. 2: Diseño geométrico), por lo tanto la sumatoria de perdidas queda de la siguiente manera.

$$\sum hf = hf_{conductora} + hf_{lateral} + h_o + hf_{acc} + hf_{locales} \pm \Delta Z$$

Pérdidas en la tubería conductora

$$\Sigma hf_{conductor} = 0m$$

Pérdidas en los accesorios

$$hf_{acc} = 0.1(hf_{lat} + hf_{maestra\ valv\ 1})$$

$$hf_{acc} = 0.1(0.5926m + 1.37m)$$

$$hf_{acc} = 0.196\ m$$

Pérdidas locales en las válvulas hidráulicas (válvulas 1)

Nota: Cada una de las válvulas maneja diferentes caudales, por lo que las pérdidas según gráfico del fabricante son diferentes.

$$\Sigma hf_{local} = hf_{valv\ 1}$$

$$\Sigma hf_{local} = 0.044m$$

$$\Sigma hf_{local} = 0.044\ m$$

$$\Sigma hf = 0.196m + 0.044m$$

$$\Sigma hf = 0.24\ m$$

Son las pérdidas de carga para el TURNO # 3

DETERMINACIÓN DEL TURNO CRÍTICO

$$hf_{TURNO\ 1} = 7.401\ m$$

$$hf_{TURNO\ 2} = 3.699\ m$$

$$hf_{TURNO\ 3} = 0.24\ m$$

Por lo tanto el turno crítico en este diseño es el TURNO # 1. Por lo que los diámetros de tubería que serán usados son los calculados en este turno.

➤ Cálculo de la Carga Total Dinámica

$$CTD = \Sigma hf_{TURNO\ 1} + NDB$$

$$CTD = 7.401\ m + 17\ m$$

$$CTD = 24.401m$$

➤ Cálculo de la potencia del equipo de bombeo

$$POTENCIA = \frac{Q \times CTD}{270 \times Ef} \times Fs$$

$$POTENCIA = \left[\frac{(29.69 \text{ m}^3/\text{hr}) \times 24.401 \text{ m}}{270 \times 0.90} \right] \times 1.2$$

$$POTENCIA = 3.577 \text{ Hp}$$

Tabla 7. Resumen de cálculos hidráulicos del diseño

RESUMEN DE CALCULOS HIDRAULICOS DEL DISEÑO									
DISEÑO DE LA TUBERIA LATERAL									
DIAMETRO(mm)	CAUDAL (M3/H)	LONGITUD(M)	PERD UNIT(m/100)	PERD UNI C(m/100)	PERD DE CARGA(m)	PRES (ENTRADA(m))	PRES(MINIM PERD PERMISIBLE(m))		
13.2	0.3348	100.58	1.108	1.51	0.5926	7.47	6.8774	0.593	
DISEÑO DE LA TUBERIA LA MAESTRA									
DESCRIPCION	AREA(ha)	LONGITUD(M)	# DE LAT	DIAMETRO(mm)	CAUDAL (M3/H)	PERD UNIT(m/100)	PERD UNI C(r	PERD DE CARGA(m)	PRES (ENTRADA(m))
VALVULA #1	1.011	126	50	57.2	16.74	2.62	2.69	1.37	8.057
VALVULA #2	0.29	57	23	57.2	7.365	1.219	2.285	0.5048	7.42
VALVULA #3	0.72	106	42	57.2	14.062	3.78	4.032	0.831	7.803
VALVULA #4	0.51	77	31	57.2	10.378	2.818	3.005	0.9	7.72
VALVULA #5	0.12	48	19	57.2	6.3612	0.943	1.005	0.1878	7.176
VALVULA #6	0.43	98	39	57.2	13.0572	3.322	3.54	1.351	8.043
DISEÑO DE LA CONDUCTORA									
TRAMO	LONGITUD(M)	DIAMETRO(mm)	CAUDAL (M3/H)	PERD UNIT(m/100)	PERD DE CARGA TOTAL(m)				
X-6	41.1	69.5	13.05	1.229	0.627				
5-4	71.33	69.5	19.418	2.682	1.9194				
4--BOMBA	316.14	84.6	29.7972	2.23	7.0661				
3--2	133.88	84.6	14.04	0.599	0.8334				
2-BOMBA	133.35	84.6	21.42	1.587	5.862				
1					0.74				

Fuente: propia.

El area de diseño en este proyecto es 3.081ha, la cual se regara a traves de un sistema de riego por goteo, con cintas no autocompensantes, el caudal del emisor elegido en este proyecto es de 1lph, el cual de acuerdo al marco de plantacion($E_e=0.30$ y $E_i= 2.5\text{m}$), da una intensidad de aplicación de 1.33mm o 1.33litph, con la capacidad de bombeo intalada, el area puede regarse en 3 turnos de riego los que tendran una duracion de 6.14horas, por ende la jornada de trabajo sera 18.42 horas. Si bien la fuente de abastecimiento tarda unas 12 horas en llegar al punto de abatimiento, si es posible regar los tres turnos en un solo dia ya que se pueden dar 4 horas de recuperacion de la fuente y continuar regando.

Como se menciono este diseño consta de tres turnos de riego los cuales estan conformados de la siguiente manera turno #1 valvulas 4,5,6, con un area total de 1.06ha, el turno #2esta conformado por las valvulas 2,3 con un area total de 1.01ha y finalmente el turno #3 con la valvula #1 y area de 1.011ha. en este diseño el turno critico es el turno numero uno, por ende las dimensiones de tubería a utilizar en este proyecto seran las calculadas para este turno.

Tabla 8. Datos técnicos del diseño

DATOS TECNICOS DEL DISEÑO		
Sistema de riego: Goteo	Caudal del emisor: 1 lph Presión de trabajo del emisor: 10 psi	Caudal por Ha: 13.33 m ³ /hr
Área de riego: 3.081 Ha	Espaciamiento entre goteros: 0.30 m	Frecuencia de riego: Diario
Cultivo: Plátano	Espaciamiento entre laterales: 2.5 m	Tiempo de riego: 6.14 hr
Déficit/día: 8.17 mm	Intensidad de aplicación: 1.33 mm	Turnos de riego: 3
Emisor de gotero	Jornada: 18.42 hr	Caudal máximo requerido: 13.66 m ³ /hr

Fuente: propia.

7.6. Determinación de los costos del proyecto

Para determinar los costos de instalación y puesta en marcha del sistema de riego, primeramente, se cuantifico la cantidad de materiales a utilizar, tales como: tubería PVC SDR, 41 de 2", tubería PVC SDR 41 de 2.5", tubería PVC SDR 41 de 3", válvulas hidráulicas, válvulas de aire accesorios PVC, equipo de bombeo etc. Los que se obtuvieron de los cálculos de diseño hidráulico, conociendo la cantidad de materiales a utilizar se solicitó, el precio en el mercado de cada uno de los materiales, así como los costos de mano de obra o costo de instalación de los mismos, para un área total de 3.081ha, los que se detallan a continuación.

Tabla 9. Listado de materiales y costos de instalación del proyecto de riego

RUBROS	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	
				UNITARIO (US\$)	COSTOS TOTALES(US\$)
TUBERIAS Y ACCESORIOS PVC	TUBO PVC SDR 41 2"	UNIDAD	81	9.4	761.4
	TUBO PVC SDR 41 2 1/2"	UNIDAD	20	8.74	174.8
	TUBO PVC SDR 41 3"	UNIDAD	53	20.38	1080.14
	TE LISA PVC 3"	UNIDAD	3	6.02	18.06
	TE LISA PVC 2 1/2"	UNIDAD	2	4.62	9.24
	TE LISA PVC 2"	UNIDAD	14	1.54	21.56
	ADACTADOR MACHO PVC 2"	UNIDAD	21	2.56	53.76
	ADACTADORES HEMBRA PVC 1"	UNIDAD	12	0.59	7.08
	REDUCTOR PVC 2 1/2" X 2"	UNIDAD	3	2.44	7.32
	REDUCTOR PVC 3"X 2 1/2"	UNIDAD	1	4.62	4.62
	REDUCTOR PVC 3"X 2"	UNIDAD	4	2.38	9.52
	TAPON CON ROSCA PVC 2"	UNIDAD	9	1.54	13.86
	CODO LISO PVC 2" X 90	UNIDAD	22	1.5	33
	REDUCTOR PVC 1 1/2" X 1"	UNIDAD	12	0.57	6.84
	PEGAMENTO PVC	GALON	1	28.78	28.78
SUB TOTAL					2229.98
EQUIPOS Y ACCESORIOS DE RIEGO	VALVULA CHECK 2"	UNIDAD	1	66	66
	VALVULAS DE AIRE 1"	UNIDAD	12	20	240
	VALVULA HIDRAULICA 2"	UNIDAD	6	165	990
	CINTA DE RIEGO(ROLLO DE 2200M) 1 LPH 16 MM	METRO	6	150	900
	MANGERA DE POLIETILENO 16 MM	METRO	105	0.24	25.2
	CONECTOR INICIAL PVC X PE 16 MM + EMPAQUE	UNIDAD	209	0.2	41.8
	CONECTOR FINAL PE X CINTA 16MM	UNIDAD	209	0.35	73.15
	EMPAQUE GROMMET	UNIDAD	209	0.15	31.35
	EQUIPO DE BOMBEO ELECTRICO 3HP – 80 GPM	UNIDAD	1	1087.5	1087.5
SUB TOTAL					3455
COSTOS DE INSTALACION DEL SISTEMA	PEGADO DE TUBERIA, INTALACION DE: CONECTORES, CINTAS DE GOTE, VALVULAS DE AIRE Y VALVULAS HIDRAULICAS.	UNIDAD	1	520	520
SUB TOTAL					520
SUB TOTAL	COSTO DE MATERIALES SIN IMPUESTO				6204.98
TOTAL					7135.727

Fuete: propia.

En la tabla anterior, se muestran los costos, por cada uno de los rubros que componen el sistema de riego a implementar en la finca Doña Martha, el costo de los materiales de PVC que incluyen las distintas tuberías y accesorios, rondan un subtotal de US\$ 2230 que equivalen a C\$ 78,273 según el cambio oficial del Banco Central de Nicaragua que para la fecha 26-05-2021 fue de (US\$1/C\$35.1014), día en que se realizó cotización de los mismos. De la misma manera, los insumos de riego (cinta, conectores, válvula hidráulica, válvula de aire, etc.), tienen un costo de US\$ 3455, equivalentes a C\$121270.5, Y por último los costos de instalación del sistema de riego tienen un valor de US\$ 520, equivalentes a C\$ 18258, siendo este el rubro que menos costo de adquisición tiene, sumando un costo total de US\$ 7135.727 o su equivalente en C\$250463.07, con impuestos de venta del 15% del total incluidos, ver anexo 4: tabla 14, pág. xxvi)

Como se puede observar los materiales que mayor costo de adquisición tienen son los equipos y accesorios de riego, mismos que representan un %48 del total, cabe mencionar que las cintas de riego tienen una vida útil relativamente corta alrededor de 2 a 3 años, en dependencia al cuidado que se les dé, sin embargo es el único material que generaría costos a mediano plazo y que de darle el cuidado adecuado se puede utilizar durante los tres años que se trabaja el plátano de manera comercial antes de ser renovado.

Para analizar el costo beneficio del proyecto se realizó entrevista a productores de la zona, los que expresan de manera consensuada que una hectárea de plátano cultivada de manera óptima, produce alrededor 105,000 unidades, lo que representa unos C\$ 300000 en ingresos o su equivalente en US\$ 8546.67, esto cuando los precios en el mercado son los más bajos registrados en los últimos 5 años, ya los mismos varían entre C\$ (2.85-4.80). Además expresan que el principal factor para una buena producción de plátano es un buen programa de riego en las épocas secas.

8. CONCLUSIONES

- Se realizó caracterización del suelo estudiado a través del cálculo de propiedades físicas e hidrofísicas, siendo este un suelo de densidades bajas, tanto real como aparente, porosidad total alta, capacidad de retención de agua media y de textura franco, lo que indica que es apto para la implementación del cultivo de plátano, ya que este es un cultivo con sistema radicular frágil, con poca fuerza de penetración y tallo verdadero subterráneo, que en suelos con las características encontradas se desarrolla de manera óptima, ya que la emergencia de cornos y anclaje en mucho mejor que en suelos más densos o con características de mal drenaje.
- En base a los resultados obtenidos del diseño agronómico e hidráulico se puede decir que se logró el cumplimiento del objetivo general, el cual tiene como fundamento el uso óptimo de agua de acuerdo a las necesidades hídricas del cultivo plátano, ya que el cálculo del diseño agronómico de este estudio se basó en datos de suelo obtenidos del sitio y datos meteorológicos de la zona, lo que permitió determinar los regímenes del cultivo de manera adecuada.
- El diseño hidráulico del sistema de riego por goteo propuesto en este estudio garantiza una eficiencia y uniformidad del 90%, lo que ayudaría a mejorar la producción del cultivo, debido a que el sistema actual presenta serias deficiencias en su uniformidad, habiendo áreas donde es fácil observar plantas con deficiencias hídricas, (ver anexo 3: imágenes 1 y 2, pág. xv), lo que repercute en diferencias en tamaño y calidad de fruto.
- Se analizó el costo de materiales e instalación del sistema de riego por goteo, mismo que según SUMITEX SA. Totaliza \$ 7135.72, lo que si bien es un costo de inversión elevado para un pequeño productor, es rentable hacer dicha inversión, ya que según entrevista realizada a productores de la zona, cada hectárea de plátano produce alrededor de 105,000 unidades, lo que representa en la peor de las situaciones de precios en los mercados unos

C\$300,000.00 o US\$ 8,546.67 aproximadamente, por lo que con la producción de una sola Hectárea de cultivo se cubrirían los costos del proyecto.

9. RECOMEDACIONES

- Se sugiere al dueño del proyecto, implemente esta propuesta, ya que la misma le traería beneficios en la producción, debido a que actualmente esta área se está regando en 7 turnos de riego, con una frecuencia de 2 días: 3 turnos un día y 4 el siguiente. Con el diseño del sistema de riego que se propone, el riego se realizaría todos los días, lo que garantizaría cumplir las necesidades hídricas de la planta y se regaría toda el área en un solo día, además, que la estructura actual es obsoleta (ver anexo 3, imagen 3 y 4, pág. xvi).
- Se sugiere que el sistema de riego funcione todo el año, ya que basados en los datos obtenidos durante el ciclo en el que se evaluó el proyecto, se pudo observar que en la zona las precipitaciones son muy irregulares (ver anexo 4, tabla 6, pág. xx).
- Se recomienda al productor compartir los conocimientos obtenidos en este proyecto con los demás productores de la zona, y que de ser posible en sus proyectos futuros, asesorarse técnicamente con el técnico de su preferencia, con el fin de implementar sistemas eficientes que le permitan reducir, los riesgos de pérdidas, que si bien entendemos que el reciclar materiales reduce los costos iniciales en sus proyectos, a largo plazo le genera pérdidas, debido a que el plátano es un cultivo que en esta zona es el principal rubro, al producir con baja calidad, muchas veces este producto no tiene mercado o si lo hay se vende a precios poco favorables para el productor.

10. BIBLIOGRAFÍA

RIEGO POR GOTEO. (2015). Recuperado el 8 de 03 de 2020, de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_riego_por_goteo.pdf

Hidraulica facil. (7 de 03 de 2021). Obtenido de <https://www.hidraulicafacil.com/2017/05/diseno-hidraulico-de-sistemas-de-riego.html#:~:text=El%20dise%C3%B1o%20hidr%C3%A1ulico%20tiene%20como,bajo%20un%20criterio%20de%20optimizaci%C3%B3n.>

Allen, R. G. (2006). FAO. Recuperado el 31 de 3 de 2021, de <http://www.fao.org/3/x0490s/x0490s00.htm>

Ángela María Castaño P.*, M. A. (11 de 5 de 2011). REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DEL PLÁTANO DOMINICO. Recuperado el 20 de 3 de 2021, de [http://agronomia.ucaldas.edu.co/downloads/Agronomia19\(1\)_6.pdf.pdf](http://agronomia.ucaldas.edu.co/downloads/Agronomia19(1)_6.pdf.pdf)

Araúz, Y., & Saavedra, P. (2004). Estudio técnico de las alternativas de riego para la Finca Experimental FTC, basados en los cultivos aplicados y al recurso agua disponible. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Tecnología de la Construcción.

Bdigital.bicanal. (2004). El cultivo de platano Panama . Recuperado el 12 de 03 de 2021, de <http://bdigital.binal.ac.pa/bdp/idiap/cultivoplatano1.pdf>

CENTA. (Diciembre de 2002). El cultivo de platano. Recuperado el 02 de 03 de 2021, de <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/frutales/Platano.pdf>

CENTA. (2019). Guia centa platano 2019. Recuperado el 12 de 03 de 2021, de http://centa.gob.sv/docs/guias/frutales/Guia%20Centa_Platano%202019.pdf

Cruz, R., & Olivas, O. (2012). Diseño de un sistema de riego por goteo para el cultivo de piña (Ananá comusus) y pitahaya (Hylocereus undatus), en la finca Monserrat ubicada en el municipio de la Concepción del departamento de Masaya. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Tecnología de la Construcción.

Dorronsoró Fernández, C. (3 de 03 de 2021). Libros web, monografías, trabajos de investigación, conferencias, atlas ... sobre la Edafología y los suelos . Recuperado el 31 de 3 de 2021, de <http://www.edafologia.net/introeda/tema04/text.htm>

ELVISLARIOS. (01 de 03 de 2021). PROPIEDADES FISICAS E HIDROFISICAS DEL SUELO. MANAGUA, NICARAGUA.

- Espinoza, k. (2015). Comercializacion del platano verde en el departamento de Rivas . Managua .
- Espinoza, L., & Quintana, J. (1999). Diseño del sistema por goteo para el cultivo de maíz con la aplicación de la hormona de marango. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Tecnología de la Construcción.
- Gardeneas. (2 de 12 de 2016). Gardeneas . Obtenido de ventajas y desventajas del riego por goteo: <https://gardeneas.com/ventajas-del-riego-por-goteo-y-desventajas/>
- Gonzalez, J. (23 de 4 de 2017). Produccion agricola vegetal. Recuperado el 29 de 3 de 2021, de <http://produccionagricolavegetalunesur.blogspot.com/2017/04/partes-de-una-planta-de-musaceas.html>
- InfoAgro.com. (7 de 03 de 2020). Cursos especialistas en fruticultura. Recuperado el 02 de febrero de 2020, de Cursos especialistas en fruticultura: https://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/platano.htm
- Ingemecanica. (30 de 3 de 2021). Ingemecanica. Recuperado el 30 de 3 de 2021, de <https://ingemecanica.com/index.html>
- INITER. (2019). DATOS CLIMATICOS. MANAGUA.
- Intagri. (2020). Importancia de la evaluacion de los sistemas de riego por goteo. intagri, 1.
- INTAGRI, E. E. (7 de marzo de 2021). Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/disenio-agronomico-del-sistema-de-riego-por-goteo#:~:text=El%20dise%C3%B1o%20agron%C3%B3mico%20consiste%20calcular,normal%20sin%20sufrir%20un%20d%C3%A9ficit>
- Ivan, A. (4 de Octubre de 2020). cultivo de platano en Nicaragua. Recuperado el 25 de febrero de 2021, de <https://www.lavozdelsandinismo.com>
- Larios, E. (12 de 01 de 2021). Diseño Geometrico. Managua, Nicaragua.
- Miguel Lanús, M. A. (2015). Vision de futuro. Recuperado el 12 de Marzo de 2020, de <https://www.redalyc.org/pdf/3579/357935471003.pdf>
- Nicaragua, I. (2017). Guía Técnica con plantas in vitro Plátano. Recuperado el 26 de 03 de 2021, de <https://inta.gob.ni/project/guia-tecnica-con-plantas-in->

11. ANEXOS

ANEXO 1: PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS E HIDROFÍSICAS DEL SUELO

Datos de campo y resultados de laboratorio del muestreo realizado en la finca doña Martha en la localidad de Rivas municipio de Belén comarca chacalapa.

Resultado de las propiedades fisicoquímicas del suelo.

Parcela # 1

✓ Densidad real y densidad aparente

$$Dr = \frac{d1 * d3 * Ps}{d3(p1 - Pp) - (p3 - Ps - Pp)}$$

$$Dr = (\text{gr/cm}^3)$$

$$d1 = \text{densidad del agua} = 0.997 \text{ gr/cm}^3$$

$$d3 = \text{densidad del agua} = 0.997 \text{ gr/cm}^3$$

$$p1 = \text{peso del picnómetro + agua (gr)} = 363.8 \text{ gr/cm}^3$$

$$Pp = \text{peso del picnómetro (gr)} = 114.95 \text{ gr}$$

$$P3 = \text{agua + picnómetro + suelo (gr)} = 376.30 \text{ gr}$$

$$Ps = \text{peso del suelo (gr)} = 21.45 \text{ gr}$$

$$Dr = \frac{0.997 * 0.997 * 21.45}{0.997(363.8 - 114.95) - (376.30 - 21.45 - 114.95)}$$

$$Dr = 2.1 \text{ gr/cm}^3$$

La densidad real es baja lo que indica que en el sitio de estudio el suelo presenta mucha materia orgánica.

✓ **Densidad aparente**

El cálculo de densidad aparente del suelo se realizó a través del método del cilindro de volumen conocido.

$$D=3.85\text{cm}$$

$$H=9.9\text{cm}$$

En este caso se recolectaron dos muestras las que se colocaron en las siguientes taras

$$Bb5= 149.40\text{gr}$$

$$Bb4=147.65\text{gr}$$

Peso de la tara más la muestra húmeda

$$Bb5+m= 263.70\text{gr}$$

$$Bb4+m= 266.45\text{gr}$$

Peso seco más tara

$$Bb5+Pss= 237.75\text{gr}$$

$$Bb4+Pss= 245.05\text{gr}$$

Para conocer el peso del suelo seco solo se restó el peso de la tara.

$$Pss=237.75\text{gr}-149.40\text{gr}=88.35\text{gr}$$

$$Pss1=245.05\text{gr}-147.65\text{gr}=97.4\text{gr}$$

Conociendo el volumen del cilindro que es de $115.25\text{cm}^3=v$

Se realizó el cálculo de densidad aparente del suelo.

$$Da=\frac{Pss}{v}$$

$$Da = \frac{88.35\text{gr}}{115.25\text{cm}^3} = 0.76\text{g/cm}^3$$

$$Da = \frac{97.4\text{gr}}{115.25\text{cm}^3} = 0.84\text{g/cm}^3$$

Para simplificar los datos se utilizó, la media de las dos muestras la que se muestra a continuación.

$$Da = 0.80\text{gr/cm}^3$$

✓ **Porosidad total del suelo**

$$Pt = \left(1 - \frac{Da}{Dr}\right) * 100$$

$$Pt = \left(1 - \frac{0.80}{2.1}\right) * 100$$

$$Pt = 61.77\%$$

✓ **Capacidad de campo**

Para el cálculo de la capacidad de campo del suelo se utilizo la siguiente formula.

$$\%CC = \left(\frac{Psh - Pss}{Pss - Pt}\right) * 100$$

Donde

Tara S-8

$$Pt = 21.65\text{gr}$$

$$Psh = 36.65\text{gr}$$

$$Pss = 31.75\text{gr}$$

$$\%CC = \left(\frac{P36.65 - 33.00}{33.00 - 21.65}\right) * 100$$

$$\%CC = 32.15$$

El valor de capacidad de campo se encuentra en el rango de 20-40, en el cual este porcentaje se considera medio.

La capacidad de campo en un suelo se logra cuando todos los espacios vacíos o porosos del mismo han sido llenados con agua.

✓ **Punto de marchitez permanente**

El punto de marchitez se obtiene de dividir el %CC entre 1.85.

$$PMP = 32.15/1.85$$

$$PMP = 17.37$$

✓ **Textura del suelo parcela # 1**

$$\%limo + arcilla = \left(\frac{Lc-Lb}{Ps}\right)*100$$

$$\%limo + arcilla = \left(\frac{26.65-0}{50}\right)*100$$

$$\%limo + arcilla = 53.3$$

$$\text{Msc \% de arcilla} = (11.23-0)/50*100 = 22.4$$

$$\% \text{ de limo} = 30.9$$

$$\% \text{ de arena} = 46.67$$

De acuerdo a la pirámide textural de suelos el suelo estudiado es de textura franca, con tendencia a franco arenoso.

A continuación se muestran los resultados de las muestras analizadas **para la parcela #2**

Para esta parcela se procesaron 4 muestras.

✓ **Densidad real y densidad aparente parcela #2**

Muestra 1

$$Dr = \frac{d1 \cdot d3 \cdot Ps}{d3(p1 - Pp) - (p3 - Ps - Pp)}$$

$$Dr = (\text{gr/cm}^3)$$

$$d1 = \text{densidad del agua} = 0.997 \text{ gr/cm}^3$$

$$d3 = \text{densidad del agua} = 0.997 \text{ gr/cm}^3$$

$$p1 = \text{peso del picnómetro + agua (gr)} = 370.50 \text{ gr/cm}^3$$

$$Pp = \text{peso del picnómetro (gr)} = 121.65 \text{ gr}$$

$$P3 = \text{agua + picnómetro + suelo (gr)} = 390.35 \text{ gr}$$

$$Ps = \text{peso del suelo (gr)} = 34.1 \text{ gr}$$

$$Dr = \frac{0.997 \cdot 0.997 \cdot 21.45}{0.997(363.8 - 114.95) - (376.30 - 21.45 - 114.95)}$$

$$Dr = 2.3 \text{ gr/cm}^3$$

Para efectos prácticos en las siguientes muestras solo se muestra el resultado de cada una de las muestras.

$$M2 \text{ Dr} = 2.42 \text{ gr/cm}^3$$

$$M3 \text{ Dr} = 2.25 \text{ gr/cm}^3$$

$$M4 \text{ Dr} = 2.22 \text{ gr/cm}^3$$

Media de las densidades reales de la parcela

$$Drmp2 = 2.2975$$

Para el cálculo de la densidad aparente se usa la siguiente fórmula como ya se mostró previamente.

$$D_a = m_{ss}/v_c$$

El volumen de cilindro es el que ya se utilizó en la parcela # 1

Muestra 1

$$V_c = 115.25 \text{ cm}^3$$

$$M_{ss} = 99.72 \text{ gr}$$

$D_a = 99.72 \text{ gr} / 115.25 \text{ cm}^3$ Para efectos prácticos en las siguientes muestras solo se muestra el resultado de cada una de las muestras.

$$M1 D_a = 0.86 \text{ gr/cm}^3$$

$$M2 D_a = 0.86 \text{ gr/cm}^3$$

$$M3 D_a = 0.81 \text{ gr/cm}^3$$

$$M4 D_a = 0.75 \text{ gr/cm}^3$$

Densidad media aparente parcela #2

$$D_{amed} = 0.82 \text{ gr/cm}^3$$

✓ **Porosidad total**

$$P_t = \left(1 - \frac{D_a}{D_r}\right) * 100$$

Muestra 1

$$P_t = \left(1 - \frac{0.86}{2.3}\right) * 100 = 62\%$$

Para efectos prácticos en las siguientes muestras solo se muestra el resultado de cada una de las muestras.

$$M2 P_t = 64.4\%$$

$$M3 P_t = 64\%$$

M4 Pt= 62%

Porosidad total media

Ptotal media=63.1%

✓ **Capacidad de campo**

Tara H-7 pt=21.75gr—psht=36.05gr—psst=33.00gr

Tara H-1 pt=21.50gr—psht=33.65gr—psst=31.70gr

Tara I-1 Pt= 21.50gr—psht=34.90gr---psst=31.65gr

Tara L-5 Pt=21.60gr---psht=35.15gr---psst=31.75gr

$$\%CC = \left(\frac{Psht - psst}{psst - pt} \right) * 100$$

Donde

%CC= porcentaje de capacidad de campo del suelo.

Pt = peso de la tara.

Psht= peso del suelo húmedo más tara.

Psst= peso del suelo seco más tara.

Entonces

$$\%CC = \left(\frac{36.05\text{gr} - 33.00\text{gr}}{33.00\text{gr} - 21.75} \right) * 100$$

%CC=27.1.

Para efectos prácticos en las siguientes muestras solo se muestra el resultado de cada una de las muestras.

M2 %CC=19.1

M3 %CC=32

M4 %CC=33.4

%CC media=27.9

✓ **Textura del suelo parcela #2**

% arcilla + limo= $(27.62-0/50)*100=55.24$

% arcilla= $(11.2/50)*100=22.4$

%limo=32.84

%arena=44.76

Textura del suelo franco

Para efectos prácticos en las siguientes muestras solo se muestra el resultado de cada una de las muestras.

Muestra 2

%limo+arcilla=57.12

% arcilla=22.46

%limo=34.66

%arena=42.88

Muestra 3

Suelo franco con presencia de arcilla.

Muestra 3

%limo+arcilla=51.18

% arcilla=14.46

%limo=36.72

%arena=48.82

Franco, con tendencia a franco arenoso.

Muestra 4

%limo+arcilla=59.38

% arcilla=16.52

%limo=42.86

%arena=40.62

Para concentrar los datos anteriores se calculó la media a cada uno de los datos.

% arcilla=18.96

% limo=36.715

%arena=44.27

Para nuestra parcela 2, se tiene un suelo de textura franca.

Parcela #3

✓ Densidad real y densidad aparente

$$Dr = \frac{d1 * d3 * Ps}{d3(p1 - Pp) - (p3 - Ps - Pp)}$$

Dr= (gr/cm³)

d1= densidad del agua = 0.997gr/cm³

d3= densidad del agua = 0.997gr/cm³

p1 = peso del picnómetro + agua (gr) =367.8 gr/cm³

Pp= peso del picnómetro (gr) = 114.95 gr

P3= agua + picnómetro + suelo (gr) =376.30 gr

Ps= peso del suelo (gr) 37.9 gr

$$Dr = \frac{0.997 * 0.997 * 37.9}{0.997(367.8 - 114.95) - (376.30 - 21.45 - 114.95)}$$

DR=2.029gr/cm³

La densidad real es baja lo que indica que en el sitio de estudio el suelo presenta mucha materia orgánica.

✓ **Densidad aparente**

El cálculo de la densidad aparente del suelo se realizó a través del método del cilindro de volumen conocido.

D=3.85cm

H=9.9cm

En este caso se recolectaron dos muestras las que se colocaron en las siguientes taras

Be= 149.40gr

B61=147.65gr

Peso de la tara más la muestra húmeda

Be+m= 279.40gr

B61+m= 278.70gr

Peso seco más tara

Be+Pss= 248.4gr

B61+Pss= 245.6gr

Para conocer el peso del suelo seco solo, sustrajo el peso de la tara.

$$P_{ss}=248.90\text{gr}-145.35=103.95\text{gr}=103.55\text{gr}$$

$$P_{ss1}=245.05\text{gr}-146.35\text{gr}=99.25\text{gr}$$

$$\text{Media } p_{ss}=101.4\text{gr}$$

Conociendo el volumen del cilindro que es de $115.25\text{cm}^3=v$

Se procedió a calcular la densidad aparente del suelo.

$$D_a = \frac{P_{ss}}{V}$$

$$D_a = \frac{101.4\text{gr}}{115.25\text{cm}^3} = 0.87\text{g/cm}^3$$

Se calcula la media de las dos muestras lo que da.

$$D_a = 0.87\text{gr/cm}^3$$

$$P_t = \left(1 - \frac{D_a}{D_r}\right) * 100$$

Muestra 3

$$P_t = \left(1 - \frac{0.87}{2.029}\right) * 100$$

$$P_t = 58\%$$

$$\%cc = \left(\frac{P_{sh}-P_{ss}}{P_{ss}-P_t}\right) * 100$$

Donde

Tara H-11

$$P_t = 21.55\text{gr}$$

$$P_{sh} = 34.25\text{gr}$$

$$P_{ss} = 31.70\text{gr}$$

$$\%cc = \left(\frac{34.25-31.70}{31.70-21.55} \right) * 100$$

$$\%cc = 25.12$$

$$\%PMP=13.57$$

✓ **Porosidad total parcela #3**

Como los siguientes resultados se obtienen con el mismo proceso de los resultados anteriores solo se muestran los resultados.

$$P_{tot}=57.12\%$$

Clase textural

$$\%arcilla + limo=63$$

$$\%arcilla=20.54$$

$$\%limo=42$$

$$\%arena=37$$

Lo que da un suelo de textura franca

ANEXO 2: Tablas de evaluación de propiedades hidrofísicas del suelo

Tabla 1. Evaluaciones de densidad real del suelo

2.35 gr/cm³	Suelo con mucha materia orgánica.
2.68 gr/cm³	Suelo representativo de minerales como los silicatos y el cuarzo, nivel normal de MO.
2.85 gr/cm³	Suelo con minerales donde se ha acumulado cierta cantidad de hierro y aluminio.
2.96 gr/cm³	Suelo con un grado de desarrollo avanzado donde hay predominio de hierro y aluminio y muy poca materia orgánica.

(Padilla, 2019)

Tabla 2. Parámetros de evaluación de la densidad real

Densidad Real gr/cm³	Evaluación
<2.40	Bajo
2.40 – 2.60	Medio
2.60 – 2.80	Alto
>2.80	Muy Alto

(Padilla, 2019)

Tabla 3. Evaluación de densidad aparente

Evaluación Aparente (Da)	Densidad gr/cm³
Muy Baja	<1.0
Baja	1.0– 1.2
Media	1.2 – 1.45
Alta	1.45 – 1.60
Muy Alta	>1.60

(Padilla, 2019).

Tabla 4. Evaluación de porosidad total del suelo.

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

(Padilla, 2019).

Tabla 5. Evaluación de capacidad de campo

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

(Padilla, 2019).

ANEXO 3: IMÁGENES

Imagen 1

Cultivo de Plátano sin riego.



Fuente: propia.

Imagen 2

Cultivo de Plátano con riego.



Fuente: propia.

Imagen 3

Sistema de riego actual en la Finca Doña Martha.



Fuente: propia.

Imagen 4

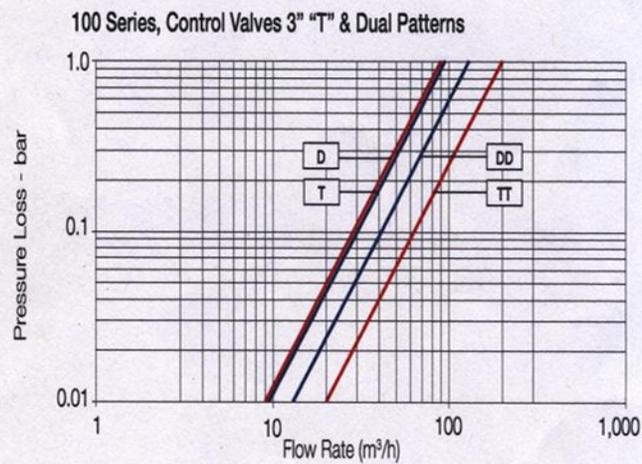
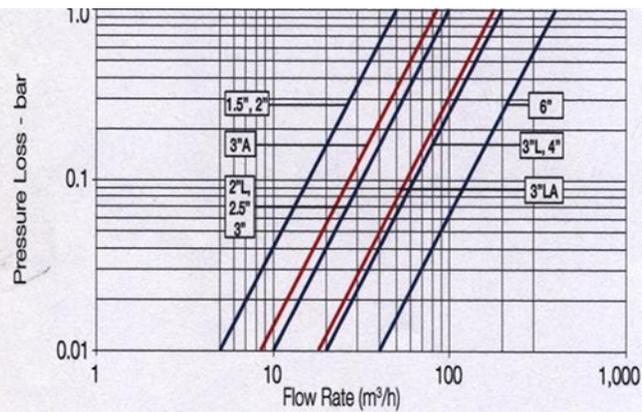
Fugas en la conducción del sistema de riego actual.



Fuente: propia.

Imagen 5

Curva de pérdidas locales en la válvula.



Flow Properties

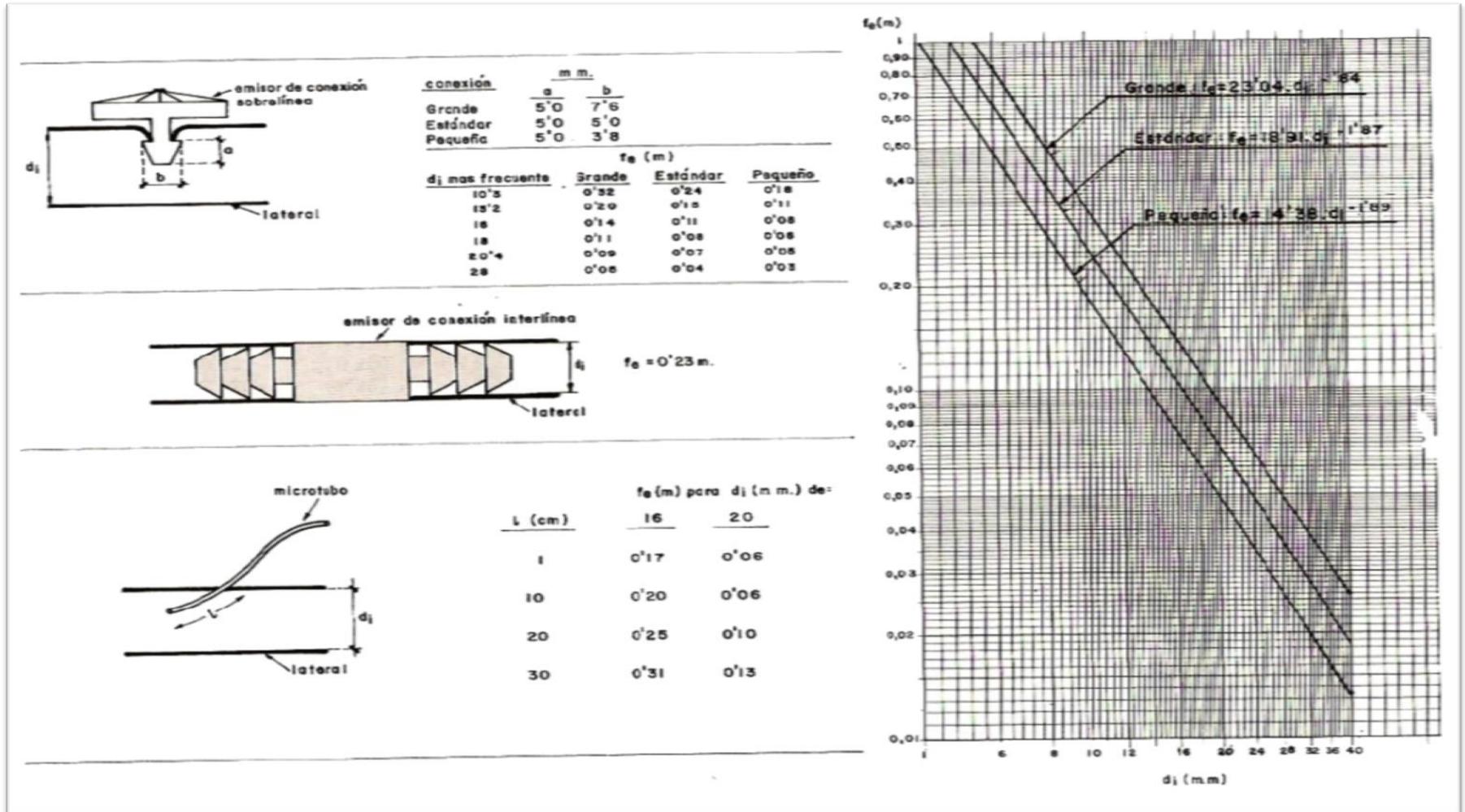
Sizes DN	40	50	50L	65	80	80	80	80	80	80	80L	80L	100	150
Pattern	Y	Y	Y	Y	Y	A	T	TT	D	DD	Y	A	Y	Y
							One side	Two sides	One side	Two sides				
KV	50	50	100	100	100	85	95	130	90	200	200	190	200	400

Technical Specifications

Imagen # 5

(Solano, 2012).

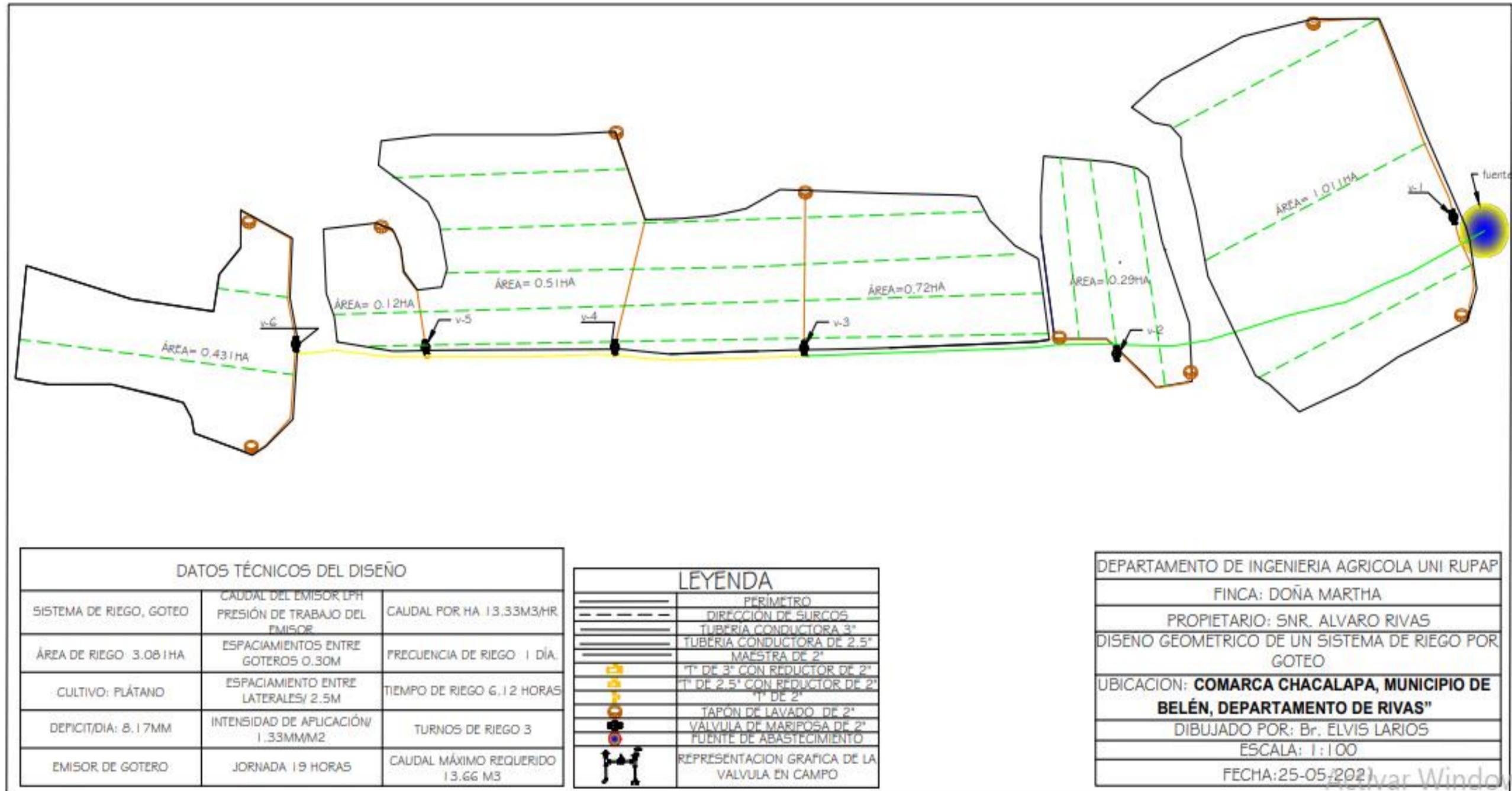
Imagen 6
 Longitud equivalente de la conexión de un emisor



(Pizarro, RIEGOS LOCALIZADOS DE ALTA FRECUENCIA, 1999)

Imagen 7

Esquema geométrico del diseño



Fuente: Propia.

ANEXO 4: BASE DE DATOS METEOROLÓGICOS INITER, DEPARTAMENTO DE RIVAS.

Tabla 6. Datos de precipitación mensual.

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES													
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA													
RESUMEN METEOROLÓGICO ANUAL													
Estación:	RIVAS					Código:	69070						
Departamento:	RIVAS					Municipio:	RIVAS						
Latitud:	11°26'06"					Longitud:	85°50'00"						
Años:	1968-2019					Elevación:	70 msnm						
Parámetro:	Precipitación (mm)					Tipo:	HMP						
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
2005	3.4	0.2	0.8	8.9	383.3	349.7	197.8	193.4	312.9	499.2	114.0	23.2	2086.8
2006	21.3	4.3	0.0	0.1	106.9	279.3	123.6	87.3	154.7	148.3	60.8	6.9	993.5
2007	0.4	4.4	0.0	8.2	138.9	224.6	178.4	284.6	242.2	638.8	53.0	56.8	1830.3
2008	2.0	11.1	0.6	0.8	270.1	272.2	165.9	250.4	332.7	529.9	49.5	22.4	1907.6
2009	6.2	2.7	0.3	3.9	196.5	226.0	84.1	61.0	92.0	347.7	138.6	3.0	1162.0
2010	0.8	6.6	0.0	11.0	154.2	241.4	195.3	583.3	350.5	53.1	85.7	2.7	1684.6
2011	7.6	1.9	0.0	2.1	222.0	204.0	348.2	93.3	312.8	620.6	56.5	23.8	1892.8
2012	9.1	14.5	0.0	7.5	178.6	120.6	56.4	241.3	51.7	281.1	23.5	33.4	1017.7
2013	3.4	0.6	0.0	0.0	171.7	213.9	203.2	142.0	242.7	247.7	105.7	8.5	1339.4
2014	6.6	1.0	0.0	0.0	26.3	81.3	53.4	104.7	185.3	409.3	106.4	6.1	980.4
2015	5.8	1.7	4.5	7.4	17.6	184.5	68.5	28.5	57.8	224.4	135.6	0.0	736.3
2016	0.0	3.4	0.0	36.6	187.2	281.2	128.8	125.8	296.1	292.1	142.7	87.3	1581.2
2017	2.3	0.4	4.1	33.5	532.3	266.8	116.5	265.1	205.2	525.1	114.7	30.2	2096.2
2018	15.1	5.8	0.0	0.1	266.5	245.0	137.1	98.1	127.7	343.0	34.8	87.3	1360.5
2019	1.3	0.1	0.0	0.8	722.6	166.6	89.1	64.5	114.1	263.8	8.5	16.4	1447.8
Suma	85.3	58.7	10.3	120.9	3574.7	3357.1	2146.3	2623.3	3078.4	5424.1	1230.0	408.0	22117.1
Media	5.7	3.9	0.7	8.1	238.3	223.8	143.1	174.9	205.2	361.6	82.0	27.2	1474.5
Max	21.3	14.5	4.5	36.6	722.6	349.7	348.2	583.3	350.5	638.8	142.7	87.3	2096.2
Min	0.0	0.1	0.0	0.0	17.6	81.3	53.4	28.5	51.7	53.1	8.5	0.0	736.3

Fuente: (INITER, 2019).

Tabla 7. Datos de temperatura media mensual.

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES													
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA													
RESUMEN METEOROLÓGICO ANUAL													
Departamento: RIVAS		RIVAS /					Código:		69070				
Departamento: RIVAS							Municipio:		RIVAS				
Latitud:		11°26'06"					Longitud:		85°50'00"				
Años:		1968-2018					Elevación:		70 msnm				
Parámetro:		Temperatura Media (C°)					Tipo:		HMP				
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
2005	25.9	26.2	28.3	28.8	28.0	26.9	27.6	27.3	26.9	25.8	26.1	26.3	27.0
2006	26.0	26.0	27.2	28.0	28.1	27.1	27.4	27.7	27.3	27.0	26.5	26.8	27.1
2007	26.8	27.2	28.1	28.6	28.4	27.2	26.8	26.7	26.4	25.5	26.1	25.9	27.0
2008	26.0	26.6	27.4	28.3	27.5	26.6	26.5	26.4	26.2	25.8	26.1	25.5	26.6
2009	25.7	26.0	26.6	28.1	28.2	27.1	27.1	27.3	27.9	27.0	26.6	26.8	27.0
2010	26.2	27.4	27.7	29.1	28.1	27.0	26.5	26.3	26.0	26.5	25.8	25.1	26.8
2011	26.1	26.7	27.1	28.1	27.8	26.9	26.7	27.3	26.7	25.5	26.3	25.8	26.8
2012	25.8	26.3	27.2	28.2	28.1	27.4	27.2	27.0	27.3	26.3	26.7	26.7	27.0
2013	26.8	26.9	27.4	28.8	28.3	27.2	26.8	26.8	26.7	26.6	26.7	26.7	27.1
2014	26.5	27.0	28.0	28.8	29.1	28.1	28.1	27.5	26.9	26.6	26.5	26.5	27.5
2015	26.7	26.8	27.7	28.8	28.9	28.3	27.6	28.4	28.0	27.8	27.4	27.8	27.9
2016	27.2	27.3	28.6	29.5	28.7	27.2	27.1	27.4	27.1	26.4	26.5	26.1	27.4
2017	25.9	26.8	27.5	28.8	27.6	26.9	26.8	27.0	27.0	26.3	26.6	26.1	26.9
2018	26.1	26.4	27.4	28.5	27.7	27.0	27.2	27.0	27.1	25.9	27.3	26.6	27.0
2019	26.7	27.3	27.7	28.9	27.8	28.0	27.4	27.6	27.1	26.4	27.3	27.0	27.4
Suma	367.7	373.6	386.2	400.4	394.5	380.9	379.4	380.1	377.4	369.1	371.1	368.7	379.1
Media	26.3	26.7	27.6	28.6	28.2	27.2	27.1	27.2	27.0	26.4	26.5	26.3	27.1
Max	27.2	27.4	28.6	29.5	29.1	28.3	28.1	28.4	28.0	27.8	27.4	27.8	27.9
Min	25.7	26.0	26.6	28.0	27.5	26.6	26.5	26.3	26.0	25.5	25.8	25.1	26.6

Fuente: (INITER, 2019).

Tabla 8. Datos de temperatura mínima mensual.

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES														
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA														
RESUMEN METEOROLÓGICO ANUAL														
Departamento:	RIVAS / RIVAS						Código:	69070						
Departamento:	RIVAS						Municipio:	RIVAS						
Latitud:	11°26'06"						Longitud:	85°50'00"						
Años:	1968-2018						Elevación:	70 msnm						
Parámetro:	Temperatura Mínima Media (C°)						Tipo:	HMP						
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media	
2005	23.3	23.0	24.7	25.5	24.7	23.9	24.5	24.4	24.3	23.4	23.7	23.7	24.1	
2006	23.7	23.4	24.3	25.0	25.1	24.5	24.9	24.9	24.5	24.3	23.5	24.1	24.4	
2007	24.3	23.9	25.0	25.5	25.3	24.0	24.3	23.8	23.4	22.7	23.5	23.4	24.1	
2008	23.5	23.7	24.1	24.9	24.1	23.8	23.8	23.3	23.3	23.4	23.6	23.1	23.7	
2009	23.4	23.3	23.3	24.8	24.8	24.0	24.7	24.8	25.0	24.2	24.1	24.2	24.2	
2010	23.4	24.3	24.3	25.9	25.4	24.3	23.7	23.5	23.3	23.3	23.1	22.4	23.9	
2011	23.1	23.9	24.0	24.8	24.7	23.8	23.9	24.2	23.6	23.2	23.7	23.5	23.9	
2012	23.2	23.7	24.2	24.9	24.8	24.0	24.9	24.0	24.2	23.3	23.9	24.2	24.1	
2013	24.3	24.0	24.3	25.8	24.9	24.4	24.1	24.0	23.5	23.8	23.8	24.1	24.3	
2014	23.9	24.1	24.7	25.6	26.0	25.5	25.7	24.5	24.0	23.8	23.8	23.9	24.6	
2015	24.0	23.5	24.3	25.6	25.7	25.3	25.0	25.4	25.1	24.3	24.6	25.1	24.8	
2016	24.2	24.2	25.1	25.7	25.5	24.2	24.7	24.5	23.8	23.4	23.5	23.4	24.3	
2017	22.8	23.1	24.1	24.9	24.5	24.1	24.4	24.1	23.8	23.6	23.3	23.4	23.9	
2018	23.3	23.6	24.1	25.0	24.5	24.4	24.6	24.2	24.0	23.3	24.6	23.7	24.1	
2019	23.6	24.2	24.4	25.3	24.9	25.2	24.9	25.0	24.0	23.2	24.6	24.6	22.9	
Suma	330.5	331.7	340.5	353.9	349.9	340.2	343.2	339.6	335.8	330.0	332.7	332.3	338.4	
Media	23.6	23.7	24.3	25.3	25.0	24.3	24.5	24.3	24.0	23.6	23.8	23.7	24.2	
Max	24.3	24.3	25.1	25.9	26.0	25.5	25.7	25.4	25.1	24.3	24.6	25.1	24.8	
Min	22.8	23.0	23.3	24.8	24.1	23.8	23.7	23.3	23.3	22.7	23.1	22.4	23.7	

Fuente: (INITER, 2019).

Tabla 9. Datos de humedad relativa media mensual.

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES														
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA														
RESUMEN METEOROLÓGICO ANUAL														
Departamento: RIVAS	RIVAS /						Código:	69070						
Departamento: RIVAS							Municipio:	RIVAS						
Latitud:	11°26'06"						Longitud:	85°50'00"						
Años:	1968-2018						Elevación:	70		msnm				
Parámetro:	Humedad Relativa Media (%)						Tipo:	HMP						
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media	
2005	71	70	72	68	78	86	82	82	84	87	83	80	78.6	
2006	77	74	71	69	75	81	82	81	81	83	78	77	77.4	
2007	76	74	74	73	75	83	84	85	85	88	80	80	79.8	
2008	77	74	71	70	75	83	85	86	88	88	78	80	79.6	
2009	78	74	71	72	75	83	83	82	80	84	81	77	78.3	
2010	73	73	71	74	79	85	87	88	88	82	80	73	79.4	
2011	77	73	70	69	79	87	86	83	86	88	80	79	79.8	
2012	77	76	72	71	77	81	81	83	81	84	74	76	77.8	
2013	75	73	69	70	73	82	83	83	85	85	83	79	78.3	
2014	74	72	69	71	73	80	78	82	84	87	83	76	77.4	
2015	74	73	70	71	74	82	82	79	81	84	82	81	77.6	
2016	77	69	69	70	79	86	85	83	85	88	81	83	79.5	
2017	78	71	70	72	83	85	86	85	86	87	81	79	80.1	
2018	74	74	70	70	79	83	83	83	83	87	81	78	78.7	
2019	74	71	69	68	81	83	82	82	85	86	80	79	78.4	
Suma	1057	1020	989	990	1074	1167	1165	1165	1176	1201	1125	1097	1102	
Media	76	73	71	71	77	83	83	83	84	86	80	78	79	
Max	78	76	74	74	83	87	87	88	88	88	83	83	80	
Min	71	69	69	68	73	80	78	79	80	82	74	73	77	

Fuente: (INITER, 2019).

Tabla 10. Datos de Brillo solar mensual.

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES														
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA														
RESUMEN METEOROLÓGICO ANUAL														
Departamento: RIVAS	RIVAS /						Código:	69070						
Departamento: RIVAS							Municipio:	RIVAS						
Latitud:	11°26'06"						Longitud:	85°50'00"						
Años:	1968-2018						Elevación:	70 msnm						
Parámetro:	Brillo Solar (h/dec)						Tipo:	HMP						
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma	
2005	262.1	241.8	233.7	198.9	147.2	104.3	165.8	156.6	115.5	99.0	116.5	208.0	2049.4	
2006	207.2	210.4	253.0	242.2	193.2	132.7	139.0	162.6	188.6	170.4	194.1	201.4	2294.8	
2007	272.9	260.5	269.9	237.4	188.5	156.6	148.5	168.5	148.9	140.5	164.7	207.7	2364.6	
2008	232.2	241.9	272.7	269.8	197.4	147.8	138.3	176.8	157.0	112.5	184.5	181.7	2312.6	
2009	235.5	236.2	280.1	268.4	236.2	173.9	144.2	182.3	208.5	187.1	201.6	248.9	2602.9	
2010	253.7	238.0	273.7	238.6	200.0	154.8	128.6	154.6	140.7	198.3	176.6	257.8	2415.4	
2011	248.2	240.8	278.9	264.2	180.8	132.9	144.1	114.3	159.0	108.4	192.7	199.9	2264.2	
2012	228.8	233.0	283.4	253.0	190.0	185.4	155.6	201.6	197.7	176.9	216.4	239.7	2561.5	
2013	261.8	250.6	266.3	276.7	221.8	156.2	125.1	185.4	158.3	205.5	220.6	233.7	2562	
2014	247.4	254.8	281.0	248.9	242.1	173.9	212.3	201.0	169.3	160.5	155.6	224.5	2571.3	
2015	256.6	250.6	271.5	255.9	237.4	182.8	156.8	200.6	172.9	223.9	233.1	262.8	2704.9	
2016	274.2	252	281.2	254.7	225.5	156.4	148.6	183.3	194.5	174.1	163.9	172.7	2481.1	
2017	247.3	260.9	278	273.4	170.3	136.6	137.2	180.5	152.3	131.6	205.4	203.3	2376.8	
2018	230.9	234.5	277.4	261.5	182.74	136.4	135.0	167.4	164.0	146.8	206.5	242.1	2385.24	
2019	248.3	244.0	271.0	252.5	202.3	153.4	149.5	174.5	166.4	160.7	186.6	218.6	2427.8	
Media	247.1	243.3	271.5	253.1	200.9	152.2	148.5	174.0	166.2	159.7	188.0	220.3	2424.8	
Max	274.2	260.9	283.4	276.7	242.1	185.4	212.3	201.6	208.5	223.9	233.1	262.8	2704.9	
Min	207.2	210.4	233.7	198.9	147.2	104.3	125.1	114.3	115.5	99.0	116.5	172.7	2049.4	

Fuente: (INITER, 2019).

Tabla 11. Datos de velocidad del viento medio mensual.

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES													
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA													
RESUMEN METEOROLÓGICO ANUAL													
Departamento:	RIVAS / RIVAS /						Código:	69070					
Departamento:	RIVAS						Municipio:	RIVAS					
Latitud:	11°26'06"						Longitud:	85°50'00"					
Años:	1968-2018						Elevación:	70 msnm					
Parámetro:	Viento Medio 10m (m/seg)						Tipo:	HMP					
Año	Ene	Febr	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic	Media
2005	4.3	4.4	2.4	2.7	1.8	0.5	1.6	1.9	2.0	1.9	2.0	2.8	2.4
2006	4.1	4.2	4.3	3.5	2.4	2.1	2.2	2.4	2.0	1.9	2.4	3.3	2.9
2007	4.5	4.1	4.3	3.1	2.5	2.1	2.3	1.3	1.5	1.1	2.7	3.1	2.7
2008	4.0	3.8	3.6	3.5	2.2	2.3	2.0	1.7	1.2	1.2	2.3	3.3	2.6
2009	3.8	4.6	4.1	3.8	2.6	1.5	2.9	3.0	2.7	1.8	2.4	3.4	3.1
2010	4.5	3.9	3.8	3.1	2.7	1.5	1.3	0.7	1.0	1.6	2.3	3.7	2.5
2011	3.8	4.3	4.0	3.5	2.2	1.6	1.6	1.7	1.1	1.6	2.5	3.4	2.6
2012	4.0	4.2	4.8	3.1	2.2	1.9	3.4	1.8	2.4	1.7	3.2	3.2	3.0
2013	4.2	3.9	4.0	3.6	2.8	2.2	2.2	2.1	0.9	1.3	1.9	3.1	2.7
2014	3.8	4.0	3.9	3.8	3.3	3.2	3.9	2.5	1.5	1.2	2.3	3.4	3.1
2015	4.1	3.9	4.5	3.7	3.9	3.3	3.7	3.5	2.3	1.6	2.2	3.5	3.4
2016	3.9	4.7	3.9	3.3	2.4	1.8	2.6	1.9	1.7	1.2	1.6	2.6	2.6
2017	3.4	2.9	3.3	1.7	0.3	0.7	1.3	1.1	0.5	1.0	1.3	3.4	1.7
2018	3.9	4.8	3.9	3.1	1.4	1.7	2.8	2.3	1.4	1.3	2.2	3.3	2.7
2019	3.9	3.5	3.7	2.7	1.0	1.8	2.2	1.4	0.8	0.6	1.9	2.3	2.2
Suma	56.2	57.8	54.8	45.4	32.7	26.4	33.8	27.9	22.2	20.3	31.2	45.6	37.9
Media	4.0	4.1	3.9	3.2	2.3	1.9	2.4	2.0	1.6	1.5	2.2	3.3	2.7
Max	4.5	4.8	4.8	3.8	3.9	3.3	3.9	3.5	2.7	1.9	3.2	3.7	3.4
Min	3.4	2.9	2.4	1.7	0.3	0.5	1.3	0.7	0.5	1.0	1.3	2.6	1.7

Fuente:

(INITER,

2019).

Tabla 12. Resumen de variaciones hídricas, en el ciclo 2015-2019.

CICLOS	PRECIPITACION	EVAPOTRANSPIRACION	REQ T DE RIEGO	NO. EVENT. DE RIEGO
2005-2006	1561.9	1376.7	672.3	75
2006-2007	787.3	1546.9	926.9	104
2007-2008	1651.5	1431	718.4	83
2008-2009	1512.9	1434	754.6	85
2009-2010	922	1583.2	956.1	104
2010-2011	1459.5	1436.4	829.4	90
2011-2012	1613.5	1404.8	701.1	76
2012-2013	768.7	1592.3	1020.4	112
2013-2014	1073.6	1494.1	823.8	95
2014-2015	955.3	1549.4	908.1	107
2015-2016	617.8	1682.1	1045.6	115
2016-2017	1246.5	1432.8	802.9	92
2017-2018	1505	1403.7	758.4	84
2018-2019	891.8	1511.4	895.7	100

Fuente: propia.

Tabla 13. Proforma de materiales para la instalación de sistema de riego.



COTIZACION # 169-260521-WB

MANAGUA - NICARAGUA
Carretera Norte, km 1.8 - Frente a planta Managua
Telefonos: 22493221
22506190
email: sumitexsa@gmail.com

Fecha de elaboración 26/5/2021
Fecha de vencimiento 10/6/2021

CLIENTE	VENDEDOR	ENTREGA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA ATENCIÓN: MSc. JOSE MAMERTO MENDEZ MANAGUA - NICARAGUA	ING. ZENELIA BLANCO SUMITEX S.A TIPITAPA, NIC CEL: 8787-1349 ventas@sumitexsa.com	TRANSPORTE: NO LUGAR DE ENTREGA: BODEGA MANAGUA FECHA DE ENTREGA: CINCO DIAS RESP. DE ENTREGA: RECIBE:

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNIT	TOTAL
1	TUBO PVC 2" X 6 METROS SDR 41	81	9.40	761.27
2	TUBO PVC 1.50 X 6 METROS SDR 41	20	8.74	174.77
3	TUBO PVC 3" X 6 METROS SDR 41	53	20.38	1,080.18
4	TE LISA PVC 3"	3	6.02	18.06
5	TE LISA PVC 2 1/2"	2	4.62	9.24
6	TE LISA PVC 2"	14	1.54	21.62
7	ADAPTADOR MACHO PVC DE 2"	21	2.56	53.78
8	ADAPTADOR HEMBRA PVC DE 1"	12	0.59	7.13
9	REDUCTOR PVC 2 1/2" X 2"	3	2.44	7.33
10	REDUCTOR PVC 3" X 2 1/2"	1	4.62	4.62
11	REDUCTOR PVC 3" X 2"	4	2.38	9.50
12	TAPON HEMBRA ROSCA PVC 2"	9	1.54	13.90
13	CODO LISO PVC 2" X 90	22	1.50	33.11
14	VALVULA CHECK DE 2" DE CLAPETA - GENEBRE	1	66.00	66.00
15	VALVULA HIDRAULICA 2"	6	165.00	990.00
16	VALVULA DE AIRE CINETICA DE 1"	12	20.00	240.00
17	REDUCTOR PVC 1.5" X 1"	12	0.57	6.81
18	ROLLO CINTA DE GOTEO DE 2,200M/ 1LPH/ 20CM ENTRE GOTERO/8MILESIMAS	6	150	900.00
19	METROS MANGUERA DE POLIETILENO 16MM	105	0.24	25.20
20	CONECTOR INICIAL PVC X 16MM	209	0.2	41.80
21	EMPAQUE GROMMET	209	0.15	31.35
22	CONECTOR FINAL PE X CINTA 16MM	209	0.35	73.15
23	PEGAMENTO PVC GALON	1	28.78	28.78
24	EQUIPO DE BOMBEO ELECTRICO CON LAS SIGUIENTES ESPECIFICACIONES: BOMBA SUMERGIBLE 80GPM@100 PIES DE CARGA MOTOR ELECTRICO SUMERGIBLE 3HP/230V/ 60HZ MONOFASICO CONTROL BOX 3HP/ 230 VOLTIOS/ 60HZ	1	1087.50	1087.50
25	INSTALACION DE 4.26MZ DE RIEGO POR GOTEO PEGADO DE TUBERÍA, INTALACION CONECTORES Y CINTA DE GOTEO INSTALACION DE VALVULAS DE AIRE Y VALVULAS HIDRAULICAS SUMITEX S.A CTA BAC CS\$: 363-470-659 CTA BAC US\$: 363-470-709	1	520	520

TERMINOS Y CONDICIONES DE LA VENTA		SUB TOTAL U\$	6,205.09
FORMA DE PAGO:	CONTADO	IMPUESTO 15% U\$	930.76
TIEMPO DE ENTREGA:	CINCO DIAS DESPUES DE REALIZADO EL PAGO	TOTAL U\$	7,135.85
CREDITO:			
DIAS DE CREDITO:			
FECHA DE VENCIMIENTO:			
POR CADA MES DE ATRASO SE COBRARA 5% ADICIONAL POR MORA			

DETALLES ADICIONALES
Elaborada por: ING. ZENELIA BLANCO
TODOS NUESTROS SERVICIOS Y PRODUCTOS SON DE PRIMERA CALIDAD, Y CUMPLEN CON TODAS LAS NORMAS TECNICAS

Fuente: SUMITEX SA.