

Facultad de Tecnología de la Construcción

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE
RIEGO LOCALIZADO, PARA LOS
CULTIVOS DE PLÁTANO
VARIEDAD CUERNO ENANO,
CHILTOMA CRIOLLA TRES
CANTOS Y NARANJA VALENCIA,
EN LA FINCA LA CARBONERA,
UBICADA EN EL MUNICIPIO DE
NINDIRÍ, DEPARTAMENTO DE
MASAYA”**

Trabajo Monográfico para optar al título de
Ingeniero Agrícola

Elaborado por:

Tutor:

Br. Ashley Dennise
García
Carnet: 2018-0754U

Br. Elián Reynaldo
Amador Flores
Carnet: 2018-0699U

Br. Jefferson José
Catón
Carnet: 2018-0749U

MSc. Emilseth Carolina
Padilla Duarte

RESUMEN

El presente documento es el producto de tres diseños de riego localizado aplicados a los cultivos de Plátano de variedad Cuerno Enano, Naranja Valencia y Chiltoma tres cantos, en sus etapas de máxima demanda hídrica.

La investigación se sintetiza, en la recolección de la información requerida para el establecimiento del proyecto de riego, basado en análisis de suelo, ubicación, dimensionamiento, topografía del terreno, fuente de energía y de abastecimiento, datos climáticos de la zona, y conocimiento de los cultivos que fundamentan el diseño. Una vez determinado estos parámetros, se proyectan las fases del sistema correspondiente al diseño Agronómico, Geométrico e Hidráulico. El diseño se divide en 2 manzanas de riego para cada cultivo, con un total de 6 manzanas de riego localizado.

El primer riego está diseñado para la aplicación del agua por medio de microaspersión para el cultivo de Plátano, en marco de plantación a doble surco, con un marco de riego de 4.8 x 4.7 m, demandando 2 turnos de riego, cada uno de ellos con un tiempo de riego de 2.26 hr/día, completando así, una jornada de 4.92 hr/ día para regar, y con una frecuencia de riego diaria.

El segundo diseño se destinó por goteo de botón para el cultivo de Naranja, en marco de riego lineal de 5x5 m, con 1 solo turno de riego para regar toda el área, en un tiempo de 3.44 hr/día, siendo este el mismo valor de la jornada de riego y con una frecuencia de 2 días. Por último, un tercer diseño por medio de cinta de goteo para el cultivo de chiltoma, con marco de riego de 0.20 x 1.20 m, con 3 turnos de riegos respectivamente, cada uno con un tiempo de riego de 1.43 hr/día, completando una jornada de 4.29 hr/día, con frecuencia de riego de 2 días.

Proponiendo finalmente, los elementos y equipo de bombeo necesario que demanda cada uno de los diseños para su operación eficaz, además, presentar los gastos de inversión para cada uno de los diseños y los gastos totales de manera general, que requerirá el proyecto para su puesta en marcha.

AGRADECIMIENTOS

Primordialmente, agradecemos a nuestro **Señor Jesucristo** por brindarnos sabiduría y entendimiento, por guiarnos a lo largo de nuestro desarrollo estudiantil, y así permitir este triunfo tan maravilloso, por ser el nuestro apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultades y de debilidades, por darnos la oportunidad de conocernos y poder trabajar juntos por tanto tiempo como buenos compañeros.

A nuestros padres por su apoyo incondicional durante todos estos años por proporcionar su paciencia y esfuerzo absoluto, reflejando la dedicación y amor que invirtieron, por brindarnos la educación superior que hoy estamos culminando con éxito. Gracias por perseverar junto a nosotros en este momento tan importante de nuestras vidas.

A nuestra Tutora **MSc. Ing. Emilseth Carolina Padilla Duarte** por habernos conducido con entusiasmo y dedicación incondicional por siempre estar al pie de la brecha confiando en nosotros y así formar parte de la realización de este trabajo de tesis.

A nuestros asesores **Ing. Welsden Zenelia Blanco Bustillo** por brindarnos sus conocimientos, disposición y toda la dedicación para hacer realidad la elaboración de este trabajo de culminación, **MSc. Ing. José Mamerto Méndez Úbeda**, por habernos brindado su amistad y compartir información de mucha importancia para la elaboración de este trabajo y al **Ing. Hallmar Antonio Almendarez Ugarte**, por brindarnos apoyo en todas las etapas que comprendió la realización de este trabajo y por la recopilación de toda la información que comprendía el proyecto en el cual estaba basado todo este trabajo de culminación de estudios.

Les damos un cordial agradecimiento a todos a nuestros educadores por la enseñanza y conocimiento compartido durante estos cinco años, al igual que agradecemos a nuestros compañeros, por haber compartido con nosotros toda nuestra formación universitaria y todas aquellas personas que indirectamente tuvieron participación en la realización de este gran logro.

Br. Ashley Dennise García

Br. Elian Reynaldo Amador Flores

Br. Jefferson José Catón

DEDICATORIA

A **Dios**, nuestro Padre Celestial por darme sabiduría, entendimiento y capacidad para culminar mis estudios y mi trabajo de tesis, por darme las fuerzas y no dejar que decayera en las adversidades, por cuidarme de todo mal y guiarme día a día hasta este momento tan importante de mi vida, gracias por no desampararme.

Le dedico este logro tan importante a toda mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera Universitaria. Principalmente a mis madres, A mi Abuela **Francisca Gregoria García** y a mi Madre **Flor de María García**. Ustedes han sido siempre el motor que impulsa mis sueños y esperanzas, quienes estuvieron siempre a mi lado en los días y noches más difíciles durante mis horas de estudio. Gracias por confiar en mí, por siempre estar a mi cuidado, su apoyo constante que han sido la clave de mi éxito, gracias por respaldarme emocional, mental y económicamente aún bajo sus sacrificios, gracias por jamás dudar en apoyarme, siempre han sido mis mejores guías en mi vida. Hoy cuando concluyo mis estudios, les dedico a ustedes este logro amadas Madres, como una meta más conquistada. Orgullosa de que Dios las eligió como mis madres y que estén a mi lado en este momento tan importante.

A mi Novio **Ing. Gabriel Flores** Por brindarme cariño, apoyo y aliento de fortaleza para continuar en este proceso y jamás rendirme.

A mis Amigos, compañeros de tesis **Elián Reynaldo Amador Flores y Jefferson José Catón** por su apoyo y constancia, por compartir horas de estudio, emociones y buenos momentos, por siempre estar persistentes para entregar excelentes trabajos, gracias.

También dedico este logro a mis Maestros por su dedicación y pasión por la enseñanza durante estos 5 años al igual que a mi tutora **MSc. Ing. Emilseth Carolina Padilla Duarte** por su dedicación y paciencia, sin sus correcciones precisas no hubiese podido lograr llegar a esta instancia tan ansiada. Gracias por su guía y todos sus consejos, los llevaré grabados para siempre en la memoria en mi futuro profesional.

Ashley Dennise García.

DEDICATORIA

Como primer lugar le brindo este logro a Dios por ser quien me ilumino en aventurarme en esta profesión que estoy culminando exitosamente, quien me brindo los ánimos para continuar por mi meta y llegar hasta a este peldaño.

A mi madre, **Eladia Flores** quien se ha esforzado y dedicado al propósito de ver triunfar a su hijo, apoyándome incondicionalmente siendo madre, amiga, consejera y hasta motivadora, quien sin importar lo difícil que fuese el obstáculo me hacía alzar la vista al frente y continuar hacia la meta, esta dedicatoria es especialmente a ella, que tenga la satisfacción de decir que logro su objetivo de titular a su hijo, mil gracias mamá.

Agradezco a mi tía **Ana Amador** quien ha sido mi tutora en casos excepcionales y quien dio la cara por mí en diversas ocasiones, quien se rio conmigo, quien me acompaño en el proceso, quien brindo un aporte considerable en el desarrollo de este sueño.

A mi prima **MSc. Christiam Lacayo**, ella fue mi maestra de casa de quien aprendí y logre tomar como ejemplo claro de lo que deseaba en esta vida, a mi mamita **Leonor Dávila** quien me cuido por mucho tiempo y quien me encamino en mis primeros pasos, entendiendo que este logro no es solo mío, sino la suma de los esfuerzos de todos los que menciono y los varios que me faltaron por mencionar, es por ellos que hoy les dedico estas palabras y este título.

Elián Reynaldo Amador Flores.

DEDICATORIA

Primeramente, a mí Señor Jesucristo por haberme dado la sabiduría, salud y las capacidades intelectuales para finalizar mis estudios.

A mi familia, por todo el apoyo brindado que lograron darme en todo mi trayecto de preparación.

A mi Mamita **Jenny De Jesús Moreira Mayorga**, por instruirme en los primeros pasos de mi educación desde niño, a mí mamá **Esmeralda Amalia Catón Moreira** por todo su apoyo incondicional, a mí tía **Jeanina Del Socorro Catón** por su apoyo como mi segunda mamá, a mi hermana **Lic. Jennifer De Los Ángeles Catón** por confiar en mí y brindarme todo su apoyo en todas mis etapas.

Así mismo, dedico este triunfo a todos mis grandes maestros, por haberme enseñado con mucho esmero y dedicación el quehacer profesional de mi carrera en todas las materias, además de aprender la importancia del respeto hacia a los demás y fundamentar el trabajo en equipo que caracteriza a un buen profesional.

Por último, pero no menos importante, dedico este triunfo a todos mis amigos y compañeros de trabajo **Ashley Dennise García** y **Elian Reynaldo Amador Flores**, por haber compartido cada año de formación juntos y poder lograr del mismo modo esta gran meta.

Jefferson José Catón.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	2
III. JUSTIFICACIÓN	3
IV. OBJETIVOS.....	4
4.1. Objetivo General.	4
4.2. Objetivos Específicos.....	4
V. MARCO TEÓRICO	5
5.1. Generalidades Del Plátano	5
5.1.1. Origen y ruta de propagación	5
5.1.2. Características morfológicas.....	5
5.1.3. Requerimientos edafoclimáticos	6
5.1.4. Variedades de plátano en Nicaragua.....	7
5.2. Generalidades de la Chiltoma.....	8
5.2.1 Origen y ruta de propagación	8
5.2.2. Características morfológicas.....	8
5.2.3. Requerimientos edafoclimáticos	9
5.2.4. Variedades de chiltoma en Nicaragua	10
5.3 Generalidades de la Naranja	11
5.3.1. Origen y ruta de propagación	11
5.3.2. Características morfológicas.....	11
5.3.3. Requerimientos edafoclimáticos	12
5.3.4. Variedades de Naranja en Nicaragua	13
5.4. El Riego Localizado	14
5.4.1. Descripción del riego localizado	14
5.4.2. Ventajas y desventajas del riego localizado	17
5.4.3. El bulbo húmedo.....	19
VI. DISEÑO METODOLÓGICO.....	21
6.1. Tipo de investigación	21
6.1.1. Enfoque de la investigación	21
6.1.2. Alcance de los resultados	21
6.1.3. Tiempo de ocurrencia	21
6.1.4. Periodo en el que se realizará el estudio	21

6.2. Localización del proyecto.....	22
6.2.1. Descripción de la zona de estudio	22
6.3. Análisis de las propiedades hidrofísicas del suelo en laboratorio	23
6.3.1. Muestreo de suelo	23
6.3.2. Análisis de las muestras en laboratorio	24
6.3.3. Análisis físico	24
6.3.4. Prueba de velocidad de infiltración	28
6.4. Diseño Agronómico.....	29
6.4.1. Área de siembra por cultivo	29
6.4.2. Ubicación de la fuente de energía y abastecimiento de agua.....	30
6.4.3. Datos meteorológicos de la zona.....	30
6.4.4. Evapotranspiración de referencia (ETO).....	30
6.4.5. Necesidades hídricas (coeficiente del cultivo Kc)	30
6.4.6. Lámina de riego	31
6.4.7. Lámina neta a aplicar.....	32
6.4.8. Agotamiento permisible	32
6.4.9. Frecuencia de riego	32
6.4.10. Lámina neta corregida	33
6.4.11. Tiempo de riego	33
6.4.12. Tiempo de riego en base a lámina corregida	34
6.4.13. Caudal por (Ha)	35
6.4.14. Caudal (Total)	35
6.4.15. Turnos de riego.....	35
6.4.16. Jornada de riego	36
6.4.17. Área por turnos de riego	36
6.4.18. Caudal por (Turno).....	37
6.5. Diseño Geométrico	37
6.6. Diseño Hidráulico	37
6.6.1. Pérdidas por fricción Hazen-Williams	38
6.6.2. Perdidas permisibles.....	38
6.6.3. Velocidades permisibles	38
6.6.4. Perdidas corregidas	39

6.6.5. Potencia del equipo de bombeo	39
6.7. Establecimiento del presupuesto de gastos de inversión del diseño	40
VII. ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS	41
7.1. Determinación de las propiedades hidrofísicas del suelo	41
7.1.1. Porcentaje de la humedad o contenido de agua en el suelo	41
7.1.2. Capacidad de campo (Cc)	42
7.1.3. Punto de marchitez permanente (PMP)	42
7.1.4. Densidad aparente (Da).....	42
7.1.5. Densidad real (Dr).....	42
7.1.6. Porosidad total (Pt)	42
7.1.7. Potencial de hidrógeno (PH).....	43
7.1.8. Conductividad eléctrica (CE)	43
7.1.9. Textura del suelo	43
7.1.10 Velocidad de infiltración en el suelo.....	44
7.2. Determinación de los parámetros de diseño	46
7.2.1. Evapotranspiración de referencia (ETO).....	46
7.2.2. Necesidades hídricas (coeficiente del cultivo Kc)	47
7.2.3. Determinación de la Evapotranspiración real (ETC o ETR).....	48
7.3. Diseño Agronómico por Microaspersión, para cultivo de Plátano	49
7.3.1. Datos de diseño	49
7.4. Diseño Geométrico por Microaspersión	54
7.5. Diseño Hidráulico por Microaspersión.....	57
7.5.1. Cálculo de las pérdidas por fricción de la tubería conductora utilizando el método de Hazen-Williams.	58
7.5.2. Velocidad permisible	59
7.5.3. Cálculo de las pérdidas permisibles en la tubería lateral.	59
7.5.4. Pérdidas del lateral corregidas por el método de Christiansen	61
7.5.5. Cálculo de las pérdidas por fricción de la tubería Manifold utilizando el método de Hazen-Williams	61
7.5.6. Pérdidas del Manifold corregidas por el método de Christiansen	62
7.5.7. Sumatoria de pérdidas en la tubería manifold y lateral	62
7.5.8. Pérdidas por fricción totales.....	63
7.5.9. Potencia del equipo de bombeo	63

7.5.10. Listado de materiales y presupuesto del diseño	64
7.6. Diseño Agronómico por goteo de Botón, para el cultivo de Naranja	66
7.6.1. Datos de diseño	66
7.7. Diseño Geométrico por goteo de Botón	70
7.8. Diseño Hidráulico por goteo de Botón.....	73
7.8.1. Cálculo de las pérdidas por fricción de la tubería conductora utilizando el método de Hazen-Williams	74
7.8.2. Velocidad permisible.....	75
7.8.3. Cálculo de las pérdidas permisibles en la tubería lateral	75
7.8.4. Pérdidas del lateral corregidas por el método Christiansen.....	76
7.8.5. Cálculo de las pérdidas por fricción de la tubería Manifold utilizando el método de Hazen - Williams	77
7.8.6. Pérdidas del Manifold corregidas por el método de Christiansen	77
7.8.7. Sumatoria de pérdidas por fricción de la tubería manifold y lateral	78
7.8.8. Pérdidas por fricción totales.....	78
7.8.9. Potencia del equipo de bombeo	78
7.8.10. Listado de materiales y presupuesto del diseño	79
7.9. Diseño Agronómico por cinta de Goteo, para cultivo de Chiltoma	81
7.9.1. Datos de diseño	81
7.10. Diseño Geométrico por cinta de Goteo	85
7.11. Diseño Hidráulico por Cinta de Goteo.....	88
7.11.1. Cálculo de pérdidas por fricción de la tubería conductora utilizando el método de Hazen - Williams	89
7.11.2. Velocidad permisible.....	90
7.11.3. Cálculo de las pérdidas permisibles en la tubería lateral	90
7.11.4. Pérdidas del lateral corregidas por el método de Christiansen	92
7.11.5. Cálculo de las pérdidas por fricción de la tubería Manifold utilizando el método de Hazen - Williams	92
7.11.6. Pérdidas del Manifold corregidas por el método de Christiansen	93
7.11.7. Sumatoria de pérdidas en la tubería manifold y lateral	94
7.11.8. Pérdidas totales	94
7.11.9. Potencia del equipo de bombeo.....	94
7.11.10. Listado de materiales y presupuesto del diseño	95
7.12. Listado de materiales y presupuesto para sarta de descarga	97

7.13. Listado de materiales y presupuesto para equipo de bombeo.....	99
VIII. CONCLUSIONES	100
IX. RECOMENDACIONES.....	102
X. BIBLIOGRAFÍA	103
XI. ANEXOS	i

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de las propiedades Hidrofísicas del suelo, de la Finca La Carbonera.	41
Tabla 2. Coeficiente (Kc), Necesidades hídricas del cultivo de plátano.....	47
Tabla 3. Coeficiente (Kc), Necesidades hídricas del cultivo de Naranja	47
Tabla 4. Coeficiente (Kc), Necesidades hídricas del cultivo de Chiltoma.	47
Tabla 5. Datos de diseño Agronómico por Microaspersión.....	49
Tabla 6. Listado de materiales para la elaboración del caballete de riego por Microaspersión.....	55
Tabla 7. Cálculo Hidráulico en las tuberías de conducción, Riego Por Microaspersión.....	58
Tabla 8. Datos técnicos para la determinación de la potencia de la bomba, Cultivo Plátano.	64
Tabla 9. Listado de materiales para instalación del proyecto por Microaspersión, Cultivo Plátano.	65
Tabla 10. Datos de diseño Agronómico por Goteo de Botón.....	66
Tabla 11. Lista de materiales para la elaboración del caballete de riego, Goteo Botón.....	72
Tabla 12. Cálculo Hidráulico en las tuberías de conducción, Riego Por Goteo De Botón.....	74
Tabla 13. Datos técnicos para la determinación de la potencia de la bomba, Cultivo Naranja.....	79
Tabla 14. Listado de materiales para instalación del proyecto por Goteo de Botón, Cultivo Naranja.	80
Tabla 15. Datos de diseño Agronómico por Cinta de Goteo.....	81
Tabla 16. Lista de materiales para la elaboración del caballete, Cinta de goteo.....	87
Tabla 17. Cálculo Hidráulico en las tuberías de conducción, Riego Por Goteo De Botón.....	89

Tabla 18. Datos técnicos para la determinación de la potencia de la bomba, Cultivo Chiltoma.	95
Tabla 19. Listado de materiales para instalación del proyecto de Goteo por Cinta, Chiltoma.	96
Tabla 20. Materiales de cabezal o sarta de descarga para riego localizado.	98
Tabla 21. Componentes de bombeo para succión del agua.	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Riego por goteo en superficie.	15
Figura 2: Tubería emisora, creando una banda continua de humedad.	16
Figura 3: Micro-aspersores aplicando agua, en forma de lluvia muy fina.	16
Figura 4: Emisores de riego localizado.	17
Figura 5: Zona de suelo húmedo, con riego localizado.	18
Figura 6: Zona de riego con mal seguimiento.	18
Figura 7: Efectos de la textura del suelo, en presencia del bulbo.	19
Figura 8: Movimiento y distribución de sales y agua en el suelo.	20
Figura 9: Distribución típica de sales, en riego localizado.	20
Figura 10. Macro Localización de la zona de estudio.	22
Figura 11. Micro Localización de la zona de estudio.	23
Figura 12. Evapotranspiración de referencia (ETO).	46
Figura 13: Dimensionamiento de las áreas regables por microaspersión, en AutoCAD.	54
Figura 14: Componentes del caballete de riego.	46
Figura 15: Dimensionamiento de las áreas regables por goteo de botón, en AutoCAD.	70
Figura 16: Componentes del caballete de riego.	71
Figura 17: Dimensionamiento del área regable por cinta de goteo en AutoCAD. .	85
Figura 18: Componentes del caballete de riego.	86

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico1. Curva lámina de infiltración.	44
Gráfico2. Curva velocidad de infiltración.	45

I. INTRODUCCIÓN

El riego localizado puede definirse como la aplicación del agua directa, a una zona determinada del suelo, no en su totalidad, sobre la superficie o bajo esta, de modo que solamente se moja una parte del mismo, llegando directamente a la planta; es un sistema que trabaja con tuberías principales, secundarias, terciarias y ramales a presión, donde el agua circula finalmente por emisores de riego localizado, trabajando con poca o media presión (Rafael, 2010).

En este método de riego, la aplicación de agua en el suelo es muy pequeña, comparado con los demás sistemas (riego superficial y aspersion). Su función principal es la de ser soporte físico para las plantas, así como proporcionar el agua y los nutrientes en forma reducida de volumen. En estos sistemas, es fundamental contar con fuentes de presurización como equipos de bombeo que doten la presión del agua, tuberías de conducción y distribución, así como determinados elementos de filtrado, inyector de fertilizante, y válvulas para distintos propósitos.

Cabe señalar, que el diseño de riego localizado es un proceso muy importante, ya que del mismo dependerá el buen funcionamiento del sistema; por ello, la clave está en fijar previamente las fases de diseño.

En el presente documento de investigación, se presenta la propuesta de diseño de proyecto de riego localizado, mostrando la metodología a cumplir con lo antes descrito, la cual consistió en realizar las siguientes actividades de campo, como localización y levantamiento topográfico del área en estudio, recolección de los datos climáticos de la zona, inspección y evaluación de la fuente de abastecimiento de agua, además de un estudio de las propiedades físicas del suelo que fundamentan el diseño.

Una vez presentadas y establecidas las fases del diseño, se evaluaron los costos y presupuesto, además de la presentación de oferta, ajustados a los requerimientos del sistema; haciendo de este modo, que la propuesta del diseño sea eficiente, económico y operativamente seguro.

II. ANTECEDENTES

En la actualidad los sistemas de riego que forman parte de los sistemas localizados, los que más se implementan en Nicaragua se han identificado por microaspersión y por goteo.

En el año 2005, Pilarte Villalta Jorge Antonio, Romero Duarte Marlon Alberto, realizaron un estudio en la finca el garaje ubicado en la comunidad de San Benito municipio de Tipitapa, en la que se estableció un estudio de evaluación del funcionamiento del sistema de riego por goteo para los cultivos de melón (*cucumis melo L*) y sandía (*sitrullas lamatus L*), además, de un análisis de las características edafoclimáticas de la zona, así como la calidad del agua de riego.

Zeledón Espinoza Mauren Carina, Espinoza Reyes José Martin, en diciembre 2012, en el Centro Experimental Agrícola CEA-UNI, realizaron una propuesta de diseño de sistema de riego por aspersión para el cultivo de plátano, mediante análisis de las propiedades hidro-físicas del suelo (capacidad de campo, porcentaje de humedad, densidad aparente, etc), además de las propiedades químicas (pH, Materia orgánica).

En la finca experimental El Planel, ubicada en el municipio de Nindirí, Ramírez David Alanís, Cruz Hernández David Antonio, abril 2018, realizaron la evaluación del patrón de humedecimiento del agua en el sistema de riego por microaspersión.

III. JUSTIFICACIÓN

En Nicaragua se ha incrementado el uso de sistemas de riego localizados, siendo en estas condiciones donde los pequeños, medianos y grandes productores lo implementan actualmente, para así obtener excelentes rendimientos en su labor diaria.

Para obtener un rendimiento mínimo aceptable del 70% en los cultivos de *Musácea paradisiaca*, *Capsicum Annum L* y *Citrus sinensis* 'Valencia' se debe permanecer establecido un adecuado sistema de riego el cual pretenda lograr una mejor explotación técnica tanto del sistema, el área bajo riego y el cultivo a sembrar, para regular los procesos naturales en el área de riego con la ayuda de equipos y obras, así como mantenimiento del mismo.

La producción de granos básicos, además de frutas para el comercio y el consumo familiar, es una de las principales actividades económicas de la zona del municipio de Nindirí. Maíz, frijoles, arroz y sorgo son los más cultivados. Pero también se siembran productos de temporada como melón, sandía, chiltoma, yuca, pipián, ayote, plátano, papaya, pitahaya, granadilla, maracuyá, piña, entre otros, es por eso que se propone "Diseñar un Sistema de Riego Convencional aplicado a los cultivos de plátano cuerno enano, chiltoma tres cantos y naranja valencia" para lograr así el aprovechamiento máximo del suelo y del recurso agua a la misma vez obtener un buen rendimiento en la producción de estos cultivos.

Los diseños a presentarse servirán de gran importancia ya que permitirá establecer un buen manejo de las prácticas culturales agrícolas y de riego, para tener éxitos en las cosechas y a su vez cumplir con las necesidades alimenticias de los nicaragüenses; esperando que esta investigación monográfica sea de gran aporte para la agricultura nacional.

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General.

- Diseñar un sistema de riego localizado, para los cultivos de Plátano (cuerno enano), Chiltoma (tres cantos) y naranja (valencia), en la finca la Carbonera, ubicada en el municipio de Nindirí, departamento de Masaya.

4.2. Objetivos Específicos.

- Realizar un muestreo de suelo en la parcela de estudio, para la determinación de las propiedades hidrofísicas del suelo en laboratorio.
- Determinar las necesidades brutas de riego para cada cultivo en sus etapas de máximas demanda, a través del diseño agronómico.
- Efectuar el diseño geométrico e hidráulico, haciendo uso de los softwares, Google Earth, Global Mapper, Auto-Cad; que permitan la precisa ejecución del proyecto.
- Establecer un presupuesto de los gastos de inversión que tendrá cada uno de los diseños, detallando el listado de materiales utilizando la herramienta Excel.

V. MARCO TEÓRICO

5.1. Generalidades Del Plátano

5.1.1. Origen y ruta de propagación

El plátano cuyo nombre científico (*Musa Acuminata/Paradisiaca*), es una fruta tropical procedente de la planta herbácea perteneciente a la familia de las musáceas. En numerosas ocasiones se ha citado su origen de América central, así mismo una mayoría de autores han opinado que esta fruta es originaria del sudeste Asiático, concretamente de la India, siendo conocida en el mediterráneo después de la conquista de los Árabes en el año 650 d.c.

Basados en esta propagación, los portugueses lo llevaron a las islas canarias en el año 1402 y desde luego llevada a América en 1516, existiendo cientos de especies, (Lopez, 2017).

Se considera como el cuarto rubro de frutas más importante en el mundo, siendo en Nicaragua uno de los cultivos de mayor importancia económica, generando una gran fuente de ingresos a pequeños, medianos y grandes productores; además, se han desarrollado proyectos de desarrollo del plátano, con alianza de la república de China Taiwan, con propósitos de promover el uso de nuevas prácticas de manejo agroecológico, contribuyendo de este modo a la restauración.

5.1.2. Características morfológicas

- Planta

Posee un pseudotallo grueso con abundantes hojas anchas, los racimos son cortos, con un promedio de 40 frutos para el manejo tradicional y 60 unidades con producción intensiva en cuanto a materia de exportación se refiere; con peso bruto en manejo tradicional de entre los rangos de 11 a 17 kg, y de 11 a 19 kg en manejo intensivo.

- Rizoma

Es el tallo verdadero del plátano, se encuentra bajo tierra y comúnmente se conoce como cormo, pero en términos botánicos mejor conocido como rizoma; posee numerosos puntos de crecimiento (meristemo apical) que dan origen a pseudotallos, raíces y yemas vegetativas.

- Raíces

El sistema radicular es el encargado de absorber y conducir el agua, además de transferir los nutrientes del suelo hacia la planta. Está compuesto por un sistema radicular primario originado en la superficie central del rizoma, además de las secundarias y terciarias emergidas en las raíces primarias.

También poseen raíces superficiales que se distribuyen en una capa de 30 a 40 cm, concentrándose la mayor parte de ella en los (15-20) cm. Son de color blanco, tiernas cuando emergen, amarillenta y duras posteriormente, con un diámetro aproximado de 5 a 8 mm y longitud de 2.5 a 3 m.

En cuanto a su profundidad radicular, estas pueden llegar a profundizar hasta los 1.5 m aproximadamente, dado que su nivel de penetración se considera débil; dicho valor está relacionado con la textura y estructura del suelo.

5.1.3. Requerimientos edafoclimáticos

- Temperatura

Los requerimientos oscilan entre los 26 a 30 °C, logrando tener un efecto relevante en el desarrollo del fruto, ya que las temperaturas más bajas tienden a alargar las cosechas, en periodo aproximado de un mes en comparación con lo normal.

- Necesidades hídricas

La planta del plátano está constituida en un 85% por agua, por ende, la planta necesita del riego indispensable. Sus necesidades varían según sus etapas de desarrollo, de 1 a 3 meses la planta necesita aproximadamente 5 mm de agua por día, de 4 a 6 meses, 8mm/día, y entre 7 a 11 meses se necesitan 10 mm de agua por planta en cada día de riego.

- Suelo

Se requieren suelo con texturas franco, y franco arcillo limoso; en el caso de tener suelos muy livianos (arenosos), se deben hacer las correcciones pertinentes del riego y la fertilización, según las necesidades de la planta. En cuanto al pH, para el plátano se recomienda un valor entre el rango de 5.8 a 6.5, en este rango se facilita la disponibilidad de nutrientes.

- Velocidad del viento

Las plantaciones deben establecerse en zonas con velocidades no mayores a 20 km/hr, pasado de este valor se empiezan a provocar daños en el área foliar de la planta, incidiendo directamente en las pérdidas de producción hasta en un 40%, induciendo a una maduración precoz del racimo y volcamiento.

- Pendiente del terreno

Es posible cultivar en pendientes de hasta un 40% (fuertemente escarpada) en el caso a establecer con riego estacional; sin embargo, para establecer un sistema platanero condiciones de riego eficiente (localizado), se requiere de una pendiente no mayor al 2%.

5.1.4. Variedades de plátano en Nicaragua

- Cuerno enano

Es un clon de muy fácil manejo, el cuál su nombre lo indica es de porte bajo, oscilando entre los 2.5 a 3 m de altura, lo que lo hace más resistente al acame causado por el viento; además de realizar las labores rutinarias de una forma rápida, como lo es el caso de la cosecha.

- Cuerno gigante

Se caracteriza por su porte alto, que oscila entre los 3 a 4 m; los rendimientos obtenidos por unidad con manejo rústico van desde los 18 a 30 dedos, con un peso aproximado de 16 a 18 kg, y en plantaciones intensivas de 40 a 45 dedos comercializables.

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 (Hondura, El Salvador).

- Cemsa ³/₄

Es una variedad muy similar al cuerno enano, en cuanto a su tamaño y morfología, haciéndolo resistente al acame causado por el viento, los racimos son de apariencia corta con un promedio de 46 frutos en manejo tradicional, y hasta 60 unidades con manejo intensivo. Actualmente esta variedad está en su auge de demanda, por su racimo uniforme (mediano), lo que contribuye a ser el mejor candidato en los procesos de empaque de fruta de exportación.

5.2. Generalidades de la Chiltoma

5.2.1 Origen y ruta de propagación

La chiltoma (***Capsicum annum L***), originario de regiones tropicales de América, especialmente de Bolivia y Perú. Durante la época precolombina, la chiltoma se difundió por la mayor parte del continente americano durante los siglos XV y XVI los colonizadores españoles y portugueses la llevaron a Europa, África, y Asia.

En la actualidad la chiltoma se cultiva en la mayoría de los países tropicales y subtropicales del mundo siendo los principales productores, china, México, Turquía (Rikolto, 2021).

5.2.2. Características morfológicas

- Planta

Es una planta herbácea con ciclo de cultivo anual, de porte variable entre los 0.5 m (en determinadas variedades de cultivo al aire libre), y más 2 m (gran parte de los híbridos cultivados en invernaderos). El ciclo vegetativo varía de acuerdo a las variedades. Este puede durar entre los 65 a 110 días (Orellana, 2004).

- Raíz

Posee una raíz pivotante que alcanza una profundidad de 90 a 120 cm (dependiendo de la profundidad y textura del suelo), con numerosas raíces adventicias que horizontalmente pueden alcanzar una longitud comprendida entre 50 y 100 cm (INTA, 2004).

5.2.3. Requerimientos edafoclimáticos

- Temperatura

Para su desarrollo óptimo, la planta necesita una temperatura media diaria de 24 °C, cuando la temperatura es menor de 15 °C, el crecimiento es limitado y con temperaturas superiores a los 35°C, la fructificación es muy débil o nula, sobre todo si el aire es seco. Las altas temperaturas provocan la caída de flores y frutos.

- Necesidades hídricas

El suelo debe presentar una lámina de agua total entre 900 y 1,200 mm para el ciclo del cultivo, desde el trasplante hasta el último corte comercial. En general, las plantas absorben el agua por las raíces junto con los nutrientes minerales disueltos en ella; utilizan el agua en la fabricación de carbohidratos durante la fotosíntesis y para el transporte interno de los nutrientes, las fitohormonas y los productos de la fotosíntesis, que son usados en la formación de nuevos tejidos y en el llenado de los frutos (INTA, 2006).

- Suelo

El cultivo se adapta a un rango muy amplio de suelos, se desarrolla mejor en suelos franco arenosos, profundos 30 a 40 cm de profundidad, bien drenados, con alto contenido de materia orgánica 3 % a 4 %) y calcio. Los valores óptimos de pH oscilan entre 6.0 y 7.0, aunque puede tolerar ciertas condiciones de acidez (hasta un pH de 5.5); en suelos arenosos puede cultivarse con valores de pH próximos a 8. En cuanto al agua de riego el pH óptimo de la misma se encuentra en el rango de 5.5 a 7.

La chiltoma es una especie de moderada tolerancia a la salinidad tanto del suelo como del agua de riego. Durante la etapa de semillero el cultivo es sensible a la salinidad del suelo, pero a medida que se desarrolla se vuelve tolerante a ésta.

- Pendiente del terreno

Es preferible elegir un suelo que no tenga más de 5% de piedras en el campo. En caso de haber pendientes superiores a 5% se debe de diseñar curvas a nivel y curvas de retención para evitar erosión de suelos.

5.2.4. Variedades de chiltoma en Nicaragua

- Chiltoma tres cantos

Se adapta a alturas entre 0 a 2300 msnm, su tolerancia es susceptible a TMV, su fruto es cónico de color verde. Su ciclo Vegetativo (días siembra) está entre 90 a 100 el rendimiento de este es de 16 a 20 tn/ha.

- Chiltoma Agronómico 10 G

Se adapta a alturas entre 0 a 2300 msnm su tolerancia es susceptible a Fusarium, TMV, su fruto es Cónica de color verde alargada. Su ciclo Vegetativo (días siembra) está entre 110 a 120, y el rendimiento de este es de 16 a 25 tn/ha.

- Chiltoma Yolo Wonder

Se adapta a alturas entre 0 a 2300 msnm, su tolerancia es susceptible a TMV, su fruto es acampanado de color verde oscuro. Su ciclo Vegetativo (días siembra) está entre 75 a 100, y el rendimiento de este es 14 a 20 tn/ha.

- Chiltoma Tropical Irazú

Se adapta a alturas entre 400 a 2300 msnm, su tolerancia es susceptible a TMV, PRY, TEV su fruto es Cónica de color verde oscuro. Su ciclo Vegetativo (días siembra) está entre 90 a 95, y el rendimiento de este es 18 a 24 tn/ha (INTA, 2020).

5.3 Generalidades de la Naranja

5.3.1. Origen y ruta de propagación

Los cítricos se desarrollan en casi todas las regiones del mundo dentro de la banda delimitada por la línea de 40° de latitud N y S. Las numerosas especies del género Citrus provienen de las zonas tropicales y subtropicales de Asia y del archipiélago malayo; desde allí se distribuyeron a las otras regiones del mundo donde hoy se cultivan cítricos. El área comúnmente asociada a su origen está ubicada en el sudeste de Asia, incluyendo el este de Arabia, este de Filipinas y desde el Himalaya al sur hasta Indonesia.

Los cítricos se cultivan desde épocas remotas (más de 4000 años). Sus frutas atrajeron la atención de los pueblos primitivos, que se supone ya las cultivaban mucho tiempo antes de que aparecieran en los países europeos. Se sabe que la apariencia de la fruta y sus flores cautivaron a los primeros viajeros, que no sólo la describieron en sus memorias, sino que la llevaron a otras regiones.

5.3.2. Características morfológicas

- Planta

Son especies de grandes arbustos o arbolillos perennes que se encuentran entre 5 a 15 m de altura son pertenecientes a la familia de las Rutáceas, su fruto contiene alto contenido de vitamina C y ácido cítrico, el cual le proporciona ese típico sabor ácido característico, este género contiene tres especies y numerosos híbridos cultivados.

- Raíces

Poseen raíces profundas, en dependencia del tipo del suelo necesitan una buena oxigenación del suelo. Tienen una amplia distribución tanto horizontal como vertical, con mayor porcentaje de raíces cercas de la superficie, su crecimiento es cíclico alternando con el crecimiento de la parte aérea.

La raíz principal crece directamente hacia abajo y constituye la raíz principal. Posee raíces laterales muy numerosas y su distribución no es regular (JICA, 2019).

5.3.3. Requerimientos edafoclimáticos

- Temperatura

Los cítricos son un género subtropical donde la mayoría de las especies sobrevive a periodos cortos de 0° C. Las bajas temperaturas limitan el cultivo de los cítricos. La temperatura adecuada para el desarrollo de la planta y de los frutos de naranja dulce oscila entre los 23 y 34 °C, señalándose como valor máximo de cultivo, sin efectos secundarios indeseables, 39 °C y mínimo de 13 °C. Al igual que todos los cítricos, la naranja dulce puede vivir sin sufrir daños importantes a temperatura de 0 a 50 °C.

- Necesidades hídricas

El requerimiento de agua por parte del cultivo de naranja dulce depende de las condiciones climáticas y el desarrollo del cultivo. No obstante, se reporta que para producir buenos rendimientos y fruta de calidad en naranja dulce las necesidades hídricas varían entre los 7,500 y 12,000 m³/ha/año. Por otro lado, debe tenerse en cuenta que la conductividad eléctrica del agua de riego deberá encontrarse entre 0.9 y 3.0 dS/m para evitar problemas en la productividad del cultivo.

- Suelo

La naranja dulce al igual que todos los cítricos, para un adecuado desarrollo y producción, requiere de suelos bien drenados con texturas arenosas a francas con una buena profundidad. Cuando los suelos tienen una proporción superior al 50 % de arcilla, el crecimiento de las raíces se ve seriamente restringido. Estos son muy exigentes en oxígeno a nivel radicular. Prefiere los suelos con pH entre 5.5 a 7.0, pendientes no muy pronunciadas (Intagri S.C., 2016).

- Velocidad del viento

Se adaptan bien a valores de humedad relativa que pueden ir de 35 a 80 %. Debe procurarse evitar en el cultivo vientos mayores a 25 km/h, pues estos pueden dañar severamente la calidad de los frutos.

5.3.4. Variedades de Naranja en Nicaragua

En Nicaragua 11,077 productores utilizan 21,100 hectáreas para cultivar cítricos. El cultivo de Naranja ocupa el 80% de la producción total de cítricos en Nicaragua, mientras que el 10%, corresponde a las mandarinas, el 7% a la de limones y el 3% a otros productos (Magfor, 2017).

- Naranja Navel

La naranja Navel es la mejor como fruta de mesa ya que su uso en la industria está más restringido, por ejemplo, no se usa en la transformación para zumo ya que da menor cantidad y el cual además al poco tiempo desarrolla sabor amargo debido a un compuesto. Son de madurez precoz y dan frutos sin semillas de gran tamaño debido a degeneraciones diversas (polen, saco embrionario, etc.). La corteza se pela con facilidad, su color es naranja intenso y el sabor dulce y agradable (UNA, 2015).

- Naranja Valencia

Antiguamente se utilizó este nombre para diferenciarlas de las variedades Navel o de las de sangre. Las principales características son la carencia de ombligo en sus frutos, una acidez inferior a la de otros grupos de variedades y la ausencia de sabor amargo en su zumo.

- Naranja Salustiano

El fruto es de tamaño mediano a grande, con una cáscara finamente granulosa y de grosor medio. La pulpa es muy tierna y de aspecto muy suave lo cual la distingue y la destaca entre otras variedades.

5.4. El Riego Localizado

5.4.1. Descripción del riego localizado

Consiste en la aplicación de agua sobre la superficie del suelo o bajo de este, utilizando tuberías a presión y emisores de diversas formas, de manera que sólo se moja una parte del suelo, la más próxima a la planta. En este método de riego, la importancia del suelo como reserva de humedad para las plantas es muy pequeña, a diferencia con la aplicación del riego por superficie o aspersion; su principal función es la de ser el soporte físico para las plantas, así como para proporcionar el agua y los nutrientes, pero en volumen reducido (Jiménez, 2016).

Es muy conveniente que la aplicación del agua y los fertilizantes al suelo, se realice en cantidades pequeñas y con alta frecuencia, es decir, el número de riegos en una jornada es elevado y en cada uno de ellos se aporta una cantidad de agua reducida.

De esta forma se intenta que el contenido de agua en el suelo se mantenga en unos niveles casi constantes, evitándose así grandes fluctuaciones de humedad del suelo que suelen producirse con otros métodos de riego, que pueden afectar directamente la producción del cultivo.

➤ Composición del sistema

Los riegos localizados se pueden agrupar según el caudal que proporcionan los emisores de riego, suelen englobarse por los sistemas de “riego por goteo” en los que se aplica bajo caudal, utilizando los emisores denominados goteros, además de tuberías y “mangueras goteadoras”, o “tuberías exudantes”. Los riegos localizados también se caracterizan por sistemas con alto caudal que pulverizan el agua, distribuyéndose a través del aire hasta el suelo, y suelen aplicarse con los emisores denominados “microaspersores” y “difusores”.

➤ Riego por goteo

Se considera el riego más popular en el riego localizado, en el cual el agua circula a presión por la instalación hasta llegar a los emisores o goteros, en los que pierde presión y velocidad, saliendo gota a gota. Son utilizados normalmente en cultivos con marco de plantación amplios, aunque también se usan en cultivos en línea (La Edu Digital, 2021).

El agua se aplica gota a gota, y los goteros

suelen trabajar a una presión aproximada de 1 Kg/cm^2 , (10 m.c.a), y con caudales entre 2 y 16 litros/hora.

Lo más frecuente es que las tuberías laterales y los goteros estén situados sobre la superficie del suelo, y el agua se infiltre y distribuya en el subsuelo, además la distribución del agua se aplica en toda su dirección lateral, con espaciamentos entre emisores establecidos.

También, este sistema puede implementarse de manera subterránea a una profundidad de enterrado establecido, del lateral porta goteros, en los cuales dependerá del cultivo y del tipo de suelo. Este sistema se basa en la utilización de franjas continuas de humedad con lo que se pretende garantizar una buena uniformidad en el riego. Sin embargo, tiene como principal inconveniente la obstrucción de los goteros y la dificultad de detectar fallos en el funcionamiento de éstos, así como de su reparación (Lecaros, 2011).

Figura 1: Riego por goteo en superficie.



Fuente: Módulo 4, manual de riego para Agricultores.

➤ **Riego por tuberías emisoras**

El riego por tuberías emisoras se caracteriza por la instalación de estos elementos sobre la superficie del suelo, creando una banda continua de suelo humedecido y no en puntos localizados como en riego por goteo. Su uso más frecuente es en cultivos en línea con muy poca distancia entre plantas, y las más utilizadas son las tuberías gateadoras y las tuberías exudantes (La Edu Digital, 2021).

Figura 2: Tubería emisora, creando una banda continua de humedad.



Fuente: Módulo 4, manual de riego para Agricultores.

➤ **Riego por microaspersión y microdifusión**

En el riego por microaspersión, el agua se aplica sobre la superficie del suelo en forma de lluvia muy fina, mojando una zona determinada que depende del alcance de cada emisor. Están indicados tanto para cultivos leñosos como para cultivos herbáceos de distinto marco de plantación.

En este sistema de riego se distinguen los emisores denominados microaspersores y los denominados microdifusores. En ambos casos suelen trabajar a presiones entre 1 y 2 Kg/cm², y suministran caudales de hasta 200 litros/hora (INGEMAR, 2020).

Figura 3: Micro-aspersores aplicando agua, en forma de lluvia muy fina.



Fuente: Módulo 4, manual de riego para Agricultores.

5.4.2. Ventajas y desventajas del riego localizado

El mayor o menor ahorro se fundamenta en general de:

- ❑ La posibilidad de controlar fácilmente la lámina de agua aplicada.
- ❑ La reducción, en la mayoría de los casos, de la evaporación directa.
- ❑ La ausencia de escorrentía.
- ❑ El aumento de uniformidad de aplicación, al reducir la filtración profunda o percolación.

En estos sistemas es necesario contar con un sistema de bombeo que dote de presión al agua, así como determinados elementos de filtrado y tratamiento del agua, antes de que circule por la red de tuberías. Con ellos se pretende evitar la obturación de los emisores (figura 4), uno de los principales problemas que suelen ocurrir (INGEMAR, 2020).

Es de suponer, para que estas ventajas sean efectivas, es preciso que los componentes tengan un diseño adecuado y los materiales con que están fabricados sean de buena calidad; de no ser así, la inversión realizada en la instalación probablemente no produzca ventajas sustanciales.

Por otro lado, existe la desventaja aplicada en diseños tecnificados con respecto a los altos costes, requiriendo de este modo un buen diseño, una alta inversión en equipos y un mantenimiento más considerable, lo que supone un alto coste que podrá ser asumido en cultivos de alto valor comercial. Sin embargo, al ser más tecnificado, se mantiene la precisa aplicación de agua, haciendo que el sistema sea más eficiente.

Figura 4: Emisores de riego localizado.



Fuente: Módulo 4, manual de riego para Agricultores.

Es de indicar que la aplicación localizada y frecuente de agua evita en muchos casos el daño por salinidad en las plantas, ya que las sales se encuentran muy poco concentradas en la zona de actividad de las raíces.

De hecho, las sales se concentran en zonas no accesibles por las raíces de las plantas, mientras que se mantienen diluidas en la zona de actividad radicular; por ello, el riego localizado es la única posibilidad de riego para cultivos muy sensibles a aguas de mala calidad.

Dado que se moja sólo una parte del suelo, se consigue reducir la infestación por malas hierbas y se hace más simple su control. Sin embargo, es necesario realizar un seguimiento de la aparición de malas hierbas en la zona de suelo humedecida, principalmente cuando el cultivo está en fase de crecimiento o en fase juvenil. Por otro lado, puede haber un ahorro de labores de cultivo, ya que en las zonas secas no crecen malas hierbas.

Las instalaciones de riego localizado no sólo permiten aplicar el agua a los cultivos, sino que ofrecen la posibilidad de aportar fertilizantes y otros productos fitosanitarios (insecticidas, fungicidas, etc.). En este caso, es el agua la que se encarga de hacer llegar los fertilizantes hasta las raíces de la planta, bien de forma continuada o intermitente (Lecaros, 2011).

Figura 5: Zona de suelo húmedo, con riego localizado.



Fuente: Módulo 4, manual de riego para Agricultores.

Figura 6: Zona de riego con mal seguimiento.



Fuente: Módulo 4, manual de riego para Agricultores.

5.4.3. El bulbo húmedo

El bulbo húmedo es la parte de suelo humedecida por un emisor de riego localizado, donde los emisores aplican el agua sobre el suelo donde se forma un pequeño charco; a medida que avanza el riego, el bulbo húmedo se hace cada vez más grande, pero a su vez el suelo se humedece más, y la velocidad de infiltración del agua disminuye y con ello el bulbo húmedo aumenta su tamaño más despacio.

La forma del bulbo húmedo está condicionada en gran parte por el tipo de suelo. En los suelos pesados (de textura arcillosa), la velocidad de infiltración es menor que en los suelos ligeros (de textura arenosa), lo que hace que el charco sea mayor y el bulbo se extienda más horizontalmente que en profundidad.

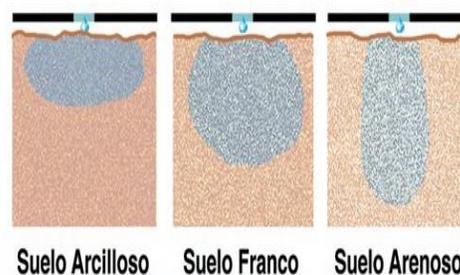
Si se aplica la misma cantidad de agua en tres suelos con textura diferente, la forma del bulbo variará aproximadamente de la siguiente manera:

➤ Manejo del bulbo en condiciones de salinidad

El movimiento de las sales en el suelo depende del movimiento del agua, y por ende en el riego localizado, el agua se distribuye en el perfil del suelo formando un círculo más o menos alargado alrededor del emisor, y este mismo patrón también lo seguirán las sales que se acumulan en el suelo.

El régimen de sales se ve afectado por la alta frecuencia con la que se aplican estos riegos, así como por la localización puntual del agua (CSR LAB EDAFOLOGICO, 2022).

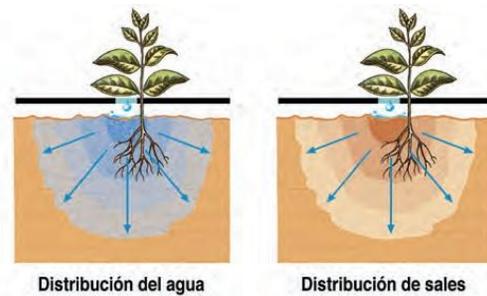
Figura 7: Efectos de la textura del suelo, en presencia del bulbo.



Fuente: Módulo 4, manual de riego para Agricultores.

Tras la aplicación de un riego, tanto las sales que contenía el suelo como las aportadas por el agua de riego se encuentran disueltas; la evaporación y transpiración hacen que la humedad del suelo sea cada vez menor y la concentración de sales aumente hasta que se aplica el riego siguiente. Cuanto mayor sea el tiempo entre riegos, mayor será la salinidad del suelo, pero los riegos frecuentes permiten mantener alta la humedad del suelo y baja la concentración de sales.

Figura 8: Movimiento y distribución de sales y agua en el suelo.



Fuente: Módulo 4, manual de riego para Agricultores.

El riego localizado es, por tanto, muy recomendable cuando el agua de riego sea salina.

La distribución de sales bajo el emisor de riego localizado presenta tres zonas características bien diferenciadas:

Una zona muy lavada debajo de él, otra de baja salinidad que la rodea y, por último, una zona donde se acumulan las sales en la periferia del bulbo y sobre todo en la superficie del suelo.

Figura 9: Distribución típica de sales, en riego localizado.



Fuente: Módulo 4, manual de riego para Agricultores.

Alrededor del bulbo puede observarse

una zona blanquecina de forma circular que se forma debido a que el agua que se evapora no lleva consigo las sales, por lo que van acumulándose próximas a la superficie (A.R, 2022).

Cuando el volumen de agua aplicado con el riego es mayor, aumenta la zona de intenso lavado y la zona de acumulación de sales se aleja del centro del bulbo, con lo que se evita que las raíces entren en contacto con zonas de elevada salinidad.

VI. DISEÑO METODOLÓGICO

6.1. Tipo de investigación

6.1.1. Enfoque de la investigación

El proyecto tiene un enfoque mixto, ya que en este proceso se dimensiona, recolecta, y analizan datos que relacionan variables cuantitativas y cualitativas en un mismo estudio, para el diseño los cultivos de Plátano (cuerno enano), Naranja (valencia) y chiltoma (tres cantos), determinando la cantidad de agua necesaria según sus etapas y estadio de crecimiento, considerando las máximas demandas hídricas que requiere el cultivo para su desarrollo, con fines productivos.

6.1.2. Alcance de los resultados

El proyecto es de carácter experimental ya que se basa en recolectar, registrar y procesar datos del clima, suelo y cultivo para desarrollo del diseño a proponer.

6.1.3. Tiempo de ocurrencia

El proyecto se denomina prospectivo, dado que los datos tomados a futuro son ocupados para el diseño a desarrollar durante la realización.

6.1.4. Periodo en el que se realizará el estudio

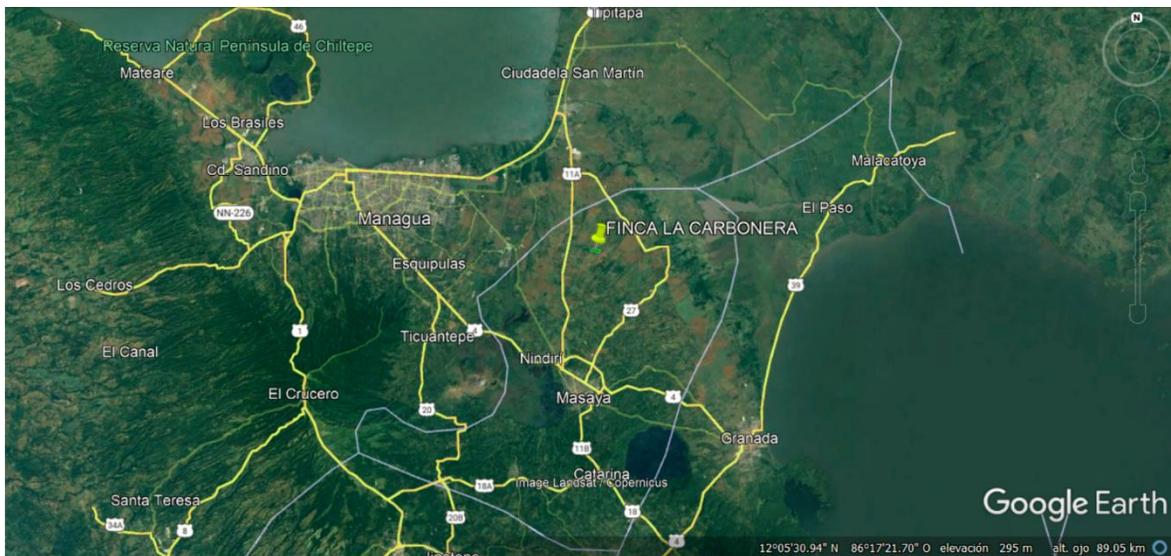
Se efectuará en el periodo comprendido de 2022-2023, a lo que se designa como un proyecto de corte transversal, desarrollándose durante los meses de noviembre del 2022 hasta el mes de marzo 2023, para el desenvolvimiento de todos los aspectos del proyecto.

6.2. Localización del proyecto

6.2.1. Descripción de la zona de estudio

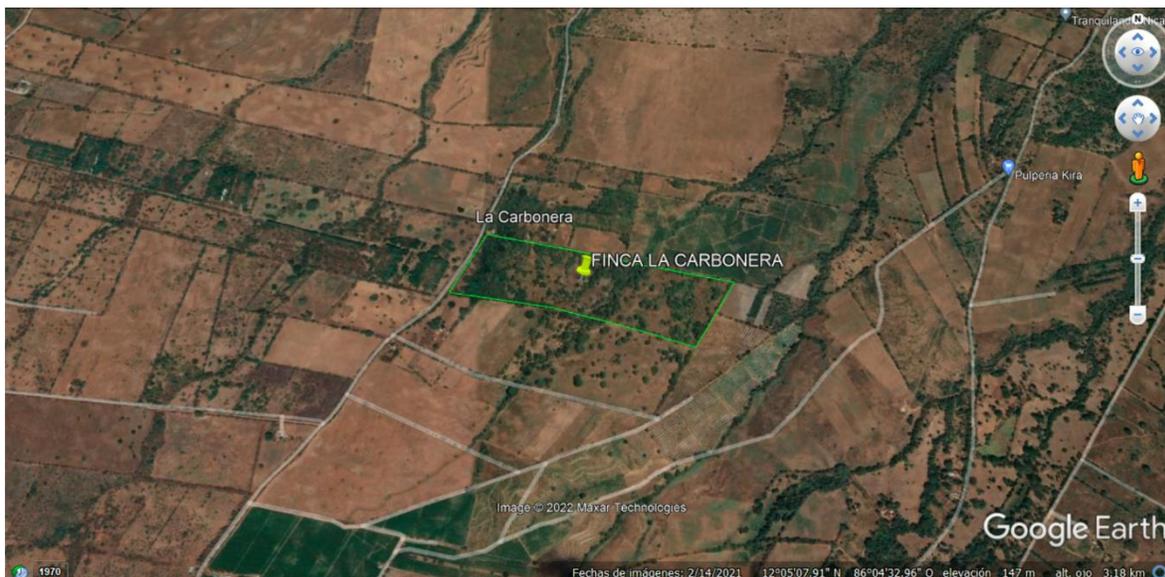
El establecimiento del proyecto está ubicado en la Finca La Carbonera, en el municipio de Nindirí departamento de Masaya, con un área aproximada de 25 manzanas, con ubicación geográfica, latitud $12^{\circ} 5'9.23''N$, longitud $86^{\circ} 4'34.14''O$, con una altitud aproximada de 150 m.s.n.m.

Figura 10. Macro Localización de la zona de estudio.



Fuente: Google Earth Pro. (UTM) zona 16P, (X:608922.00 E; Y: 1328169.00 N).

Figura 11. Micro Localización de la zona de estudio.



Fuente: Google Earth Pro.

6.3. Análisis de las propiedades hidrofísicas del suelo en laboratorio

6.3.1. Muestreo de suelo

Se efectuará en campo, un muestreo al azar compuesto, basado en 15 submuestras alteradas en toda el área de la parcela siguiendo la dirección en zig-zag, a una profundidad generalizada de 20 cm, recomendada para una gran variedad de cultivos agrícolas. Obteniendo finalmente, una sola muestra representativa de aproximadamente 1kg para ser llevada al laboratorio, tomada de las submuestras previamente homogenizadas.

Del mismo modo, se extraerá la muestra inalterada de suelo por medio de un cilindro con dimensiones conocidas (método del cilindro), para poder conocer en laboratorio la densidad aparente del suelo.

6.3.2. Análisis de las muestras en laboratorio

El análisis de las propiedades físicas de la parcela de estudio, se llevará a cabo en las instalaciones del laboratorio de Edafología, de la carrera de Ingeniería Agrícola, ubicado en el Recinto Universitario Pedro Aráuz Palacios (RUPAP), de la ciudad de Managua.

6.3.3. Análisis físico

➤ Determinación de humedad

Es la relación que existe entre el peso de agua en la muestra en estado natural y el peso de la muestra después de ser secada en el horno a una temperatura entre los 105°C-110°C. La importancia del contenido de agua que presenta un suelo representa una de las características más importantes para explicar el comportamiento de este en cuanto a cambios de volumen, cohesión, entre otros.

Para conocer la Humedad del suelo se utilizará el Método Gravimétrico, el cual se basa en determinar la cantidad de agua perdida mediante la diferencia de pesadas de una muestra antes y después de ser situada en una estufa a 105°C durante 8 horas. Expresando la cantidad de agua encontrada en %, la que permitirá establecer una relación de humedad entre ella y el área total representada.

Se utilizará la ecuación en base a suelo seco:

$$\%H = \frac{(P_{sh+t} - P_{ss+t})}{(P_{ss+t} - P_t)} * 100$$

Ecuación 1: Porcentaje de humedad

Dónde:

- ✚ % H = Porcentaje gravimétrico de contenido de Humedad de suelo
- ✚ Psh+t = Peso de suelo húmedo más peso de la tara
- ✚ Pss+t = Peso de suelo seco más peso de la tara
- ✚ Pt = Peso de la tara

➤ **Capacidad de campo (Cc)**

Consiste en someter al suelo a saturación mediante drenaje libre, el tiempo en que el suelo alcanza la capacidad de campo después de la saturación depende de su textura, estructura y tipo de arcilla.

Tomando de referencia la expresión de la humedad en porcentaje de volumen:
Capacidad de campo porcentaje de volumen= Microporos.

Para esta conocer esta propiedad del suelo se utilizó el método del embudo, el cual consiste en someter el suelo a saturación mediante drenaje libre, colocando el embudo papel filtro para retener la muestra y este a su vez debe estar colocado en un soporte quedando en suspensión, añadiendo agua a la muestra una vez saturado se dejara que escurra durante 72 horas tiempo correspondiente a suelos pesados.

Se determinó el tanto por ciento de la humedad en base a suelo seco dato que será la Capacidad de Campo del suelo con la siguiente fórmula:

$$\%Cc = \frac{(P_{sh+t} - P_{ss+t})}{(P_{ss+t} - P_t)} * 100$$

Ecuación 2: Capacidad de Campo

Dónde:

- ✚ % Cc = Porcentaje gravimétrico de contenido de agua a Capacidad de campo.
- ✚ Psh+t = Peso de suelo húmedo más peso de la tara
- ✚ Pss+t = Peso de suelo seco más peso de la tara
- ✚ Pt = Peso de la tara

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

Se considera punto de marchitez, a la cantidad de agua que queda en el suelo expresada en por ciento base suelo seco, en el momento en que las plantas sufren de marchitez, irreversible o permanente, es decir, es el agua que la planta no es capaz de absorber, lo cual demuestra por sintomatología de la carencia de la misma.

El coeficiente o punto de marchitez, varía con el tipo de planta, el desarrollo de la misma y el tipo de suelo.

Para la determinación de esta propiedad, se realizó por medio de cálculos directos, en base a la ecuación de (Grassi 1987), punto de marchitez permanente en base a capacidad de campo, utilizando la siguiente fórmula:

$$\% PMP = \frac{\%Cc}{2.1}$$

Ecuación 3: Punto de marchitez permanente

Dónde:

- ✚ PMP = Punto de Marchitez Permanente del suelo %.
- ✚ % Cc = Porcentaje de Capacidad de campo.
- ✚ 2.1 = Factor de Grassi para suelos medios.

➤ **Densidad aparente (Da)**

La densidad aparente del suelo se determina aplicando el concepto físico de densidad de las sustancias, considerando la masa con relación al volumen. Se puede determinar la densidad del suelo propiamente dicho, la densidad de los terrones y la densidad de los agregados.

Para la determinación de la Densidad Aparente del Suelo se utilizó el Método del cilindro de volumen conocido, con la que se extrae una muestra inalterada. Está en el laboratorio se secó a 105°C por un periodo de 12 horas, se anotó el peso seco de la muestra más el del recipiente y se procedió a la determinación utilizando la siguiente formula:

$$D_a = \frac{M_{ss}}{V_C}$$

Ecuación 4: Densidad aparente

Dónde:

- ✚ Da = Densidad Aparente (gr/cm³) en estado de campo.
- ✚ Mss = Peso de masa de suelo seco al horno (gr).
- ✚ Vc = Volumen del cilindro cm³.

➤ **Densidad real (Dr)**

En la determinación de la densidad real lo más importante es obtener con precisión el volumen de los sólidos del suelo sobre la base de la extracción del aire del suelo al vacío o mediante ebullición. Para conocer la Dr del suelo se utilizó el Método del picnómetro, en donde su determinación se logra aplicando el principio de Arquímedes. Se toma el peso del picnómetro vacío, luego se toma el

$$D_r = \frac{d_1 * d_3 * P_s}{d_3 (P_1 - P_p) - d_1 (P_3 - P_s - P_p)}$$

Ecuación 5: Densidad real

- ✚ Dónde:
- ✚ Dr = Densidad Real (gr/cm³)
- ✚ d1= Densidad del agua a la T1 en °C
- ✚ d3= Densidad del agua a la T3 en °C
- ✚ P1 = Peso del picnómetro más agua (gr)
- ✚ Pp= Peso del picnómetro vacío (gr)
- ✚ P3 = Peso del conjunto agua más suelo más picnómetro (gr).
- ✚ Ps = Peso del suelo (gr)

➤ **Porosidad total (Pt)**

Es el porcentaje de volumen no ocupado por los sólidos. En general el volumen del suelo está constituido por 50% de materiales sólidos (45% de minerales y 5% de materia orgánica) y 50% de espacio poroso. El espacio poroso está dividido en macro poros y micro poros donde agua, aire y gases pueden circular o retenerse. Para la determinación de la Porosidad Total del suelo se toman en cuenta los valores de Da y Dr y se procede a calcular a través de la siguiente formula:

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

Ecuación 6: Porosidad total

Dónde:

- ✚ Pt = Porosidad total (%)
- ✚ Da = Densidad aparente (gr/cm³)
- ✚ Dr = Densidad real (gr/cm³)

➤ **Textura (Método del Hidrómetro de Bouyoucos)**

Las partículas suspendidas en el agua se asientan diferencialmente dependiendo de la cantidad de superficie por unidad de volumen. Las muestras de suelo que se analizan se secan, muelen y tamizan en malla de 2mm. A las partículas inferiores a 2mm se les trata con agua oxigenada. Calentando la mezcla a la plancha para eliminar la materia orgánica.

Para la determinación de la Textura se utilizó el método del Hidrómetro de Bouyoucos, para realizar los cálculos se siguió procedimiento y formulas descritas en la Guía de laboratorio de Edafología de la Universidad Nacional de Ingeniería.

6.3.4. Prueba de velocidad de infiltración

La velocidad de infiltración del suelo es un parámetro relacionado con la capacidad del suelo de drenar el agua a través del perfil en un tiempo determinado, que es fundamental para las programaciones del riego en la producción agrícola. En la prueba de campo para los diseños de riego, se utilizará el Método de Porchet.

Para determinar la velocidad de infiltración, consistirá en abrir o perforar un cilindro con radio R y profundidad de 30 cm. Se verterá agua y se mide el tiempo en intervalos de 1, 2, 3, 5, 10, 15 y 20 minutos.

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

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

Ecuación 7: Área de la sección de Infiltración

Para un tiempo, dt, suficientemente pequeño para que pueda suponerse que la capacidad de infiltración, f, es constante se verificará la igualdad, para obtener finalmente:

$$f = \frac{R}{2 * (t_2 * t_1)} * \ln \frac{(2h_1 + R)}{2h_2 + R}$$

Ecuación 8: Velocidad de infiltración

Donde:

f = velocidad de infiltración, expresada en cm o mm

R= Radio del cilindro en cm, mm.

t_1 = Tiempo lectura 1.

t_2 = Tiempo lectura 2.

h_1 = Lamina infiltrada en el t_1 .

6.4. Diseño Agronómico

6.4.1. Área de siembra por cultivo

Se identificaron las superficies menos accidentadas del terreno, con dirección de siembra (NE), y en condiciones con pendiente favorable para el sistema. El diseño está desarrollado con 2 manzanas para cada cultivo, con un total de 6 manzanas para riego localizado.

6.4.2. Ubicación de la fuente de energía y abastecimiento de agua

Se dispondrá en la finca de un pozo artesanal además de una fuente de energía 220 (Voltios-Monofásica), cercano a las parcelas de diseño, para la conexión del equipo de bombeo y abastecimiento hídrico de los riegos.

6.4.3. Datos meteorológicos de la zona

Se desarrollará el diseño tomando en consideración los datos estacionales críticos de años anteriores (2008-2019) correspondiente a la zona, proporcionado por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), basado en datos climáticos estadísticos anuales, con el propósito de conocer las pérdidas de agua por temperatura, transpiración y evaporación del suelo, con fines de obtener la evapotranspiración de referencia del cultivo para el diseño, expresada en mm/día.

6.4.4. Evapotranspiración de referencia (ETO)

Este parámetro climático será calculado a partir de datos meteorológicos. Este expresará el poder evaporante de la atmósfera en la localidad y época del año específicas.

Se ha determinado el valor de la (ETO), a través del método FAO Penman-Monteith, siendo este el más recomendado como el único método de determinación de (ETO) con parámetros climáticos, haciendo uso del software Crowat, con datos de los años (2008-2019), de la estación meteorológica de Masaya.

Se procederá a programar datos mensuales de temperatura mínima, temperatura máxima, humedad relativa, velocidad del viento, e insolación de la zona de estudio. Tomando como dato de referencia el mayor valor de (ETO)

6.4.5. Necesidades hídricas (coeficiente del cultivo Kc)

El coeficiente único de cultivo (Kc), estará basado en el consumo o necesidades de agua en tres fases de la planta, el cual cambia según su estadio de crecimiento, (Kc inicial, Kc medio, Kc final), en esas mismas condiciones, y en el mismo microclima.

Los coeficientes de cultivo (K_c) se usarán, junto con la evapotranspiración de referencia (ET_0), así el producto de ambos determinará la evapotranspiración real (ETC) expresada en mm/día para cada cultivo. Corresponderá al valor de la demanda hídrica de diseño.

Los agricultores en general pueden utilizar el valor resultante de (ETC) para decidir con qué frecuencia y cuánta agua se debe aplicar en cada riego. En el estudio han de considerarse los valores de K_c recomendados por la FAO para cultivos no estresados y bien manejados, tomando el valor mayor K_c en sus etapas de mayores necesidades hídricas o fructificación para diseño del riego.

6.4.6. Lámina de riego

Será la lámina de riego que deberá tener el suelo y la máxima humedad que puede retener, es decir, cuando llega a capacidad de campo. Esta se determinará mediante la siguiente fórmula:

$$L_r = \frac{C_c - PMP}{100} \times Da \times Pr$$

Ecuación 9: Lámina de riego

Dónde:

- ✚ L_r = Lámina de riego en (mm)
- ✚ % C_c = Porcentaje gravimétrico de contenido de agua a Capacidad de campo.
- ✚ % PMP = Punto de Marchitez Permanente del suelo %
- ✚ D_a = Densidad Aparente (gr/cm³) en estado de campo.
- ✚ P_r = Profundidad del perfil del suelo (cm)

6.4.7. Lámina neta a aplicar

Para efectos de diseño, la lámina que se tomará en cuenta es la neta, la cual se define como la dosis de agua que puede ser aplicada durante el riego, con el fin de cubrir el agua que ha utilizado el cultivo durante la evapotranspiración y que se dará cuando se haya consumido un determinado % de la capacidad de almacenamiento, evitando que el suelo llegue a PMP.

$$L_N = L_r \times \% Ag$$

Ecuación 10: Lámina neta

Dónde:

- ✚ L_N = Lámina neta máxima (mm)
- ✚ L_r = Lámina de riego en (mm)
- ✚ Ag = % Agotamiento permisible

6.4.8. Agotamiento permisible

Existe un intervalo de humedad entre la Cc y PMP, lo que se conoce como agua útil, este se denomina nivel de agotamiento permisible; según experiencias recomiendan regar cuando se ha consumido entre el (25-40) % en cultivos de raíces superficiales, entre (40-50) % en cultivos de raíces intermedias y 50% en cultivos con raíces profundas; este es el % de agua que se dejará agotar en el suelo bajo estudio.

6.4.9. Frecuencia de riego

Se considera como la función del suelo y del cultivo, ya que relaciona la evapotranspiración real o uso consultivo (ETC O ETR), del mes más crítico, y la lámina neta de riego; esto será un indicativo de cuanto regar. La frecuencia de aplicación de agua es el número de veces que se riega en un tiempo determinado, mientras que el intervalo entre riegos es el tiempo transcurrido entre la aplicación de un riego y el siguiente.

$$F_R = \frac{L_N}{E_{tr}}$$

Ecuación 11: Frecuencia de riego

Dónde:

- ✚ Fr = Frecuencia de riego en (días)
- ✚ L_N = Lámina neta o máxima (mm)
- ✚ E_{tr} = Uso consultivo o demanda hídrica de diseño (mm/día)

6.4.10. Lámina neta corregida

$$L_c = F_R \times E_{tr}$$

Ecuación 12: Lámina neta corregida

Dónde:

- ✚ L_c = Lámina neta corregida (mm)
- ✚ Fr = Frecuencia de riego en (días)
- ✚ E_{tr} = Uso consultivo o demanda hídrica de diseño (mm/día)

6.4.11. Tiempo de riego

Corresponderá a el tiempo en horas que deberá durar una aplicación de riego, para satisfacer la lámina neta de riego y a la profundidad deseada.

$$T_R = \frac{D_{HB}}{I_A}$$

Ecuación 13: Tiempo de riego

Dónde:

- ✚ T_R = Tiempo de riego (hr/día)
- ✚ D_{HB} = Demanda hídrica bruta (mm/día)
- ✚ I_A = Intensidad de aplicación en mm/hr

Además:

$$D_{HB} = \frac{Etr}{Ef}$$

Ecuación 14: Demanda bruta

- ✚ D_{HB} = Demanda hídrica bruta (mm/día)
- ✚ Etr = Uso consultivo o demando hídrica de diseño (mm/día)
- ✚ Ef = Eficiencia del riego

6.4.12. Tiempo de riego en base a lámina corregida

$$T_{RC} = \frac{L_C}{I_A}$$

Ecuación 15: Tiempo de riego corregida

Dónde:

- ✚ T_{RC} = Tiempo de riego corregido (hr)
- ✚ L_C = Lámina neta corregida (mm)
- ✚ I_A = Intensidad de aplicación en mm/hr

Además:

$$I_A = \frac{Q_E}{E_e \times E_l}$$

Ecuación 16: Intensidad de aplicación

- ✚ I_A = Intensidad de aplicación en (mm/hr)
- ✚ Q_E = Caudal del emisor (lph)
- ✚ E_e = Espaciamiento entre emisores (m)
- ✚ E_l = Espaciamiento entre laterales (m)

6.4.13. Caudal por (Ha)

Expresará el valor en m³/hr ha, que dependerá de la intensidad de aplicación, y de los mm de agua a aplicar por m².

$$Q_{HA} = I_A \times 10 \text{ m}^3/\text{ha}/1\text{mm}$$

Ecuación 17: Caudal por ha

Dónde:

✚ Q_{HA} = Caudal por hectárea en (m³/hr ha)

✚ 1mm de lluvia = 1Ltr/m² = 10 m³/ha

6.4.14. Caudal (Total)

Corresponderá al valor en m³/hr, que requiere y demanda el área a regar para cada uno de los cultivos.

$$Q_{Tt} = Q_{HA} \times A_{TOTAL}$$

Ecuación 18: Caudal total

Dónde:

✚ Q_{Tt} = Caudal total en (m³/hr)

✚ Q_{HA} = Caudal por hectárea en (m³/hr ha)

✚ A_{TOTAL} = Área total de riego (ha)

6.4.15. Turnos de riego

Expresará el valor o número de área subdividida a regar, este dependerá del caudal disponible y del caudal demandado por el riego, además, de las horas que se disponen para regar.

$$\#Turnos = \frac{HR_{DISP}}{T_{RC}}$$

Ecuación 18: Número de turnos

Dónde:

✚ HR_{DISP} = Horas de riego disponible (hr)

✚ T_{RC} = Tiempo de riego corregido (hr)

6.4.16. Jornada de riego

Será el valor total de horas para finalizar el periodo de área regable, a lo que llamamos jornada de riego, es decir, el tiempo en horas para concluir el riego establecido.

$$Jornada\ de\ riego = \#Turnos \times T_R$$

Dónde:

✚ Jr = Jornada de riego (hr)

✚ #Turnos = Número de turnos de riego

✚ T_{RC} = Tiempo de riego (hr)

6.4.17. Área por turnos de riego

$$Área\ por\ turnos = \frac{A_{TOTAL}}{\#Turnos}$$

Ecuación 17: Área por turno

Dónde:

✚ A_{TOTAL} = Área total de riego (Ha)

✚ # Turnos = Número de turnos

6.4.18. Caudal por (Turno)

Este valor, será la cantidad de agua a conducir o llevar por cada turno de riego, en (m^3/hr) o (gpm), siendo el producto del área por turno de riego y el caudal por hectárea a aplicar.

$$Q_{(Turno)} = A_{Turno} \times Q_{HA}$$

Dónde:

- ✚ $Q_{(Turno)}$ = Caudal por turno (m^3/hr)
- ✚ A_{Turno} = Área por turno de riego (ha)
- ✚ Q_{HA} = Caudal por hectárea en ($m^3/hr ha$)

6.5. Diseño Geométrico

Corresponderá al dimensionamiento de las áreas regables, así como la ubicación de los componentes de riego, tales como: tubería de conducción, tubería secundaria o manifold, y laterales de riego; con objeto de aplicar el agua correspondiente a su área efectiva, es decir, áreas por turno, áreas de válvulas y caballetes de riego. Esta operación, se hará haciendo usos de los softwares, Google Earth, Global Mapper, y Auto-Cad.

6.6. Diseño Hidráulico

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

Cumpliendo con las pérdidas por fricción permitidas para cada sistema, y la velocidad permisible en las tuberías; además, de cumplir con las presiones y caudales de trabajo correspondientes, y otras variables que satisfacen las exigencias establecidas.

6.6.1. Pérdidas por fricción Hazen-Williams

Para el cálculo de las pérdidas por fricción, se utilizará la ecuación de Hazen-Williams:

$$H_f = 10.67 \left(\frac{Q^{1.852}}{CH^{1.852}} \right) \left(\frac{L}{D^{4.87}} \right)$$

Ecuación 18: Pérdidas por fricción Hazen-Williams

Dónde:

- ✚ H_f = Pérdidas por fricción en (m)
- ✚ Q = Caudal (m³/s)
- ✚ CH = Coeficiente de rugosidad de Hazen, que depende del material por donde pasará el fluido (PVC)
- ✚ D = Diámetro de la tubería (m)

6.6.2. Pérdidas permisibles

Serán las pérdidas o el valor máximo permitido a respetar en cada uno de los sistemas de riego, que dependerán del caudal a transportar, la longitud y diámetro de la tubería. Éste se determinará con respecto a la presión nominal de trabajo en la que operan los emisores de riego; 15% de la presión de trabajo para riego por goteo, y 20% para riego por microaspersión.

6.6.3. Velocidades permisibles

Serán las velocidades máximas de diseño, se procurará que las velocidades no excedan y permanezcan en un intervalo de (0.5-2.5) m/s, evitando el desgaste en las tuberías, garantizando su vida útil y permitiendo un flujo laminar uniforme.

6.6.4. Perdidas corregidas

Dado a que existen perdidas de carga en tuberías con salidas múltiples, en este caso considerando el número de salidas en los laterales de riego y tubería secundaria (manifold).

A medida que el agua avanza, el caudal en la tubería se va reduciendo, por tanto, la perdida de carga por fricción será de menor magnitud que la pérdida de carga en una tubería simple. Este factor de corrección, se hará considerando el criterio de Christiansen (1942), mediante la ecuación:

$$F = \frac{1}{m + 1} + \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt{m - 1}}{6N^2}$$

Ecuación 19: Factor de corrección de Christiansen

Dónde:

- ✚ F = Factor de Christiansen (adimensional)
- ✚ m = Exponente del gasto en la fórmula usada para calcular las perdidas por fricción, Hazen-Williams (m = 1.852)
- ✚ N = Número de salidas en toda la longitud de la tubería

6.6.5. Potencia del equipo de bombeo

Se determinará mediante la siguiente ecuación:

$$P_{HP} = \frac{Q \times CTD}{3960 * \eta}$$

Ecuación 20: Potencia del equipo de bombeo

Dónde:

✚ P_{HP} = Potencia de la bomba (HP)

✚ Q = Caudal disponible (gpm)

✚ CTD = Carga total dinámica (pie)

✚ η = Eficiencia

Además:

$$CTD = ND + Hf + Pd + \Delta Z$$

Ecuación 21: Carga total dinámica

Dónde:

✚ ND = Nivel dinámico (pie)

✚ Hf = Pérdidas por fricción totales (pie)

✚ Pd = Presión en la descarga (pie)

✚ ΔZ = Desnivel desde el punto de descarga, al punto final del sistema (pie)

6.7. Establecimiento del presupuesto de gastos de inversión del diseño

A partir de las divisiones de área calculadas por medio del diseño geométrico, sumado a su relación con los aspectos hidráulico como son las pérdidas de presión y dimensionamiento del diámetro y longitudes de las tuberías, se procederá a brindar los materiales requeridos y la cantidad necesaria de cada elemento que se requerirá en el diseño mediante una hoja de cálculos en el software o programa ofimático Excel, herramienta que brindará el costo unitario y global de la inversión del proyecto.

VII. ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

7.1. Determinación de las propiedades hidrofísicas del suelo

La tabla 1, muestra los resultados obtenidos de las propiedades hidrofísicas evaluadas en laboratorio, cada una posee las características en correspondencia a las demandas óptimas que requiere los cultivos en cuanto a la relación, agua-suelo-planta, que fundamentan el diseño.

Tabla 1. Resumen de las propiedades Hidrofísicas del suelo, de la Finca La Carbonera.

Descripción		Unidad de medida	Evaluación
%Humedad en base a suelo húmedo	29.5	%	Media
Capacidad de campo (C/c)	24	%	Media
Punto de Marchitez permanente (PMP)	11.43	%	-
Densidad Aparente (Da)	1.074	gr/cm ³	Baja
Densidad real (Dr)	1.738	gr/cm ³	Baja
Porosidad total (Pt)	38.23	%	Muy baja
Potencial de hidrógeno PH	6.88	-	Neutro
Conductividad eléctrica (CE)	0.000439	milimhos/cm	No salino

Textura del suelo
Franco Arcilloso Arenoso.

Fuente: Propia

7.1.1. Porcentaje de la humedad o contenido de agua en el suelo

Llevándose a cabo el análisis exhausto, se reveló un porcentaje de humedad en base a suelo húmedo de 29.25%, expresada como un valor medio, siendo esta la cantidad en porcentaje de absorción activa de agua encontrada o disponible, que puede contener el suelo, siendo de este modo óptimo para la buena distribución y absorción de nutrientes que requieren los cultivos.

7.1.2. Capacidad de campo (Cc)

Se ha estimado con un valor de 24%, evaluándolo como un valor medio, y expresa la cantidad de agua que puede retener el suelo en contra de la aceleración de la gravedad, por lo cual esta propiedad se considera con las condiciones adecuadas para la retención de agua, favoreciendo la lámina de riego a ser aplicada.

7.1.3. Punto de marchitez permanente (PMP)

Mostró un valor de 11.43 %, representando en % de agua no disponible al llegar a esta condición, es decir, agua que se encuentra fuertemente retenida por diferentes fuerzas y que a las plantas se les dificulta su aprovechamiento.

7.1.4. Densidad aparente (Da)

La Densidad aparente, resultando de 1.074 gr/cm³ clasificándolo como baja, lo cual indica necesariamente un ambiente favorecido para el crecimiento de las plantas, con bajas características de compactación en el suelo de estudio.

7.1.5. Densidad real (Dr)

Se obtuvo un resultado de 1.738 gr/cm³, evaluándolo como un valor muy bajo, es decir, suelo con poca presencia de materia orgánica, y que puede ser complementado o ajustado por fertiriego, según la demanda de minerales de los cultivos de estudio.

7.1.6. Porosidad total (Pt)

Según se estructura y textura su valor osciló en 38.23%, lo que lo califica como una porosidad muy baja, ya que presenta cantidad de mineral arcilloso.

7.1.7. Potencial de hidrógeno (PH)

Realizando el análisis se encontró que el suelo posee un Ph de 6.88 clasificándolo como un suelo con pH neutro, adecuado para absorción y disposición de los nutrientes de manera general para los diferentes cultivos.

7.1.8. Conductividad eléctrica (CE)

Arrojó un valor de 0.000439 milimhos/cm, siendo este no salino o efectos de salinidad nulo, lo que respecta que no existirá un desequilibrio iónico en la planta, por ende, estas podrán absorber el agua y los nutrientes sin cantidades de sales, favoreciéndolas en su crecimiento y desarrollo.

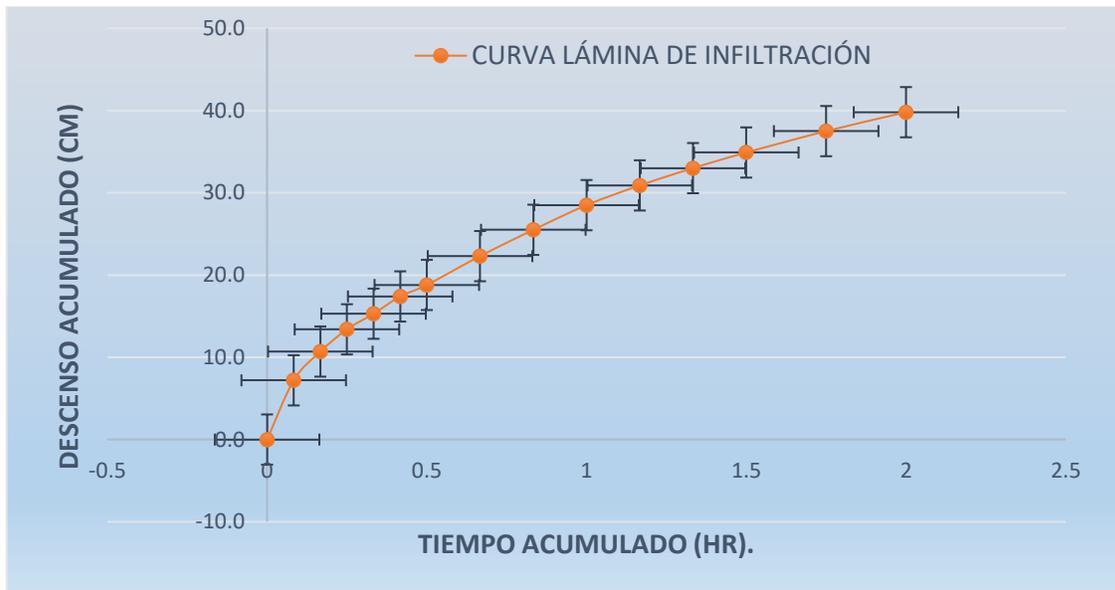
7.1.9. Textura del suelo

Se determinó una textura Franco Arcilloso Arenoso, valorándolo como un suelo ideal para ejecución y producción agrícola, por efecto de la cohesión y combinación de partículas que prevalecen con las propiedades más importantes relacionados con los nutrientes del suelo.

7.1.10 Velocidad de infiltración en el suelo

A partir de los datos obtenidos en campo, se determinó la velocidad de infiltración (Método de campo Porchet), con un valor de 12.23 mm/hr, en un periodo de intervalos de 5, 10, y 15 minutos, hasta completar 120 minutos de prueba, es decir 2 horas respectivamente; representando a la vez el comportamiento gráfico de la lámina y de la curva de infiltración del suelo.

Gráfico 1. Curva lámina de infiltración.

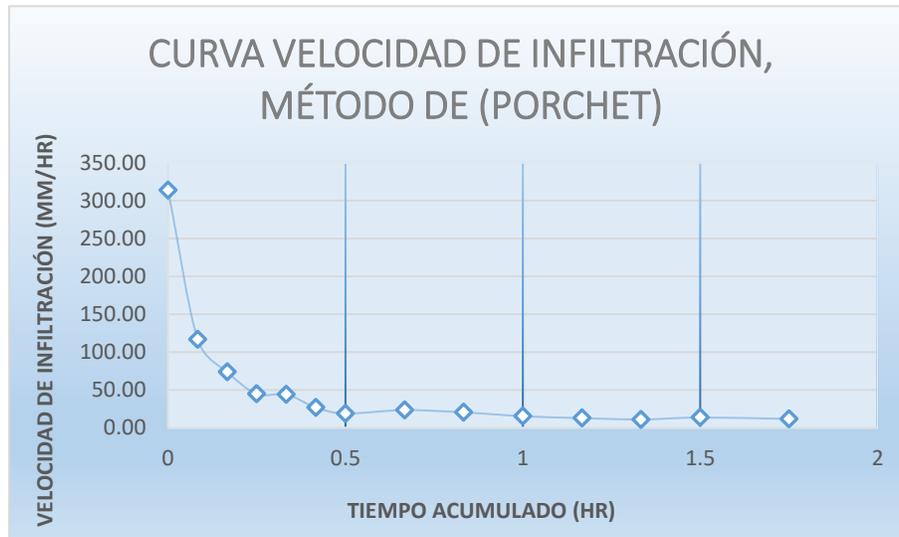


Fuente: Propia

El gráfico 1, representa el comportamiento de la lámina de infiltración de agua en el estrato del suelo, en las 2 horas de prueba, basados en el tiempo acumulado (hr) vs descenso acumulado (cm). Siendo este un comportamiento ascendente a medida en que transcurrió el tiempo y la infiltración de agua en el suelo.

Posteriormente, se logró graficar la curva de velocidad de infiltración del suelo, tomando en consideración el área de sección de infiltración de agua en el suelo, con respecto transcurre el tiempo. Siendo esta una curva descendente, representando la velocidad de infiltración, la cual es menor a medida que pasa el tiempo, hasta obtener una velocidad de infiltración aproximadamente estable o constante.

Gráfico 2. Curva velocidad de infiltración.



Fuente: Propia.

Así, el valor de la velocidad de infiltración, se ha tomado en consideración con el promedio de los últimos valores de mediciones aproximadamente constantes, es decir cuando la curva de velocidad de infiltración desciende y permanece constante.

Siendo la velocidad de infiltración igual a 12.23 mm/hr. Este parámetro ha sido tomado en cuenta para la selección de un buen emisor y marco de riego, es decir, la intensidad de aplicación (mm/hr), que será aplicada en cada diseño de riego, tomando como norma básica, que la intensidad de aplicación sea menor que la velocidad de infiltración, $I_a < V_{Infiltración}$.

Respetado este parámetro en cada uno de los diseños de riego, se evitarán los encharcamientos en el suelo, además de la erosión por escorrentía y la prevalencia de enfermedades fungosas en las plantas.

7.2. Determinación de los parámetros de diseño

7.2.1. Evapotranspiración de referencia (ETO)

La figura 12, muestra el valor del parámetro climático de evapotranspiración de referencia (ETO), estimado a partir de datos meteorológicos de la estación de Masaya, haciendo uso del software Crowat, con respecto a las épocas de los años (2008-2019) en específico, determinando un valor máximo de **5.65 mm/día**, correspondiente al mes de mayo, método (FAO Penman-Monteith).

Figura 12. Evapotranspiración de referencia (ETO).

Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento km/día	Insolación horas	Rad MJ/m²/día	ETo mm/día
Enero	20.7	30.4	74	3	11.4	23.6	4.12
Febrero	21.1	31.6	71	3	11.6	25.5	4.59
Marzo	21.8	33.1	67	2	11.9	27.4	5.10
Abril	23.0	34.3	66	2	12.3	28.5	5.51
Mayo	23.6	33.3	73	2	12.6	28.4	5.65
Junio	23.1	31.1	82	2	12.7	28.0	5.54
Julio	22.8	30.5	83	2	12.6	28.0	5.46
Agosto	22.9	31.1	83	2	12.4	28.3	5.56
Septiembre	22.7	30.7	85	2	12.1	27.7	5.44
Octubre	22.4	30.1	85	2	11.7	25.9	4.96
Noviembre	21.8	30.0	82	2	11.4	23.8	4.38
Diciembre	21.0	30.0	78	2	11.3	22.8	4.02
Promedio	22.2	31.4	77	2	12.0	26.5	5.03

Fuente: Software Cropwat, Program Data Climate.

Para la aplicación del método de FAO Penman-Monteith, se generó información climática de entrada, tales como, **temperatura diaria promedio (mínima y máxima) en grados centígrados (°C)**, **humedad relativa media diaria en (%)**, **velocidad del viento (m/s – km/día)**, e **insolación diaria en (hr)**, de la zona de estudio.

7.2.2. Necesidades hídricas (coeficiente del cultivo Kc)

Los coeficientes únicos de cultivo (**Kc**), presentados en las tablas 2, 3 y 4, están basados en el consumo o necesidades de agua en tres fases de la planta, el cual cambia según su estadio de crecimiento, (**Kc inicial, Kc medio, Kc final**).

Se han tomado los valores, según los estudios considerados de valores de (**Kc**) recomendados por la **FAO**, para cultivos no estresados y bien manejados, tomando el valor mayor de (**Kc**) en sus etapas de mayores necesidades hídricas o fructificación para diseño del riego.

Valores de coeficiente único de cultivo Kc, y alturas medias máximas de las plantas para cultivos no estresados y bien manejados, en climas sub-húmedo. FAO.

Tabla 2. Coeficiente (Kc), Necesidades hídricas del cultivo de plátano.

Cultivo	Kc (ini)	Kc (Med)	Kc (Fin)
Plátano	1.0	1.2	1.1

Fuente: FAO

Tabla 3. Coeficiente (Kc), Necesidades hídricas del cultivo de Naranja

Cultivo	Kc (ini)	Kc (Med)	Kc (Fin)
Naranja	0.65	0.75	0.60

Fuente: FAO

Tabla 4. Coeficiente (Kc), Necesidades hídricas del cultivo de Chiltoma.

Cultivo	Kc (ini)	Kc (Med)	Kc (Fin)
Chiltoma	0.30	0.95	0.8

Fuente: FAO

7.2.3. Determinación de la Evapotranspiración real (ETC o ETR)

Conocido los coeficientes únicos de cultivo (**Kc**), proporcionados por la **FAO**, junto con la evapotranspiración de referencia (**ET0**) determinada mediante el método **FAO Penman-Monteith**, se determinó la Evapotranspiración real de la superficie de la zona y del cultivo de estudio, siendo este, el producto de ambos, expresada en mm/día para cada cultivo, el cual corresponderá al valor de la demanda hídrica de diseño a tomar en cuenta.

Tomando en consideración el valor mayor (**Kc**) **5.65 mm/día**, en sus etapas de máximas demandas hídricas, o fructificación para el diseño del riego, así:

$$\text{Evapotranspiración real (Etr o Etc)} = E_{T0} \times K_C$$

Dónde:

- ✚ Etr o Etc = Evapotranspiración real o demanda hídrica de diseño en (mm/día).
- ✚ Eto = Evapotranspiración de referencia en (mm/día).
- ✚ Kc = Coeficiente único de cultivo, (adimensional).

Para el cultivo de Plátano:

$$\text{Evapotranspiración real (Etr o Etc)} = 5.65 \text{ mm/día} \times 1.2 = 6.78 \text{ mm/día}$$

Para el cultivo de Naranja:

$$\text{Evapotranspiración real (Etr o Etc)} = 5.65 \text{ mm/día} \times 0.75 = 3.96 \text{ mm/día}$$

Para el cultivo de Chiltoma:

$$\text{Evapotranspiración real (Etr o Etc)} = 5.65 \text{ mm/día} \times 0.95 = 5.37 \text{ mm/día}$$

7.3. Diseño Agronómico por Microaspersión, para cultivo de Plátano

7.3.1. Datos de diseño

A partir del resumen los datos de suelo, parámetros, y datos específicos de diseño, se establece el diseño agronómico por microaspersión, tomando de manera general la selección de los datos específicos para su ejecución.

Tabla 5. Datos de diseño Agronómico por Microaspersión.

DATOS DE SUELO		
Descripción	Valor	Unidad de medida
Capacidad de campo (Cc)	24.00	%
Punto de marchites permanente (Pmp)	11.43	%
Densidad aparente (Da)	1.07	g/cm ³
Profundidad efectiva (Pe)	200.00	mm
Porcentaje de agotamiento (LARA)	40.00	%
DATOS DE AMBIENTE		
Área	1.34	Ha
Cultivo		Plátano
Evapotranspiración potencial (Eto)	5.65	mm/día
Coeficiente de cultivo (Kc)	1.20	Adimensional
Evapotranspiración real (Etr)	6.78	mm/día
Eficiencia esperada	90.00	%
Uso consultivo máximo diario (DHB)	7.53	mm/día
DATOS DE RIEGO		
Método de riego		Microaspersión
Marco de plantación		Doble surco
Modelo del microaspersor		Azud Flujo Libre
Frecuencia de riego		Diario
Caudal del emisor	69.00	LPH
Presión de trabajo	2.00	Bares
Diámetro mojado	8.00	m
Espaciamiento entre emisores (Ee)	4.80	m
Espaciamiento entre laterales (El)	4.70	m
Número de emisores por lateral	18.00	-
Caudal de bombeo disponible	22.73	m ³ /hr
Nivel dinámico de bombeo	22.00	m

Fuente: Propia

➤ **Lámina de riego**

Se ha determinado un valor de 27 mm correspondiente a la lámina de riego que deberá tener el suelo y la máxima humedad que puede retener.

$$L_r = \frac{C_c - PMP}{100} \times Da \times Pr$$
$$L_r = \frac{24\% - 11.43\%}{100} \times 1.074 \frac{gr}{cm^3} \times 200 mm = 27 mm$$

➤ **Lámina neta a aplicar**

Será la lámina que se tomará en cuenta, equivalente a 10.8 mm, siendo esta la dosis de agua que puede ser aplicada durante el riego.

$$L_N = L_r \times \% Ag$$
$$L_N = 27 mm \times 0.4 = 10.8 mm$$

➤ **Agotamiento permisible**

En el diseño, se ha permitido agotar, un 40% de lámina de riego, a lo que corresponde la lámina neta a aplicar, tomando en consideración según experiencias recomendadas, regar cuando se ha consumido entre (40-50) % en cultivos de raíces intermedias, esto es el % de agua que se dejará agotar en el suelo de estudio.

➤ **Frecuencia de riego**

Se ha estimado una frecuencia diaria de riego, para el cultivo de plátano, en función (suelo-planta), con la relación a la lámina neta de aplicación, y la demanda hídrica bruta; esto será el indicativo de cuanto regar. Siendo la frecuencia de aplicación de agua, como el número de veces que se riega en un tiempo determinado.

$$F_R = \frac{L_N}{D_{HB}}$$
$$F_R = \frac{10.8 mm}{7.53 mm/día} = 1.43 dia \cong 1 día$$

➤ **Lámina neta corregida**

Habiendo estimado el número de aplicación del riego (frecuencia de riego), se ajusta la lámina neta a aplicar, es decir, la lámina neta a aplicar corregida. Siendo esta el producto de la frecuencia de riego y la demanda hídrica bruta de diseño.

Dado a que el valor de la frecuencia de riego le corresponde a 1 día (diario), la lámina neta corregida será igual a la demanda hídrica bruta, permaneciendo como la lámina real a aplicar al cultivo, 7.53 mm/día.

$$L_c = F_R \times D_{HB}$$

$$L_c = 1 \text{ día} \times 7.53 \text{ mm/día} = 7.53 \text{ mm}$$

➤ **Tiempo de riego**

Con la relación de la demanda hídrica bruta de diseño y la intensidad de aplicación determinada, es decir, la cantidad de agua que se aplicará en cada emisor de riego según su marco, se determina el tiempo que durará el riego.

$$T_R = \frac{D_{HB}}{I_A}$$

$$T_R = \frac{7.53 \text{ mm/día}}{3.06 \text{ mm/hr}} = 2.46 \text{ hr/día}$$

Este corresponderá a un tiempo de 2.26 hr/día, siendo este el tiempo en horas por día que deberá durar la aplicación de riego diaria por cada turno de riego, para satisfacer la lámina neta de riego corregida, a la profundidad deseada y marco de riego establecido.

➤ **Demanda hídrica bruta**

Este será el valor real de la lámina a aplicar al cultivo, correspondiente a 7.53 mm/día, con respecto a la relación entre la evapotranspiración real 6.78 mm/día, y la eficiencia esperada del diseño, correspondiente a un 90%.

$$D_{HB} = \frac{Etr}{Ef}$$

$$D_{HB} = \frac{6.78 \text{ mm/día}}{0.90} = 7.53 \text{ mm/día}$$

➤ **Turnos de riego**

Al diseño de riego le corresponderá un valor o número de área subdividida a regar de 2 turnos de riego, para satisfacer el área total regable.

$$T_R = \frac{D_{HB}}{I_A}$$

$$T_R = \frac{7.53 \text{ mm/día}}{3.06 \text{ mm/hr}} = 2.46 \text{ hr/día}$$

Además:

$$I_A = \frac{Q_E}{E_e \times E_l}$$

$$I_A = \frac{69 \text{ lph}}{4.8 \text{ m} \times 4.7 \text{ m}} = 3.06 \text{ mm/hr}$$

➤ **Jornada de riego**

Será el valor total de horas para finalizar el periodo de área regable por microaspersión, a lo que llamamos jornada de riego, es decir, el tiempo en horas para concluir los 2 turnos de riegos en su tiempo establecido, con un total de 4.92 hr.

$$\text{Jornada de riego} = \# \text{Turnos} \times T_{RC}$$

$$\text{Jornada de riego} = 2 \times 2.46 \text{ hr} = 4.92 \text{ horas}$$

➤ **Área por turnos de riego**

A cada área de riego por turno le corresponderá un valor de 0.67 ha/turno, es decir, el área total de riego de 1.34 ha, dividida entre los 2 turnos de riego determinados.

$$\text{Área por turnos} = \frac{A_{TOTAL}}{\# \text{ Turnos}}$$

$$\text{Área por turnos} = \frac{1.34 \text{ Ha}}{2} = 0.67 \text{ ha/Turno}$$

➤ **Caudal por (Ha)**

Expresará el valor en m³/hr.ha, que dependerá de la intensidad de aplicación, y de los mm de agua a aplicar por m².

$$Q_{HA} = I_A \times 10 \text{ m}^3/\text{ha}/1\text{mm}$$

$$Q_{HA} = 3.06 \text{ mm/hr} \times 10 \text{ m}^3/\text{ha}/1\text{mm} = 30.59 \text{ m}^3/\text{hr. ha}$$

➤ **Caudal por (Turno)**

Este valor, será la cantidad de agua a conducir o llevar por cada turno de riego, en (m³/hr) o (gpm), siendo el producto del área por turno de riego y el caudal por hectárea a aplicar.

$$Q_{(Turno)} = A_{Turno} \times Q_{HA}$$

$$Q_{(Turno)} = 0.67 \text{ ha} \times 30.59 \text{ m}^3 \frac{\text{hr}}{\text{ha}} = 20.49 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \cong 90.16 \text{ GPM}$$

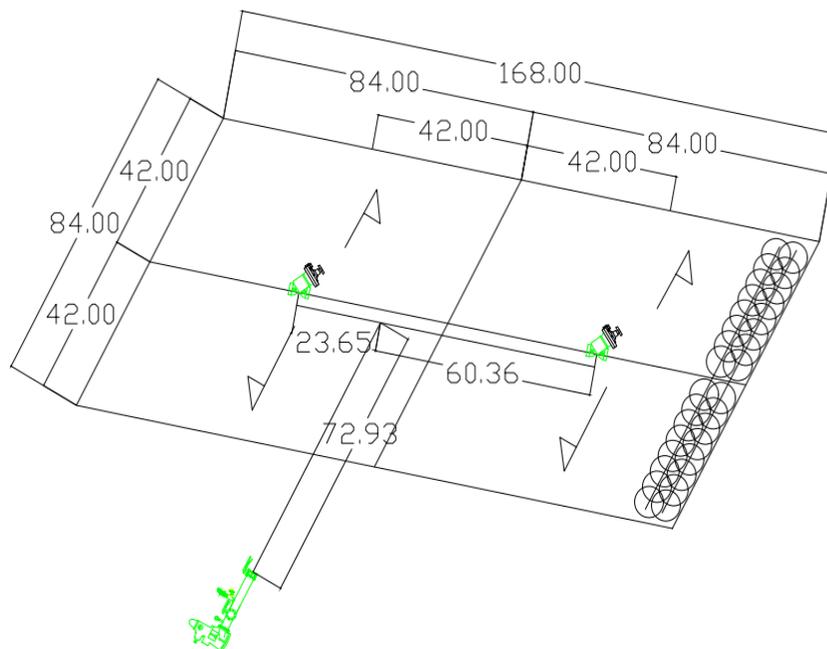
7.4. Diseño Geométrico por Microaspersión

En esta operación, se hizo uso de los softwares, Google Earth para delimitar el área de la parcela y la ubicación de la fuente de abastecimiento del sistema de riego; además, de las características geográficas del terreno, obteniendo información sobre el relieve y curvas a nivel mediante el uso de Global Mapper, para su posterior análisis geométrico en el software de Auto-Cad.

Posteriormente, dimensionando las áreas regables por turnos de riego, determinadas en el diseño agronómico, además de la ubicación geométrica de los componentes de riego, tales como, fuente de abastecimiento, delimitación de la tubería de conducción, laterales de riego, y caballetes de riego.

Figura 13: Dimensionamiento de las áreas regables por microaspersión, en AutoCAD.

DISEÑO GEOMÉTRICO PARA EL CULTIVO DE PLATANO



Fuente: Propia

En la determinación de la cantidad de tubería PVC se tomaron las mediciones en metros desde el pozo hasta la posición de las válvulas, siendo 98 m para la válvula n°1, adicionalmente para la válvula n°2 fueron 62 m al dividirlo entre 5.85 m del largo efectivo de la tubería se obtuvo la cantidad de tubería PVC de 2".

$$N^{\circ}tubos = \frac{(98\ m + 62\ m)}{5.85\ m} \rightarrow N^{\circ}tubos \cong 28\ tubos\ pvc\ de\ 2''$$

Para la tubería PVC de 1 1/2" se tomó el ancho de 2 manzanas siendo 168 m y se procedió a realizar el cálculo.

$$N^{\circ}tubos = \frac{(168\ m)}{5.85\ m} \rightarrow N^{\circ}tubos \cong 29\ tubos\ pvc\ de\ 1\ 1/2''$$

Para la elaboración de un caballete se utilizaron los materiales mostrados:

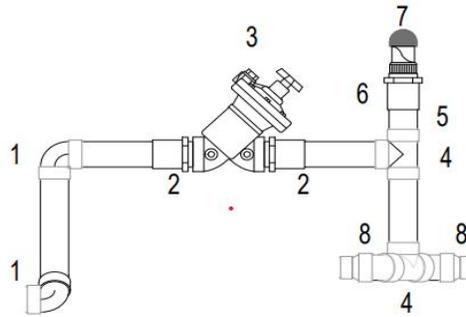
Tabla 6. Listado de materiales para la elaboración del caballete de riego por Microaspersión.

Cantidad	Detalle
2	Codo pvc 2"x90°
2	Adaptador roscable macho 2"
1	Válvula reguladora de presión 2"
2	Tee pvc 2"
1	Reductor pvc 2"x1"
1	Adaptador roscable hembra de 1"
1	Válvula de aire de 1"
2	Reductor de 2"x1 1/2"

Fuente: Propia

La figura 14, muestra la distribución de todos los materiales que se utilizan para la construcción de un caballete de riego.

Figura 14. Componentes del caballete de riego



- | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| 1 Codo pvc 2"x90" | 5 Reductor pvc 2"x1" |
| 2 Adaptador roscable macho 2" | 6 Adaptador roscable hembra de 1" |
| 3 Válvula reguladora de presión 2" | 7 Válvula de aire de 1" |
| 4 Tee pvc 2" | 8 Reductor de 2"x1 1/2" |

Fuente: Propia

La determinación del número de laterales de riego se relaciona con respecto al espaciamiento de los emisores y el ancho de la parcela.

$$N^{\circ} \text{ laterales} = \frac{168 \text{ m}}{4.7 \text{ m}} \rightarrow N^{\circ} \text{ laterales} \cong 36 \text{ laterales de riego}$$

La cantidad de manguera de polietileno relaciona el número de surcos con la longitud de los mismos.

$$\text{Metros de manguera de polietileno} = (36 \text{ surcos})(84 \text{ m}) \rightarrow 3024 \text{ m de manguera}$$

$$N^{\circ} \text{ rollos de polietileno} = \frac{3024 \text{ m}}{500 \text{ m}} \rightarrow N^{\circ} \text{ rollos de polietileno} \cong 6 \text{ rollos}$$

El número de conectores de la tubería PVC a las mangueras de polietileno es igual al doble del número de laterales calculados.

$$N^{\circ} \text{ conectores} = 2(N^{\circ} \text{ Surcos}) = 72 \text{ conectores iniciales}$$

El número de microaspersores se determinó por la separación de los emisores en relación a largo de un surco.

$$N^{\circ} \text{ Microaspersores} = \frac{84 \text{ m}}{4.8 \text{ m}} \cong 18 \text{ microaspersores}$$

$$\text{Total de microaspersores} = (18 \text{ micro})(36 \text{ laterales})$$

$$\text{Total de microaspersores} \cong 630 \text{ microaspersores}$$

7.5. Diseño Hidráulico por Microaspersión

Habiendo determinado los componentes y dimensiones de la red, se analizó el funcionamiento de la instalación de riego, de tal manera que se puedan aplicar las necesidades de agua al cultivo en el tiempo que se haya establecido, teniendo en cuenta el diseño agronómico y geométrico previamente realizado.

Cumpliendo con las pérdidas por fricción permitidas para cada sistema, y la velocidad permisible en las tuberías; además, de cumplir con las presiones y caudales de trabajo correspondientes, y otras variables que satisfacen las exigencias establecidas.

Tabla 7. Cálculo Hidráulico en las tuberías de conducción, Riego Por Microaspersión.

LONGITUD (mts)	CAUDAL (mch)	DIAMETRO Pulg.	mm	C	PERDIDA (mts)	VELOCIDAD (m/s)	PERDI Psi
136.6	20.49	2"	56.63	150	11.19	2.26	15.9
SUMA – PERDIDA CONDUCTORA					11.19		
LATERAL							
42	0.604	16	15.6	140	3.05	0.88	4.34
SUMAS - PERDIDA HF CORRERGIDA					3.05		
MANIFOLD							
42	10.25	1 1/2"	45.22	150	2.85	1.77	4.06
SUMAS - PERDIDA HF CORRERGIDA					2.85		4.06

Fuente: Propia.

7.5.1. Cálculo de las pérdidas por fricción de la tubería conductora utilizando el método de Hazen-Williams.

Se determinó las pérdidas por fricción en la conducción, conociendo el caudal a transportar por cada turno de riego, longitud desde el equipo de bombeo al turno de riego más crítico, coeficiente de rugosidad (PVC), además de la selección del diámetro de la tubería conociendo el caudal máximo permitido en la sección de la tubería.

$$Hf_{Conductora} = 10.67 \left(\frac{Q^{1.852}}{CH^{1.852}} \right) \left(\frac{L}{D^{4.87}} \right)$$

Ecuación 22: Perdidas por fricción Hazen-Williams

$$Hf_{Conductora} = 10.67 \left(\frac{(5.692 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s})^{1.852}}{(150)^{1.852}} \right) \left(\frac{136.6 \text{ m}}{(0.05663 \text{ m})^{4.87}} \right)$$

$$Hf_{Conductora} = 11.19 \text{ m}$$

Con un valor de pérdidas por fricción de 11.19 m.c.a, que serán compensados por el equipo de bombeo.

7.5.2. Velocidad permisible

Respetando el criterio de velocidad, estimando no excedan y permanezcan en un intervalo de (0.5-2.5) m/s, siendo este el valor de la velocidad del flujo en la conducción, de 2.26 m/s.

$$V = \frac{Q \text{ (m}^3/\text{s)}}{A \text{ (m}^2)}$$

$$V = \frac{(5.692 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s})}{\frac{\pi(0.05663 \text{ m})^2}{4}} \cong 2.3 \text{ m/s}$$

7.5.3. Cálculo de las pérdidas permisibles en la tubería lateral.

Será la pérdida o el valor máximo permitido a respetar en el diseño hidráulico, que dependerán del caudal a transportar, la longitud y diámetro de la tubería. Éste se determinó con respecto a la presión nominal de trabajo en la que operan los emisores de riego, es decir, 20% para riego por microaspersión.

Por tanto, las pérdidas permitidas a respetar serán igual a:

$$Hf \text{ (max)} = 0.20 \times h_0$$

$$Hf \text{ (max)} = 0.20 \times 20.42 \text{ m} = 4.084 \text{ m}$$

Con un valor de pérdidas por fricción, conociendo el caudal, longitud del lateral y diámetro de la tubería:

$$Hf_{Lateral} = 10.67 \left(\frac{Q^{1.852}}{CH^{1.852}} \right) \left(\frac{L}{D^{4.87}} \right)$$

$$Hf_{Lateral} = 10.67 \left(\frac{(1.678 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s})^{1.852}}{(140)^{1.852}} \right) \left(\frac{42.0 \text{ m}}{(0.0156 \text{ m})^{4.87}} \right)$$

$$Hf_{Lateral} = 3.05 \text{ m}$$

Donde:

$$Q (Lateral) = N^{\circ} Salidas \times Q_{emisor}$$

$$Q (Lateral) = \frac{42.0 \text{ m}}{4.8 \text{ m}} \times 1.917 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} = 1.678 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Además:

$$N^{\circ} Salidas = \frac{L_{lateral}}{E_e}$$

$$N^{\circ} Salidas = \frac{42.0 \text{ m}}{4.8 \text{ m}} \cong 9 \text{ Salidas}$$

Así, conociendo el número de salidas y el caudal de cada emisor, se determina el caudal que transportará el lateral, además, conociendo la longitud del lateral, coeficiente de rugosidad (140 para tubería de polietileno) y diámetro interno de la tubería (polietileno), las pérdidas por fricción, Hazen-Williams, se determinaron con un valor igual a 3.05 m.c.a.

➤ **Velocidad permisible**

$$V = \frac{Q (\text{m}^3/\text{s})}{A (\text{m}^2)}$$

$$V = \frac{(1.678 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s})}{\frac{\pi(0.0156 \text{ m})^2}{4}} \cong 0.88 \text{ m/s}$$

7.5.4. Pérdidas del lateral corregidas por el método de Christiansen

En este caso considerando el número de salidas en los laterales de riego (emisores). A medida que el agua avanza, el caudal en la tubería se va reduciendo, por tanto, la pérdida de carga por fricción será de menor magnitud que la pérdida de carga en una tubería simple.

Así, el factor de Christiansen para un número igual de 9 salidas en el lateral de riego:

$$F = \frac{1}{1.852 + 1} + \frac{1}{2(9)} + \frac{\sqrt{1.852 - 1}}{6(9)^2} \cong 0.408$$

Las pérdidas por fricción corregidas serán igual a:

$$Hf_{\text{Corregida Lateral}} = Hf_{\text{Lateral}} \times F$$

$$Hf_{\text{Corregida Lateral}} = 3.05 \text{ m} \times 0.408 \cong 1.25 \text{ m}$$

7.5.5. Cálculo de las pérdidas por fricción de la tubería Manifold utilizando el método de Hazen-Williams

Conociendo el caudal a transportar, longitud desde el caballete de riego hasta al final de su longitud, coeficiente de rugosidad (PVC), además de la selección del diámetro de la tubería conociendo el caudal máximo permitido en la sección de la tubería; con un valor de pérdidas por fricción de 2.85 m.c.a.

$$Hf_{\text{manifold}} = 10.67 \left(\frac{Q^{1.852}}{CH^{1.852}} \right) \left(\frac{L}{D^{4.87}} \right)$$

$$Hf_{\text{manifold}} = 10.67 \left(\frac{(2.847 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s})^{1.852}}{(150)^{1.852}} \right) \left(\frac{42.0 \text{ m}}{(0.04522 \text{ m})^{4.87}} \right)$$

$$Hf_{\text{manifold}} = 2.85 \text{ m}$$

➤ **Velocidad permisible**

$$V = \frac{Q \text{ (m}^3\text{/s)}}{A \text{ (m}^2\text{)}}$$
$$V = \frac{(2.847 \times 10^{-3} \text{ m}^3\text{/s})}{\frac{\pi(0.04522 \text{ m})^2}{4}} \cong 1.77 \text{ m/s}$$

7.5.6. Pérdidas del Manifold corregidas por el método de Christiansen

También, en la tubería manifold, existen pérdidas de carga en tuberías con salidas múltiples (laterales de riego), en este caso considerando el número de salidas en el manifold.

$$F = \frac{1}{1.852 + 1} + \frac{1}{2(9)} + \frac{\sqrt{1.852 - 1}}{6(9)^2} \cong 0.408$$

Así:

$$Hf_{\text{Corregida manifold}} = Hf_{\text{manifold}} \times F$$

$$Hf_{\text{Corregida manifold}} = 2.85 \text{ m} \times 0.408 \cong 1.16 \text{ m}$$

7.5.7. Sumatoria de pérdidas en la tubería manifold y lateral

Por tanto, las pérdidas por fricción en las tuberías de salidas múltiples serán igual a la sumatoria de las pérdidas corregidas en el lateral de riego y las pérdidas corregidas en la tubería manifold. $\sum H_f = 1.25 \text{ m} + 1.16 \text{ m} = 2.41 \text{ m}$, siendo este, menor que las pérdidas permitidas en el sistema, $\sum H_f = 2.41 \text{ m} < Hf(\text{max}) = 4.084 \text{ m}$.

7.5.8. Pérdidas por fricción totales

Así, las pérdidas por fricción totales en el sistema de riego, serán igual a la sumatoria de las pérdidas por fricción en la tubería de conducción, tubería lateral, y manifold, por consiguiente, el valor de las pérdidas totales $Hf_{Totales} = Hf_{Conductora} + Hf_{Corregida\ Lateral} + Hf_{Corregida\ manifold}$; $Hf_{Totales} = 11.19\ m + 1.25\ m + 1.16\ m = 13.60\ m \cong 44.63\ pie$.

7.5.9. Potencia del equipo de bombeo

Habiendo conocido el valor de las pérdidas por fricción totales en todo el tramo de conducción del diseño, además del desnivel desde el punto de descarga, al punto final del sistema, nivel dinámico de bombeo según sus antecedentes del pozo, y la presión en la descarga, se determinó la potencia del equipo de bombeo para poder compensar las pérdidas por fricción y que el sistema opere correctamente. Siendo el valor de la presión en la descarga, igual a, $Pd = Hf_{Totales} + Hf_{filtro} + Hf_{Válvula\ Hidráulica} + Hf_{Acc} + P_{Trabajo\ del\ Emisor} + H_{Elevador} = 44.63\ pie + 2.33\ pie + 6.69\ pie + 3.11\ pie + 66.99\ pie + 1.97\ pie = 125.72\ pie \cong 54.5\ psi$.

Así, en correspondencia al caudal por turno en (GPM), carga total dinámica en (pie), $CTD = ND + Pd + \Delta Z$, y la eficiencia del motor de bombeo (η) según el modelo seleccionado, se determinó la potencia del equipo de bombeo en (HP), requeridos para que el sistema de riego opere eficientemente; siendo el valor de $P_{HP} = 7.20$ (HP).

Tabla 8. Datos técnicos para la determinación de la potencia de la bomba, Cultivo Plátano.

	DATOS TÉCNICOS		
	(PIE)	(METROS)	(PSI)
NIVEL DINÁMICO DE BOMBEO	72.18	22.00	31.24
PRESIÓN EN LA DESCARGA	125.72	38.32	54.41
DESNIVEL	-16.40	-4.99	-7.09
CARGA TOTAL DINÁMICA	181.95	55.46	78.75
CAUDAL DEL TURNO	90.16	GPM	-
EFICIENCIA DEL MOTOR (η)	57.50	%	-
POTENCIA DEL MOTOR	7.20	HP	-

Fuente: Propia

7.5.10. Listado de materiales y presupuesto del diseño

En la tabla 9, se presentan detalladamente la cantidad de materiales a utilizar en el diseño, apoyados del software AutoCAD, tomando las mediciones a escala de longitud, para determinar en número de tuberías a utilizar en la conducción, manifold y laterales de riego; además, del número de microaspersores, válvulas, codos, adaptadores, conectores, cantidad de rollos de manguera y pegamento a utilizar en las 2 manzanas de riego.

Presupuestando de este modo los gastos de inversión para lograr realizar la puesta en marcha del sistema, con un costo de inversión de **USD 3,075.30**, dólares para las 2 manzanas de riego por microaspersión para el cultivo de plátano.

El diseño tendrá una vida útil de 20 años su durabilidad dependerá del mantenimiento periódico e inspecciones constante que se le brinde al diseño, de tal manera la vida útil de manguera de polietileno será de 10 años al igual que los aspersores, estos requerirán del cuidado constante y de la utilización necesaria del equipo.

Tabla 9. Listado de materiales para instalación del proyecto por Microaspersión, Cultivo Plátano.

DESCRIPCIÓN	PRECIO POR UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL C\$	PROVEEDOR
ROLLO DE MANGUERA DE POLIETILENO 16MM X 500M	C\$ 5,328.75	6.0	C\$ 31,972.50	AGRIZEN
TEE 2" PVC	C\$ 47.04	5.0	C\$ 235.20	DURMAN
REDUCTOR 2" X 1 1/2", PVC	C\$ 30.54	4.0	C\$ 122.16	DURMAN
REDUCTOR 2" X 1", PVC	C\$ 31.12	2.0	C\$ 62.24	DURMAN
CODO LISO 2" X 90°, PVC	C\$ 52.15	6.0	C\$ 312.90	DURMAN
CODO LISO 1 1/2" X 45°, PVC	C\$ 37.87	4.0	C\$ 151.48	DURMAN
AM-2", PVC	C\$ 25.76	4.0	C\$ 103.04	DURMAN
AM-1 1/2", PVC	C\$ 22.32	4.0	C\$ 89.28	DURMAN
AH-1", PVC	C\$ 17.54	2.0	C\$ 35.08	DURMAN
TH/R-1 1/2", PVC	C\$ 29.11	4.0	C\$ 116.44	DURMAN
TB-PVC 2 " X 6 M SDR 45	C\$ 283.73	28.0	C\$ 7,944.44	DURMAN
TB-PVC 1 1/2" X 6 M SDR 45	C\$ 202.64	29.0	C\$ 5,876.56	DURMAN
VÁLVULA HIDRÁULICA 2", PVC	C\$ 8,552.27	2.0	C\$ 17,104.54	AGROLÓGICO
VÁLVULA CINÉTICA 1"	C\$ 661.50	1	C\$ 661.50	AGRIZEN
MICROASPERORES 70	C\$ 47.78	630.0	C\$ 30,098.25	AGRIZEN
LPH+ESTACAS 60 CM				
INICIAL PVC X 16 MM +EMPAQUE BILABIAL HANWO	C\$ 16.54	72.0	C\$ 1,190.70	AGRIZEN
PEGAMENTO PVC ¼ GLN	C\$ 314.21	4.0	C\$ 1,256.84	AGRIZEN
Sub-Total (C\$)			C\$ 98,275.78	
IVA 15%			C\$ 14,741.37	
Total (C\$)			C\$ 113,017.15	
Total (U\$D)			\$ 3,075.30	

Fuente: Propia

7.6. Diseño Agronómico por goteo de Botón, para el cultivo de Naranja

7.6.1. Datos de diseño

A partir del resumen los datos de suelo, parámetros, y datos específicos de diseño, se establece el diseño agronómico por goteo de botón, tomando de manera general la selección de los datos específicos para su ejecución.

Tabla 10. Datos de diseño Agronómico por Goteo de Botón.

DATOS DE SUELO		
Descripción	Valor	Unidad de medida
Capacidad de campo (Cc)	24.00	%
Punto de marchites permanente (Pmp)	11.43	%
Densidad aparente (Da)	1.07	g/cm ³
Profundidad efectiva (Pe)	200.00	mm
Porcentaje de agotamiento (LARA)	40.00	%
DATOS DE AMBIENTE		
Área	1.34	Ha
Cultivo		Naranja Valencia
Evapotranspiración potencial (Eto)	5.65	mm/día
Coeficiente de cultivo (Kc)	0.70	Adimensional
Evapotranspiración real (Etr)	3.96	mm/día
Eficiencia esperada	90.00	%
Uso consultivo máximo diario (DHB)	4.40	mm/día
DATOS DE RIEGO		
Método de riego		Goteo Botón
Marco de plantación		Lineal
Modelo del gotero		Auto Compensado
Frecuencia de riego		2 Días
Caudal del emisor	8.00	LPH
Presión de trabajo	1.20	Bares
Espaciamiento entre emisores (Ee)	5.00	m
Espaciamiento entre laterales (El)	5.00	m
Número de emisores por lateral	67.00	-
Caudal de bombeo disponible	22.73	m ³ /hr
Nivel dinámico de bombeo	22.00	m

Fuente: Propia

➤ **Lámina de riego**

Se ha determinado un valor de 27 mm correspondiente a la lámina máxima.

$$L_r = \frac{C_c - PMP}{100} \times Da \times Pr$$
$$L_r = \frac{24\% - 11.43\%}{100} \times 1.074 \frac{gr}{cm^3} \times 200 \text{ mm} = 27 \text{ mm}$$

➤ **Lámina neta a aplicar**

Será la lámina que se tomará en cuenta, equivalente a 10.8 mm.

$$L_N = L_r \times \% Ag$$
$$L_N = 27 \text{ mm} \times 0.4 = 10.8 \text{ mm}$$

➤ **Agotamiento permisible**

En el diseño, se ha permitido agotar, un 40% de lámina de riego, a lo que corresponde la lámina neta a aplicar.

➤ **Frecuencia de riego**

Se ha estimado una frecuencia cada 2 días de riego, para el cultivo de naranja, en función (suelo-planta), con la relación a la lámina neta de aplicación, y la demanda hídrica bruta.

$$F_R = \frac{L_N}{D_{HB}}$$
$$F_R = \frac{10.8 \text{ mm}}{4.40 \text{ mm/día}} = 2.4 \text{ día} \cong 2 \text{ días}$$

➤ **Tiempo de riego**

Con la relación de la demanda hídrica bruta de diseño y la intensidad de aplicación determinada, es decir, la cantidad de agua que se aplicará en cada emisor de riego según su marco, se determina el tiempo que durará el riego.

$$T_R = \frac{D_{HB}}{I_A}$$

$$T_R = \frac{4.40 \text{ mm/día}}{1.28 \text{ mm/hr}} = 3.44 \text{ hr/día}$$

Este corresponderá a un tiempo de 3.44 hr/día, siendo este el tiempo en horas por día que deberá durar la aplicación de riego diaria por turno de riego, para satisfacer la lámina neta de riego corregida, a la profundidad deseada y marco de riego establecido.

Donde:

$$D_{HB} = \frac{E_{tr}}{E_f}$$

$$D_{HB} = \frac{3.96 \text{ mm/día}}{0.90} = 4.40 \text{ mm/día}$$

Además:

$$I_A = \frac{Q_E}{E_e \times E_l} \times \# \text{Gotos por planta}$$

$$I_A = \frac{8.0 \text{ lph}}{5 \text{ m} \times 5 \text{ m}} \times 4 = 1.28 \text{ mm/hr}$$

➤ Caudal por (Ha)

Expresará el valor en m³/hr.ha, que dependerá de la intensidad de aplicación, y de los mm de agua a aplicar por m².

$$Q_{HA} = I_A \times 10 \text{ m}^3/\text{ha}/1\text{mm}$$

$$Q_{HA} = 1.28 \text{ mm/hr} \times 10 \text{ m}^3/\text{ha}/1\text{mm} = 12.80 \text{ m}^3 \text{ hr/ha}$$

➤ Caudal total

Le corresponderá al valor del caudal total en m³/hr, para regar toda el área o turno de riego.

$$Q_{Tt} = Q_{HA} \times A_{TOTAL}$$

$$Q_{Tt} = 12.80 \text{ m}^3 \text{ hr/ha} \times 1.34 \text{ ha} = 17.15 \text{ m}^3/\text{hr}$$

➤ **Turnos de riego**

Al diseño de riego le corresponderá un valor de 1 turno de riego, es decir, se regará toda el área con un solo turno de riego, dada las exigencias y parámetros anteriormente determinado; y que, además, dependerá del caudal total a aplicar en toda el área en m³/hr, y del caudal que se dispone en el equipo de bombeo.

$$\#Turnos = \frac{Q_{TOTAL} (m^3/hr)}{Q_{DISP} (m^3/hr)}$$

$$\#Turnos = \frac{17.15 m^3/hr}{22.73 m^3/hr} = 0.75 \cong 1 Turnos$$

➤ **Jornada de riego**

Será el valor total de horas para finalizar el periodo de área regable, a lo que llamamos jornada de riego, es decir, el tiempo en horas para concluir el turno de riego en su tiempo establecido, con un total de 3.44 hr.

$$Jornada de riego = \#Turnos \times T_R$$

$$Jornada de riego = 1 \times 3.44 hr = 3.44 horas$$

➤ **Área por turnos de riego**

Debido a que solamente se dispondrá de un turno de riego, el área de riego por turno le corresponderá a toda el área de riego total, con un valor de 1.34 ha/turno.

$$\text{Área por turnos} = \frac{A_{TOTAL}}{\# Turnos}$$

$$\text{Área por turnos} = \frac{1.34 Ha}{1} = 1.34 ha/Turno$$

➤ **Caudal por (Turno)**

Este valor, será la cantidad de agua a conducir o llevar en el turno de riego, en (m³/hr) o (gpm), siendo el producto del área por turno de riego y el caudal por hectárea a aplicar.

$$Q_{(Turno)} = A_{Turno} \times Q_{HA}$$

$$Q_{(Turno)} = 1.34 \text{ ha} \times 12.8 \text{ m}^3 \frac{\text{hr}}{\text{ha}} = 17.15 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \cong 75.47 \text{ GPM}$$

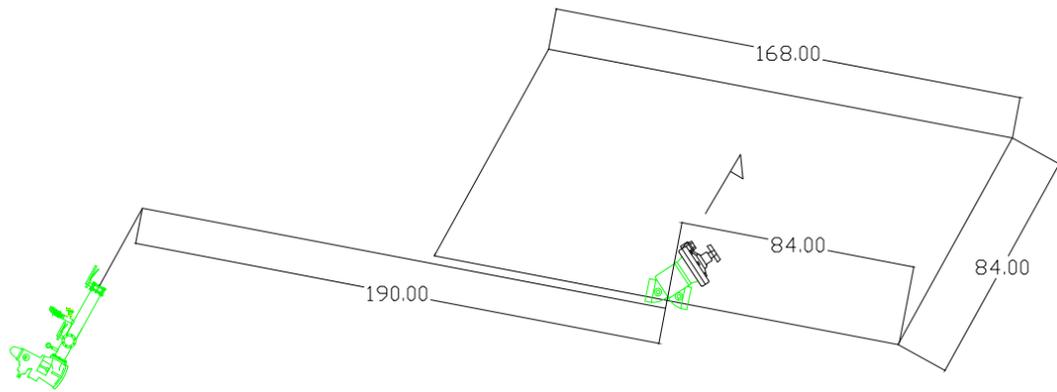
7.7. Diseño Geométrico por goteo de Botón

En esta operación, se hizo usos de los softwares, Google Earth para delimitar el área de la parcela y la ubicación de la fuente de abastecimiento del sistema de riego; además, de las características geográficas del terreno, obteniendo información sobre el relieve y curvas a nivel mediante el uso de Global Mapper, para su posterior análisis geométrico en el software de Auto-Cad.

Posteriormente, dimensionando las áreas regables por turnos de riego, determinadas en el diseño agronómico, además de la ubicación geométrica de los componentes de riego, tales como, fuente de abastecimiento, delimitación de la tubería de conducción, laterales de riego, y caballetes de riego.

Figura 15. Dimensionamiento del área regable por goteo de botón, en AutoCAD

DISEÑO GEOMÉTRICO PARA EL CULTIVO DE NARANJA



Fuente: Propia

Para el cultivo de la naranja se deriva de la tubería que se abastece el riego para el plátano, punto desde el cual existe una longitud de 191 m.

$$N^{\circ} tubos = \frac{(191 m + 70 m)}{5.85 m} \rightarrow N^{\circ} tubos \cong 45 tubos pvc de 2''$$

Para la tubería PVC de 1 1/2" se tomó la diferencia del ancho de una manzana y la longitud permisible por las pedidas ($84 m - 35 m = 49 m$)

$$N^{\circ} tubos = \frac{2(49 m)}{5.85 m} \rightarrow N^{\circ} tubos \cong 17 tubos pvc de 1 1/2''$$

Para la elaboración de un caballete se utilizaron los materiales mostrados:

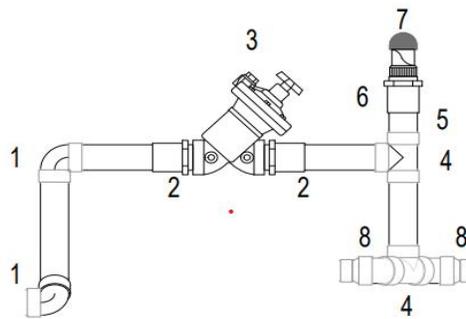
Tabla 11. Lista de materiales para la elaboración del caballete de riego, Goteo Botón.

Cantidad	Detalle
2	Codo pvc 2"x90°
2	Adaptador roscable macho 2"
1	Válvula reguladora de presión 2"
2	Tee pvc 2"
1	Reductor pvc 2"x1"
1	Adaptador roscable hembra de 1"
1	Válvula de aire de 1"
2	Reductor de 2"x1 1/2"

Fuente: Propia

La figura 16, muestra la distribución de todos los materiales que se utilizan para la construcción de un caballete de riego.

Figura 16. Componentes del caballete de riego



- | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| 1 Codo pvc 2"x90° | 5 Reductor pvc 2"x1" |
| 2 Adaptador roscable macho 2" | 6 Adaptador roscable hembra de 1" |
| 3 Válvula reguladora de presión 2" | 7 Válvula de aire de 1" |
| 4 Tee pvc 2" | 8 Reductor de 2"x1 1/2" |

Fuente: Propia

La determinación del número de laterales de riego se relaciona con respecto al espaciamiento de los emisores y el ancho de la parcela.

$$N^{\circ} \text{ laterales} = \frac{168 \text{ m}}{5 \text{ m}} \rightarrow N^{\circ} \text{ laterales} \cong 34 \text{ laterales de riego}$$

La cantidad de manguera de polietileno relaciona el número de surcos con la longitud de los mismos.

$$\text{Metros de manguera de polietileno} = (34 \text{ surcos})(84 \text{ m}) \rightarrow 2825 \text{ m de manguera}$$

$$N^{\circ} \text{ rollos de polietileno} = \frac{2825 \text{ m}}{500 \text{ m}} \rightarrow N^{\circ} \text{ rollos de polietileno} \cong 6 \text{ rollos}$$

El número de conectores de la tubería PVC a las mangueras de polietileno es igual al número de laterales calculados.

$$N^{\circ} \text{ conectores} = N^{\circ} \text{ surcor} = 34 \text{ conectores iniciales}$$

El número de goteros se determinó por la separación de los emisores en relación a largo de un surco y en la cantidad de goteros por cada planta.

$$N^{\circ} \text{ goteros para un surco} = \frac{84 \text{ m}}{5 \text{ m}} \cong 17 \text{ goteros}$$

$$\text{Total de goteros} = (4 \text{ goteros} \times \text{planta})(17 \text{ goteros})(34 \text{ laterales})$$

$$\text{Total de goteros} \cong 2260 \text{ goteros}$$

7.8. Diseño Hidráulico por goteo de Botón

Habiendo determinado los componentes y dimensiones de la red, se analizó el funcionamiento de la instalación de riego, de tal manera que se puedan aplicar las necesidades de agua al cultivo en el tiempo que se haya establecido, teniendo en cuenta el diseño agronómico y geométrico previamente realizado.

Cumpliendo con las pérdidas por fricción permitidas para cada sistema, y la velocidad permisible en las tuberías; además, de cumplir con las presiones y

caudales de trabajo correspondientes, y otras variables que satisfacen las exigencias establecidas.

Tabla 12. Cálculo Hidráulico en las tuberías de conducción, Riego Por Goteo De Botón.

LONGITUD (mts)	CAUDAL (mch)	DIAMETRO Pulg.	mm	C	PERDIDA (mts)	VELOCIDAD (m/s)	PERDIDA Psi
CONDUCCION 1							
224.8	17.15	2"	56.63	150	13.25	1.89	18.84
SUMA-PERDIDA CONDUCTORA					13.25		
LATERAL							
84	0.5376	16	15.6	140	4.92	0.78	7.00
SUMA-PERDIDAS HF- CORRERGIDA					4.92		
MANIFOLD							
36	8.575	2"	56.63	150	0.59	0.95	0.84
48	6.43	1 1/2"	45.22	150	1.38	1.11	1.96
SUMA-PERDIDA HF-CORRERGIDA					1.96		
HF-CORRERGIDA					0.75		

Fuente: Propia.

7.8.1. Cálculo de las pérdidas por fricción de la tubería conductora utilizando el método de Hazen-Williams

Se determinó las pérdidas por fricción en la conducción, conociendo el caudal a transportar al turno de riego, longitud desde el equipo de bombeo al turno de riego, coeficiente de rugosidad (PVC), además de la selección del diámetro de la tubería conociendo el caudal máximo permitido en la sección de la tubería; con un valor de pérdidas por fricción de 13.25 m.c.a, que serán compensados por el equipo de bombeo.

$$Hf_{Conductora} = 10.67 \left(\frac{Q^{1.852}}{CH^{1.852}} \right) \left(\frac{L}{D^{4.87}} \right)$$

$$Hf_{Conductora} = 10.67 \left(\frac{(4.764 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s})^{1.852}}{(150)^{1.852}} \right) \left(\frac{224.8 \text{ m}}{(0.05663 \text{ m})^{4.87}} \right)$$

$$Hf_{Conductora} = 13.25 \text{ m}$$

7.8.2. Velocidad permisible

$$V = \frac{Q \text{ (m}^3/\text{s)}}{A \text{ (m}^2)}$$

$$V = \frac{(4.764 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s})}{\frac{\pi(0.05663 \text{ m})^2}{4}} \cong 1.89 \text{ m/s}$$

7.8.3. Cálculo de las pérdidas permisibles en la tubería lateral

Será la pérdida o el valor máximo permitido a respetar en el diseño hidráulico, que dependerán del caudal a transportar, la longitud y diámetro de la tubería. Éste se determinó con respecto a la presión nominal de trabajo en la que operan los emisores de riego, es decir, 15% para riego por goteo.

Por tanto, las pérdidas permitidas a respetar serán igual a:

$$Hf \text{ (max)} = 0.15 \times h_0$$

$$Hf \text{ (max)} = 0.15 \times 25.5 \text{ m} = 3.825 \text{ m}$$

Así, conociendo el número de salidas y el caudal de cada emisor, se determina el caudal que transportará el lateral, además, conociendo la longitud del lateral, coeficiente de rugosidad (140 para tubería de polietileno) y diámetro interno de la tubería (polietileno), las pérdidas por fricción, se determinaron con un valor igual a 4.92 m.c.a.

$$Hf_{Lateral} = 10.67 \left(\frac{Q^{1.852}}{CH^{1.852}} \right) \left(\frac{L}{D^{4.87}} \right)$$

$$Hf_{Lateral} = 10.67 \left(\frac{(1.493 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s})^{1.852}}{(140)^{1.852}} \right) \left(\frac{84.0 \text{ m}}{(0.0156 \text{ m})^{4.87}} \right)$$

$$Hf_{Lateral} = 4.92 \text{ m}$$

Donde:

$$Q (\text{Lateral}) = \frac{L_{lateral}}{E_e} \times Q_{emisor}$$

$$Q (\text{Lateral}) = \frac{85.0 \text{ m}}{5.0 \text{ m}} \times 8.888 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} = 1.493 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Además:

$$N^{\circ} \text{ Salidas} = \frac{L_{lateral}}{E_e}$$

$$N^{\circ} \text{ Salidas} = \frac{84.0 \text{ m}}{5 \text{ m}} \cong 17 \text{ Salidas}$$

➤ **Velocidad permisible**

$$V = \frac{Q (\text{m}^3/\text{s})}{A (\text{m}^2)}$$

$$V = \frac{(1.493 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s})}{\frac{\pi(0.0156 \text{ m})^2}{4}} \cong 0.78 \text{ m/s}$$

7.8.4. Pérdidas del lateral corregidas por el método Christiansen

$$F = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt{m-1}}{6N^2}$$

$$F = \frac{1}{1.852+1} + \frac{1}{2(17)} + \frac{\sqrt{1.852-1}}{6(17)^2} \cong 0.380$$

Así:

$$Hf_{Corregida Lateral} = Hf_{Lateral} \times F$$

$$Hf_{Corregida Lateral} = 4.92 \text{ m} \times 0.380 \cong 1.87 \text{ m}$$

7.8.5. Cálculo de las pérdidas por fricción de la tubería Manifold utilizando el método de Hazen - Williams

Se determinó las pérdidas por fricción en la tubería manifold, mediante la ecuación de Hazen-Williams, conociendo el caudal a transportar, longitud desde el caballete de riego desde el punto (AB) y (BC) hasta al final de su longitud, coeficiente de rugosidad (PVC), además de la selección del diámetro de la tubería conociendo el caudal máximo permitido en la sección de la tubería.

Para el tramo (AB) 36 m, en tubería de 2" de diámetro, las pérdidas por fricción fueron de 0.59 m.c.a, con velocidad permisible de 0.95 m/s, 7 números de salidas en su longitud, por tanto, factor de Christiansen de $F = 0.423$.

Para el tramo (BC) 48 m, en tubería de 1 1/2" de diámetro, las pérdidas por fricción fueron de 1.38 m.c.a, con velocidad permisible de 1.11 m/s, 10 números de salidas en su longitud, por tanto, factor de Christiansen de $F = 0.401$.

$$Hf_{manifold AB} = 10.67 \left(\frac{Q^{1.852}}{CH^{1.852}} \right) \left(\frac{L}{D^{4.87}} \right)$$

$$Hf_{manifold AB} = 10.67 \left(\frac{(2.382 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s})^{1.852}}{(150)^{1.852}} \right) \left(\frac{36.0 \text{ m}}{(0.05663 \text{ m})^{4.87}} \right)$$

$$Hf_{manifold AB} = 0.59 \text{ m}$$

7.8.6. Pérdidas del Manifold corregidas por el método de Christiansen

Por ende, la corrección de pérdidas por fricción para cada tramo, se resume en lo siguiente, $Hf_{Corregida manifold AB} = Hf_{manifold} \times F = 0.59 \text{ m} \times 0.423 \cong 0.250 \text{ m}$;

$$Hf_{Corregida manifold BC} = Hf_{manifold AC} \times F = 1.38 \text{ m} \times 0.401 \cong 0.553 \text{ m}.$$

Por tanto, $Hf_{Corregida\ manifold\ AB-BC} = 0.250\ m + 0.553\ m = 0.803\ m$.

Además:

$$N^{\circ}\ Salidas = \frac{L_{Manifold}}{E_e}$$

$$N^{\circ}\ Salidas = \frac{36.0\ m}{5.0\ m} \cong 7\ Salidas$$

7.8.7. Sumatoria de pérdidas por fricción de la tubería manifold y lateral

Por tanto, las pérdidas por fricción en las tuberías de salidas múltiples serán igual a la sumatoria de las pérdidas corregidas en el lateral de riego y las pérdidas corregidas en la tubería manifold. $\sum H_f = Hf_{Corregida\ Lateral} + Hf_{Corregida\ manifold\ AB-BC} = 1.87\ m + 0.803\ m = 2.673\ m$; siendo este, menor que las pérdidas permitidas en el sistema, $\sum H_f = 2.673\ m < Hf\ (max) = 3.825\ m$.

7.8.8. Pérdidas por fricción totales

Así, las pérdidas por fricción totales en el sistema de riego, serán igual a la sumatoria de las pérdidas por fricción en la tubería de conducción, tubería lateral, y manifold, por consiguiente, el valor de las pérdidas totales $Hf_{Totales} = Hf_{Conductora} + Hf_{Corregida\ Lateral} + Hf_{Corregida\ manifold}$; $Hf_{Totales} = 13.25\ m + 1.87\ m + 0.803\ m = 15.923\ m \cong 52.24\ pie$.

7.8.9. Potencia del equipo de bombeo

Habiendo conocido el valor de las pérdidas por fricción totales en todo el tramo de conducción del diseño, además del desnivel desde el punto de descarga, al punto final del sistema, nivel dinámico de bombeo, y la presión en la descarga, se determinó la potencia del equipo de bombeo para poder compensar las pérdidas por fricción y que el sistema opere correctamente.

Siendo el valor de la presión en la descarga, igual a, $Pd = Hf_{Totales} + Hf_{filtro} + Hf_{Válvula\ Hiráulica} + Hf_{Acc} + P_{Trabajo\ del\ Emisor} + H_{Elevador} = 52.24\ pie + 2.33\ pie + 6.69\ pie + 0.776\ pie + 33.46\ pie + 0.0\ pie = 97.08\ pie \cong 42.02\ psi$.

Así, en correspondencia al caudal por turno en (GPM), carga total dinámica en (pie), $CTD = ND + Pd + \Delta Z$, y la eficiencia (η), se determinó la potencia del equipo de bombeo en (Hp), requeridos para que el sistema de riego opere eficientemente; siendo el valor de $P_{HP} = 5.59$ (HP).

Tabla 13. Datos técnicos para la determinación de la potencia de la bomba, Cultivo Naranja.

	DATOS TÉCNICOS		
	(PIE)	(METROS)	(PSI)
NIVEL DINÁMICO DE BOMBEO	72.18	22.00	31.24
PRESIÓN EN LA DESCARGA	97.08	29.59	42.02
DESNIVEL	-16.40	-4.99	-7.09
CARGA TOTAL DINÁMICA	153.32	46.73	66.36
CAUDAL DEL TURNO	75.47	GPM	-
EFICIENCIA DELMOTOR (η)	57.50	%	-
POTENCIA DEL MOTOR	5.08	HP	--

Fuente: Propia

7.8.10. Listado de materiales y presupuesto del diseño

En la tabla 14, se presentan detalladamente la cantidad de materiales a utilizar en el diseño, apoyados del software AutoCAD, tomando las mediciones a escala de longitud, para determinar analíticamente en número de tuberías a utilizar en la conducción, manifold y laterales de riego; además, del número de goteros total, codos, adaptadores, conectores, cantidad de rollos de manguera de polietileno y pegamento a utilizar. Presupuestando un valor de inversión en materiales de **USD 2,824.31** dólares, para las 2 manzanas de riego para cultivo de Naranja.

Tabla 14. Listado de materiales para instalación del proyecto por Goteo de Botón, Cultivo Naranja.

DESCRIPCIÓN	PRECIO POR UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL C\$	PROVEEDOR
ROLLO DE MANGUERA DE POLIETILENO 16MM X 500M	C\$ 5,328.75	6	C\$ 31,972.50	AGRIZEN
TEE 2" PVC	C\$ 47.04	3	C\$ 141.12	DURMAN
REDUCTOR 2" X 1 1/2", PVC	C\$ 30.54	2	C\$ 61.08	DURMAN
REDUCTOR 2" X 1", PVC	C\$ 31.12	1	C\$ 31.12	DURMAN
CODO 1 1/2" X 45°, PVC	C\$ 37.87	2	C\$ 75.74	DURMAN
CODO LISO 2" X 90°, PVC	C\$ 52.15	3	C\$ 156.45	DURMAN
AM-2", PVC	C\$ 25.76	2	C\$ 51.52	DURMAN
AH-1 1/2", PVC	C\$ 22.32	2	C\$ 44.64	DURMAN
AH-1", PVC	C\$ 17.54	1	C\$ 17.54	DURMAN
TH/R-1 1/2", PVC	C\$ 29.11	2	C\$ 58.22	DURMAN
TB-PVC 2 " X 6 M SDR 45	C\$ 283.73	45	C\$ 12,767.85	DURMAN
TB-PVC 1 1/2" X 6 M SDR 45	C\$ 202.64	17	C\$ 3,444.88	DURMAN
VÁLVULA HIDRÁULICA 2", PVC	C\$ 8,552.27	1	C\$ 8,552.27	AGROLÓGICO
VÁLVULA CINÉTICA 1"	C\$ 661.50	1	C\$ 661.50	AGRIZEN
GOTEROS 8 LPH, AUTO-COMPEN	C\$ 8.09	2260	C\$ 18,272.10	AGRIZEN
INICIAL PVC X 16 MM +EMPAQUE BILABIAL HANWO	C\$ 16.54	33	C\$ 545.74	AGRIZEN
TEE 16 MM X 16 MM X 16MM	C\$ 11.03	1130	C\$ 12,458.25	AGRIZEN
PEGAMENTO PVC ¼ GLN	C\$ 314.21	3.0	C\$ 942.63	AGRIZEN
	Sub-Total (C\$)		C\$	90,255.15
	IVA 15%		C\$	13,538.27
	Total (C\$)		C\$	103,793.42
	Total (U\$D)		\$	2,824.31

Fuente: Propio

7.9. Diseño Agronómico por cinta de Goteo, para cultivo de Chiltoma

7.9.1. Datos de diseño

A partir del resumen los datos de suelo, parámetros, y datos específicos de diseño, se establece el diseño agronómico por cinta de goteo, tomando de manera general la selección de los datos específicos para su ejecución.

Tabla 15. Datos de diseño Agronómico por Cinta de Goteo.

DATOS DE SUELO		
Descripción	Valor	Unidad de medida
Capacidad de campo (Cc)	24.00	%
Punto de marchites permanente (Pmp)	11.43	%
Densidad aparente (Da)	1.07	g/cm ³
Profundidad efectiva (Pe)	200.00	mm
Porcentaje de agotamiento (LARA)	40.00	%
DATOS DE AMBIENTE		
Área	1.34	Ha
Cultivo		Chiltoma tres Cantos
Evapotranspiración potencial (Eto)	5.65	mm/día
Coeficiente de cultivo (Kc)	0.95	Adimensional
Evapotranspiración real (Etr)	5.37	mm/día
Eficiencia esperada	90.00	%
Uso consultivo máximo diario (DHB)	5.96	mm/día
DATOS DE RIEGO		
Método de riego		Por Cinta de Goteo
Marco de plantación		Lineal
Modelo del Cinta		
Frecuencia de riego		2 Días
Caudal del emisor	1.00	LPH
Presión de trabajo	1.00	Bares
Espaciamiento entre emisores (Ee)	0.20	m
Espaciamiento entre laterales (El)	1.20	m
Número de emisores por lateral	168.00	-
Caudal de bombeo disponible	22.73	m ³ /hr
Nivel dinámico de bombeo	22.00	m

➤ **Lámina de riego**

La lámina máxima se determinó con un valor de 27 mm.

$$L_r = \frac{C_c - PMP}{100} \times Da \times Pr$$
$$L_r = \frac{24\% - 11.43\%}{100} \times 1.074 \frac{gr}{cm^3} \times 200 \text{ mm} = 27 \text{ mm}$$

➤ **Lámina neta a aplicar**

Para efectos de diseño, la lámina que se tomará en cuenta es la neta, con un valor de 10.8 mm.

$$L_N = L_r \times \% Ag$$
$$L_N = 27 \text{ mm} \times 0.4 = 10.8 \text{ mm}$$

➤ **Agotamiento permisible**

Se ha permitido agotar, un 40% de lámina de riego.

➤ **Frecuencia de riego**

Se ha estimado una frecuencia cada 2 días de riego, para el cultivo de chiltoma, en función (agua-suelo-planta).

$$F_R = \frac{L_N}{D_{HB}}$$
$$F_R = \frac{10.8 \text{ mm}}{5.96 \text{ mm/día}} = 1.81 \text{ día} \cong 2 \text{ días}$$

➤ **Tiempo de riego**

Con la relación de la demanda hídrica bruta de diseño y la intensidad de aplicación determinada, es decir, la cantidad de agua que se aplicará en cada emisor de riego según su marco, se determina el tiempo que durará el riego.

Este corresponderá a un tiempo de 1.43 hr/día, siendo este el tiempo en horas por día que deberá durar la aplicación de riego diaria por turno de riego, para satisfacer la lámina neta de riego corregida, a la profundidad deseada y marco de riego establecido.

$$T_R = \frac{D_{HB}}{I_A}$$

$$T_R = \frac{5.96 \text{ mm/día}}{4.17 \text{ mm/hr}} = 1.43 \text{ hr/día}$$

Donde:

$$D_{HB} = \frac{Etr}{Ef}$$

$$D_{HB} = \frac{5.37 \text{ mm/día}}{0.90} = 5.96 \text{ mm/día}$$

Además:

$$I_A = \frac{Q_E}{E_e \times E_l}$$

$$I_A = \frac{1.0 \text{ lph}}{0.2 \text{ m} \times 1.20 \text{ m}} = 4.17 \text{ mm/hr}$$

➤ **Caudal por (Ha)**

Expresará el valor en m³/hr.ha, que dependerá de la intensidad de aplicación, y de los mm de agua a aplicar por m².

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

$$Q_{ha} = (4.17 \text{ mm/hr})(10)$$

$$Q_{ha} = 41.7 \text{ m}^3/\text{hr/ha}$$

➤ **Caudal total**

Le corresponderá al valor del caudal total en m³/hr, para regar toda el área o turno de riego.

$$Q_{total} = Q_{ha}(\text{m}^3/\text{hr/ha}) A_T (\text{ha})$$

$$Q_{total} = (41.7 \text{ m}^3/\text{hr/ha})(1.34 \text{ ha})$$

$$Q_{total} = 55.83 \text{ m}^3/\text{hr}$$

➤ **Turnos de riego**

Al diseño de riego le corresponderá un valor de 3 turnos de riego, dada las exigencias y parámetros anteriormente determinado; y que, además, dependerá del caudal total a aplicar en toda el área en m³/hr, y del caudal que se dispone en el equipo de bombeo.

$$N^{\circ} \text{ turnos} = \frac{Q_{TOTAL} (m^3/hr)}{Q_{DISPO} (m^3/hr)}$$

$$N^{\circ} \text{ turnos} = \frac{55.83 m^3/hr}{22.73 m^3/hr}$$

$$N^{\circ} \text{ turnos} = 2.5$$

$$N^{\circ} \text{ turno} \cong 3 \text{ Turno}$$

➤ **Jornada de riego**

Será el valor total de horas para finalizar el periodo de área regable, a lo que llamamos jornada de riego, es decir, el tiempo en horas para concluir los turnos de riego en su tiempo establecido, con un total de 4.29 hr.

$$\text{Jornada de riego} = \# \text{Turnos} \times T_R$$

$$\text{Jornada de riego} = 3 \times 1.43 \text{ hr} = 4.29 \text{ horas}$$

➤ **Área por turnos de riego**

A cada área de riego por turno le corresponderá un valor de 0.45 ha/turno, es decir, el área total de riego de 1.34 ha, dividida entre los 3 turnos de riego determinados.

$$\text{Área por turnos} = \frac{A_{TOTAL}}{\# \text{Turnos}}$$

$$\text{Área por turnos} = \frac{1.34 \text{ Ha}}{1} = 1.34 \text{ ha/Turno}$$

➤ **Caudal por (Turno)**

Este valor, será la cantidad de agua a conducir o llevar en cada turno de riego, en (m^3/hr) o (gpm), siendo el producto del área por turno de riego y el caudal por hectárea a aplicar.

$$Q_{(Turno)} = A_{Turno} \times Q_{HA}$$

$$Q_{(Turno)} = 1.34 \text{ ha} \times 41.7 \text{ m}^3 \text{ hr/ha} = 18.61 \text{ m}^3/\text{hr} \cong 81.88 \text{ GPM}$$

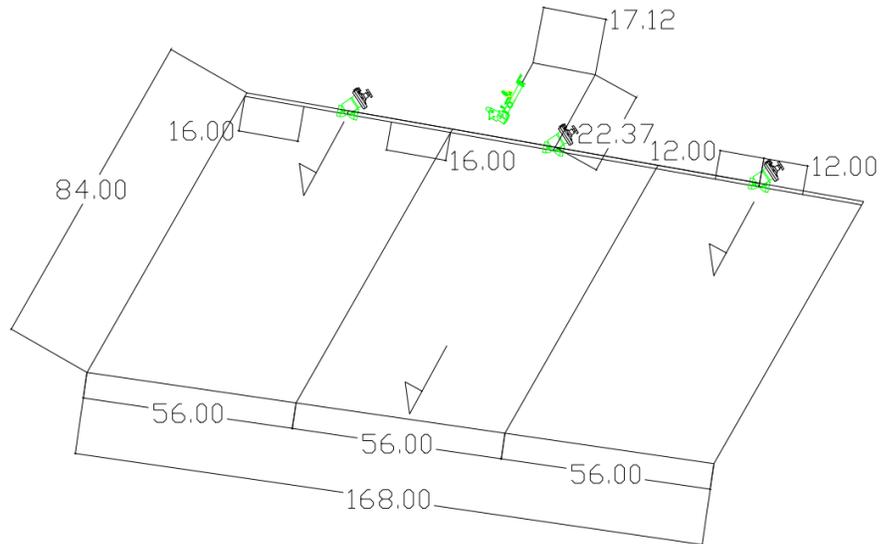
7.10. Diseño Geométrico por cinta de Goteo

En esta operación, se hizo usos de los softwares, Google Earth para delimitar el área de la parcela y la ubicación de la fuente de abastecimiento del sistema de riego; además, de las características geográficas del terreno, obteniendo información sobre el relieve y curvas a nivel mediante el uso de Global Mapper, para su posterior análisis geométrico en el software de Auto-Cad.

Posteriormente, dimensionando las áreas regables por turnos de riego, determinadas en el diseño agronómico, además de la ubicación geométrica de los componentes de riego, tales como, fuente de abastecimiento, delimitación de la tubería de conducción, laterales de riego, y caballetes de riego.

Figura 17. Dimensionamiento del área regable por cinta de goteo en AutoCAD.

DISEÑO GEOMÉTRICO PARA EL CULTIVO DE CHILTOMA



Fuente: Propia

Para el cultivo de la chiltoma se deriva de la tubería que se abastece el riego para el plátano y la naranja, punto desde el cual existe una longitud de 40 m.

$$N^{\circ} \text{tubos} = \frac{(116 \text{ m} + 40 \text{ m} + 72 \text{ m})}{5.85 \text{ m}} \rightarrow N^{\circ} \text{tubos} \cong 40 \text{ tubos pvc de } 2''$$

Para la tubería PVC de 1 ½" se tomó la diferencia del ancho de la parcela y la longitud permisible por las pedidas ($56 \text{ m} - 24 \text{ m} = 32 \text{ m}$)

$$N^{\circ} \text{tubos} = \frac{3 (32 \text{ m})}{5.85 \text{ m}} \rightarrow N^{\circ} \text{tubos} \cong 17 \text{ tubos pvc de } 1 \frac{1}{2}''$$

Para la elaboración de un caballete se utilizaron los materiales mostrados:

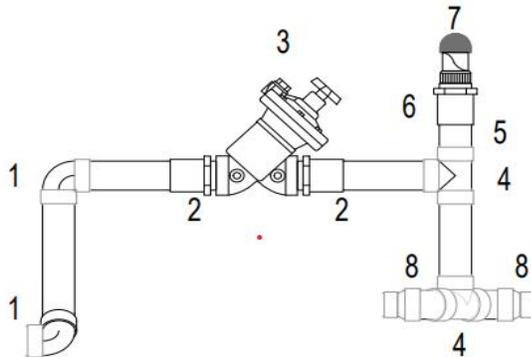
Tabla 16. Lista de materiales para la elaboración del caballete, Cinta de goteo.

Cantidad	Detalle
2	Codo pvc 2"x90°
2	Adaptador roscable macho 2"
1	Válvula reguladora de presión 2"
2	Tee pvc 2"
1	Reductor pvc 2"x1"
1	Adaptador roscable hembra de 1"
1	Válvula de aire de 1"
2	Reductor de 2"x1 1/2"

Fuente: Propia

La figura 14, muestra la distribución de todos los materiales que se utilizan para la construcción de un caballete de riego.

Figura 18. Componentes del caballete de riego



1 Codo pvc 2"x90°

2 Adaptador roscable macho 2"

3 Válvula reguladora de presión 2"

4 Tee pvc 2"

5 Reductor pvc 2"x1"

6 Adaptador roscable hem

7 Válvula de aire de 1"

8 Reductor de 2"x1 1/2"

Fuente: Propia

La determinación del número de laterales de riego se relaciona con respecto al espaciamiento de los emisores y el ancho de la parcela.

$$N^{\circ} \text{ laterales} = \frac{56 \text{ m}}{1.20 \text{ m}} \rightarrow N^{\circ} \text{ laterales} \cong 47 \text{ laterales de riego}$$

$$N^{\circ} \text{ laterales totales} = (47 \text{ laterales})(3)$$

$$N^{\circ} \text{ laterales totales} = 140 \text{ laterales de riego}$$

La cantidad de manguera de polietileno relaciona el número de surcos.

$$\text{Metros de manguera de polietileno} = (140 \text{ surcos})(1 \text{ m}) \rightarrow 140 \text{ m de manguera}$$

$$N^{\circ} \text{ rollos de polietileno} = \frac{140 \text{ m}}{500 \text{ m}} \rightarrow N^{\circ} \text{ rollos de polietileno} \cong 1 \text{ rollos}$$

El número de conectores de la tubería PVC a la manguera de polietileno y a su vez a la cinta de riego es igual al número de laterales calculados.

$$N^{\circ} \text{ conectores} = N^{\circ} \text{ surcor} = 140 \text{ conectores iniciales y conectores } 16\text{mm} \times \text{cinta}$$

La cantidad de cinta de riego de determino en relación a la longitud del surco y el número de surco.

$$N^{\circ} \text{ rollo} = \frac{(140 \text{ surcos})(84 \text{ m})}{2600 \text{ m}} \rightarrow N^{\circ} \text{ rollo} \cong 5$$

7.11. Diseño Hidráulico por Cinta de Goteo

Habiendo determinado los componentes y dimensiones de la red, se analizó el funcionamiento de la instalación de riego, de tal manera que se puedan aplicar las necesidades de agua al cultivo en el tiempo que se haya establecido, teniendo en cuenta el diseño agronómico y geométrico previamente realizado.

Cumpliendo con las pérdidas por fricción permitidas para cada sistema, y la velocidad permisible en las tuberías; además, de cumplir con las presiones y

caudales de trabajo correspondientes, y otras variables que satisfacen las exigencias establecidas.

Tabla 17. Cálculo Hidráulico en las tuberías de conducción, Riego Por Cinta de Goteo

LONGITUD (mts)	CAUDAL (mch)	DIAMETRO Pulg.	mm	C	PERDIDA (mts)	VELOCIDAD (m/s)	PERDIDA Psi
CONDUCCION 1							
103.28	16.81	2"	56.63	150	7.08	2.05	10.07
SUMA-PERDIDA CONDUCTORA					7.08		
LATERAL							
85.23	0.426	16	15.6	140	3.24	0.62	4.61
SUMA-PERDIDAS HF- CORRERGIDA					3.24 1.14		
MANIFOLD							
12	9.305	2"	56.63	150	0.23	1.03	0.32
16	6.98	1 1/2"	45.22	150	0.53	1.21	0.76
SUMA-PERDIDA HF-CORRERGIDA					0.76 0.27		

Fuente: Propia.

7.11.1. Cálculo de pérdidas por fricción de la tubería conductora utilizando el método de Hazen - Williams

Se determinó las pérdidas por fricción en la conducción, conociendo el caudal a transportar al turno de riego, longitud desde el equipo de bombeo al turno de riego crítico, coeficiente de rugosidad (PVC), además de la selección del diámetro de la tubería conociendo el caudal máximo permitido en la sección de la tubería; con un valor de pérdidas por fricción de 7.08 m.c.a, que serán compensados por el equipo de bombeo.

$$Hf_{Conductora} = 10.67 \left(\frac{Q^{1.852}}{CH^{1.852}} \right) \left(\frac{L}{D^{4.87}} \right)$$

Ecuación 23: Perdidas por fricción Hazen-Williams

$$Hf_{Conductora} = 10.67 \left(\frac{(5.169 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s})^{1.852}}{(150)^{1.852}} \right) \left(\frac{103.28 \text{ m}}{(0.05663 \text{ m})^{4.87}} \right)$$

$$Hf_{Conductora} = 7.08 \text{ m}$$

Ecuación 24: Perdidas por fricción Hazen-Williams

7.11.2. Velocidad permisible

Procurando que la velocidad no exceda y permanezca en un intervalo de (0.5-2.5) m/s, siendo este el valor de la velocidad del flujo en la conducción, de 2.05 m/s.

$$V = \frac{Q \text{ (m}^3/\text{s)}}{A \text{ (m}^2)}$$

$$V = \frac{(5.169 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s})}{\frac{\pi(0.05663 \text{ m})^2}{4}} \cong 2.05 \text{ m/s}$$

7.11.3. Cálculo de las perdidas permisibles en la tubería lateral

Éste se determinó con respecto a la presión nominal de trabajo en la que operan los emisores de riego, es decir, 15% para riego por goteo. Por tanto, las perdidas permitidas a respetar serán igual a:

$$Hf \text{ (max)} = 0.15 \times h_0$$

$$Hf \text{ (max)} = 0.15 \times 10.24 \text{ m} = 1.536 \text{ m}$$

Pérdidas por fricción, conociendo el caudal, longitud del lateral y diámetro de la tubería:

$$Hf_{Lateral} = 10.67 \left(\frac{Q^{1.852}}{CH^{1.852}} \right) \left(\frac{L}{D^{4.87}} \right)$$

$$Hf_{Lateral} = 10.67 \left(\frac{(1.183 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s})^{1.852}}{(140)^{1.852}} \right) \left(\frac{85.23 \text{ m}}{(0.0156 \text{ m})^{4.87}} \right)$$

$$Hf_{Lateral} = 3.24 \text{ m}$$

Así, conociendo el número de salidas y el caudal de cada emisor, se determina el caudal que transportará el lateral, además, conociendo la longitud del lateral, coeficiente de rugosidad (140 para tubería de polietileno) y diámetro interno de la tubería (polietileno), las pérdidas por fricción, Hazen-Williams, se determinaron con un valor igual a 3.24 m.c.a.

Donde:

$$Q (Lateral) = \frac{L_{lateral}}{E_e} \times Q_{emisor}$$

$$Q (Lateral) = \frac{85.23 \text{ m}}{0.2 \text{ m}} \times 2.778 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{s} = 1.184 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

➤ Velocidad permisible

También se toma en consideración el valor de la velocidad permitida en el lateral, prevaleciendo en un intervalo de (0.5-2.5) m/s, siendo este el valor de la velocidad del flujo en el lateral, de 0.62 m/s.

Además:

$$N^{\circ} Salidas = \frac{L_{lateral}}{E_e}$$

$$N^{\circ} Salidas = \frac{85.23 \text{ m}}{0.20 \text{ m}} \cong 426.15 \text{ Salidas}$$

$$V = \frac{Q (m^3/s)}{A (m^2)}$$

$$V = \frac{(1.184 \times 10^{-4} m^3/s)}{\frac{\pi(0.0156 m)^2}{4}} \cong 0.62 m/s$$

7.11.4. Pérdidas del lateral corregidas por el método de Christiansen

Así, el factor de Christiansen para un número igual de 426 salidas en el lateral de riego, $F = 0.352$ (adimensional).

$$F = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt{m-1}}{6N^2}$$

$$F = \frac{1}{1.852+1} + \frac{1}{2(426)} + \frac{\sqrt{1.852-1}}{6(426)^2} \cong 0.352$$

Por lo tanto:

$$Hf_{\text{Corregida lateral}} = Hf_{\text{lateral}} \times F$$

$$Hf_{\text{Corregida lateral}} = 3.24 m \times 0.352 \cong 1.14 m$$

7.11.5. Cálculo de las pérdidas por fricción de la tubería Manifold utilizando el método de Hazen - Williams

Se determinó las pérdidas por fricción en la tubería manifold, conociendo el caudal a transportar, longitud desde el caballete de riego, hasta al punto final de su longitud de la tubería de 2" y las perdidas por fricción en la reducción del diámetro de la tubería de 1 ½", conociendo del mismo modo, el coeficiente de rugosidad (PVC), además conociendo el caudal máximo permitido para cada sección.

Para la tubería de 2":

$$Hf_{manifold AB} = 10.67 \left(\frac{Q^{1.852}}{CH^{1.852}} \right) \left(\frac{L}{D^{4.87}} \right)$$

$$Hf_{manifold AB} = 10.67 \left(\frac{(2.585 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s})^{1.852}}{(150)^{1.852}} \right) \left(\frac{12 \text{ m}}{(0.05663 \text{ m})^{4.87}} \right)$$

$$Hf_{manifold AB} = 0.23 \text{ m}$$

Para la tubería de 1 1/2" :

$$Hf_{manifold BC} = 10.67 \left(\frac{Q^{1.852}}{CH^{1.852}} \right) \left(\frac{L}{D^{4.87}} \right)$$

$$Hf_{manifold BC} = 10.67 \left(\frac{(1.939 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s})^{1.852}}{(150)^{1.852}} \right) \left(\frac{16 \text{ m}}{(0.04522 \text{ m})^{4.87}} \right)$$

$$Hf_{manifold BC} = 0.53 \text{ m}$$

7.11.6. Pérdidas del Manifold corregidas por el método de Christiansen

Por ende, la corrección de pérdidas por fricción para cada tramo, se resume en lo siguiente, $Hf_{Corregida manifold AB} = Hf_{manifold} \times F = 0.23 \text{ m} \times 0.359 \cong 0.083 \text{ m}$;

$Hf_{Corregida manifold BC} = Hf_{manifold AC} \times F = 0.53 \text{ m} \times 0.257 \cong 0.136 \text{ m}$.

Por tanto, $Hf_{Corregida manifold AB-BC} = 0.083 \text{ m} + 0.136 \text{ m} = 0.27 \text{ m}$.

Donde:

$$N^{\circ} \text{ Salidas } AB = \frac{L_{Manifold}}{E_e}$$

$$N^{\circ} \text{ Salidas } BC = \frac{12.0 \text{ m}}{0.20 \text{ m}} \cong 60 \text{ Salidas}$$

$$N^{\circ} \text{ Salidas } BC = \frac{L_{Manifold}}{E_e}$$

$$N^{\circ} \text{ Salidas } BC = \frac{16.0 \text{ m}}{0.20 \text{ m}} \cong 80 \text{ Salidas}$$

7.11.7. Sumatoria de pérdidas en la tubería manifold y lateral

Por tanto, las pérdidas por fricción en las tuberías de salidas múltiples serán igual a la sumatoria de las pérdidas corregidas en el lateral de riego y las pérdidas corregidas en la tubería manifold. $\sum H_f = H_{f\text{Corregida Lateral}} + H_{f\text{Corregida manifold } AB-BC} = 1.14 \text{ m} + 0.27 \text{ m} = 1.41 \text{ m}$; siendo este, menor que las pérdidas permitidas en el sistema, $\sum H_f = 1.41 \text{ m} < H_f (\text{max}) = 1.536 \text{ m}$.

7.11.8. Pérdidas totales

Así, las pérdidas por fricción totales en el sistema de riego, serán igual a la sumatoria de las pérdidas por fricción en la tubería de conducción, tubería lateral, y manifold, por consiguiente, el valor de las pérdidas totales $H_{f\text{Totales}} = H_{f\text{Conductora}} + H_{f\text{Corregida Lateral}} + H_{f\text{Corregida manifold}}$; $H_{f\text{Totales}} = 7.08 \text{ m} + 1.14 \text{ m} + 0.27 \text{ m} = 8.49 \text{ m} \cong 27.87 \text{ pie}$.

7.11.9. Potencia del equipo de bombeo

Habiendo conocido el valor de las pérdidas por fricción totales en todo el tramo de conducción del diseño, además del desnivel desde el punto de descarga, al punto final del sistema, nivel dinámico de bombeo, y la presión en la descarga, se determinó la potencia del equipo de bombeo para poder compensar las pérdidas por fricción y que el sistema opere correctamente.

Siendo el valor de la presión en la descarga, igual a, $P_d = H_{f\text{Totales}} + H_{f\text{filtro}} + H_{f\text{Válvula Hidráulica}} + H_{f\text{Acc}} + P_{\text{Trabajo del Emisor}} + H_{\text{Elevador}} = 27.86 \text{ pie} + 2.33 \text{ pie} + 6.69 \text{ pie} + 3.048 \text{ pie} + 33.46 \text{ pie} + 0.0 \text{ pie} = 73.41 \text{ pie} \cong 31.77 \text{ psi}$.

Así, en correspondencia al caudal por turno en (GPM), carga total dinámica en (pie), $CTD = ND + P_d + \Delta Z$, y la eficiencia (η), se determinó la potencia del equipo de bombeo en (Hp), requeridos para que el sistema de riego opere eficientemente; siendo el valor de PHP = 5.47 (HP).

Tabla 18. Datos técnicos para la determinación de la potencia de la bomba, Cultivo Chiltoma.

	DATOS TÉCNICOS		
	(PIE)	(METROS)	(PSI)
NIVEL DINÁMICO DE BOMBEO	72.18	22.00	31.24
PRESIÓN EN LA DESCARGA	73.43	22.38	31.78
DESNIVEL	9.85	3.00	4.26
CARGA TOTAL DINÁMICA	155.43	47.38	67.27
CAUDAL DEL TURNO	81.89	GPM	-
EFICIENCIA DELMOTOR (η)	58.80	%	-
POTENCIA DEL MOTOR	5.47	HP	-

Fuente: Propia

7.11.10. Listado de materiales y presupuesto del diseño

En la tabla 19, se presentan detalladamente la cantidad de materiales a utilizar en el diseño, apoyados del software AutoCAD, tomando las mediciones a escala de longitud, para determinar analíticamente el número de tuberías a utilizar en la conducción, manifold y laterales de riego; además, total, de codos, adaptadores, conectores, válvulas, cantidad de rollos de cinta de riego y pegamento a utilizar, presupuestando para las 2 manzanas de chiltoma, se requiere una inversión en materiales de **USD 2,610.63** dólares.

En el diseño de Cinta de goteo se efectuará un cambio de cinta de riego de polietileno cada 1 año o en dependencia de su utilización y mantenimiento que se le brinde a esta de tal manera que el diseño y sus materiales empleados se pueda aprovechar al máximo durante su tiempo de vida útil.

Tabla 19. Listado de materiales para instalación del proyecto de Goteo por Cinta, Chiltoma.

DESCRIPCIÓN	PRECIO POR UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL C\$	PROVEEDOR
TEE 2" PVC	C\$ 47.04	7.0	C\$ 329.28	DURMAN
CRUZ 2" PVC	C\$ 210.61	1.0	C\$ 210.61	DURMAN
REDUCTOR 2" X 1 1/2", PVC	C\$ 30.54	6.0	C\$ 183.24	DURMAN
REDUCTOR 2" X 1", PVC	C\$ 31.12	3.0	C\$ 93.36	DURMAN
CODO 1 1/2" X 45°, PVC	C\$ 37.87	6.0	C\$ 227.22	DURMAN
CODO LISO 2" X 90°, PVC	C\$ 52.15	9.0	C\$ 469.35	DURMAN
AM-2", PVC	C\$ 25.76	6.0	C\$ 154.56	DURMAN
AM-1 1/2", PVC	C\$ 22.32	6.0	C\$ 133.92	DURMAN
AH-1", PVC	C\$ 17.54	3.0	C\$ 52.62	DURMAN
TH/R-1 1/2", PVC	C\$ 29.11	6.0	C\$ 174.66	DURMAN
TB-PVC 2 " X 6 M SDR 45	C\$ 283.73	40.0	C\$ 11,349.20	DURMAN
TB-PVC 1 1/2" X 6 M SDR 45	C\$ 202.64	17.0	C\$ 3,444.88	DURMAN
VÁLVULA HIDRÁULICA 2", PVC	C\$ 8,552.27	3.0	C\$ 25,656.81	AGROLÓGICO
VÁLVULA CINÉTICA 1"	C\$ 661.50	1	C\$ 661.50	AGRIZEN
INICIALES PVC X 16 MM + EMPAQUE BILABIAL	C\$ 16.54	140.0	C\$ 2,315.25	AGRIZEN
CONECTORES 16 MM X CINTA	C\$ 12.86	140.0	C\$ 1,800.75	AGRIZEN
CINTA DE RIEGO 2600M/1.38 LPH/20CM/8 MIL/1 BAR	C\$ 6,982.50	5.0	C\$ 34,912.50	AGRIZEN
PEGAMENTO PVC ¼ GLN	C\$ 314.21	4.0	C\$ 1,256.84	AGRIZEN
	Sub-Total (C\$)		C\$	83,426.55
	IVA 15%		C\$	12,513.98
	Total (C\$)		C\$	95,940.53
	Total (U\$D)		\$	2,610.63

Fuente: Propia

7.12. Listado de materiales y presupuesto para sarta de descarga

La sarta de descarga estará compuesta por un conjunto de elementos destinados a filtrar, tratar, medir, y suministrar el fluido o caudal, hacia la red de distribución.

Este sistema, constará de un sistema de filtrado hidrociclón, cuya función principal es retener las partículas orgánicas (arena), y entregar el agua sin residuos, evitando la obstrucción de los emisores de riego, además contará con un sistema de fertiriego (Venturi), el cual entregará y distribuirá los fertilizantes a través de los componentes del riego localizado; también contará con un medidor de flujo para control del caudal, manómetros de glicerina en la entrada y salida del sistema, para control de presiones de trabajo demandadas por el sistema de riego, así mismo, contará con válvulas de aire de doble propósito para la entrada y salida que demande el sistema, y por último, una válvula check para anti-retorno o evitar el cambio de dirección del flujo en la sarta de descarga, y de este modo evitar problemas por golpe de ariete.

Dicho sistema contará con un gasto de inversión de **USD 1,115.16**, dólares, necesarios para la protección del equipo de bombeo, y el control periódico de flujo de agua que demanda cada sistema de riego localizado.

Tabla 20. Materiales de cabezal o sarta de descarga para riego localizado.

DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL C\$	PROVEEDOR
CODO ROSCADO DE ACERO INOXIDABLE 2" X 90°	C\$ 340.00	1	C\$ 340.00	AMUNICSA
PLATO DE SOPORTE ACERO INOXIDABLE 12" X 12" X 3/4"	C\$ 1,837.50	1	C\$ 1,837.50	AGRIZEN
ADAPTADOR ROSCABLE HEMBRA DE 2"	C\$ 53.87	5	C\$ 269.35	DURMAN
ADAPTADOR ROSCABLE HEMBRA DE 1"	C\$ 27.75	5	C\$ 138.75	DURMAN
ADAPTADOR ROSCABLE HEMBRA DE 1/2"	C\$ 6.62	2	C\$ 13.23	DIMACO
ADAPTADOR ROSCABLE MACHO DE 2"	C\$ 25.76	4	C\$ 103.04	DURMAN
ADAPTADOR BUCHING GALVANIZADO DE 1/2" X 1/4"	C\$ 40.00	2	C\$ 80.00	AMUNICSA
CODO DE 2" X 90°	C\$ 77.39	2	C\$ 154.78	DURMAN
CODO DE 1" X 90°	C\$ 30.08	2	C\$ 60.16	DURMAN
CODO DE 1/2" X 90°	C\$ 8.18	1	C\$ 8.18	DURMAN
CODO DE 2" X 45°	C\$ 75.20	2	C\$ 150.40	DURMAN
UNION TOPE DE 1"	C\$ 153.49	2	C\$ 306.98	DURMAN
REDUCTOR DE 2" X 1"	C\$ 47.35	6	C\$ 284.10	DURMAN
REDUCTOR DE 1" X 1/2"	C\$ 12.81	2	C\$ 25.62	DURMAN
TEE 2"	C\$ 74.40	6	C\$ 446.40	DURMAN
TEE 1"	C\$ 35.71	1	C\$ 35.71	DURMAN
TUBO PVC 2" SDR 26	C\$ 810.00	1	C\$ 810.00	DURMAN
TUBO PVC 1" SDR 26	C\$ 284.70	1	C\$ 284.70	DURMAN
TUBO PVC 1/2" SDR 13.5	C\$ 166.65	1	C\$ 166.65	DURMAN
MANOMETRO DE GLISERINA DE 60 PSI	C\$ 661.50	2	C\$ 1,323.00	AGRIZEN
VALVULA DE AIRE DOBLE PROPOSITO DE 1"	C\$ 25.00	2	C\$ 50.00	AGRIZEN
VALVULA DE GABETA DE 2"	C\$ 1,139.25	1	C\$ 1,139.25	RETECSA
VALVULA CHECK HORIZONTAL DE BRONCE DE 2"	C\$ 1,618.84	1	C\$ 1,618.84	RETECSA
VALVULA PVC DE BOLA DE 2"	C\$ 239.61	2	C\$ 479.22	DIMACO
FILTRO DE ANILLO DE 2" DE UN CUERPO	C\$ 1,837.50	1	C\$ 1,837.50	AGRIZEN
FILTO HIDROCICLON DE 2"	C\$ 11,760.00	1	C\$ 11,760.00	SUMITEX
VENTURI DE 1"	C\$ 2,572.50	1	C\$ 2,572.50	AGRIZEN
VALVULA DE AIRE CINETICA DE 1"	C\$ 661.50	1	C\$ 661.50	AGRIZEN
FLANGE PVC 2" DE 4 ORIFICIOS	C\$ 226.11	2	C\$ 452.22	DURMAN
PERNOS DE 5/8" X 6"+ TURCAS + ARANDELA PLANA + ARANDELA DE PRESIÓN	C\$ 160.00	8	C\$ 1,280.00	LA CASA DEL PERNO
EMPAQUE DE HULE DE 2"	C\$ 28.00	2	C\$ 56.00	CASA DEL HULE
CAUDALIMETRO DE 2" WOLMAN	C\$ 7,855.31	1	C\$ 7,855.31	VF HIDRAULICA
PEGAMENTO PVC 1/4GL GRIS	C\$ 314.21	1	C\$ 314.21	DIMACO
	SUB-TOTAL (C\$)		C\$ 36,915.10	
	IVA (15%)		C\$ 5,537.27	
	TOTAL (C\$)		C\$ 42,452.37	
	TOTAL (U\$D)		\$ 1,155.16	

7.13. Listado de materiales y presupuesto para equipo de bombeo

Tabla 21. Componentes de bombeo para succión del agua.

DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL C\$	PROVEEDOR
BOMBA SUMERGIBLE FPS 4400 4" 7,5 HP 90FA7S-PE	C\$ 38,606.24	1	C\$ 38,606.24	BOMONSA
TUBOS DE ACERO GALVANIZADO 2" X 20' CHAPA 40	C\$ 3,805.00	5	C\$ 19,025.00	AMUNICSA
CAMISAS ROSCABLES DE ACERO INOXIDABLE 2" CHAPA 40	C\$ 251.00	4	C\$ 1,004.00	AMUNICSA
PIES DE CABLE SUMERGIBLE FLAT AWG 8 X 3	C\$ 91.51	120	C\$ 10,980.90	BOMONSA
	SUB-TOTAL (C\$)		C\$	69,616.14
	IVA (15%)		C\$	10,442.42
	TOTAL (C\$)		C\$	80,058.56
	TOTAL (U\$D)		\$	2,178.46

Fuente: Propia

La selección del equipo de bombeo, correspondió respecto al sistema de riego con mayor demanda de caudal y presión de operación de los emisores, en este caso para el riego por microaspersión (90.16 GPM) a una presión en la descarga de (54.61 PSI), demando 7.20 Hp.

Además, se seleccionó con referencia al intervalo de operación de trabajo optimo recomendado por el fabricante de diseño de la bomba, con un caudal máximo de (100 GPM), siendo este el valor del caudal disponible con el cual se diseñó en cada uno de los sistemas de riego localizado, estando dentro del rango de operación, aprovechando de este modo, los valores de máxima eficiencia, y respetando la altura dinámica total de la bomba para que esta no sea sometida a los efectos de cavitación.

Así, el equipo de bombeo a utilizar para los diseños de riego se ha seleccionado de 7.5 Hp, modelo **FPS 4400, 90FA7S.PE**, de 4", con salida de 2" en la descarga, con un total de gastos de materiales para succión de **U\$D 2,178.46**, dólares.

Cabe destacar que los tres sistemas pueden alcanzar un tiempo de vida útil de hasta 10 años, en este periodo se debe tener muy en cuenta el mantenimiento de limpieza de los componentes del sistema para que este tenga mayor durabilidad.

VIII. CONCLUSIONES

Mediante los diseños de riego localizado, empleado en los cultivos de Plátano (cuerno enano), Chiltoma (tres cantos), y Naranja (valencia), en la Finca La Carbonera ubicada en el municipio de Nindirí departamento de Masaya, se han logrado los alcances de cada uno de los objetivos propuestos, resumiendo lo siguiente:

- En el muestreo de la parcela de estudio, se determinaron las propiedades hidrofísicas encontrando un suelo de textura Franco Arcilloso Arenoso, con una capacidad de campo de 24%, una densidad aparente de 1.075 kg/cm³, la densidad real de 1.738 kg/cm³, pH con un valor de 6.88 y una conductividad eléctrica con un valor de 0.000439 milimhos/cm resultó ser nula, lo que lo convierte en un suelo óptimo para la producción y ejecución de los cultivos estudiados.

- Las necesidades brutas de riego para cada cultivo, fueron diseñadas a partir de las etapas de máximas demanda, para finalmente obtener un déficit de **6.78 mm/día** en el cultivo de plátano, **3.96 mm/día** en Naranja y **5.37 mm/día** para Chiltoma, definidas a través del diseño agronómico; indicando cuanto regar en cada uno de los diseños de riego localizado permitiendo dividir el área en turnos de riego en base al caudal que se requiere; Para el riego por microaspersión en el cultivo de Plátano, se dividió en 2 turnos de riego con una jornada de 4.92 horas, con una frecuencia de riego diaria. Encontrando que este diseño es el que más demanda presión de trabajo, por ende, el de mayor potencia de bombeo, con un valor de 7.2 hp, siendo este el valor máximo considerado y por el cual se basó, la selección del equipo de bombeo propuesto. El riego por goteo de botón para el cultivo de Naranja, se dimensiono en 1 turno de riego, en un tiempo de 3.44 hr/día, lo que equivale a la jornada de riego, con una frecuencia de 2 día. El diseño de riego por cinta de goteo para el cultivo de Chiltoma, se

dividió en 3 turnos de riego, con una jornada en 4.29 horas, con una frecuencia diaria. Obteniendo una jornada total de 12.65 horas en los tres sistemas de riego, lo que equivale al tiempo de trabajo del equipo de bombeo por día.

➤ El diseño geométrico permitió establecer el área del terreno a regar la cual es de 6 mz, se determinó la ubicación del pozo y los caballetes de riego dentro del polígono, así mismo se delimitaron los turnos de riego para los tres sistemas siendo estos 6 en total, así como también se trazó y dimensiono de la red hidráulica. Este último se basó en respetar las perdidas por fricción permitidas o máximas en el sistema, con respecto a las operaciones en la cual trabaja cada emisor de riego localizado, esto permitió obtener el presupuesto total del proyecto.

➤ Se ha determinado que el diseño que tiene mayor demanda en gastos de inversión, es el diseño por microaspersión para el cultivo de Plátano, con un desembolso de **U\$D 1,537.65** por manzana teniendo así una inversión total para dos manzanas de **U\$D 3,075.30 Dólares Estadunidenses**. Los gastos de inversión para el diseño por goteo de botón para el cultivo de Naranja, con un desembolso de **U\$D 1,412.16** por manzana, teniendo así una inversión total para dos manzanas de **U\$D 2,804.31 Dólares Estadunidenses**. Para el diseño por cinta de goteo se requiere un desembolso por manzana de **U\$D 1,305.32** , teniendo una inversión total para dos manzanas de **U\$D 2,610.63 Dólares Estadunidenses**. Así mismo se presupuestó el material a utilizar en la sarta de descarga de la fuente de abastecimiento de agua de riego localizado, con un costo de **U\$D 1,115.16 Dólares Estadunidenses**, además de los gastos para el conjunto bomba y tubería galvanizada para la succión del agua de riego, con un costo de **U\$D 2,178.46 Dólares Estadunidenses**. Concretando, que el proyecto tendrá un costo total de inversión de **U\$D 11,803.86 Dólares Estadunidenses**,

garantizando que el diseño sea operativamente seguro, eficiente y a la vez económico a largo plazo.

IX. RECOMENDACIONES

- En el procedimiento de extracción de muestras de suelo en campo, se recomienda ejecutar las pruebas en época estacional de verano, debido a las adversidades por efectos de lluvia que puedan impedir dicha ejecución; además de llevar a cabo el análisis de la muestra de suelo en laboratorio, no mayor a un periodo de 24 horas luego de haber sido extraída la muestra.
- Así mismo, se recomienda ejecutar la prueba de velocidad de infiltración de agua en el suelo, bajo las condiciones de poca o media condiciones de lluvia, con objeto de disminuir el tiempo de prueba de infiltración de lámina de agua, ya que, a mayor condición de suelo seco, mayor será el tiempo de medición y cantidad de agua a utilizar en la prueba. Bajo estas condiciones, el suelo permitirá arrojar valores constantes de medición en corto tiempo de prueba, indicando la infiltración básica de lámina de agua.
- Monitorear y ejecutar en el pozo de abastecimiento, la calidad del agua subterránea en laboratorio, a través de un muestreo en campo; con objeto de identificar la disposición de propiedades química como la medición del contenido de pH, concentración o contenido de sales (CE), además de evaluar la disposición de residuos sólidos.
- Referente a los costos de los materiales a utilizar en el diseño, se recomienda evaluar las cotizaciones con distintos proveedores o casas comerciales, de tal manera que pueda invertirse en los materiales más accesibles a precios justos del mercado; de este modo, el diseño podrá influir en la disminución de los costos totales.

X. BIBLIOGRAFÍA

- INTA. (2006). *Guía Tecnológica de Chiltoma*. Managua : Dirección de Servicios de Apoyo (DSA).
- Intagri S.C. (11 de 2016). *Intagri*. Obtenido de Intagri. (s. f.). El Cultivo de la Naranja | Intagri S.C. Recuperado 9 de octubre de 2022, de <https://www.intagri.com/articulos/frutales/el-cultivo-de-la-naranja>
- (04 de Enero de 2001). Obtenido de La Edu Digital: <https://laedu.digital/2021/09/02/sistemas-de-riego-tipos-y-problemas-derivados-de-su-uso/#:~:text=4.-,Riego%20por%20tuber%C3%ADas%20emisoras,muy%20poca%20distancia%20entre%20plantas>.
- (2020). Obtenido de INGEMAR: <https://www.ingemar.com.ar/blog/novedades/riego-localizado-ventajas-e-inconvenientes>
- (29 de Junio de 2022). Obtenido de CSR LAB EDAFOLOGICO: <https://csrlaboratorio.es/laboratorio/aguas/aguas-de-riego/riego-iii-el-riego-localizado/>
- A.R, S. G. (2022). Obtenido de IAgric: <https://www.redalyc.org/journal/5862/586272858001/html/>
- Backhauss, M. D. (2018). El origen de los cítricos. *Rafagas*.
- INTA. (07 de 2004). *INTA.gob.ni*. Obtenido de <https://inta.gob.ar/variedades/chiltoma-2004>
- INTA. (04 de Abril de 2020). *INTA.gob.ni*. Obtenido de INTA: <https://inta.gob.ni/wp-content/uploads/2020/04/Recomendaciones-produccion-Chiltoma-2020-ESTELI-1.pdf>
- JICA. (2019). *Guía técnica del cultivo de Cítricos*. San Lorenzo, Paraguay: Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción.
- Jiménez, S. (12 de 07 de 2016). *Hidráulica Fácil*. Obtenido de <https://www.hidraulicafacil.com/2016/07/que-es-el-riego-localizado.html>
- La Edu Digital*. (04 de Enero de 2021). Obtenido de La Edu Digital: <https://laedu.digital/2021/09/02/sistemas-de-riego-tipos-y-problemas-derivados-de-su-uso/#:~:text=4.->

,Riego%20por%20tuber%C3%ADas%20emisoras,muy%20poca%20distancia%20entre%20plantas.

Lecaros, B. J. (2011). *Intagri.com*. Obtenido de

<https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/sistema-de-riego-por-goteo>

Lopez, B. (16 de 01 de 2017). Obtenido de Lopez, B. (2017, 16 enero). Origen e historia del plátano. www.mundodeportivo.com/uncomo.

<https://www.mundodeportivo.com/uncomo/comida/articulo/origen-e-historia-del-platano-44066.html>

MAG. (s.f.).

Magfor. (2017). *Variedades de Narangua en Nicaragua*. Managua: La prensa.

Orellana. (2004). *F*.

Rafael, F. G. (17 de 09 de 2010). Manual de Riego para Agricultores, Módulo 4. En F. G. Rafael, *Manual de Riego para Agricultores, Módulo 4*. Obtenido de elRiego.com. (2015, 17 septiembre). Riego por Superficie | Todo el material de riego en internet. <https://elriego.com/riego-superficie/>

Rikolto. (2021). *Proyecto Gestión del Conocimiento para la Producción Sostenible*. Managua, Nicaragua: Belgica socio para el desarrollo .

UNA. (15 de Mayo de 2015). *slideshare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/kennerpaniagua/manejo-agronomico-en-ctricos-nicaragua>

XI. ANEXOS

Anexo 1. Hoja de campo de la velocidad de infiltración.

Fecha: 23/10/22	Ubicación:	FINCA LA CARBONERA 150 M.S.N.M
Coordenadas:	LATITUD 12°5.9' 23"N LONG 86°4.34' 14"O	Elevación(msnm):
Hora de Inicio	11:40	Hora Final 01:40
Diámetro de anillo interno	20 (cm)	Altura de anillo interno 30 (cm)
Nombre del analista: Ashley García, Elian Amador, Jefferson Catón.		
Método:		Porchet

Fuente: Propia

Anexo 2. Datos obtenidos en campo, para velocidad de infiltración.

Hora	Intervalos (min)	Tiempo acumulado (hr)	Lectura de medición (cm)	Descenso (cm)	Descenso Acm (cm)
11:40:00	0.0	0.00	30.0	0.0	0.0
11:45:00	5.0	0.08	22.8	7.2	7.2
11:50:00	5.0	0.17	19.3	3.5	10.7
11:55:00	5.0	0.25	16.6	2.7	13.4
12:00:00	5.0	0.33	14.7	1.9	15.3
12:05:00	5.0	0.42	12.6	2.1	17.4
12:10:00	5.0	0.50	11.2	1.4	18.8
12:20:00 /10	10.0	0.67	27.7	3.5	22.3
12:30:00	10.0	0.83	24.5	3.2	25.5
12:40:00	10.0	1.00	21.5	3.0	28.5
12:50:00	10.0	1.17	19.1	2.4	30.9
01:00:00	10.0	1.33	17.0	2.1	33.0
01:10:00	10.0	1.50	15.1	1.9	34.9
01:25:00	15.0	1.75	12.5	2.6	37.5
01:40:00	15.0	2.00	10.2	2.3	39.8

Fuente: Propia

Anexo 3. Datos obtenidos de la velocidad de infiltración, método de Porchet.

$R/2(t_2-t_1)$	$(2h_1+R)/(2h_2+R)$	LN	f (cm/hr)	f (mm/hr)
180.00	1.19	0.17	31.38	313.84
120.00	1.10	0.10	11.66	116.60
90.00	1.09	0.08	7.38	73.79
72.00	1.06	0.06	4.46	44.65
60.00	1.08	0.07	4.40	44.00
51.43	1.05	0.05	2.68	26.77
36.00	1.05	0.05	1.89	18.89
30.00	1.08	0.08	2.34	23.37
25.71	1.08	0.08	2.03	20.31
22.50	1.07	0.07	1.53	15.30
20.00	1.07	0.06	1.27	12.71
18.00	1.06	0.06	1.10	11.02
15.00	1.09	0.09	1.36	13.55
13.33	1.09	0.09	1.16	11.65

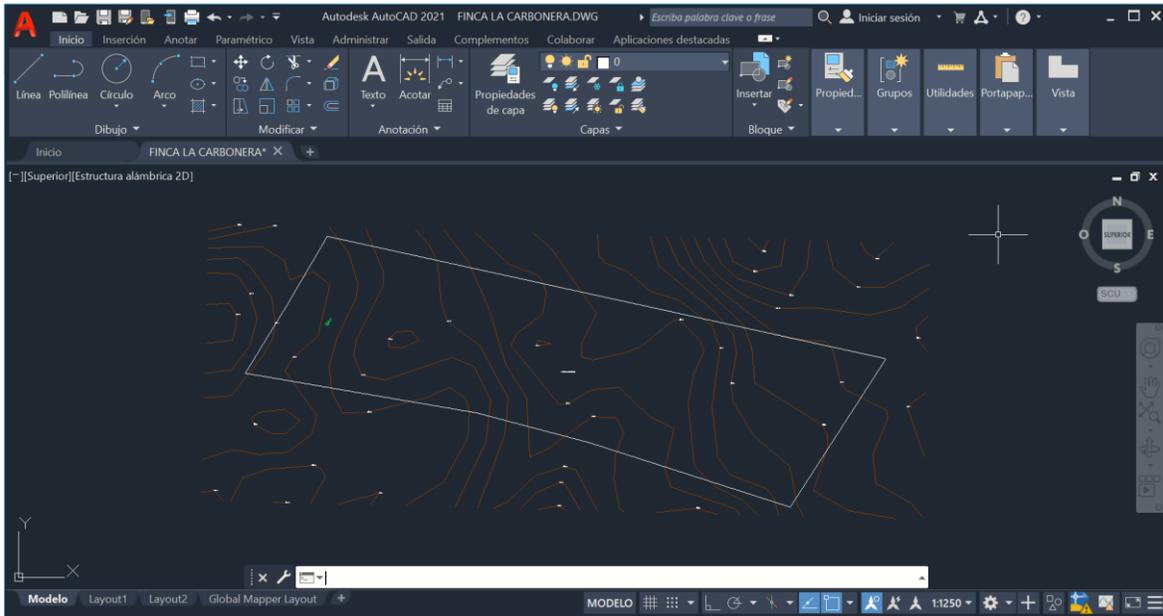
Fuente: Propia

Anexo 4. Descripción técnica de la estación meteorológica de Masaya.

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA RESUMEN METEOROLÓGICO ANUAL			
Estación:	MASAYA (L. OXIDACION)	Código:	690115
Departamento:	MASAYA	Municipio:	MASAYA (L. OXIDACION)
Latitud:	11°58'48"	Longitud:	86°06'18"
Años:	2008-2019	Elevación:	210 msnm
Parámetros:	T _{máx} , T _{mín} , Hr, Vv, Hs.	Tipo:	HMO

Fuente: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER).

Anexo 7. Exportación de Curvas a nivel en AutoCAD.



Fuente: Propia

Anexo 8. Modelo de bomba propuesta para los diseños de riego, FPS 4400.

Bombas Sumergibles

Alta Capacidad 4" Modelos 35, 45, 60 y 90 GPM



FPS 4400

Características:

- 4 rangos de rendimiento - 35, 45, 60 y 90 GPM.
- Soporte del motor y cabezal de descarga de acero inoxidable.
- Las etapas y los impulsores de flujo alto son vitrificados Noryl®* para mayor eficiencia.
- Casquillo cerámico del eje y cojinete de descarga de caucho que eliminan el desgaste por arena.
- Cojinete intermedio para incrementar la estabilidad del eje.
- Sellos de cubo y ojo flotante para incrementar el rendimiento y la eficiencia.
- Acoplamiento del eje, casco y eje hexagonal de la bomba en acero inoxidable.
- Ensamble para empuje de alta capacidad para protección durante el arranque y la operación (modelos 45, 60 y 90 GPM).
- Accionado por motores sumergibles Franklin de 4" resistentes a la corrosión.
- Descarga de 2" NPT.
- Las válvulas de retención se piden por separado.

* Noryl® es Marca Registrada de G.E.



Franklin Electric

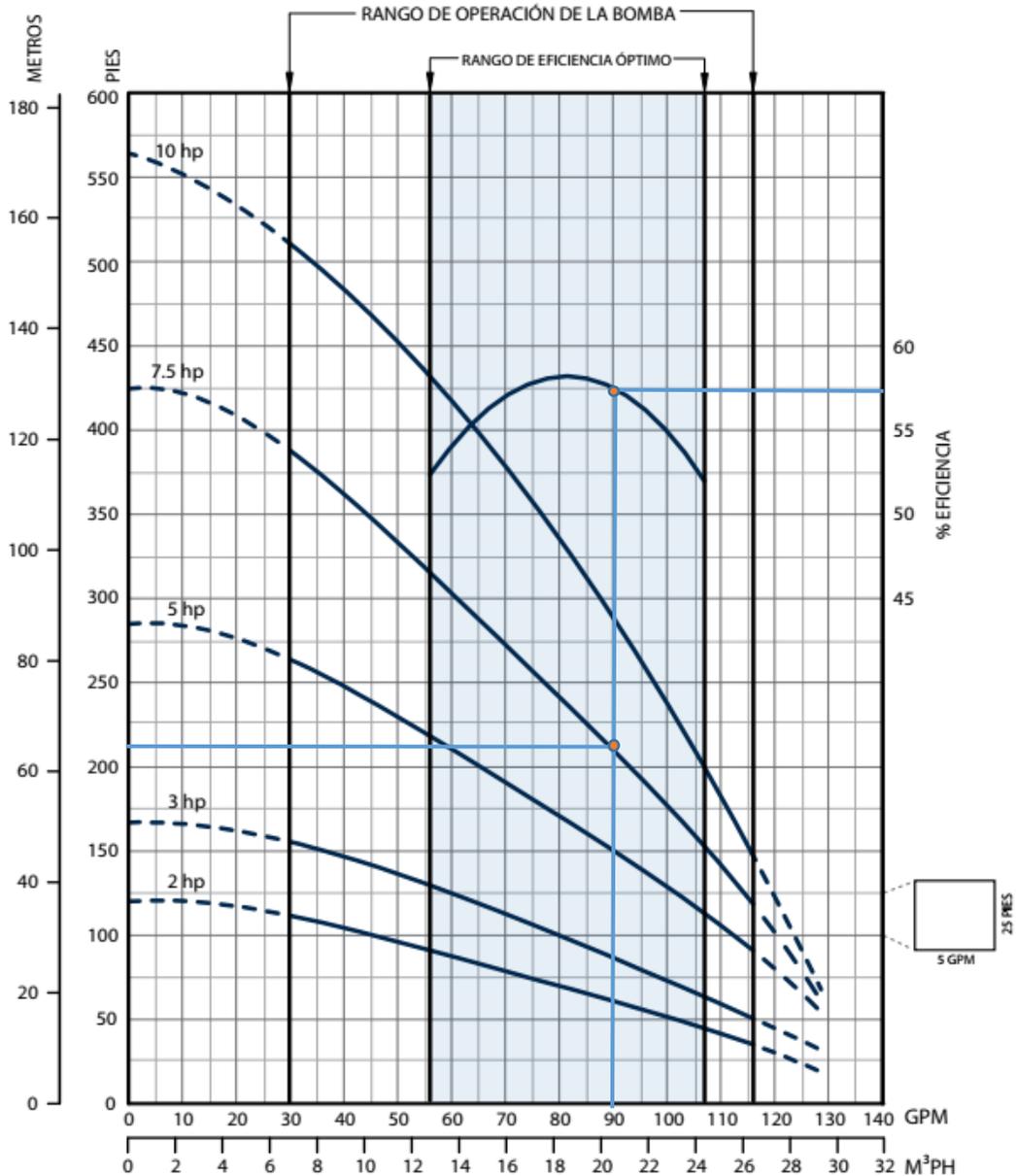
400 East Spring Street, Bluffton, IN 46714
Tel: 260.824.2900 Fax: 260.824.2909
www.franklin-electric.com

Fuente: Catálogo Franklin Electric.

Anexo 9. Curva característica de Bomba, FPS 4400, en su punto de operación, de mayor demanda del sistema de riego.

Bombas Sumergibles

Alta Capacidad 4"
Curvas de Rendimiento 90 GPM



Fuente: Catálogo Franklin Electric.

Anexo 10. Profundidad al nivel de agua Bombeada o altura dinámica total de la Bomba.

Bombas Sumergibles

Alta Capacidad 4"

Gráfica de Rendimiento 90 GPM

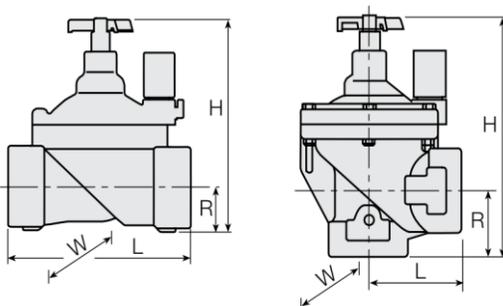
Capacidades en Galones U.S. por Minuto

HP	PSI	Profundidad al Nivel de Agua Bombeada o Elevación en Pies																
		20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	250	300	350	400	450	500	550
7.5	0								116	112	107	101	94	76	60	46		
	10						115	111	108	100	93	86	68	54	38			
	20				115	110	105	99	92	85	77	61	47					
	30			114	109	104	98	91	83	76	70	55	40					
	40		113	109	103	96	90	82	75	69	62	49						
	50	113	108	102	95	88	81	74	68	61	56	41						
	60	107	101	94	87	80	73	67	61	55	50	31						
	70	100	93	86	79	72	66	60	54	49	42							
	80	92	85	78	71	65	59	53	48	41	33							
	90	84	77	70	64	58	53	47	40	31								
	100	76	69	63	57	52	46	39										
	110	68	62	56	51	45	38											
	120	61	55	50	44	36												
	130	55	49	43	35													
	140	48	42	33														
	150	41	32															
	160																	
PSI a Válvula Cerrada		175	167	158	149	141	132	123	115	106	97	76	54	32				

Fuente: Catálogo Franklin Electric

Anexo 11. Especificaciones técnicas de Válvula hidráulica Serie 200 Bermad DN40 2".

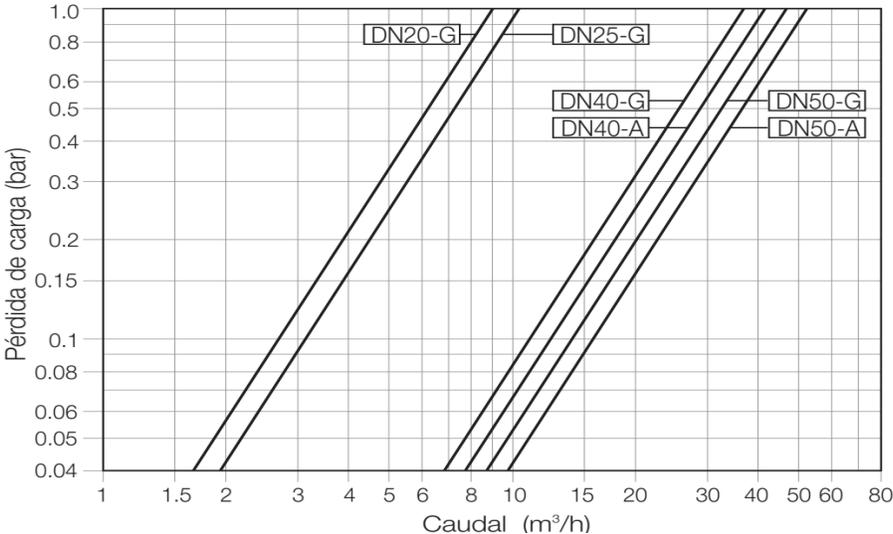
Dimensiones y pesos



Forma	Globo			
Tamaño	DN20	DN25	DN40	DN50
L (mm)	110	110	160	170
H (mm)	115	115	180	190
R (mm)	22	22	35	38
W (mm)	78	78	125	125
Peso* (Kg)	0.35	0.33	1.0	1.1
CCDV** (lit)	0.015	0.015	0.072	0.072

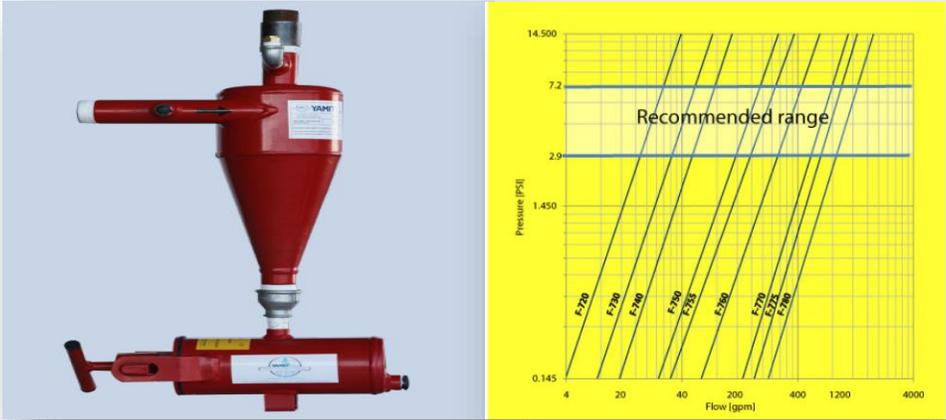
Fuente: Catalogo Bermad Riego

**Anexo 12. Valores de pérdida de carga por debajo de 2 m/s; 0.3 Bar,
Válvula hidráulica Serie 200 Bermad.**



Fuente: Catalogo Bermad Riego

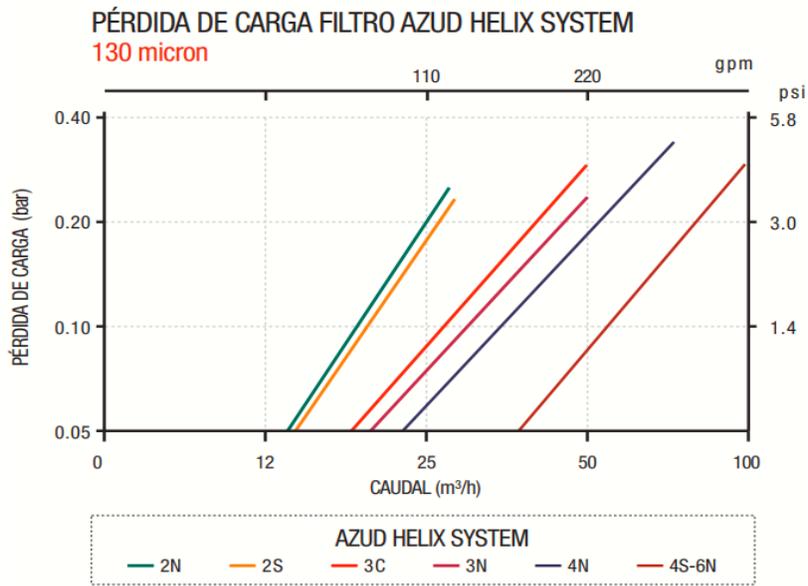
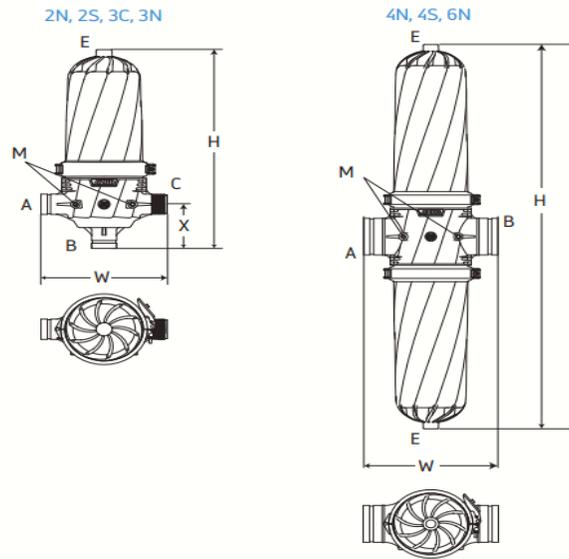
Anexo 13. Sistema de filtrado Hidrociclón.



Fuente: Catalogo Naandanjain.

Anexo 14. Pérdida de carga Filtro Azud Helix 2N 2”.

AZUD HELIX SYSTEM



Fuente: Catalogo Azud

Anexo 15. Manguera de polietileno 16 MMx500M



Fuente: Catalogo Agrizen S.A

Anexo 16. Cinta de goteo, 1lph/8mil/20cm



Fuente: Catalogo Agrizen S.A

Anexo 17. Gotero auto compensado 8lph.



Fuente: Catalogo Agrizen S.A

Anexo 18. Empaques Gromet goma.



Fuente: Catalogo Agrizen S.A

Anexo 19. Microaspersor de flujo libre, 69lph.



Fuente: Catalogo Agrizen S.A

Anexo 20. Filtro de anillo 50 mesh.



Fuente: Catalogo Agrizen S.A

Anexo 21. Inicial PE PVCX16MM.



Fuente: Catalogo Agrizen S.A

Anexo 22. Conector PE 16MMX16MM



Fuente: Catalogo Agrizen S.A

Anexo 23. Te PE 16MMX16MM.



Fuente: Catalogo Agrizen S.A

Anexo 24. Conector PE 16MMXCinta.



Fuente: Catalogo Agrizen S.A

Anexo 25. Manómetro de glicerina.



Fuente: Catalogo Agrizen S.A

Anexo 26. Válvula de aire cinética.



Fuente: Catalogo Agrizen S.A

Anexo 27. Tubería PVC SDR 45.



Fuente: Catalogo Durman.

Anexo 28. Válvula Hidráulica sectorial.



Fuente: Catalogo Agrológico.

Anexo 29. Válvula de aire doble propósito.



Fuente: Catalogo Agrizen S.A.

Anexo 30. Codo 90° PVC.



Fuente: Catalogo Durman.

Anexo 31. Codo 45° PVC.



Fuente: Catalogo Durman.

Anexo 32. Adaptador hembra PVC.



Fuente: Catalogo Durman.

Anexo 33. Adaptador Macho PVC.



Fuente: Catalogo Durman.

Anexo 34. Tapón roscable PVC.



Fuente: Catalogo Durman.

Anexo 35. Datos Climáticos, Temperatura Mínima.

Parámetro: Temperatura Mínima Media (C°)													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Juni	Juli	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
2008	20.8	21.1	21.8	22.8	23.3	23.1	22.7	22.7	22.9	22.7	21.7	21.1	22.2
2009	20.8	20.8	21.1	22.9	23.7	23.2	23.3	23.3	23.4	23.2	22.4	22.0	22.5
2010	21.0	22.4	22.6	24.2	24.1	23.3	23.4	23.3	23.1	23.1	21.5	19.8	22.7
2011	21.2	21.4	21.8	22.8	23.8	23.5	23.0	23.3	23.2	22.9	21.9	21.0	22.5
2012	21.0	21.4	21.9	23.5	23.9	23.3	23.0	23.2	23.0	22.9	21.4	21.7	22.5
2013	22.1	21.7	22.5	23.8	23.8	23.4	22.8	23.0	23.0	23.1	22.5	21.7	22.8
2014	21.2	21.5	22.3	23.6	24.4	24.0	24.2	26.9	26.1	22.9	22.6	21.3	23.4
2015	21.8	21.3	22.3	24.0	24.0	24.0	23.5	23.8	23.8	23.7	22.9	23.1	23.2
2016	21.6	22.1	23.3	24.5	24.8	23.5	23.2	23.5	23.3	23.3	22.6	22.3	23.2
2017	21.3	21.4	22.4	24.2	24.1	23.8	23.3	23.5	23.6	23.3	22.6	21.7	22.9
2018	21.4	21.5	22.1	23.2	23.4	23.6	-	-	23.1	22.5	22.6	21.3	22.5
2019	21.3	21.8	22.3	23.5	25.1	-	-	-	-	-	-	-	22.8
Suma	868.6	885.1	913.9	964.4	990.4	946.2	888.1	916.5	953.1	942.7	870.8	860.4	953.8
Media	20.7	21.1	21.8	23.0	23.6	23.1	22.8	22.9	22.7	22.4	21.8	21.0	22.2
Max	22.1	22.4	23.3	24.5	25.1	24.0	24.2	26.9	26.1	23.7	23.4	23.1	23.4
Min	18.2	19.5	19.5	20.9	21.8	20.7	20.8	21.0	20.2	19.4	19.0	18.1	19.2

Fuente: Instituto Nicaragüense de estudios territoriales (INETER)

Anexo 36. Datos Climáticos, Temperatura Máxima.

Temperatura Máxima Media (C°)													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
2008	29.60	30.90	32.80	33.90	32.90	30.50	29.90	30.60	30.10	29.00	29.30	29.20	30.73
2009	30.00	31.30	32.50	34.00	33.70	31.10	30.80	31.10	32.00	30.90	30.30	30.60	31.53
2010	31.20	33.20	34.50	35.10	32.20	31.20	30.30	31.00	30.00	30.70	29.60	29.70	31.56
2011	30.70	32.40	33.30	34.50	33.40	30.90	30.60	31.20	30.90	28.90	30.00	29.30	31.34
2012	30.10	31.30	33.00	34.50	33.20	31.20	30.70	31.20	30.90	30.10	30.50	31.20	31.49
2013	31.40	32.20	33.40	35.20	34.00	31.00	30.00	31.20	30.50	30.60	30.10	30.10	31.64
2014	30.80	32.30	34.20	35.40	35.00	32.60	33.10	32.70	31.40	29.90	30.10	31.00	32.38
2015	31.40	32.60	33.60	35.40	34.10	31.90	31.30	33.10	32.10	31.80	31.10	31.90	32.53
2016	32.35	32.88	34.86	35.43	34.89	31.51	31.28	33.01	31.76	30.59	30.77	30.30	32.47
2017	31.17	32.99	33.52	35.53	32.75	31.21	30.58	31.59	31.44	29.99	30.78	30.12	31.81
2018	31.17	31.48	33.55	34.60	31.80	31.10	-	-	31.40	29.20	31.30	30.60	31.62
2019	31.25	33.01	34.01	35.19	35.97	-	-	-	-	-	-	-	33.89
Suma	1277.76	1327.36	1389.05	1438.75	1396.71	1274.72	1221.16	1244.40	1289.50	1263.58	1200.65	1229.02	1349.22
Media	30.42	31.60	33.07	34.26	33.25	31.09	30.53	31.11	30.70	30.09	30.02	29.98	31.38
Max	32.35	33.20	34.86	35.70	35.97	32.70	33.10	33.10	32.10	31.80	31.60	31.90	33.89
Min	29.10	30.00	31.70	32.40	31.00	29.20	29.10	29.70	28.90	28.40	28.90	28.90	30.45

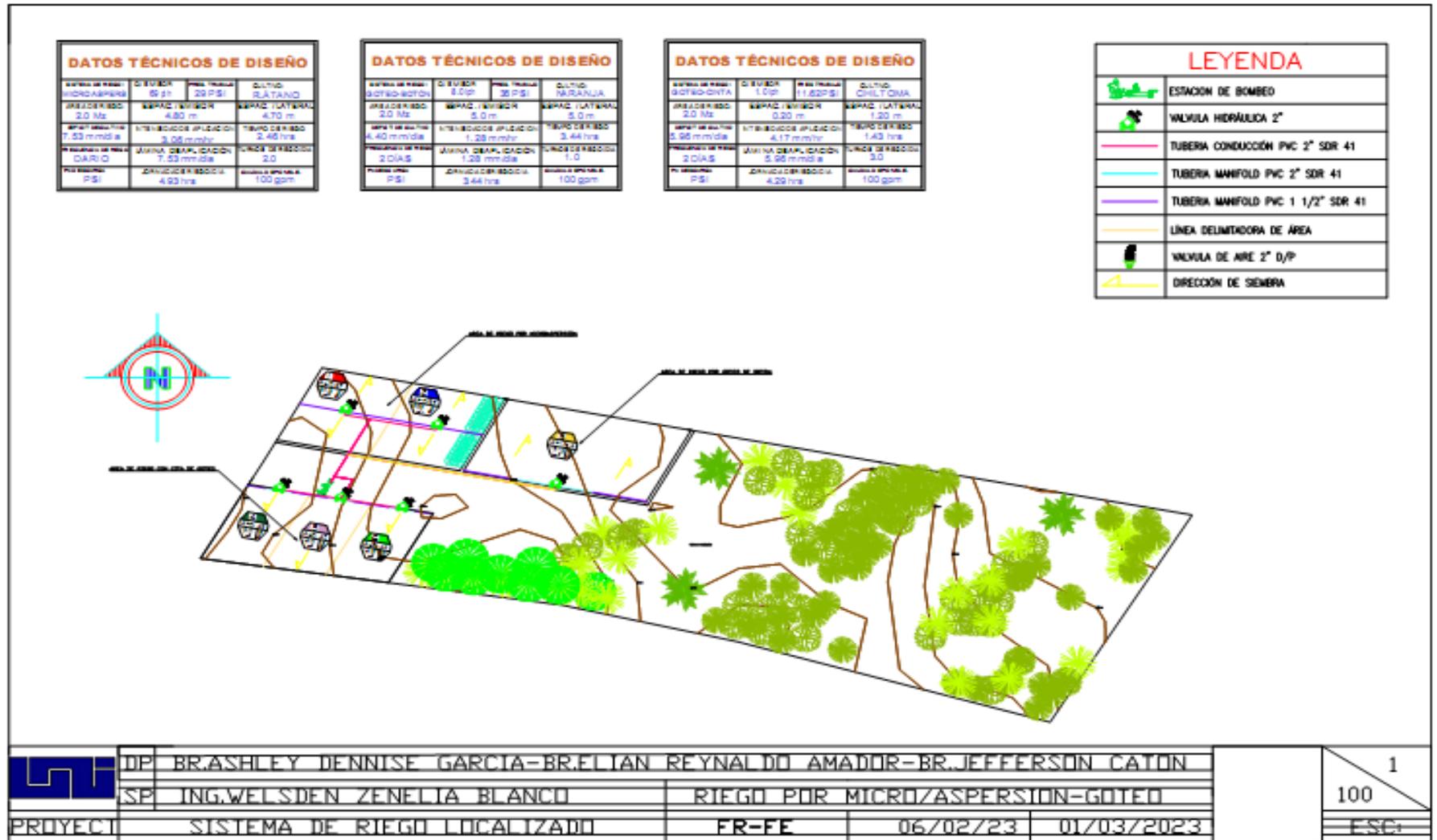
Anexo 37. Datos Climáticos, Humedad Relativa.

Humedad Relativa Media (%)													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
2008	77.0	75.0	70.0	67.0	72.0	82.0	87.0	87.0	86.0	89.0	82.0	79.0	79.4
2009	76.0	74.0	72.0	72.0	78.0	85.0	87.0	86.0	85.0	87.0	85.0	79.0	80.5
2010	73.0	71.0	67.0	74.0	83.0	87.0	90.0	90.0	90.0	88.0	88.0	83.0	82.0
2011	85.0	82.0	71.0	68.0	75.0	82.0	88.0	89.0	89.0	91.0	87.0	87.0	82.8
2012	80.0	80.0	75.0	73.0	74.0	87.0	88.0	85.0	85.0	86.0	78.0	76.0	80.6
2013	76.0	74.0	70.0	72.0	70.0	85.0	87.0	85.0	89.0	87.0	86.0	86.4	80.6
2014	87.0	75.0	71.0	69.0	70.0	78.0	76.0	80.0	84.5	88.0	84.0	78.8	78.4
2015	74.6	72.6	70.6	71.1	70.7	81.5	77.0	76.0	81.3	81.5	83.1	79.0	76.6
2016	75.3	68.6	67.4	67.8	72.7	78.8	84.3	81.3	84.9	85.7	78.9	79.9	77.1
2017	75.5	69.6	67.2	67.6	78.5	86.4	84.6	86.4	87.2	88.3	82.2	78.8	79.3
2018	73.2	75.6	69.3	68.9	78.2	80.3	-	-	84.3	88.3	81.8	79.0	77.9
2019	72.7	70.2	64.4	68.0	72.2	-	-	-	-	-	-	-	69.5
Suma	3123.3	2965.5	2814.8	2774.4	3051.3	3358.1	3158.9	3233.6	3470.2	3488.7	3273.0	3042.9	3312.2
Media	74.4	70.6	67.0	66.1	72.7	81.9	83.1	82.9	84.6	85.1	81.8	78.0	77.0
Max	87.0	82.0	75.0	75.0	84.0	89.0	90.0	90.0	90.0	91.0	88.0	87.0	82.8
Min	63.0	58.0	56.0	51.0	59.0	71.0	76.0	72.0	74.0	74.0	71.0	71.0	65.5

Anexo 38. Datos Climáticos, Velocidad del viento.

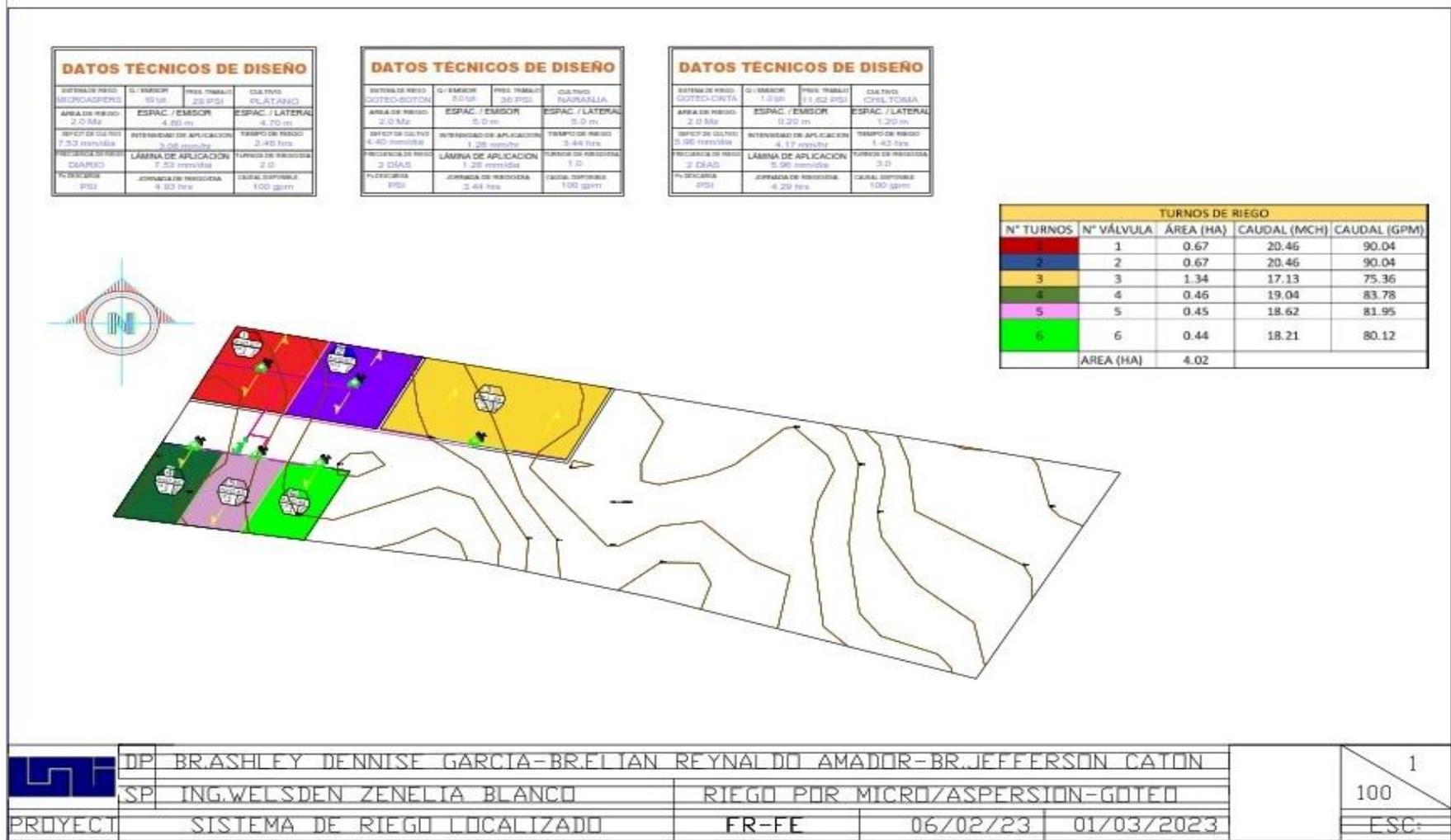
Viento Medio (m/seg)													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Mediana
2008	3.6	3.7	4.2	3.6	3.1	2.7	2.8	2.5	2.4	2.3	2.8	3.7	3.1
2009	3.6	4.3	3.7	3.0	2.2	1.7	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.5	2.6
2010	2.7	2.5	2.5	2.2	2.0	1.6	1.6	1.5	1.6	1.4	1.7	2.0	1.9
2011	1.9	2.1	2.5	2.0	1.7	1.4	1.6	1.6	2.1	2.5	2.5	2.9	2.1
2012	3.9	4.1	4.3	2.7	2.2	2.4	3.2	2.6	2.6	2.5	3.2	2.8	3.0
2013	3.3	3.1	3.1	2.5	2.4	1.9	2.0	2.0	1.9	1.9	2.0	2.1	2.4
2014	2.8	2.9	2.8	2.8	2.3	2.3	3.1	2.1	1.6	1.5	2.3	2.5	2.4
2015	3.2	2.7	3.2	2.3	2.3	2.3	2.9	2.5	1.8	1.6	1.6	2.3	2.4
2016	2.5	3.2	2.3	2.2	1.8	1.6	1.9	2.7	2.2	2.0	2.1	3.0	2.3
2017	4.1	3.8	3.6	2.3	1.6	1.8	2.4	2.5	3.1	3.2	3.4	3.6	3.0
2018	4.4	4.8	4.3	3.6	3.5	3.8	-	-	3.1	2.7	3.7	3.7	3.8
2019	4.7	4.3	4.5	3.4	3.9	-	-	-	-	-	-	-	4.2
Suma	97.6	100.7	96.3	83.4	74.8	63.5	69.4	66.7	62.7	61.0	67.0	83.2	81.3
Mediana	2.7	2.8	2.7	2.3	2.0	1.8	2.0	2.0	1.8	1.7	2.0	2.4	2.2
Max	4.7	4.8	4.5	3.6	3.9	3.8	3.2	3.1	3.1	3.2	3.7	3.7	4.2
Min	1.0	0.8	0.8	0.1	0.8	0.6	0.6	0.4	0.4	0.3	0.3	0.8	0.7

Anexo 39. Plano de los diseños de riego localizado, Finca La Carbonera.



Fuente: Propia

Anexo 40. Plano operativo de riego localizado, Finca La Carbonera.



Fuente: Propia