



Universidad
Nacional de
Ingeniería

Área del Conocimiento de Agricultura

DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN SEMI MOVIL, PARA EL CULTIVO DE YUCA (MANIHOT ESCULENTA), EN LA FINCA AGRÍCOLA EXPERIMENTAL UNI, COMARCA “LA BOLSA”, DEPARTAMENTO DE MASAYA

Trabajo Monográfico para optar al título de

Ingeniero agrícola

Elaborado por

Tutor

Br. David René López Chávez

Carnet: 2018- 0644U

Ing. Welsden Zenelia Blanco Bustillo

20 de junio del 2024

Managua, Nicaragua

DEDICATORIA

A Dios, porque de Él, proceden todas las buenas acciones que en este mundo suceden.

Con gratitud y aprecio, a mis padres Msc. **Germán López Quintana, Ing. Jenny Antonia Chávez Valerio**, y mi hermano **Luis Eduardo López Chávez** por apoyarme, comprenderme y brindarme su confianza, inculcándome valores y principios sobre todo por estar conmigo en buenos y malos momentos.

AGRADECIMIENTO

A mi tutora la **Ing. Welsden Zenelia Blanco Bustillo**, le agradezco por su dedicación y orientación en cada paso de este proceso, lo que ha sido fundamental para el éxito de este trabajo, brindándome las herramientas necesarias para crecer como estudiante y un buen profesional.

A los docentes que, en los periodos de clase, sus orientaciones me permitieron alcanzar el éxito en mis estudios.

RESUMEN

El presente documento contiene el diseño de un sistema de riego por aspersión semi móvil para el cultivo de yuca (*Manihot esculenta*), realizado en la Finca Agrícola Experimental UNI (FAE) con un área de 8.21 ha en la comunidad “La bolsa” municipio de Masaya.

La aplicación del riego que se llevará a cabo en la Finca Agrícola Experimental UNI (FAE) se tomó en cuenta los factores, como la textura del suelo, ubicación geográfica, topografía del terreno, velocidad del viento y su fuente de abastecimiento.

Se incorporaron, datos climáticos específicos facilitados por INITER, donde se abarca un periodo de diez años en la zona de interés, proporcionando la base sólida para el proceso de diseño del proyecto.

El riego por aspersión semi móvil presenta una topografía relativamente plana con un área de 8.21 ha, con el cual se diseñó con aspersores de $\frac{3}{4}$ " 5035 SD, en un marco de 12 metros x 15 metros, con cuatro laterales de 9 aspersores, entre ellos un lateral de espera, que estarán ubicados de oeste-este con respecto a su dirección de siembra.

Este sistema en su forma operativa es de tres cambios por días con una duración de 4h 49 min al día, regado con una frecuencia de cada 6 días, aplicándose una lámina de riego de 37.66mm, cumpliendo así con su mayor demanda hídrica que es de 6.28 mm/día. Se realizó una prueba de bombeo en el equipo existente de la FAE, se trabajará con 53.42 psi, el cual la bomba proporciona un caudal de 167.67 gpm lo que será el caudal del diseño.

También se presenta de manera detallada el costo de inversión por un costo total de \$8,414.53 para el diseño de sistema de riego; el costo por manzana es de \$722.28.

Índice

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	ANTECEDENTES	2
III.	JUSTIFICACIÓN.....	3
IV.	OBJETIVOS.....	4
4.1.	Objetivo General	4
4.2.	Objetivo Específico.....	4
V.	MARCO TEÓRICO.....	5
5.1.	Que es la Yuca (Manihot esculenta)	5
5.1.1.	Morfología.....	5
5.1.2.	Siembra	6
5.1.3.	Cosecha.....	6
5.2.	Riego por aspersión	7
5.3.	Tipos de sistemas de riego por aspersión	7
5.3.1.	Convencionales	7
5.3.2.	Auto mecanizados	8
5.4.	Componentes del sistema de riego por aspersión fija.....	8
5.5.	Ventajas y desventajas del sistema de riego por aspersión	10
5.5.1.	Ventajas.....	10
5.5.2.	Desventajas	11

5.6.	Diseño de sistema de riego	11
5.7.	Diseño agronómico	12
5.8.	Diseño geométrico	14
5.9.	Diseño Hidráulico	14
5.10.	Marco entre aspersores	14
5.10.1.	Marco cuadrado.....	14
5.10.2.	Marco rectangular.....	15
5.10.3.	Marco Triangular	15
5.11.	Velocidad del viento	16
5.12.	Disposición de la red de distribución	17
VI.	DISEÑO METODOLÓGICO	19
6.1.	Tipo de investigación.....	19
6.1.1.	Según el enfoque de la investigación	19
6.1.2.	Según el alcance de los resultados	19
6.1.3.	Según el tiempo de ocurrencia	19
6.1.4.	Según el periodo en que se realiza el estudio	19
6.2.	Localización del área en estudio	19
6.2.1.	Macro localización	20
6.2.2.	Micro localización.....	21
6.3.	Metodología.....	21

6.4.	Levantamiento topográfico	21
6.5.	Determinación de las propiedades hidro físicas del suelo.....	22
6.6.	Tipos de diseños	22
6.6.1.	Diseño agronómico	22
6.6.2.	Diseño geométrico	28
6.6.3.	Diseño hidráulico	28
6.7.	Costo de inversión para el sistema de riego por aspersión móvil.....	30
VII.	ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	31
7.1.	Levantamiento topográfico de la zona de estudio	31
7.2.	Equipo de bombeo	32
7.3.	Determinación de las propiedades hidro físicas del suelo.....	33
7.4.	Determinación de los parámetros de diseño	34
7.4.1.	Evapotranspiración Eto	34
7.4.2.	Necesidades hídricas (Coeficiente del cultivo)	35
7.4.3.	Determinación de la evapotranspiración real (ETC o ETR)	36
7.5.	Velocidad de infiltración.....	36
7.6.	Diseño del sistema de riego por aspersión semi móvil.....	37
7.6.1.	Diseño agronómico	37
7.6.2.	Velocidad del viento.....	43
7.6.3.	Diseño geométrico	44

7.6.4. Diseño Hidráulico.....	45
7.7. Costo y presupuesto del proyecto	50
7.7.1. Cálculo de los materiales a utilizar en el sistema de riego por aspersión semi móvil.....	51
VIII. CONCLUSIONES	55
IX. RECOMENDACIONES.....	56
X. Bibliografía	57
XI. ANEXO	1

Índice de figuras

Figura 1: Componentes de un sistema de riego por aspersión	8
Figura 2: Aspersor de 3/4"	9
Figura 3: Acoples.....	10
Figura 4: Marco de aspersores.....	15
Figura 5: Disposición unilateral de los laterales.....	18
Figura 6: Disposición bilateral de los laterales.....	18
Figura 7: Macro localización	20
Figura 8: Micro localización	21
Figura 9: Levantamiento del área en estudio	31
Figura 10: Lámina de curvas a nivel del terreno.....	32
Figura 14: Cálculo de la Evapotranspiración Eto.....	35
Figura 17: Diseño geométrico.....	44

Índice de tablas

Tabla 1 Separación entre aspersores para velocidades del viento	16
Tabla 2 Radio de mojado y la velocidad del viento.....	17
Tabla 3 Datos del equipo de bombeo.....	32
Tabla 4 Prueba de bombeo	33
Tabla 5 Datos del suelo.....	33
Tabla 10 Coeficiente del cultivo Kc.....	36
Tabla 12 Párametros de la velocidad del viento	37
Tabla 13 Datos de suelo.....	37
Tabla 14 Datos de ambiente.....	38
Tabla 15 Datos de riego	38
Tabla 16 Diseño agronómico.....	42
Tabla 17 Velocidad del viento.....	43
Tabla 22 Diseño hidráulico	48
Tabla 23 Carga total dinámica.....	49
Tabla 24 Presión en la descarga.....	50
Tabla 25 Listado de materiales para el riego y tubería de pvc	52
Tabla 26 Listado de materiales para accesorios de riego	53
Tabla 27 Listado de materiales para costo costo de instalación	54
Tabla 28 Costo total del proyecto de riego por aspersion semi móvil.....	54

Índice de ecuaciones

Evapotranspiración real (Etr)	22
Lámina de riego	23
Agotamiento permisible	23
Lámina neta aplicar	23
Demanda hídrica bruta.....	24
Frecuencia de riego.....	24
Lámina neta corregida.....	25
Caudal requerido	25
Intensidad de aplicación	26
Caudal por hectárea	26
Caudal total	26
Turnos de riego	26
Área por turnos.....	27
Tiempo de riego.....	27
Jornada de riego.....	27
Lámina de riego.....	28
Pérdidas de fricción Hazen William	28
Pérdida máxima permitida en el lateral	29
Díámetro en la tubería de conducción	29

Velocidad en la tubería de conducción.....	29
Presión en la descarga.....	29
Carga total dinámicao.....	30

Índice de anexo

Figura 11-12 HF Textura	I
Figura 13 Triangulo textural.....	II
Figura 15 Desarrollo de la yuca.....	II
Figura 16 Ficha técnica del aspersor.....	III
Figura 17 Espaciamiento entre aspersor.....	IV
Tabla 6 Capacidad de campo	V
Tabla 7 Punto de marchitez permanente	V
Tabla 8 Densidad Aparente	V
Tabla 9 Datos brindados por INETER	VI
Tabla 11 Velocidad de infiltración	VII
Tabla 18 Coeficiente Hazen William	VII
Tabla 19 Velocidad máximas y mínimas permisibles	VIII
Tabla 20 Diámetros internos	VIII
Tabla 21 Factor de Christiansen	VIII
Anexo de componentes de sistema de riego	IX
Anexo de cotizaciones	XII

I. INTRODUCCIÓN

El riego consiste en aportar agua a los cultivos para satisfacer las necesidades hídricas que no fueron cubiertos mediante la precipitación, o bien para incrementar la producción agrícola al transformar zonas de agricultura de secano en zonas de regadío.

La agricultura de riego o agricultura de regadío es el suministro de las cantidades necesarias de agua a los cultivos mediante diversos métodos de riego. Este tipo de agricultura requiere inversiones de capital y una cuidada infraestructura hidráulica: canales, acueductos, aspersores, estanques, que exigen, un desarrollo técnico avanzado.

El primer sistema de riego por aspersión fue de carácter único. Se movía con su propia fuerza (el agua a presión), barriendo un círculo completo alrededor de un acoplamiento de tubería de agua giratoria. Eliminaba la tarea de cambiar el agua, la atención que es necesaria en los sistemas de gravedad, el desmantelamiento de las tuberías y el movimiento o entretenimiento bajo otro tipo de equipos de aspersión. (TRAXCO, 2016)

Esta propuesta de estudio tiene como objetivo analizar las características geográficas y climáticas que influyen en el cultivo de yuca, para el diseño de un sistema de riego por aspersión que cumpla con los requisitos del cultivo. Se tomará en cuenta parámetros climáticos y se elaborarán diseños agronómicos, geométricos, hidráulico y presupuestarios. Se evaluará la viabilidad económica para seleccionar un sistema de riego considerando como factor principal el gasto total de inversión.

Este documento servirá como apoyo académico y técnico para los estudiantes de la carrera de Ingeniería Agrícola, y profesionales afines a esta temática.

II. ANTECEDENTES

El primer sistema de riego de pivote central fue inventado por Frank Zybach 1948, como un método de riego tradicional, ello tiene sus orígenes con el invento de la bomba hidráulica; para los años 60, su expansión es mayor con las técnicas de extrusión; esto se remonta a la antigüedad, con el inicio de la agricultura, y está directamente relacionada con el comienzo de la civilización. (Pineda, s.f.).

Nicaragua inició a implementar el riego en la década de los años 50 representando el 6.4% de la actividad agrícola total. Los principales cultivos bajo el riego en esa época fueron el banano y la caña de azúcar. En la actualidad los sistemas de riego que se implementan son por aspersión, microaspersión, inundación y por goteo. (Sandoval Guerrero & Somarriba Castro)

Las dos últimas dos décadas, Nicaragua ha tenido una importante expansión de la superficie provista para riego. No obstante, la superficie irrigada ha tenido una importancia limitada y fluctuante en las últimas cinco décadas, llegando a cubrir entre un mínimo de 1% (a principios de los 1960s y 1990s) y un máximo 6% (fines de los 1980s y en 2011) de la superficie agrícola del país. (Zegarra & Chirinos, 2016).

Actualmente el sistema de riego por aspersión semi móvil para la siembra de yuca no se encontraron estudios ni proyectos afines; por lo que, se plantea un diseño de riego por aspersión semi móvil que se puede desarrollar en la finca agrícola experimental UNI.

(Zeledón Espinoza & Espinoza Reyes, 2012) realizaron un estudio en el centro experimental agrícola (CEA-UNI-FTC) cuyo objetivo es diseñar un sistema de riego por aspersión para el cultivo del plátano (*Musa Paradisiaca*), cuyos resultados del proceso de diseño muestran que el sistema de riego por aspersión es el más conveniente, porque se aseguran un caudal de 18.93 gpm, para mantener la lámina necesaria en el cultivo.

III. JUSTIFICACIÓN

La implementación de sistemas de riego ha venido a solventar esta problemática, ya que aplicando la cantidad de agua necesaria hará que la planta se desarrolle y no sufra por déficit hídrico. Existen diferentes sistemas de riego recomendables para cada región y/o cultivo, algunos de ellos son: riego por goteo, por aspersión, por gravedad, etc. El riego por aspersión consiste en que el agua es pulverizada mediante aspersores que humedecen el terreno de forma similar a la lluvia. (Funez Pérez & Lauriza Leonor, 2023)

Este diseño nos ayudará a entender de una forma más clara y precisa el proceso de riego por aspersión semi móvil aplicado en el cultivo de yuca, ya que para la realización de este proyecto se consideran los aspectos hidro físicos, topográficos, geométricos e hidráulicos que se detallan paso a paso, con el fin de proporcionar una propuesta clara tomando como referencia la finca agrícola experimental UNI, donde se espera que se desarrolle el proyecto.

La importancia de desarrollar un sistema de diseño de riego para el cultivo de yuca radica en la prioridad de su uso, para el consumo humano influyendo en las comidas tradicionales, igual en el campo industrial para la elaboración del almidón y la harina, lo que fortalecerá la producción en el agroindustrial nicaragüense.

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

- Diseñar un sistema de riego por aspersión semi móvil con el fin de suministrar una lámina de riego en el cultivo de yuca en la finca agrícola experimental UNI, comarca “La bolsa”, departamento de Masaya.

4.2. Objetivo Específico

- Analizar los parámetros y condiciones hidro físicas que influyen en el diseño de riego por aspersión semi móvil en la finca agrícola experimental UNI.
- Elaborar el diseño agronómico, geométrico e hidráulico en el sistema de riego por aspersión semimóvil.
- Determinar los costos de inversión para la instalación del sistema de riego por aspersión semi móvil para el cultivo de la yuca, en la finca agrícola experimental UNI.

V. MARCO TEÓRICO

5.1. Que es la Yuca (Manihot esculenta)

La yuca es un tubérculo del arbusto Manihot esculenta, de aspecto leñoso por fuera, ya que está recubierto por una cáscara de gran dureza y de color marrón que no es comestible. Esta consistencia firme también se encuentra en su pulpa, de color blanco y que presenta fibras longitudinales. (Bargues, 2022)

5.1.1. Morfología

De acuerdo a (infoAgro.com, s.f.), la morfología de la yuca se explica así:

✓ Planta

La yuca es un arbusto perenne de tamaño variable, que puede alcanzar los tres metros de altura. Los cultivares se agrupan en función de su altura en: bajos (hasta 1,50 m), intermedios (1,50-2,50 m) y altos (más de 2,5 m).

✓ El tallo

Puede tener posición erecta, decumbente y acostada. Según la variedad, el tallo podrá tener ninguna, dos, o tres o más ramificaciones primarias, siendo el de tres ramificaciones el mayoritario en la yuca.

✓ Hojas

De forma palmi partida, con 5-7 lóbulos, que pueden tener forma aovada o linear. Son simples, alternas, con vida corta y una longitud de 15 cm aproximadamente.

✓ Flores

Es una especie monoica por lo que, la planta produce flores masculinas y femeninas. Las flores femeninas se ubican en la parte baja de la planta, y son menores en número que las masculinas, que se encuentran en la parte superior de la inflorescencia. Las flores masculinas son más pequeñas.

5.1.2. Siembra

La época de siembra se realiza cuando se establece el invierno para garantizar una humedad en el terreno. Existen tres formas para la siembra: (MEFCCA, 21).

✓ Siembra vertical

Consiste en introducir la estaca en forma perpendicular a la superficie del suelo dejando dentro del suelo por lo menos 4 yemas que garanticen un buen prendimiento.

✓ Siembra horizontal

Se abre un surco antes de colocar las estacas, las cuales deben tener un largo aproximadamente 15 cm, con una profundidad de 5 a 7 cm debajo del suelo.

✓ Siembra Inclínada

Las estacas se introducen en el suelo en una forma de un ángulo de aproximadamente 45° con la superficie del suelo. Deben quedar por lo menos 2 o 3 yemas fuera del suelo.

5.1.3. Cosecha

Entre los 12-24 meses del ciclo de cultivo es el periodo óptimo para la recolección de la yuca cuando se alcanza el máximo rendimiento en sus raíces y su destino es la industria del almidón.

La recolección puede ser manual o mecánica. En ambos casos es importante no dañar las raíces. La cosecha manual, es la más común y resulta más sencilla en suelos con una textura arenosa a franca.

Previo a la cosecha, los tallos se cortan con un machete o una segadora rotativa, a una altura de 10 - 15 cm.

5.2. Riego por aspersión

El riego por aspersión es un método de riego mecánico o presurizado, ya que necesita de mecanismos que generan presión para mover el agua. También consiste en aplicar el agua en forma de lluvia; es decir, se fracciona el caudal en innumerable cantidad de gotas que se infiltran en el terreno cuando llegan a la superficie del suelo. (J. Ortega, Octubre de 1994)

5.3. Tipos de sistemas de riego por aspersión

Existen múltiples sistemas de riego por aspersión dependiendo de las necesidades de cada campo de producción. Los sistemas de riego por aspersión son: (Agropinos, 2022)

5.3.1. Convencionales

Los sistemas de riego convencionales son los primeros que se desarrollaron y, por mucho tiempo, fueron los más utilizados. Existen dos tipos de sistemas de aspersión convencionales:

✓ Sistema fijo

Como su nombre lo dice, los sistemas fijos son aquellos en los cuales los aspersores se ubican en un marco establecido. En cuanto al sistema de tuberías, este puede estar enterrado o ubicarse en la superficie. Sin embargo, es importante que haya un brote con la altura suficiente para incorporar el aspersor.

✓ Sistema semifijo

Los sistemas de riego por aspersión semifijos son aquellos que se desplazan de una zona a otra de forma manual o mecanizada a través de un desmontaje rápido del sistema.

5.3.2. Auto mecanizados

A diferencia de los convencionales, los sistemas de riego por aspersión auto mecanizados cuentan con motores eléctricos o sistemas hidráulicos que facilitan el movimiento a lo largo del campo de producción.

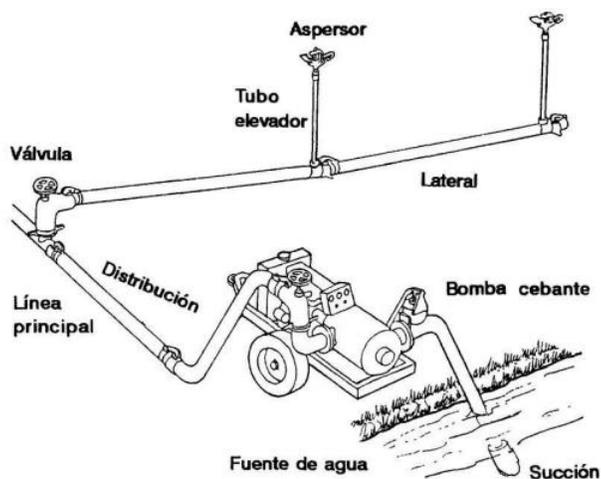
También son auto mecanizados los sistemas de riego pivotantes, de desplazamiento lateral o carros de riego y algunas máquinas regadoras.

5.4. Componentes del sistema de riego por aspersión fija

Un equipo de sistema de riego por aspersión se compone de las siguientes unidades básicas:

Figura 1

Componentes de un sistema de riego por aspersión



Fuente: (J. Ortega, Octubre de 1994)

✓ **Bomba o turbina**

La unidad de bombeo de un sistema de riego por aspersión es una instalación con equipos de elevación mecánica, que tiene por objetivo aspirar el agua desde la fuente elegida e impulsarla a la red de tuberías.

✓ **Aspersor**

Un aspersor es un emisor de riego que expulsa un chorro de agua giratorio. El movimiento rotativo del aspersor se genera gracias a la presión del agua. (Viagua, s.f.)

Figura 2

Aspersor de 3/4"



Fuente: (Rivulis, s.f.)

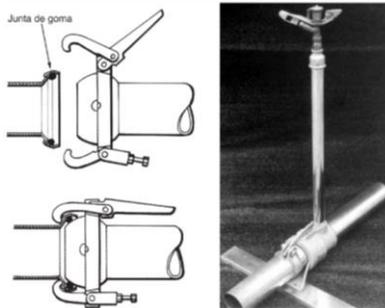
✓ **Tubería**

Las tuberías de un sistema de riego por aspersión la integran los acoplamientos rápidos, por unas piezas especiales para el adecuado funcionamiento del ramal (tes, codos, tapones, etc.). Los tubos pueden ser de aluminio, acero galvanizado o PVC especial, de 6 o 9 m de longitud. Se buscan materiales ligeros, resistentes a la corrosión y a los golpes, que sean fácilmente transportables.

Las uniones suelen ser de dos tipos: mecánicas o hidráulicas. Además, deben permitir cierta flexibilidad angular para adaptarse a las irregularidades del terreno (ángulos entre 12° y 30°).

Figura 3

Acoples



Fuente: (Tarjuelo, 2005)

✓ **Accesorios**

Los accesorios son instrumentos que utilizan los sistemas de riego, tales como válvulas, hidrantes, reguladores de presión, elevador del aspersor.

5.5. Ventajas y desventajas del sistema de riego por aspersión

5.5.1. Ventajas

- ✓ Se adapta a las distintas dosis de riego necesarias.
- ✓ Fácil de automatizar.
- ✓ Ahorro en mano de obra.
- ✓ Menor consumo de agua.
- ✓ Adaptación al terreno.
- ✓ La eficiencia del riego por aspersión es de un 80 % frente al 50 % en los riegos por inundación tradicionales.

- ✓ Útil para distintas clases de suelos ya que permite riegos frecuentes y poco abundantes en superficies poco permeables.
- ✓ La distribución del agua sobre las plantas y los cultivos es bastante homogénea y puede ser controlada con la velocidad de la aspersión.

5.5.2. Desventajas

- ✓ Aumento de enfermedades y propagación de hongos debido al mojado total de las plantas.
- ✓ Daño a las plantas más sensible y flores por el impacto del agua.
- ✓ Mala uniformidad por el reparto de agua por la acción de fuertes vientos.
- ✓ Altas inversiones iniciales y elevados costos de funcionamiento y energía.
- ✓ Exige agua limpia, libre de sedimentos y libre de contenido de sales.

5.6. Diseño de sistema de riego

El diseño de un sistema de riego es un trabajo complejo debido a la gran cantidad de factores que intervienen en el proceso. De esta manera su estudio comienza con el cálculo de las necesidades de riego, que de forma precisa trata de conocer el consumo de agua necesario por los cultivos en la época de mayor necesidad y del posterior diseño en plano del sistema.

El diseño del sistema de riego consiste en la disposición de los distintos elementos del sistema con el objetivo de maximizar la efectividad del mismo de la forma más económica. (NOVAGRIC, s.f.)

Los factores que se tienen en cuenta para el diseño del sistema de riego son los siguientes:

- ✓ La pendiente del terreno.
- ✓ Las pérdidas de carga producidas por el rozamiento que realiza el agua con la pared de las tuberías.
- ✓ La localización de los recursos hídricos. Pozos, pantanos, etc.
- ✓ La forma de gestión del riego. Manual o automatizada.
- ✓ Los posibles obstáculos que puede tener la finca, como conducciones de gas o de agua, líneas de tensión.

5.7. Diseño agronómico

El diseño agronómico consiste en calcular todos los parámetros necesarios para que el sistema de riego por aspersión sea capaz de suministrar agua en los cultivos, es decir, se calcula la cantidad de agua que necesita el cultivo para su desarrollo normal sin sufrir un déficit hídrico, así como el agua necesaria para el manejo efectivo de sales. (INTAGRI, s.f.)

El diseño de riego por aspersión incluye un diseño agronómico, geométrico e hidráulico. El diseño agronómico corresponde a la determinación de:

✓ **Evapotranspiración**

Se conoce como evapotranspiración (ET) la combinación de dos procesos, la evaporación desde el suelo y desde la superficie cubierta por las plantas y la transpiración desde las hojas de las plantas. Por lo tanto, el cálculo de la ET se usa para saber el agua que necesitan las plantas para su correcto desarrollo, ya sea en un jardín o en un campo de cultivo. (G. Allen, S. Pereira, Raes, & Smith)

✓ **Intensidad de aplicación**

La intensidad de aplicación del riego, se refiere a como se relaciona el agua con el suelo, desde el primer momento en que tiene contacto. Una alta intensidad de aplicación del riego descompone la estructura del suelo y altera su composición.

Las partículas que lo forman se separan por tamaño, quedando en suspensión las partículas que son más pequeñas. Como ocurre en la infiltración, las partículas más pequeñas se depositan en la parte superior del suelo, creando un efecto de sellado. (TRAXCO, 2017)

✓ **Lámina de riego**

La lámina de riego es el espesor de la capa de agua con que una superficie queda cubierta o húmeda. (Brambila Michel, 2022)

✓ **Turnos de riego**

Los turnos de riego requieren definir dos tiempos: la duración y la frecuencia del turno. El primero corresponde al tiempo que transcurre mientras cada sector recibe agua en su turno y el segundo al tiempo que pasa entre un riego y el siguiente; es decir, entre el momento en que cada sector comienza a recibir agua en un turno y el momento en que comenzará a recibir agua en el turno siguiente. (Zapana Estofanero, s.f.)

✓ **Frecuencia de riego**

La frecuencia del riego se define como el periodo con que se aplica agua a un cultivo en particular en una etapa determinada de crecimiento; se expresa en días. (Glosario de Riego, s.f.)

5.8. Diseño geométrico

En el diseño geométrico es el proceso de hacer el plano con los datos obtenidos en el levantamiento topográfico y con el diseño agronómico se facilita determinar el diseño apropiado para utilizar.

5.9. Diseño Hidráulico

El diseño hidráulico tiene como finalidad definir los diámetros y longitudes de las diferentes tuberías que componen el sistema (regantes, distribuidoras y conducción) bajo un criterio de optimización.

Este diseño debe considerar al menos dos criterios básicos: que las secciones operen con una uniformidad de emisión mayor a 90%, y que la velocidad en las tuberías de la red parcelaria no sea mayor de 2.0 m/s. (Serch, 2017).

5.10. Marco entre aspersores

La disposición de los aspersores o los difusores, debe ser tal que proporcione una distribución lo más uniforme posible. Para conseguir esto debemos tener áreas de solape entre emisores consecutivos, de manera que la pluviometría aportada sea lo más uniforme posible.

Los marcos de riego están íntimamente relacionados con la elección del emisor, así como la boquilla del mismo. Los más frecuentes son el cuadrado y el rectangular. La elección de uno u otro, estará determinada por uno de los factores más importantes de la zona a regar, que es el viento. (Perdido por los jardines de babilonia, 2014)

5.10.1. Marco cuadrado

- ✓ La distancia entre los aspersores es igual al de su alcance tanto entre aspersores consecutivos como entre líneas de aspersores.
- ✓ Este tipo de marco, se utiliza en zonas con escaso viento. Además, este marco proporciona buena cobertura de los bordes de jardín.

5.10.2. Marco rectangular

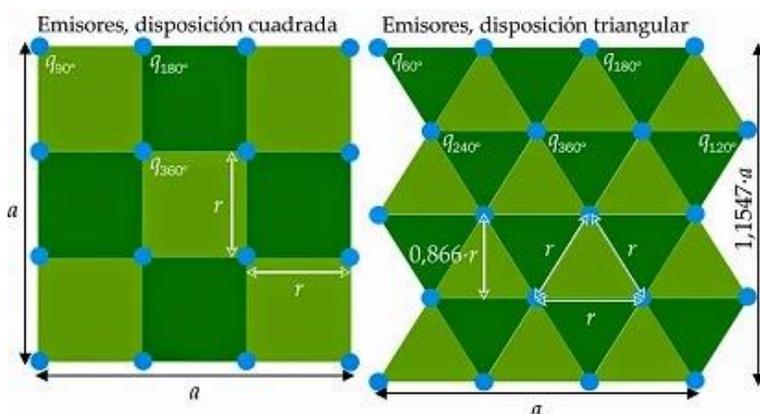
- ✓ La distancia entre aspersores y ramales es diferente.
- ✓ Se utiliza en zonas donde el viento es un condicionante permanente.
- ✓ En este marco, la distancia entre aspersores es igual al alcance del aspersor, mientras que la distancia entre ramales es aproximadamente $2/3$ del alcance del aspersor.
- ✓ Esto permite una menor superficie regada, pero se incrementa la uniformidad de distribución del riego.

5.10.3. Marco Triangular

- ✓ La distancia entre dos aspersores consecutivos del mismo ramal, es inferior a la distancia entre ramales. Un caso particular es el marco al tresbolillo, en el cual, los emisores se sitúan en los vértices de un triángulo equilátero.
- ✓ Recomendable en zonas con vientos frecuentes. La distribución del agua es mejor que en los marcos cuadrados.

Figura 4

Marco de aspersores



Fuente: (Perdido por los jardines de babilonia, 2014)

5.11. Velocidad del viento

El viento es uno de los factores más condicionantes del riego por aspersión. Las gotas de lluvia que simula el método son arrastradas fácilmente por éste, lo que impide un mojamiento parejo.

El efecto del viento se compensa disminuyendo la separación entre aspersores, pero implica un mayor número de ellos en el sistema. (J. Ortega, Octubre de 1994)

La medición de la velocidad del viento se hará con el anemógrafo, donde se tomarán varias lecturas; con los resultados obtenidos se seleccionará el espaciamiento más adecuado para el diámetro de mojado o el radio de alcance.

Las tablas 1 y 2 que se presentan a continuación, nos reflejan datos generales definiendo la separación entre aspersores, en función de la velocidad del viento y del radio o diámetro óptimo de mojadura dado por el fabricante.

Tabla 1

Separación entre aspersores para velocidades del viento	
Viento (km/h)	Espaciamiento
6.4	60 % del diámetro mojado
12.8	50 % del diámetro mojado
16	30% del diámetro mojado

Fuente: (Peralta & Simpfendörfer L, 2021)

Tabla 2

Radio de mojado y velocidad del viento				
Diámetro de mojamiento (m)	Velocidad del viento (km/h)			
	0 a 2	2 a 8	8 a 16	>16
15	9.75	9	7.5	4.5
20	13	12	10	6
25	16.25	15	12.5	7.5
30	19.5	18	15	9
35	22.75	21	17.5	10.5
40	26	24	20	12
45	29.25	27	22.5	13.5
50	32.5	30	25	15

Fuente: (Peralta & Simpfendörfer L, 2021)

5.12. Disposición de la red de distribución

La disposición de tuberías, la principal o “alimentadora” debe colocarse siempre en dirección de máxima pendiente. De esta manera, la secundaria queda emplazada a lo largo de la curva de nivel o cercana a ella, logrando disminuir al mínimo las diferencias de presión entre el primer y último aspersor de cada línea secundaria o lateral. (Peralta A. & Simpfendörfer L, 2001)

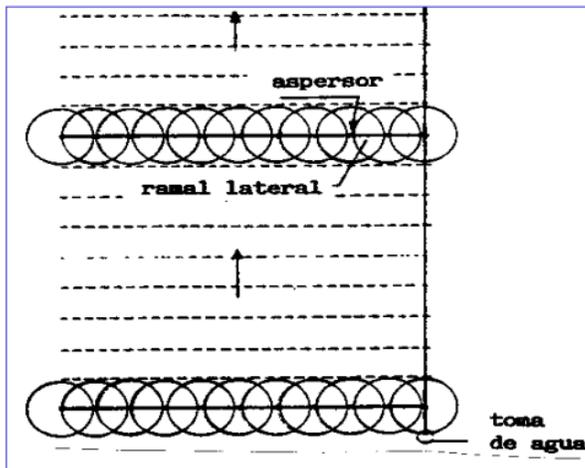
✓ Disposición unilateral

Esta disposición es buena cuando el paño a regar no es muy ancho, cubriendo la distancia con cada línea secundaria o lateral.

Consiste en colocar la tubería principal paralela a algún deslinde siguiendo la máxima pendiente, de la cual se desprenden las líneas secundarias hacia un solo lado de la matriz. Si son móviles, van desplazándose por la tubería principal a medida que se cumple con el riego.

Figura 5

Disposición unilateral de los laterales



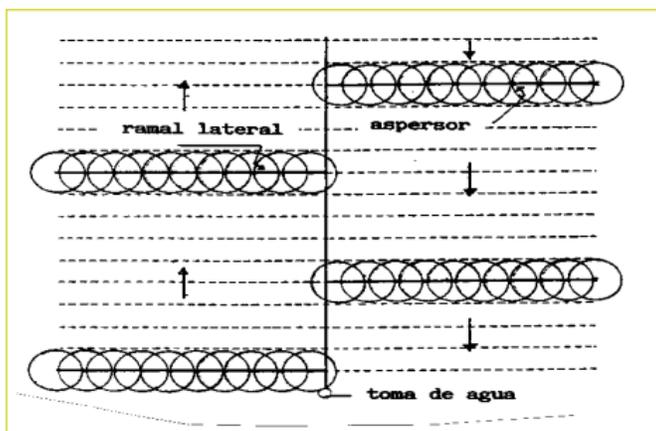
Fuente: (Peralta A. & Simpfendörfer L, 2001)

✓ **Disposición bilateral**

Se usa en predios más anchos, consiste en colocar la tubería principal en el medio del paño a regar siempre, siguiendo la máxima pendiente y las líneas secundarias a ambos lados de ellas.

Figura 6

Disposición bilateral de los laterales



Fuente: (Peralta A. & Simpfendörfer L, 2001)

VI. DISEÑO METODOLÓGICO

6.1. Tipo de investigación

6.1.1. Según el enfoque de la investigación

Esta investigación está basada en un enfoque de carácter cuantitativo. En el cual se llevará a cabo los cálculos del diseño agronómico, geométrico e hidráulico. Se hará una valoración presupuestaria del diseño.

6.1.2. Según el alcance de los resultados

El alcance de esta investigación es llevar a cabo un estudio analítico mediante la recolección de datos en campo. Esto permitirá realizar los cálculos necesarios y presentar una propuesta de diseño de riego por aspersión semi móvil.

6.1.3. Según el tiempo de ocurrencia

Esta investigación es prospectiva, ya que involucra un análisis que se lleva a cabo desde la identificación del problema existente en la Finca Agrícola Experimental UNI, hasta su implementación en el lugar que es, la falta de un sistema de riego por aspersión semi móvil.

6.1.4. Según el periodo en que se realiza el estudio

La presente investigación tendrá un carácter transversal, donde se recogen los datos en un solo momento y una sola vez para luego describir sus resultados. El periodo es de septiembre 2023 hasta marzo del 2024.

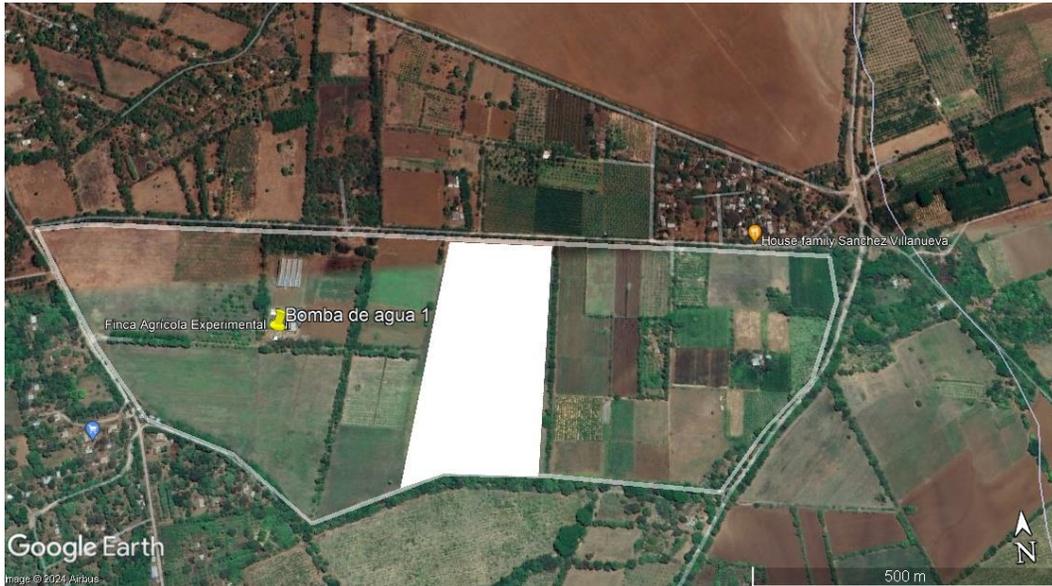
6.2. Localización del área en estudio

La zona de estudio se llevará a cabo en la finca agrícola experimental UNI FAE, ubicada en la comarca "La bolsa" del departamento de Masaya. Las coordenadas geográficas de la finca son 12° 0'39.16" latitud norte y longitud oeste 85°59'40.68" a una elevación de 57m.s.nm. Ver figura 7 y 8

6.2.1. Macro localización

Figura 7

Macro localización



Fuente: Software Google Earth

El presente estudio se llevó a cabo en áreas agrícolas, situado en la comarca “La bolsa”, departamento de Masaya.

6.2.2. Micro localización

Figura 8

Micro localización



Fuente: Software Google Earth

Se delimitó la zona de estudio con el software Google Earth, el cual permitió medir el área a diseñar, en la finca agrícola experimental UNI.

6.3. Metodología

La metodología utilizada en este proyecto monográfico está basada en el análisis de datos recopilados en el campo, el tipo de suelo, la topografía y el cultivo. Estos factores son esenciales para llevar a cabo los tres tipos de diseños ya mencionados anteriormente.

6.4. Levantamiento topográfico

Se utilizaron las herramientas satelitales como: GPS, para registrar los puntos y definir el área de diseño y obtener la información planimétrica y la ubicación del pozo. Con Google Earth se hizo la delimitación del polígono de la parcela, se descargarán los puntos marcados y las curvas a nivel. Global Mapper y AutoCAD obtendremos el plano topográfico del área de diseño.

6.5. Determinación de las propiedades hidro físicas del suelo

El análisis del suelo se hizo mediante la obtención de una muestra al azar, con una sola extracción del suelo, en el área seleccionada; para extraer la muestra alterada se utilizará la pala o palín en forma de "V".

Las muestras se almacenaron en bolsas adecuadas para su envío al laboratorio, etiquetadas con toda la información necesaria. Para determinar la textura del suelo se utilizaron los métodos de Bouyoucos y el método del tacto, comprobando el cálculo de las propiedades hidro físicas a través de la aplicación de HF textura, conociendo así las propiedades del terreno.

6.6. Tipos de diseños

6.6.1. Diseño agronómico

La planta solo utiliza una pequeña parte del agua disponible en sus procesos metabólicos, el resto se pierde debido a la transpiración del propio vegetal y por evaporación del suelo, fenómeno conocido como evapotranspiración del cultivo (Etc.).

Ecuaciones a utilizar:

✓ **Evapotranspiración real (Etr)**

$$Et_r = K_c * Eto \quad (1)$$

Donde:

$$Et_r = \text{Evapotranspiración real} \left(\frac{mm}{día} \right)$$

K_c = Coeficiente de cultivo (Adimensional)

$$Et_o = \text{Evapotranspiración} \left(\frac{mm}{día} \right)$$

✓ Lámina de riego

La lámina de riego es la cantidad de agua que requiere el suelo para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo durante un tiempo determinado.

$$L_r = \frac{C_c - PMP}{100} * D_a * P_r \quad (2)$$

Donde:

L_r = Lámina de riego (mm)

C_c = Porcentaje gravimétrico de contenido de agua a capacidad de campo

PMP = Punto de marchitez permanente del suelo (%)

D_a = Densidad aparente ($\frac{gr}{cm}$)

P_r = Profundidad del perfil de suelo (cm)

✓ Agotamiento permisible

Existe un intervalo de humedad entre la C_c y PMP , lo que se conoce como agua útil, este se denomina nivel de agotamiento permisible, se recomienda regar cuando se ha consumido el siguiente porcentaje de agua:

(25 – 40) % en cultivos de raíces superficiales

(40 – 50) % en cultivos de raíces intermedias

60% en cultivos con raíces profundas

✓ Lámina neta a aplicar

La lámina que se tomará en cuenta para efectos de diseño, es la lámina neta, la cual se define como la dosis de agua que puede ser aplicada durante el riego.

$$L_n = L_r * \% \text{ de AG} \quad (3)$$

Donde:

$L_n =$ Lámina neta (mm)

$L_r =$ Lámina de riego (mm)

$A_g =$ % de agotamiento permisible

✓ **Demanda hídrica bruta**

$$Dhb = \frac{Et_r}{E_f} \quad (4)$$

Donde:

$Dh_B =$ Demanda hídrica bruta ($\frac{mm}{día}$)

$Et_r =$ Evapotranspiración real ($\frac{mm}{día}$)

$E_f =$ % de eficiencia

✓ **Frecuencia de riego**

La frecuencia del riego, se define como la frecuencia con que se aplica agua a un cultivo, en particular en una etapa determinada de crecimiento; se expresa en días.

$$F_r = \frac{L_n}{DHb} \quad (5)$$

Fr: Frecuencia de riego (días)

LN: Lámina neta o máxima (mm)

DHb: Demanda hídrica bruta (mm/día)

✓ Lámina neta corregida

La lámina neta corregida es aquella que, a diferencia de la lámina neta calculada, nos proporciona un resultado más preciso de la cantidad de agua a reponer y se toma en cuenta el uso consuntivo diario del cultivo para evitar que este llegue a su punto de marchitez permanente (PMP).

$$L_c = F_r * DHB \quad (6)$$

Donde:

L_c : Lámina neta corregida (mm)

F_r : Frecuencia de riego (días)

DHB : Uso consuntivo o demanda hídrica bruta (mm/día)

✓ Caudal requerido

$$Q_r = \frac{\text{Área} * Df * 10}{JR} \quad (7)$$

Donde:

$$Q_r = \text{Caudal requerido} \left(\frac{m^3}{hr} \right)$$

$$\text{Área} = (ha)$$

$$Df = \text{Deficit del cultivo} \left(\frac{mm}{día} \right)$$

$$\text{Factor} = 10 m^3$$

$$JR = \text{Jornada de riego}$$

✓ **Intensidad de aplicación**

$$I_a = \frac{Q}{Ei * Es} \quad (8)$$

$I_a = \text{Intensidad de aplicación } \left(\frac{mm}{hr}\right)$

$Q = \text{Caudal } \left(\frac{m^3}{hr}\right)$

$Ei = \text{Espaciamiento entre emisor (m)}$

$Es = \text{Espaciamiento entre surco (m)}$

✓ **Caudal por hectárea**

$$Q_{ha} = I_a * 10 \quad (9)$$

$Q_{ha} = \text{Caudal por hectarea } \left(\frac{m^3}{hr}\right)$

$I_a = \text{Intensidad de aplicación } \left(\frac{mm}{hr}\right)$

$\text{Factor} = 10 m^3$

✓ **Caudal total**

$$Q_T = \text{Área} * Q_{ha} \quad (10)$$

$Q_T = \text{Caudal total } \left(\frac{m^3}{hr}\right)$

$\text{Área} = (ha)$

$Q_{ha} = \text{Caudal por hectarea } \left(\frac{m^3}{hr}\right)$

✓ **Turnos de riego**

$$T = \frac{Q_T}{Q_R} \quad (11)$$

$T = \text{Turnos}$

$Q_r = \text{Caudal requerido } \left(\frac{m^3}{hr}\right)$

$Q_T = \text{Caudal total } \left(\frac{m^3}{hr}\right)$

✓ **Área por turnos**

$$A_T = \frac{\text{Área}}{T} \quad (12)$$

$A_T = \text{Área por turnos (ha)}$

$\text{Área} = (\text{ha})$

$T = \text{Turnos}$

✓ **Tiempo de riego**

$$T_r = \frac{I_a}{D_f} \quad (13)$$

$T_r = \text{Tiempo de riego (hr)}$

$I_a = \text{Intensidad de aplicación } \left(\frac{mm}{hr}\right)$

$D_f = \text{Deficit del cultivo } \left(\frac{mm}{día}\right)$

✓ **Jornada de riego**

$$JR = T * T_r \quad (14)$$

$JR = \text{Jornada de riego (hr)}$

$T = \text{Turnos}$

$T_r = \text{Tiempo de riego (hr)}$

✓ **Lámina de riego**

$$L_a = Df * Fr \quad (15)$$

$F_r = \text{Frecuencia de riego (días)}$

$Df = \text{Deficit del cultivo } \left(\frac{mm}{día}\right)$

6.6.2. Diseño geométrico

Se hizo uso del software AutoCAD, para la representación gráfica del área, el análisis de las curvas a nivel, el trazado de la red hidráulica, el dimensionamiento del área de válvula y el trazado de manifold y laterales de riego, con el objetivo de obtener un diseño económico y funcional operativamente.

6.6.3. Diseño hidráulico

✓ **Pérdidas de fricción en la tubería por el método de Hazen William**

$$H_f = 10.67 * \left(\frac{Q_{m^3/s}}{C}\right)^{1.852} * \left(\frac{L_m}{D_m^{4.87}}\right) \quad (16)$$

Donde

Q = Caudal

C = Material de la tubería

L = Longitud de la tubería

D = Diámetro interno de la tubería

✓ **Cálculo de la pérdida máxima permitida en el lateral**

$$hf_{max} = P_o * 20\%$$

P_o = Presión del emisor

✓ **Diámetro interno de la tubería**

$$D = \sqrt{\frac{4*Q}{\pi*V}} \quad (17)$$

Donde:

D= Diámetro (in)

Q= Caudal (m3/s)

V= Velocidad (m/s)

✓ **Velocidad en función del caudal de la tubería lateral**

$$V = \frac{Q}{A} \quad (18)$$

Donde:

V = Velocidad (m/s)

Q = Caudal (m3/s)

A = Área (m2)

✓ **Presión en la descarga**

$$P_{des} = hf + P_o + Desnivel + Elevador + Hidrante + Accesorios \quad (19)$$

Donde:

P_{des} = Presión en la descarga (m ó PSI)

$P_o = \text{Presión del emisor (m)}$

$H_f = \text{Pérdidas por fricción (m. c. a.)}$

✓ **Carga total dinámica**

$$CTD = N_D + P_{des} \quad (20)$$

Donde:

$N_D = \text{Nivel Dinámico (m)}$

$P_{des} = \text{Presión en la descarga (m)}$

6.7. Costo de inversión para el sistema de riego por aspersión móvil

La estimación de los costos del proyecto semi móvil se hizo mediante el método de estimación detallado, que consiste en cotizaciones basadas en valores reales de mercado de los elementos, realización de mediciones y aplicación de costos unitarios. Se descompone en elementos detallados para cuantificar los costos directos como personal, materiales, equipos, otros.

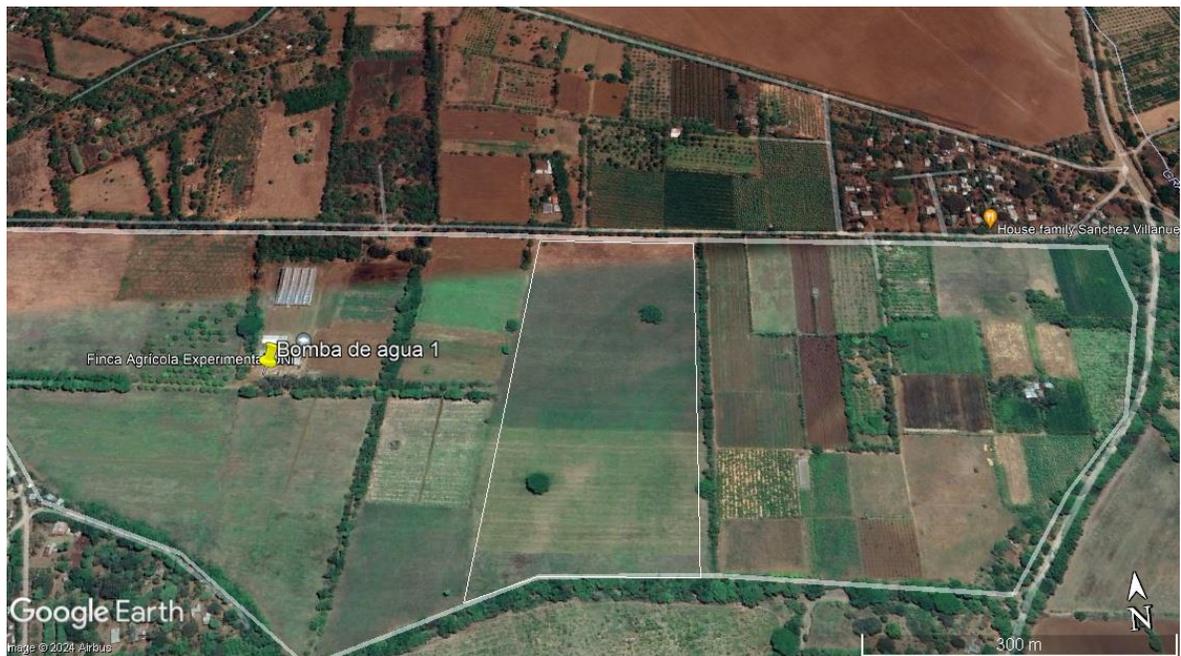
VII. ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

7.1. Levantamiento topográfico de la zona de estudio

Se llevó a cabo la delimitación de la zona de estudio utilizando el dispositivo satelital GPS, el cual permitió medir el área diseñar. Con el software Google Earth, se representó visualmente la zona de estudio, para llevar a cabo el diseño de un sistema de riego por aspersión semi móvil.

Figura 9

Levantamiento del área en estudio

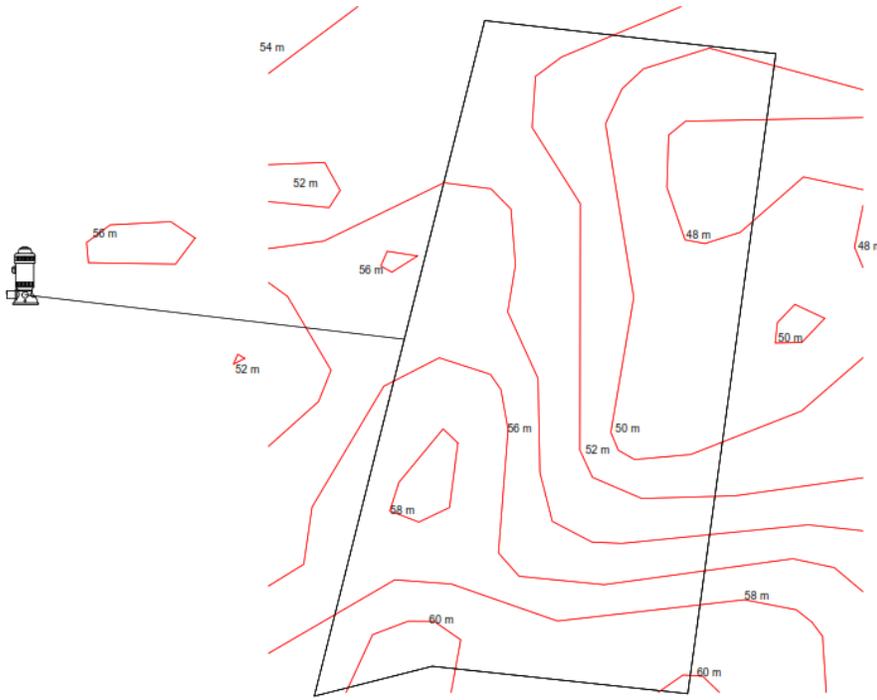


Fuente: Software Google Earth

Después de realizar la delimitación de la zona de estudio en Google Earth, se transfirió al software Global Mapper, con el cual se generaron curvas a nivel del terreno y con el programa AutoCAD, se logró determinar un área de 8.21 hectáreas, con curvas de nivel con pendiente no mayores a 5%, siendo una topografía relativamente plana, la cual es apta para la instalación de un sistema de riego por aspersión semi móvil. Ver anexo XI, Plano de curvas a nivel

Figura 10

Lamina de curvas a nivel del terreno



Fuente: Software AutoCAD

7.2. Equipo de bombeo

El equipo de bombeo existente en la finca agrícola experimental UNI FAE, nos proporciona las características necesarias para el desarrollo del proyecto.

Tabla 3

Datos del equipo de bombeo	
Tipo de fuente de agua	Pozo Artesiano
Equipo de bombeo	Bomba sumergible tipo lápiz
Modelo	Franklin Eléctrica
Energía Eléctrica	Trifásica
Caudal de la bomba	200 gpm
Presión	Entrada
	Salida
	29 PSI abierta 7 PSI abierta
	14 PSI cerrada 15 PSI cerrada
Diametro de descarga	4"
Potencia de la bomba	20 HP
Profundidad del pozo	76.2 m
Nivel Dinámico	30.76 m

Fuente: Elaboración propia

Se realizó una prueba de bombeo en el equipo existente de la FAE, y se trabajará con 53.42 psi el cual la bomba proporciona un caudal de 167.67 gpm lo cual será el cual de diseño.

Tabla 4

Prueba de bombeo	
Presión PSI	Caudal (GPM)
10	208.42
20	200.51
30	192.94
40	189.47
50	183.12
53.42	167.67

Fuente: Elaboración propia

7.3. Determinación de las propiedades hidro físicas del suelo

Las propiedades hidro físicas del suelo poseen unas características que corresponden a las demandas optimas que requiere el cultivo en cuanto a la relación, agua-suelo-planta que fundamentan el diseño, tal como se aprecia en la tabla 5; además, se obtuvieron los datos a través de la aplicación HF textura. Ver anexo XI, figura 11-12

Tabla 5

Datos del suelo		
Descripción	Valor	U/M
Capacidad de campo Cc	33.00	%
Punto de marchitez permanente PMP	19.00	%
Densidad aparente (Da)	1.35	g/cm3
Contenido de humedad	0.48	cm3/cm3
Profundidad	40.00	cm
Conductividad electrica	0.40	µmho/cm
Porcentaje de agotamiento permisible	0.50	%

Fuente: Elaboración propia

- ✓ Según el análisis realizado, a través del método del tacto y del método del triángulo textural se identificó que es un suelo franco arcilloso, (arena 20%, limo 50%, arcilla 30%), siendo este suelo ideal para la producción agrícola, (yuca), dándoles los nutrientes necesarios al suelo. Ver anexo XI, Figura 13.
- ✓ El porcentaje de humedad o contenido de agua en base al suelo es de 48%, siendo esta la cantidad de absorción activa disponible que contiene el suelo, el cual tendrá un desarrollo y óptimo crecimiento en el cultivo.
- ✓ En su capacidad de campo se obtuvo un valor de 33%, clasificándose como media, lo que expresa la cantidad de agua que puede retener el suelo. Ver anexo XI, Tabla 6.
- ✓ En el punto de marchitez permanente se obtuvo 19% de agua no disponible, clasificándose en media, es decir, agua que se encuentra retenida por diferentes fuerzas y que a las plantas se les dificulta su aprovechamiento. Ver anexo XI, Tabla 7.
- ✓ El resultado de la densidad aparente fue de 1.35 g/cm³, clasificándose como baja, la cual nos indica que tiene un óptimo ambiente para el crecimiento del cultivo. Ver anexo XI, tabla 8.

7.4. Determinación de los parámetros de diseño

7.4.1. Evapotranspiración Eto

Se determinó el valor de Eto mediante el método de la FAO Penman-Monteith, que es el más recomendado y preciso para calcular la Eto, teniendo en cuenta los parámetros climáticos requeridos y la medición correspondiente a la superficie de referencia. El instituto de estudio territoriales (INETER) proporcionó los datos específicos sobre la geolocalización de la zona de estudio, precipitación, velocidad del viento, temperatura mínima y temperatura máxima. Ver anexo XI, Tabla 9.

Se utilizó el software CROPWAT y los datos de la estación meteorológica del departamento de Masaya para los años 2007-2017. A partir de estos datos se determinó una Eto máxima de 4.85 mm/día que corresponde al mes de abril siendo este mes el que representa la mayor temperatura en Nicaragua.

Figura 14

Cálculo de la Evapotranspiración Eto

Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind km/day	Sun hours	Rad MJ/m ² /day	ETo mm/day
January	21.3	30.9	77	3	9.0	20.3	3.70
February	21.5	32.2	74	3	9.8	22.8	4.26
March	22.3	33.6	70	3	10.0	24.6	4.73
April	23.7	34.9	70	3	9.3	23.9	4.85
May	24.0	33.6	74	2	7.8	21.2	4.39
June	23.5	31.3	83	2	6.2	18.5	3.86
July	23.2	30.9	85	2	6.1	18.4	3.79
August	23.6	31.6	85	2	7.4	20.7	4.26
September	23.5	31.1	86	2	6.9	19.8	4.08
October	23.1	30.1	87	2	6.6	18.4	3.70
November	22.2	30.2	83	2	8.2	19.4	3.69
December	21.5	30.2	81	3	8.6	19.2	3.52
Average	22.8	31.7	80	2	8.0	20.6	4.07

Fuente: Software CROPWAT

7.4.2. Necesidades hídricas (Coeficiente del cultivo)

El coeficiente hídrico del cultivo (Kc), está basado en el consumo o las necesidades de agua en la planta la cual tiene tres frases (Kc inicial, Kc medio, Kc final). Estos valores se han tomados a través de la FAO. Ver anexo XI, figura 15.

El cultivo de yuca tiene año 1 y año 2 en su coeficiente del cultivo (kc), en el cual se toma el valor de mayor (kc) en sus etapas de mayores necesidades hídricas, siendo este 1.10 (kc medio) en el segundo año. Ver tabla 10

Tabla 10

Coeficiente hídrico Kc			
Año 1			
Cultivo	kc inicial	Kc (med)	kc(fin)
Yuca	0,3	0.8	0.3
Año 2			
Cultivo	kc inicial	Kc (med)	kc(fin)
Yuca	0.3	1.1	0.5

Fuente: (G. Allen, S. Pereira, Raes, & Smith)

7.4.3. Determinación de la evapotranspiración real (ETC o ETR)

La evapotranspiración del cultivo se toma en consideración el valor mayor (Kc) 1.10 adimensional en sus etapas máxima de demanda hídrica, para el diseño de riego.

7.5. Velocidad de infiltración

Con los datos obtenidos en campo, se determinó la velocidad de infiltración (método de campo Porchet), con un valor de 8.22 mm/hr, lo que representa que la velocidad de infiltración es moderadamente lenta. Este valor sería la profundidad resultante en un periodo de intervalos de 5 y 10 minutos, hasta completar 120 minutos de prueba: es decir, 2 horas respectivamente. Ver anexo XI, Tabla 11.

Este valor de infiltración, tal como se explica en la tabla 12, ha sido tomado en cuenta para la selección de un buen emisor y marco de riego, obteniendo así el valor de intensidad de aplicación (mm/hr), que será aplicada en el diseño de riego, tomando como norma básica que la intensidad de aplicación sea menor que la velocidad de infiltración, ($I_a < V_{Infiltracion}$)

Tabla 12

Parámetros de la velocidad de infiltración	
Clasificación de infiltración	Rango de infiltración mm/h
Muy rápido	<508
Rápido	152-508
Moderadamente rápido	50-152
Moderada	15-50
Moderadamente lento	5--15
Lenta	1.5-5
Muy lenta	0.03-1.5
Impermeable	>0.04

7.6. Diseño del sistema de riego por aspersión semi móvil

7.6.1. Diseño agronómico

Al realizar el diseño agronómico se toma en cuenta los datos de suelo, de ambiente y riego, tal como se reflejan en las siguientes tablas.

Tabla 13

Datos del riego		
Descripción	Valor	U/M
Método de riego	Aspersión semi movil	
Marco de plantación	Rectangular	
Modelo del aspersor	5035 SD	
Frecuencia de riego	6.00	Día
Caudal del aspersor	6.21	gpm
Presión de trabajo	2.50	bar
Diametro mojado	28.00	m
Espaciamiento entre emisores (Ee)	12.00	m
Espaciamiento entre lateral (El)	15.00	m
Caudal de bombeo	167.66	gpm
Caudal de bombeo	38.07	m3/hr
Longitud del lateral	102.00	m
N° de aspersores	8.50	9
Caudal del lateral	12.69	m3/hr
N° de laterales regando al mismo tiempo	3.00	3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14

Datos del suelo		
Descripción	Valor	U/M
Capacidad de campo Cc	33.00	%
Punto de marchitez permanente PMP	19.00	%
Densidad aparente (Da)	1.35	g/cm ³
Contenido de humedad	0.48	cm ³ /cm ³
Profundidad	40.00	cm
Conductividad electrica	0.40	μmho/cm
Porcentaje de agotamiento permisible	0.50	%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15

Datos del ambiente		
Descripción	Valor	U/M
Área	8.21	ha
Cultivo	Yuca	
Evapotranspiración potencial Eto	4.85	mm/día
Coefficiente de cultivo Kc	1.10	Adimensional
Evapotranspiración real Etr	5.34	mm/día
Eficiencia Esperada	0.85	%
Uso consultivo maximo diario (DHB)	6.28	mm/día

Fuente: Elaboración propia

➤ **Evapotranspiración real (Etr)**

$$Et_r = 4.85 \text{ mm/día} * 1.10$$

$$Et_r = 5.34 \text{ mm/día}$$

Se ha determinado un valor de 5.34 mm/día, lo que indicaría un balance con relación a la humedad del suelo y el coeficiente de evaporación del cultivo.

➤ **Lámina de riego**

$$L_r = \left(\frac{33\% - 19\%}{100} \right) * 1.35 \frac{g}{cm^3} * 40 \text{ cm}$$

$$L_r = 7.56 \text{ cm} = 75.60 \text{ mm}$$

El valor de 75.60 mm correspondiente a la lámina de riego que deberá tener el suelo y la humedad máxima que pueda retener, quiere decir cuando llega a la capacidad de campo.

➤ **Lámina neta aplicar**

$$L_n = 75.60 \text{ mm} * 50\%$$

$$L_n = 37.80 \text{ mm}$$

La Lámina neta $L_n = 37.80 \text{ mm}$, es la que se aplicará durante el riego, evitando que el suelo llegue a su punto de marchitez permanente.

➤ **Agotamiento permisible**

En el diseño, se ha permitido agotar un 50% de la lámina de riego, lo que corresponde a la lámina neta aplicar; según experiencias se tomará en consideración regar cuando se haya consumido el 50% en cultivos de raíces intermedias, esto sería el porcentaje que se dejará agotar en el suelo de estudio.

➤ **Demanda hídrica bruta**

$$DHB = 5.34 \frac{mm}{día} / 0.85$$

$$DHB = 6.28 \text{ mm/día}$$

Este será el valor real de la lámina a aplicar al cultivo, correspondiente a 6.28 mm/día, con respecto a la evapotranspiración real de 5.34 mm/día y la eficiencia del diseño correspondiente a un 85%.

➤ **Frecuencia de riego**

$$F_r = \frac{37.80 \text{ mm}}{6.28 \text{ mm/día}}$$

$$F_r = 6 \text{ días}$$

La frecuencia con que se aplicará agua al cultivo de yuca, es de 6 días, el cual será el indicativo de cuando regar.

➤ **Lámina neta corregida**

$$Ln_c = 6.28 \frac{\text{mm}}{\text{día}} * 6 \text{ días}$$

$$Ln_c = 37.66 \text{ mm}$$

➤ **Caudal requerido**

$$Q_r = \frac{\text{Área} * Df * 10}{JR}$$

$$Q_r = \frac{8.21 \text{ ha} * 6.28 \frac{\text{mm}}{\text{día}} * 10}{14.42 \text{ hr}}$$

$$Q_r = 35.73 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \cong 157.28 \text{ gpm}$$

$$Q = Q_{asp} * \#asp$$

$$Q = 1.51 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} * 27$$

$$Q = 167.67 \text{ gpm}$$

De acuerdo a la fórmula del caudal requerido, se obtiene un caudal de 157.28 gpm; pero este valor se ajustó a 167.67 gpm que es el caudal que nos brinda los aspersores y según el número de aspersores en el lateral; considerando, además, que este ajuste no sea mayor a la capacidad de agua que el pozo pueda entregar.

➤ **Intensidad de aplicación**

$$I_a = \frac{Q_{asp}}{Ei * Es}$$

$$I_a = \frac{1.41 \text{ m}^3/\text{hr}}{15 \text{ m} * 12 \text{ m}} * 1000$$

$$I_a = 7.83 \text{ mm/hr}$$

➤ **Tiempo de riego**

$$T_r = \frac{ln_c}{I_a}$$

$$T_r = \frac{37.66 \text{ mm}}{7.83 \text{ mm/hr}}$$

$$T_r = 4.81 \text{ hr}$$

El tiempo de aplicación diaria por aspersor para satisfacer la lámina neta, será de 4.81hr con una frecuencia de cada 6 días.

➤ **N° de cambios**

$$N^\circ \text{ de cambios} = \frac{\text{Área ha}}{(Es * EL) * N^\circ \text{asp} * Fr}$$

$$N^\circ \text{ de cambios} = \frac{8.21/10000}{15 * 12 * 27 * 6}$$

$$N^\circ \text{ de cambios} = 2.82 = 3 \text{ cambios}$$

➤ **Caudal por ha**

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

$$Q_{ha} = 7.83 \text{ mm/hr} * 10$$

$$Q_{ha} = 78.3 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Jornada de riego

$$JR = T_r * N^\circ \text{ cambios}$$

$$JR = 4.81 \text{ hr} * 3$$

$$JR = 14.42 \text{ hr}$$

La jornada de riego resultó de 14.42hr/día, la cual se obtuvo mediante el número de cambios por el tiempo de riego que durará cada cambio de posición en el lateral.

Tabla 16

Diseño agronómico					
Evapotranspiración real			Intensidad de aplicación		
Etr	5.34	mm/día	Ia	7.83	mm/hr
Lámina de riego			Tiempo de riego		
Lr	7.56	cm	Tr	4.81	hr
Lámina neta			Caudal requerido		
Ln	37.80	mm	Qr	38.07	m3/hr
Demanda hídrica bruta			N° de cambios		
DHB	6.28	mm/día	# cambios	2.82	3
Frecuencia de riego			Caudal por ha		
Fr	6.00	día	Qha	78.33	m3/hr
Lamina neta corregida			Jornada		
Lc	37.66	mm	Jr	14.42	hr

Fuente: Elaboración propia

7.6.2. Velocidad del viento

La velocidad del viento es útil para determinar el radio real de mojado de los aspersores, ya que el radio de alcance se ve afectado por la velocidad del viento que afectan la homogénea distribución del agua. Con un anemógrafo, se tomaron las distintas lecturas de las velocidades del viento en la zona de estudio. Ver tabla 15.

Tabla 17

Velocidades del viento	
1 4.5 m/s	6 2.6 m/s
2 4 m/s	7 2.2 m/s
3 3.3 m/s	8 1.5 m/s
4 3.1 m/s	9 1.2 m/s
5 2.8 m/s	10 0.9 m/s
Valor mínimo = 0.9 m/s	
Valor máximo = 4.5 m/s	
Promedio = 2.61 m/s	

Fuente: Elaboración propia

Según la ficha técnica del aspersor que se utilizó para el diseño de aspersión semimóvil es el modelo 5035 SD $\frac{3}{4}$ ", lo cual indica que el radio de mojado es de 28 m., según el tipo de boquilla de riego. Ver anexo XI, figura 16

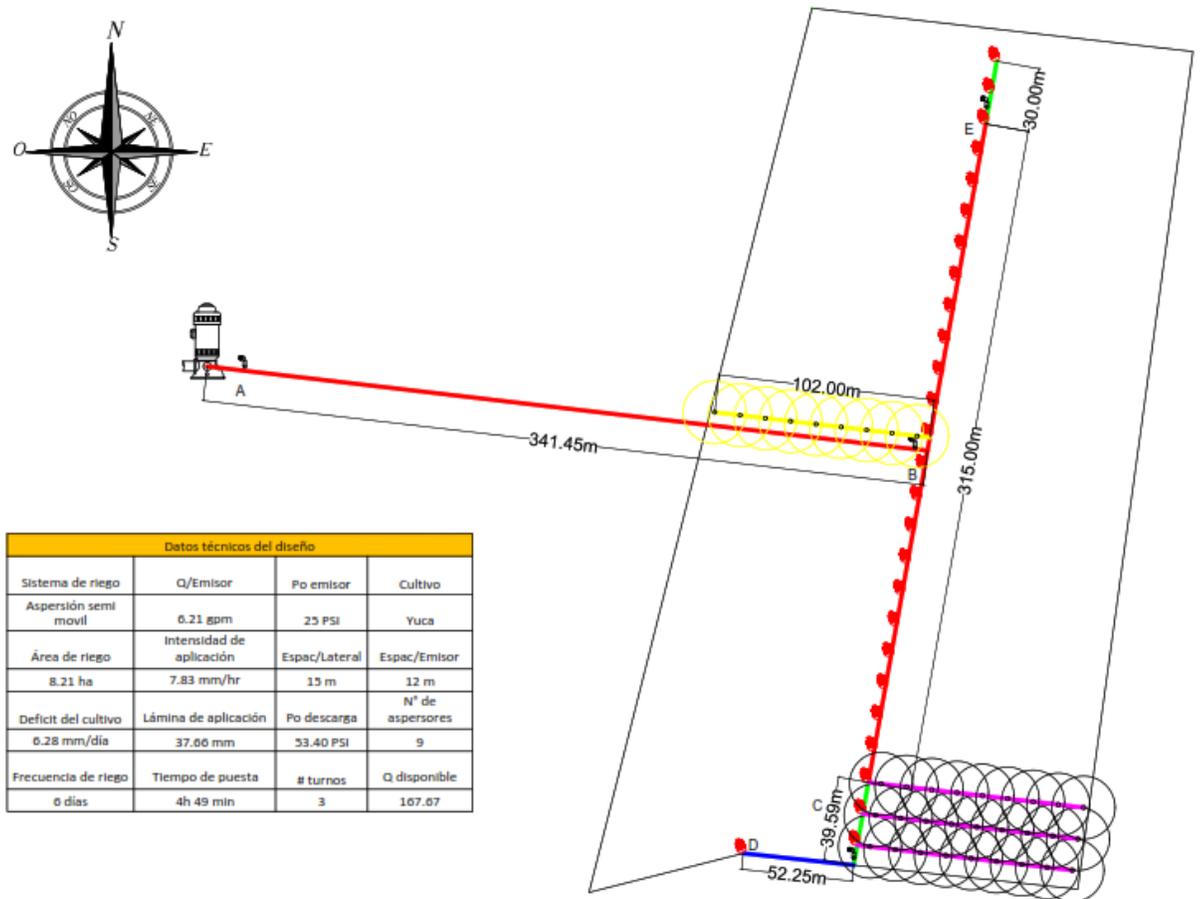
Se toma en consideración la velocidad del viento de la zona que son 2.61 m/s y el 60% del diámetro mojado da como resultado 16.8 m entre emisor, a lo que, se pasa al valor que es múltiplo de 6, ya que el tubo de riego móvil su longitud es de 6 metros; el otro criterio donde se recomienda un 40% entre emisor y 65% entre lateral sus resultados son los siguiente: $0.4 \cdot 28$ (diámetro) = 11.2 m, se redondea a 12 que es múltiplo de 6, $0.65 \cdot 28$ (diámetro) = 18.2 m, lo cual se considera una separación muy amplia con respecto a los emisores, por ello se eligió un marco entre laterales de $0.60 \cdot 28$ dando igual a 16.8 m, se retrocede al número inferior y queda en 15 m, garantizando así un área de riego uniforme. Ver anexo XI, figura 17

7.6.3. Diseño geométrico

Con el programa de AutoCAD se midió el ancho y el largo del polígono y se confirmó la dirección de siembra que es de oeste – este, donde están ubicados los laterales de riego y en la dirección norte-sur está ubicada la tubería conductora que alimenta a los hidrantes de los laterales de riego. Ver anexo XI, Plano diseño geométrico

Figura 17

Diseño geométrico



Fuente: Elaboración propia

7.6.4. Diseño Hidráulico

7.6.4.1. Cálculos de pérdidas por fricción en la tubería de conducción por el método de Hazzen William

$$H_f = 10.67 * \left(\frac{Q_{m^3/s}}{C} \right)^{1.852} * \left(\frac{L_m}{D_m^{4.87}} \right)$$

✓ Tubería de conducción de 4" A-B-C

$$H_f = 10.67 * \left(\frac{0.0106}{150} \right)^{1.852} * \left(\frac{500}{0.1087^{4.87}} \right)$$

$$H_f = 5.39 \text{ m}$$

✓ Tubería de conducción de 3"

$$H_f = 10.67 * \left(\frac{0.0071}{150} \right)^{1.852} * \left(\frac{15}{0.0846^{4.87}} \right)$$

$$H_f = 0.26 \text{ m}$$

✓ Tubería de conducción de 3"

$$H_f = 10.67 * \left(\frac{0.0035}{150} \right)^{1.852} * \left(\frac{15}{0.0846^{4.87}} \right)$$

$$H_f = 0.07 \text{ m}$$

$$\sum H_f = 5.39 + 0.26 + 0.07 = 5.72 \text{ m}$$

En las pérdidas de fricción máxima en la tubería de conducción es de 5.72 m; se utiliza un coeficiente C (Hazen William) de 150 que es para tubería de PVC. Ver anexo XI, tabla 18

7.6.4.2. Cálculo de la velocidad en función del diámetro de la tubería

- ✓ Tubería de conducción 4" A-B-C

$$V = \frac{4 * 0.0106 m^3/s}{\pi * 0.1087^2 m^2}$$

$$V = 1.14 \text{ m/s}$$

- ✓ Tubería de conducción 3" B-C

$$V = \frac{4 * 0.0071 m^3/s}{\pi * 0.0846^2 m^2}$$

$$V = 1.25 \text{ m/s}$$

- ✓ Tubería de conducción 3" B-C

$$V = \frac{4 * 0.0035 m^3/s}{\pi * 0.0846^2 m^2}$$

$$V = 0.63 \text{ m/s}$$

Se obtuvieron velocidades de 0.63 m/s a 1.14 m/s, en el cual estamos dentro del rango de velocidades establecidas en las tuberías de conducción. Ver anexo XI, tabla 19

7.6.4.3. Cálculo del Diámetro en la tubería de conducción

- ✓ Tubería de conducción 4" A-B-C

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0.0103}{\pi * 1.14}}$$

$$D = 0.1073 \text{ m} = 4 \text{ pulg}$$

✓ **Tubería de conducción 3" B-C**

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0.0071}{\pi * 1.26}}$$

$$D = 0.0847m = 3 \text{ pulg}$$

✓ **Tubería de conducción 3" B-C**

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0.0035}{\pi * 0.63}}$$

$$D = 0.0841m = 3 \text{ pulg}$$

Se utilizan tuberías PVC SDR- 41 de 4" en el tramo A-B-C, 3" en el tramo B-C y 2" en el lateral de riego. Ver anexo XI, Tabla 20

7.6.4.4. Cálculos de pérdidas por fricción en el lateral por el método de Hazzen William

$$H_f = 10.67 * \left(\frac{0.0035}{150}\right)^{1.852} * \left(\frac{115}{0.0588^{4.87}}\right)$$

$$H_f = 2.85 m = 1.15 m$$

La pérdida en el lateral es de 2.85 m, con lo cual está pérdida se corrige por mediante del Factor Christiansen, por el número de salida de agua en el lateral, con lo cual se obtiene una pérdida corregida de 1.15m. Ver anexo XI, tabla 21

7.6.4.5. Cálculo de la pérdida máxima permitida en el lateral

$$hf_{\max} = 25 * 20\%$$

$$hf_{\max} = 5 m$$

La pérdida máxima permitida en el lateral es de 5 m, y se tiene una pérdida en el lateral de 1.56 m, por lo tanto, se encuentra dentro del rango estimado.

7.6.4.6. Cálculo de la velocidad en función del caudal en el lateral

$$V = \frac{4 * 0.0035 m^3/s}{\pi * 0.0564^2 m^2}$$

$$V = 1.40 \text{ m/s}$$

7.6.4.7. Cálculo del diámetro en la tubería del lateral

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0.0035}{\pi * 1.40}}$$

$$D = 0.0564 \text{ m} = 2 \text{ pulg}$$

Tabla 22

Diseño Hidráulico								
TRAMOS	LONGITUD (mts)	CAUDAL (mch)	DIAMETRO C Pulg. mm			PERDIDA (mts)	VELOCIDAD (m/s)	PERDIDA Psi
CONDUCCION 1								
a.b.c	500	38.07	4"	108.72	150	5.39	1.14	7.66
b.c	15	25.38	3"	84.58	150	0.26	1.25	0.37
b.c	15	12.69	3"	84.58	150	0.07	0.63	0.10
TOTAL PERDIDA						5.72		8.13
LATERAL								
lateral	102	12.69	2"	58.83	150	2.86	1.30	4.06
SUMAS - PERDIDA						2.86		
HF CORRERGIDA						1.15		

Fuente: Elaboración propia

✓ **Cálculo de la Presión en la descarga**

La presión de descarga es la fuerza que el agua tiene cuando es expulsada por una bomba.

$$P_{des} = hf + P_o + Desnivel + Elevador + Hidrante + Accesorios$$

$$P_{des} = 5.72 + 1.15 + 25 + 2.5 + 1.5 + 1 + 0.74$$

$$P_{des} = 37.60 m$$

Tabla 23

Presión de descarga

PRESIÓN EN LA DESCARGA	
DESCRIPCION	PRESION (MTS)
ASPERSOR/EMISOR	25
LATERAL	1.15
CONDUCCION	5.72
DESNIVEL	2.5
ELEVADOR	1.5
HIDRANTE	1
ACCESORIOS	0.74
PRESION TOTAL (MTS)	37.60
PRESION TOTAL (PIES)	123.34
PRESION TOTAL (PSI)	53.40

Fuente: Elaboración propia

✓ **Cálculo en la carga total dinámica**

$$CTD = Nivel Dinámico + P_{des}$$

$$CTD = 30 m + 38.21 m$$

$$CTD = 68.20 m = 96.85 PSI$$

- ✓ Se utiliza 38.21m en la presión en la descarga al calcular la carga total dinámica, ya que en esta se toma en cuenta el nivel dinámico y la suma de los accesorios nos da 1.34 m, diferente a como se calculó en la presión en la descarga, ya que ahí no se toma en cuenta el nivel dinámico.
- ✓ La bomba tendría una carga total dinámica de 96.85 psi para abastecer sin dificultad el diseño de riego.

Tabla 24

Carga total dinámica

CARGA TOTAL DINÁMICA	
DESCRIPCION	PRESION (MTS)
ASPERSOR/EMISOR	25
LATERAL	1.15
CONDUCCION	5.72
DESNIVEL	2.5
ELEVADOR	1.5
HIDRANTE	1
NIVEL DINAMICO	30
ACCESORIOS	1.34
PRESION TOTAL (MTS)	68.20
PRESION TOTAL (PIES)	223.71
PRESION TOTAL (PSI)	96.85

Fuente: Elaboración propia

7.7. Costo y presupuesto del proyecto

Las tablas que se presentan a continuación contienen la cantidad de materiales a utilizar en el diseño de riego por aspersion semi móvil, apoyados del software AutoCAD, se determinaron las cantidades de tubería a utilizar en la conducción y en los laterales de riego, además se incluyen otros accesorios.

Se realizó el cálculo del presupuesto con un valor de la inversión en materiales.

7.7.1. Cálculo de los materiales a utilizar en el sistema de riego por aspersión semi móvil.

✓ Tuberías de conducción PVC.

$$\Sigma = \text{Tubería de 4"} = 656.45 \text{ m}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de tubos} = \frac{656.45}{5.85} = 112.21 \text{ tubos} = 113 \text{ tubos}$$

$$\Sigma = \text{Tubería de 3"} = 69.59 \text{ m}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de tubos} = \frac{69.59}{5.85} = 11.8 \text{ tubos} = 12 \text{ tubos}$$

$$\Sigma = \text{Tubería de 2"} = 52.25 \text{ m}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de tubos} = \frac{52.25}{5.85} = 8.93 \text{ tubos} = 9 \text{ tubos}$$

✓ Tubería de lateral de riego móvil 2" PVC

$$\Sigma = \text{Tubería de lateral móvil 2"} (4 \text{ laterales}) = 408 \text{ m}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de tubos} = \frac{408}{6} = 68 \text{ tubos}$$

- ✓ La tubería de PVC tiene una longitud de 6m de largo, pero efecto de cálculo se utiliza 5.85m en tubería de conducción, ya que se pierden 15 cm de distancia en la unión entre un tubo a otros.
- ✓ En el lateral de riego se usa 6 m de largo, ya que la unión entre estos tubos se hace con los acoples de riego móvil hembra y macho por lo tanto no se pierden los 15 cm como en el caso de la tubería conductora.

Tabla 25

Listado de materiales de riego y tuberías pvc					
Proyecto	Diseño de sistema de riego por aspersión semi movil				
Área de riego	8.21 ha (11.65 mz)	Finca Agrícola Experimental UNI			
Caudal	167.67 gpm	Ubicación	Comarca la bolsa, Masaya		
Presión en la descarga	53.40 PSI	Equipo de bombeo	Bomba sumergible tipo lápiz		
Lista de materiales para el diseño de aspersión semi movil					
I. Materiales de riego					
N°	Cantidad	Unidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total
1	36	UND	Aspersores de 3/4" 5035 PC NaanDanJain	C\$ 480.87	C\$ 17,311.32
2	3	UND	Válvula de aire cinetica 2"	C\$ 900.87	C\$ 2,702.61
3	1	UND	Manómetro de Glicerina Green Plains De 0 a 6 bar 1/4"	C\$ 580.00	C\$ 580.00
4	68	UND	Tuberia de riego móvil pvc de 2" x 6m	C\$ 253.92	C\$ 17,266.56
5	4	UND	Tapón final riego movil de 2"	C\$ 180.00	C\$ 720.00
Costo total de equipo de riego				Sub total	C\$ 38,580.49
Costo total por manzanas				Total	C\$ 3,311.63
II. Tubería pvc					
N°	Cantidad	Unidad	Unidad	Costo Unitario	Total
1	113	UND	Tubo pvc SDR 41 de 4" x 6m	C\$ 1,177.60	C\$ 133,068.80
2	12	UND	Tubo pvc SDR 41 de 3" x 6m	C\$ 758.08	C\$ 9,096.96
3	9	UND	Tubo pvc SDR 41 de 2" x 6m	C\$ 253.92	C\$ 2,285.28
Costo total de tubería de pvc				Sub total	C\$ 144,451.04
Costo total por manzana				Total	C\$ 12,399.23

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26

Listado de materiales accesorios de riego							
Proyecto	Diseño de sistema de riego por aspersión semi movil			Finca Agrícola Experimental UNI			
Área de riego	8.21 ha (11.65 mz)			Ubicación	Comarca la bolsa, Masaya		
Caudal	167.67 gpm			Equipo de bombeo	Bomba sumergible tipo lápiz		
Presión en la descarga	53.40 PSI						
Lista de materiales para el diseño de aspersión semi movil							
III. Accesorios de riego							
N°	Cantidad	Unidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total		
1	20	UND	Reducción Lisa PVC 4" x 2" S40	C\$ 152.35	C\$	3,047.00	
2	6	UND	Reducción Lisa PVC 3" x 2" S40	C\$ 106.72	C\$	640.32	
3	36	UND	Reducción Lisa PVC 2" x 1" S40	C\$ 24.66	C\$	887.76	
4	36	UND	Reducción Lisa PVC 1" x 3/4" S40	C\$ 6.99	C\$	251.64	
5	22	UND	Tee Lisa PVC 4" S40	C\$ 315.01	C\$	6,930.22	
6	5	UND	Tee Lisa PVC 3" S4	C\$ 175.54	C\$	877.70	
7	36	UND	Tee Lisa PVC 2" S4	C\$ 57.04	C\$	2,053.44	
8	27	UND	Adaptador hembra PVC 2"	C\$ 33.12	C\$	894.24	
9	30	UND	Acople de 2" macho	C\$ 38.45	C\$	1,153.50	
10	55	UND	Acople de 2" hembra	C\$ 54.00	C\$	2,970.00	
11	27	UND	Unión de tope PVC Lisa 2"	C\$ 900.00	C\$	24,300.00	
12	28	UND	Codo Liso PVC 2" x 90 S40	C\$ 76.18	C\$	2,133.04	
13	2	UND	Codo Liso PVC 3" x 90 S40	C\$ 165.60	C\$	331.20	
14	27	UND	Válvula bola PVC de 2"	C\$ 287.88	C\$	7,772.76	
15	36	UND	Camisas de 3/4"	C\$ 50.00	C\$	1,800.00	
16	36	UND	Elevador de 1.5m x 3/4" + tripode hg (rosca x rosca)	C\$ 720.00	C\$	25,920.00	
17	2	UND	Silicón tubo grande	C\$ 290.00	C\$	580.00	
18	1	GALÓN	Pegamento PVC 3/4"	C\$ 514.36	C\$	514.36	
Costo total de accesorios				Sub total	C\$	83,057.18	
Costo total por manzana				Total	C\$	7,129.37	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27

Listado de materiales costo de instalación						
Proyecto	Diseño de sistema de riego por aspersión semi movil					
Área de riego	8.21 ha (11.65 mz)	Finca Agrícola Experimental UNI				
Caudal	167.67 gpm	Ubicación		Comarca la bolsa, Masaya		
Presión en la descarga	53.40 PSI	Equipo de bombeo		Bomba sumergible tipo lápiz		
Lista de materiales para el diseño de aspersión semi movil						
IV. Costo de Instalación						
N°	Cantidad	Unidad	Unidad	Costo Unitario		Total
1	8.21	ha	Instalación y mano de obra	C\$	3,699.00	C\$ 30,368.79
2	1	-	Transporte de materiales y movimiento del personal	C\$	3,699.00	C\$ 3,699.00
3	3	Días	Imprevisto	C\$	3,699.00	C\$ 11,097.00
Costo total de instalación				Sub total	C\$	45,164.79

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28

Finca Agrícola Experimental UNI Comarca la bolsa, departamento de Masaya			
Área de riego	8.21 ha (11.65 mz)	Equipo de bombeo	Bomba sumergible tipo lápiz
Costo x manzana	\$ 722.28	Diseño de sistema de riego por aspersión semi	
Costo total	\$ 8,414.53	movil	

Fuente: Elaboración propia

Con la finalización del proyecto, se realizó el presupuesto del sistema de riego por aspersión en 11.65 manzanas, con un costo por manzana de \$722.28 para un total de \$ 8,414.53; esto es equivalente a C\$ 311,253.50 córdobas de acuerdo al tipo de cambio de la moneda. Ver tabla 28.

VIII. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en el diseño de sistema de riego por aspersión semi móvil para el cultivo de yuca:

- ✓ Se realizó un levantamiento topográfico en un área de 8.21 ha, un promedio de 11.65mz con curvas de nivel cuya pendiente no es mayor del 5%, apta para la instalación del sistema de riego por aspersión semi móvil.
- ✓ Las necesidades hídricas bruta del cultivo de yuca en su mayor demanda es de 6.28 mm/día, para un tiempo de riego de 4 horas 49 minutos-con una jornada de riego 14.42 horas y una frecuencia de riego de cada 6 días, cumpliendo con la evapotranspiración y los resultados de análisis de suelo indican que no puede haber una lámina de riego mayor a 37.66 mm.
- ✓ En el diseño geométrico se obtuvo una operación de riego regando 3 laterales simultáneamente y un lateral en espera, lo que indica que el operador de riego, deberá realizar movimiento de estos laterales y aspersores 3 veces al día para cumplir con el área de riego requerida por día.
- ✓ El costo de inversión del sistema de riego por aspersión, se determinó por un costo total de \$ 8,414.53 estadounidenses. La inversión, funcionamiento y eficiencia, de este diseño, brinda una solución ante las necesidades hídrica del cultivo para la obtención de buenos rendimientos.

IX. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda a las autoridades institucionales, el asumir la propuesta de sistema de riego por aspersión semi móvil para el cultivo de yuca dado que, es viable dicho proyecto y resolverá el problema de riego que enfrenta actualmente la Finca Agrícola Experimental UNI.
- ✓ El mantenimiento de un régimen de humedad optima en el suelo utilizando las normas y frecuencias de riego definidas en el diseño, sin obviar las evaluaciones periódicas, el equipo de protección en la sarta de descarga y la colocación de las líneas de riego laterales en la dirección indicada en el plano del diseño, lo que permitirá un aumento en la productividad del cultivo e incidirá en la economía nacional.
- ✓ Agregar equipo de protección en la sarta de descarga, como hidrociclón debido al que pozo presenta partículas de arenas y esta podía tapar los orificios de los emisores: además de colocar bloques de reacción que soporte la sarta de descarga.

X. Bibliografía

Agropinos. (24 de Marzo de 2022). Obtenido de <https://www.agropinos.com/blog/sistema-de-riego-por-aspersion>

Bargues, G. (14 de Junio de 2022). *Bon Viveur.* Obtenido de <https://www.bonviveur.es/gastroteca/la-yuca-el-manjar-americano-lleno-de-energia>

Brambila Michel, I. E. (19 de Mayo de 2022). *Agro Excelencia.* Obtenido de [https://agroexcelencia.com/tips-para-el-calculo-de-lamina-de-riego-en-aguacate/#:~:text=La%20%C3%A1mina%20de%20riego%20es,coeficiente%20de%20cultivo%20\(Kc\).](https://agroexcelencia.com/tips-para-el-calculo-de-lamina-de-riego-en-aguacate/#:~:text=La%20%C3%A1mina%20de%20riego%20es,coeficiente%20de%20cultivo%20(Kc).)

Funez Pérez, J. A., & Lauriza Leonor, U. M. (7 de Junio de 2023). *Sistemde bibliotecas de la Universidad Nacional de Ingenieria (SIBIUNI).* Obtenido de <https://ribuni.uni.edu.ni/5254/1/16698.pdf>

G. Allen, R., S. Pereira, L., Raes, D., & Smith, M. (s.f.). *Evapotranspiración del cultivo FAO.* Obtenido de <https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf>

Glosario de Riego. (s.f.). Obtenido de <https://www.riego.org/glosario/frecuencia-del-riego-fao/#:~:text=Definici%C3%B3n%3A,crecimiento%3B%20se%20expresa%20en%20d%C3%ADas.>

Guia de suelos UNI. (s.f.). Obtenido de <https://ribuni.uni.edu.ni/1031/1/38215.pdf>

infoAgro.com. (s.f.). Obtenido de https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_yuca_o_mandioca.asp

INTAGRI, E. E. (s.f.). *intagri.* Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/diseno-agronomico-del->

sistema-de-riego-por-goteo#:~:text=El%20dise%C3%B1o%20agron%C3%B3mico%20consiste%20calcular,normal%20sin%20sufrir%20un%20d%C3%A9ficit

J. Ortega, L. (Octubre de 1994). *Selección y manejo de equipos de riego por aspersión*. Obtenido de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/31815/NR17720.pdf?sequence=1>

Kaira. (s.f.). *SCRIBD*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/415974282/Velocidades-Maximas-y-Minimas-en-Tubos>

MEFCCA. (2023 de Marzo de 21). Obtenido de <https://www.economiafamiliar.gob.ni/backend/vistas/doc/cartilla/documento5592489.pdf>

Monografías. (s.f.). Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos93/sistema-riego-presurizado/sistema-riego-presurizado>

NOVAGRIC. (s.f.). Obtenido de <https://www.novagric.com/es/riego/servicios/disenio-de-riego>

Peralta A., J. M., & Simpfendörfer L, C. (Febrero de 2001). *Riego por aspersión*. Obtenido de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/40180/NR26419.pdf?sequence=1>

Peralta, J. M., & Simpfendörfer L, C. (Febrero de 2021). *Riego por aspersión*. Obtenido de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/40180/NR26419.pdf?sequence=1#:~:text=El%20riego%20por%20aspersi%C3%B3n%20consiste,las%20boquillas%20de%20un%20aspersor.>

Perdido por los jardines de babilonia. (25 de Abril de 2014). Obtenido de El riego: Marco entre aspersores y difusores: <http://perdidoporlosjardinesdebabilonia.blogspot.com/2014/04/riegoXX.html>

Pineda, J. (s.f.). *encolombia*. Obtenido de Riego por aspersión: <https://encolombia.com/economia/agroindustria/agronomia/riego-por-aspersion/>

Rivulis. (s.f.). Obtenido de <https://es.rivulis.com/product/aspersores-difusores/5035-sd/>

Sandoval Guerrero, K., & Somarriba Castro, B. (s.f.). *Diseño de un sistema de ferti-riego automatizado en la plantación de musáceas de la*. Obtenido de <https://repositorio.unan.edu.ni/3204/1/70011.pdf>

Serch, J. (18 de Mayo de 2017). *Hidráulica fácil*. Obtenido de <https://www.hidraulicafacil.com/2017/05/disenio-hidraulico-de-sistemas-de-riego.html#:~:text=El%20dise%C3%B1o%20hidr%C3%A1ulico%20tiene%2>

Tarjuelo, M. B. (2005). *El riego por aspersión y su tecnología*. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/unicaragua/35828>

TRAXCO. (3 de Junio de 2016). Obtenido de <https://www.traxco.es/blog/pivotes-de-riego/historia-del-riego-por-aspersion>

TRAXCO. (9 de Marzo de 2017). Obtenido de <https://www.traxco.es/blog/tecnologia-del-riego/aplicacion-del-riego>

Viagua. (s.f.). Obtenido de <https://viagua.es/aspersores-vs-difusores/>

Zapana Estofanero, G. (s.f.). *SCRIBD*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/178368438/Apuntes-Turnos-de-Riego#>

Zegarra, E., & Chirinos, O. (Julio de 2016). *Banco Interamericano de desarrollo*. Obtenido de <https://publications.iadb.org/es/publicacion/15631/diagnostico-sobre-la-situacion-y-potencial-del-sector-riego-en-nicaragua>

Zeledón Espinoza, M. K., & Espinoza Reyes, J. M. (Diciembre de 2012). *Sistema de bibliotecas de la Universidad Nacional de Ingeniería (SIBIUNI)*. Obtenido de <http://ribuni.uni.edu.ni/1033/1/38246.pdf>

Zybach, F. (1948). *Origen del riego*. Obtenido de <https://aueriego.com/?id=origen-del-riego&in=292>

XI. ANEXO

Anexos figuras

Figura 11 Hf textura

☰ Textura del suelo 

Textura	pH
Calcula la textura del suelo	
Arena	<input type="text" value="20"/> %
Limo	<input type="text" value="50"/> %
Arcilla	<input type="text" value="30"/> %

Textura

Franco Arcillosa

Figura 12 Características generales del suelo franco arcilloso

☰ Textura del suelo 

Características generales de la textura del suelo calculada

Textura de suelo	Franco Arcillosa
Densidad Aparente	<input type="text" value="1.3-1.4"/> g/cm ²
Capacidad de campo	<input type="text" value="0.28-0.38"/> cm ³ /cm ³
Punto de Marchitamiento Permanente	<input type="text" value="0.17-0.21"/> cm ³ /cm ³
Contenido de humedad a saturación	<input type="text" value="0.44-0.51"/> cm ³ /cm ³
Capilaridad**	<input type="text" value="24-54"/> cm
Conductividad hidráulica a saturación***	<input type="text" value="0.4"/> cm/hr

Figura 13 Triangulo textural

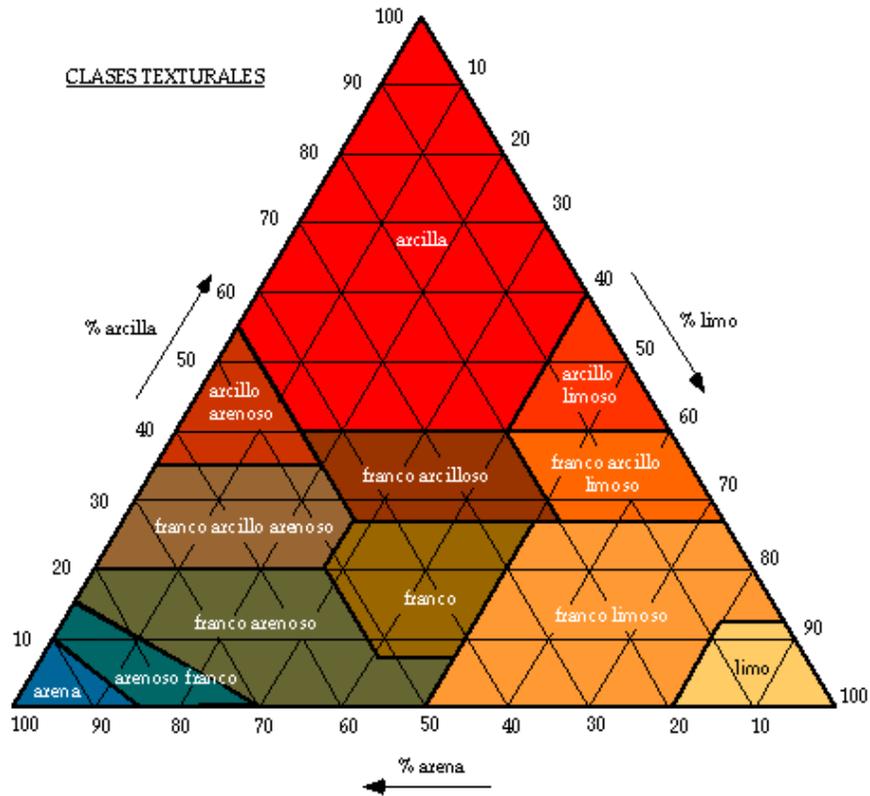


Figura 15 Desarrollo de la Yuca

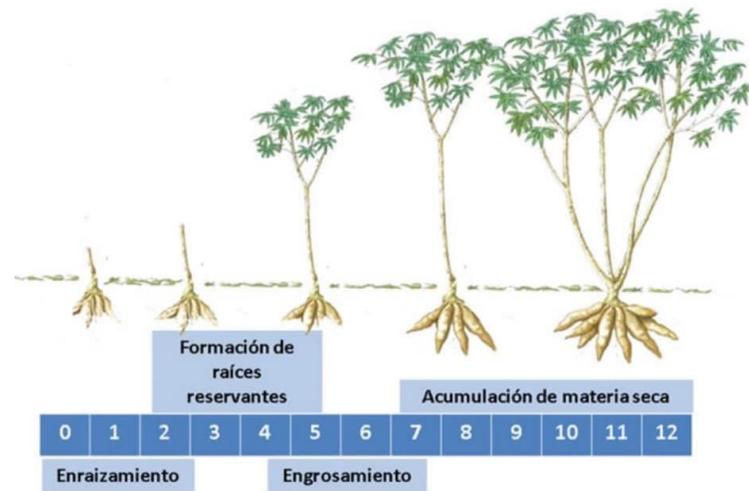
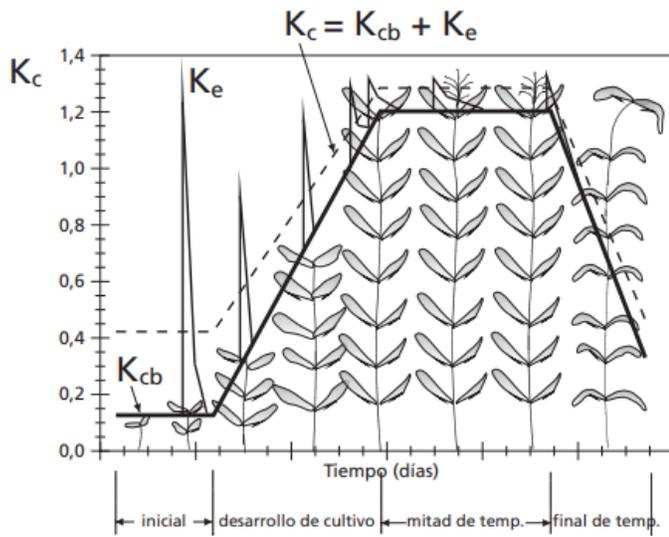


Figura 16 Ficha Técnica del aspersor

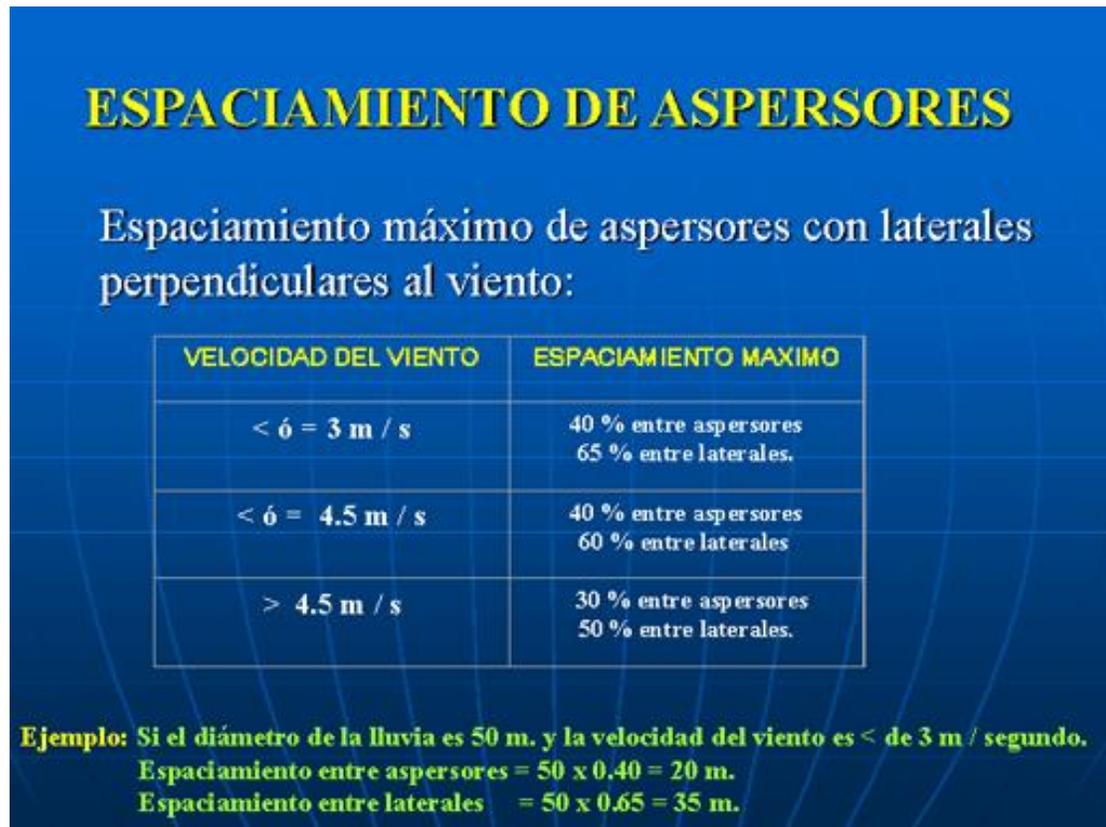


5035 SD Tabla de Rendimiento, Boquilla Doble, Corto SD (azul)

Precipitación (mm/h) Espaciamento (m)

Color de rotor	Color de boquilla (mm)	P (bar)	Q (m ³ /h)	D (m)	Espaciamento (m)					
					12x15	12x18	15x15	15x18	18x18	20x20
Rojo	3.5x2.5L Azul	3.0	1.240	27.2	6.9	5.7	5.5	4.6	3.8	3.1
		4.0	1.430	27.2	7.9	6.6	6.4	5.3	4.4	3.6
		5.0	1.620	27.2	9.0	7.5	7.2	6.0	5.0	4.1
	4.0x2.5L Negro	3.0	1.490	28.0	8.3	6.9	6.6	5.5	4.6	3.7
		4.0	1.740	29.0	9.7	8.1	7.7	6.4	5.4	4.4
		5.0	1.950	29.2	10.8	9.0	8.7	7.2	6.0	4.9
Negro	4.5x2.5L Marrón	3.0	1.790	29.7	9.9	8.3	8.0	6.6	5.5	4.5
		4.0	2.070	30.2	11.5	9.6	9.2	7.7	6.4	5.2
		5.0	2.320	32.2	12.9	10.7	10.3	8.6	7.2	5.8
	5.0x2.5L Violeta	3.0	2.110	31.5	11.7	9.8	9.4	7.8	6.5	5.3
		4.0	2.400	33.2	13.3	11.1	10.7	8.9	7.4	6.0
		5.0	2.690	35.2	14.9	12.5	12.0	10.0	8.3	6.7
	5.5x2.5L Naranja	3.0	2.390	32.2	13.3	11.1	10.6	8.9	7.4	6.0
		4.0	2.760	34.2	15.3	12.8	12.3	10.2	8.5	6.9
		5.0	3.090	35.0	17.2	14.3	13.7	11.4	9.5	7.7
	6.0x2.5L Rojo	3.0	2.700	34.2	15.0	12.5	12.0	10.0	8.3	6.8
		4.0	3.160	36.0	17.6	14.6	14.0	11.7	9.8	7.9
		5.0	3.540	34.0	19.7	16.4	15.7	13.1	10.9	8.9

Figura 17 Espaciamiento de aspersores



Fuente: (Monografías, s.f.)

Anexos tablas

Tabla 6 Capacidad de campo

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

Fuente: (Guía de suelos UNI)

Tabla 7 Punto de marchitez permanente

Evaluación	% Hbss
Baja	< 9.2
Media	9.2 – 24.5
Alta	24.5 – 45.8
Muy Alta	> 45

Fuente: (Guía de suelos UNI)

Tabla 8 Densidad Aparente

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

Fuente: (Guía de suelos UNI)

Tabla 9 Datos brindados por INETER

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES													
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA													
RESUMEN METEOROLÓGICO ANUAL													
Departamento:	MASAYA (L. OXIDACION) /					Código:	690115						
Departamento:	MASAYA					Municipio:	MASAYA (L. OXIDACION)						
Latitud:	11°58'48"					Longitud:	86°06'18"						
Años:	1977-2019					Elevación:	210 msnm						
Parámetro:	Temperatura Máxima Media (C°)					Tipo:	PV						
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1977									30.7	30.3	30.5	30.8	30.6
2007	30.8	31.8	33.6	34.7	33.8	31.6	30.9	31.2	30.4	29.0	29.4	29.0	31.4
2008	29.6	30.9	32.8	33.9	32.9	30.5	29.9	30.6	30.1	29.0	29.3	29.2	30.7
2009	30.0	31.3	32.5	34.0	33.7	31.1	30.8	31.1	32.0	30.9	30.3	30.6	31.5
2010	31.2	33.2	34.5	35.1	32.2	31.2	30.3	31.0	30.0	30.7	29.6	29.7	31.6
2011	30.7	32.4	33.3	34.5	33.4	30.9	30.6	31.2	30.9	28.9	30.0	29.3	31.3
2012	30.1	31.3	33.0	34.5	33.2	31.2	30.7	31.2	30.9	30.1	30.5	31.2	31.5
2013	31.4	32.2	33.4	35.2	34.0	31.0	30.0	31.2	30.5	30.6	30.1	30.1	31.6
2014	30.8	32.3	34.2	35.4	35.0	32.6	33.1	32.7	31.4	29.9	30.1	31.0	32.4
2015	31.4	32.6	33.6	35.4	34.1	31.9	31.3	33.1	32.1	31.8	31.1	31.9	32.5
2016	32.4	32.9	34.9	35.4	34.9	31.5	31.3	33.0	31.8	30.6	30.8	30.3	32.5
2017	31.2	33.0	33.5	35.5	32.7	31.2	30.6	31.6	31.4	30.0	30.8	30.1	31.8
◀ ▶ ...	tmax	Tmax abs	tmed	Tmin abs	tmin	vmax	vmax abs	vmed	vmin	vmin abs	humedad	pana 197	

Tabla 11 Velocidad de infiltración

Lugar: Finca Agrícola Experimental UNI						
Hora de inicio:	09:00:00		Hora de finalización:	11:00:00		
Diámetro del	7.5 cm		Profundidad del	30		
Hora	Tiempo (min)	Tiempo acumulado (min)	lectura h (cm)	Dh (cm)	Infiltracion acumulada (cm)	Velocidad de infiltración (cm/min)
09:00:00 a. m.	0	0.00	30.00	0.00	0.00	0.00
09:05:00	5	5.00	25.80	4.20	4.20	0.84
09:10:00	5	10.00	22.60	3.20	7.40	0.64
09:15:00	5	15.00	19.80	2.80	10.20	0.56
09:20:00	5	20.00	16.70	3.10	13.30	0.62
09:25:00	5	25.00	12.50	4.20	17.50	0.84
09:30:00	5	30.00	10.20	2.30	19.80	0.46
09:35:00	5	35.00	8.50	1.70	21.50	0.34
09:40:00	5	40.00	6.50	2.00	23.50	0.40
09:45:00	5	45.00	5.30	1.20	24.70	0.24
09:50:00	5	50.00	3.20	2.10	26.80	0.42
09:55:00	5	55.00	2.40	0.80	27.60	0.16
10:00:00	5	60.00	1.80	0.60	28.20	0.12
10:05:00	5	65.00	28.20	0.00	0.00	0.00
10:10:00	5	70.00	26.90	1.30	29.50	0.26
10:15:00	5	75.00	25.10	1.80	31.30	0.36
10:20:00	5	80.00	22.20	2.90	34.20	0.58
10:25:00	5	85.00	20.90	1.30	35.50	0.26
10:30:00	5	90.00	18.90	2.00	37.50	0.40
10:35:00	5	95.00	16.50	2.40	39.90	0.48
10:40:00	5	100.00	14.80	1.70	41.60	0.34
10:45:00	5	105.00	11.20	3.60	45.20	0.72
10:50:00	5	110.00	10.10	1.10	46.30	0.22
10:55:00	5	115.00	8.00	2.10	48.40	0.42
11:00:00	5	120.00	6.00	2.00	50.40	0.40
				R:	0.42	cm/min
				Kfs:	1.37E-02	cm/min
				Kfs:	8.22	mm/h

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18 Coeficientes de Hazen William según los diferentes tipos de materiales

Material de tubería	Coeficiente C (H-W)
PVC	150
Polietileno	140
Asbesto Cemento	140
Acero nuevo	130
Alumino con acoples	120
Acero viejo	85

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19 Velocidades máximas y mínimas permisible

Material de la tubería	Velocidades (m/s)	
	Máxima	Mínima
Concreto simple hasta 45 cm de diámetro	3.00	0.30
Concreto reforzado de 60 cm de diámetro ó mayores	3.50	0.30
Concreto presforzado	3.50	0.30
Acero con revestimiento	5.00	0.30
Acero sin revestimiento	5.00	0.30
Acero galvanizado	5.00	0.30
Asbesto cemento	5.00	0.30
Hierro fundido	5.00	0.30
Hierro dúctil	5.00	0.30
Polietileno de alta densidad	5.00	0.30
Policloruro de vinilio (PVC)	5.00	0.30

Fuente: (Kaira, s.f.)

Tabla 20 Diámetros internos

Diámetro de tubería y caudal máximo permisible			
Diámetro Nominal	Diámetro Interno	Caudal Máximo	Caudal Máximo
Pulgadas	mm	mch	gpm
1/2"	18.82	2.5	11
3/4"	24.62	4.28	18.83
1"	30.36	6.51	28.64
1 1/2"	45.22	11.72	51.57
2"	56.63	22.66	99.7
2 1/2"	68.56	33.21	146.12
3"	84.58	50.56	222.46
4"	108.72	83.55	367.62
6"	160.08	181.13	796.97
8"	208.42	307.05	1351.02

Tabla 21

Factor de Christiansen			
Salidas	F	Salidas	F
1	1.000	11	0.392
2	0.634	12	0.388
3	0.528	13	0.384
4	0.480	14	0.381
5	0.451	15	0.379
6	0.433	16	0.377
7	0.419	17	0.375
8	0.410	18	0.373
9	0.402	19	0.372
10	0.396	20	0.370

Anexos componentes del sistema de riego por aspersión

Tubería PVC



Fuente Durman

Manómetro de glicerina



Fuente: Catálogo de Agrizen

Válvula de aire cinética



Fuente: Catálogo de Agrizen

Codo de 90



Trípode 1.5 m



Fuente Durman

Adaptador hembra



Fuente Durman

Válvula bola PVC



Tee pvc



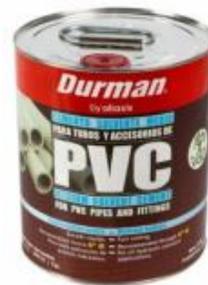
Fuente Durman

Unión reversible PVC



Fuente Durman

Pegamento



Fuente Durman

Reductor PVC



Fuente: Durman

Acople macho



Fuente: EPA

Fuente Durman

Aspersor 3/4" 5035 SD



Fuente: Naandanajain

Acople hembra



Fuente: EPA

Anexo cotizaciones



Ruc N°: J0310000001103

Managua, Nicaragua
19 de febrero, 2024

COTIZACION No. 0102002

Señores:
DAVID RENE LOPEZ CHAVEZ
MANAGUA
Código: 999999
Teléfono:
Fax:

ATN.

Reciba(n) un Cordial Saludo de DIMACO y le(s) damos las gracias por su preferencia. A continuación detallamos sus requerimientos:

Código	Descripción del Producto	Cantidad	Precio	Total
006fb	Tubo PVC 2" SDR 41 x 6 mts c/c Blanco	1	253.92	253.92
006hb	Tubo PVC 3" SDR 41 x 6 mts c/c Blanco	1	756.06	756.06
006tb	Tubo PVC 4" SDR 41 x 6 mts c/c Blanco	1	1,177.60	1,177.60
2019790	Pegamento PVC Medio 1/4GL Gris	1	441.60	441.60
401f	Tee Lisa PVC 2" S40	1	57.04	57.04
401h	Tee Lisa PVC 3" S40	1	175.54	175.54
401l	Tee Lisa PVC 4" S40	1	315.01	315.01
406f	Codo Liso PVC 2" x 90° S40	1	76.16	76.16
406h	Codo Liso PVC 3" x 90° S40	1	165.60	165.60
429b	Union Lisa PVC 3/4" S40	1	9.20	9.20
429f	Union Lisa PVC 2" S40	1	37.54	37.54
432f	Adaptador Hembra PVC 2"	1	33.12	33.12
436f	Adaptador Macho PVC 2"	1	31.26	31.26
437cb	Reduccion Lisa PVC 1" x 3/4" S40	1	6.99	6.99
437fc	Reduccion Lisa PVC 2" x 1" S40	1	24.66	24.66
437hf	Reduccion Lisa PVC 3" x 2" S40	1	106.72	106.72
437lf	Reduccion Lisa PVC 4" x 2" S40	1	152.35	152.35
447f	Tapon Hembra Liso PVC 2" S40	1	27.60	27.60
450f	Valvula PVC Bola 1/4 Vta Lisa 2"	1	242.66	242.66
497f	Union de Tope PVC Lisa 2"	1	614.56	614.56

Condiciones de Entrega: CONFORME A ROTACION DEL INVENTARI

Forma de Pago: CONTADO

PRECIOS SUJETOS A CAMBIOS SIN PREVIO AVISO

TRANSPORTE: CORTESIA DE DIMACO, S.A.

Sub Total:	4,707.47
I.V.A 15%:	706.12
TOTAL C\$	5,413.59

Atentamente,

DIMACO, S. A.

KARLA MARTINEZ
FACTURACION Y VENTAS

NO SE ACEPTARAN CONSTANCIAS DE RETENCION QUE NO CUENTEN CON PIE DE IMPRENTA FISCAL AUTORIZADO, FIRMA Y SELLO CORRESPONDIENTE.

Carretera a la Refinería
Entrada al Instituto Ramírez Goyena 1 c. al Oeste,
Apdo. Postal P.O. Box 4182 * Managua, Nicaragua

PBX 2268-1200
Fax 2268-2300
operaciones@dimaco.com.ni

AGRIZEN S.A

RUC:J0310000424314

Esquina opuesta asociacion de transportista 10 varas al este. 10 vrs al sur.

PROFORMA

Número	66
Fecha	19/02/2024
Página	1

PROFORMA

Presentado a:

DAVID RENÉ LÓPEZ CHÁVEZ

+505 5739 5262

Código Cliente	RUC	Referencia	Términos						
207			Contado						
Vendedor	Moneda	Emite							
ELIAN AMADOR	Nacional C\$								
Item	Código Producto	Descripción Producto	Bodg.	Cantidad	Unid.	Precio	Dto. %	Importe	
1	GREEN-9940.0006	MANOMETRO DE GLICERINA GREEN PLAINS DE 0 A 6 BAR / 1/4"	PRI	1.00	UN	580.0000		580.00	
2	GREEN-4490.000F	VALVULA DE AIRE CINETICA DE 2" GREEN PLAINS	PRI	1.00	UN	900.8695		900.87	

Aviso:

Firma _____

Subtotal	1,480.87
Dcto. parcial	
Dcto. Global	
Miscelaneos	
Impto. 15.0 %	222.13
TOTAL	1,703.00

**AGRIZEN**

RUC:0511608950013F

Cancillería de la república 2 c abajo 1/2 cuadra al sur

COTIZACIONES	
Número	766
Fecha	19/02/2024
Página	1

COTIZACIONES

Presentado a:

Enviar a:

DAVID RENÉ LÓPEZ CHÁVEZ

DAVID RENÉ LÓPEZ CHÁVEZ

+505 5739 5262

Código Cliente	RUC	Referencia	Términos
116			Contado
Vendedor	Moneda	Emite	
Elián Amador	Nacional C\$		

Ítem	Código Producto	Descripción Producto	Bodg.	Cantidad	Unid.	Precio	Dcto. %	Importe
1	CASMAG101048024	ASPERSON DE IMPACTO S6000, BOQ GRIS 4.36MM X BOQ. AMARILLA 2	PRI	1.00	UN	370.0000		370.00

Aviso: Firma _____	Subtotal	370.00
	Dcto. parcial	
	Dcto. Global	
	Miscelaneos	
	TOTAL	370.00



DURMAN ESQUIVEL INDUSTRIAL DE NICARAGUA S.A.
 RUC: J03 1000005460
 KM 11.5 CARRETERA VEJA LEON
 1200 METROS NORTE PARQUE LOGISTICO IPNSA, MANAGUA, NICARAGUA, 13036
 TEL: (505) 7916-1974

Cotización

DAVID RENÉ
 NICARAGUA
 MANAGUA
 Teléfono:
 Fax:
 Contacto: SAC

Número/Fecha : 1003204218 / 04.03.2024
 Número ref./Fecha : sadiana. / 04.03.2024
 Nº de cliente : 500859
 Período de validez : 04.03.2024 a 14.03.2024
 Grupo Vendedor : 2000165
 Definición Grupo : OFICINA
 Fecha : 04.03.2024 14:46:12

Efectuamos las entregas según las condiciones siguientes:

Moneda NIO

Condiciones de pago Pagadero inmediatamente sin deducción

Condiciones de entrega FOB ENTREGA INMEDIATA

Material	Cantidad	Denominación	Precio Unif.	Precio Unif. Desc	Descuento	Total
9006877	1 UN	ASPERSOR 5000 PART/CIRCL RBIRD	1100.00	514.00		514.00
9038250	1 UN	UNION TOPE LISA PVC SCH40 50MM(2")BL	1500.00	900.00		900.00
2005906	1 UN	ADAPTADOR HEMBRA PVC PRES 50MM(2") BL	54.00	32.40		32.40
2005920	1 UN	ADAPTADOR MACHO PVC PRESS 50MM(2") BL	35.45	23.07		23.07
2005830	1 UN	UNION LISA PVC PRES 18MM(3/4") BL	9.66	5.80		5.80
9004224	1 UN	TAPON MACHO C/R PVC PRES 50MM (2") BL	100.00	100.00		100.00
2019790	1 UN	PEGAMENTO PVC MEDIO 1/4GL GRIS	514.36	375.48		375.48
9004127	1 UN	LLAVE BOLA PVC LISA PRES 50MM (2") BL	287.88	287.88		287.88
Venta Bruta						3,684.35
Descuento						1,137.72-
Venta Neta						2,546.63
IVA		15.000 %		2,546.63		381.99
Flete						
Total Venta						2,928.62

VENDEDOR

AUTORIZADO
 FORTEZ