



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Facultad de Tecnología de la Construcción**

**Monografía**

**DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO POR MICROASPERSIÓN PARA EL  
CULTIVO DEL PLÁTANO (*Musa sp*) VARIEDAD CUERNO ENANO, EN LA  
FINCA AGRÍCOLA EXPERIMENTAL (FAE-UNI) UBICADA EN LA  
COMUNIDAD LA BOLSA, MUNICIPIO DE MASAYA, DEPARTAMENTO DE  
MASAYA, 2022.**

Para optar al Título de Ingeniero Agrícola

**Elaborado por**

Br. Lía Roxana Aráuz Moreno  
Br. Eduardo Enrique Sánchez Quintanilla

**Tutor**

Ing. José Mamerto Méndez

Managua, Agosto 2022

## **DEDICATORIA**

### ***A Dios Todopoderoso:***

*Por ser mi fortaleza, mi camino, mi felicidad y mi dador de salud, inteligencia y amor.*

### ***A Mi Madre:***

*María Guadalupe Moreno, Porque gracias a sus sacrificios y esfuerzos logré culminar mis estudios, por su apoyo incondicional y por ser mi gran ejemplo de Espíritu de superación.*

### ***A Mi Hermano:***

*Flavio Cesar Arauz Moreno, quien gracias a su ejemplo he encontrado las ganas de seguir luchando por la vida.*

### ***A Mi consejero espiritual:***

*Padre Foster Cerda Granados s.d.b, gracias a su apoyo y motivación que me ha brindado en todo momento para culminar este trabajo monográfico.*

*Br. Lía Roxana Arauz Moreno*

## **AGRADECIMIENTOS**

### ***A Dios Todopoderoso:***

*Por darme la bendición de cada día, la salud, la inteligencia y la fortaleza para luchar en todo momento.*

### ***A Mis Padres:***

*César Augusto Aráuz Blandón y María Guadalupe Moreno, por los buenos consejos y educarme con principios y valores fundamentales que me han hecho una mujer de bien y enseñarme que con esfuerzo y dedicación todo se logra.*

### ***A Mis Abuelas:***

*Rosa Emília Blandón y Trinidad de los Ángeles Moreno, gracias a sus consejos, apoyo incondicional y los buenos valores que inculcaron en mi formación personal.*

### ***A mi consejero Espiritual:***

*Padre Foster Cerda Granados S.d.b, gracias por brindarme su apoyo incondicional cuando más lo necesite, relacionado a la vida y el estudio.*

### ***A Mis Amigos:***

*Luis Eduardo Fuentes y Jordany Altamirano, quienes me brindaron su amistad y buenos consejos, acompañándome en los buenos y malos momentos de mi vida.*

### ***A Mi Tutor:***

*Msc. Ing. José Mamerto Méndez Úbeda, por su comprensión, motivación, conocimientos y el esfuerzo realizado para poder culminar este trabajo.*

*Br. Lía Roxana Aráuz Moreno*

## **DEDICATORIA**

### ***A Dios Todopoderoso:***

*Por ser mi fortaleza, mi camino, mi felicidad y mi dador de salud, inteligencia y amor.*

### ***A Mi Madre:***

*Martha Lorena Quintanilla Rayo por haber sido un apoyo incondicional a lo largo de toda la carrera, por brindarme sus consejos y en ocasiones sus llamados de atención.*

### ***A Padre:***

*Luis Alberto Sánchez Muñoz por su apoyo económico para sufragar mis gastos, por ser mi consejero y guía espiritual, por ser un ejemplo de lucha y constancia.*

### ***A Mi Hija:***

*Sofía Leilany Sánchez Arosteguí, por ser el motivo que me da la fuerza de seguir adelante cada día, por volver mis días oscuros en claros con tan solo una sonrisa. Hija mía, que este documento sea un motivo para procurar logros más allá de los que yo he alcanzado. Tu papito que te ama.*

*Dr. Eduardo Enrique Sánchez Quintanilla*

## **AGRADECIMIENTOS**

### ***A Dios Todopoderoso:***

*Por darme la bendición de cada día, la salud, la inteligencia y la fortaleza para luchar en todo momento.*

### ***A Mis Padres:***

*Luis Alberto Sánchez Muñoz y Martha Lorena Quintanilla Rayo, por los buenos consejos y educarme con principios y valores fundamentales que me han hecho una persona de bien y enseñarme que con esfuerzo y dedicación todo se logra.*

### ***A Mis Compañeros:***

*Luis Mariano Corrales, Wilyon Saturnino Rodríguez, Lía Arauz Moreno, Braulio José Salgado, quienes me brindaron su amistad y buenos consejos, por compartirme sus conocimientos en alguna materia, a todos Gracias!*

### ***A Mi Tutor:***

*Msc. Ing. José Mamerto Méndez Úbeda, por su paciencia, motivación, conocimientos y el esfuerzo realizado para poder culminar este trabajo.*

*Br. Eduardo Enrique Sánchez Quintanilla*

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	2
3. JUSTIFICACIÓN.....	3
4. OBJETIVOS .....	4
4.1. OBJETIVOS GENERALES .....	4
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
5. MARCO TEÓRICO .....	5
5.1. CULTIVO DEL PLÁTANO .....	5
5.1.1. Origen.....	5
5.1.2. Importancia del cultivo del plátano .....	5
5.1.3. Taxonomía.....	6
5.1.4. Morfología.....	6
5.1.5. Aspectos fenológicos .....	8
5.1.6. Importancia del cultivo del Plátano.....	10
5.1.7. Variedad Cuerno Enano .....	10
5.1.8. Plagas del cultivo de plátano .....	11
5.1.9. Enfermedades del cultivo de plátano .....	13
5.1.10. Necesidades hídricas de cultivo.....	16
5.1.11. Labores culturales.....	18
5.1.12. Requerimientos edafoclimáticos .....	24
5.2. CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS DEL SUELO .....	26
5.2.1. El agua en el suelo .....	26
5.2.2. Pérdidas de agua del suelo.....	40
5.3. RIEGO .....	41
5.3.1. Sistemas de riegos más utilizados en el cultivo de plátano .....	41
5.3.2. Riego por microaspersión .....	42
5.3.3. Componentes .....	43
5.3.4. Calidad del agua de Riego.....	45

5.3.5.	Características más importantes del sistema de riego por microaspersión .....	46
5.3.6.	Ventajas.....	47
5.3.7.	Desventajas .....	47
5.3.8.	Requisitos básicos para la implementación del sistema de riego por microaspersión .....	48
5.3.9.	Diseño agronómico de un sistema de riego por microaspersión ....	50
5.3.10.	Diseño hidráulico de un sistema de riego por microaspersión.....	50
5.4.	TOPOGRAFÍA.....	50
5.4.1.	División de la Topografía .....	51
6.	METODOLOGÍA.....	52
6.1.	LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	52
6.1.1.	Macro localización .....	52
6.1.2.	Micro localización.....	53
6.2.	ESTUDIO DE SUELO .....	53
6.3.	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO .....	54
6.4.	EQUIPO DE BOMBEO.....	54
6.4.1.	Determinación de la curva de gasto del equipo de aforo.....	54
6.4.2.	Determinación de la calidad de agua para riego .....	55
6.4.3.	Condiciones climáticas del sitio.....	55
6.5.	DISEÑO AGRONÓMICO, GEOMÉTRICO E HIDRÁULICO .....	55
6.5.1.	Diseño agronómico .....	55
6.5.2.	Diseño geométrico .....	60
6.5.3.	Diseño hidráulico .....	61
7.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	69
7.1.	PROPIEDADES HIDROFÍSICAS DEL SUELO .....	69
7.2.	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO .....	71
7.3.	CALIDAD Y CANTIDAD DE AGUA PARA RIEGO .....	73
7.4.	CÁLCULO DEL DISEÑO AGRONÓMICO .....	77
7.4.1.	Análisis del diseño agronómico.....	80
7.5.	CÁLCULO DE DISEÑO HIDRÁULICO .....	81

7.5.1. Diseño de la tubería lateral .....	81
7.5.2. Diseño de la tubería maestra .....	83
7.5.3. Diseño tubería conductora .....	86
7.5.4. Análisis del diseño hidráulico .....	88
7.6. ANÁLISIS DEL DISEÑO GEOMÉTRICO .....	90
8. CONCLUSIONES .....	92
9. RECOMENDACIONES .....	94
10. BIBLIOGRAFÍA.....	95
11. ANEXOS .....	i

### INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del Cultivo del Plátano .....	6
Tabla 2. Sistemas de siembra, densidades y ciclo de siembra de la variedad cuerno enano .....	21
Tabla 3. Tipos de estructura de suelo .....	30
Tabla 4. Relación de la estructura de suelo con la velocidad de infiltración .....	31
Tabla 5. Clasificación de las partículas del suelo según el United States Departamento f Agriculture (USDA) .....	34
Tabla 6. Clasificación de la Magnitud de la Infiltración .....	39
Tabla 7. Valores de fe según el tipo de conexión .....	62
Tabla 8. Resultado de análisis de suelo.....	70
Tabla 9. Resultado de prueba de aforo pozo con bomba sumergible.....	74
Tabla 10. Presión vs caudal .....	75
Tabla 11. Resultados de análisis de agua .....	76
Tabla 12. Resultados del diseño agronómico .....	80
Tabla 13. Resultados del diseño hidráulico .....	89
Tabla 14. Listado de materiales para sistema de riego en 1.31 Ha .....	iii
Tabla 15. Coeficientes Kc recomendado por la FAO para ser utilizados utilizando la evapotranspiración de referencia calculada por Penman-Monteith .....	iv
Tabla 16. Profundidad radicular efectiva de los cultivos más comunes.....	iv
Tabla 17. Coeficientes de Christiansen.....	v
Tabla 18. Longitud equivalente de la conexión de un emisor.....	vi
Tabla 19. Datos meteorológicos de la Estación Masaya (L. Oxidación).....	vii
Tabla 20. Determinación de la ETo – Método de Penman Monteith.....	vii
Tabla 21. Datos de campo de Prueba de Infiltración .....	viii

Tabla 22. Lamina acumulada ajustada.....	ix
Tabla 23. Velocidad de infiltración ajustada .....	x
Tabla 24. Resultados de lámina y velocidad de infiltración ajustados .....	xi

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Morfología del cultivo del Plátano.....	8
Figura 2. Etapas fenológicas del cultivo del plátano .....	9
Figura 3. Racimo de Plátano variedad "cuerno enano" .....	11
Figura 4. Evapotranspiración del cultivo.....	17
Figura 5. Sistema de siembra de cultivo del Plátano .....	21
Figura 6. Triángulo de textura de suelo.....	33
Figura 7. Esquema de pH del suelo.....	39
Figura 8. Componentes de un sistema de riego .....	43
Figura 9. Departamento de Masaya.....	52
Figura 10. Ubicación del lugar de estudio "Finca Experimental Agrícola" .....	53
Figura 11. Plano topográfico de curvas a nivel y detalles .....	72
Figura 12. Curva de gasto .....	75
Figura 13. Diseño geométrico .....	91
Figura 14. Estación de bombeo.....	i
Figura 15. Prueba de Infiltración.....	i
Figura 16. Levantamiento topográfico con estación total Sokkia.....	ii
Figura 17. Cultivo de Plátano Cuerno Enano .....	ii
Figura 18. Curva de infiltración acumulada .....	xii
Figura 19 Curva de velocidad de infiltración.....	xii
Figura 20. Características del Microaspersor .....	xiii
Figura 21. Especificaciones técnicas del Microaspersor .....	xiv
Figura 22. Válvula hidráulica .....	xv
Figura 23. Especificaciones de Válvula hidráulica.....	xvi

# 1. INTRODUCCIÓN

En Nicaragua la agricultura bajo el riego se inició en la década de los 50 para plantaciones de banano y caña de azúcar, haciendo uso de sistema de riego no tecnificado. En la década de los 80's se introducen los sistemas de riego por aspersión con pivote central automatizado. En estos tiempos el riego localizado tiene un gran auge como la solución a distintos problemas económicos y ambientales referidos a la actividad del riego para la producción de los cultivos.

El riego es una actividad que se ha venido utilizando desde hace varias décadas, esta técnica ha logrado la optimización gracias al desarrollo de la tecnología y la industria. El mismo consiste en la distribución equitativa y controlada de cantidades específicas de agua a un cultivo, las cantidades de agua requerida dependen del cultivo, factores climáticos y el tipo de suelo. En la actualidad, existe un fuerte empuje del micro riego, como una estrategia prodigiosa para el desarrollo agrícola y continuará incrementándose en la medida en que se tome como una vía para el desarrollo de los procesos agrícolas hacia una modernización del sector.

El plátano es uno de los alimentos con datos de años en exportación y consumo de los nicaragüenses y es de debido a su alta demanda la necesidad la colonización de nuevas zonas de producción.

La Finca Agrícola Experimental de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) ha sido el escenario de validaciones de algunos cultivos de estudios, entre ellas el plátano. El lugar cuenta con suelos muy aptos para la producción agrícola, y recientemente con una fuente de agua casi permanente.

El presente trabajo se propuso el diseño de un sistema de riego por microaspersión aplicado al cultivo de plátano variedad cuerno enano, donde se cultivó un área de 1.31 ha. Para la realización del diseño fue necesario el levantamiento topográfico, muestreos y análisis de suelos, aforamiento de la fuente y la recopilación de información acerca de los datos climáticos del sitio.

## **2. ANTECEDENTES**

Ante la situación del desarrollo agrícola del país, la Universidad Nacional de Ingeniería se interesa por dar a los estudiantes una mejor enseñanza implementada en las prácticas de campo, decide con apoyo de la Facultad de Tecnología de la Construcción adquirir una finca en la comunidad La Bolsa, ubicada en el departamento de Masaya. La universidad decide llamarla Centro Experimental Agrícola (CEA-UNI), la cual está siendo ocupada para fines de estudios físicos- químicos y morfológicos del suelo y la utilización de algunos sistemas de riegos para que se orienten los alumnos en la preparación en el área agrícola.

Actualmente las instituciones como el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) y el Ministerio Agropecuario (MAG) proponen programas para el desarrollo y mejoramiento de los sistemas de riego y mecanización agrícola en las áreas disponibles de mayor potencial productivo, esto como un apoyo a los servicios del sector agropecuario para cubrir la demanda de una mayor producción agrícola que conlleve el progreso integral del sector rural.

Se tiene que en el año 2012 estudiantes de la carrera de ingeniería agrícola realizaron un estudio monográfico de: “Diseño de sistema de riego por aspersión en el cultivo del plátano (*Musa Paradisiaca*) en el Centro Experimental Agrícola CEA-UNI”, variedad que depende de los requerimientos hídricos y edafoclimáticos para una óptima producción.

### **3. JUSTIFICACIÓN**

El incremento de los costos de mano de obra agrícola y el déficit mundial del agua, los agricultores del mundo encuentran que es más justificable económicamente usar sistemas de riego presurizados para aplicar agua al suelo.

El cultivo de musáceas (plátano) se cataloga como un cultivo potencialmente rentable y como una alternativa de sustento alimenticio para la población nacional y como materia de exportación, genera ingresos de corto plazo al productor, y empleos permanentes en las actividades de manejo de la plantación.

En Nicaragua uno de los problemas que presenta el cultivo es el poco desarrollo tecnológico en las diferentes etapas de su proceso productivo, la ineficiencia del riego es uno de ellos. Debido a la ausencia de sistemas de riego, la producción es de carácter estacional por depender de la época lluviosa.

En la Finca Agrícola Experimental se establecerá el plantío de plátano con la implementación de un sistema de riego por microaspersión, por lo que nos concierne realizar su respectivo diseño a partir de los datos climáticos del sitio, características del suelo, demanda del cultivo, entre otros.

El resultado del presente trabajo será base para incentivar el riego en plantíos de plátano que actualmente cultivan de forma estacional. A la vez ser una fuente de información para futuros estudios.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. OBJETIVOS GENERALES**

- Diseñar un sistema de riego por microaspersión para el cultivo del plátano (*Musa sp*), variedad cuerno enano.

### **4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar las propiedades hidrofísicas del suelo para el establecimiento del riego, mediante el muestreo y procedimientos en el laboratorio.
- Realizar levantamiento altiplanimetrico del área de estudio para el dimensionamiento geométrico del sistema de riego a instalarse.
- Determinar la calidad y cantidad de agua para el riego del pozo localizado en la FAE, a través de análisis de laboratorio y prueba de bombeo en campo.
- Realizar el diseño agronómico e hidráulico del sistema de riego, para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo de plátano.

## **5. MARCO TEÓRICO**

### **5.1. CULTIVO DEL PLÁTANO**

#### **5.1.1. Origen**

El origen de las musáceas es el suroeste asiático. Se cree que el genoma Balbisiana se originó en la costa este de la India y el genoma Acuminata en la costa este de lo que actualmente es Malasia, Tailandia y Myanmar. Las condiciones ecológicas donde se originaron las musáceas fue bajo el sotobosque por lo que esta especie se considera como umbrófila, es decir que necesitan algo de sombra para el normal desarrollo.

Es por esta razón por la cual la planta de plátano no cierra totalmente sus estomas en las horas de mayor temperatura diurna y debe replegar sus dos semifolículos para evitar mayor deshidratación. En 1516, los europeos lo introdujeron en América y las Antillas.

En la actualidad es un cultivo de amplia distribución por su adaptación, tanto en los trópicos como subtrópicos. Sin embargo, las mayores plantaciones comerciales se encuentran en los trópicos húmedos. Los países africanos como Uganda y Ruanda son los mayores productores de plátano en el mundo (Mejía Calderón, 2018).

#### **5.1.2. Importancia del cultivo del plátano**

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 y 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.

La comercialización de esta fruta en nuestro país ocupa el segundo lugar de importancia, destinando los volúmenes de producción únicamente para el mercado local y centroamericano (Honduras y El Salvador) con bajas exigencias de calidad en presentación de fruta fresca y procesada (plátano pelado y embolsado). Las mayores áreas de producción se ubican en el Departamento de Rivas, principalmente en la Isla de Ometepe (Mejia Calderón, 2018).

### 5.1.3. Taxonomía

Musa paradisiaca es obtenida horticulturalmente a partir de las especies silvestres Musa acuminata y Musa balbisiana como cultivares genéticamente puros de estas especies. Fue clasificado originalmente por Carlos Linneo como Musa paradisiaca en 1,753, la clasificación taxonómica se detalla a continuación:

**Tabla 1. Taxonomía del Cultivo del Plátano**

<b>Reino</b>	<b>Plantae</b>
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Zingiberales
Familia	Musaceae
Genero	Musa
Especie	Paradisiaca

**Fuente:** (Mejia Calderón, 2018).

### 5.1.4. Morfología

#### ➤ **Planta**

Es de tipo herbáceo gigante, el tallo verdadero es un órgano de reserva subterráneo llamado rizoma o cormo y el tallo aparente es un pseudotallo, que es el resultado de la unión de las vainas foliares. Puede medir de 3 a 6 metros de altura (Mejia Calderón, 2018).

➤ **Raíces**

Son superficiales distribuidas en una capa de 30-40 cm, concentrándose la mayoría a los 15 a 20 cm. Son de color blanco y tiernas cuando emergen, posteriormente son duras, amarillentas. Pueden alcanzar los 3 m de crecimiento lateral y 1,5 m de profundidad. El poder de penetración de la raíz es débil, por lo que la distribución radicular está relacionada con la textura y estructura del suelo (Mejia Calderón, 2018).

➤ **Hojas**

Muy grandes y dispuestas en forma de espiral, de 2-4 m. de largo y hasta de 0.50m de ancho, con un peciolo de 1 m o más de longitud y limbo elíptico alargado, ligeramente decurrente hacia el peciolo, un poco ondulado y glabro (Mejia Calderón, 2018).

➤ **Tallo**

El verdadero tallo es un rizoma grande, almidonoso, subterráneo, que está coronado con yemas; éstas 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 pseudotallo (Mejia Calderón, 2018).

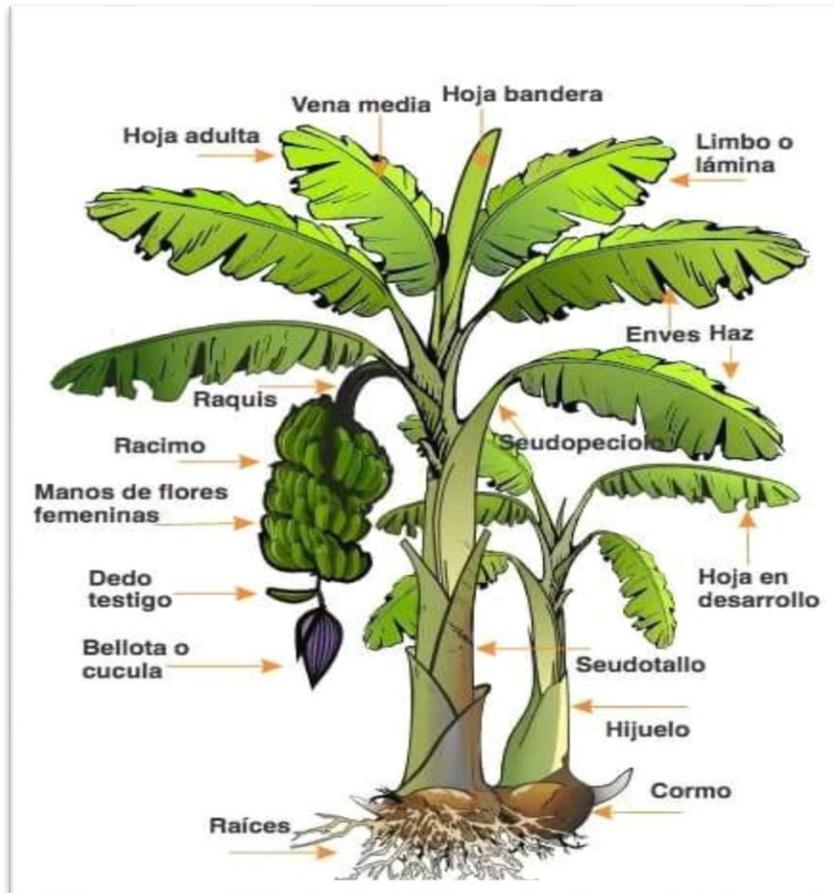
➤ **Flores**

Las flores son amarillentas, irregulares y con 5 estambres fértiles y uno estéril. El gineceo tiene tres pistilos, con ovario ínfero, el conjunto de inflorescencia constituye el régimen de la platanera; cada grupo de flores reunidas en cada bráctea forma una reunión de frutos llamado mano, que contiene de 3 a 20 frutos (Mejia Calderón, 2018).

### ➤ Fruto

El fruto es una valla alargada de tres o seis lados, con un grado de encurvamiento y longitud que varía según la variedad, éste se forma a partir del ovario de una flor pistilada. Los pequeños puntos que se observan al abrir el fruto son los óvulos abortados que se ponen negros (Mejia Calderón, 2018).

**Figura 1. Morfología del cultivo del Plátano**



Fuente: (Mejia Calderón, 2018).

#### **5.1.5. Aspectos fenológicos**

Morfológicamente, el desarrollo de una planta de Plátano comprende tres fases: Vegetativa, Floral y de Fructificación.

➤ **Fase Vegetativa**

Tiene una duración de Tiene una duración de 6 meses y es donde en su inicio ocurre la formación de raíces principales y secundarias, desarrollo de pseudotallo e pseudotallo e hijos.

➤ **Fase Flora**

Tiene una duración aproximada de tres meses a partir de los seis meses de e tres meses a partir de los seis meses de la fase vegetativa. El tallo floral se eleva del a fase vegetativa. El tallo floral se eleva del Cormo a través del pseudotallo y es visible hasta el momento de la aparición de la inflorescencia.

➤ **Fase de Fructificación**

Tiene una duración aproximada de tres meses y ocurre después de la fase floral, en esta fase se diferencia las flores masculinas y las flores femeninas (dedos) y hay una disminución gradual del área foliar y finaliza con la cosecha, el tiempo desde inicio de la floración a la cosecha del racimo es de 81 a 90 días (Mejía Calderón, 2018).

**Figura 2. Etapas fenológicas del cultivo del plátano**



Fuente: UPTC – Colombia

### **5.1.6. Importancia del cultivo del Plátano**

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 consumo nacional de plátano es bajo, debido a la cultura de utilizar como bastimento la tortilla de maíz, utilizándose únicamente como tostones, cocido o procesado, llegando a un consumo por persona de 9 gr al día.

El plátano es notoriamente consumido en Nicaragua y la Región Centroamericana, en estos últimos años el país ha estado logrando autosatisfacer la demanda nacional que no está calculada técnicamente. 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 (Mejia Calderón, 2018).

### **5.1.7. Variedad Cuerno Enano**

La planta tiene una altura media de 2.50 m, es resistente al acame causado por el viento. Diámetro de pseudo tallo mayor de 0.25 metros, con abundantes hojas anchas. Los racimos son cortos, un estimado de 41 frutos por racimo, con promedio de 13 kg de peso por racimo, de buen sabor y excelente calidad. El periodo de floración a cosecha es de 80 – 85 días. La cosecha se inicia entre 10 – 11 meses después de la siembra (Mejia Calderón, 2018).

**Figura 3. Racimo de Plátano variedad "cuerno enano"**



Fuente: (Mejia Calderón, 2018).

#### **5.1.8. Plagas del cultivo de plátano**

##### ➤ **Picudo negro (*Cosmopolites sordidus*)**

Destruye el tejido de los cornos, la larva hace galerías reduciendo el vigor de la planta, las hojas no despliegan y están amarillas y marchitas. La planta produce racimos pequeños con frutos deformes, detiene el crecimiento e interrumpe la conexión entre el tallo y raíces, la hoja bandera no se abre y la planta puede morir.

##### **Manejo de plagas:**

Limpiar corno de las plantas fertilizar adecuadamente, controlar malezas, deshojar eficiente, sembrar material libre de plaga, destruir residuos vegetativos, asegurar crecimiento óptimo, picar el pseudotallo y después de la cosecha, usar coberturas muertas (cáscara seca o pergamino de café).

- Uso de trampas para capturar los adultos (Mejia Calderón, 2018).

##### ➤ **Nematodos (*Radophulos similis*)**

Atacan y destruyen el sistema radical de las plantas, lo cual se refleja en un raquitismo general y menor peso de los racimos.

Propician la pudrición del corno y el volcamiento de las plantas con racimos en desarrollo.

Las infestaciones crónicas disminuyen gradualmente el rendimiento y acortan la vida productiva de una plantación.

**Manejo de plagas:**

- Evitar establecer una plantación en lugares infestados.
- Tratamiento químico del rizoma antes de la siembra.
- Realizar drenajes adecuados en el área de siembra.

Si estas medidas no son suficientes se debe realizar un adecuado control con nematicidas (Mejia Calderón, 2018).

➤ **Oruga barredora del Plátano (*Leucocastnia licus*)**

Barrenado del pseudotallo de arriba hacia abajo, pudiendo perforar los bulbos y rizomas. En infestaciones severas pueden causar la muerte de la planta. Las galerías están llenas de un exudado gomoso, de apariencia gelatinosa, mezclado con los excrementos de la larva.

**Manejo de plagas:**

Eliminación de plantas infestadas. Eliminación de rastrojos. Mantener el campo limpio, sobre todo hojas secas, que es allí donde oviposita el adulto (Mejia Calderón, 2018).

➤ **Acaro (Familia Tetranychidae)**

Daños: Hojas con manchas como puntos que toman una coloración rojiza cuando avanza la enfermedad y se tornan de color café, formando una telaraña en el envés.

**Manejo de plagas:**

Sales potásicas de ácidos grasos de aceite de palma 50%, 90 – 115 cc/ bomba de 4 galones. Sin restricciones, periodo de espera entre la última aplicación y la cosecha.

Azufre 80 WC, en dosis de 8 g/ bomba de 4 galones. Sin restricción, periodo de espera entre la última aplicación y la cosecha (Mejia Calderón, 2018).

### **5.1.9. Enfermedades del cultivo de plátano**

#### **➤ Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*)**

Inicia con diminutos puntos que se desarrollan hasta formar finas rayas de color pardo rojizos, se unen y oscurecen hasta ennegrecerse, las zonas negras y muertas se secan y adquieren un color más pálido. Las manchas suelen intensificarse hacia el ápice; las hojas afectadas mueren a las 3 o 4 semanas. Es más severas en condiciones de alta humedad y temperatura.

#### **Manejo de plagas:**

- Plantar en suelos francos arenoso con buen drenaje.
- Fertilizar e forma apropiada y oportuna.
- Eliminación de hojas dañadas (deshoje fitosanitario).
- Realizar deshoje cada 15 días en época de mayor precipitación y cada mes cuando hay menos lluvia. (Dejando un mínimo de 12 hojas por planta)
- En caso de que queden hojas caídas, rociarlas con Urea al 10% para inactivar las esporas del hongo (Mejia Calderón, 2018).

#### **➤ Sigatoka Amarilla (*Mycosphaerella musícola*)**

Daños causados: Inicia con manchas de color amarillo a parduzco, con mayor presencia y abundancia en la punta y en el lado izquierda de la hoja. Luego estas manchas se tornan de color café oscuro con halo amarillo bien definido y al unirse hay muerte del tejido.

#### **Manejo de plagas:**

- Plantar en suelos francos arenoso con buen drenaje.
- Fertilizar e forma apropiada y oportuna.
- Eliminación de hojas dañadas (deshoje fitosanitario).

- Realizar deshoje cada 15 días en época de mayor precipitación y cada mes cuando hay menos lluvia. (Dejando un mínimo de 12 hojas por planta)
- En caso de que queden hojas caídas, rociarlas con Urea al 10% para inactivar las esporas del hongo (Mejia Calderón, 2018).

➤ **Mal de Panamá (*Fusarium oxysporum*)**

Atacan raíces e invade el sistema vascular, impidiendo su nutrición normal, deshidratado progresivamente. Presenta hojas amarillas, marchitez y finalmente, la muerte de la planta.

Inicia en hojas inferiores desde los bordes hacia la nervadura central, los haces vasculares presentan coloraciones de amarillas a pardas.

**Control de plagas:**

- Arrancar las plantas dañadas, enterrarlas (1.0 – 1.5 m de profundidad) o quemarlas fuera de la plantación, para evitar la fuente de inóculo.
- Realizar análisis de suelo y luego fertilizar.
- Mantener un drenaje adecuado, ya que el agua es fuente de diseminación de la enfermedad.
- Utilizar material de siembra de plantaciones libre de la enfermedad.
- Aplicar de 1 – 2 kg / planta de yeso agrícola o tiosulfato de calcio.
- Aplicaciones periódicas de quelato de zinc (Mejia Calderón, 2018).

➤ **Punto de Cigarro**

Manchado en la punta del fruto similar a la ceniza de un cigarro.

**Control de plagas:**

- Desflore, consiste en cortar los pistilos de las flores, a los 12 o 15 días de nacido. Cuando los dedos estén en sentido horizontal y la flor comience a necrosarse con un anillo negro, quitar cada flor hacia abajo.

- Aplicar Azoxystrobin 50 WG, en dosis de 5 gr / bomba d 4 galones. 1 día periodo de espera entre la última aplicación y la cosecha (Mejia Calderón, 2018).

➤ **Pudrición del rizoma y pseudotallo (Erwinia sp.)**

Inicia en heridas en el pseudotallo provocado la pudrición de las vainas y rizomas o corno.

Produce hojas amarillentas, inicia desde el borde hasta alcanzar la nervadura central, produce la pudrición de las vainas del pseudotallo y posteriormente muerte de las hojas de abajo hacia arriba, seguido de un olor fético.

Las plantas afectadas muestran marchitez y pérdida del anclaje, como consecuencia esta se dobla.

En condiciones de mucha humedad la bacteria alcanza a los hijos convirtiéndose en el principal medio de propagación.

**Control de plagas:**

- Uso de material sano (plantas y rizomas) libre de la enfermedad, de preferencia vitroplantas.
- Eliminar plantas dañadas, enterrarlas (a una profundidad 1.0 – 1.5 m) o quemarlas fuera de la plantación.
- Mantener un drenaje adecuado, ya que es frente de contaminación y diseminación.
- Rotación de cultivos como pastos, chipilín entre otros.
- Aplicación de cal previo a la siembra (1.5 lb por psotura).
- Sulfato de cobre 24 SC, en dosis de 20 – 30 cc/ bomba de 4 galones (Mejia Calderón, 2018).

### **5.1.10. Necesidades hídricas de cultivo**

#### **➤ Evapotranspiración**

El proceso de evaporación directa del suelo en conjunto con la transpiración de las plantas se conoce como evapotranspiración y depende de las condiciones climáticas de la zona y del tipo de planta (Geotecnia, 2021).

#### **➤ Evapotranspiración de referencia**

La tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia, que ocurre si restricciones de agua, se conoce como evapotranspiración del cultivo de referencia, y se denomina  $E_o$ . La superficie de referencia corresponde a un cultivo es siempre el mismo, la  $E_o$  será mayor o menor según sean condiciones del clima (radiación solar, temperatura, humedad, viento, etc.) y del entorno (según se mida en el exterior o dentro de invernadero) (Geotecnia, 2021).

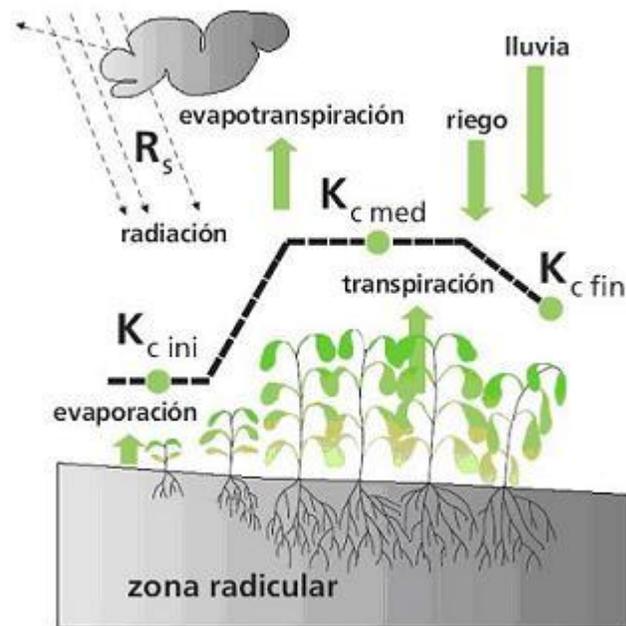
#### **➤ Coeficiente de cultivo**

El coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) describe las necesidades en la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo a medida que se van desarrollando, desde la siembra hasta la recolección. Este dato se puede consultar en referencias de manuales en la FAO.

En los cultivos anuales normalmente se diferencian cuatro etapas o fases del cultivo:

1. Inicial: desde la siembra hasta un 10% de cobertura del suelo aproximadamente.
2. Desarrollo: desde el 10% de cobertura y durante al crecimiento activo de la planta.
3. Media: entre la floración y fructificación, correspondiente en la mayoría de -los casos al 70 - 80% de cobertura máxima de cada cultivo.
4. Maduración: desde la madurez hasta recolección (FAO, 2021).

**Figura 4. Evapotranspiración del cultivo**



Fuente: (FAO, 2021).

➤ **Evapotranspiración del cultivo (Etc)**

Para calcular las necesidades de riego de los cultivos, se calcula la evapotranspiración real o actual del cultivo  $ET_c = ET_o * K_c$ , y se relacionan estos valores con la lluvia para obtener los requerimientos netos de riego del cultivo (FAO, 2021).

➤ **Balance de agua**

Las entradas de agua pueden ser debidas a la lluvia (LL) o al riego (R). Por su parte, las salidas de agua se deberán a la evapotranspiración (ET), la escorrentía (S) o la filtración profunda (Fp) (FAO, 2021).

➤ **Precipitación efectiva**

Es aquella fracción de la precipitación total que es aprovechada por las plantas. Depende de múltiples factores como pueden ser la inclinación del terreno, contenido en humedad del suelo o velocidad de infiltración (FAO, 2021).

### **5.1.11. Labores culturales**

El terreno debe prepararse adecuadamente considerando los siguientes aspectos:

#### **a. Subsoleo**

La finalidad es romper las capas compactas, esta actividad debe hacerse en dependencia a las condiciones físicas del suelo y del sistema de riego (Orientación y profundidad de tuberías) lo más ideal es realizarlo entre los 40 a 50 centímetros (cm) de profundidad.

Esta técnica se recomienda cuando se establece por primera vez este cultivo o cuando se renuevan plantaciones cuya pendiente no sobrepase el 15%, dado que esta debe realizarse con tractor (Mejia Calderón, 2018).

#### **b. Arado**

Se recomienda realizar un (pase de arado de disco cuando el subsoleo deje terrones grandes (suelos franco arcilloso a arcilloso) y se requiera un suelo más suelto (Mejia Calderón, 2018).

#### **c. Grada**

Se recomienda un pase de grada cuando el arado no deje el suelo suficientemente suelto; esta debe realizarse a poca profundidad para voltear el suelo moderadamente. Esta actividad contribuye al manejo de insectos plagas del suelo (Mejia Calderón, 2018).

#### **d. Nivelación**

Se recomienda corregir pequeñas áreas entre 3 a 5 metros cuadrados (m<sup>2</sup>) con el fin de eliminar irregularidades en donde se estanca el agua (Mejia Calderón, 2018).

#### **e. Drenajes**

Esta actividad se realiza con el fin de evacuar el exceso de agua para evitar encharcamiento y reducir la incidencia de enfermedades fungosas (hongos), bacterianas y nemátodos. Esta práctica permite aumentar el nivel de oxígeno del suelo, logrando un mejor desarrollo de las plantas (Mejia Calderón, 2018).

#### **f. Trazado**

Se hace cuando se tiene definido el sistema de siembra a utilizar. Se procede a marcar el terreno, haciendo uso de cordeles y estacas que señalan el lugar específico donde se colocarán los rizados. Las distancias de siembra cortas, exigen más labores culturales, pero al efectuarlas adecuadamente se obtienen mejores rendimientos (Mejia Calderón, 2018).

#### **g. Ahoyado**

La dimensión del hoyo de siembra, puede ser a dimensión del hoyo de siembra, puede ser de 0.40 x 0.40 x 0.40 metros en suelos Francos, o de 0.60 x 0.60 x 0.60 m. Para suelos más arcillosos (Mejia Calderón, 2018).

#### **h. Selección de semillas**

La semilla de plátano (corno o rizoma) debe estar libre de plagas y enfermedades, reunir ciertas características en cuanto tamaño y calidad (Mejia Calderón, 2018).

#### **i. Preparación y tratamiento de la semilla**

La semilla (rizoma), debe ser pelada, eliminado la tierra adhiere a ella, raíces y todo tejido dañado por picudo u otros insectos. Una vez limpia, debe ser desinfectada para que quede libre de patógenos (Mejia Calderón, 2018).

#### **j. Siembra**

Se realiza cuando ya se ha seleccionado la semilla del clon que se desea sembrar, relacionándola con la existencia de semilla, mercado y condiciones ecológicas de la zona. Los rizomas o cepas se destruyen por tamaños (grandes, medianos y

pequeños) procurando que el área tenga un tamaño de semilla uniforme. Si se aplica fertilizante a la siembra, este 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 (Mejia Calderón, 2018).

#### **k. Época de siembra**

Puede ser sembrado en cualquier época del año, siempre y cuando haya suficiente humedad, ya sea por precipitación pluvial o riego. No es recomendable sembrar cuando hay exceso de lluvia (Mejia Calderón, 2018).

#### **l. 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. Existen diferentes configuraciones o arreglos espaciales para la siembra:

##### **➤ Siembra en cuadro**

Es el sistema de siembra tradicional usado por la mayoría de los productores. El distanciamiento generalmente empleado es de 2.5 x 2.5 m, o de 3.0 x 3.0 m, para alcanzar una población inicial de 1100 y 770 plantas por manzana, respectivamente

##### **➤ Siembra hexagonal, o triángulo equilátero**

Este sistema permite más plantas por área. Con distanciamiento de 2.6 m, entre plantas, se tiene una población de 1720 plantas por manzana.

##### **➤ Siembra en doble surco**

Consiste en sembrar dos hileras bastante cerca una de otra y dejando un espacio bastante amplio entre doble hilera. Se recomiendan distanciamientos de 1.5 x 1.5

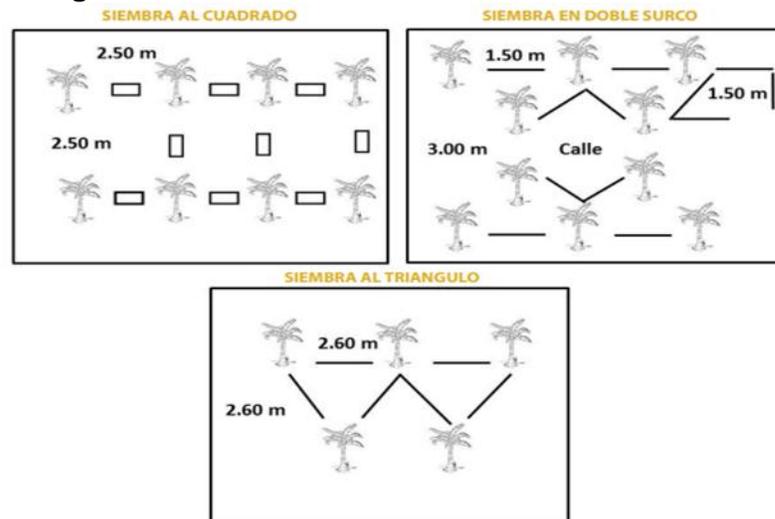
x 3 m, o de 1.10 x 1.10 x 3 m, para obtener una población inicial de 2,333 y 3,030 plantas por Manzana (Mejia Calderón, 2018).

**Tabla 2. Sistemas de siembra, densidades y ciclo de siembra de la variedad cuerno enano**

Variedad y rango de densidad (plantas/ha)	Alternativas de siembra (plantas/ha)	Sistema de siembra	Distribucion espacial (m)			Ciclo de cultivo (Cosechas)
			Callejon	Entre Hilera	Entre Planta	
Cuerno Enano 2,222 - 3,322 plantas	2,222	Doble surco en hilera	3.5	1	2	2 - 3
	2,250	Doble hilera en surco	3	1	2	2 - 3
	3,332	Cuadrado (Dos plantas por sitio de siembra)	-	3	2	1

Fuente: blokdigital.

**Figura 5. Sistema de siembra de cultivo del Plátano**



Fuente: blokdigital

### m. Fertilización

Para realizar una adecuada fertilización, es importante conocer los requisitos específicos de nutrientes que la planta de plátano necesita, éste puede ser a través de análisis de suelos, tejido vegetal y observaciones del cultivo (Mejia Calderón, 2018).

#### **n. Riego (por Micro aspersión)**

Recomendado para suelos con velocidades de infiltración mayores de 0.5 m/h. la pendiente máxima recomendada para su uso es del 20% (Mejia Calderón, 2018).

#### **o. Poda o Deshije**

Esta labor consiste en seleccionar el ó los hijos que se dejaran por unidad de producción, eliminando las restantes. Existen básicamente tres tipos de hijos o retoños, que son diferenciados fácilmente.

- **Hijos de Espada:** Son aquellos que se identifican por su vigor y desarrollo, tienen la forma de cono invertido, o sea, su base es mucho más ancha que la parte superior, sus hojas son lanceoladas.
- **Hijos de Agua:** Se Caracteriza por ser un hijo débil, nutricionalmente deficiente, de hojas anchas y el pseudotallo de diámetro angosto y uniforme. No es recomendable el uso de este tipo de hijo como semilla.
- **Hijos de Retoño:** Son aquellos hijos que rebrotan después del deshije, crece rápido y se confunde con los hijos de agua; no se recomienda para siembra (Mejia Calderón, 2018).

#### **p. Control de malezas**

Las malezas afectan seriamente a la planta de plátano, retardado 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 estas determinan el herbicida que se debe usar (Mejia Calderón, 2018).

#### q. **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 o peso del racimo y, además, obtener fruta de excelente calidad. Entre las técnicas de pre cosecha tenemos:

- **Deshoje:** Se eliminan las hojas secas o amarillas, hojas dobladas, hojas enfermas, hojas manchadas y hojas que estorban al racimo. N hojas afectadas menos del 50% se puede hacer una defoliación parcial, eliminando únicamente parte enferma.
- **Desmane:** es la separación de las manos del raquis, usar herramientas desinfectadas con hipoclorito de sodio y manos lavadas.
- **Desbellote o Desperillado:** Consiste en eliminar la inflorescencia masculina (bellota o perilla) que son el conjunto de flores masculinas improductivas, esto se hace al momento de que aparecen dos manos masculinas en el racimo y durante el embolse.
- **Apuntalamiento:** esta es la práctica que tiene como objetivo evitar las pérdidas de las unidades productivas por volcamiento (Mejia Calderón, 2018).

#### r. **Cosecha**

Es la labor de corte del racimo, que consiste en la separación de las plantas de todos los racimos que hayan alcanzado el índice de madurez comercial. 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:

1. Los frutos deben presentar el tamaño normal de la variedad o híbrido.
2. La superficie de los frutos debe estar casi o completamente redondeada, sin aristas; el color verde intenso de la cascara se hace más claro, con ligeros tintes amarillentos. En explotaciones comerciales los racimos se identifican semanalmente con cintas de diferentes colores es según aparezca la inflorescencia, para diferenciar el tiempo de desarrollo y programar su cosecha en 10 – 11 semanas (Mejia Calderón, 2018).

### **5.1.12. Requerimientos edafoclimáticos**

#### **➤ Altitud**

Lo ideal es de 20 – 600 m.s.n.m. A mayor altitud se alarga el ciclo del biológico. De 70-100 metros en altura puede alargarse ciclo biológico en 45-76 días (Mejia Calderón, 2018).

#### **➤ Temperatura**

La temperatura óptima se encuentra entre los 20° y 30° C. Inferiores a 20°C y mayores de 30°C provocan un retardo en el desarrollo fisiológico. Con temperaturas menores de 10°C, el crecimiento se detiene, el látex del pericarpio se coagula y toma una pigmentación café claro; además los frutos no maduran en forma normal. Alta temperaturas con intensidad de radiación puede ocasionar quemaduras en plantas en desarrollo (Mejia Calderón, 2018).

#### **➤ Agua**

La planta está constituida de 85-90% de agua y la transpiración es muy alta. Este cultivo requiere cantidades abundantes de agua para su buen desarrollo, por lo que se recomienda sembrarlo en zonas cuya precipitación oscile entre 1,500 a 2,500 mm, distribuida en todo el año. Las necesidades mensuales de agua son de 150 a 180 mm (Mejia Calderón, 2018).

#### **➤ Radiación**

Necesita alta luminosidad para el buen desarrollo, al disminuir la intensidad de luz, el ciclo vegetativo se alarga hasta 14 meses. Al contar con 2,000 y 10,000 lux (hora luz/año) aumenta rápidamente la actividad fotosintética (Mejia Calderón, 2018).

#### **➤ Humedad relativa**

Debe ser adecuada (75-80 %), aunque afecta al cultivo en forma indirecta, porque favorece la incidencia de enfermedades foliares en especial las de origen fungoso (Mejia Calderón, 2018).

➤ **Luminosidad**

La luz existente en el trópico es suficiente para el cultivo, pero es factor importante, entre otros, para el desarrollo de las yemas o brotes laterales, por lo que cortas distancias de siembra afectan el crecimiento de éstas y prolonga el ciclo vegetativo (Mejia Calderón, 2018).

➤ **Viento**

No se recomienda establecer plantaciones en áreas expuestas a vientos mayores de 20 km/h., ya que dañan hojas ocasionando leves desgarres que no afecta el rendimiento, pero al tener mala nutrición la planta cae. Vientos con una velocidad mayor a los 50 km/h produce doblamiento de la planta, fuertes desgarres en las hojas causando pérdidas del 60 al 100%. Se estima una pérdida de cosecha del 20 al 30% por efecto de vientos (estimación a nivel mundial) (Mejia Calderón, 2018).

➤ **Suelos**

Se requieren suelos con profundidad no menor a 1.2 m sin nivel freático o capas endurecidas, y sin problemas internos de drenaje. Los más aptos son: textura franca para retener la humedad, también suelos arcillosos pueden ser adecuados si tienen una estructura migajosa o granular, ya que la textura está ligada a la estructura del suelo.

Las texturas más recomendables son desde franco arenosas hasta francos arcillosos. El porcentaje de arcilla no debe ser mayor del 40% ni menor al 20%. En suelos pesados debe evacuarse el exceso de agua acumulado en la superficie o a lo largo del perfil, con el objetivo de reducir el encharcamiento, alta salinidad, los altos niveles de CO<sub>2</sub>, Fe y Mg, Sulfatos y gases orgánicos que llegan a ser muy tóxicos (Mejia Calderón, 2018).

➤ **Pendiente**

Es posible cultivar en pendientes de hasta 40% (fuertemente escarpada), lo ideal para poder implementar un sistema platanero y con riego eficiente es una pendiente no mayor al 2% (Mejía Calderón, 2018).

➤ **pH del suelo**

Este factor nos indica la alcalinidad o/y acidez del suelo, para el plátano se recomienda un pH moderadamente ácido (5.8 a 6.5); en este rango se facilita la disponibilidad de nutrientes (Mejía Calderón, 2018).

## **5.2. CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS DEL SUELO**

### **5.2.1. El agua en el suelo**

➤ **Húmeda del suelo**

El suelo desde el punto de vista hidrológico, es un depósito o almacén de agua cuya capacidad para retenerla y contenerla dependerá de sus propiedades físicas (Textura del suelo, Estructura, Densidad real o Peso específico real, Porosidad y Permeabilidad)

La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas.

Demasiado escasa, así como demasiada elevada cantidad de agua tienen un efecto negativo sobre el rendimiento y sobre la salud de la planta.

La humedad del suelo, así como la disponibilidad y la absorción de nutrientes están fuertemente correlacionados. Cada aplicación de agua mediante irrigación cuesta dinero (FAO, 2021).

➤ **Capacidad de campo (cc)**

Tras estar el suelo saturado, el agua tiende a seguir moviéndose por gravedad hacia el subsuelo, hasta llegar a un punto en que el drenaje es tan pequeño que el

contenido de agua del suelo se estabiliza. Cuando se alcanza este punto se dice que el suelo está a la capacidad de Campo. La determinación de la capacidad de campo se puede realizar de distintas maneras y por distintos métodos entre ellos el método gravimétrico, la Prensa de Richard y la del embudo de vidrio (Portalfruticola, 2021).

Este dato es muy utilizado generalmente en la planificación de riego, pero también lo podemos utilizar para determinar el agua disponible para las plantas, balances de agua en el suelo y simulaciones de situaciones concretar (FAO, 2021).

➤ **Punto de marchitez permanente (pmp)**

El punto de marchitamiento permanente es el punto de humedad mínima en el cual una planta no puede seguir extrayendo agua del suelo y no puede recuperarse de la pérdida hídrica, aunque la humedad ambiental sea saturada (Scribd, 2021).

Se conoce como tal al porcentaje o nivel de humedad del suelo al cual las plantas se marchitan en forma permanente. Si el suelo no recibe nuevos aportes de agua, la evaporación desde el suelo y la extracción por parte de las raíces hacen que el agua almacenada disminuya hasta llegar a un nivel en el que las raíces ya no pueden extraer agua del suelo. El punto de marchitez no es un valor constante para un suelo dado, sino que varía con el tipo de cultivo. Se considera que el punto de marchitez permanente de un suelo coincide con el contenido de humedad que le correspondiente a una tensión de 15 atmósferas (Ecured, 2021).

➤ **Agua útil por horizonte de exploración de raíces**

Representa el agua en capacidad de campo menos el agua existente en el punto de marchitez permanente, a una profundidad dictaminada de proyecto. Es decir, el agua retenida en los poros entre 0.2 y 8 micrones. Llamado también humedad aprovechable es el rango definido de contenidos de agua en el cual la planta

puede desarrollarse. Este rango se encuentra entre los contenidos de agua correspondiente a Cc y PMP (Geotencia, 2021).

➤ **Limite productivo (Ip)**

Condición extrema de contenido hídrico en el suelo radical (superior o inferior) que determina el intervalo de agua útil para el cultivo (riego.org, 2021).

Se define como el punto que determina el rango de humedad óptima en la capa activa del suelo para un determinado cultivo asegurando, que éste nos dé los máximos rendimientos o sea producción, este valor se ha determinado en un punto entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente.

Se ha considerado este valor como un porcentaje de humedad en el cual las plantas a ese nivel tienen facilidad para extracción de agua, se representa como un % la capacidad de campo, sin embargo, debemos hacer referencia que este es un dato aproximado y en ningún momento deberá representar para el ingeniero proyectista una realidad imperativa, más bien se deben hacer validaciones al respecto según las condiciones de la zona (riego.org, 2021) .

➤ **Humedad Relativa**

La humedad relativa (RH), mide la cantidad de agua en el aire en forma de vapor, comparándolo con la cantidad máxima de agua que puede ser mantenida en una temperatura dada. Cuando el aire húmedo entra en contacto con el aire más fresco, o una superficie más fría, el vapor de agua se convertirá en gotas de agua. Cuando esto ocurre se le llama “Punto de rocío”.

➤ **Evapotranspiración o uso consuntivo**

La cantidad de agua que consumen los cultivos puede ser medida o estimada por procedimientos directos de medida que son laboriosos y costosos, por lo que, para los fines de programación y proyecto del riego se emplean comúnmente los métodos que estiman el uso consuntivo o evapotranspiración (FAO, 2021).

La Evapotranspiración o Uso consuntivo, se define como la cantidad de agua usada por cada cultivo en la formación de tejidos, en la transpiración a través de las hojas y en la evaporación directa desde la superficie del suelo. Depende en gran parte de: el agua que tienen a su disposición, temperatura y humedad del aire, régimen de vientos, intensidad luminosa del sol y estado de desarrollo de la planta (FAO, 2021).

Existen diversos métodos para determinar la cantidad de agua consumida por las plantas cultivadas y la vegetación natural; los métodos se clasifican en directos e indirectos. Los primeros se valen de aparatos y sistemas para calcular la evapotranspiración y los segundos calculan la evapotranspiración mediante fórmulas empíricas.

➤ **Propiedades físicas del suelo**

En el suelo, podemos distinguir diferentes propiedades interactuando entre sí originando a su vez una diversidad de tipos de suelos, en función de la incidencia de cada una de ellas. Las principales propiedades del suelo son: físicas, químicas y biológicas (FAO, 2021).

➤ **Estructura del suelo**

Las partículas texturales del suelo como arena, limo y arcilla se asocian para formar agregados y a unidades de mayor tamaño nombrados por peds (se entienden como tal a toda unidad componente del suelo, ya sea primaria o secundaria). La estructura del suelo afecta directamente la aireación, el movimiento el agua en el suelo, la conducción térmica, el crecimiento radicular y la resistencia a la erosión. El agua es el componente elemental que afecta la estructura el suelo con mayor importancia debido a su solución y precipitación de minerales y sus efectos en el crecimiento de las plantas (FAO, 2021).

Es el grado, forma o modo en que las partículas integrantes de un suelo, se asocian entre sí, formando en forma natural grupos unidos sin la intervención del hombre.

Los agregados son unidades secundarias o gránulos de muchas partículas de suelo enlazadas o cementadas por sustancias orgánicas, óxidos de hierro, carbonatos, arcillas o sílice. Los agregados naturales se denominan *peds* (granos) y varían su estabilidad en el agua; los *terrones* son masas coherentes de suelo, decualquier forma, que se han quebrado por un medio artificial como la labranza. La estructura afecta la penetración del agua, el drenaje, la aireación y el desarrollo de las raíces, incidiendo así en la productividad del suelo y las facilidadesde la labranza (FAO, 2021).

**Tabla 3. Tipos de estructura de suelo**

ESTRUCTURA	CARACTERISTICA
a. Granular. Relativamente no porosos; agregados pequeños (tamaño menor de 2 cm de diámetro), esferoidales, no ajustados a los agregados adyacentes. Se localizan comúnmente en el horizonte "A".	
b. Migajosa. Relativamente porosos; agregados pequeños y esferoidales no ajustados a los agregados adyacentes. Se localizan comúnmente en el horizonte "A".	
c. Laminar. Agregados similares a placas; las dimensiones verticales de los agregados en posición natural son menores que sus dimensiones horizontales. Las placas a menudo se superponen e impiden la permeabilidad. Se encuentran generalmente en el horizonte "A2", en suelos de bosques y estratos arcillosos.	
d. Bloques angulares. Bloques limitados por otros agregados cuyas caras angulares bien definidas, forman el molde de estos. Los agregados a menudo se rompen en bloques más pequeños. Se localizan generalmente en el horizonte "B".	
e. Bloques subangulares. Gránulos similares a bloques limitados por otros agregados, cuyas caras angulares redondeadas forman el molde del gránulo. Se localiza generalmente en el horizonte "B".	
f. Prismática. Agregados similares a columnas con las partes superiores no redondeadas. Otros agregados forman el molde del ped. Algunos agregados prismáticos se rompen en peds de bloques más pequeños. Se localiza generalmente en el horizonte "B".	
g. Columnar. Se caracteriza porque las dimensiones verticales de los agregados en posición natural son mayores que sus dimensiones horizontales. Las columnas están separadas por grietas verticales y generalmente quebradas por grietas horizontales. Las cabezas de las columnas son redondeadas y se encuentran muy a menudo en el horizonte "B" en suelos alcalinos (sódicos).	

Fuente: (Cisnero, 2022).

De acuerdo con la estructura presente en un suelo se presentan características específicas en relación con otras propiedades físicas del suelo, entre las más importantes se encuentra la infiltración (propiedad muy importante en aspectos de riego). La siguiente figura describe la relación que tiene la estructura con la infiltración (Cisnero, 2022).

Los suelos granulares (esferoidal) y los de grano simple (sin estructura) tienen una rápida infiltración, los bloques y los prismáticos tienen velocidades moderadas y suelos laminares y masivos tienen baja velocidad de infiltración.

**Tabla 4. Relación de la estructura de suelo con la velocidad de infiltración**

Tipos de Estructura	Velocidad de infiltración
Granular	Rápida
Migajosa	Rápida
Laminar	Lenta
Bloques angulares	Lenta
Bloques Subangulares	Moderada
Prismática	Moderada
Columnar	Moderada

Fuente: (Cisnero, 2022).

#### ➤ **La profundidad del suelo**

La definición original del solum se denominaba como la capa superficial del suelo (Horizonte A) junto con el subsuelo (E y B). El horizonte C se definía como estratos con poca formación edafogénica. De este modo la profundidad efectiva del suelo fue considerada como la espesura del suelo. Esta profundidad a nivel de proyecto se determina como aquella que representa en promedio un 70% de la masa radicular expresada en peso (FAO, 2021).

#### ➤ **Disponibilidad del agua en el suelo**

Cuando un campo se encuentra encharcado, el espacio de aire en el suelo se desplaza por el agua. Se denomina Capacidad de Campo (CC) a la cantidad de agua en el suelo es capaz de retener luego de ser saturado y dejado drenar libremente evitando evapotranspiración y hasta que el potencial hídrico se estabilice (tras 24 a 48 horas de lluvia o riego).

El agua ocupada el espacio de los poros más grandes (macroporos) drena hacia capas inferiores bajo la fuerza de gravedad. Los poros más pequeños (microporos) se llenan de agua y los más grandes de aire y agua. El punto Capacidad de campo corresponde a una succión.

A los 15 bares de succión la cantidad de agua en el suelo se denomina por el Punto de Marchitez Permanente (PMP). A este punto las plantas pierden la capacidad de succión y siguen perdiendo agua mediante la transpiración. Se pierde la turgencia de la planta resultando en su marchitez. Gráficamente la diferencia entre el Punto de Capacidad de Campo y el Punto de Marchitez Permanente, resultan el agua disponible para el cultivo en “mm” o expresado porcentualmente (Limite Productivo).

La textura del suelo influencia en la capacidad de agua en un suelo drenado hasta el punto de Capacidad de Campo y la cantidad que está disponible para las plantas. La humedad del suelo que se encuentra disponible se puede determinar en el laboratorio mediante las curvas de rendimiento de humedad del suelo (FAO, 2021).

#### ➤ **Textura del suelo**

La textura del suelo se refiere a la proporción de componentes inorgánicos de diferentes formas y tamaño como arena, limo y arcilla. La textura es una propiedad importante ya que influye como factor de fertilidad y en la habilidad de retener agua, aireación, drenaje, contenido de materia orgánico y otras propiedades (FAO, 2021).

Es la cantidad relativa expresada en % de arena, %de limo y % de arcilla contenida en una porción de suelo. Este término se refiere a las diferentes proporciones de separados en la fracción mineral del suelo, denominándose de la siguiente manera:

- a) **Arenas:** Si sus tamaños son de 2.00 a 0.05mm de diámetro.
- b) **Limos:** Si sus tamaños son de 0.05 a 0.002mm de diámetro.

- c) **Arcillas:** Si sus tamaños son menores de 0.002mm de diámetro.

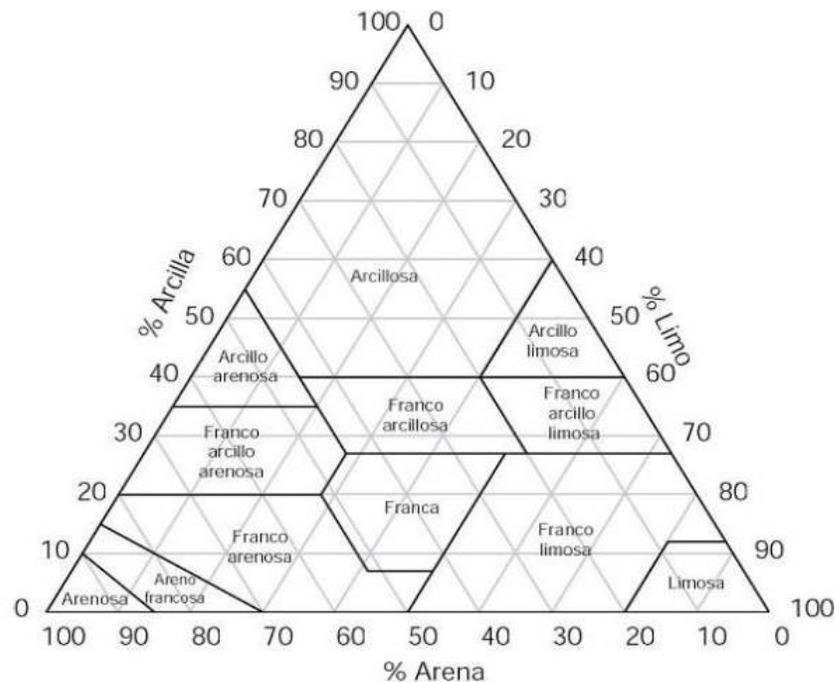
Se han propuesto muchas escalas granulométricas, pero dos de ellas son las más usadas en la edafología: El Sistema Internacional, propuesto por Atterberg, y el sistema usado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (U.S.D.A.), que en parte es coincidente con el primero, aunque establece más separaciones (FAO, 2009).

### Determinación de la textura del suelo

- Granulometría: Proporción relativa de arena, limo y arcilla.
- Textura: Tipo de suelo según su granulometría.
- Análisis Granulométrico: Determinación de los porcentajes de arena, limo y arcilla, una vez que se han separado los fragmentos gruesos.

El análisis granulométrico determina la clase de textura, según el esquema triangular de las texturas de la U.S.D.A (FAO, 2009).

**Figura 6. Triángulo de textura de suelo**



Fuente: Guía de prácticas de Laboratorio de Principio y Métodos de Riego

**Tabla 5. Clasificación de las partículas del suelo según el United States Departamento of Agriculture (USDA)**

<b>Nombre de la Particula limite del diametro en milímetros</b>	<b>Tamaño</b>
Arena muy gruesa	1.0 a 2.0
Arena gruesa	0.5 a 1.0
Arena mediana	0.25 a 0.50
Arena fina	0.10 a 0.25
Arena muy fina	0.05 a 0.10
Limo	0.002 a 0.05
Arcilla	Menor de 0.002

**Fuente: United States Departamento of Agriculture (USDA)**

### **Características de los suelos según su textura**

- Clases extremas: arenosa y arcillosa
  - Suelos Arenosos: Se denominan suelos sueltos. Se caracterizan por tener una elevada permeabilidad al agua y por tanto una escasa retención de agua y nutrientes.
  - Suelos Arcillosos: Se denominan suelos pesados o fuerte. Presentan baja permeabilidad al agua y elevada retención de agua y nutrientes.
- Clase textural ideal: Suelos Francos
  - Entre la textura arenosa y la arcillosa se encuentran las otras 10 clases, con características intermedias entre ambas.
  - Textura franca: Se considera la textura ideal, porque tiene una mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla. Esto supone un equilibrio entre la permeabilidad al agua y retención de agua y nutrientes (FAO, 2021).

### ➤ **Porosidad del suelo**

El espacio poroso del suelo se refiere al porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólidos. En general el volumen del suelo está constituido por 50% materiales solidos (45% minerales y 5% materia orgánica) y el 50% de espacio poroso. Dentro del espacio poroso se pueden distinguir macro poros y micro poros

donde agua, nutrientes, aire y gases pueden circular o retenerse. Los macro poros no retienen agua contra la fuerza de gravedad, son responsables de drenaje, aireación del suelo y construyen el espacio donde se forman las raíces. Los micro poros retienen agua y parte de la cual es disponible para las plantas (FAO, 2021).

### **Clasificación de los poros del suelo**

Debido a que a menudo resulta importante distinguir los espacios porosos del suelo por su tamaño al estudiar las funciones que desempeñan en el suelo y al considerar el movimiento y retención del agua, los estudiaremos como Macro poros, Meso poros y Micro poros.

- **Macro poros:** Los macro poros son visibles a simple vista. Se denominan también poros no capilares o poros de aireación (Flujo de Gravedad) mayores de 100 micras.
- **Meso poros:** Son los poros capilares típicos de un suelo de textura media; el agua que los permea sigue las leyes de la capilaridad y la ley de flujo de Darcy (Flujo Capilar Rápido) de 30-100 micras.
- **Micro poros:** Se presentan generalmente en suelos arcillosos, son los poros de menor tamaño, capaces de retener agua (Flujo Capilar Lento) de 3-30 micras (Flores Delgadillo & Alcalá Martínez, 2010).

#### ➤ **Densidad del suelo**

Una de las propiedades de los sólidos, así como de los líquidos e incluso de los gases es la medida del grado de compactación de un material: su densidad.

La densidad del suelo está definida como la masa seca total dividida entre el volumen total de la muestra. La densidad de las partículas no proporciona información acerca de los procesos físicos del suelo, sin embargo, es un valor muy útil que participa en el cálculo de propiedades del suelo como la porosidad total, y la distribución del tamaño de las partículas. Generalmente la densidad del suelo se refiere solamente a la fase mineral (Flores Delgadillo & Alcalá Martínez, 2010).

**Densidad Aparente:** La densidad aparente es una propiedad ampliamente utilizada en la agricultura, se describe como la masa contenida en una unidad de volumen de una muestra de suelo tal y como es, incluyendo el volumen ocupado por los poros por lo que la densidad aparente refleja la porosidad total del suelo. Para determinarla, se divide el peso de un determinado volumen de tierra seca entre ese mismo volumen de suelo y se expresa en  $gr/cm^3$ .

La Densidad Aparente es un parámetro importante para la descripción de la calidad del suelo y la función del ecosistema. Los valores de densidad aparente altos indican un ambiente pobre para el crecimiento de raíces, aireación reducida y cambios indeseables en la función hidrológica como la reducción de infiltración de agua (FAO, 2009).

La Densidad aparente la podemos calcular por la formula  $Da = \frac{M_{SS}}{Vm}$  donde  $M_{SS}$  es la masa del suelo seca y  $Vm$  Volumen de la muestra.

**Densidad Real:** La densidad real es la densidad de las partículas sólidas del suelo, se determina dividiendo el peso del suelo seco por el volumen que ocupan los sólidos, en los suelos minerales esta varía de 2.5 a 2.7  $gr/cm^3$  (FAO, 2009).

#### ➤ **Movimiento del agua en el suelo**

El agua Fluye en el suelo debido a varios tipos de fuerzas como e gravedad, ascenso capilar y osmosis. Entre fuerzas de succión 0 y 1/3 bar el agua fluye en el suelo por fuerzas de gravedad, este fenómeno se nombra por flujo saturado. Fuerzas de succión más elevadas se nombran flujos no saturados. Los flujos de agua se pueden medir en campo mediante la conductividad hidráulica. Se puede obtener información fundamental en la circulación del agua en el suelo mediante la descripción de suelos de las clases de drenaje y sus características asociadas (propiedades gléyicas y stágnicas) (FAO, 2021).

### ➤ **Infiltración**

Se refiere a la velocidad de entrada del agua al suelo. La velocidad de infiltración es la relación entre la lámina de agua que se infiltra y el tiempo que tarda en hacerlo, se expresa generalmente en cm/hr o mm/hr.

La tasa de infiltración es una de las características del suelo más importantes para el diseño, operación y evaluación de riego.

La tasa de infiltración depende básicamente de los siguientes factores:

- a. El contenido en humedad del suelo: el agua se infiltra más rápido cuanto más seco está el suelo. Cuando se riega un suelo que está seco, el agua al principio se infiltrará muy rápidamente, pero según se vaya humedeciendo el suelo, la tasa de infiltración disminuye.
- b. Textura del suelo los suelos de textura gruesa (arenosos) tienen mayor tamaño de poros que los de textura fina (arcillosos) por lo que será más fácil al agua moverse por ellos, y mayor será entonces la tasa de infiltración.
- c. La estructura del suelo: en general, el agua se infiltra más rápidamente en suelos bien estructurados que en los compactos. Dado que la estructura del suelo está influenciada a medida por el laboreo, este será un factor fundamental para influir en la infiltración.

A parte de la tasa de infiltración, es necesario conocer otros dos conceptos:

- **Infiltración acumulada (z)**: es la cantidad total de agua (medida en altura de lámina de agua) que se ha infiltrado en el suelo en un tiempo determinado.
- **Infiltración básica (I<sub>b</sub>)**: es el valor más o menos constante que adquiere la tasa de infiltración después de haber transcurrido ya algún tiempo de lluvia o riego (cuando la velocidad de infiltración alcanza un valor constante o cuando su disminución es del 10% en una hora). Su valor determina el tiempo máximo de riego.

El conocimiento del valor de la velocidad de infiltración de agua en los suelos es fundamental para calcular tiempos de riego y caudales a manejar en las parcelas. En riego localizado a presión, el valor de la velocidad de infiltración se utiliza para compararla con el grado de aplicación (intensidad de aplicación o precipitación horaria de los microaspersores) el cual debe ser menor que la infiltración básica (Mayorga Mendoza & Aguilar Muñoz, 2013).

**Factores principales que determinan la magnitud del movimiento del agua por infiltración son:**

- Textura. Los porcentajes de arena, limo y arcilla presentes en el suelo. En un suelo arenoso se favorece la infiltración.
- Estructura. Suelos con grandes agregados estables en agua tienen proporciones de infiltraciones más altas.
- Cantidad de materia orgánica. Altas proporciones de materia orgánica sin descomponer propician que una mayor cantidad de agua entre al suelo.
- Profundidad del suelo a una capa endurecida “hardpan”, lecho rocoso u otras capas impermeables influyen en la infiltración. Los suelos delgados almacenan menos agua que los suelos profundos.
- Cantidad de agua en el suelo. En general un suelo mojado tendrá una menor infiltración que un suelo seco.
- Temperatura del suelo. Los suelos calientes permiten mayor infiltración del agua que los suelos fríos.
- Cantidad de organismos vivos. A mayor actividad microbiológica en los suelos habrá una mayor infiltración. Un caso típico es la elaboración de pequeños túneles por las lombrices, los cuales favorecen la infiltración y la penetración de las raíces, así como la aireación (Cisnero, 2022).

**Tabla 6. Clasificación de la Magnitud de la Infiltración**

CLASIFICACION	MAGNITUD (cm/hr)	CARACTERISTICAS
MUY LENTA	< 0.25	Suelos con un alto contenido de arcilla.
LENTA	0.25 - 1.75	Suelos con alto contenido de arcilla, bajo en materia orgánica o suelos delgados.
MEDIA	1.75 - 2.50	Suelos migajones arenosos o migajones limosos.
RAPIDA	> 2.50	Suelos arenosos o migajones limosos profundos y de buena agregación.

Fuente: (Cisnero, 2022).

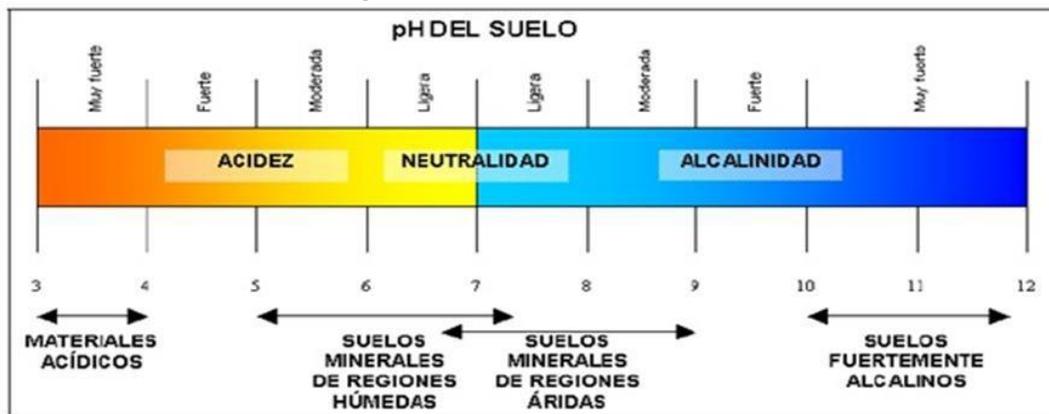
La determinación de la infiltración puede efectuarse en el campo, o siguiendo algunos de los métodos de laboratorio sobre muestras alteradas y/o inalteradas.

➤ **pH del suelo**

Mide la actividad de los H<sup>+</sup> libres en la solución del suelo (acidez actual) y de los H<sup>+</sup> fijados sobre el complejo de cambio (acidez potencial). La acidez total del suelo es la suma de las dos, porque cuando se produce la neutralización de los H<sup>+</sup> libres se van liberando H<sup>+</sup> retenidos, que van pasando a la solución del suelo. El pH puede variar desde 0 a 14 y de acuerdo con esta escala los suelos se clasifican en:

- Suelos ácidos: pH inferior a 6,5
- Suelos neutros: pH entre 6,6 y 7,5
- Suelos básicos: pH superior a 7,

**Figura 7. Esquema de pH del suelo**



Fuente: (Tecnicoagrícola, 2022)

Los suelos tienen tendencia a acidificarse. Primero se descalcifican, ya que el calcio es absorbido por los cultivos o desplazado del complejo de cambio por otros cationes y emigra a capas más profundas con el agua de lluvia o riego. Después, normal, es que los iones  $H^+$  ocupen los huecos que dejan el  $Ca^{2+}$  y el  $Mg^{2+}$  en el complejo. Los abonos nitrogenados, en su mayoría, ejercen una acción acidificante sobre el suelo. También acidifican el suelo los ácidos orgánicos excretados por las raíces de las plantas. (Tecnicoagrícola, 2022)

### **5.2.2. Pérdidas de agua del suelo**

#### **➤ Escorrentía**

Representa la cantidad de agua de lluvia o el riego que cae sobre la superficie del suelo pero que no se infiltra y se escurre sobre él, sin ser aprovechada por el cultivo. Por lo general, en riego localizado se produce escorrentía (Mayorga Mendoza & Aguilar Muñoz, 2013).

#### **➤ Filtración profunda o percolación**

Es el paso del agua hacia capas más profundas. Si la cantidad de agua aplicada es mayor que la capacidad de retención, el agua se infiltrará hacia zonas en las que las raíces del cultivo no pueden acceder, siendo por lo tanto agua perdida (Mayorga Mendoza & Aguilar Muñoz, 2013).

#### **➤ Evaporación**

Es el proceso por el cual el agua pasa de la superficie del suelo a la atmósfera en forma de vapor la evaporación es mayor cuanto más seco el ambiente y mayor la temperatura del aire y cuanto más húmedo esté el suelo en superficie ya que el agua estará más disponible para ser evaporada y cuanto mayor sea el viento reinante en la zona (Mayorga Mendoza & Aguilar Muñoz, 2013).

### **5.3. RIEGO**

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 (Alvarado Solano & Rodriguez Ruiz, 2012).

#### **5.3.1. Sistemas de riegos más utilizados en el cultivo de plátano**

La disponibilidad de agua, suelo, topografía, clima, capacidad de mano de obra, energía eléctrica y el costo de estos recursos. Hay que tomar en cuenta el costo de los sistemas y la conservación del agua. Si la cantidad de agua es deficiente puede solamente humedecer la superficie del suelo y está más expuesta a la evaporación.

Los riegos deben ser más frecuentes y hay más consumo de agua, lo que provoca más humedad sobrepasando la zona de raíces.

Los tipos de sistemas de riego más utilizados en el cultivo del plátano son los siguientes:

- a. **Riego por gravedad o superficial:** Consiste en introducir el agua a la plantación y cortarla cuando esté completamente anegada; con este método hay un desperdicio de agua y nutrientes, ya que el fertilizante puede ser arrastrado a capas profundas fuera del alcance de las raíces. La eficiencia del riego por gravedad suele ser del 60%.
- b. **Riego por microaspersión y riego por goteo:** Presentan la ventaja con respecto al anterior que, son más eficientes al hacer un uso óptimo del agua y los fertilizantes; las variaciones en el contenido de humedad en el suelo son menores y se mantiene una aireación adecuada del suelo, creando condiciones favorables para el mejor desarrollo de las plantas, floración más precoz, mayores rendimientos y aumento en el tamaño del fruto (Guerrero, 2010).

### 5.3.2. Riego por microaspersión

El riego por microaspersión es una variante del riego por aspersión, pero con menos alcance y gotas más pequeñas. Los microaspersores son ideales para riegos de bajo volumen en cultivos hortícolas, fruticultura, flores, invernaderos, viveros, protección contra heladas y riego de jardines.

También permiten la aplicación de productos fitosanitarios en la cobertura vegetal de los cultivos. Poseen un deflector giratorio, denominado rotor o bailarina, que ayuda a ofrecer un mayor diámetro de cobertura, una menor tasa de precipitación que los difusores, un mayor tamaño de gota, y una mejor distribución del agua.

El microaspersor pulverizan el agua sobre la superficie del suelo, como en aspersión, pero produciendo áreas regadas pequeñas y localizadas, de 1 a 5 m de diámetro, siendo los emisores, en general, de caudales de 50 a 150 L/h.

Los microaspersores deben seleccionarse con gastos adecuados para evitar encharcamientos y escurrimientos de agua. Deben de utilizarse láminas precipitadas horarias que no excedan la velocidad de infiltración de agua en el

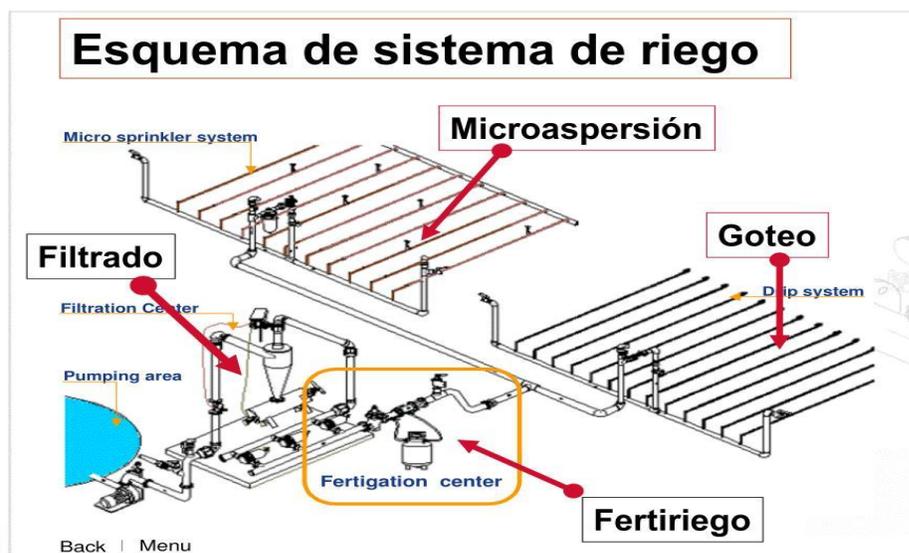
suelo. El microaspersor y/o microjet riega un espacio más amplio y más uniforme dentro de la zona radicular de los árboles frutales.

Los microaspersores distribuyen eficientemente agua y fertilizante a la superficie del suelo y a la base de los árboles. Los microaspersores pueden tener una buena eficiencia de aplicación, permitiendo a los agricultores ahorrar agua y sólo aplicar agua en la zona radicular de la planta. Similar al riego por goteo, las mangueras laterales corren por cada fila con microaspersores que se ramifican fuera de una manguera de espagueti adjunta. Cuando están bien espaciados, los microaspersores pueden dar una aplicación muy uniforme de agua sobre el área irrigada.

Existen muchos tipos de microaspersores con diferentes tamaños de orificios que se pueden usar dependiendo patrones, flujos, presiones y espaciamiento de los árboles. Los agricultores suelen comenzar con los rociadores más pequeños mientras que los árboles son jóvenes y luego intercambiarlos por los más grandes, con el fin de mantener el riego al ritmo del crecimiento del sistema radicular.

### 5.3.3. Componentes

Figura 8. Componentes de un sistema de riego



Fuente: (Demin, 2014).

Un equipo de riego de microaspersión básicamente consiste en:

- **Sistema de bombeo:** la bomba se encarga de succionar agua desde cierto punto (embalse, río, pozo)
- **Cabezal principal:** es el conjunto de elementos que dominan toda instalación y sirve para proveer presión y caudal al sistema, filtrar el agua, inyectar fertilizantes, medir volúmenes, etc.
- **Tuberías de conducción principales:** es la encargada de llevar el agua desde la estación de bombeo hasta la entrada del campo. Los diámetros suelen ser entre 6 y 12 pulgadas
- **Tuberías terciarias:** Son las encargadas de conducir el agua hasta la entrada en la parcela, generalmente son de aluminio o plásticas con diámetros entre 6 y 8 pulgadas.
- **Cabezales de campo:** son valavulas que se instalan en el campo para suministrar el agua a las diferentes unidades de riego. Pueden ser simples (tipo esféricas) para operación manual o hidráulica.
- **Laterales de riego:** son las tuberías que se ubican dentro del cultivo a lo largo de la hilera de plantas y a una cierta distancia en el caso de doble línea.
- **Emisores** son los dispositivos instalados en el lateral que controlan la salida del riego.

También dentro del sistema se encuentran diferentes sectores que se denominan:

- **Subunidad de riego:** es el área que se riega con una válvula o cabezal de campo.
- **Unidad de riego:** es la superficie que se riega simultáneamente tomando un conjunto de subunidades de riego.
- **Operación de riego:** es la superficie que se riega a la vez en conjunto de unidades de riego (Demin, 2014).

### **5.3.4. Calidad del agua de Riego**

#### **➤ Salinidad del agua**

El agua contiene cierta cantidad de determinadas sales que se añadirán a las que ya existen en el suelo. Este contenido de sales se expresa en miligramos por litro (mg/L). Sumando las cantidades obtenidas de todas las sales, se tiene el Contenido Total de Sales del agua de riego (CTS), que normalmente se expresa en gramos por litro (g/L).

Los principales problemas relacionados con el uso de aguas salinas para riego son:

- Salinización del suelo: las sales en el agua o en el suelo reducen la disponibilidad de agua para cultivo, provocan un estado de marchitamiento, y afectan por tanto a los rendimientos.
- Problemas de infiltración del agua o en el suelo: un contenido relativamente alto de sodio o relativamente bajo de calcio en el agua, el suelo reduce la tasa a la cual el agua de riego se infiltra, hasta el extremo de no poder abastecer al cultivo de manera adecuada.
- Toxicidad: algunas sales cuando se acumulan en cantidad suficiente resultan tóxicas para los cultivos, u ocasiona desequilibrios en la absorción de los nutrientes.

Otros problemas: particularmente obstrucciones en los emisores de riego y corrosión de las conducciones, también exceso de nutrientes que reducen el rendimiento o la calidad, y depósitos de sales en frutas u hojas que afectan al valor comercial.

Estos problemas de salinidad ocasionados al usar en el riego aguas salinas o en suelos con determinado grado de salinidad pueden colocarse aplicando más agua de la necesaria para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo (fracción de lavado).

En general se puede decir que pueden presentarse problemas por salinidad del agua de riego cuando la conductividad eléctrica es superior a 2 dS/m que corresponde a un contenido aproximado de sales de 1.3 g/l. Valores de conductividad eléctrica superiores a 3 dS/m (equivalente a unos 2 g/l) producen disminuciones importantes de producción en la mayoría de casos. (Mayorga Mendoza & Aguilar Muñoz, 2013)

### **5.3.5. Características más importantes del sistema de riego por microaspersión**

Las características más sobresalientes de los sistemas de riego por microaspersión son:

- Aplica el agua en forma de rocío.
- Un mismo microaspersor tiene accesorios necesarios que pueden ir cambiando y adaptando las distintas etapas de desarrollo de cada especie de frutal en particular. De esta manera puede irse controlando el diámetro de rociado del microaspersor desde 0.5 m hasta 7.0 m.
- Instalación más sencilla que el riego por goteo.
- Fácil de identificarse, porque cada diámetro de boquilla tiene un color específico y determina el gasto en litros por hora en los microaspersores regulados o compensados.
- Es el único sistema de riego en el mundo que cuenta con regulador integrado, que hace la función de obtener un flujo constante a diferentes presiones y/o diferentes cotas de terreno.
- Pueden ser usados para moderar microclimas:
  - a. En días cálidos y secos se pueden producir un rociado por encima del árbol, las gotas de rocío absorben el calor del aire circulante, enfriándolo y aumentando la humedad del ambiente.
  - b. En una noche fría y helada el agua, al aplicarse por encima del follaje, calienta el ambiente, esto es debido a que el agua aplicada pierde calorías al enfriarse.

- La microaspersión se utiliza más en árboles frutales, donde en riego por goteo, para cumplir los requerimientos de agua se tiene que utilizar doble manguera o doble línea por surco de árboles.
- El movimiento de las sales en el suelo es más apropiado en el riego por microaspersión.
- Cuenta con un amplio rango de precipitación horaria (PPH), ya que se puede aplicar hasta 25 mm, de aquí la gran aplicación a toda clase de precipitación y toda clase de texturas de suelos.
- Tiene bastante uso en riego de invernaderos donde la humedad y temperatura de los mismos debe estar bien controlada.
- Se pueden aplicar fertilizantes a través del sistema (Alvarado Solano & Rodríguez Ruiz, 2012).

#### **5.3.6. Ventajas**

- Ahorro de agua.
- Es muy uniforme.
- Se necesitan menos fertilizantes.
- Es más cómodo y requiere menos esfuerzo físico. Como otros sistemas, se puede automatizar con un programador de riego.
- Útil en cultivos que requieren condiciones específicas: aumenta la humedad ambiental y ayuda a bajar la temperatura, de forma que se pueden crear microclimas dentro del huerto si hubiera plantas que lo requieran.
- Apto para terrenos irregulares con desniveles y pendientes (Demin, 2014).

#### **5.3.7. Desventajas**

- Alta inversión inicial.
- Puede interferir en labores de cultivo o de acondicionamiento del terreno.
- Es un sistema fijo y con muchos elementos expuestos, por lo que puede averiarse o romperse.

- Las boquillas y reguladores de presión se pueden taponar.
- Es necesario estudiar y planificar previamente dónde se colocarán los aspersores y la distancia entre ellos según las plantas del huerto.
- Los fuertes vientos pueden afectar a la uniformidad (Demin, 2014).

### **5.3.8. Requisitos básicos para la implementación del sistema de riego por microaspersión**

#### **➤ Limitaciones topográficas**

Las restricciones en la selección de un sistema de riego debidas a la topografía incluyen la elevación o niveles de las aguas subterráneas con respecto a la superficie del suelo, la localización y elevación relativa de la fuente que provee el agua, los límites del campo, la localización de los caminos y carreteras. Las condiciones de la superficie del campo tales como rugosidad relativa y los canales existentes deben ser considerados.

La pendiente del terreno es muy importante. Algunos tipos de sistemas de riego pueden operar de 0 a 60% de pendiente. La forma del campo también determina el tipo de sistema (Alvarado Solano & Rodriguez Ruiz, 2012).

#### **➤ Características del suelo**

El tipo de suelo, la capacidad para retener humedad, la velocidad de infiltración y la profundidad efectiva del suelo son también criterios que determinan la selección de un sistema de riego. Por ejemplo, los suelos arenosos tienen una alta velocidad de infiltración y podrán aceptar microaspersores que arrojen grandes volúmenes de agua lo cual podría ser inaceptable en suelos altamente arcilloso.

La capacidad del suelo para retener la humedad tiene una influencia decisiva en determinar el tamaño de las divisiones del campo y la frecuencia de riego, como, por ejemplo, para un suelo arenoso con una baja capacidad de retener agua es obvio que requerirá de frecuentes y ligeras aplicaciones de agua (Alvarado Solano & Rodriguez Ruiz, 2012).

### ➤ **Suministro de agua**

Las características pertinentes al suministro del agua que deben ser consideradas para seleccionar un sistema de riego son:

- Cantidad del agua: la cantidad total del agua disponible durante las temporadas de cultivos.
- El tamaño del gasto: la tasa a la cual el agua puede ser suministrada a cualquier tiempo.
- La calidad del agua: la clase y la cantidad de sales disueltas en el agua usada para el riego.
- Las veces de que se dispone el agua: ¿Se dispone de agua siempre que es requerida o el agricultor tiene que esperar su turno cuando lo requiera? (Alvarado Solano & Rodriguez Ruiz, 2012)

### ➤ **Factores que dependen del cultivo**

Los factores que depende el tipo de cultivo que deben ser considerados para seleccionar un apropiado sistema de riego son:

- Tolerancia de sales: la tolerancia a la concentración y el tipo de sales.
- Tolerancia al humedecimiento: la tolerancia al agua por la vegetación y el fruto de varias etapas de crecimiento de las plantas.
- Tolerancia a la falta de aireación: la tolerancia a soportar niveles freáticos altos o saturados dentro la zona radicular por periodos prolongados.
- Tipos de cultivos requeridos: en algunos cultivos se requiere de ciertos cuidados durante el proceso de crecimiento de la planta.
- Habito de crecimiento: periodos de crecimiento y demanda de agua como una función del estado de crecimiento y profundidad normal de las raíces (Alvarado Solano & Rodriguez Ruiz, 2012).

### ➤ **Selección del microaspersor**

La selección del microaspersor se efectúa de la siguiente manera; se procede a seleccionar el microaspersor que cumpla los requerimientos de agua por día, por planta y que, además, resulte un tiempo que sea submúltiplo de 24, para poder

tener tiempos de riego de 24 y 48 horas y tener ciclos de riego de 3, 6 y 9 días, según sean las condiciones de requerimientos de la planta y capacidades de almacenamiento del suelo (Alvarado Solano & Rodriguez Ruiz, 2012).

#### **5.3.9. Diseño agronómico de un sistema de riego por microaspersión**

Consiste en la determinación de las necesidades hídricas de la planta en periodos de máxima demanda en dependencia de los factores edafoclimáticos y propios del cultivo, con la finalidad de realizar el cálculo de la capacidad total del sistema de riego (Gasto Total), la elección del emisor según sus características técnicas, la localización y características de los mismos dentro de la parcela, su cauda y tiempo de aplicación (Alvarado Solano & Rodriguez Ruiz, 2012).

#### **5.3.10. Diseño hidráulico de un sistema de riego por microaspersión**

Consiste en el dimensionamiento de los componentes del sistema y en la determinación de las variables hidráulicas (presión, pérdidas de carga, caudal, etc.) de la red de distribución; disminuyendo las pérdidas de agua y maximizando las eficiencias de conducción, distribución y aplicación en todo el sistema de riego, función de las necesidades hídricas máximas del cultivo y de los demás parámetros del diseño agronómico (Alvarado Solano & Rodriguez Ruiz, 2012).

### **5.4. TOPOGRAFÍA**

La topografía se encarga de medir extensiones de tierra tomando los datos para su representación gráfica en un plano a escala, sus formas y accidentes. También podemos mencionar que la topografía determina distancias horizontales y verticales entre puntos y objetivos sobre la superficie terrestre, medición de ángulos y establecer puntos por medio de ángulos y distancias previamente determinados (replanteo). El conjunto de operaciones necesarias para determinar las posiciones de puntos y posteriormente su representación en un plano es lo que se conoce como levantamiento.

Es la ciencia que estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones de puntos sobre la superficie de la tierra, por medio de medidas según

los tres elementos del espacio. Estos tres elementos pueden ser, dos distancias y una elevación, o una distancia y una dirección o bien una combinación de los tres elementos. Para distancias y elevaciones se emplean unidades de longitud (sistema métrico decimal) y para direcciones se emplean unidades de arco (grado sexagesimal).

La topografía ha sido favorecida por los adelantos de la ciencia, con instrumentos y dispositivos que superan tanto en precisión como en rapidez a los sistemas tradicionales de medición, para lograrlo han combinado las técnicas más avanzadas en óptica y electrónica, y desarrollar los trabajos de campo en forma más rápida y precisa (Distancio metros, Estación Total, niveles electrónicos, niveles con rayo láser y GPS). Lo que ha permitido mejorar las técnicas de elaboración de planos (sistemas de autocad, civil cad, etc.) (Morales Gámez & López, 2015).

#### **5.4.1. División de la Topografía**

La Topografía se divide en dos grandes partes que son: Planimetría y Altimetría.

##### **➤ La Planimetría**

Estudia los instrumentos y métodos para proyectar sobre una superficie plana horizontal, la exacta posición de los puntos más importantes del terreno y construir de esa manera una figura similar al mismo. Entre los trabajos que realiza la planimetría tenemos: cálculo de superficie, división de terrenos en parcelas, replanteo de líneas viejas o destruidas, construcción de planos de terrenos, etc. (Morales Gámez & López, 2015).

##### **➤ La Altimetría**

Tiene en cuenta la diferencia de nivel existente entre los diferentes puntos del terreno con respecto a una superficie de referencia, generalmente corresponde al nivel medio del mar. La medición de distancia verticales directa o indirecta se llama nivelación. Métodos de nivelación: Nivelación trigonométrica Métodos Indirectos Nivelación, barométrica Métodos Directos Nivelación diferencial o Geométrica (Morales Gámez & López, 2015).



### 6.1.2. Micro localización

El estudio se llevó a cabo en la Finca Agrícola Experimental de la Universidad Nacional de Ingeniería (FAE – UNI), la finca está ubicada en la comunidad de La Bolsa, en el municipio de Masaya, departamento de Masaya, se localiza entre las coordenadas geográficas: 85°59'39" y 86°00'05" longitud oeste, 12°00'47" y 12°00'31" latitud norte, a una altura entre 40 y 60 msnm.

**Figura 10. Ubicación del lugar de estudio "Finca Experimental Agrícola"**



Fuente: Google Earth 2022

### 6.2. ESTUDIO DE SUELO

Ubicados en el área previamente definida, se procedió a recolectar submuestras completas y alteradas de suelo, procurando una distribución de muestreo lo más uniforme posible (en forma diagonal). Las submuestras fueron tomadas a una profundidad promedio de 30 cm. Se mezclaron todas las submuestras para conformar una sola, y luego se empacaron en una bolsa plástica debidamente identificada para mandarlas al laboratorio donde se le realizaron análisis para el conocimiento de las siguientes propiedades:

- Textura
- Punto de marchitez permanente
- Capacidad de campo
- Densidad aparente (Para esta prueba se procedió a recolectar muestras de suelo inalteradas, haciendo uso de un cilindro de volumen conocido, extrayendo muestras que conservaran el mismo estado natural del suelo.
- Densidad real

### **6.3. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO**

Situados en la finca se definió el área en la cual se proyectó el sistema de riego; haciendo uso de un GPS se registraron los puntos que definen dicha área (puntos limitantes y puntos dentro de la parcela) obteniendo así información de altiplanimetría. Luego se descargaron o transfirieron esos datos a un computador para procesarlos en los Software, MapSource, Google Earth, Excel y AutoCAD, con los cuales se obtuvo el plano topográfico del área mencionada.

### **6.4. EQUIPO DE BOMBEO**

#### **6.4.1. Determinación de la curva de gasto del equipo de aforo**

El objetivo de esta prueba fue conocer el caudal y presión que produce la estación de bombeo y evaluar la adecuación de la bomba para cubrir las necesidades hídricas de la planta, respecto al área cultivada.

Estas mediciones se realizaron cuando el equipo de bombeo, que se encontraba con carga, midiéndose el caudal, la presión nominal de salida de la bomba. El caudal se midió por el método volumétrico y la presión con manómetro de 60 PSI.

- **Procedimiento**

Se puso a funcionar la estación de bombeo y esperando al menos 5 minutos para que el flujo de agua se estableciera. Posteriormente se midió por medio del método volumétrico el caudal del equipo de bombeo. De manera conjunta, se procedió a tomar las mediciones de presión de la bomba y revoluciones a las que esta se encuentre operando.

#### **6.4.2. Determinación de la calidad de agua para riego**

En el análisis permitirá las características químicas del agua de riego tales como pH, cantidad de sólidos en suspensión y sales, y características físicas como Conductividad eléctrica. Con estas pruebas se verificará las variables que se encuentran dentro de los límites, para que el agua no afecte al suelo, sistema de riego y al mismo cultivo.

- **Procedimiento**

Se puso a funcionar la estación de bombeo, esperando al menos 5 minutos para que el flujo de agua se estableciera. Posteriormente se tomó una muestra de 1 Galón (3.785 lt), para su envío inmediato al laboratorio en el que se hicieron los respectivos análisis.

#### **6.4.3. Condiciones climáticas del sitio**

Para conocer las condiciones climáticas de la zona en que se realizó el estudio, se utilizaron los datos climatológicos proporcionados por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), correspondiente a la Estación Meteorológica MASAYA (L. OXIDACION) en Masaya, código: 690115, con coordenadas: Latitud: 11°58'48", Longitud: 86°06'18", Elevación: 210 msnm. Dichos datos se utilizaron de base para la determinación de la Evapotranspiración de Referencia de la zona, los cuales se calculó con el software Cropwat 8.0.

### **6.5. DISEÑO AGRONÓMICO, GEOMÉTRICO E HIDRÁULICO**

#### **6.5.1. Diseño agronómico**

El diseño agronómico representa la primera fase del procedimiento de diseño, con el que se determinará la cantidad de agua que ha de transportar la instalación, correspondiente a las necesidades brutas de riego. Es la parte importante del proyecto ya que este depende para el diseño hidráulico.

### **Formulas a utilizar**

- **Humedad aprovechable**

$$Ha = \frac{(Cc - PMP)}{100} * Da * Pr * \% PAR$$

#### **Donde:**

Ha = Humedad aprovechable (mm)

Da = Densidad aparente (gr /cm<sup>3</sup>)

Cc = Capacidad de campo (%)

PMP = Punto de marchitez permanente (%)

Pr = Profundidad radicular (m).

%PAR = Porcentaje de agua de riego

- **Norma neta del cultivo o Lamina neta**

$$Nn = ETr$$

#### **Donde:**

Nn = Normas neta del cultivo o Lamina neta (mm)

ETr = Uso consuntivo máximo (mm/día)

- **Norma bruta del cultivo o Lamina bruta**

$$Nb = \frac{Ln}{Ef}$$

#### **Donde:**

Nb = Norma Bruta del cultivo o Lamina bruta (mm)

Nn = Normas neta del cultivo o Lamina Neta (mm)

Ef = Eficiencia del sistema de riego (%)

- **Evapotranspiración real o uso consuntivo**

Permite estimar la evapotranspiración del cultivo para un periodo determinado en condiciones óptimas de fertilidad y humedad, para alcanzar su potencial de producción.

$$Etr_{\text{cultivo}} = Eto * kc$$

**Donde:**

Eto = Evapotranspiración (mm/día)

Kc = coeficiente del cultivo

Etr cultivo = Evapotranspiración real o Uso Consuntivo (mm/día)

- **Necesidades Totales**

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

**Donde:**

K = (1 - eficiencia)

Cu = Coeficiente de uniformidad

Nn: Norma neta del cultivo (mm/día)

- **Intensidad aplicada**

$$Ia = \frac{Qe}{Se * Sl}$$

**Donde:**

Ia = Intensidad aplicada (mm/h)

Qe = Caudal del emisor (lph)

Se = Separación entre emisores (m)

Sl = Separación entre laterales (m)

- **Frecuencia de riego**

La precipitación efectiva (Pe) es nula dado la alta frecuencia de riego, que a veces es diaria, Es muy improbable que siempre ocurra una lluvia en el intervalo entre dos riegos consecutivos.

El aporte capilar (Gw) solo es importante en los casos en que haya una capa freática próxima.

La variación de almacenamiento de agua ( $\Delta W$ ) no debe tomarse en cuenta para el cálculo de las necesidades puntas o máximas ya que con este tipo de riego localizado se pretende mantener próximo a cero el potencial hídrico del suelo, lo que consiguen reponiendo el agua extraída con la alta frecuencia de aplicación. Es la lámina de riego que se debe aplicar en determinado tiempo (días).

$$Fr = Nn/Etr_{\text{cultivo}}$$

**Donde:**

Fr = Frecuencia de riego (día)

Nn = Norma Neta del suelo (mm)

Etrcultivo = Evapotranspiración real del cultivo (mm/día)

- **Tiempo de Riego**

$$Tr = \frac{Lb}{Ia}$$

**Donde:**

Tr = tiempo de riego (h/emisor)

Ia = intensidad de aplicación (mm/h)

Lb = Lamina bruta o Norma Bruta del cultivo

- **Norma neta del suelo o Lamina neta**

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

**Donde:**

Nn = Lamina neta o Norma neta del suelo (mm)

Da = Densidad aparente (gr /cm<sup>3</sup>)

Cc = Capacidad de campo (%)

PMP = Punto de marchitez permanente (%)

Hr = Profundidad radicular (m).

- **Norma bruta del suelo o Lamina Bruta**

$$N_b = \frac{N_n}{\text{Eficiencia}}$$

**Donde:**

$N_b$  = Lamina bruta o Norma Bruta del suelo (mm)

$N_n$  = Lamina Neta o Norma neta del suelo (mm)

$E_f$  = Eficiencia del sistema de riego (%)

- **Necesidades diarias por planta**

$$N_{pl} = N_t \times S_p \times S_s$$

**Donde:**

$N_{pl}$  = Necesidades totales del cultivo (mm/día)

$S_p$  = Separación entre plantas (m)

$S_s$  = Separación entre surcos (m)

- **Área mojada por emisor**

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

**Donde:**

$D$  = Diámetro de mojado del emisor (m)

$A_e$  = Área mojada por emisor (m<sup>2</sup>)

- **Plantas regadas por emisor**

$$N_p = A_e \times \# \text{ plantas por m}^2$$

**Donde:**

$N_p$  = Número de plantas regadas por emisor

$A_e$  = Área mojada por emisor (m<sup>2</sup>)

- **Dosis de riego**

$$D_p = \frac{\text{Uso consuntivo} \times A_e}{\# \text{ plantas por emisor}}$$

**Donde:**

Dp = Dosis de riego (lt/planta/día)

Ae = Área mojada por emisor (m<sup>2</sup>)

- **Número de emisores por planta**

$$\text{Número emisores por planta} = \frac{1}{\text{Plantas regadas por emisor}}$$

- **Tiempo de aplicación**

$$T_a = \frac{D_p}{\# \text{ emisores por planta} \times q_{med}}$$

**Donde:**

Ta = Tiempo de aplicación (hr)

Dp = Dosis de riego (lt/planta/día)

qmed = Caudal nominal del microaspersor (lph)

### **6.5.2. Diseño geométrico**

Es fundamental para la realización del diseño de sistema de riego, este depende del levantamiento topográfico y los resultados de cálculos del diseño agronómico e hidráulico, para su realización se llevará a cabo los siguientes pasos:

1. Se realizó el levantamiento de campo para el establecimiento de parcelas utilizando los equipos topográficos.
2. Se realizó la desmembración del área de cultivo utilizando software especializados como Auto-CAD y Civil 3D.
3. Se determinó la dirección del trazado de la siembra y la orientación de las tuberías.
4. Se determinó la ubicación de la fuente de agua (pozo).
5. Se realizó el aforo y curva de e gasto del equipo de bombeo existente de la finca.
6. Se realizó los cálculos de los diseños agronómico e hidráulico.

### 6.5.3. Diseño hidráulico

#### 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 por este usuario sino en recomendaciones del fabricante según tipo de microaspersores, el número de microaspersores en lateral y la distancia que hay entre los emisores, basándose en cálculos previos.

- **Cálculo el caudal de la tubería lateral**

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

**Donde:**

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

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

En tuberías de riego agrícola, para el cálculo de la pérdida de carga unitaria para materiales de PVC y PE se recomienda en riego localizado la ecuación de Blassius (una aproximación de la ecuación de Darcy - Weisbach) para tuberías con diámetros iguales o menores a los 125 mm y cuando a  $10^5 < Re < 10^7$ .

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

**Donde:**

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)**

Las pérdidas de carga, se ven afectadas también por la obstrucción que se produce por la inserción de cada emisor en el lateral. Esta pérdida depende del tamaño y tipo de conexión, y del diámetro interno del lateral. Para incorporar esta pérdida a las pérdidas totales del lateral, se determina una longitud equivalente ( $f_e$ ) del lateral en el cual se insertan los emisores.

$$J' = J \left( \frac{Se + Fe}{Se} \right)$$

**Donde:**

J = Pérdida unitaria (m/100m)

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

Se = Separación entre emisores

**Tabla 7. Valores de fe según el tipo de conexión**

Conexión	Ecuación
Grande	$fe = 23.04 * di^{-1.84}$
Estándar	$fe = 18.91 * di^{-1.87}$
Pequeña	$fe = 14.38 * di^{-1.89}$

Fe = m; di = diámetro interno del lateral en mm. (Este cuadro también se utiliza para terciarias).

**Fuente:** (Mayorga Mendoza & Aguilar Muñoz, 2013)

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

$$hf = J' * F * \left( \frac{L}{100} \right)$$

**Donde:**

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

F = Factor de Christiansen (De tabla)

L = Longitud de la tubería lateral (m)

- **Obtención del factor de Christiansen (F) para tubería lateral y terciaria.**

“F” es el coeficiente de reducción de Christiansen para compensar la descarga a lo largo de la tubería en función del número de orificios o salidas múltiples.

El factor de Christiansen (F) se puede calcular mediante la expresión:

$$F = \frac{1}{1 + \beta} + \frac{1}{2 * n} + \frac{\sqrt{\beta - 1}}{6 * n^2}$$

F es función de n (número de derivaciones o emisores) y del régimen hidráulico  $\beta$  que es el exponente de la fórmula.

Los valores de F pueden conocerse mediante el empleo de la Tabla No.17 que se encuentra en ANEXO 2. TABLAS - Coeficientes de Christiansen, cuando la primera derivación esté a una distancia del comienzo de la tubería ( $l_0$ ), igual a la equidistancia ( $l$ ) entre las derivaciones, es decir,  $l = l_0$ , o bien cuando la primera derivación está situada a una distancia del comienzo del lateral igual a la mitad del espaciamiento entre derivaciones ( $l_0 = l/2$ ).

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

$$h_{lat} = h_0 + \frac{3}{4}(h_f) \pm 0.5(\Delta EL)$$

**Donde:**

$h_0$  = Presión nominal del Microaspersor (m)

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

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

- **Presión mínima en el lateral**

$$h_n = h_{lat} - (h_f + \Delta EL)$$

**Donde:**

$h_n$  = 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**

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

**Donde:**

$h$  = 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**

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

**Donde:**

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

$q_{lat}$  = Caudal del lateral (lps)

- **Cálculo del caudal para el área total**

$$Q_{total} = \frac{\text{Area de estudio} \times \text{Uso consuntivo}}{\text{Tiempo de riego}}$$

- **Cálculo del número de turnos**

$$\text{Número turno} = \frac{Q_{total}}{Q_{neto \text{ disponible}}}$$

- **Cálculo del caudal por turno**

$$Q_{turno} = \frac{Q_{total}}{\text{Número de turnos}}$$

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

$$\text{Número válvula} = \frac{Q_{turno}}{Q_{válvula}}$$

- **Cálculo del número de laterales**

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

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

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

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

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

**Donde:**

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)**

$$J' = J \left( \frac{SI + Fe}{SI} \right)$$

**Donde:**

J = Pérdida unitaria (m/100m)

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

SI = Separación entre laterales (m)

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

$$h_f = J' * F * \left( \frac{L}{100} \right)$$

**Donde:**

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**

$$h_{maestra} = h_{lat} + 3/4(h_f) \pm 0.5(\Delta EL)$$

**Donde:**

Hlat = 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 (%)

- **Presión mínima de la Maestra**

$$h_n = h_{maestra} - (h_f + \Delta EL)$$

**Donde:**

$h_n$  = Presión mínima de la maestra (m)

$h_{maestra}$  = Presión a la entrada de la maestra (m)

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

- **Pérdida de carga permisible en la tubería maestra**

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

**Donde:**

$h$  = Pérdida de carga permisible de la maestra (m)

$h_{maestra}$  = Presión a la entrada de la maestra(m)

$h_n$  = Presión mínima de la maestra (m)

### c. **Diseño de la tubería conductora**

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

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

**Donde:**

$Q$  = Caudal de la tubería conductora (lps)

$D$  = Diámetro interior de la tubería conductora (mm)

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

$$h_f = J * \frac{L}{100}$$

**Donde:**

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

$L$  = Longitud de la tubería conductora (m)

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

$$h_{\text{conductora}} = h_{\text{maestra}} + 3/4(h_f) \pm 0.5(\Delta EL)$$

**Donde:**

Hmaestra= Carga a la entrada de la maestra (m)

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

EL = Pendiente del terreno por longitud de la tubería conductora (%)

- **Presión mínima de la Conductor**

$$h_n = h_{\text{conductora}} - (h_f + \Delta EL)$$

**Donde:**

hn = Presión mínima de la conductora (m)

hconductora = Presión a la entrada de la conductora (m)

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

- **Pérdida de carga permisible en la tubería conductora**

$$h = h_{\text{conductora}} - h_n$$

**Donde:**

h = Pérdida de carga permisible de la conductora (m)

hconductora = Presión a la entrada de la conductora (m)

hn = Presión mínima de la conductora (m)

- **Sumatoria de las pérdidas de carga**

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

**Donde:**

hfconductora = Pérdidas de carga en la tubería conductora (m)

hfmaestra = Pérdidas de carga en la tubería maestra (m)

ho = Presión nominal del microaspersor (m)

hfacc = Pérdida de carga en los accesorios (m)

hflocales = Pérdidas de cargas locales (m)

$\Delta Z$  = Diferencia de altura (m)

- **Cálculo de la Carga Total Dinámica**

$$CTD = \sum hf + NDB$$

**Donde:**

CTD = Carga total dinámica (m)

$\Sigma hf$  = Sumatoria de las pérdidas de carga (m)

NDB = Nivel dinámico de bombeo (m)

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

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

**Donde:**

HP = Potencia del equipo de bombeo (Hp)

Q = Caudal que pasa por la conducción (m<sup>3</sup>/hr)

CTD = Carga total dinámica (m)

Ef = Eficiencia del equipo de bombeo (%)

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

## 7. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 7.1. PROPIEDADES HIDROFÍSICAS DEL SUELO

Al realizar los análisis y cálculos referentes a las muestras tomadas en el sitio de interés, se determinó que el suelo es de textura Franco limoso, y profundidad de enraizamiento de 0.60 m hasta 1 m factor importante dado que el cultivo del plátano se desarrolla de manera óptima en estas condiciones.

Del análisis de pH se observó que el área donde se cultivó el plátano tiene un pH ligeramente ácido de 6.37 en este rango se facilita la disponibilidad de aprovechamiento los nutrientes en las raíces, mientras tanto, el valor de conductividad eléctrica que presenta el suelo es de 49.8 ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ), indica que los niveles de salinidad son bajos, es decir, que ayuda a la mejor absorción de nutrientes y el cultivo no tendrá que gastar energía.

En la densidad aparente da como resultado 1.61  $\text{gr}/\text{cm}^3$  según la evaluación se encuentra en el parámetro mayor a 1.60  $\text{gr}/\text{cm}^3$ , se clasifica como muy alta, esto quiere decir, que hay problemas de compactación por lo que puede afectar en el desarrollo de las raíces del cultivo y el funcionamiento en el intercambio catiónico. Mientras tanto la densidad real da como resultado 2.21  $\text{gr}/\text{cm}^3$  según la evaluación se encuentra en el parámetro menor a 2.40  $\text{gr}/\text{cm}^3$ , por lo que indica que es baja, esto se refiere que hay baja presencia de minerales pesados.

Con respecto a la capacidad de campo se obtuvo un valor de 42.52 % para el área cultivada con Plátano; según la evaluación de este parámetro se encuentra entre 40% a 55 %, por lo tanto, es alta; esto quiere decir que 100gr de tierra seca se retienen 42.52 gr de agua, donde indica que en este sitio absorbe más agua por unidad de gramos de suelo seco. Y el punto de marchitez permanente es de 23.11% según la evaluación de este parámetro se encuentra entre 9.2% a 24.5% por lo que su valor es medio; significa que, cuando se alcanza la marchitez del cultivo, el suelo tiene 23.11 gr de agua por 100 gr de tierra seca, esto influye directamente en la aplicación y distribución de la lámina de riego en el ciclo productivo del cultivo del plátano.



## 7.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

La parcela agrícola para la cual se ha realizado el diseño de sistema de riego por microaspersión se considera con un excelente potencial agrícola, desde su constitución física, química y orgánica hasta su relieve y su vegetación.

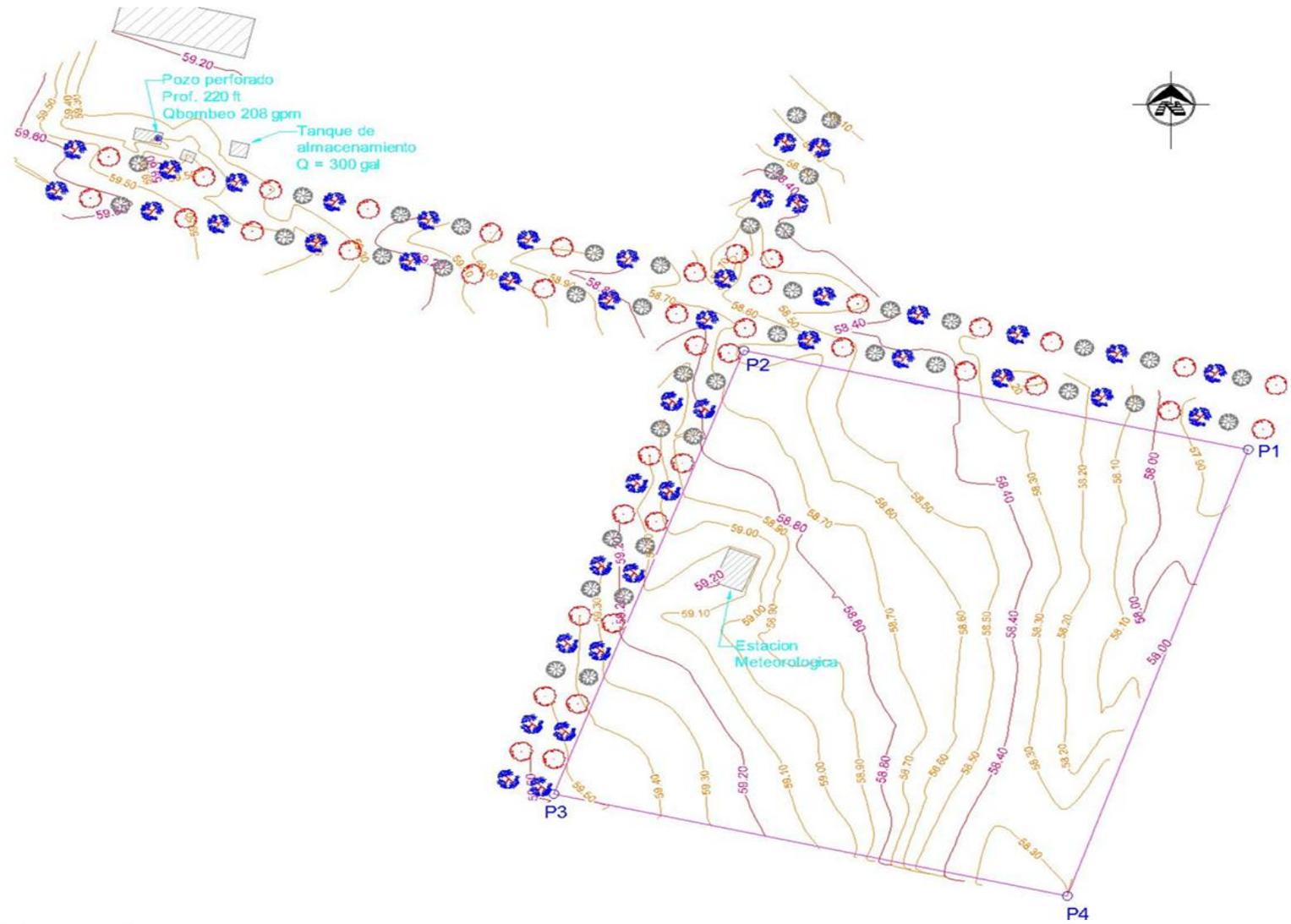
A partir del estudio topográfico del sitio se determinó que la parcela cuenta con un pozo perforado, un tanque de almacenamiento, caminos de accesos y árboles en ambos extremos de los accesos que a la vez funcionan como cortinas rompe vientos.

La parcela agrícola delimitada cuenta con un área de 13,130.74 m<sup>2</sup> equivalentes a 1.31 Ha, el pozo perforado se encuentra a una distancia de 136 m de la parcela. La pendiente del terreno entre el pozo y la parcela es a favor con un valor de 0.68%. Este dato es importante porque indica que el sistema de bombeo tendrá una diferencia de presión a favor.

Dentro de la parcela de interés las pendientes se comportan de la siguiente forma: Norte a Sur: Pendiente de +0.72% y Este a Oeste: Pendiente de +0.81%. La zona más alta del terreno se encuentra en la esquina suroeste y la parte más baja en la esquina noreste, definiendo así la línea de drenaje del agua pluvial en el sentido oeste este.

Según resultados de estudios realizados a cultivos de plátanos, indican que este se desarrolla de manera óptima en relieves con pendientes que oscilen entre 0 y 2% de pendiente. El relieve en cuestión consta con pendientes menores a 1% lo cual los hace adecuados para el cultivo.

Figura 11. Plano topográfico de curvas a nivel y detalles



Fuente: Elaboración Propia

### **7.3. CALIDAD Y CANTIDAD DE AGUA PARA RIEGO**

En la Tabla 10 y Figura 12, el pozo tiene un caudal máximo de 208.42 GPM a una presión de 10 PSI y un caudal mínimo de 183.12 GPM a una presión de 50 PSI. Estos datos fueron tomados en cuenta a la hora de realizar el diseño agronómico e hidráulico del sistema de riego, al considerar el caudal disponible para determinar los turnos de riego necesarios para irrigar toda el área del proyecto.

En la Tabla 11, la conductividad eléctrica dio como resultado 356.67  $\mu\text{s}/\text{cm}$  según los parámetros se encuentra ligeramente dura, esto quiere decir que hay una cierta concentración de sales en el agua esto no afecta al cultivo directamente, pero puede que afecte la estructura iónica del suelo y hasta el funcionamiento del sistema de microaspersión. Respecto al pH este da como resultado un valor de 7.85, es de tipo básico o alcalino, las recomendaciones de expertos consideran un valor ideal menor de 8, para que las plantas pueden absorber los nutrientes en su proceso fisiológico de la misma.

A continuación, se presentan los resultados del análisis fisicoquímico del agua del pozo de la Finca Agrícola Experimental que suministrara el agua para el sistema de riego.

**Tabla 9. Resultado de prueba de aforo pozo con bomba sumergible**

<b>FINCA AGRICOLA EXPERIMENTAL (FAE-UNI)</b>			
<b>MUNICIPIO DE MASAYA, DEPARTAMENTO DE MASAYA</b>			
<b>PRUEBA DE AFORO A EQUIPO DE BOMBEO SUMERGIBLE</b>			
<b>DATOS DE AFORO EQUIPO DE BOMBEO</b>			
<b>BOMBA SUMERGIBLE</b>			
POTENCIA	20HP		
DESCARGA	4"		
<b>RESULTADOS DE AFORO</b>			
<b>1. CAUDAL (GPM) EN DESCARGA LIBRE</b>			
Volumen (m3)	Tiempo (seg)	Caudal (GPM)	NDB (PIE)
10	7.60	208.42	113.3
<b>2. CAUDAL (GPM) A 20 PSI</b>			
Volumen (m3)	Tiempo (seg)	Caudal (GPM)	NDB (PIE)
10	7.90	200.51	112.5
<b>3. CAUDAL (GPM) A 30 PSI</b>			
Volumen (m3)	Tiempo (seg)	Caudal (GPM)	NDB (PIE)
10	8.21	192.94	111.5
<b>4. CAUDAL (GPM) A 40 PSI</b>			
Volumen (m3)	Tiempo (seg)	Caudal (GPM)	NDB (PIE)
10	8.36	189.47	101.5
<b>5. CAUDAL (GPM) A 50 PSI</b>			
Volumen (m3)	Tiempo (seg)	Caudal (GPM)	NDB (PIE)
10	8.65	183.12	105.7

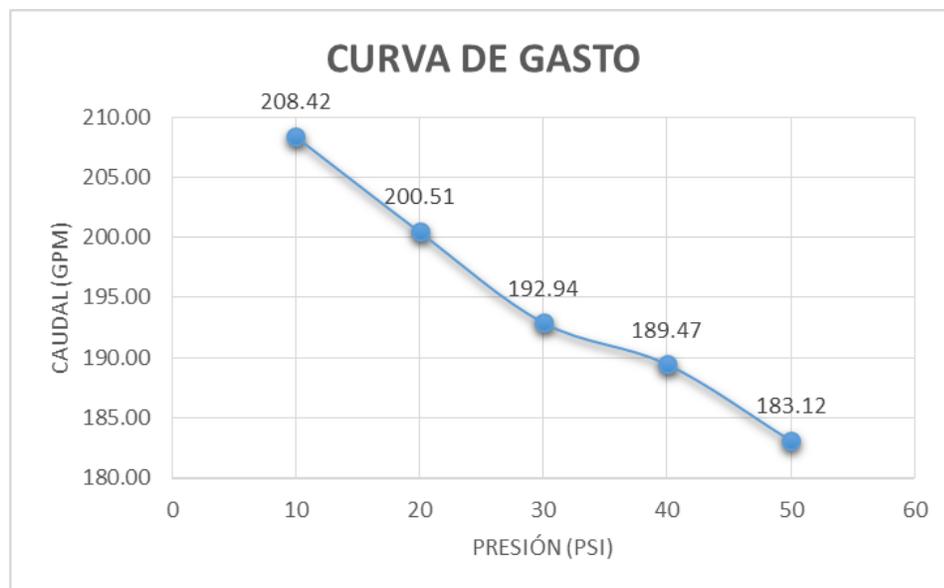
**Fuente: Elaboración Propia**

**Tabla 10. Presión vs caudal**

<b>CURVA DE GASTO VS PRESIÓN</b>	
<b>PRESIÓN (PSI)</b>	<b>CAUDAL (GPM)</b>
10	208.42
20	200.51
30	192.94
40	189.47
50	183.12

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 12. Curva de gasto**



Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 11. Resultados de análisis de agua**

**Nombre:** Eduardo Sanchez      **Fecha de muestreo:** 24/03/2022      **Fecha de análisis:**  
**Localidad:** La Bolsa      **Municipio:** Masaya      **Departamento:** Masaya  
**Tipo de muestra:** Inalterada      **Nombre del lugar de muestreo:** Finca Agrícola Experimental

**ANALISIS**

<b>Item</b>	<b>Descripción</b>	<b>pH</b>	<b>CE (µs/cm)</b>
1	Finca Experimental Agrícola	7.85	356.67

NOTA: pH (Potencial Hidrogeno), CE (Conductividad Eléctrica)

**Fuente: Elaboración Propia**

## 7.4. CÁLCULO DEL DISEÑO AGRONÓMICO

### DATOS NECESARIOS:

Cultivo: Plátano

Área: 1.313 Ha = 1.86 Mz

Uso consuntivo máximo diario: 8.12 mm

Profundidad radicular: 0.60 m

Densidad aparente del suelo (Da) = 1.61 gr/cm<sup>3</sup>

Capacidad de Campo (Cc) = 42.52%

Punto de Marchitez Permanente = 23.11 %

- **Humedad aprovechable**

$$Ha = \frac{(Cc - PMP)}{100} * Da * Pr * \% PAR$$
$$Ha = \frac{(42.52 - 23.11)}{100} * 1.61 \frac{cm}{gr} * 600 mm * 90\%$$
$$Ha = 168.75 mm$$

- **Lamina neta o Norma neta del cultivo**

$$Ln = ETr$$
$$Ln = 8.12 mm/dia$$

- **Lamina Bruta o Norma bruta del cultivo**

$$Lb = \frac{Ln}{Ef}$$
$$Lb = \frac{8.12 mm/dia}{0.90}$$
$$Lb = 9.02 mm/dia$$

- **Intensidad aplicada**

$$Ia = \frac{Qe}{Se * Sl}$$

$$I_a = \frac{69 \text{ lph}}{4.5 \text{ m} * 5 \text{ m}}$$

$$I_a = 3.07 \text{ mm/h}$$

- **Tiempo de riego**

$$Tr = \frac{L_b}{I_a}$$

$$Tr = \frac{9.02 \text{ mm/dia}}{3.07 \text{ mm/h}}$$

$$Tr = 2.94 \text{ h/ dia}$$

- **Lamina Neta o Norma neta del suelo**

$$L_n = 100 \times D_a \times H \times (C_c - PMP) \times \frac{2}{3}$$

$$L_n = 100 \times 1.61 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \times 0.60 \text{ m} \times (42.52 - 23.11) \times \frac{2}{3}$$

$$L_n = \text{m}^3/\text{Ha}$$

$$L_n = 1,250 \text{ m}^3/\text{Ha} / 10 \text{ m}^3/\text{Ha}$$

$$L_n = 125 \text{ mm}$$

- **Lamina Bruta o Norma bruta del suelo**

$$L_b = \frac{N_n \text{ diseño}}{\text{Eficiencia}}$$

$$L_b = \frac{125 \text{ mm}}{0.90}$$

$$L_b = 138.89 \text{ mm}$$

- **Necesidades Totales**

$$N_t = \frac{N_n}{(1 - k)C_u}$$

$$N_t = \frac{8.12 \text{ mm}}{(1 - (1 - 0.9))0.9}$$

$$N_t = 10.2 \text{ mm/dia}$$

- **Necesidades diarias por planta**

$$Npl = Nt \times Sp \times Ss$$

$$Npl = 10.2 \text{ mm} \times 3.00 \times 1.50 \times 1.50 \text{ m}$$

$$\mathbf{Npl = 67.63 \text{ mm}}$$

- **Área mojada por emisor**

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

$$Ae = \frac{\pi \times (4.5\text{m})^2}{4}$$

$$\mathbf{Ae = 15.90 \text{ m}^2}$$

- **Plantas regadas por emisor**

$$Np = Ae \times \text{número de plantas por m}^2$$

$$\text{Número de plantas por m}^2 = \frac{1}{Sp \times Ss} = \frac{1}{1.5 \text{ m} \times 3.00 \text{ m}} = 0.22 \text{ plantas/m}^2$$

$$Np = 15.90 \text{ m}^2 \times 0.22 \text{ plantas/m}^2$$

$$\mathbf{Np = 3.50 \cong 4 \text{ plantas/emisor}}$$

- **Dosis de riego**

$$Dp = \frac{\text{Uso consuntivo} \times Ae}{\text{Número de plantas por emisor}}$$

$$Dp = \frac{8.12 \text{ mm} \times 15.90 \text{ m}^2}{4 \text{ plantas/emisor}}$$

$$\mathbf{Dp = 32.28 \text{ lt/planta/día}}$$

- **Número de emisores por planta**

$$\text{Número emisores por planta} = \frac{1}{\text{Plantas regadas por emisor}}$$

$$\text{Número emisores por planta} = \frac{1}{4 \text{ plantas/emisor}}$$

$$\mathbf{\text{Número emisores por planta} = 0.25 \text{ emisores/planta}}$$

#### 7.4.1. Análisis del diseño agronómico

Según los resultados del diseño agronómico el sistema de riego está en dependencia al marco de plantación del cultivo para lograr una mejor distribución del agua sobre el terreno; aplicándole de esta forma al cultivo según necesidades hídricas en su periodo de máxima demanda (10.2 mm/día), se le debe suministrar una dosis de 32.28 lt/planta/día en un tiempo de riego de 2.94 horas por día con una frecuencia diaria. El microaspersor seleccionado, aplicará una precipitación de 3.07 mm/h y cada emisor aplicará el agua necesaria a 4 plantas.

El sistema de riego por microaspersión abarca un área de 1.313 ha, es decir 1.86 mz, el modelo de microaspersor seleccionado tiene un caudal 69 lph. La intensidad de aplicación del microaspersor es de 3.07 mm/h inferior a la infiltración básica del suelo de 310 mm/h, que según el tiempo de riego ya establecido no se presentaran problemas de encharcamiento, escorrentía o infiltración profunda.

A continuación, se presenta la Tabla 12 con los resultados del diseño agronómico de una forma ordenada.

**Tabla 12. Resultados del diseño agronómico**

<b>Aspectos del Riego</b>	
Evapotranspiración de Referencia (Eto)	6.77 mm/día
Evapotranspiración del Cultivo (Etc)	8.12 mm/día
Necesidades Totales de Riego (Nt)	10.2 mm/día
Dosis diaria por planta (Dp)	32.28 lts/planta/día
Área Regada por Microaspersor (Ae)	15.90 m <sup>2</sup>
Intensidad de Aplicación del Microaspersor (Ia)	3.07 mm/h
Número de Plantas regadas por emisor	4 plantas
Número de emisor por planta	0.25
Tiempo de riego (Tr)	2.94 h/día
<b>Relación Suelo – Agua</b>	
Lámina Bruta retenida en el Suelo (LM)	138.89 mm
Lámina neta o dosis neta de riego (LN)	60 mm
Lámina bruta o dosis bruta de riego (LB)	9.02 mm
<b>Marco de Plantación (Siembra en Doble Surco)</b>	
Separación entre Plantas	1.5 m
Separación entre surcos o hileras de Plantas	1.5 m

Ancho de Calles entre Doble Surco	3.0 m
<b>Distribución de la Red según Marco de Plantación</b>	
Separación entre Microaspersores sobre el Lateral	4.5 m
Separación del primer Microaspersor en el Lateral	2.25 m
Número de Microaspersores en cada Lateral	12
Separación entre Laterales sobre tubería Terciaria	5 m
Separación del primer Lateral sobre la Terciaria	2.5 m
Número de Laterales en Tubería Terciaria	48
Longitud de Tubería Conductora	219.83 m
Longitud de Tubería Terciaria	121 m
Longitud de Tubería Lateral	57 m

Fuente: Elaboración Propia

## 7.5. CÁLCULO DE DISEÑO HIDRÁULICO

### 7.5.1. Diseño de la tubería lateral

#### DATOS NECESARIOS:

Frecuencia de riego: Diario

Método de riego: Microaspersión

Modelo del microaspersor: AZUD

Boquilla: Color negro (diámetro 1.2 mm)

Caudal de la boquilla (ho): 69 lph, 2 bar

Presión de trabajo: 20.39 mca

Diámetro mojado: 4.5 m

Diámetro del lateral: 20 mm, 18.2 mm Interno

Espaciamiento entre emisores: 4.5 m

Espaciamiento entre laterales: 5 m

Longitud de la lateral = 57 mts

Numero de emisores en el lateral: 12

Marco de plantación: 3 x 1.5 x 1.5 m Doble surco

Pendiente (S): 0.81 %

Factor de corrección (Fe) = 0.08

$I_0 = \frac{1}{2} SI$

Factor de Christiansen (F) = 0.380

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

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

$$q_{\text{lateral}} = 12 \times 69 \text{ lph}$$

$$q_{\text{lateral}} = \mathbf{828 \text{ lph} \cong 0.23 \text{ lps} \cong 0.828 \text{ m}^3/\text{hr}}$$

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

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

$$J = 7.89 \times 10^7 \left( \frac{(0.23 \text{ lps})^{1.75}}{(18.2 \text{ mm})^{4.75}} \right)$$

$$J = \mathbf{6.23 \text{ m/100m}}$$

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

$$J' = J[(S_e + F_e)/S_e]$$

$$J' = 6.23 \text{ m}[(4.5 \text{ m} + 0.08)/4.5 \text{ m}]$$

$$J' = \mathbf{6.34 \text{ m/100m}}$$

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

Longitud de la tubería lateral = 57 m (Separación de emisores x número de emisores).

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

$$h_f = 6.34 \text{ m} \times 0.380 \times (57 \text{ m}/100)$$

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

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

$$h_{\text{lat}} = h_m + \frac{3}{4} (h_f) \pm 0.5(\Delta EL)$$

$$h_{\text{lat}} = 20.39 \text{ m} + \frac{3}{4} (1.37 \text{ m}) + 0.5 ((0.81 * 57)/100)$$

$$h_{\text{lat}} = \mathbf{21.65 \text{ m}}$$

- **Presión mínima en el lateral**

$$h_n = h_{lat} - (h_f + \Delta EL)$$

$$h_n = 21.65 \text{ m} - (1.37 \text{ m} + ((0.81 * 57)/100))$$

$$\mathbf{h_n = 19.82 \text{ m}}$$

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

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

$$h = 21.65 \text{ m} - 19.82 \text{ m}$$

$$\mathbf{h = 1.83 \text{ m}}$$

### 7.5.2. Diseño de la tubería maestra

#### **DATOS NECESARIOS:**

Diámetro de tubería PVC SDR 41 de 3" asumido: 84.58 mm

Longitud de la maestra = 121 m

Área: 1.31 Ha

Separación entre laterales (Slat): 5 m

Factor de corrección (Fe): 0.10

IO: ½ SI

Factor de Christiansen (F): 0.361

Pendiente (s): 0.72 %

Caudal del lateral (qlat): 828 lph

Numero de laterales: 48

Caudal neto disponible: 189.47 gpm = 43.03 m<sup>3</sup>/h a 40 PSI

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

$$q_{lateral} = \# \text{ laterales} \times \text{caudal del lateral}$$

$$q_{lateral} = 48 \times 828 \text{ lph}$$

$$\mathbf{q_{lateral} = 39,744 \text{ lph} \cong 11.04 \text{ lps} \cong 39.74 \text{ m}^3/\text{hr}}$$

- **Cálculo del caudal para el área total**

$$Q_{\text{total}} = \frac{\text{Area} \times \text{Uso consuntivo}}{\text{Tiempo de riego}}$$

$$Q_{\text{total}} = \frac{1.31 \text{ Ha} \times 81.2 \text{ m}^3/\text{Ha}}{2.94 \text{ hrs}}$$

$$Q_{\text{total}} = \mathbf{36.18 \text{ m}^3/\text{hr}}$$

- **Cálculo del número de turnos**

$$\text{Número turno} = \frac{Q_{\text{total}}}{Q_{\text{neto disponible}}}$$

$$\text{Número turno} = \frac{36.18 \text{ m}^3/\text{hr}}{43.03 \text{ m}^3/\text{hr}}$$

$$\text{Número turno} = \mathbf{0.84 \cong 1 \text{ turnos de riego}}$$

- **Cálculo del caudal por turno**

$$Q_{\text{turno}} = \frac{Q_{\text{total}}}{\text{Número de turnos}}$$

$$Q_{\text{turno}} = \frac{36.18 \text{ m}^3/\text{hr}}{1}$$

$$Q_{\text{turno}} = \mathbf{36.18 \text{ m}^3/\text{hr}}$$

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

$$\text{Número válvula} = \frac{Q_{\text{turno}}}{Q_{\text{válvula}}}$$

$$\text{Número válvula} = \frac{36.18 \text{ m}^3/\text{hr}}{40 \text{ m}^3/\text{hr}} = 0.9 \text{ valvula} = 1 \text{ valvula}$$

$$\text{Número válvula} = \mathbf{0.9 \text{ Valvula} = 1 \text{ valvula}}$$

- **Cálculo del número de laterales**

NOTA: Laterales a ambos lados de la tubería maestra.

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

$$\#lat = \frac{2 \times 121 \text{ m}}{5 \text{ m}}$$

$$\#lat = 48.4 \cong 48 \text{ laterales}$$

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

$$J = 7.89 \times 10^7 \left( \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \right)$$
$$J = 7.89 \times 10^7 \left( \frac{(11.04 \text{ lps})^{1.75}}{(84.58 \text{ mm})^{4.75}} \right)$$
$$J = 3.70 \text{ m/100m}$$

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

$$J' = J[(Sl + Fe)/Sl]$$
$$J' = 3.70 \text{ m}[(5 \text{ m} + 0.1)/5 \text{ m}]$$
$$J' = 3.77 \text{ m/100m}$$

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

$$h_f = J' \times F \times (L/100)$$
$$h_f = 3.77 \text{ m} \times 0.361 \times (121 \text{ m}/100)$$
$$h_f = 1.65 \text{ m}$$

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

$$h_{maestra} = h_{lat} + \frac{3}{4}(h_f) \pm 0.5(\Delta EL)$$
$$h_{maestra} = 21.65 \text{ m} + \frac{3}{4}(1.65 \text{ m}) + 0.5(0.72 * 121/100)$$
$$h_{maestra} = 23.32 \text{ m}$$

- **Cálculo de la presión mínima de la Maestra (H maestra) en metros**

$$h_n = h_{maestra} - (h_f \pm (\Delta EL))$$
$$h_n = 23.32 - (1.65 + (0.72 * (121/100)))$$
$$h_n = 20.80 \text{ m}$$

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

$$h = h_{\text{maestra}} - h_n$$

$$h = 23.32 \text{ m} - 20.80 \text{ m}$$

$$\mathbf{h = 2.52 \text{ m}}$$

### 7.5.3. Diseño tubería conductora

#### **DATOS NECESARIOS:**

Caudal de la conductora (Qcond): 11.04 lps  $\cong$  39.74 m<sup>3</sup>/hr

Longitud de la Conductora: 219.83 m

Diámetro conductora: 4", diámetro interno = 108.72 mm

H<sub>maestra</sub> = 23.32 m

El caudal de la tubería conductora es el mismo de la tubería maestra, ya que es un solo turno de riego.

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

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

$$J = 7.89 \times 10^7 \left( \frac{(11.04 \text{ lps})^{1.75}}{(108.72 \text{ mm})^{4.75}} \right)$$

$$\mathbf{J = 1.12 \text{ m/100m}}$$

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

$$h_{fc} = J \times L / 100$$

$$h_{fc} = 1.12 \text{ m} \times (219.83 \text{ m} / 100)$$

$$h_{fc} = 2.46 \text{ m}$$

Pérdidas locales en la válvula hidráulica de 4" según gráfico del fabricante (Ver anexo).

$$h_{\text{locales}} = 1.0 \text{ m}$$

Por lo tanto, la pérdida de carga es igual a:

$$h_{\text{ftotal}} = 2.46 \text{ m} + 1.0 \text{ m}$$

$$\mathbf{h_{fc\text{total}} = 3.46 \text{ m}}$$

- **Cálculo de la presión a la entrada de la conductora (H cond) en metros**

$$h_c = h_{maestra} + \frac{3}{4} (h_f) \pm 0.5(\Delta EL)$$

$$h_c = 23.32 \text{ m} + \frac{3}{4} (3.46 \text{ m}) + 0.5(1.25 * 20.74/100) - 0.5(0.68 * 199.09/100)$$

$$\mathbf{h_c = 25.36 \text{ m}}$$

- **Sumatoria de las pérdidas de carga**

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

**Pérdidas en los accesorios**

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

$$hf_{acc} = 0.1(1.37 \text{ m} + 1.65 \text{ m})$$

$$hf_{acc} = 0.30 \text{ m}$$

$$\sum hf_1 = 2.46 + 1.37 \text{ m} + 20.39 \text{ m} + 0.30 \text{ m} + 1.0 \text{ m} - 1.36 \text{ m}$$

$$\sum \mathbf{hf_1 = 24.16 \text{ m}}$$

\*El valor de 24.16 metros son las pérdidas para un solo turno de riego

- **Cálculo de la Carga Total Dinámica**

$$CTD = \sum hf_1 + NDB$$

$$CTD = 24.16 \text{ m} + 30.94 \text{ m}$$

$$\mathbf{CTD = 55.10 \text{ m}}$$

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

$$POTENCIA = \frac{Q \times CTD}{270 \times E_f} \times F_s$$

$$POTENCIA = \left[ \frac{(39.74 \text{ m}^3/\text{h}) \times 55.10 \text{ m}}{270 \times 0.75} \right] \times 1.2$$

$$\mathbf{POTENCIA = 12.98 \text{ Hp} \cong 15 \text{ Hp}}$$

Comercialmente la potencia del Equipo de bombeo más cercana a la requerida sería 15 Hp.

#### **7.5.4. Análisis del diseño hidráulico**

El sistema de riego está constituido por tuberías con diámetros de 4 y 3 pulgadas para la tubería conductora y terciaria respectivamente; y tubería de polietileno para los laterales con diámetro 18.2 mm, este régimen de tubería contribuye a la mejor distribución de presión y caudal. Los caudales en dichas tuberías consisten en 39,744 lph en las tuberías conductora y terciaria; y 828 lph en cada tubería lateral.

Con la capacidad de riego instalada, las 1.86 manzanas se irrigan con un solo turno de riego diario con una duración de 2 horas y 56 min (2.94 h/día) a una presión de trabajo de 25.36 m. La potencia del equipo de bombeo necesaria para suministrar la presión al sistema de riego sería de 15 Hp.

A continuación, se presenta la siguiente tabla con los resultados del diseño hidráulico de una forma ordenada.

**Tabla 13. Resultados del diseño hidráulico**

<b>Dimensiones de las Tuberías</b>	
<b>Lateral (PE)</b>	
Longitud	57 m
Diámetro	18.2 mm
<b>Terciaria (PVC SDR41)</b>	
Longitud	121 m
Diámetro	84.58 mm
<b>Conductora (PVC SDR41)</b>	
Longitud	219.83 m
Diámetro	108.72 mm
<b>Caudales en las Tuberías</b>	
Lateral	828 lph
Terciaria	39,744 lph
Conductora	39,744 lph
<b>Régimen de Presiones</b>	
<b>Laterales</b>	
Pérdida de Carga (hfl)	1.37 m
Presión a la entrada (hl)	21.65 m
Presión Mínima (hn)	19.82m
Diferencia de presión en la tubería ( $\Delta h$ )	1.83 m
<b>Maestra</b>	
Pérdida de Carga (Hfl)	1.65 m
Presión a la entrada (HI)	23.32 m
Presión Mínima (Hn)	20.80 m
Diferencia de presión en la tubería ( $\Delta H$ )	2.52 m
<b>Conductora</b>	
Pérdida de Carga (Hfc)	2.46 m
Presión a la entrada (Hc)	25.36 m
<b>Equipo Motobomba</b>	
Altura Manométrica Total o Carga Total Dinámica (CTD)	55.10 m
Potencia Absorbida por la Bomba (HPB)	15 Hp

**Fuente: Elaboración Propia**

## 7.6. ANÁLISIS DEL DISEÑO GEOMÉTRICO

Como se observa en la figura 13, el diseño de la tubería conductora está dispuesto en su primer tramo en sentido oeste; en contra de la dirección de donde se encuentra la parcela de riego, esto debido a la posición de la sarta de descarga.

Posteriormente se redirigió rumbo de la tubería por medio de accesorios (codo), logrando así la conducción del recurso hasta la zona cultivada. De esta manera se tiene para la tubería conductora una longitud total de 219.83 m y un diámetro nominal de 4 pulgadas, la cual se dispuso a ubicar de forma paralela y a un costado de la cortina rompe viento, separada de esta 5 m.

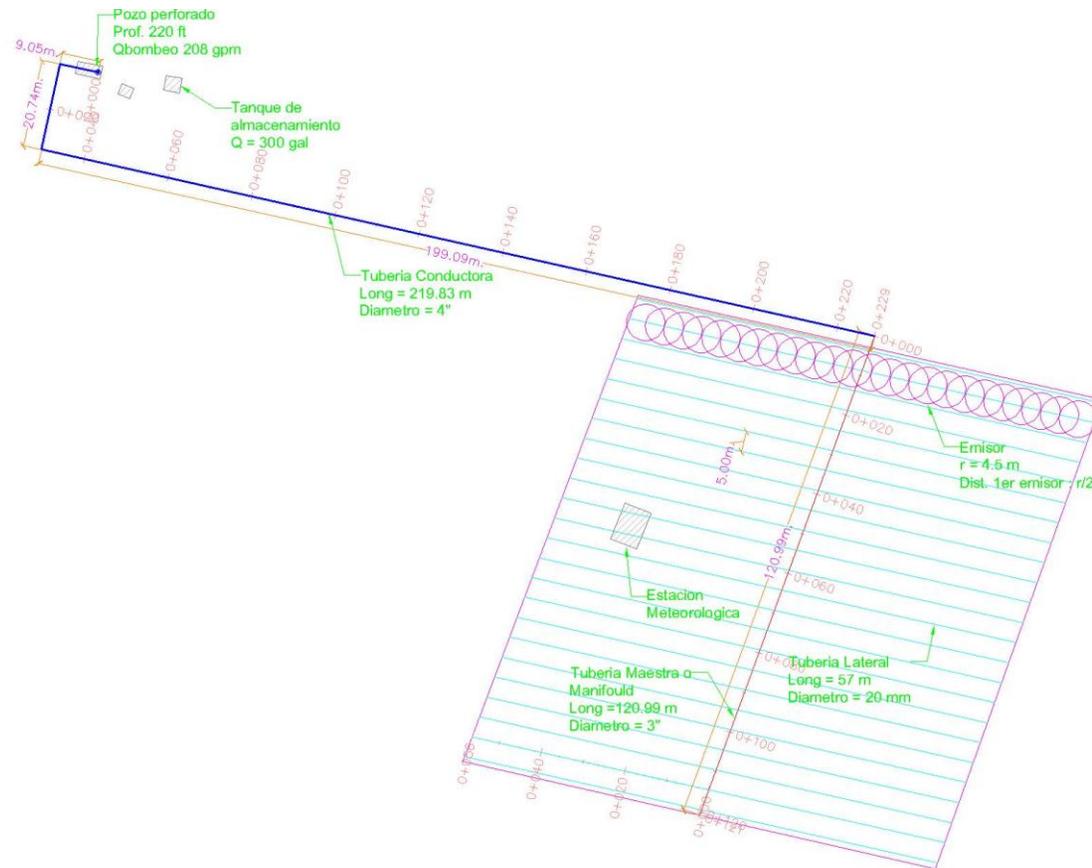
La tubería maestra o manifold se dispuso al centro de la parcela de riego con el fin de distribuir de manera uniforme la presión generada desde la estación de bombeo, disponiendo tuberías laterales a ambos lados de la misma.

Los laterales estarán ubicados a ambos lados de la tubería maestra, extendiéndose desde el centro de la parcela hasta sus extremos oeste y este.

En esta tubería se ubicarán los emisores los cuales serán elevados por medio de estacas plásticas, separando el primer emisor a  $E/2$ , es decir a una distancia de 2.25 m que es la mitad del radio mojado por cada microaspersor, los demás emisores se espaciaron a 4.5 metros de este.

A continuación, se presenta plano de diseño geométrico y detalles realizado en la Finca Agrícola Experimental:

**Figura 13. Diseño geométrico**



Fuente: Elaboración Propi

## 8. CONCLUSIONES

- El estudio de las condiciones hidrofísicas que se realizaron en la Finca Agrícola Experimental, resultó que el lugar es apto para el establecimiento del cultivo del plátano, ya que posee suelo con textura franco limoso, fértiles y fáciles de trabajar; con una densidad aparente de  $1.61 \text{ gr/cm}^3$  clasificado como muy alta, esto significa que hay problemas de compactación, mientras que la densidad real es de  $2.21 \text{ gr/cm}^3$ , según la evaluación es baja, hay baja presencia de minerales pesados. Con pH 6.37 ligeramente ácido facilita la disponibilidad de nutrientes y en la humedad del suelo, conductividad eléctrica de  $48.9 \mu\text{s/cm}$  con bajos niveles de sales que ayuda a la mejor absorción de nutrientes y menor gasto de energía, con alta capacidad e campo de 42.52% y punto de marchitez permanente de 23.11% clasificado como medio, lo cual influye mucho en la aplicación y distribución de agua al cultivo en sus necesidades máximas.
- A partir del levantamiento topográfico y el procesamiento de la información de campo en gabinete nos permitió conocer que el área donde se encuentra cultivado el plátano es de 1.31 hectáreas apta en su totalidad, ya que cumple con el tipo de relieve requerido para la plantación del cultivo, además, conocer las diferencias de elevación en el terreno a partir del plano de curvas a nivel; la distancia desde donde se encuentra ubicada la fuente hasta la parcela de riego, así mismo, nos permitió obtener la mejor disposición geométrica de la red de tuberías para lograr un óptimo funcionamiento del sistema de riego.
- En la prueba de bombeo realizada a la fuente se obtuvieron distintos valores de caudal a partir del aumento de la presión, iniciando en descarga libre con un valor de caudal de 208.42 gpm, hasta una presión de 50 psi

con un caudal de 183.12 gpm. El funcionamiento del sistema de bombeo es suficiente para suplir la demanda hídrica del cultivo, ya que se requiere de un caudal máximo de 39,744 lph es decir 174.99 gpm.

Respecto a la calidad de agua los resultados indican que el pH de 7.85 es de tipo básico, este dato es relevante dado que podría afectar al proceso fisiológico de absorción de nutrientes por las raíces o afectar el flujo del agua por los emisores, en todo caso esto se corrige ajustando el pH por medio de soluciones que permitan una mayor solubilidad.

- El diseño agronómico se ha establecido una red de tuberías y de microaspersores en dependencia del marco de plantación del cultivo; logrando así una mejor distribución del agua sobre el terreno en cada doble surco, aplicándole de esta forma al cultivo sus necesidades hídricas que en su periodo de máxima demanda corresponde a 10.2 mm/día, por lo que se deberá suministrar una dosis de 32.28 lts/planta/día en tu tiempo de riego de 2.94 horas al día con una frecuencia diaria.
- El microaspersor que se utilizará para regar funciona a una presión de 20.39 mca, aportando un caudal de 69 lph y con una intensidad de 3.07 mm/h, inferior a la infiltración básica del suelo, evitando pérdidas de agua por escorrentía superficial.
- De acuerdo a las determinaciones del turno crítico de riego, se han establecido las presiones a la entrada de las diversas tuberías, de tal manera que la tubería conductora necesita 36 psi a su entrada con un caudal 11.04 lps y resultando diferencias de presiones tanto en los laterales como la maestra aproximadamente de 1.67 mca, lo que se logrará así una buena distribución de presiones en la subunidad de riego para la aplicación del caudal nominal de lo microaspersores.

## 9. RECOMENDACIONES

- Con los resultados de análisis de laboratorio de la calidad de agua, indican que el pH de 7.85 es de tipo básico, según este dato es relevante ya que podría afectar el proceso fisiológico de absorción de nutrientes por las raíces del cultivo, por lo que en este caso se recomienda corregir el pH por medio de soluciones que permitan una mayor solubilidad.
- De acuerdo al valor obtenido de Densidad aparente ( $D_a$ ), este está clasificado como alto, lo que indica problemas de compactación y del buen funcionamiento de intercambio catiónico, lo cual se recomienda corregir con un proceso de labranza profunda e incorporación de materia orgánica.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado Solano, G., & Rodriguez Ruiz, R. (2012). Diseño de un sistema de producción agroforestal con riego por microaspersión, utilizando la asociación de cultivos Perennes y forestales en la zona seca del municipio de Tipitapa. Managua: Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Tecnología de la Construcción.
- Cisnero, R. (26 de Maro de 2022). Apuntes de la materia de Riego y Drenaje. Mexico : Universidad Autonoma de San Luis Potosí. Obtenido de <http://www.ingenieria.uaslp.mx/Documents/Apuntes/Riego%20y%20Drenaje.pdf>
- Demin, P. E. (2014). Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego. (Primera ed.). San Fernando del Valle de Catamarca, Argentina: INTA. Obtenido de [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_aportes\\_para\\_el\\_mejoramiento\\_d\\_el\\_manejo\\_de\\_los\\_sistemas\\_de\\_riego.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_aportes_para_el_mejoramiento_d_el_manejo_de_los_sistemas_de_riego.pdf)
- Ecured. (20 de Agosto de 2021). Capacidad de Campo y Punto de Marchitez. Obtenido de [ecured.cu: https://www.ecured.cu/Capacidad\\_de\\_campo\\_y\\_Punto\\_de\\_marchitez](https://www.ecured.cu/Capacidad_de_campo_y_Punto_de_marchitez)
- FAO. (2009). Guía para la descripción de suelos (cuarta ed.). Roma: copyright@fao.org. Obtenido de <https://www.fao.org/3/a0541s/a0541s.pdf>
- FAO. (25 de Agosto de 2021). Los métodos recomendados de protección contra las heladas. Obtenido de <http://www.fao.org/3/y7223s/y7223s03.pdf>
- FAO. (23 de agosto de 2021). Portal de Suelos de la FAO. Obtenido de Propiedades Físicas del Suelo: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>
- FAO. (25 de Agosto de 2021). Propiedades del Suelo. Obtenido de [fao.org: http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/](http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/)
- Flores Delgadillo, L., & Alcalá Martínez, J. (2010). Manual de Procedimientos Analíticos - Laboratorios de Físicas de Suelos. Mexico: Universidad

- Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología. Obtenido de <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-de-las-fuerzas-armadas-de-ecuador/manejo-y-conserv-de-suelos/manual-del-laboratorio-de-fisica-de-suelos-1/11896592>
- Geotecnia. (10 de Octubre de 2021). El Agua en el Suelo. Obtenido de blogspot.com: <http://geotecnia-sor.blogspot.com/2010/10/el-agua-en-el-suelo.html>
- Geotencia. (25 de Agosto de 2021). Apuntes de Geotecnia con énfasis de laderas. Obtenido de blogspot.com: <http://geotecnia-sor.blogspot.com/2010/10/el-agua-en-el-suelo.html>
- Guerrero, M. (2010). Guía técnica del cultivo de plátano. El Salvador: Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova" CENTA. Obtenido de [http://centa.gob.sv/docs/guias/frutales/Guia%20Centa\\_Platano%202019.pdf](http://centa.gob.sv/docs/guias/frutales/Guia%20Centa_Platano%202019.pdf)
- InfoAgro. (23 de Agosto de 2021). El Cultivo del Platano. Obtenido de [https://www.infoagro.com/frutas/frutas\\_tropicales/platano2.htm](https://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/platano2.htm)
- Mayorga Mendoza, J., & Aguilar Muñoz, J. (2013). Diseño e instalación de sistema de riego por microaspersión para el cultivo del plátano (*Musa*, sp), variedad Cuerno Enano en la finca La Porfía, municipio de Malpasillo, departamento de León. Mangua: Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Tecnología de la Construcción.
- Mejía Calderón, G. (2018). Cultivo del plátano. (CENTA, Ed.) El Salvador. Obtenido de [http://centa.gob.sv/docs/guias/frutales/Guia%20Centa\\_Platano%202019.pdf](http://centa.gob.sv/docs/guias/frutales/Guia%20Centa_Platano%202019.pdf)
- Morales Gámez, W., & López, D. (26 de Marzo de 2015). Texto básico autoformativo de topografía general. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria. Facultad de Recursos Naturales del Ambiente. Obtenido de <http://repositorio.una.edu.ni/3179/1/NP31G192t.pdf>

Portalfruticola. (25 de Agosto de 2021). La capacidad de campo de un suelo: técnicas para su medición. Obtenido de portalfruticola.com: <https://www.portalfruticola.com/noticias/2018/01/25/la-capacidad-de-campo-de-un-suelo-tecnicas-para-su-medicion/>

riego.org. (21 de Agosto de 2021). Limite Productivo. Obtenido de riego.org: <https://www.riego.org/glosario/limite-productivo/>

Scribd. (25 de Agosto de 2021). Determinación del punto de marchitez permanente (PMP). Obtenido de es.scribd.com: <https://es.scribd.com/doc/3255834/Marchitez-Permanente>

Tecnicoagrícola. (26 de Marzo de 2022). pH del suelo. Obtenido de [www.tecnicoagricola.es](http://www.tecnicoagricola.es): <http://www.tecnicoagricola.es/ph-de-un-suelo/>

## 11. ANEXOS

### ANEXO 1: IMÁGENES

Figura 14. Estación de bombeo



Fuente: Propia

Figura 15. Prueba de Infiltración



Fuente: Propia

**Figura 16. Levantamiento topográfico con estación total Sokkia**



Fuente: Propia.

**Figura 17. Cultivo de Plátano Cuerno Enano**



Fuente: Propia

## ANEXO 2: TABLAS

Tabla 14. Listado de materiales para sistema de riego en 1.31 Ha

Descripción	Unidades
Metros de manguera de polietileno de 20 mm	3,000
Microaspersores de 69 lph + estaca plástica	580
Válvula Hidráulica reguladora de Presión 3"	1
Conectores iniciales PVC x 20 mm + empaque	50
Conector 20 mm x 20 mm	70
Válvula de aire 3"	1
Válvula bola PVC lisa 3"	1
Tubo de PVC sdr 41 de 4" x 6 metros	38
Tubo de PVC sdr 41 de 3" x 6 metros	21
Codo 4x45	2
Tee PVC 4"	1
Tee PVC 1"	1
Adaptador H 3"	3
Adaptador M 3"	7
Red 4 x 3	2
Tapón liso 4"	1
Tapón H C/R 2"	5
Codo 4x90	2
Codo 3x90	6
Pega Pvc Gris	2

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 15. Coeficientes Kc recomendado por la FAO para ser utilizados utilizando la evapotranspiración de referencia calculada por Penman-Monteith**

Autor	Inicial	Desarrollo			Cosecha	Total
		Inicio	Medio	Tardío		
FAO (Doorembos y Kassan-1979)	0.4-0.5	0.7-0.85	1.0-1.1	0.9-1.0	0.75-0.85	0.7-0.8
FAO (Allen et al 1998)	1.0	1.2	1.2	1.2	1.0	1.0

**Fuente: Monografía: Necesidades hídricas del Banano y el Plátano. Dr. Ing. Esteban Peña. Centro Universitario de las Tunas- 2005.**

**Tabla 16. Profundidad radicular efectiva de los cultivos más comunes**

Cultivo	Profundidad efectiva (cm)	Cultivo	Profundidad efectiva (cm)
Banana	50 -90	Repollo	40 – 50
Melón	100 -150	Pepino	70 -120
Cítricos	120 – 150	Otras Hortalizas	30 – 60
Olivo	100 – 150	Frijol	50 – 90
Vid	75 – 180	Otras Leguminosas	50 – 125
Otros frutales	100 – 200	Maíz	75 – 160
Fresa	20 -30	Cereales	60 – 150
Cebolla	30 – 75	Alfalfa	90 – 180
Pimiento, tomate	40 – 100	Otros pastos	60 – 100
Piña	30 – 60	Palma	70 – 110
Chile	50 – 100	Papa	40 – 60
Sorgo	100 – 200	Camote	100 – 150

**Fuente: Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego-Ing. Julián Carrazón Alocén-Programa Especial para la Seguridad Alimentaria (PESA)-Honduras, 2007**

**Tabla 17. Coeficientes de Christiansen**

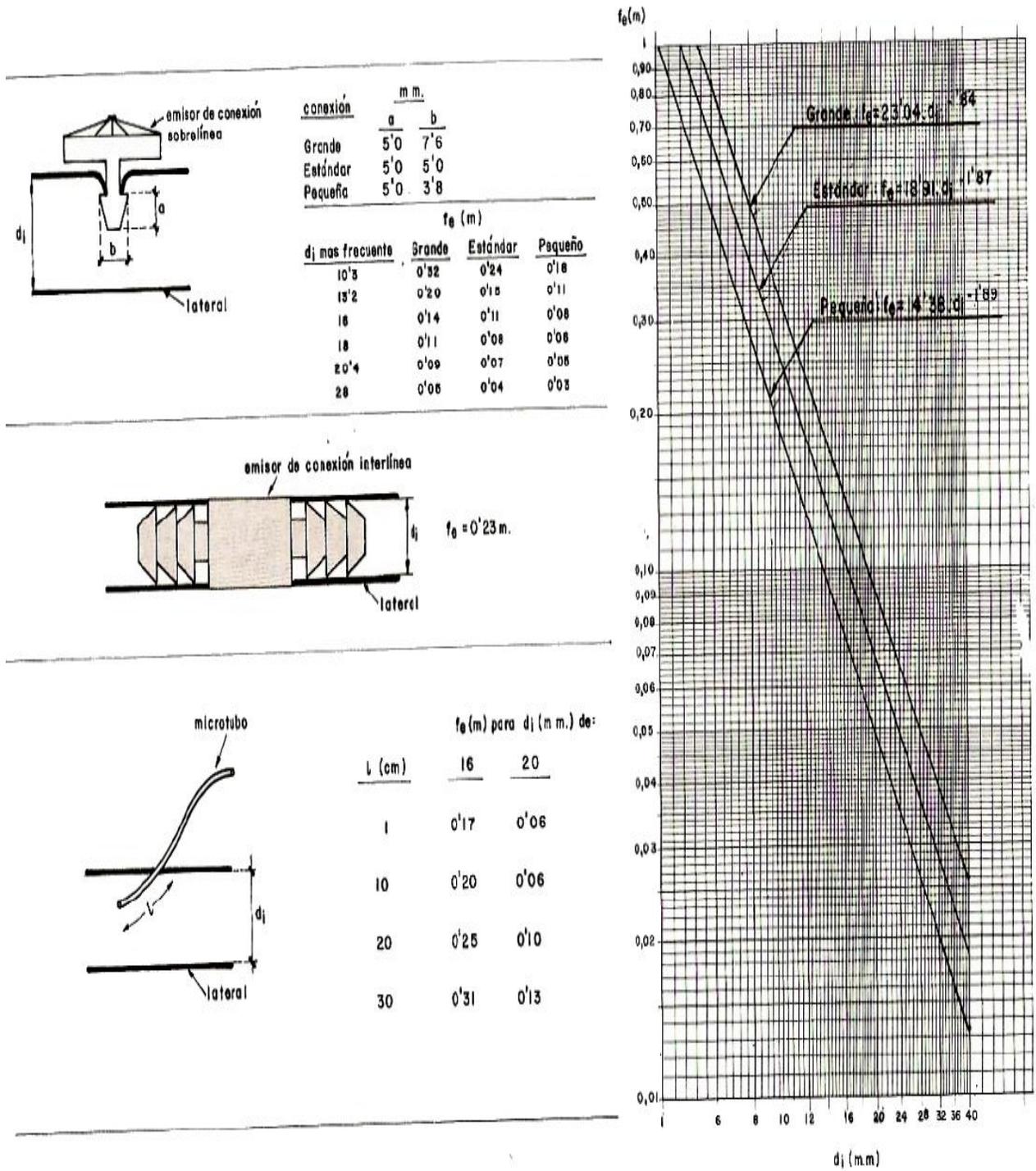
n	$l_0 = 1$					n	$l_0 = 1/2$				
	$\beta=1,75$	$\beta=1,80$	$\beta=1,85$	$\beta=1,90$	$\beta=2,00$		$\beta=1,75$	$\beta=1,80$	$\beta=1,85$	$\beta=1,90$	$\beta=2,00$
1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,650	0,644	0,639	0,634	0,625	2	0,532	0,525	0,518	0,512	0,500
3	0,546	0,540	0,535	0,528	0,518	3	0,455	0,448	0,441	0,434	0,422
4	0,497	0,491	0,486	0,480	0,469	4	0,426	0,419	0,412	0,405	0,393
5	0,469	0,463	0,457	0,451	0,440	5	0,410	0,403	0,397	0,390	0,378
6	0,451	0,445	0,435	0,433	0,421	6	0,401	0,394	0,387	0,381	0,369
7	0,438	0,432	0,425	0,419	0,408	7	0,395	0,388	0,381	0,375	0,363
8	0,428	0,422	0,415	0,410	0,398	8	0,390	0,383	0,377	0,370	0,358
9	0,421	0,414	0,409	0,402	0,391	9	0,387	0,380	0,374	0,367	0,355
10	0,415	0,409	0,402	0,396	0,385	10	0,384	0,378	0,371	0,365	0,353
11	0,410	0,404	0,397	0,392	0,380	11	0,382	0,375	0,369	0,363	0,351
12	0,406	0,400	0,394	0,388	0,376	12	0,380	0,374	0,367	0,361	0,349
13	0,403	0,396	0,391	0,384	0,373	13	0,379	0,372	0,366	0,360	0,348
14	0,400	0,394	0,387	0,381	0,370	14	0,378	0,371	0,365	0,358	0,347
15	0,397	0,391	0,384	0,379	0,367	15	0,377	0,370	0,364	0,357	0,346
16	0,395	0,389	0,382	0,377	0,365	16	0,376	0,369	0,363	0,357	0,345
17	0,393	0,387	0,380	0,375	0,363	17	0,375	0,368	0,362	0,356	0,344
18	0,392	0,385	0,379	0,373	0,361	18	0,374	0,368	0,361	0,355	0,343
19	0,390	0,384	0,377	0,372	0,360	19	0,374	0,367	0,361	0,355	0,343
20	0,389	0,382	0,376	0,370	0,359	20	0,373	0,367	0,360	0,354	0,342
22	0,387	0,380	0,374	0,368	0,357	22	0,372	0,366	0,359	0,353	0,341
24	0,385	0,378	0,372	0,365	0,355	24	0,372	0,365	0,359	0,352	0,341
26	0,383	0,376	0,370	0,364	0,353	26	0,371	0,364	0,358	0,351	0,340
28	0,382	0,375	0,369	0,363	0,351	28	0,370	0,364	0,357	0,351	0,340
30	0,380	0,374	0,368	0,362	0,350	30	0,370	0,363	0,357	0,350	0,339
35	0,378	0,371	0,356	0,359	0,347	35	0,369	0,362	0,356	0,350	0,338
40	0,376	0,370	0,364	0,357	0,345	40	0,368	0,362	0,355	0,349	0,349
50	0,374	0,367	0,361	0,355	0,343	50	0,367	0,361	0,354	0,348	0,337
60	0,372	0,366	0,359	0,353	0,342	100	0,365	0,359	0,353	0,347	0,335
80	0,370	0,363	0,357	0,351	0,340	200	0,365	0,358	0,352	0,346	0,334
100	0,369	0,362	0,356	0,350	0,338	-	-	-	-	-	-
150	0,367	0,360	0,354	0,348	0,337	-	-	-	-	-	-
300	0,365	0,359	0,353	0,346	0,335	-	-	-	-	-	-
$\geq 300$	0,364	0,357	0,351	0,345	0,333	-	-	-	-	-	-

n = Número de salidas  
 $\beta=1,75$ . Blasius, Cruciani-Margaritora  
 $\beta=1,786$ . Scimemi  
 $\beta=1,80$ . Iso, Veronese-Daite  
 $\beta=1,85$ . Hazen-Williams  
 $\beta=1,90$ . Scobey  
 $\beta=2,00$ . Manning, Darcy-Weisbach

En la práctica se toma los siguientes valores de  $\beta$  :  
 $\beta=1,75$  para tuberías de PE  
 $\beta=1,80$  para tubería de PVC  
 $\beta=1,85-1,90$  para tubería de aluminio

**Fuente: Fernando Pizarro - Riegos localizados de alta frecuencia - 3ra Ed.- España – 1996.**

Tabla 18. Longitud equivalente de la conexión de un emisor



Fuente: Fernando Pizarro - Riegos localizados de alta frecuencia - 3ra Ed.- España – 1996.

**Tabla 19. Datos meteorológicos de la Estación Masaya (L. Oxidación)**

Mes	Medias de Temp. Min (°C)	Medias Temp. Max (°C)	Humedades Medias (%)	Velc. Viento a 10m (m/s)	Horas solar por día
Enero	18.9	33.5	86	9.0	7.0
Febrero	19.0	34.9	77	7.6	7.0
Marzo	21.0	36.2	75	8.0	7.0
Abril	22.5	37.3	75	4.2	6.0
Mayo	22.1	36.0	87	2.8	6.0
Junio	22.6	34.2	93	2.8	6.0
Julio	22.0	33.0	89	4.2	6.0
Agosto	22.2	32.8	92	4.4	6.0
Septiembre	22.1	33.5	93	4.8	6.0
Octubre	21.5	32.3	96	4.2	6.0
Noviembre	20.0	32.3	91	5.0	7.0
Diciembre	19.2	31.5	86	6.2	8.0
Promedio	21.1	34.0	87	5.3	6.5

Fuente: INETER

**Tabla 20. Determinación de la ETo – Método de Penman Monteith**

Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento m/s	Insolación horas	Rad MJ/m²/día	ETo mm/día
Enero	18.9	33.5	86	9.0	7.0	17.3	4.72
Febrero	19.0	34.9	77	7.6	7.0	18.6	6.04
Marzo	21.0	36.2	75	8.0	7.0	19.8	6.77
Abril	22.5	37.3	75	4.2	6.0	18.8	5.86
Mayo	22.1	36.0	87	2.8	6.0	18.6	4.58
Junio	22.6	34.2	93	2.8	6.0	18.3	4.02
Julio	22.0	33.0	89	4.2	6.0	18.3	4.17
Agosto	22.2	32.8	92	4.4	6.0	18.6	3.94
Septiembre	22.1	33.5	93	4.8	6.0	18.3	3.92
Octubre	21.5	32.3	96	4.2	6.0	17.4	3.40
Noviembre	20.0	32.3	91	5.0	7.0	17.5	3.75
Diciembre	19.2	31.5	86	6.2	8.0	18.2	4.16
Promedio	21.1	34.0	87	5.3	6.5	18.3	4.61

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 21. Datos de campo de Prueba de Infiltración**

HOJA DE CAMPO PARA LEVANTAMIENTO DE DATOS							
Lugar: FAE-UNI, Las Flores, Masaya				Fecha: 06/02/2022		Hora de inicio: 13:39	
HORA	LECTURA	TIEMPO (min)		LAMINA INFILTRADA (cm)		VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN (cm/hr)	
		Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	Instantanea	Acumulada
13:39	1.5	0	0	0	0	0.0	0.0
13:41	4.3(4.1)	2	2	2.8	2.8	84.0	84.0
13:43	3.3 (1.2)	2	4	1.9	4.7	57.0	70.5
13:46	3.9 (0.8)	3	7	2.07	6.77	41.4	58.0
13:50	4.1 (1.2)	4	11	3.3	10.07	49.5	54.9
13:55	5.1 (0.8)	5	16	3.9	13.97	46.8	52.4
14:00	4.6 (1.2)	5	21	3.8	17.77	45.6	50.8
14:07	6 (0.7)	7	28	4.8	22.57	41.1	48.4
14:17	3.7 (1.1)	10	38	6.6	29.17	39.6	46.1
14:27	7.5 (0.9)	10	48	6.4	35.57	38.4	44.5
14:37	7.3 (1.6)	10	58	6.4	41.97	38.4	43.4
14:47	7.2 (1.1)	10	68	5.6	47.57	33.6	42.0
14:57	7.2 (1.2)	10	78	6.1	53.67	36.6	41.3
15:07	7.2 (0.6)	10	88	6	59.67	36.0	40.7
15:17	6.9 (1.3)	10	98	6.3	65.97	37.8	40.4
15:27	7.1 (1.3)	10	108	5.8	71.77	34.8	39.9
15:37	7.1 (1.3)	10	118	5.8	77.57	34.8	39.4
15:47	7.1 (1.3)	10	128	5.8	83.37	34.8	39.1
15:57	6.9 (1.4)	10	138	5.6	88.97	33.6	38.7
16:07	7 (1.1)	10	148	5.6	94.57	33.6	38.3
16:17	6.6 (1.4)	10	158	5.5	100.07	33.0	38.0
16:27	6.8 (1.2)	10	168	5.4	105.47	32.4	37.7
16:37	6.6 (1.4)	10	178	5.4	110.87	32.4	37.4
16:47	6.7 (1.1)	10	188	5.3	116.17	31.8	37.1
16:57	6.4 (1.0)	10	198	5.3	121.47	31.8	36.8
17:07	6.3	10	208	5.3	126.77	31.8	36.6

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 22. Lamina acumulada ajustada**

No	Tiempo Acum (min)	Lacum (cm)	Log T (X)	Log Lacum (Y)	X2	Y2	XY
1	2	2.8	0.30103	0.447158031	0.09061906	0.199950305	0.13460798
2	4	4.7	0.60206	0.672097858	0.36247623	0.451715531	0.404643231
3	7	6.77	0.845098	0.830588669	0.7141907	0.689877537	0.701928856
4	11	10.07	1.0413927	1.003029471	1.08449872	1.006068119	1.044547554
5	16	13.97	1.20412	1.145196406	1.44990493	1.311474809	1.378953877
6	21	17.77	1.3222193	1.249687428	1.74826386	1.561718667	1.652360829
7	28	22.57	1.447158	1.353531559	2.09426637	1.832047681	1.958774066
8	38	29.17	1.5797836	1.464936429	2.49571621	2.146038741	2.314282541
9	48	35.57	1.6812412	1.551083865	2.8265721	2.405861157	2.607746157
10	58	41.97	1.763428	1.622938969	3.10967829	2.633930898	2.86193601
11	68	47.57	1.8325089	1.677333151	3.35808892	2.813446501	3.07372795
12	78	53.67	1.8920946	1.729731595	3.58002199	2.991971392	3.272815816
13	88	59.67	1.9444827	1.775756038	3.78101286	3.153309506	3.452926846
14	98	65.97	1.9912261	1.819346484	3.96498128	3.310021629	3.62273016
15	108	71.77	2.0334238	1.855942946	4.13481217	3.44452422	3.773918476
16	118	77.57	2.071882	1.889693791	4.29269505	3.570942625	3.915222566
17	128	83.37	2.10721	1.921009801	4.44033386	3.690278657	4.047971006
18	138	88.97	2.1398791	1.949243591	4.5790825	3.799550575	4.171145594
19	148	94.57	2.1702617	1.975753389	4.71003591	3.903601454	4.287901939
20	158	100.07	2.1986571	2.0003039	4.83409299	4.001215691	4.397982345
21	168	105.47	2.2253093	2.023128946	4.9520014	4.093050732	4.502087622
22	178	110.87	2.25042	2.044814048	5.06439019	4.181264489	4.601690434
23	188	116.17	2.2741578	2.065093989	5.17179392	4.264613185	4.696349705
24	198	121.47	2.2966652	2.084469031	5.274671	4.345011143	4.787327465
25	208	126.77	2.3180633	2.10301649	5.37341762	4.422678359	4.874925419
		Σ	43.533772	40.25488588	83.4876181	70.2241636	76.53850444

**Fuente: Elaboración Propia**

**Tabla 23. Velocidad de infiltración ajustada**

No	Tiempo Acum (min)	I inst (cm/hr)	Log T (X)	Log Lacum (Y)	X2	Y2	XY
1	2	84.0	0.30103	1.924279286	0.09061906	3.70285077	0.57926579
2	4	57.0	0.60205999	1.755874856	0.36247623	3.08309651	1.057142
3	7	41.4	0.84509804	1.617000341	0.7141907	2.6146901	1.36652382
4	11	49.5	1.04139269	1.694605199	1.08449872	2.87168678	1.76474946
5	16	46.8	1.20411998	1.670245853	1.44990493	2.78972121	2.01117641
6	21	45.6	1.32221929	1.658964843	1.74826386	2.75216435	2.19351532
7	28	41.1	1.44715803	1.614294448	2.09426637	2.60594656	2.33613918
8	38	39.6	1.5797836	1.597695186	2.49571621	2.55262991	2.52401265
9	48	38.4	1.68124124	1.584331224	2.8265721	2.51010543	2.66364299
10	58	38.4	1.76342799	1.584331224	3.10967829	2.51010543	2.79385403
11	68	33.6	1.83250891	1.526339277	3.35808892	2.32971159	2.79703033
12	78	36.6	1.8920946	1.563481085	3.58002199	2.4444731	2.95825412
13	88	36.0	1.94448267	1.556302501	3.78101286	2.42207747	3.02620325
14	98	37.8	1.99122608	1.5774918	3.96498128	2.48848038	3.14114281
15	108	34.8	2.03342376	1.541579244	4.13481217	2.37646657	3.13468386
16	118	34.8	2.07188201	1.541579244	4.29269505	2.37646657	3.1939703
17	128	34.8	2.10720997	1.541579244	4.44033386	2.37646657	3.24843115
18	138	33.6	2.13987909	1.526339277	4.5790825	2.32971159	3.2661815
19	148	33.6	2.17026172	1.526339277	4.71003591	2.32971159	3.3125557
20	158	33.0	2.19865709	1.51851394	4.83409299	2.30588459	3.33869144
21	168	32.4	2.22530928	1.51054501	4.9520014	2.28174623	3.36142983
22	178	32.4	2.25042	1.51054501	5.06439019	2.28174623	3.39936071
23	188	31.8	2.27415785	1.50242712	5.17179392	2.25728725	3.41675643
24	198	31.8	2.29666519	1.50242712	5.274671	2.25728725	3.45057207
25	208	31.8	2.31806333	1.50242712	5.37341762	2.25728725	3.48272122
		Σ	43.5337724	39.64953873	83.4876181	63.1078013	67.8180063

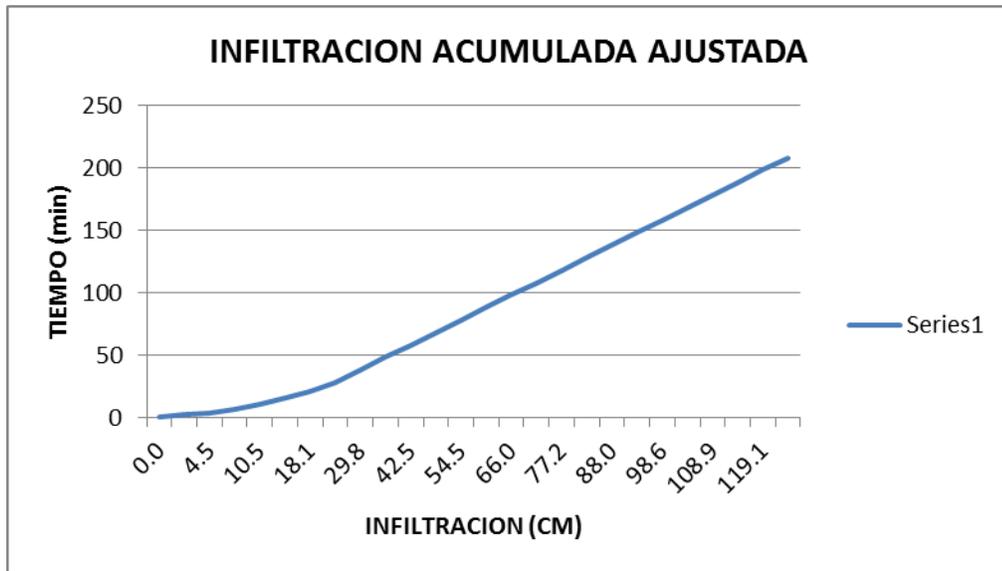
**Fuente: Elaboración Propia**

**Tabla 24. Resultados de lámina y velocidad de infiltración ajustados**

<b>PRUEBA DE INFILTRACIÓN</b>		
<b>Tiempo Acum (min)</b>	<b>Icum Ajus(cm)</b>	<b>Vi Ajusta (cm/hr)</b>
0	0.0	0
2	2.5	65.4
4	4.5	58.6
7	7.2	53.6
11	10.5	49.9
16	14.4	47
21	18.1	45
28	23.1	42.9
38	29.8	41
48	36.3	39
58	42.5	38
68	48.6	37
78	54.5	36
88	60.3	36
98	66.0	35
108	71.6	35
118	77.2	34
128	82.6	34
138	88.0	33
148	93.3	33
158	98.6	33
168	103.8	32
178	108.9	32
188	114.0	32
198	119.1	31
208	124.1	31

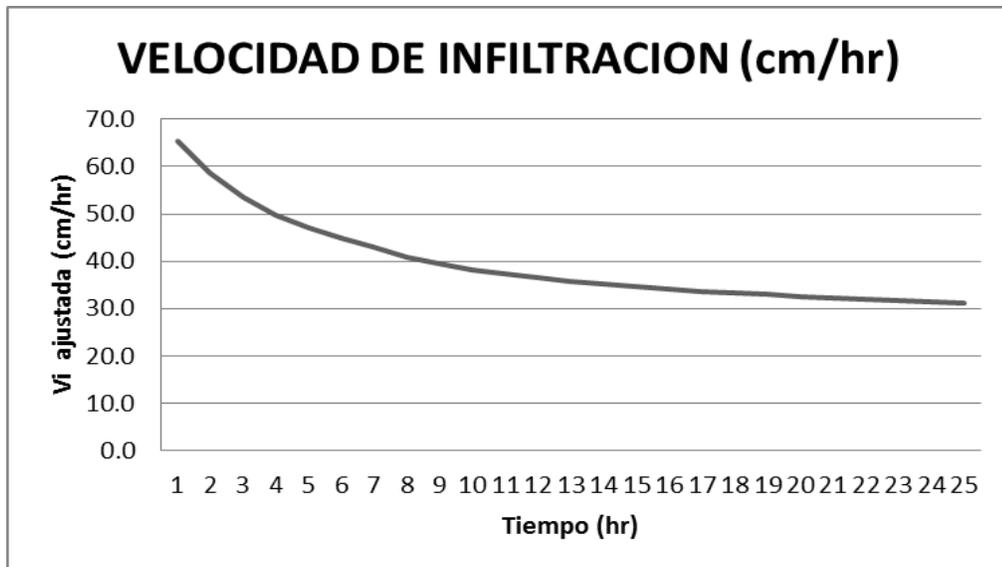
**Fuente: Propia**

Figura 18. Curva de infiltración acumulada



Fuente: Elaboración Propia

Figura 19 Curva de velocidad de infiltración



Fuente: Elaboración Propia

## ANEXO 3: CATALOGO DE EQUIPOS Y ACCESORIOS

Figura 20. Características del Microaspersor



 [www.azud.com](http://www.azud.com)





### El diseño perfecto The perfect design

**ARCO**

- Diseño simétrico.
- Evita el goteo y zonas de sombra.
- Especialmente reforzado.
- Diseño y dimensiones que favorecen la uniformidad del riego.

**FRAME**

- Symmetrical design.
- Avoids leakage and shadow areas.
- Specially reinforced.
- Design and dimensions to favour the irrigation uniformity.



**ESTACA**

- Diseño ergonómico, sólido y robusto.
- Dotada de zona especial para la sujeción del microtubo.
- Especialmente diseñada y reforzada para realizar la presión sin dañar el micro.
- La longitud de la estaca de microaspersión es de 35 cm.

**STAKE**

- Ergonomic design, solid and strong.
- Special area for the fixing of the microtube.
- Specially designed and reinforced to make pressure without damaging the micro-sprinkler.
- The length of the micro-sprinkler stake is 35 cm.



**BOQUILLA**

- Alta resistencia a la obturación.

**NOZZLE**

- High resistance to clogging.

Presión Pressure (bar)	Caudal / Flow (l/h)								
	Gris Grey 30L	Blanco White 40L	Marrón Brown 50L	Azul Blue 60L	Negro Black 70L	Verde Green 80L	Rojo Red 100L	Amarillo Yellow 120L	Violeta Violet 160L
1.5	27	35	41	49	60	70	83	109	140
2.0	31	40	48	57	69	81	97	127	164

- Sistema de bloqueo que impide el despiece accidental.
- Conexión de toma especialmente concebida para la microaspersión: altos caudales con mínimas pérdidas de carga.
- Diferentes posibilidades de conexión.

- Special locking system to avoid accidental disassembly.
- Take-off connector specially designed to micro-sprinklers: high flows with minimum head loss.
- Different connection possibilities.



**BAILARINA**

- Diseño simétrico con respecto al eje que optimiza el giro.
- Salida única que permite el máximo alcance con el mínimo caudal.

**SWIVEL**

- Symmetrical design to optimize the spinning.
- Single outlet to allow a maximum wetter diameter with the minimum flow.



**DISPOSITIVO ANTI-INSECTOS**

- Opcional en toda la gama.

**ANTI-INSECT DEVICE**

- Optional for the whole range.



Fuente: SISTEMA AZUD, S.A.

Figura 21. Especificaciones técnicas del Microaspersor

DATOS TECNICOS / TECHNICAL DATA

Microaspersores  
Micro-sprinklers

Boquilla / Nozzle				Diámetro mojado / Wetted diameter (m)					
Modelo Model	Orificio boquilla Nozzle size (mm)	Presión Pressure (bar)	Caudal Flow (l/h)	Bailarinas / Swivels				Difusor / Sprayer	
				Largo Alcance* Long range	Corto Alcance* Short range	Con deflector* Stream deflector	Invertida** Upside Down	Nebulizador Mist sprayer	
							0.60 (m)	1.50	
Gris / Grey 30L	0.80	1.5	27	5.5	3.5	0.90	5.5	6.5	1.0
		2.0	31	5.5	3.5	1.80	5.5	6.5	1.0
Blanco / White 40L	0.90	1.5	35	6.0	3.5	1.20	6.0	6.5	1.1
		2.0	40	6.0	4.0	1.80	6.0	6.5	1.1
Marrón / Brown 50L	1.00	1.5	41	6.5	3.5	1.20	6.5	6.5	1.2
		2.0	48	6.5	4.0	1.80	6.5	6.5	1.2
Azul / Blue 60L	1.10	1.5	49	7.0	4.0	1.20	6.5	7.0	1.2
		2.0	57	8.0	4.0	1.80	6.5	7.5	1.2
Negro / Black 70L	1.20	1.5	60	7.5	4.0	1.20	6.5	7.0	1.3
		2.0	69	8.0	4.5	1.80	6.5	8.0	1.3
Verde / Green 80L	1.30	1.5	70	8.0	4.0	1.20	6.5	8.5	1.4
		2.0	81	8.5	4.5	1.80	6.5	8.5	1.4
Rojo / Red 100L	1.40	1.5	83	8.0	4.5	1.20	6.5	8.5	NR
		2.0	97	9.5	4.5	1.80	6.5	8.5	NR
Amarillo / Yellow 120L	1.65	1.5	109	8.5	5.0	1.65	6.5	8.5	NR
		2.0	127	9.5	5.5	1.80	8.0	9.0	NR
Violeta / Violet 160L	1.90	1.5	140	8.5	5.0	NR	7.0	8.5	NR
		2.0	164	9.0	6.0	NR	8.0	9.0	NR

ISO 7749 – ISO 15886 / ISO 7749 – ISO 15896 Standard.

\*Microaspersor dispuesto a 20 cm del nivel del suelo. / Results at 20 cm above the ground.

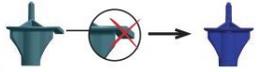
\*\*Altura respecto al suelo a 0.60 m y 1.50 m / 0.6 m and 1.5 m high above the ground.

NR: No recomendado / Not recommended.

Rango de presión recomendado AZUD RAINTEC: 1.3 - 2.5 bar / AZUD RAINTEC recommended working pressure: 1.3 - 2.5 bar

Todas las bailarinas pueden llevar anti-insectos excepto la invertida y el nebulizador.

The anti-insect device can be used with all the swivels except the upside-down one and the mist-sprayer.



**Bailarina con deflector**  
Stream deflector swivel  
Diseñado para plantaciones jóvenes. Permite su eliminación transformando la bailarina en una de corto alcance.

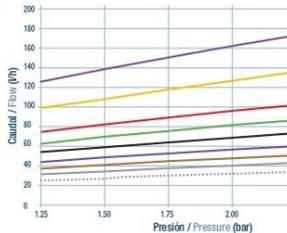
**Stream deflector swivel**  
Designed to young crops. Breaking the deflector, the swivel becomes a short range swivel.



**Nebulizador / Mist sprayer**  
Presión de trabajo: 1.5 - 3 bar  
Working pressure: 1.5 - 3 bar

Número máximo de microaspersores en lateral Maximum number of micro-sprinklers							
Modelo Model	Diámetro tubería Pipe diameter (mm)	Separación de microaspersores* Spacing between micro-sprinklers (m)					
		2	3	4	5	6	7
Gris / Grey 30L	16	25	21	19	17	16	13
	20	41	36	33	30	28	27
	25	58	52	47	46	42	38
Blanco / White 40L	16	22	18	16	16	13	12
	20	34	30	27	25	23	22
	25	49	43	39	36	34	32
Marrón / Brown 50L	16	18	16	13	12	11	11
	20	30	26	23	22	20	19
	25	43	39	34	31	29	28
Azul / Blue 60L	16	15	13	12	11	10	9
	20	26	23	21	19	18	17
	25	38	33	30	28	26	24
Negro / Black 70L	16	14	11	10	9	8	8
	20	23	20	18	16	15	14
	25	33	29	26	24	22	21
Verde / Green 80L	16	11	10	9	8	7	7
	20	20	17	16	14	13	12
	25	29	25	23	21	20	20
Rojo / Red 100L	16	10	8	7	7	6	6
	20	18	15	14	12	11	11
	25	26	22	20	18	17	16
Amarillo / Yellow 120L	16	7	8	8	7	7	6
	20	14	14	13	12	12	11
	25	21	20	19	17	16	15
Violeta / Violet 160L	16	6	5	4	4	3	3
	20	11	9	8	8	7	7
	25	17	14	12	11	11	10

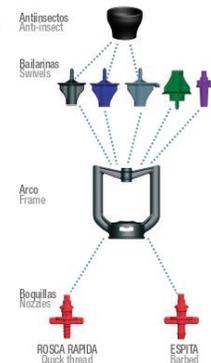
\* Presión de entrada 2 bar / Inlet pressure 2 bar.



**Ecuación característica**  
Discharge equation  
AZUD RAINTEC  $q = k \cdot h^x$

Modelo Model	q (l/h) · h (mca)
Gris / Grey 30L	$q = 6.75 \cdot h^{0.51}$
Blanco / White 40L	$q = 8.17 \cdot h^{0.53}$
Marrón / Brown 50L	$q = 9.48 \cdot h^{0.54}$
Azul / Blue 60L	$q = 11.50 \cdot h^{0.53}$
Negro / Black 70L	$q = 13.44 \cdot h^{0.54}$
Verde / Green 80L	$q = 16.13 \cdot h^{0.54}$
Rojo / Red 100L	$q = 18.44 \cdot h^{0.55}$
Amarillo / Yellow 120L	$q = 21.54 \cdot h^{0.55}$
Violeta / Violet 160L	$q = 31.50 \cdot h^{0.55}$

Configuraciones  
Configurations



Conexiones Microtubo  
Microtube connections



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

Apdo. 147-30169 SAN GINÉS - MURCIA - SPAIN  
Tel.: +34 968 808402 • Fax: +34 968 808302  
E-mail: info@azud.com • www.azud.com



SISTEMA AZUD, S.A. se reserva el derecho de efectuar modificaciones en las características de sus productos. / SISTEMA AZUD, S.A. reserves the right to change the characteristics of these products without prior notice.

Figura 22. Válvula hidráulica

**BERMAD** Irrigation



100 Series - hYflow

## 100 Series hYflow

### High Performance Plastic Hydraulic Control Valves

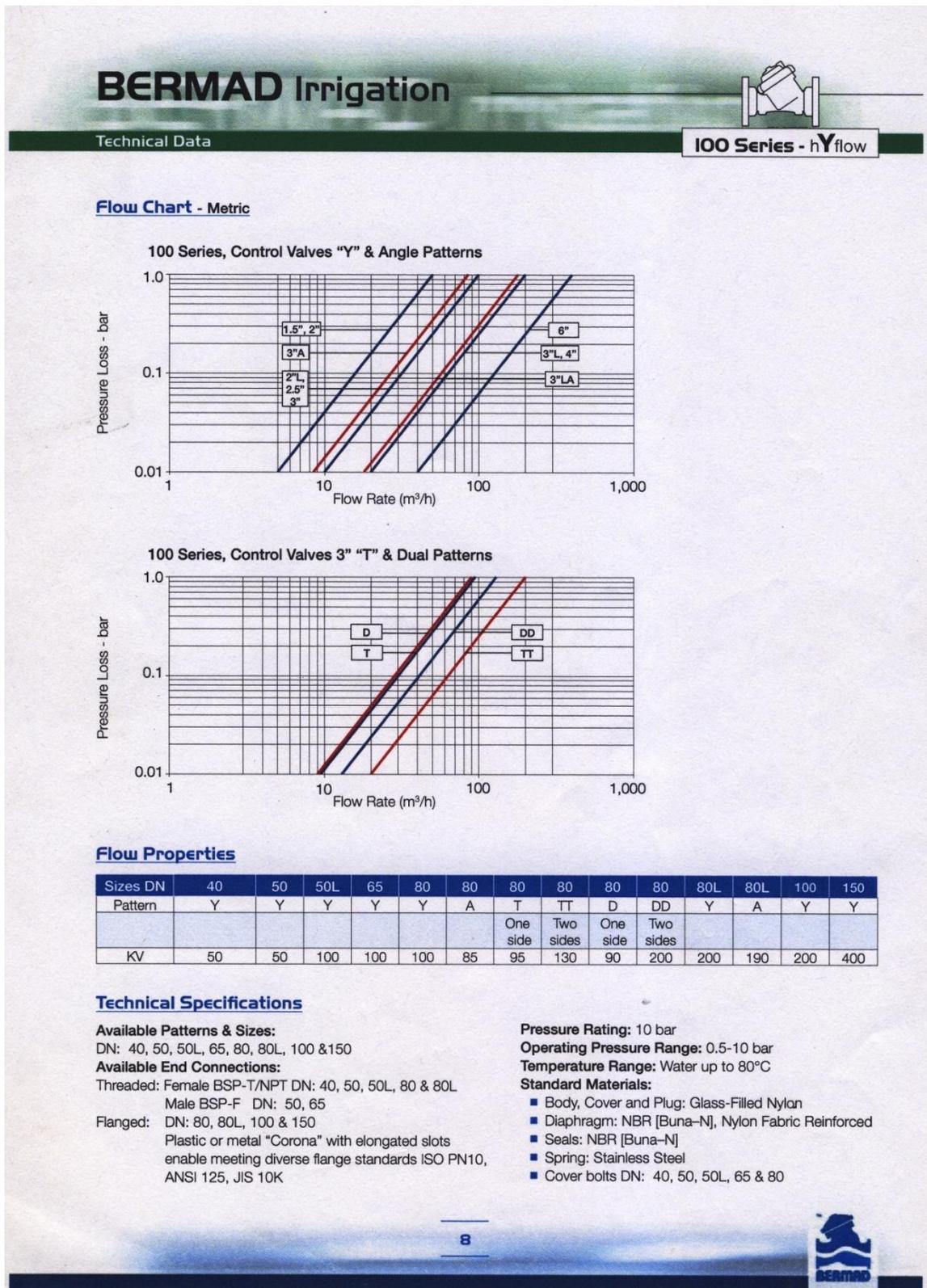
#### Features and Benefits

- **Durable industrial grade** valve design and construction uses glass-filled Nylon material to **meet rough service conditions**.
- **Ultra-high flow capacity** with minimal pressure loss.
- **Designed for service on a wide range of pressure and flow conditions**, from dripping to maximum flow.
- Simple design with few parts **guarantees easy in-line inspection and service**.
- Positive guided valve plug provides **accurate motion and smooth regulation**. Avoids chattering and slamming closed.
- **Versatile end connections** allow mix of different sizes and connection types. Female thread, Flanged or PVC 'Slip-on' Glue or Grooved adapter (as add-on option).
- **Articulated flange connections isolate** the valve from line bending and pressure stresses



Fuente: BERMAND Water Technologies Pty

Figura 23. Especificaciones de Válvula hidráulica



Fuente: BERMAND Water Technologies Pty

**ANEXO 4: PLANOS DE LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO, DISEÑO  
GEOMÉTRICO DE SISTEMA DE RIEG Y PERFIL DE TUBERIAS**