Universidad Nacional de Ingeniería

Área del Conocimiento de Agricultura

DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO DEL CULTIVO DE MELÓN (CUCUMIS MELO L) EN LA FINCA RANCHO SOTELO EN EL MUNICIPIO DE TIPITAPA DEL DEPARTAMENTO DE MANAGUA, AÑO 2025.

Trabajo Monográfico para optar al título de
Ingeniero Agrícola

Elaborado por:

Br. Erick Steven Miranda Angulo
2019-0630U

Br. Leticia Lissette Jarquín Bonilla
2020-0410U

Tutor:

Ing.Welsden Zenelia Blanco Bustillo

2025, Managua, Nicaragua

INDICE

I. INTRODUCCIÓN 1

II. ANTECEDENTES 2

III. JUSTIFICACIÓN 4

IV. OBJETIVOS 5

4.1. Objetivo general: 5

4.2. Objetivos específicos: 5

V. MARCO TEÓRICO 6

5.1. Generalidades del cultivo 6

5.1.1. Taxonomía de la planta 6

5.1.2. Características morfológicas 7

5.1.3. Requerimientos edafoclimáticos 9

5.2. Condiciones edáficas 10

5.2.1. Propiedades químicas 10

5.2.2. Propiedades físicas 10

5.2.3. Propiedades hidro físicas 12

5.3. Condiciones topográficas 12

5.4. Datos meteorológicos 13

5.4.1. Evapotranspiración de referencia 13

5.4.2. Coeficiente del cultivo 13

5.5. Fuente de agua 13

5.5.1 Pozo 13

5.6. Sistema de riego 14

5.6.1. Sistema de riego por goteo 14

5.6.2. Ventajas y desventajas del sistema de riego por goteo 14

5.6.3. Tipos de sistemas de riego por goteo 15

5.6.4. Componentes 15

5.6.5. Eficiencia del riego por goteo 18
5.7. Etapas del sistema de riego 18
5.7.1. Diseño agronómico 18
5.7.2. Diseño geométrico 21
5.7.3. Diseño Hidráulico 21
5.8. Costos de inversión 22
5.8.1. Tubería PVC 22
5.8.2. Materiales de riego 22
5.8.3. Sarta de descarga 22
5.8.4. Accesorios de riego 22
5.8.5. Instalación y transporte 23
VI. DISEÑO METODOLÓGICO 24
6.1. Tipo de investigación 24
6.1.1 Según el enfoque de investigación 24
6.1.2 Según el alcance de resultados 24
6.1.3 Según el período en que se realiza el estudio 24
6.2. Localización del área de estudio 24
6.2.1. Macro localización 24
6.2.2. Micro localización 25
6.3. Determinación de las propiedades edáficas 26
6.3.1. Muestreo de suelos 26
6.3.2. Propiedades químicas 27
6.3.3. Propiedades físicas 27
6.3.4. Propiedades hidro físicas 31
6.4. Levantamiento topográfico 32
6.5. Datos meteorológicos 32
6.5.1. Evapotranspiración de referencia 32
6.5.2. Coeficiente del cultivo 33
6.6. Fuente de agua 33

6.6.1. Aforo de pozo 33
6.7. Etapas del diseño 33
6.7.1. Diseño agronómico 33
6.7.2. Diseño geométrico 38
6.7.3. Diseño hidráulico 39
6.8. Costos y presupuesto del proyecto 42
VII. ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS. 43
7.1. Condiciones agronómicas de la Finca Rancho Sotelo. 43
7.2. Determinación de propiedades edáficas 44
7.2.1. Propiedades Químicas 45
7.2.2. Propiedades Físicas 45
7.2.3. Propiedades Hidro físicas 51
7.3. Levantamiento topográfico 54
7.4. Datos meteorológicos 56
7.4.1. Evapotranspiración de referencia 56
7.4.2. Coeficiente del cultivo 57
7.5 Fuente de agua 57
7.5.1. Pozo 57
7.5.2. Aforo del pozo 57
7.6. Etapas del diseño 58
7.6.1. Diseño agronómico 58
7.6.2. Diseño geométrico 63
7.6.3. Diseño hidráulico 67
7.7. Costos y presupuesto del proyecto 77
7.7.1. Materiales de riego 78
7.7.2. Sarta de descarga 80
7.7.3. Tubería PVC 82
7.7.4. Accesorios de riego 84

7.7.5. Costos de instalación y transporte 86
VIII. CONCLUSIONES 88
IX. RECOMENDACIONES 90
X. BIBLIOGRAFIA 91
XI. ANEXO i

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación taxonómica 6
Tabla 2 Actividades en campo identificadas a realizar previas al diseño de riego 43
Tabla 3 Descripción del perfil del suelo. 44
Tabla 4 Recopilación de datos necesarios para determinar la textura de suelos 46
Tabla 5 Recopilación de datos necesarios para determinar la densidad real. .. 47
Tabla 6 Dimensiones del cilindro 49
Tabla 7 Datos de laboratorios para determinar la densidad aparente 49
Tabla 8 Resultados de las propiedades edáficas de la finca Rancho Sotelo. ... 53
Tabla 9 Coeficiente del cultivo en cada una de sus etapas fenológicas. 57
Tabla 11 Resultado de los Parámetros del Diseño Agronómico. 62
Tabla 12 Cálculo de las pérdidas por fricción en la tubería de conducción 69
Tabla 13 Cálculo de las pérdidas por fricción en la tubería de manifold 71
Tabla 14 Pérdidas por fricción en el lateral de riego crítico 73
Tabla 15 Pérdida de carga de los accesorios de la sarta de descarga 75
Tabla 16 Presión de descarga 76
Tabla 17 Listado de materiales de riego 79
Tabla 18 Costo y presupuesto de la sarta de descarga 81
Tabla 19 Costo y presupuesto de la tubería PVC 83
Tabla 20 Listado de accesorios de riego 85
Tabla 21 Costos de instalación y transporte. 87

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Porcentaje de limo más arcilla 28
Ecuación 2. Porcentaje de arcilla 28
Ecuación 3. Porcentaje de Arena 28
Ecuación 4. Porcentaje de limo 28
Ecuación 5. Principio de Arquímedes 29
Ecuación 6. Densidad Aparente 30
Ecuación 7. Porosidad Total 30
Ecuación 8. Porcentaje gravimétrico 31
Ecuación 9. Porcentaje del punto de marchitez permanente 32
Ecuación 10. Caudal método volumétrico 33
Ecuación 11. Lamina de riego 34
Ecuación 12. Lámina neta 34
Ecuación 13. Lámina bruta 35
Ecuación 14. *Evapotranspiración Real* 35
Ecuación 15. *Déficit del cultivo* 35
Ecuación 16. Frecuencia de riego 36
Ecuación 17. Intensidad de aplicación 36
Ecuación 19. *Caudal requerido* 36
Ecuación 19. Caudal por hectárea 37
Ecuación 20. Caudal total 37
Ecuación 21. Tiempo de riego 37
Ecuación 22. Área de turnos de riego 38
Ecuación 23. Caudal por turno 38
Ecuación 24. Jornada 38
Ecuación 25. Pérdidas por fricción en tuberías por Hazen-Williams 39
Ecuación 26. Velocidad en función del caudal 40
Ecuación 27. Diámetro de la tubería 40
Ecuación 28. Factor de Cristiansen 41

Ecuación 29. Pérdidas por fricción corregidas 41
Ecuación 30. Presión de descarga 42
Ecuación 31. Carga total dinámica 42
Ecuación 32. Potencia del equipo de bombeo 42

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Morfología de la planta de melón 8
Figura 2. Componentes del sistema de riego por goteo 17
Figura 3. Macro localización 25
Figura 4. Micro localización 26
Figura 5. Plano Topográfico del área de estudio. 55
Figura 6. Cálculo de la Evapotranspiración (ETo), por el método de Penman - Monteith..... 56
Figura 7. Plano General del Sistema de riego propuesto. 64
Figura 8. Plano de turnos de riego..... 66

INDICE DE ANEXO

Anexo A. Visita de campo i
Anexo A1. Levantamiento técnico de campo.....ii
Anexo A2. Muestreo de suelo.....ii
Anexo A3. Método del cilindro para determinar la densidad aparente iii
Anexo A4. Prueba de infiltración por el método de porchet.....iii
Anexo A5. Práctica de laboratorio por el método Bouyoucos.....iv
Anexo A6. Aforo de pozo.....iv
Anexo B. Propiedades Edáficas vi
Anexo B1. Categorización del valor del PH.....vii
Anexo B2. Clasificación de salinidad en el suelo y sus efectos en los cultivos ..vii
Anexo B3. Determinación de la clase textural encontrada en el área de estudio viii
Anexo B4. Evaluación de la densidad real ix
Anexo B5. Clasificación de la densidad aparente en los suelos..... x
Anexo B6. Clasificación de la porosidad total..... x
Anexo B7. Prueba de velocidad de infiltración xi
Anexo B8. Velocidad de infiltración básica.....xii
Anexo C. Datos meteorológicos xiii
Anexo C1. Tabla de datos de humedad relativa.....xiv
Anexo C2. Tabla de datos de temperatura máxima.....xv
Anexo C3. Tabla de datos de temperatura mínima xvi
Anexo C4. Tabla de datos de velocidad del viento xvii
Anexo C5. Tabla de irradiación solar ultravioleta anual..... xviii
Anexo C6. Datos de kc del cultivo por el método de Penman Montheith xix
Anexo D. Levantamiento topográfico.....xx
Anexo D1. Clasificación de la pendiente xxi
Anexo F. Diseño hidráulico.....xxii

Anexo F1. Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams para diferentes materiales xxiii
Anexo F2. Coeficientes y exponentes de las principales fórmulas empleadas para cuantificar la pérdida de carga por fricción xxiii
Anexo F4. Cinta de goteo xxv
Anexo F5. Especificaciones técnicas de cinta de goteo xxv
Anexo F6. Pérdidas por fricción de la tubería de conducción del diseño de sistema de riego por goteo xxvi
Anexo F7. Pérdidas por fricción de la tubería de manifold de los turnos del diseño del sistema de riego por goteo xxviii
Anexo F8. Pérdidas por fricción de los laterales del diseño de sistema de riego por goteo xxxi
Anexo G. Sarta de descarga y (componentes de sistema de riego)..... xxxiii
Anexo G1. Válvula hidráulica serie 100 de 2” xxxiv
Anexo G2. Características de la bomba sumergible xxxv
Anexo G3. Curva característica de la bomba xxxvi
Anexo G4. Filtro de hidrociclón de 2”..... xxxvii
Anexo G4. Filtro de anillo de 2" xxxviii
Anexo G5. Caudalímetro de 2” xxxix
Anexo G6. Válvula de gaveta de 2” xl
Anexo G7. Válvula check de 2”..... xli
Anexo H. Costo y presupuesto del proyecto..... xlii
Anexo H1. Cotización en la empresa AGRIZEN, S.A. xliii
Anexo I. Planos..... xlv

DEDICATORIA

Dedico este trabajo monográfico, primeramente, a Dios por el amor y el apoyo que me ha brindado como hijo suyo, por siempre mantenerme firme para cumplir todas mis metas y anhelos.

A mi madre y mi padrastro, por su apoyo, por siempre estar en mí noches de desvelo, por ser mis guías de la vida y por siempre seguirlo siendo a pesar de los años. Infinitamente, gracias.

Br. Erick Steven Miranda Angulo

AGRADECIMIENTO

Es un verdadero placer el poder culminar satisfactoriamente esta etapa dentro de mi carrera como estudiante. Por ello quiero agradecer, primeramente, a Dios porque durante todos estos años me sostuviste con tu mano derecha y nunca me dejaste solo. Gracias a ti, llegue hasta aquí.

A mi madre Nelly Lucía Angulo, quien es la principal razón por la cual he luchado, desde incluso antes de realizar el examen de admisión en esta Alma Mater. Con esfuerzo ha luchado para darme una vida digna, así mismo, has sido mi apoyo incondicional, tanto económico como emocional. Me acompañaste en este largo camino y me impulsaste a ser mejor cada día. Te amo y gracias por todo.

A mi Padrastro Pablo Emilio Obregón, por apoyarme en el alcance de mis sueños y metas personales, con quien he podido contar económicamente y como amigo desde que llegaste a nuestras vidas.

A mi compañera de tesis, Br. Leticia Jarquín Bonilla, quien me ha dado su apoyo desde el primer día que la conocí en nuestra Alma Mater, juntos hemos aprendido, errado, pero, sobre todo, hemos sido compañeros de ánimo en situaciones decisivas y adversas durante este recorrido de estos últimos 2 años; no pude conocer mejor persona que a t y por eso te agradezco tanto.

Infinitas gracias a nuestra tutora Ing. Welsden Zenelia Blanco Bustillo por apoyarnos durante este proceso, por su paciencia y dedicación a explicarnos en cada visita de revisión del trabajo monográfico, así mismo, por brindarnos su tiempo y sabiduría.

Br. Erick Steven Miranda Angulo

DEDICATORIA

Este trabajo monográfico va dedicado primeramente a Dios, por bendecirme con su infinito amor, sabiduría, inteligencia y acompañarme en cada momento de mi vida.

A mis padres y hermanos, por todos sus esfuerzos, amor, compañía, apoyo y comprensión. Se merecen esto y mucho más. Los amo

Br. Leticia Lissette Jarquín Bonilla

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo investigativo lo dedico primeramente a Dios por habernos brindados la sabiduría, entendimiento y las fuerzas necesarias para culminar esta etapa tan importante de nuestras vidas de habernos permitido terminar nuestra carrera profesional que nos da inicio a una nueva etapa.

A mis padres Eduardo Esteban Jarquín y María Lissette Bonilla Hernández que han sido el pilar de mi vida para poder superarme en cualquier circunstancia, por siempre tener su apoyo incondicional a diario, por creer en mis capacidades y celebrar mis logros, la palabras nunca podrán expresar el agradecimiento, amor y gratitud que siento hacia ustedes que han sacrificado su vida para sus hijos enseñándonos que la mejor forma de garantizar un futuro de calidad es crearlo trabajando cada día en sí mismo para cumplir cada una de tus metas.

A mi hermana Flor Francheska Jarquín Bonilla que es una de las personas más importantes de mi vida, eres una de mis personas que más admiro a seguir, gracias por compartir conmigo desde nuestra llegada a este mundo, por darme las fuerzas a siempre luchar por cada uno de mis sueños y por ser mi amiga incondicional y a mis dos hermanos Eduardo y Roberto por siempre estar juntos brindándonos nuestro apoyo.

A mi compañero de tesis Br. Erick Miranda por tener la confianza en mí para poder culminar esta etapa conmigo, por ser una gran compañía en el transcurso de estos 2 últimos años, por estar en los momentos difíciles de la carrera apoyándonos en el aprendizaje, demostrándonos la lealtad y amistad.

Gracias alma mater UNI-RUPAP por habernos permitidos formarnos como Ingenieros en la carrera Ingeniería Agrícola, por brindarnos unas instalaciones dignas y darnos una enseñanza de calidad, por darnos el privilegio de formarnos como profesionales con la capacidad de competencia en el ámbito laboral.

Gracias a la Docente Ing. Welsden Zenelia Blanco Bustillo por ser una excelente mentora guiándonos en este arduo proceso de 6 meses por brindarnos su tiempo, paciencia y sabiduría, para así poder culminar exitosamente nuestro trabajo monográfico.

Br. Leticia Lissette Jarquín Bonilla

RESUMEN

Este documento presenta un diseño de sistema de riego por goteo del cultivo de melón (*Cucumis Melo L.*) en la finca Rancho Sotelo en el municipio de Tipitapa del departamento de managua, año 2025. El objetivo principal de esta investigación fue diseñar un sistema de riego para el cultivo de melón basado en las necesidades hídricas del cultivo en su etapa de mayor demanda hídrica, aprovechando al máximo la fuente que abastece a la finca.

El desarrollo de esta investigación es de carácter cuantitativo, debido a que se analizó diferentes parámetros que influyen en la caracterización de la zona de estudio como el clima, en el cual se recopilaron datos de los elementos como: precipitación, temperatura, brillo solar y velocidad del viento, así mismo, se estudió las propiedades químicas, propiedades físicas y las propiedades hidro físicas, debido a que, son fundamentales en la actividad agronómica del suelo.Se realizó un levantamiento topográfico con un GPS con el que se georreferencio el perímetro de cada una de las áreas cultivadas, estos parámetros son esenciales para la realización del diseño de sistema de riego.

En el diseño de sistema de riego, se realizaron las etapas de diseño que lo complementan: diseño agronómico, da respuesta a preguntas: cuánto, cuándo y cómo regar el cultivo de manera eficiente y confiable, la segunda etapa es el diseño geométrico, donde se utilizó diferentes softwares como Google Earth, global Mapper y AutoCAD. Por último, en el diseño hidráulico se trabajó con parámetros y criterios hidráulicos, en base a la caracterización de la zona y el diseño realizado se contabilizó el presupuesto de costos de inversión generando un costo total y un costo por manzana.

De acuerdo con los resultados obtenidos, indican que el diseño realizado para el área de cultivo de 3.03 ha es operativamente seguro, eficiente y a la vez económico a largo plazo, debido a que cumple con las condiciones de la zona de estudio con un clima de temporada de secano, además el suelo posee un Ph de

7.88, con una textura franco-arcillosa, una densidad aparente de 0.982 gr/cm^3, siendo un suelo que no ha sido compactado, con una velocidad de infiltración de 0.51 cm/hora, por lo que cumple con el tipo de suelo encontrado. El área de estudio posee una pendiente de 0.95%, cercano a nivel, o sea ligeramente plana.

En el diseño agronómico, se determinó 8 turnos de riego con un área de turno de 0.37 ha, con un tiempo de riego de 1 hora con 40 minutos, con una frecuencia diaria, en el diseño geométrico se obtuvieron los planos donde se muestra los componentes del sistema de riego como el plano general, plano de turnos de riego, plano topográfico, plano de caballete, así mismo, el diseño hidráulico determinó el dimensionamiento de las tuberías definiendo el diámetro, longitudes a través del cálculo de pérdidas de carga en las mismas, respetando parámetros y criterios hidráulicos.

Se elaboró el presupuesto de costos de inversión del diseño de sistema de riego por goteo, dando un costo total de **$6,717.82 (Seis mil setecientos diecisiete con 82/100 dólares americanos)**

Palabras claves: Cultivo, parámetros, diseño, riego, presupuesto.

I. INTRODUCCIÓN

En Nicaragua se inició a implementar el riego en la década de los años 50 y representa el 6.4% de la actividad agrícola total. Los principales cultivos bajo el riego en esa época fueron el Banano y la Caña de azúcar por sistemas de riego por surcos y gravedad con una eficiencia del 60 – 75%, generando pérdidas del recurso además alto costos de inversión, tomando en cuenta que el sector agrícola es predominado por pequeños y medianos agricultores (Zegarra & Chririnos, 2016).

El sistema de riego por goteo es un sistema focalizado en el que se distribuye agua directamente en la tierra, ya sea sobre ella o de forma enterrada cerca de las raíces. De cualquiera de las dos formas, el agua llega directamente al sistema radicular evitando las hojas. Con este sistema, el agua va directamente a donde puede distribuirse por toda la planta (Rieggo, 2022).

Debido a la eficiencia y ahorro del recurso del agua el riego por goteo ha tomado popularidad en los pequeños y medianos agricultores datos tomados de diversas fuentes y entrevistas, además, la adopción del riego ha aumentado la producción de cultivos alimentarios con el doble en cosecha y los ingresos de los agricultores, ya que han pagado buenos precios de mercado dada la excelente calidad del fruto (MEFCCA, 2024).

El presente trabajo de investigación se basó en diseñar un sistema de riego por goteo para el cultivo de melón, que permita la optimización del uso de agua, el sitio de estudio está ubicado en el municipio de Tipitapa en el departamento de Managua, para un mejor enfoque y adecuado desarrollo se analizará propiedades edáficas, así como los requerimientos hídricos del cultivo, esto con el fin de que al momento de regar solo se utilice el agua necesaria para el desarrollo óptimo del cultivo sin afectar la productividad, así mismo, conocer la contabilización de los costos de inversión del sistema de riego por goteo.

II. ANTECEDENTES

SAB, (2021) llevaron a cabo un estudio de investigación sobre la eficiencia del riego por goteo en la Universidad de Karela en la India durante diciembre del 2012 hasta marzo 2013, donde expone la comparación de utilizar goteros turbulentos así mismo goteros auto compensantes para la instalación de riego por goteo para el cultivo de melón. Determinaron que el rendimiento del cultivo aumenta considerablemente con goteros auto compensantes al 75%, 90%, 100%, en comparación con el riego de goteo tradicional trabajando en su 100%. El riego por goteo, gracias a su elevada uniformidad de distribución cuando se utiliza en un sistema diseñado correctamente, permite un crecimiento uniforme en todo el campo regado. Esto asegura un producto con tamaños constantes y entonces un mayor rendimiento a la venta.

Irritec, (2024) describió en su artículo de Sistema de riego por goteo que las necesidades hídricas del melón son muy altas, sin embargo estos aportes de agua deben interpretarse en base a un análisis climático (precipitación y evapotranspiración de referencia) de la estación meteorológica más próxima a la ubicación de la finca y en base al tipo de suelo y a los rendimientos esperados en la explotación del sistema instalado, por lo que la empresa Irritec, concluye que se debe aportar el volumen de agua correcto a la planta, limitando las pérdidas de percolación, mediante el uso de un sistema de riego que permite la máxima eficiencia a baja presión como es el riego por goteo.

MEFFCA, (2024) describió en el manual de frutas de Nicaragua del MEFCCA, que el cultivo de melón es una actividad agrícola de gran relevancia en el país ya que posee una importancia económica en las exportaciones de melones frescos generando una fuente de ingresos para los agricultores, gracias a su climatología favorable y suelos adecuados permiten obtener cosechas de alta calidad, por lo que la planta requiere un riego constante y mucho cuidado. Para asegurar un suministro de agua constante y prevenir el estrés hídrico, se brindan algunas

pautas para un programa de riego por goteo que es altamente recomendable para el cultivo de melón, ya que proporciona agua directamente a las raíces, evitando el mojado de las hojas y minimizando el riesgo de enfermedades foliares.

Campos, (2018)analizó a través de su tesis de grado las generalidades y manejo de plagas y enfermedades en el cultivo de melón (*Cucumis Melo L.*) en la Empresa Lowland Corporation, Ciudad Sandino, Managua, 2016-2017 que el método de riego que mejor se adapta al melón es el riego por goteo, por tratarse de una planta muy sensible a los encharcamientos, con aporte de agua y nutrientes en función del estado fenológico de la planta, así como del ambiente en que ésta se desarrolla (tipo de suelo, condiciones climáticas, calidad del agua de riego, etc.).

En la finca existe un sistema de riego convencional sin registro de diseño de riego, así mismo en sus alrededores, por lo que este trabajo monográfico sería el primer diseño propuesto de sistema de riego por goteo, realizado en la zona de estudio y se podría utilizar como referencia a futuro para los otros agricultores pequeños y medianos de los alrededores.

III. JUSTIFICACIÓN

Las actividades económicas en Nicaragua están basadas en la agricultura, ganadería, agroforestería y el comercio local estas áreas afines juegan un rol muy importante en el desempeño de la economía del país, ya que cuenta con grandes áreas extensa de terrenos con vocación agrícola, suelos altamente fértiles con las condiciones para ser cultivados. La producción de Nicaragua enfrenta retos tres de ellos están focalizados en la incrementación de la de productividad, reducir los costos de producción y como enfrentar los cambios climáticos predominantes en la actualidad, lo cual es un gran reto para los productores agropecuarios.

Desde el período 1997-1998 se han presentado variabilidad climática, por lo que cada evento de El Niño/La Niña impactan significativamente en las precipitaciones y con ello, se afecta la agricultura de secano que es muy dependiente de las precipitaciones, así como la disminución de las reservas de agua superficial y subterránea para diversos usos y en otros casos las severas inundaciones en gran parte del territorio nacional (INETER, 2015).

En esta investigación se pretende demostrar un uso eficiente del vital líquido por medio de un diseño de sistema por goteo, ya que la mayoría de los agricultores hacen uso ineficiente del recurso, dado que de manera empírica instalan sistemas de riego, generando mayores costos de inversión y una menor eficiencia de la distribución del agua, además, algunos trabajan con la agricultura de secano; sin embargo, el fenómeno de Niño/Niña ha afectado a los componentes del clima. Este estudio es de gran importancia porque será tomado como referencia para otros productores tanto de la zona como a nivel nacional, de esta manera podrán comparar este sistema de riego por goteo con otros, de tal forma que se podrá evidenciar la variabilidad en los costos, y cuál de los sistemas es el más viable según su presupuesto.

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general:

- Diseñar un sistema de riego por goteo del cultivo de melón (*Cucumis melo L.*) en la finca Rancho Sotelo en el municipio de Tipitapa del departamento de Managua, año 2025.

4.2. Objetivos específicos:

- Analizar las condiciones edáficas e hidro-físicas del suelo y topográficas que influye en el diseño del sistema riego por goteo.
- Realizar el diseño agronómico, geométrico e hidráulico del sistema de riego por goteo para el cultivo de melón.
- Elaborar un presupuesto determinando los costos de inversión del sistema de riego por goteo en la finca Rancho Sotelo.

V. MARCO TEÓRICO

5.1. Generalidades del cultivo

El melón (*Cucumis Melo L.*), es una planta herbácea monoica cuyo origen se presume en Asia meridional, la India y África, (Giaconi, 1989). Cultivo de amplia difusión en el país a escala comercial. El mercado internacional consume diversos tipos de melón, en función de la época del año y los gustos de los consumidores de cada país. En las últimas décadas el melón ha pasado de ser un cultivo estacional más, a ser una de las especies importantes entre los cultivos hortícolas. (Crawford, 2017).

5.1.1. Taxonomía de la planta

Tabla 1

Clasificación taxonómica

Reino:	*Vegetal. Phylum: Telemophytae.*
División:	*Tracheophytae.*
Subdivisión:	*Anthophyta.*
Clase:	*Angiospermae.*
Subclase:	*Dicotyledoneae*
Grado evolutivo:	*Metachlamydeae*
Grado de órdenes:	*Tetraciclicos*
Orden:	*Cucurbitales*
Familia:	*Cucurbitaceae*
Nombre científico:	*Cucumis melo L*
Nombre Común:	*Melón*

Nota. Sistema jerárquico de la planta basado en similitudes morfológicas y filogenéticas. Adaptado del Manual del cultivo de melón, (p.5), por Sembrano & Echevarria, 2018, UNA.

5.1.2. Características morfológicas

A continuación, se presenta la morfología de la planta de melón tomado del documento manual del protagonista de cultivos de frutales (p.61), por INATEC, (2018) que dando definidas las partes de la planta de la siguiente manera:

- ✓ **Raíces**

Poseen raíces abundantes, muy ramificada y de rápido desarrollo. La raíz principal logra profundizar hasta 1 m y las secundarias tiene un crecimiento lateral llegando alcanzar hasta 2 m de largo.

- ✓ **Tallos**

Los tallos de la planta de melón son de desarrollo rastrero, en estado de 5 a 8 hojas bien desarrolladas, el tallo principal emite las brotaciones de segundo orden a partir de las axilas de las hojas. En las brotaciones secundarias se inician las terciaras y así sucesivamente, de forma que la planta llega a cubrir de 4 a 5 metros cuadrados. Se trata de tallos herbáceos de color verde, recubiertos de pilosidad que se desarrollan de forma rastrera, pudiendo trepar debido a la presencia de zarcillo.

- ✓ **Hojas**

Las hojas son simples, grandes, alternas, palmeadas, pentagonales, reniformes, redondeadas, vellosas, lobuladas con 5 a 7 lóbulos, su tamaño varía de acuerdo con la variedad, tienen un diámetro de 8 a 15 centímetros por otro tanto de ancho, provistas de un largo peciolo de 4 a 10 centímetros de longitud, con nervaduras prominentes y limbo recortado. Son ásperas al tacto y poseen un zarcillo en cada axila de la hoja.

- ✓ **Flores**

Las flores son solitarias, de color amarillo y pueden ser masculinas, femeninas o hermafroditas. Las masculinas suelen aparecer en primer lugar sobre los entrenudos más bajos, mientras que las femeninas y hermafroditas aparecen más tarde en las ramificaciones de segunda y tercera generación, aunque siempre junto a las masculinas.

- ✓ **Fruto**

Su forma es variable (esférica, elíptica, aovada, etc.); la corteza de color verde, amarillo, anaranjado, blanco, etc., puede ser lisa, reticulada o estriada. La pulpa puede ser blanca, amarilla, cremosa, anaranjada, asalmonada o verdosa. La placenta contiene las semillas y puede ser seca, gelatinosa o acuosa, en función de su consistencia.

Figura 1

Morfología de la planta de melón



Nota. La figura representa las partes o características morfológicas de la estructura externa de la planta de melón. Tomado del Documento del Cultivo de melón (p.32), por Ferre, 2020, Universidad de San Carlos de Guatemala.

5.1.3. Requerimientos edafoclimáticos

Ahora se detalla los requerimientos edafoclimáticos óptimos para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación de uno de estos incide sobre el resto, tomado de Guías tecnológicas de frutales y vegetales (p.3), por SAG, (2005). Los requerimientos quedan definidos de la siguiente manera:

- ✓ **Clima**

Requiere climas cálidos y no excesivamente húmedos, de forma que en regiones húmedas y con escasa insolación su desarrollo se ve afectado negativamente, apareciendo alteraciones en la maduración y calidad de los frutos.

- ✓ **Temperatura**

Las temperaturas oscilan entre 32 ºC y 10 ºC, con una óptima entre los 18 ºC y 32 ºC. A medida que la temperatura es más baja, las plantas se encuentran más expuestas a enfermedades fungosas.

- ✓ **Humedad**

La humedad relativa puede ser semi-seca (65 – 75%). La sequía es favorable para la maduración, mejorando la calidad de los frutos. (aroma, sabor y contenido de sólidos solubles).

- ✓ **Luminosidad**

La duración de la luminosidad en relación con la temperatura influye tanto en el crecimiento de la planta como en la inducción floral, fecundación de las flores y ritmo de absorción de elementos nutritivos.

- ✓ **Suelo**

La planta de melón no es muy exigente en suelo, pero da mejores resultados en suelos ricos en materia orgánica, profundos, mullidos, bien drenados, con buena aireación y PH comprendido entre 6 y 7.

5.2. Condiciones edáficas

Las propiedades edáficas son las características que determinan las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. (Universidad de los Llanos, 2018).

5.2.1. Propiedades químicas

Las propiedades químicas se basan en las concentraciones y/o proporciones de especies disueltas en el agua del suelo y/o en el complejo de intercambio iónico, por lo que son importantes ya que influyen en la disponibilidad de nutrientes, el crecimiento de las plantas, el destino de los contaminantes, la actividad biológica, etc. (Kumaragamage, Warren, & Spiers, 2016).

- ✓ **PH**

El PH es una medida que indica la capacidad de las partículas de suelo para adsorber iones hidrógeno (H+), la cual determina si un suelo es ácido o alcalino (FAO, 2019).

- ✓ **Conductividad eléctrica**

La conductividad eléctrica (CE) es la capacidad de la solución del suelo para transportar corriente eléctrica en función del contenido de sales disueltas o ionizadas en la solución. (Axayacatl, 2024).

5.2.2. Propiedades físicas

Las propiedades físicas de un suelo son el resultado de la interacción que se origina entre los distintos elementos (suelo, agua y aire) y la proporción en la que se encuentran cada una de estas. La condición física de un suelo determina, la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, y la retención de nutrientes. (INTAGRI, 2017).

- ✓ **Textura**

La textura indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena, el limo y la arcilla, en el suelo. La textura tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene y la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo atraviesa. (FAO, 2012).

Según en el Documento de las densidades de suelos, por Gutiérrez, (2010), indica que:

- ✓ **Densidad real**

Es la relación entre la unidad de peso de una muestra y la unidad de volumen de la fase sólida del suelo, siendo más o menos constante, ya que está determinado por la composición química y mineralógica de la fase sólida.

- ✓ **Densidad aparente**

Se define como el peso seco del suelo por unidad de volumen de suelo inalterado, tal cual se encuentra en su emplazamiento natural, incluyendo el espacio poroso.

- ✓ **Porosidad total**

El espacio poroso del suelo se refiere al porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólidos. En general el volumen del suelo está constituido por 50% materiales sólidos (45% minerales y 5% materia orgánica) y 50% de espacio poroso. Dentro del espacio poroso se pueden distinguir macro poros y microporos donde agua, nutrientes, aire y gases pueden circular o retenerse. (FAO, 2012).

- ✓ **Infiltración**

La infiltración es la propiedad que tiene un suelo de absorber agua a través de sus poros. Generalmente se expresa en altura de lámina de agua en cm. (Burbano, Puentes, & Guerrero, 1999).

5.2.3. Propiedades hidro físicas

Las propiedades hidro físicas del suelo, son las que influye en la frecuencia y tiempo de riego ya que están relacionadas con la curva de retención de humedad que depende la textura y estructura del suelo. (AGRO, 2023).

- ✓ **Capacidad de campo**

Se refiere a la cantidad relativamente constante de agua que contiene un suelo saturado después de 48 horas de drenaje. El drenaje ocurre por la trasmisión del agua a través de los poros mayores de 0,05 mm de diámetro; sin embargo, la capacidad de campo puede corresponder a poros que varían entre 0,03 y 1 mm de diámetro. El concepto de Capacidad de Campo se aplica únicamente a suelos bien estructurados donde el drenaje del exceso de agua es relativamente rápido; si el drenaje ocurre en suelos pobremente estructurados. (FAO., 2010).

- ✓ **Punto de marchitez permanente.**

Se refiere al contenido de agua de un suelo que ha perdido toda su agua a causa del cultivo y, por lo tanto, el agua que permanece en el suelo no está disponible para el mismo. En esas condiciones, el cultivo está permanentemente marchito y no puede revivir cuando se le coloca en un ambiente saturado de agua. Al contacto manual, el suelo se siente casi seco o muy ligeramente húmedo. (FAO, 2020).

5.3. Condiciones topográficas

La topografía es una herramienta fundamental en la planificación de riego en la agricultura, ya que permite conocer y analizar las características del terreno donde se desarrolla la actividad agrícola, así mismo, proporciona información detallada sobre la altitud, pendientes, curvas de nivel y otros aspectos geométricos del terreno, lo cual es vital para determinar la distribución y diseño de los sistemas de riego. (Datum, 2020).

5.4. Datos meteorológicos

De acuerdo con lo indicado en el documento de La evapotranspiración de cultivo, por la FAO (2000), determina que los parámetros y componentes que influyen en este proceso son los siguientes:

Los principales parámetros climáticos que afectan la evapotranspiración son la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento. Se han desarrollado varios procedimientos para determinar la evaporación a partir de estos parámetros.

5.4.1. Evapotranspiración de referencia

ETo es un parámetro relacionado con el clima que expresa el poder evaporante de la atmósfera. Los únicos factores que afectan ETo son los parámetros climáticos, los que pueden ser calculado a partir de datos meteorológicos.

5.4.2. Coeficiente del cultivo

Las diferencias en evaporación y transpiración del cultivo de referencia con respecto a un cultivo en particular son integradas en un factor conocido como coeficiente de cultivo (Kc).

5.5. Fuente de agua

Se refiere al agua de origen (como ríos, arroyos, lagos, embalses, manantiales y aguas subterráneas) que proporciona agua a los suministros públicos de agua potable, sistemas de riego, ganadería. (Sandoval, 2024).

5.5.1 Pozo

Los pozos de agua son excavaciones en la tierra que permiten extraer agua subterránea mediante el uso de bombas o por simple ascenso natural, dependiendo del tipo de pozo. (Power and wells, 2023).

5.6. Sistema de riego

Se denomina Sistema de riego, al conjunto de estructuras, que hace posible que una determinada área pueda ser cultivada con la aplicación del agua necesaria a las plantas. El sistema de riego consta de una serie de componentes, aunque no necesariamente el sistema de riego debe constar de todas ellas, ya que el conjunto de componentes dependerá de si se trata de riego superficial (principalmente en su variante de riego por inundación), por aspersión, o por goteo. (Aguamarket , 2025).

5.6.1. Sistema de riego por goteo

INTAGRI, (2015) expresa que el riego por goteo es uno de los sistemas más eficientes en la actualidad, el suministro de agua es constante y uniforme, gota a gota, que permite mantener el agua de la zona radicular en condiciones de baja tensión. El agua aplicada por los goteros forma un humedecimiento en forma de cebolla en el interior del suelo, al que comúnmente se le profundidad de 30 cm aproximadamente y su forma está condicionada fuertemente por las características del suelo, en particular la textura.

Al mismo tiempo INTAGRI, (2015) reconoce las ventajas y desventajas de este sistema; así como los tipos de sistemas y componentes los cuales se detallan a continuación:

5.6.2. Ventajas y desventajas del sistema de riego por goteo

- ✓ **Ventajas**
  - Reduce el consumo de agua al evitar la evaporación y la escorrentía.
  - Minimiza el crecimiento de malezas al suministrar agua directamente a las raíces de las plantas.
  - Reduce el riesgo de enfermedades al evitar el contacto directo de las hojas con el agua.

- ✓ **Desventajas**
  - ➢ El costo de inversión inicial, el cual es relativamente alto, por lo que muchos productores no optan por este sistema.
  - ➢ Puede obstruirse con sedimentos o pequeñas partículas.
  - ➢ Requiere un monitoreo constante para ajustar el caudal y prevenir fugas.

5.6.3. Tipos de sistemas de riego por goteo

- ✓ **Subterráneo:**

Como su nombre lo dice este método consiste en aplicar agua bajo la superficie del suelo para ello se utilizan micro tuberías o cintas, entre los 10 a 50 centímetros de profundidad con caudales que van desde 0.50l/h- a 10l/h.

- ✓ **Superficial:**

Es el más extendido es conocido como riego por goteo tradicional.

- ✓ **Aéreo:**

Su uso está más concentrado para sistemas controlados como invernaderos.

5.6.4. Componentes

PRAKOR (2019), indica que los componentes necesarios para la instalación de un sistema de riego por goteo son los siguientes:

Un equipo de riego presurizado consta de tres unidades fundamentales:

- ✓ **Cabezal de riego**:

Su función es controlar todo el sistema de riego. Se sitúa al inicio de la instalación, e incluye todos los equipos y materiales empleados para controlar el sistema de

riego, medir el volumen de agua que entra procedente del embalse (contador), filtrarla, regular su presión, dosificar los fertilizantes y programar el riego.

a. Bomba de riego

Es la encargada de suministrar la suficiente presión y caudal a todos los emisores del sistema de riego; situación que debe estar en función de las necesidades que demanda una instalación en particular.

b. Unidad de filtraje

Corresponde a una unidad de singular importancia en el cabezal, dado que su acción impide el taponamiento u obturación de los emisores. Esto nos indica que el agua que se va a aplicar al terreno debe ir filtrada; utilizándose para tal función dos elementos complementarios como el filtro de arena y filtro de malla.

c. Inyector de fertilizante

Los inyectores de fertilizantes, al igual que los fertilizadores tipo Venturi, utilizan un tanque abierto sin refuerzos en los que se agrega el fertilizante, siendo luego inyectado éste a la red a través de algún tipo de bomba como las siguientes: - Bomba de inyección eléctrica. - Bomba de inyección hidráulica. - Bomba del sistema.

- ✓ **Red de distribución y conducción:**

Tuberías de Polietileno (PE) y Policloruro de Vinilo (PVC) Las tuberías que se utilizan en las instalaciones de riego presurizado son fundamentalmente de PVC y PE y últimamente, polipropileno y polietileno.

a. Matriz o línea principal:

Es la tubería de mayor diámetro en la red, su función es conducir el agua hasta la derivación de los diferentes sectores. Normalmente es de PVC o bien Rocalit (en diámetros mayores) generalmente van instaladas bajo tierra.

b. Submatrices o líneas secundarias:

Corresponden a tuberías de menor diámetro que la matriz o línea principal y son las encargadas de llevar el agua desde ésta al sector correspondiente.

c. Terciarias o múltiples:

Son las tuberías que distribuyen el agua hacia las líneas con goteros actuando como cabecera de la línea porta goteros o lateral. Son de polietileno y por lo general de 16 a 20 mm de diámetro. Estas son las tuberías que van sobre la superficie en la hilera de cultivo.

- ✓ **Emisores**

Son dispositivos que controlan la salida del agua desde las tuberías laterales con caudales inferiores a 12 l/h. Los más utilizados en nuestro país y a nivel mundial son los emisores de 4 l/h.

Figura 2

Componentes del sistema de riego por goteo



Nota. Adoptado de Componentes para instalación de un sistema de riego por goteo [Figura], PRAKOR, 2019, https://images.app.goo.gl/3irt2AcziHo6pzMN6, CC by 4.0.

5.6.5. Eficiencia del riego por goteo

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

El goteo es un sistema de riego que usa emisores o goteros de bajo caudal para aplicar el agua gota a gota de manera uniforme y periódica sobre la superficie o sub-superficialmente, y así abastecer las necesidades hídricas de los cultivos. Actualmente es el sistema de riego con mayor eficiencia disponible en el mercado, alcanzando eficiencias teóricas 90% - 95%, en la práctica puede disminuir sustancialmente cuando el sistema está mal diseñado, operado y con un programa de mantenimiento inadecuado. (PRAKOR, 2019).

5.7. Etapas del sistema de riego

5.7.1. Diseño agronómico

El diseño agronómico consiste calcular todos los parámetros necesarios para que el sistema de riego por goteo sea capaz de suministrar con eficiencia el agua a los cultivos en periodo de máximas necesidades, es decir, se calcula la cantidad de agua que necesita el cultivo para su desarrollo normal sin sufrir un déficit hídrico, así como el agua necesaria para el manejo efectivo de sales. (INTAGRI, 2015).

Para el diseño agronómico se emplearon los siguientes conceptos:

- ✓ **Lámina de riego**

Es el espesor de la capa de agua con que una superficie de tierra quedaría cubierta por un volumen de agua, expresada en m o cm. (García G. I., 2022).

- ✓ **Lamina neta**

Burbano, Puentes, & Guerrero, (1999) expresan que la lámina neta (LN), es la cantidad de agua rápidamente aprovechable teniendo en cuenta el nivel de reposición o porcentaje de agotamiento del agua aprovechable.

Así mismo Burbano, Puentes, & Guerrero, (1999) definen que la lámina bruta o total de riego (LB):

- ✓ **Lamina bruta**

Es la cantidad de agua en exceso que debe aplicarse para compensar las pérdidas por escorrentía, evaporación, arrastre por el viento, percolación.

- ✓ **Evapotranspiración real**

Se refiere a la evapotranspiración de cualquier cultivo cuando se encuentra exento de enfermedades, con buena fertilización y que se desarrolla en parcelas amplias, bajo óptimas condiciones de suelo y agua, y que alcanza la máxima producción de acuerdo con las condiciones climáticas reinantes. (FAO, 2000).

- ✓ **Frecuencia de riego**

Se refiere a la cantidad de veces que se riegan las plantas en un período determinado, generalmente en un día o semana. Esta programación puede variar según varios factores, como el tipo de planta, el clima, el suelo y la estación del año. (Ingebio, 2023).

- ✓ **Intensidad de aplicación**

Se refiere específicamente a como el agua se relaciona con el suelo, hace referencia al momento del primer contacto. (TRAXCO, 21019).

Seguidamente se muestra los conceptos de algunos parámetros del diseño agronómico, tomado del 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, UNI – RUPAP, por García, Flores, & Catón, (2023).

- ✓ **Caudal requerido**

Es la cantidad de agua necesaria de acuerdo con las jornadas de riego para el cultivo.

- ✓ **Caudal por hectárea**

Es la demanda de agua requerida para el desarrollo de la actividad, expresada en unidades de volumen por hectárea.

- ✓ **Caudal total**

Es la demanda de agua necesaria en el área total de la finca o parcela, expresada en unidades de volumen por hectárea por área total.

- ✓ **Turnos de riego**

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

- ✓ **Área por turnos de riego**

Es la demanda de agua por parcela dividida en sectores o turnos.

- ✓ **Caudal por turno**

Se refiere a la cantidad de agua necesaria para el área de turno.

- ✓ **Tiempo de riego**

Es la cantidad de agua que estará definida de acuerdo con la frecuencia de riego necesaria.

- ✓ **Jornada**

Es el funcionamiento del sistema de riego y su programación a tiempo real adaptándose a la sensibilidad del cultivo en tiempos establecidos.

Estos mismos conceptos fueron abordados por García G. B. (2022), en su estudio titulado Diseño e Instalación del riego por aspersión en el cultivo de guayaba (*Psidium guajava L.*) C.V. taiwanesa 1, UNA Managua; lo cual nos permite tener una comprensión clara y acertada de los parámetros que intervienen en un diseño agronómico es un sistema de riego.

5.7.2. Diseño geométrico

El diseño geométrico de un sistema de riego, comprende un plano o mapa estructural, donde se muestran cada uno de los componentes del sistema de riego, este es de gran importancia, es a través de este que se realizan los cálculos de diseño hidráulico y también es una herramienta útil tanto en sistemas pequeños como en grandes sistemas ya que a través de este es más fácil identificar con certeza cada uno de los componentes como ya se mencionó lo que facilita y agiliza las obras de mantenimiento y protección del mismo en caso de usar maquinaria agrícola pesada en el área. (Zamora, 2021).

5.7.3. Diseño Hidráulico

El diseño hidráulico determina el conjunto de dispositivos y accesorios de riego para permitir el traslado de una determinada cantidad de agua, hasta el área destinada al cultivo, minimizando las pérdidas y maximizando la eficiencia, desde la captación, conducción, distribución y aplicación del agua, a través del sistema de riego. (Rosello, Panduro, Madrid, & Ríos, 2017).

5.8. Costos de inversión

Los costos de inversión, llamados también costos preoperativos, corresponden a aquellos que se incurren en la adquisición de los activos necesarios para poner el proyecto en funcionamiento, ponerlo "en marcha" u operativo. (Conexión san, 2016).

5.8.1. Tubería PVC

Esta es la tubería que construye la red de riego o la conducción que repartirá el agua por toda la parcela. Existe en múltiples diámetros, según el caudal que deba transportar (NOVAGRIC, 2015).

5.8.2. Materiales de riego

La elección de materiales riego es fundamental para asegurarse que el sistema funcione de manera óptima y que el riego sea eficiente. Y no se trata solamente de seleccionar los materiales adecuados, sino también de escoger una buena tienda en la cual encontrar los productos de calidad que se necesitan para la instalación del sistema, para determinar costos por manzana y costos totales. (Valencia, 2024).

5.8.3. Sarta de descarga

Los costos de la sarta de descarga se refieren al precio total de los materiales, los accesorios, la mano de obra y los equipos necesarios para instalar la sarta de descarga. (INTAGRI, 2017).

5.8.4. Accesorios de riego

La tubería de conducción como la cinta de goteo se conectan usando accesorios tales como codos, tes, empalmes, tapones. En PVC, los accesorios pueden ser para encolar o de junta elástica. Los accesorios para polietileno se conocen como “fitting” y se ajustan usando una llave especial. Por último, la tubería porta goteros se conecta usando accesorios que se introducen a presión con la mano. (NOVAGRIC, 2015).

5.8.5. Instalación y transporte

Los costos de instalación son la sumatoria de todas las actividades o instalaciones que se requiere mano de obra que varía ampliamente según el tamaño y la complejidad del sistema, desde configuraciones básicas de bricolaje como cortar y pegar tubos hasta para instalaciones profesionales como sistemas de filtrados. (TRADESAFE, 2024).

Los costos de transporte se refieren a todos los gastos asociados con el movimiento de materiales, mercancía o personas de un lugar a otro. Estos costos varían dependiendo del tipo de transporte elegido, así como de la distancia a recorrer. (Route, 2023).

VI. DISEÑO METODOLÓGICO

6.1. Tipo de investigación

6.1.1 Según el enfoque de investigación

La presente investigación tiene un enfoque de carácter cuantitativo para ello se utilizó secuencias de diseño, partiendo desde la obtención de datos de la zona, determinación de las condiciones edáficas y cálculos de los diseños agronómico, geométrico e hidráulico se realizó visitas de campo para obtener la información del área de estudio y de esta forma se logró realizar una valoración presupuestaria del diseño de sistema de riego por goteo.

6.1.2 Según el alcance de resultados

El alcance de esta investigación fue realizar un estudio analítico mediante la recolección de datos en campo. Esto permitió realizar los cálculos necesarios y presentar una propuesta de diseño de riego por goteo.

6.1.3 Según el período en que se realiza el estudio

Esta investigación está basada en un estudio no experimental de corte transversal por los estudios y datos obtenidos ya que se realizaron directamente en la finca y fueron recopilados en un solo instante para luego describir sus resultados.

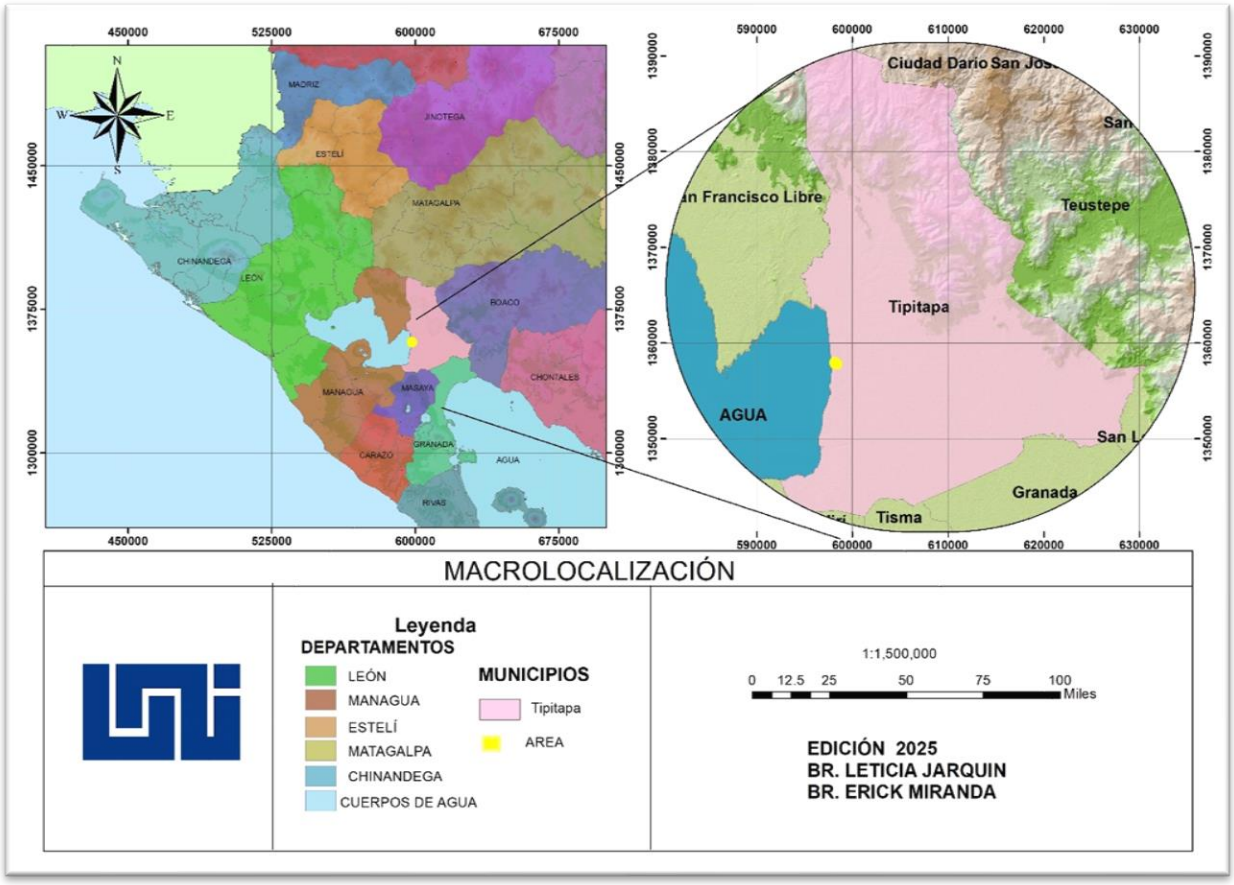
6.2. Localización del área de estudio

6.2.1. Macro localización

El departamento de Managua se encuentra ubicado en el suroeste de Nicaragua, entre las coordenadas 11° 45' y 12º 40' de Latitud Norte y los 85º 50' a 86º 35' de longitud Oeste, según se muestra en la Figura 3; limita al Norte con los departamentos de Matagalpa y León, al sur con el Océano Pacífico y Carazo, al Este con Boaco, Granada y Masaya y al Oeste con el departamento de León.

Figura 3

Macro localización



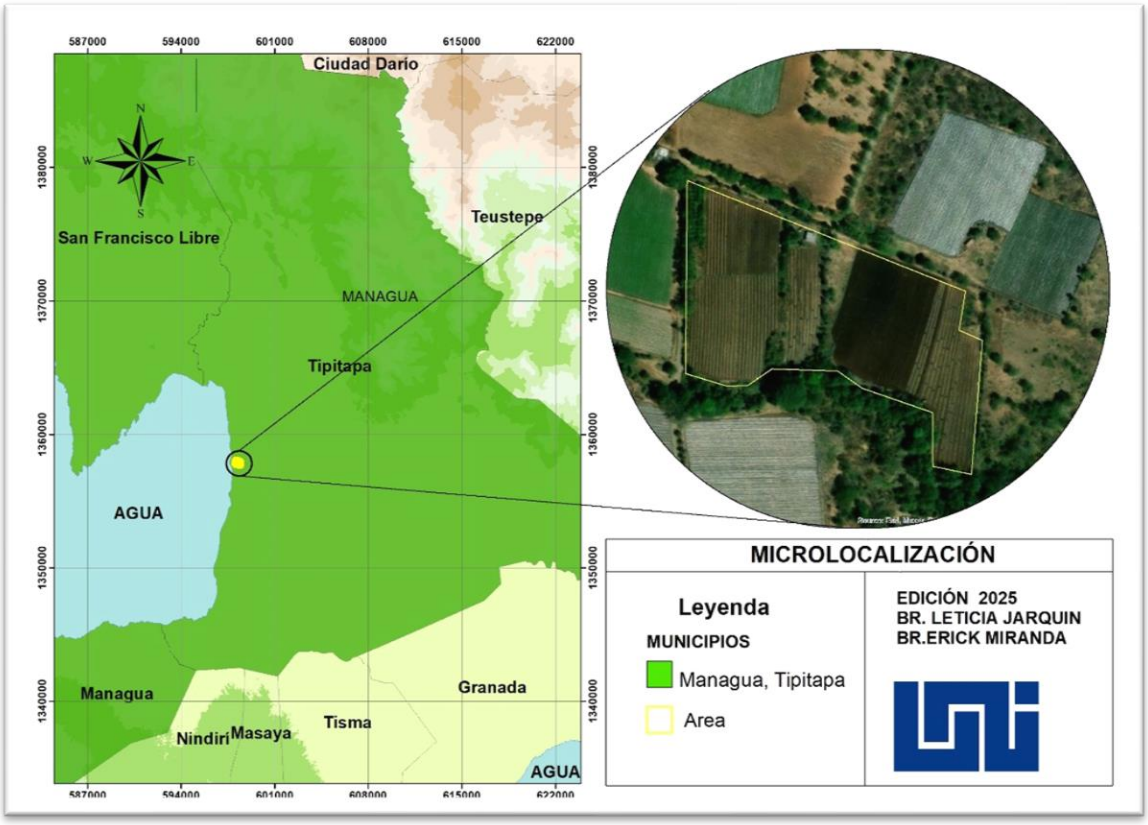
Nota. Elaboración propia.

6.2.2. Micro localización

La zona de estudio está ubicada en la finca Rancho Sotelo como se presenta en la Figura 4; en la comarca de santa lucia, del municipio de Tipitapa del departamento de managua con un área de 4.3 mz o 3.03 ha. Las coordenadas geográficas de la finca son 12°16'53.58"N, 86° 5'48.28"O a una elevación de 49msnm.

Figura 4

Micro localización



Nota. Elaboración propia.

6.3. Determinación de las propiedades edáficas

6.3.1. Muestreo de suelos

Para la determinación de las propiedades edáficas se realizaron muestreos de suelos en campo:

Para el análisis de laboratorio de textura, PH, conductividad eléctrica (CE), densidad real, capacidad de campo, porosidad total se tomaron muestras alteradas realizando un patrón de zig-zag, obteniéndose como máximo 6 submuestras las cuales se depositaron en una bolsa con un peso equivalente de 2.00 Kg.

Posteriormente, se realizó la descripción de perfiles del suelo por la técnica de la calicata a una excavación de 0.70 metros, dado que más del 75% de la absorción de humedad ocurre entre los 0.30 m a 0.40 m de la profundidad del sistema radicular de las plantas, obteniéndose el perfil estratigráfico, en el cual se tomaron muestras inalteradas enterrando el cilindro en cada uno de los horizontes para calcular su densidad aparente.

Posteriormente, se llevaron las muestras al laboratorio de Edafología para realizar prácticas de laboratorio.

6.3.2. Propiedades químicas

- ✓ **PH**

La lectura del PH se llevó a cabo con el dispositivo Ph-metro digital.

- ✓ **Conductividad eléctrica**

Método del Conductivímetro: se realizó por medio de un conductivímetro sobre una muestra de agua o extracto de suelo.

6.3.3. Propiedades físicas

- ✓ **Textura de suelo**

Para la determinación de la textura del suelo, se emplearon dos métodos: el de tacto realizado en campo y el de laboratorio utilizando el método del Hidrómetro de Bouyoucos.

Se cálculo de la textura del suelo, por el método del hidrómetro en el cual se tomó 50 g de suelo depositado en un recipiente, se agitó y se colocó en una probeta graduada a la que se le colocó un dispersor de partículas, se llenó la probeta hasta la marca de 500 mm se dejó reposar por un día, luego se agitó el contenido en la probeta y se tomó la primera lectura a los 40seg y luego se volvió a tomar la otra lectura a las 5 horas.

Para calcular la textura de suelo, se emplearon las siguientes ecuaciones:

$$\%\boldsymbol{limo} + \%\boldsymbol{arcilla} = \left(\frac{\boldsymbol{L_c + L_b}}{\boldsymbol{P_s}}\right) * \mathbf{100} \qquad (\mathbf{1})$$

Donde:

LC40S = Lectura corregida a los 40 segundos.

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

FC = Factor de corrección.

Lb = Lectura en el blanco.

Para determinar el % de arcilla a las 5 horas:

$$\%\boldsymbol{Arcilla} = \left(\frac{\boldsymbol{L_{5h} + L_b}}{\boldsymbol{P_s}}\right) * \mathbf{100} \qquad (\mathbf{2})$$

Donde:

L5h = Lectura corregida a los 40 segundos.

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

FC = Factor de corrección.

Lb = Lectura en el blanco.

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

$$\%\boldsymbol{Arena} = \mathbf{100}(\%\boldsymbol{Limo} + \%\boldsymbol{Arcilla}) \qquad (\mathbf{3})$$

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

$$\%\boldsymbol{Limo} = (\%\boldsymbol{Limo} + \%\boldsymbol{Arcilla}) - (\%\boldsymbol{Arcilla}) \qquad (\mathbf{4})$$

- ✓ **Densidad real**

Para obtener el valor de densidad real, se determinó por el método del picnómetro, el cual consistió en colocar una porción de suelo dentro de un picnómetro, se agregó agua y se agitó hasta extraer el aire presente en la muestra de suelo. Una vez extraído el aire, se colocó agua hasta llegar a la marca de aforo en el picnómetro, se retiró el exceso de materia orgánica y se tomó la temperatura de la muestra.

Una ecuación comúnmente utilizada para calcular la densidad aparente es la siguiente:

$$\boldsymbol{Dr} = \frac{\boldsymbol{d1} * \boldsymbol{d3} * \boldsymbol{Ps}}{\boldsymbol{d3}(\boldsymbol{P1} - \boldsymbol{Pp}) - \boldsymbol{d1}(\boldsymbol{P3} - \boldsymbol{Ps} - \boldsymbol{Pp})} \qquad (\mathbf{5})$$

Donde:

d1= Densidad del agua, gr/cm3

d3= Densidad del agua, gr/cm3

p1 = Peso del picnómetro + agua (gr)

Pp= Peso del picnómetro (gr)

P3= Agua + picnómetro + suelo (gr)

Ps= Peso del suelo (gr)

- ✓ **Densidad aparente**

Primeramente, se colocó en una tara cada una de las submuestras inalteradas previamente pesadas y se introdujeron al horno a temperatura constante +105ºC para retirar la humedad presente en el suelo; posteriormente, se hizo uso de una balanza en el que se obtuvo el peso seco del suelo, se dividió entre en el volumen del cilindro con el que se recolectaron las submuestras.

Para la determinación de la densidad aparente se emplea la siguiente formula:

$$\boldsymbol{Da = \frac{P_{SS}}{V}} \qquad (\mathbf{6})$$

Donde:

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

Pss = Peso seco al horno (gr)

V = Volumen del cilindro

- ✓ **Porosidad total**

El valor de porosidad total se obtiene de la relación entre densidad aparente y densidad real, por lo que se determinó por la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{Pt = \left(1 - \frac{Da}{Dr}\right) * 100} \qquad (\mathbf{7})$$

Donde:

Da = Densidad aparente (gr/cm3)

Dr = Densidad real (gr/cm3)

Pt = Porosidad total

- ✓ **Infiltración**

El método de porchet consiste en la excavación o perforación de un agujero cilíndrico, al cual se le inyectó agua en uno varios ciclos para saturar el terreno circundante. Posterior a la saturación, se inyectó un volumen predefinido de agua, para alcanzar una altura de agua inicial en el agujero. Seguidamente se procedió a medir la disminución del nivel del agua hasta alcanzar una tasa de decaimiento estable.

6.3.4. Propiedades hidro físicas

- ✓ **Capacidad de campo**

Para determinar el valor de capacidad de campo se tomó una porción de suelo previamente secada al aire, la que se colocó en un papel filtro, se le agregó agua y se dejó reposar por 24 horas, algunas veces se deja reposar por más tiempo, esto se hizo con el propósito de que el agua excedente o agua gravitacional en el suelo desaparezca.

Una vez realizado este proceso, la muestra es depositada en una tara previamente pesada y se pesó el suelo y la tara juntos. Posteriormente se colocó al horno a temperatura constante de +105ºC, para remover totalmente el agua presente en el suelo, después de 24 horas se extrajo la muestra del horno, y se pesó con lo que ya es posible obtener el %CC a través de cálculos sencillos.

Para determinar la capacidad de campo se utilizó la siguiente ecuación:

$$\%\boldsymbol{Cc} = \left(\frac{\boldsymbol{Psh} - \boldsymbol{Pss}}{\boldsymbol{Pss} - \boldsymbol{Pt}}\right) * \mathbf{100} \qquad (\mathbf{8})$$

Donde:

%CC= Porcentaje de capacidad de campo (%)

Pt = Peso de la tara (gr)

Psh=Peso del suelo húmedo (gr)

Pss= Peso del suelo seco (gr)

- ✓ **Punto de marchitez permanente**

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

$$\%\boldsymbol{PMP} = \frac{\%\boldsymbol{Cc}}{\mathbf{1.85}} \qquad (\mathbf{9})$$

Donde:

%PMP = Porcentaje de punto de marchitez permanente (%)

%CC= Porcentaje de capacidad de campo (%)

1.85 = Constante.

6.4. Levantamiento topográfico

EL levantamiento topográfico, se realizó con el dispositivo de mano GPS marca GARMIN, modelo: eTrex-22x con el que se georreferencio los vértices de cada parcela abarcando el perímetro de cada una de las áreas cultivadas, obteniéndose la información planimétrica y la ubicación del pozo. Con Google Earth se realizó la delimitación del área de estudio, se descargó los puntos marcados se trabajó en Global Mapper las curvas de nivel a cada 0.5 m y en AutoCAD se obtuvo el plano topográfico de la zona de estudio.

6.5. Datos meteorológicos

Para la obtención de datos meteorológicos se utilizó la herramienta web Data Access Viewer, que nos permita acceder a datos probabilísticos más exactos, para la evaluación del clima de la zona de estudio en los últimos de 10 años, con la finalidad de recopilar datos de los elementos como: precipitación, humedad relativa, temperatura, brillo solar y velocidad del viento, dentro del período: 2012-2022.

6.5.1. Evapotranspiración de referencia

A partir de los datos meteorológicos se calculó la demanda evaporativa de la atmósfera. Esta demanda se representa con el cálculo de la denominada evapotranspiración de referencia **(ET0):**

Actualmente, el método de cálculo de la ET0 recomendado por la Organización Mundial de la Agricultura y la Alimentación (FAO) es el ***Penman-Monteith***, Allen

y Col., (1998); el cual requiere disponer de datos diarios de temperatura y humedad relativa del aire, velocidad del viento y radiación solar.

6.5.2. Coeficiente del cultivo

El coeficiente de cultivo se obtiene por el método de ***Penman-Monteith*** recomendado por la FAO, usando el software CROPWAT.

6.6. Fuente de agua

6.6.1. Aforo de pozo

Para determinar el volumen de agua de la fuente, se realizó al pozo existente en la finca un aforo por el método volumétrico, usando la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{Q} = \frac{\boldsymbol{V}\ (\boldsymbol{l})}{\boldsymbol{t}\ (\boldsymbol{seg})} \qquad (\mathbf{10})$$

Donde:

Q = Caudal ($^{l}/_{seg}$)

V = Volumen (l)

T = Tiempo (seg)

6.7. Etapas del diseño

6.7.1. Diseño agronómico

El diseño agronómico representa la primera fase del procedimiento de diseño de cualquier tipo de riego. Esta etapa es muy importante, ya que permitió calcular el consumo de agua del cultivo, programar y pronosticar la aplicación de los riegos, además se obtuvo la primera fase del diseño del sistema de riego, es decir, cuánto, cuándo y cómo regar el cultivo de manera eficiente y confiable.

Para determinar los parámetros del diseño agronómico se ejecutaron las siguientes ecuaciones:

- ✓ **Lámina de riego**

$$\boldsymbol{Lr} = \frac{\%\boldsymbol{Cc} - \%\boldsymbol{PMP}}{\boldsymbol{100}} * \boldsymbol{Da} * \boldsymbol{Pr} * \%\boldsymbol{Ag} \qquad (\boldsymbol{11})$$

Donde:

Lr = Lámina de riego (mm)

CC= Capacidad de campo (%)

PMP = Punto de marchitez permanente (%)

Da = Densidad aparente (gr/cm)

Pr = Profundidad de las raíces (cm)

%Ag= Porcentaje de agotamiento

- ✓ **Lámina neta**

$$\boldsymbol{Ln} = \boldsymbol{Lr} - \boldsymbol{Pe} - \boldsymbol{Ge} \qquad (\boldsymbol{12})$$

Donde:

Ln = Lámina de aplicación neta (mm.)

Lr = Lámina de riego (mm.)

Pe = Aporte efectivo por lluvia (mm.)

Ge = Aporte por agua subterránea (mm.)[por capilaridad]

- ✓ **Lámina bruta**

$$\boldsymbol{Lb} = \frac{\boldsymbol{Ln}}{\boldsymbol{Ea}} \qquad (\boldsymbol{13})$$

Donde:

Lb = Lámina de riego bruta (mm.)

Ln = Lámina de aplicación neta (mm)

Ea = Eficiencia de aplicación (%)

- ✓ **Evapotranspiración real**

$$\boldsymbol{Etr = Eto * Kc} \qquad (\mathbf{14})$$

Donde:

Etr = Evapotranspiración real (mm / día)

K_c = Coeficiente del cultivo (adimensional)

Eto = Evapotranspiración de referencia (mm/dia)

- ✓ **Déficit del cultivo**

$$\boldsymbol{Def = \frac{Etr}{Efic}} \qquad (\mathbf{15})$$

Donde:

Def= déficit del cultivo

Etr= Evapotranspiración real

Efic= eficiencia del sistema de riego por goteo

- ✓ **Frecuencia de riego**

$$\boldsymbol{Fr = \frac{Lr}{Etc}} \qquad (\mathbf{16})$$

Donde:

Fr= Frecuencia de riego

Lr= Lámina de riego

Etc= Evapotranspiración

- ✓ **Intensidad de aplicación**

$$\boldsymbol{Ia = \frac{Qi}{Ea * Ei}} \qquad (\mathbf{17})$$

Donde:

Ia= Intensidad de aplicación ($^{\text{mm}}/_{\text{hr}}$)

Qi= Caudal del emisor (lph)

Ea= Espaciamiento entre goteros (m)

El= Espaciamiento entre lateral (m)

- ✓ **Caudal requerido**

$$\boldsymbol{Qr = \frac{A * Def * 10}{Jornada}} \qquad (\mathbf{18})$$

Donde:

Q_r= Caudal requerido (m^3/hr)

A= Área (ha)

Def= Déficit del cultivo (mm/hr)

Factor= 10

Jornada= Horas

- ✓ **Caudal por hectárea**

$$\boldsymbol{QHA = Ia * 10} \qquad (\mathbf{19})$$

Donde:

QHA = Caudal por hectárea ($^{m^3}/_{hr}$)

Ia= Intensidad de aplicación ($^{mm}/_{hr}$)

Factor= 10

- ✓ **Caudal total**

$$\boldsymbol{QT = Qha * A} \qquad (\mathbf{20})$$

Donde:

QT = Caudal total ($^{m^3}/_{hr}$)

QHA = Caudal por hectárea ($^{m^3}/_{hr}$)

A = Área total de la finca (*ha)*

- ✓ **Tiempo de riego**

$$\boldsymbol{Tr = \frac{Def}{Ia}} \qquad (\mathbf{21})$$

Donde:

T_{riego} = Tiempo de riego (hora)

Def= Déficit (mm/día)

Ia = Intensidad de aplicación ($^{mm}/_{hr}$)

- ✓ **Área de turnos de riego**

$$\boldsymbol{AT = \frac{Área\ de\ total}{T}} \qquad (\mathbf{22})$$

Donde:

AT = Áreas por turnos de riego (ha)

Área = Área total de la finca (ha)

T = Número de turnos

- ✓ **Caudal por turno**

$$\boldsymbol{QT = Área * QHA} \quad (\mathbf{23})$$

Donde:

QT = Caudal por turno ($^{m^3}/_{hr}$)

Área = Área del turno de riego (ha)

QHA = Caudal por hectárea ($^{m^3}/_{hr}$)

- ✓ **Jornada**

$$\boldsymbol{Jornada = T * Tr} \quad (\mathbf{24})$$

Donde:

J= jornada (hora)

T = Número de turnos

Tr= Tiempo de riego (hora)

6.7.2. Diseño geométrico

Se determinó el diseño geométrico del área de estudio en base de las siguientes actividades:

Se realizó la delimitación del perímetro del área, utilizando el GPS, luego se utilizó Google Earth para obtener el polígono que representa al área, posteriormente, se trabajó en Global Mapper las curvas de nivel y en el software AutoCAD se obtuvo

el plano general del área de estudio constituido por el análisis de las curvas a nivel, el trazado de la red hidráulica, el dimensionamiento del área de válvula y el trazado de manifold y laterales de riego; considerando los datos encontrados en el diseño agronómico.

6.7.3. Diseño hidráulico

Antes de hacer el diseño hidráulico primeramente se realizó el diseño agronómico y geométrico es a través de estos, que se calculó las necesidades hídricas del cultivo y posible estructura final, con el cálculo del diseño hidráulico se obtiene el dimensionamiento de las tuberías definiendo el diámetro, longitudes atreves del cálculo de pérdidas de carga en las mismas.

Para determinar los parámetros del diseño hidráulico se llevaron a cabo el desarrollo de las siguientes ecuaciones:

- ✓ **Cálculo de pérdidas por fricción por Hazen Williams**

$$\boldsymbol{HF = \frac{10.67 * Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.87}} * L} \qquad (25)$$

Donde:

Hf= pérdida de carga (m)

L= longitud de la tubería (m)

D= diámetro interno (m)

Q= caudal (m^3/s)

C= Factor de rugosidad

- ✓ **Cálculo de la velocidad en función del caudal.**

$$\boldsymbol{V = \frac{Q}{A}} \qquad (26)$$

Donde:

Q= caudal (m^3/s)

V= velocidad promedio (m/s)

A= área de la sección transversal (m^2)

El valor de la velocidad debe ser supuesto por el proyectista bien sea tomándolo de su experiencia o criterio o, de existir, de la normativa vigente en su país.

En este caso, se suele escoger un valor mayor o igual a los 0,60 m/s (valor mínimo para garantizar arrastre de sedimentos) y menor o igual a los 4,5 m/s (a fin de evitar los efectos negativos del golpe de ariete que son probables de aparecer en líneas de aducción por bombeo), IIntriago, López, & Tenorio, (2025).

- ✓ **Cálculo de diámetro de tubería**

$$\boldsymbol{D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V}}} \qquad (\mathbf{27})$$

Donde:

D= diámetro de la tubería (pulg)

Factor= 4

Factor=π

Q= caudal (m^3 /s)

V= velocidad promedio (m/s)

- ✓ **Factor de Cristiansen**

$$\boldsymbol{F = \frac{1}{1+m} + \frac{1}{2n} + \frac{\sqrt{m-1}}{6n^2}} \qquad (\mathbf{28})$$

Donde:

F= Coeficiente de Cristiansen

n= número de salidas

m= 1.852, debido a que, se utilizó la ecuación de Hazen- Williams para calcular perdidas por fricción en tuberías de salidas múltiples.

- ✓ **Pérdidas por fricción corregidas**

$$\boldsymbol{HFC = HF * F_{Cristh}} \quad (\mathbf{29})$$

Donde

HFC= Pérdidas por fricción corregidas por Cristiansen

HF= Pérdida de carga (m)

F_{Cristh}= Factor de Cristhiansen

- ✓ **Presión de descarga**

$$\boldsymbol{Pd = ST + (HF_L + HF_M + HF_C + HF_F + P_i) * 2\% \pm \Delta Z} \quad (\mathbf{30})$$

Donde:

Pd= Presión de descarga (m.c.a.)

ST= Pérdida por fricción en la sarta de descarga (m.c.a.)

HF_L= Pérdida por fricción en el lateral (m.c.a.)

HF_M= Pérdida por fricción en el manifold (m.c.a.)

HF_C= Pérdida por fricción en la conducción (m.c.a.)

HF_F= Pérdida por fricción en la válvula hidráulica (m.c.a.)

P_i= Presión de trabajo del emisor (m.c.a.)

ΔZ= Desnivel desde el punto de descarga al punto crítico del sistema (m)

- ✓ **Carga total dinámica**

$$\boldsymbol{CTD = Pd + ND} \qquad (\mathbf{31})$$

Donde:

Pd= presión de descarga (m)

ND= Nivel dinámico (m)

HFc= Perdida en la columna (m.c.a.)

- ✓ **Potencia del equipo de bombeo**

$$\boldsymbol{Php = \frac{Q * CTD}{3960 * n}} \qquad (\mathbf{32})$$

Donde:

Php= Potencia del equipo de bombeo (hp)

Q= Caudal disponible (g/m)

CTD= Carga total dinámica (pie)

n= eficiencia del equipo de bombeo

6.8. Costos y presupuesto del proyecto

Para la elaboración del presupuesto, se determinó los costos a través de 5 ítems: materiales de riego, sarta de descarga, tubería PVC, accesorios de riego, instalación y transporte los cuales reflejaron por costos totales y costos por manzana. Para conocer los costos de adquisición se realizó cotización de cada uno de los ítems.

VII. ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

7.1. Condiciones agronómicas de la Finca Rancho Sotelo.

Se realizó la gira a la Finca Rancho Sotelo con el objetivo de evaluar los parámetros necesarios para la realización del diseño de sistema de riego por goteo, determinando las actividades o tareas necesarias planteadas en un check list , como se muestra en la Tabla 2, obteniéndose datos de campo acerca del rendimiento y capacidad del pozo, el tipo de bomba sumergible, el cultivo establecido, épocas y dirección de siembra, la descripción de perfiles de suelo para obtener las condiciones edáficas por medio de la técnica de la calicata.

Tabla 2

Actividades en campo identificadas a realizar previas al diseño de riego

Actividades	SI	NO	Observaciones
Marcar el pozo con GPS	X		
Realizar la prueba de bombeo	X		
Tomar el tiempo que tarda en regar el área sembrada	X		
Realizar la calicata	X		
Medir la distancia entre plantas	X		
Medir la distancia entre surcos	X		
Marcar con el GPS los puntos del área total sembrada	X		
Medición de la CTD	X		
Método de porchet	X		

Nota. *Elaboración propia.*

Con la información obtenida en la visita se determinó que se trabajará con el equipo de bombeo existente en la finca, la cual posee las características de la bomba, dando un caudal de 86.39 GPM, véase en (Anexo A6. Aforo de pozo, v) y una CTD de 41 m.c.a, además, el equipo de bombeo cuenta con una tubería de columna de 3", esta reducida en la descarga de 2", se realizó una prueba de bombeo por el método volumétrico obteniéndose un ND de 8.9 m, en base a esta información se realizó el diseño del sistema de riego.

7.2. Determinación de propiedades edáficas

Para la determinación de las propiedades edáficas se realizó dos métodos de muestreo de suelos en la Finca Rancho Sotelo, con el objetivo de obtener las muestras necesarias para la realización de las prácticas de laboratorio de Edafología.

Tabla 3

Descripción del perfil del suelo.

Horizonte	***Profundidad (Cm)***	***Color***	***Textura***	***Estructura (mm)***
Primer Horizonte	16	Café oscuro	Franco-arcilloso	Moteados de 10 mm
Segundo horizonte	35.20	Café claro con amarillo	Franco-limoso	Moteados de 10-15 mm
Tercer horizonte	16.02	Amarillo con poco naranja	Franco-limoso	Moteados de 10-20 mm

Nota. Elaboración Propia.

Según los datos obtenidos en campo, se determinó la textura por el método del tacto, como se detalla en la Tabla 3, se obtuvo el perfil estratigráfico resultando en el primer horizonte un suelo franco – arcilloso, segundo horizonte y tercer horizonte se encontró un suelo franco – limoso, como se muestra en (Anexo A2. Muestreo de suelo, iii).

7.2.1. Propiedades Químicas

- ✓ **PH**

Para determinar el PH se utilizó el medidor de PH y CE, obteniéndose una lectura de 7.88, por lo que este rango obtenido se encuentra en la categoría ligeramente alcalino, según (Anexo B1. Tabla de categorización del valor del PH, vii).

- ✓ **Conductividad eléctrica**

La conductividad eléctrica del suelo es de 0.56 *milisiems* (*mS*), al interpretarse este valor como se muestra (Anexo B2. Clasificación de salinidad en el suelo y sus efectos en los cultivos, vii), se presenta un suelo no salino, dado que el valor encontrado de la CE es < 1, por lo que el suelo es libre de sales, dando como resultado que se puede sembrar cualquier tipo de cultivo y no habrá obstrucciones en los conductos y goteros de riego por presencia de sales.

7.2.2. Propiedades Físicas

- ✓ **Textura de suelo**

Para determinar la textura de suelo se realizó el método de laboratorio del Hidrómetro de Bouyoucos, obteniéndose los siguientes datos como se muestra en la Tabla 4, cumpliendo con el procedimiento de la práctica.

Tabla 4

Recopilación de datos necesarios para determinar la textura de suelos

Lectura a los 40 seg	Temperatura a los 40 seg	Lectura a las 5h	Temperatura a las 5 h
	Lectura del blanco		
0	25 ℃	0	21 ℃
	Lectura del suelo		
33	24.6 ℃	19	20 ℃

Nota. Tomado de datos obtenidos en la práctica de laboratorio. Elaboración propia.

Cálculos:

La textura de suelo se determinó por las ecuaciones (1), (2), (3) y (4) del porcentaje de composición de textura de suelo:

- **Lectura corregida del suelo a 40 segundos:**

$LC_{40s} = 33 + 1.4 = 34.4$

$$\%limo + \%arcilla = \frac{34.4-0}{50} * 100 = 68.8\% \quad (\mathbf{1})$$

- **Lectura corregida del suelo a 5 horas:**

$LC_{40s} = 19 - 0.3 = \ 18.7$

- **Cálculo del % de arcilla:**

$$\%arcilla = \frac{18.7-0}{50} * 100 = 37.4\% \quad (\mathbf{2})$$

- **Cálculo del % de arena:**

$$\%arena = 100 - (\%limo + \%arcilla) = 100 - (68.8\%) = 31.2\% \quad (\mathbf{3})$$

- **Cálculo del % de limo:**

$$\%limo = (\%limo + \%arcilla) - \%arcilla = 68.8\% - 37.4\% = 31.4\% \qquad (\mathbf{4})$$

Al obtenerse el % arcilla de 37.4, % arena de 31.2 % y % limo de 31.4 %, se trazaron estos valores encontrados de cada una de las diferentes partículas que componen a un suelo en el triángulo de las clases texturales de suelo como se evidencia en el (Anexo B3. Determinación de la clase textural encontrada en el área de estudio, viii), identificando la intersección de estos valores, se obtuvo un tipo de suelo franco arcilloso.

- ✓ **Densidad real**

Para calcular el valor de la densidad real, se realizó la práctica de laboratorio densidad de la fase sólida del suelo, obteniéndose datos como se muestra en la Tabla 5, llevando a cabo el procedimiento.

Tabla 5

Recopilación de datos necesarios para determinar la densidad real.

Peso (gr)	Temperatura (℃)	Densidad ($^{gr}/_{cm^3}$)
	Picnómetro vacío	
42.8	-	-
	Suelo	
21.05	-	-
	Picnómetro + agua	
140.25	28	0.996
	Picnómetro + agua + suelo	
150.95	24.8	0.997

Nota. Esta tabla muestra los datos obtenidos en el desarrollo del procedimiento de la práctica utilizando un picnómetro. Elaboración propia.

Cálculo:

- **La determinación de la densidad real se logró aplicando el principio de Arquímedes:**

$$Dr = \frac{0.996 * 0.997 * 21.05}{0.997(140.25 - 42.8) - 0.996(150.95 - 21.05 - 42.8)} = 2\frac{gr}{cm^3} \qquad (\mathbf{5})$$

Dando como resultado una densidad real de 2.00 $^{gr}/_{cm^3}$, al interpretar este valor con el (Anexo B4. Evaluación de la densidad real, ix), se presenta un suelo $<$ 2.35 $^{gr}/_{cm^3}$, por lo que está dentro del rango, resultando un suelo con mucha o abundante materia orgánica, ya que proviene de la descomposición de vegetales y animales, los cuales ocupan espacios, y son menos densa que los minerales que comparte la parte solida del suelo, por lo que la densidad real disminuye al poseer mucha materia orgánica.

La presencia de materia orgánica aumenta la porosidad del suelo, lo que significa que hay más espacios vacíos entre las partículas. Al haber más espacios vacíos, la densidad real del suelo disminuye, ya que el volumen ocupado por la materia orgánica es mayor que el volumen que ocuparía si solo estuvieran presentes los minerales.

- ✓ **Densidad aparente**

Para determinar la densidad aparente del suelo, se llevó a cabo por cada horizonte una muestra inalterada por medio del método del cilindro, como se adjunta en la Tabla 6 se tomaron las dimensiones del cuerpo geométrico.

Tabla 6

Dimensiones del cilindro

Dimensiones del cilindro	
Longitud (cm)	Diámetro (cm)
11	4

Nota. Esta tabla presenta la medición de la altura y diámetro de un cilindro metálico. Elaboración propia.

Al realizarse la práctica de laboratorio densidad del volumen del suelo, se obtuvieron datos como se evidencia en la Tabla 7, necesarios para determinar la densidad aparente de cada horizonte.

Tabla 7

Datos de laboratorios para determinar la densidad aparente

Beaker	Peso (gr)
Beaker vacío	
B8	147.25
A1	145.95
S. T	146.75
Peso del suelo	
B8	133.7
A1	153
S. T	159.8
Beaker + suelo	
B8	280.95
A1	298.95
S. T	306.6

Nota. Tomado de la práctica de laboratorio en lo que se obtuvieron datos necesarios para calcular la densidad aparente por el método del cilindro. Elaboración propia.

Cálculos:

- **Se calculó el volumen del cilindro ocupado en la práctica de campo de extracción de la muestra inalterada:**

$$\boldsymbol{Vc} = \frac{3.1416(4)^2}{4} * 11 = 138cm^3$$

- **Para la determinación de las densidades aparentes, se determinó por la siguiente ecuación:**

$$Da\ B8 = \frac{133.7}{138} = 0.968gr/cm^3 \quad (\mathbf{6})$$

$$Da\ A1 = \frac{153}{138} = 1.108gr/cm^3 \quad (\mathbf{6})$$

$$Da\ S.T = \frac{159.85}{138} = 1.158gr/cm^3 \quad (\mathbf{6})$$

- **Se realizó una media de las 3 densidades aparentes:**

$$Media = \frac{0.968\ gr/cm^3 + 1.108\ gr/cm^3 + 1.158\ gr/cm^3}{3} = 0.982gr/cm^3$$

La densidad aparente obtenida tiene un valor característico del tipo de suelo del área de riego el cual es franco arcilloso, por lo que se realizó una media de las 3 muestras que se recolectaron del método del cilindro, dando como resultado 0.982 gr/cm^3 comparando este valor con el (Anexo. B5. Clasificación de la densidad aparente en los suelos, x), se presenta en la evaluación muy baja, por lo que es un suelo que no ha sido compactado, dado que posee abundante espacios vacíos o poros en los cuales beneficia la circulación del aire, agua y el desarrollo del sistema radicular de las plantas.

- ✓ **Porosidad total**

Los resultados de la densidad aparente y densidad real son los siguientes valores:

Datos:

$\mathrm{Da}_{\mathrm{media}} = 0.982 gr/cm^3$

$Dr = 2\ gr/cm^3$

Calculo:

$$Pt\ media = \left(1 - \frac{0.982 gr/cm^3 gr/cm^3}{2}\right) * 100 = 50.9\% \quad (7)$$

Habiendo determinado el porcentaje de porosidad total con un resultado de 50.9%, el cual está relacionado con el tipo de textura encontrada en la Finca Rancho Sotelo al comparar este valor con el (Anexo B6. Clasificación de la porosidad total, x), se encuentra en la evaluación de media, por lo que es una de la característica de los suelos francos que alcanzan más del 50% de porosidad total en el suelo.

- ✓ **Infiltración**

Al realizarse la práctica de campo por el método de porchet como se adjunta en (Anexo A4. Prueba de infiltración por el método de porchet, iv), se obtuvieron datos que se utilizaron en la calculadora prueba de infiltración porchet, dando como resultado de 0.51 cm/hr que equivale a 5.1 mm/hr, siendo este un suelo franco arcilloso como se muestra en el (Anexo B8. Velocidad de infiltración básica, xi).

7.2.3. Propiedades Hidro físicas

- ✓ **Capacidad de Campo**

Se determinó la Capacidad de Campo, por medio del método de laboratorio del Embudo de vidrio, obteniéndose los siguientes datos:

Datos:

Pshf=57.10 gr

Psst=41.25 gr

Pt=15.75 gr

Cálculo:

$$\%Cc = \frac{(57.10 - 41.259}{(41.25 - 15.75)} * 100 = 61.50\% \quad (\mathbf{8})$$

Se determinó una capacidad de campo de 61.50%, dado que el tipo de textura influye en él %CC, por lo que, al tener un suelo franco arcilloso, poseen una alta retención de agua cuando ya no se drena por gravedad.

- ✓ **Punto de marchitez permanente**

El resultado de %CC es el siguiente valor:

Datos:

%CC = 61.50

Factor = 1.85

Cálculo:

$$\%PMP = \frac{61.5}{1.85} = 33.24\% \quad (\mathbf{9})$$

Dando como resultado un porcentaje de punto de marchitez permanente de 33.24%, por lo que al llegar a este % las raíces de las plantas no pueden extraer el agua, lo que provoca el marchitamiento o la muerte de las plantas.

Tabla 8

Resultados de las propiedades edáficas de la finca Rancho Sotelo.

Descripción	Resultado	Evaluación
Propiedades químicas		
Potencial de Hidrógeno (PH)	7.88	Suelo ligeramente alcalino
Conductividad eléctrica (CE)	0.56(mS)	Suelo libre de sales
Propiedades físicas		
Textura del suelo	37.4 (%arcilla) 31.2 (% arena) 31.4 (% limo)	Suelo franco arcilloso
Densidad real (Dr)	2 (gr/cm3)	Suelo con mucha materia orgánica
Densidad aparente (Da)	0.982 (gr/cm3)	Suelo que no ha sido compactado
Porosidad total (Pt)	50.9 (%)	Medio
Propiedades Hidro físicas		
Capacidad de campo (CC)	61.50 (%)	Poseen una alta retención de agua
Punto de marchites permanente (PMP)	33.24 (%)	Las raíces de las plantas no pueden extraer el agua

Nota. Elaboración propia.

Así mismo se presenta en la Tabla 8, los resultados obtenidos de las prácticas de laboratorio de edafología acerca de las Propiedades del suelo, debido a que, influyen en la realización de un diseño de sistema de riego por goteo; la textura franco - arcilloso determinó la separación entre goteros de 0.20 m y caudal del emisor de 1.6 lph, así mismo la velocidad de infiltración de 5.1 mm/hr debe ser mayor a la intensidad de aplicación de 4.74 mm7r y el %CC, %PMP y Da, intervienen en el resultado de la lámina de riego.

7.3. Levantamiento topográfico

Para la definición del área de estudio, se llevó a cabo la realización de la delimitación del perímetro de cada área de siembra, por lo que se obtuvieron las siguientes parcelas con sus respectivas áreas:

Parcela 1 = 1.224 ha

Parcela 2 = 0.298 ha

Parcela 3 = 1.503 ha

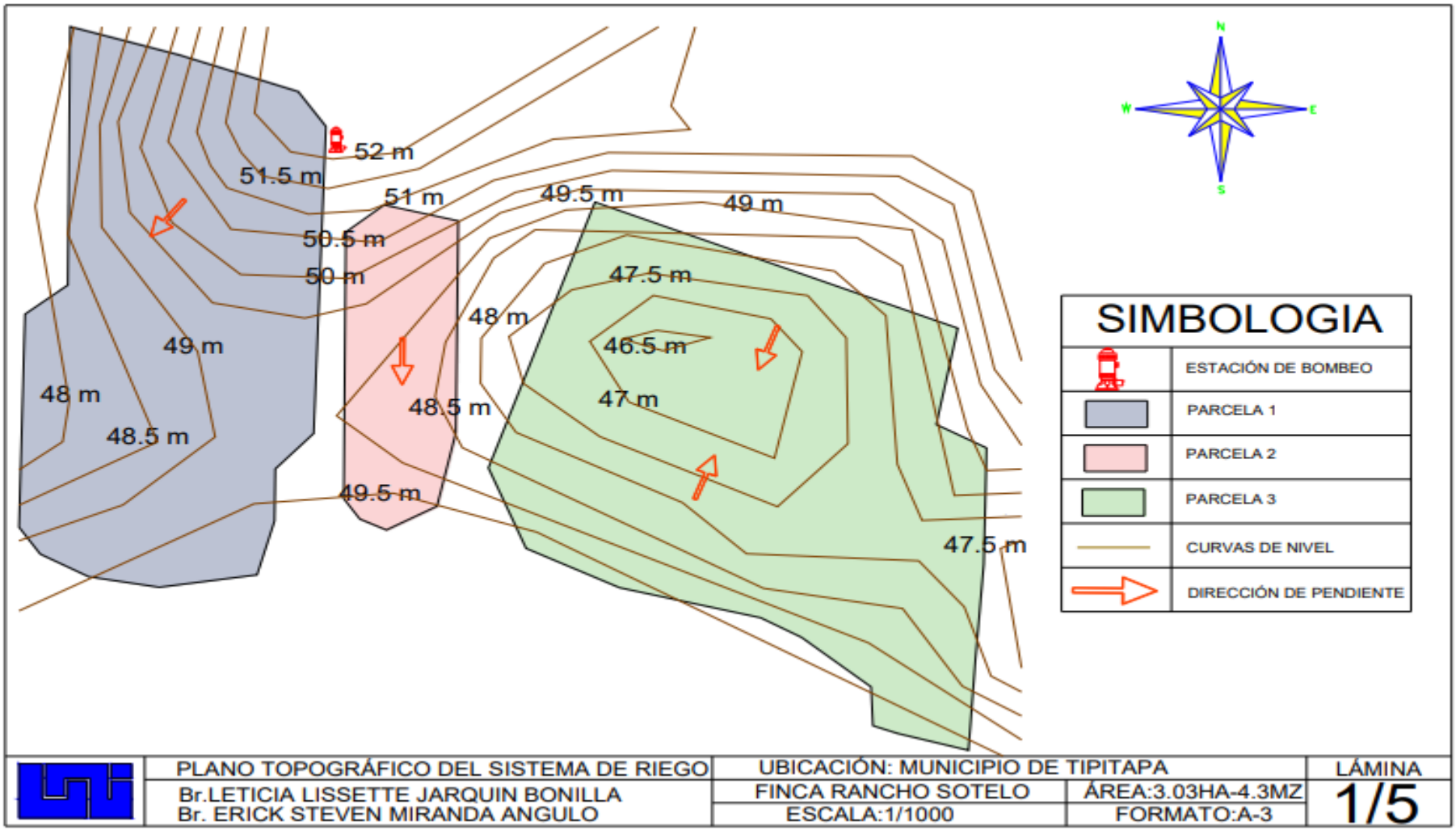
Obteniéndose un área total de 3.03 ha de la zona de estudio.

Una vez obtenida el área se obtuvieron las curvas de nivel en el software Global Mapper, en el cual se establecieron las curvas a cada 0.5 metros, transformando el archivo a DWG en el software AutoCAD se obtuvo el mapa topográfico como se muestra en (Anexo I1. Plano topográfico).

Basado en el levantamiento en campo se realizó la evaluación de las diferencias de alturas desde la ubicación del pozo con una elevación de 52 msnm a la zona critica del área de estudio, con una elevación de 49.5 msnm, dando como resultado -2.5 metros de carga con respecto a la ubicación del equipo de bombeo con una pendiente de 0.95%, clasificándose en la descripción cercano al nivel, véase en (Anexo D1. Clasificación de la pendiente, xxi).

Figura 5

Plano Topográfico del área de estudio.



Nota. Realizado con el software AutoCAD. Elaboración propia.

7.4. Datos meteorológicos

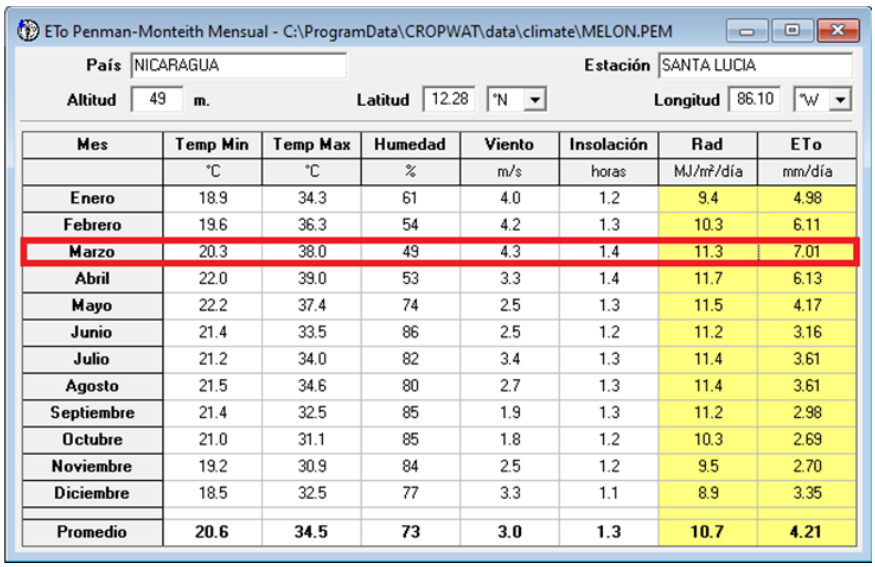
Para obtener los datos de evapotranspiración de referencia (Eto) se utilizó el software (CROPWAT) el cual emplea el método *Penman Monteith*, siendo este recomendado por la FAO. Para este método se ocupó los datos climatológicos de la zona de estudio, obtenidos del sitio web *Data Access Viewer*, como lo son temperaturas máximas, temperaturas mínimas, humedad relativa, velocidad del viento y horas de insolación como se adjunta en el (Apéndice C. Datos meteorológicos, xiii a la xviii), por lo que se realizó un promedio para cada uno de ellos durante el período de 2012 al 2022.

7.4.1. Evapotranspiración de referencia

A como se puede observar en los datos obtenidos en la Figura 6, se muestra que el mes con mayor evapotranspiración de referencia en la zona de estudio es marzo, obteniéndose una Eto= 7.01 mm/día, siendo este el mes con mayor demanda hídrica, dado que en Nicaragua la temporada seca se inicia en el mes de noviembre a finalizar el mes de abril.

Figura 6

Cálculo de la Evapotranspiración (ETo), por el método de Penman - Monteith.



Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo
	°C	°C	%	m/s	horas	MJ/m²/día	mm/día
Enero	18.9	34.3	61	4.0	1.2	9.4	4.98
Febrero	19.6	36.3	54	4.2	1.3	10.3	6.11
Marzo	20.3	38.0	49	4.3	1.4	11.3	7.01
Abril	22.0	39.0	53	3.3	1.4	11.7	6.13
Mayo	22.2	37.4	74	2.5	1.3	11.5	4.17
Junio	21.4	33.5	86	2.5	1.2	11.2	3.16
Julio	21.2	34.0	82	3.4	1.3	11.4	3.61
Agosto	21.5	34.6	80	2.7	1.3	11.4	3.61
Septiembre	21.4	32.5	85	1.9	1.3	11.2	2.98
Octubre	21.0	31.1	85	1.8	1.2	10.3	2.69
Noviembre	19.2	30.9	84	2.5	1.2	9.5	2.70
Diciembre	18.5	32.5	77	3.3	1.1	8.9	3.35
Promedio	**20.6**	**34.5**	**73**	**3.0**	**1.3**	**10.7**	**4.21**

Nota. Adoptado del Software (CROPWAT). Elaboración propia.

7.4.2. Coeficiente del cultivo

El coeficiente del cultivo de melón (*Cucumis Melo L.*), se obtuvo por el método de Penman- Monteith como se muestra en (Anexo C6**.** Datos de kc del cultivo por el método de Penman Montheith, xix), obteniéndose en las etapas fenológicas el valor de coeficiente del cultivo en cada una de ellas como se evidencia en la Tabla 9, por lo que en la etapa inicial es de 0.5, para la etapa de desarrollo es de 1.05 y en la etapa final de 0.75. Para la demanda hídrica del cultivo se toma el coeficiente más alto siendo este de 1.05 en la etapa de desarrollo.

Tabla 9

Coeficiente del cultivo en cada una de sus etapas fenológicas.

Cultivo	KC inicial	Kc medio	KC final
Melón	0.5	1.05	0.75

Nota. Adoptado del Software (CROPWAT). Elaboración propia.

7.5 Fuente de agua

7.5.1. Pozo

En la finca Rancho Sotelo, posee un pozo excavado, sin embargo, fue perforado para tocar venas del acuífero.

7.5.2. Aforo del pozo

Para determinar el gasto del pozo de la finca se tomó en cuenta los siguientes datos recolectados del aforo:

Datos:

V = 226.19 litros

T = 41. 5 segundos

Cálculo:

$$Q = \frac{226.19\ l}{41.5\ seg} \quad (\mathbf{10})$$

$$Q = 5.45\ l/s$$

$$Q = 5.45\ l/s * \frac{1g}{3.785l} * \frac{60s}{1min} = 86.39\ GPM$$

Para el aforo de pozo se realizó el método volumétrico, dando un caudal de 86.39 GPM, siendo el caudal disponible o caudal requerido para el diseño del sistema de riego, véase en (Anexo A6. Aforo de pozo, v).

7.6. Etapas del diseño

7.6.1. Diseño agronómico

Se determino los parámetros del diseño agronómico:

- ✓ **Lamina de riego**

$$Lr = \frac{(61.5\% - 33.24\%)}{100} * \frac{1.15gr}{cm^3} * 70cm * \%60 = 13.64cm \quad (\mathbf{11})$$

$$Lr = 13.64\ cm = 136.2mm$$

Se utilizó el 60% de agotamiento permisible para no entrar en estrés hídrico, según Cifuentes (2010), “el porcentaje de agotamiento permisible ideal del total de agua disponible en el suelo sería cero por ciento, sin embargo, esto requiere riegos frecuentes; por otro lado, no es recomendable agotar el agua disponible arriba del 60 por ciento ya que el desarrollo y rendimiento de la planta se ven afectados negativamente” (p.7).

- ✓ **Lamina neta**

$$Ln = 136.2mm - Pe - Ge \quad (\mathbf{12})$$

$$Ln = 136.2\ mm$$

- ✓ **Lamina bruta**

$$Lb = \frac{136.2mm}{0.95} = 143.36\ mm \quad (\mathbf{13})$$

$$Lb = 143.36\ mm$$

- ✓ **Evapotranspiración real**

$$Etr = 7.02mm/dia * 1.05$$
$$= 7.37mm/dia$$

$$Etr = 7.37\ mm/dia \quad (\mathbf{14})$$

Se calculo una evapotranspiración real de 7.37mm/día, obtenido de la evapotranspiración de referencia del mes de marzo 7.02 mm/día y coeficiente de cultivo 1.05 para la etapa de desarrollo.

- ✓ **Déficit**

$$Def = \frac{7.37mm/dia}{0.95}$$
$$= 7.8mm/dia$$

$$Def = 7.8mm/dia \quad (\mathbf{15})$$

Se obtuvo un déficit de 7.8mm/día, tomando como referencia el 95% de eficiencia para sistema de riego por goteo.

- ✓ **Frecuencia de riego**

$$Fr = \frac{136.2mm}{7.37mm/d} = 18.48\ días \quad (\mathbf{16})$$

$$Fr = 18.48\ días$$

✓ **Intensidad de aplicación**

$$Ia = \frac{1.6l/hr}{0.2m * 1.672m} = 4.76mm/hr \quad (\mathbf{17})$$

$$Ia = 4.76\ mm/hr$$

✓ **Tiempo de riego**

$$Tr = \frac{7.8mm/dia}{4.76mm/hr} = 1.67horas \quad (\mathbf{18})$$

$$Tr = 1.67\ horas$$

✓ **Caudal por hectárea**

$$Qha = 4.76\frac{mm}{hr} * 10 = 47.61m^3/hr \quad (\mathbf{19})$$

$$Qha = 47.61\ m^3/hr$$

✓ **Caudal total**

$$QT = 47.61m^3/hr * 3.03ha = 144.52m^3/hr \quad (\mathbf{20})$$

$$\mathrm{QT} = 144.52\ \mathrm{m}^3/\mathrm{hr}$$

✓ **Caudal requerido**

Caudal de la bomba=caudal requerido

Caudal requerido = $18.18m^3/h$

✓ **Turnos de riego**

$$Turnos = \frac{144.52m^3/hr}{18.18m^3/hr} = 7.94 = 8\ Turnos \quad (\mathbf{21})$$

$$\mathrm{Turnos} = 8\ \mathrm{turnos}$$

✓ **Área de turno**

$$AT = \frac{3.03\ ha}{8\ Turnos} = 0.3787 ha \quad (\mathbf{22})$$

$\mathrm{AT} = 0.3787\ \mathrm{ha}$

✓ **Caudal por turno**

$$QTurno = 0.3787 ha * 47.61 m^3/hr = \ 18.03 m^3/hr \quad (\mathbf{23})$$

$\mathrm{QTurno} = 18.03\ \mathrm{m}^3/\mathrm{hr}$

✓ **Jornada**

$$Jornada = \frac{3.03 ha * 7.8 mm/dia * 10}{18.18 m^3/h} = 13\ horas \quad (\mathbf{24})$$

$Jornada = 13\ horas$

En la Tabla 10, se presentan los resultados de cada uno de los parámetros necesarios para el diseño agronómico, dado que es el primer paso para la realización de un diseño de sistema de riego, determinando 8 turnos de riego para irrigar toda el área del cultivo con un área de turno de 0.378 ha, así mismo un tiempo de riego de 1.67 horas estableciéndose el caudal por turno de 18.03 m^3/hr, el cual es menor que el caudal requerido o establecido por la bomba de 18.18 m^3/hr además, estos valores encontrados son necesarios para la realización del diseño geométrico.

El suelo soporta una frecuencia de riego cada 18 días, sin embargo, se tomó una frecuencia diaria, puesto que la jornada de riego es de 13 horas para aplicar 7.88 mm/día, en caso de aplicar una frecuencia cada 2 días no es posible porque se necesitaría aplicar un déficit de 15.76 mm que se aplicaría una jornada de 26 horas, lo cual sobre pasa las horas establecidas por 1 día de 24 horas, por ende, se provocaría una sobre explotación al sistema de bombeo.

Tabla 10

Resultado de los Parámetros del Diseño Agronómico.

Descripción	Resultados	U/M
Evapotranspiración real	7.37	mm/dia
Evapotranspiración de referencia	7.01	mm/dia
Déficit	7.8	mm/dia
Lámina de riego	136.2	mm
Lámina neta	136.2	mm
Lámina bruta	143.37	mm
Frecuencia de riego (Fr)	18.40	$días$
Intensidad de aplicación	4.76	mm/hr
Tiempo de riego	1.67	$horas$
Caudal por hectárea	47.61	m^3/hr
Caudal total	144.52	m^3/hr
Caudal requerido	18.18	m^3/hr
Turnos de riego	8	*Turnos*
Área de turno	0.3787	ha
Caudal por turno	18.03	m^3/hr
Jornada	13	$horas$

Nota. Esta tabla muestra los resultados obtenidos de cada uno de los parámetros necesarios para la realización del Diseño Agronómico. Elaboración propia.

7.6.2. Diseño geométrico

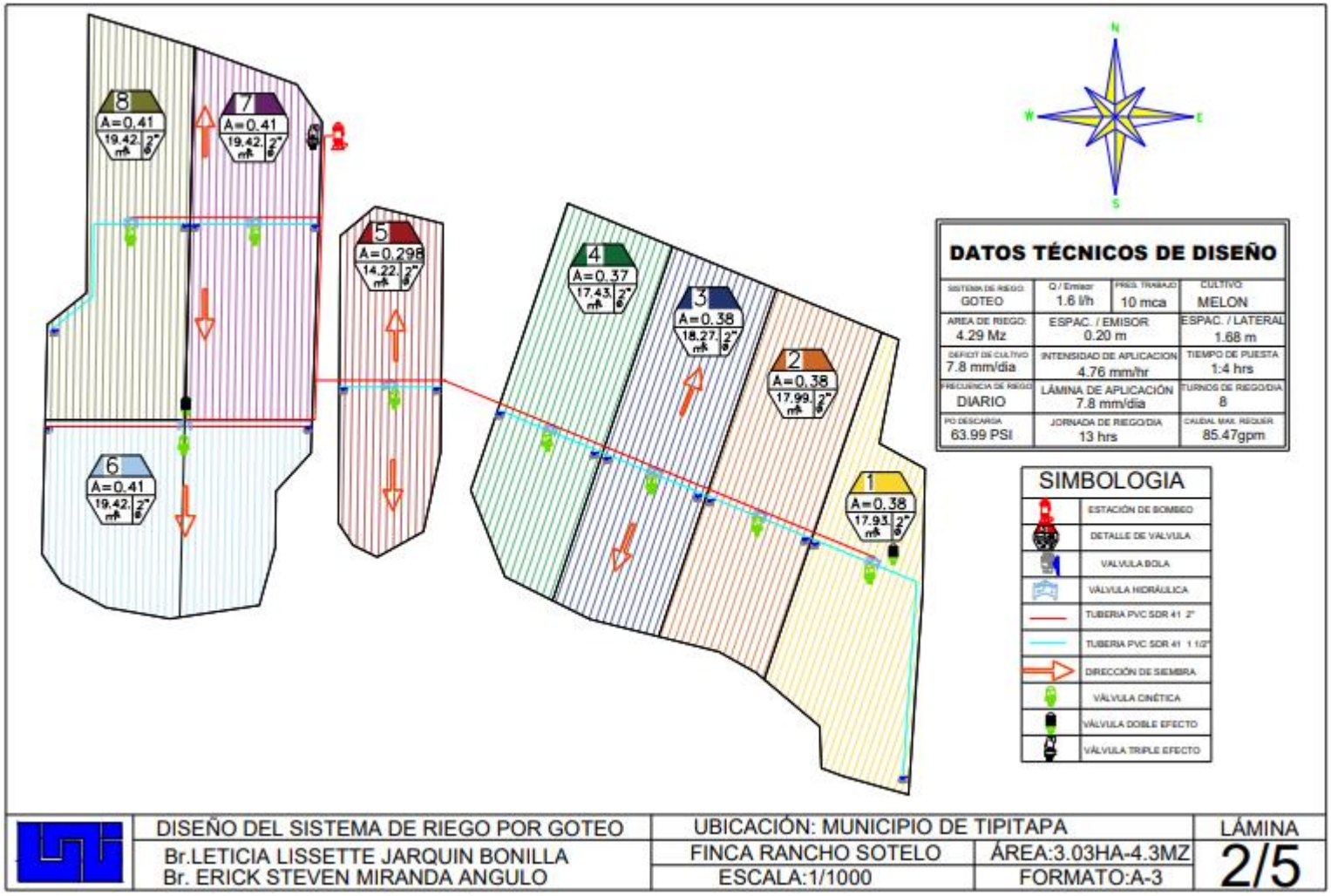
Una vez elaborado el diseño agronómico, se realizó en el programa AutoCAD el diseño geométrico, en el que se presenta el plano general como se adjunta en (Anexo I2. Plano general); el cual contiene mediante la simbología el equipo de bombeo, tubería conductora, tubería de manifold, así mismo, la representación gráfica de cada uno de los turnos, con su respectivo detalle de válvula que incluye el área de válvula y caudal necesario para regar dicha área y tubería de conducción para este tramo.

El diseño del sistema de riego está compuesto por 8 turnos de riego, por lo que se necesita la cantidad de 8 válvulas cinéticas para el diseño, dado que, para cada turno existe un caballete, como se detalla en los (Anexo I4. Plano del caballete); en cual se incluye una válvula cinética, para expulsar el aire cuando se traslada el caudal en las tuberías de conducción y manifold, así mismo, el diseño, contiene 8 válvulas hidráulicas porque permite controlar la dirección, presión y caudal del turno de riego.

Así mismo, se determinó 2 válvulas de triple efecto, instalándose en la sarta de descarga, 1 válvula doble efecto en el lavado de la tubería de conducción del turno #6 y otra en el lavado de la tubería de conducción del turno #1.

Figura 7

Plano General del Sistema de riego propuesto.



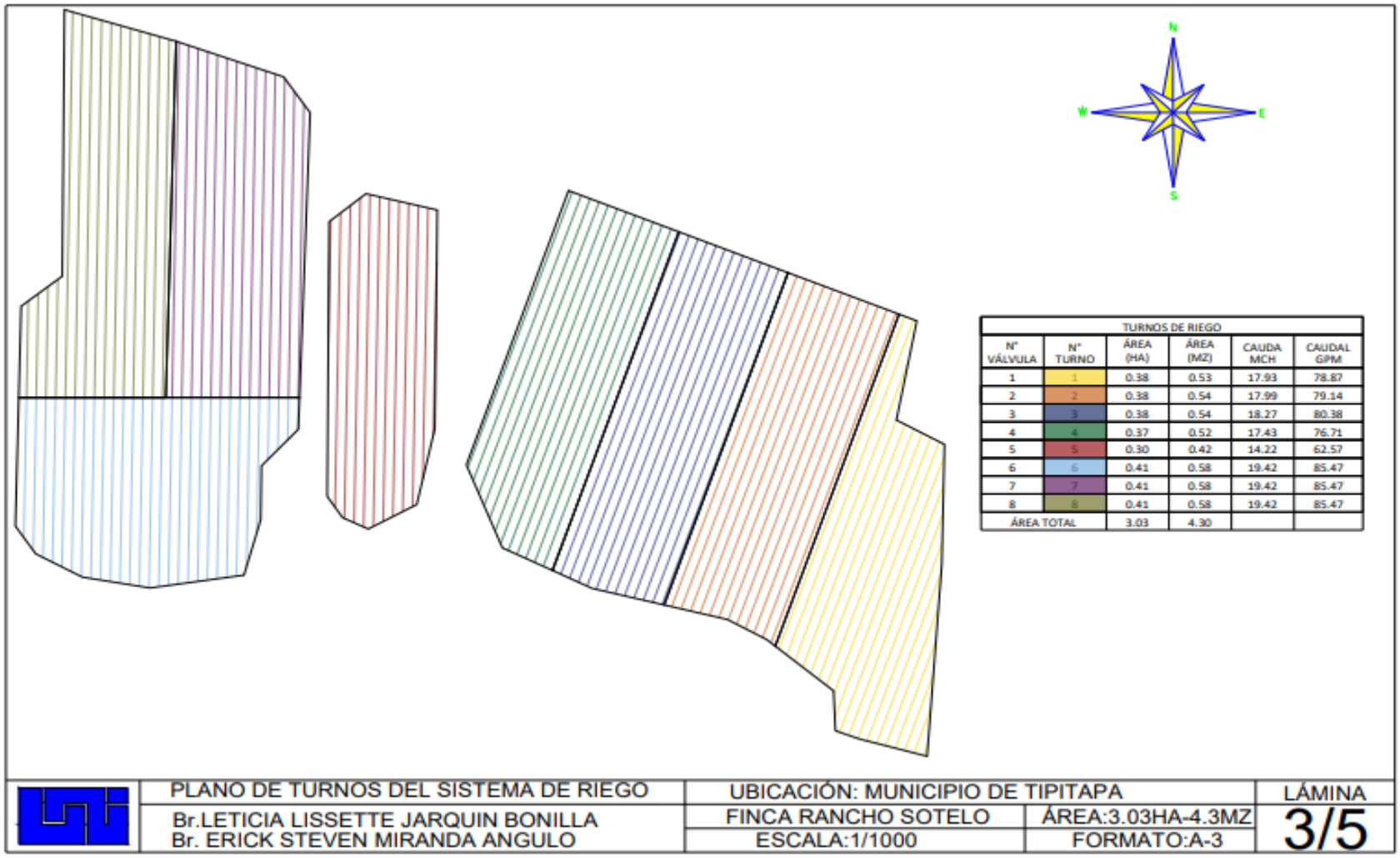
Nota. Realizado con el software AutoCAD. Elaboración propia.

- **Plano de turnos de riego del diseño de sistema de riego por goteo**

En el programa AutoCAD, se realizó la dimensión de cada uno de los turnos de riego, como se muestra en (Anexo I3. Plano de turnos de riego), considerando varios parámetros encontrados del diseño agronómico como se muestra en la tabla de turnos del plano, se especifica el número de turnos presentados cada uno de ellos por un color establecido, el caudal por turno en MCH y GPM, el área de turno en ha, así mismo cada turno posee una válvula hidráulica por turno.

Figura 8

Plano de turnos de riego



Nota. Realizado con el software AutoCAD. Elaboración propia.

7.6.3. Diseño hidráulico

Después de realizar el diseño agronómico y geométrico, se evalúa el turno crítico del sistema de riego dependiendo a 3 razones:

- ✓ Caudal del turno
- ✓ Distancia o longitud desde el equipo de bombeo al área de turno critica
- ✓ Desnivel

- ➢ **Cálculo del diámetro de la tubería de conducción en el turno crítico del diseño del sistema de riego por goteo.**

Tramo desde el equipo de bombeo hasta la válvula #1

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0.0049 m^3/s}{\pi * 1.98 m/s}} = 0.0561\ m = 2.2{=}2" \qquad (\mathbf{27})$$

Para la determinación del diámetro de la tubería de conducción se evaluó la desde el punto de ubicación del equipo de bombeo hasta la válvula #1, obteniéndose una tubería de 2", de igual modo, para la red de conducción de todo el sistema de riego como se muestra en (Anexo I2. Plano general).

Se optó para la tubería de conducción la cédula SDR 41 con una presión máxima de 100 psi como se muestra (Anexo F3. Ficha técnica de tuberías, xxiv); este tubo es capaz de soportar altas cargas de trabajo y garantizar un flujo constante y seguro en líquidos, por ende, es utilizada generalmente para ser enterrada por su bajo costo. Por su parte, SINSA (2023), recomienda que "este es un material altamente resistente a la corrosión, la abrasión y los productos químicos, lo que lo convierte en una opción ideal para instalaciones en ambientes agresivos y corrosivos. Su bajo costo y su larga vida útil lo hacen una opción económica y rentable para cualquier proyecto".

- **Cálculo del diámetro de la tubería manifold en el turno crítico del diseño de sistema de riego por goteo.**

Turno #1 al turno #8

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0.0026 m^3/s}{\pi * 1.62 m/s}} = 0.045\ m = 1.7" = 1\ 1/2" \qquad (\mathbf{27})$$

Se calculó el diámetro de la tubería manifold con respecto al turno #7, dando como resultado una tubería de 1 ½", de igual forma, es el diámetro de la tubería de manifold de cada uno de los turnos de riego del sistema como se adjunta en (Anexo I2. Plano general) y (Anexo F3. Ficha técnica de tuberías, xxiv).

- **Cálculo de la pérdida por fricción en la tubería de conducción del turno critico por el método de Hazen William.**

Tramo desde el equipo de bombeo hasta la válvula #1

$$HF = \frac{10.67 * 0.00498^{1.852} m^3/s}{150^{1.852} * 0.0056^{4.87} m} * 256.43\ m = 16\ mca \qquad (\mathbf{25})$$

Para el cálculo de la pérdida por fricción en la tubería de conducción se utilizó el valor del coeficiente de rugosidad del material PVC siendo de 150 como se adjunta en (Anexo F1. Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams para diferentes materiales, xxiii).

La pérdida de fricción máxima en la conducción es de 16 m.c.a., como se presenta en la Tabla 11, teniendo presente que la tubería de conducción del turno #1, es el más alejado del equipo de bombeo, por ende, se considera el turno critico en pérdidas de fricción en conducción como se muestra en (Anexo F6. Pérdidas por fricción de la tubería de conducción del diseño de sistema riego por goteo, xxvi a la xxvii), además este resultado nos ayudará para calcular la carga total dinámica (CTD) del diseño en estudio.

Tabla 11

Cálculo de las pérdidas por fricción en la tubería de conducción.

Ø(pulg)	Q(MCH)	L(m)	HF (m.c.a.)
2	17.93	256.43	16
		Total	**16**

Nota. Elaboración propia.

- **Cálculo de la velocidad en la tubería de conducción en función del caudal y longitud en el turno crítico del diseño del sistema de riego por goteo.**

Tramo desde el equipo de bombeo hasta la válvula #1

$$V = \frac{0.00498 m^3/s}{0.0025\ m^2} = 1.98 \frac{m}{s} \quad (\mathbf{26})$$

Para el cálculo de la velocidad en la tubería de conducción, se tomaron en cuenta factores como el área de la sección transversal del tubo y el caudal sustituyéndose estos valores en la ecuación 26, para obtener una velocidad de 1.98 m/s con un diámetro de 2". Siendo un valor que está dentro de los rangos establecidos de las velocidades de diseño según IIntriago, López, & Tenorio, (2025), descrita en el diseño metodologico (Título VI, p.40).

- **Cálculo de las pérdidas por fricción en la tubería manifold en el turno crítico por el método de Hazen – Williams**

Turno #7

$$HF = \frac{10.67 * 0.0026^{1.852} m^3/s}{150^{1.852} * 0.0459^{4.87} m} * 19.49\ m = 1.20\ m.c.a. \quad (\mathbf{25})$$

Se cálculo las pérdidas por fricción en la tubería de manifold en el turno #7, dando como resultado una pérdida de 1.20 m.c.a., considerando que es el turno crítico por su caudal y longitud, debido a que, genera la pérdida máxima entre los manifold de los 8 turnos de riego del diseño del sistema como se muestra en (Anexo F7. Pérdidas por fricción de la tubería de manifold de los turnos del diseño del sistema de riego por goteo, xxviii a la xxx).

- **Cálculo de las pérdidas por fricción corregidas en la tubería manifold con el factor de Cristiansen**

$$N_{Salida} = \frac{19.49\ m}{1.672\ m} = 11.65 = 11\ salidas$$

$$F = \frac{1}{1 + 1.852} + \frac{1}{2 * 11} + \frac{\sqrt{1.852 - 1}}{6 * 11^2} = 0.397 \qquad (\mathbf{28})$$

$$HFC = 1.20mca * 0.397 = 0.47\ m.c.a. \qquad (\mathbf{29})$$

De acuerdo con el cálculo realizado en las perdidas por fricción en la tubería de manifold con diámetro de 1 ½" en el turno crítico, se calculó un factor de Cristiansen, debido a que, posee múltiples salidas de descargas se utilizó un factor de m =1.852 como se muestra en (Anexo F2. Coeficientes y exponentes de las principales fórmulas empleadas para cuantificar la pérdida de carga por fricción, xxiii); lo cual se obtuvo 11 salidas y un factor de 0.397.

Según Chow, (2021) afirma en su "Sección III. Diseño hidraulico de parcela que el valor de factor de cristiansen reduce la pérdida de carga en la tubería de distribución a causa de las múltiples descargas que ocurren por las conexiones de los laterales a la mencionada tubería; esto provoca que gradualmente el caudal de entrada en la tubería se reduzca a medida que este avanza a lo largo de la misma, alimentado los laterales de riego, de tal manera que al final de la tubería el caudal es sólo una pequeña fracción del caudal inicial".

Tomando en cuenta el resultado obtenido del factor de Cristiansen, se calculó una pérdida corregida como se muestra en la Tabla 12, sin embargo, las pérdidas de

carga por fricción no corregidas resultaron de 1.2 m.c.a., pero al aplicarse el factor se obtuvo una pérdida por fricción corregida de 0.47 m.c.a., siendo este valor necesario para calcular la carga total dinámica (CTD).

Tabla 12

Cálculo de las pérdidas por fricción en la tubería de manifold

Ø(pulg)	Q(MCH)	L(m)	HF (m.c.a.)
Pérdidas por fricción no corregidas			
1 1/2	9.71	19.49	1.2
	Total		**1.2**
Pérdidas por fricción corregidas			
1 1/2	9.71	19.49	0.47
	Total		**0.47**

Nota. Elaboración propia.

- **Cálculo de la velocidad en la tubería manifold del turno critico en función del caudal en el sistema de riego por goteo.**

Turno del 1 al 8

$$V = \frac{0.0026\ m^3/s}{0.0016\ m^2} = 1.68\frac{m}{s} \qquad (\mathbf{26})$$

Se calculo la velocidad en la tubería de manifold del turno crítico, obteniéndose un resultado de 1.68 m/s, el cual está dentro los rangos establecidos según Intriago, López, & Tenorio, (2025), descrita en el diseño metodológico (Título VI, p.40).

- **Cálculo del número de salidas del lateral crítico del diseño del sistema de riego**

$$N^0 de\ salidas = \frac{63\ m}{0.2\ m} = 315\ salidas$$

El factor de Cristiansen encontrado de 315 salidas, es esencial para el cálculo de las perdidas corregidas en lateral crítico, igualmente el criterio Chow, (2021); se aplica al lateral de riego porque posee múltiples salidas ósea los emisores.

- **Cálculo del caudal del lateral crítico**

$$Ql = 315\ N^0 de\ salida * 1.6\ l/h\ = 504\ l/h$$

Se calculó el caudal de lateral crítico dando como resultado 504 l/h, en vista de que este situado en el turno crítico, por ende, es el lateral más alejado del equipo de bombeo.

- **Cálculo de la pérdida por fricción en el lateral crítico por el método de Hazen William**

$$HF = \frac{10.67 * 0.000144^{1.852} m^3/s}{140^{1.852} * 0.016^{4.87} m} * 63m = 2.89\ m.c.a. \qquad (\mathbf{25})$$

Se calculó las pérdidas por fricción en el lateral crítico situado en el turno #1, a causa de que posee la mayor longitud desde el caballete hasta su última salida o gotero, por ende, requiere más caudal que otros laterales como se muestra en (Anexo F8. Pérdidas por fricción de los laterales del diseño de sistema de riego por goteo, xxxi a la xxxii), obteniéndose la perdida máxima por fricción de 2.89 m.c.a.

- **Cálculo de las pérdidas por fricción corregidas en el lateral de riego con el fator Cristiansen**

$$F = \frac{1}{1 + 1.852} + \frac{1}{2 * 315} + \frac{\sqrt{1.852 - 1}}{6 * 315^2} = 0.352 \qquad (\mathbf{28})$$

$$HFC = 2.89 * 0.352 = 1.02\ m.c.a. \quad (\mathbf{29})$$

Se determinó una perdida por fricción en el lateral crítico de 2.89 m.c.a., sin embargo, se corrige la perdida, dado que posee múltiples salidas de descargas ósea goteros descargas se utilizó un factor de m =1.852 como se muestra en (Anexo F2. Coeficientes y exponentes de las principales fórmulas empleadas para cuantificar la pérdida de carga por fricción, xxiii); por lo que se calculó el factor de Cristiansen de 0.352, dando como resultado una perdida corregida en el lateral de riego de 1.02 m.c.a., como se aprecia en la Tabla 13.

Tabla 13

Pérdidas por fricción en el lateral de riego crítico

Ø(mm)	Q(MCH)	L(mts)	HF (m.c.a.)
Pérdidas por fricción no corregidas			
16	0.504	63	2.89
	Total		**2.89**
Pérdidas por fricción corregidas			
16	0.504	63	1.02
	Total		**1.02**

Nota. Elaboración Propia

- **Cálculo de la velocidad en el lateral de riego en función del caudal en el sistema de riego por goteo.**

$$V = \frac{0.000144 m^3/s}{0.0002 m^2} = 0.70 \frac{m}{s} \quad (\mathbf{26})$$

Se obtuvo la velocidad en el lateral de riego de 0.70 m/s, por lo que está dentro de los rangos establecidos de la velocidad de diseño según Intriago López, & Tenorio (2025), descrita en el diseño metodologico (Título VI, p.40).

- **Cálculo de la pérdida máxima permitida en el lateral y manifold de riego**

$$HFmax = 10mca * 15\%$$

$$HFmax = 1.5\ m.c.a.$$

$$HFmax = 1.02 + 0.47 = 1.49m.c.a.$$

La suma de las perdidas máximas permitidas entre el lateral y manifold es de 1.49 m.c.a., siendo menor del ≤ 15% de la presión de trabajo del emisor, dado que Sneh (2006), demuestra que "las pérdidas maximas permitidas entre lateral y manifold debe ser supuesto por diseñador o proyectista dependiendo a sus criterios, sin embargo, establece que no deben estar encima del 10% al 15% de la presion del trabajo del emisor" (p.168).

- **Pérdidas de carga en la columna del pozo**

$$HF = \frac{10.67 * 0.00539^{1.852} m^3/s}{150^{1.852} * 0.0553^{4.87} m} * 8.9m = 0.7\ m.c.a. \qquad (\mathbf{25})$$

Se determinó la pérdida de carga en la columna del pozo, encontrando una pérdida de 0.70 m.c.a., dado que este resultado es necesario para calcular la carga total dinámica del diseño del sistema de riego.

- **Pérdidas por accesorios en la sarta de descarga**

A como se aprecia en la Tabla 14, se determinó la presión total de la sarta de descarga, resultando de 4.7m.c.a., por lo que se analizó los diagramas de pérdida de carga de los diferentes accesorios que componen la sarta, a como se muestra en el (Apéndice G. Sarta de descarga, xxxiii a la xli).

Tabla 14

Pérdida de carga de los accesorios de la sarta de descarga

Descripción	Pérdida de presión
Filtro hidrociclón	3.4
Filtro de anillo	0.8
caudalímetro	0.1
Válvula gaveta	0.1
Válvula check	0.3
Presión total (m.c.a.)	4.7
Carga total (psi)	**6.67**

Nota. Adoptado de los diagramas de perdida de carga de cada uno de los accesorios de la sarta de descarga. Elaboración propia.

Se optó para la niplería de la sarta PVC SDR 26 de 2", debido a que, está expuesto al sol como se adjunta en (Anexo F3. Ficha técnica de las tuberías, xxiv); posee una presión de trabajo máxima de 160 PSI (SINSA, 2023), afirma que, "este material es resistente y duradero, lo que garantiza su uso a largo plazo, además de bajo costo, soporta condiciones que pueden incluir la exposición al sol, productos químicos agresivos, temperaturas extremas, presión, o la presencia de elementos corrosivos en el suelo o agua donde la tubería está instalada al sol".

- **Cálculo de la presión en la descarga**

$$Pd = 4.7m + (1.02m + 0.47m + 16m + 1m + 10m) * 2\% - 2.5m = \quad (\mathbf{30})$$

$$Pd = 31.1\ m.c.a.$$

Para determinar la presión de descarga del diseño, se considera todas las pérdidas de carga después de la salida o tubería de descarga del pozo como se detalla en la Tabla 15, por lo que genera una presión de descarga de 31.1 m.c.a., las cuales son todas las pérdidas que sean encontrado en la tubería de conducción, manifold, lateral de riego, así mismo se suma la presión de trabajo del lateral como se adjunta en (Anexo F5. Especificaciones de cinta de goteo, xxv), pérdida de la válvula hidráulica, las pérdidas de los accesorios de la sarta de descarga y desnivel.

Tabla 15

Presión de descarga

Descripción	Pérdida de presión
Sarta de descarga	4.7
Pérdida en lateral	1.02
Pérdida en manifold	0.47
Pérdida en conducción	16
Pérdida válvula hidráulica	1
Presión de trabajo	10
Pérdida de accesorios	0.5
Desnivel	-2.5
Presión total (m.c.a.)	31.1
Presión total (psi)	**44.16**

Nota. Esta tabla muestra las pérdidas de carga de cada uno de los componentes necesarios del sistema de riego. Elaboración propia.

- **Cálculo de la carga total dinámica (CTD) del sistema de riego por goteo**

$ND = 8.9\ m$

$HF\ columna = 0.7 m.c.a.$

$$CTD = 31.1 + 8.9 + 0.7 = 40.7\ m.c.a. \quad (\mathbf{31})$$

$CTD = 40.7 m.c.a. = 133.49\ pies$

Se calculo la carga total dinámica del diseño del sistema de riego, obteniéndose una CTD de 40.7 m.c.a., de modo que, el pozo existente en la finca da un caudal de 86.39 GPM, como se adjunta en (Anexo G3. Curvas características de la bomba, xxxvi), en función del caudal esta da una carga máxima de 41 m.c.a., por lo tanto, la CTD calculada es menor que la carga máxima.

- **Cálculo de la potencia de bombeo para el sistema de riego**

$$php = \frac{85.46\ gpm\ \ x\ \ 133.49 pie}{3960 x\ 0.64} = 4.5\ hp \quad (\mathbf{32})$$

$php = 4.5\ hp$

Se calculó la potencia de bombeo para el sistema de riego por goteo, dando como resultado 4.5 hp, sin embargo, en la finca existe una bomba Franklin Electric, modelo SR de 5 hp, ver en (Anexo G2. Curva característica de la bomba, xxxv), por lo que la potencia del sistema de riego calculada es inferior al establecido por la bomba existente en la finca.

7.7. Costos y presupuesto del proyecto

Para la elaboración del costo y presupuesto para el diseño del sistema de riego, se consideró el análisis de los diferentes parámetros de la zona de estudio y el diseño del sistema realizado, tomando en cuenta estas condiciones, además los costos son de mercado, debido a que se cotizó en la empresa AGRIZEN, S.A, como oferente véase en (Anexo H1. Cotización en la empresa AGRIZEN, S.A, xliii

a la xliv). Presentándose el costo total del proyecto **$6,717.82 (Seis mil setecientos diecisiete con 82/100 dólares americanos).** De no llevarse a cabo el proyecto, la inversión sería nula.

7.7.1. Materiales de riego

Para determinar la lista de materiales de riego se calcularon la cantidad de cintas de goteo en base al área de riego:

- ✓ **Metros de cinta de goteo**

$$Metros\ lineales = \frac{30300m^2}{1.672mts} = 18{,}122.0095\ m$$

- ✓ **Número de rollos de cinta**

$$Numero\ de\ rollos = \frac{18122.0095mts}{2500mts} = 8\ Rollos$$

- ✓ **Conectores PVC x 16 mm más empalme**

$$Conectores = \frac{637.032mts}{1.672mts} = 380.98 = 381\ conectores$$

En el listado de materiales de riego, se contabilizó 8 rollos de cinta de goteo de marca GREEN PLAY como se muestra en (Anexo F4. Cinta de goteo, xxv), así mismo, 381 mangueras de 16 mm, que se inserta al conector de PE 16mm, realizándose una perforación a la cinta del lateral, de igual forma, con el conector PVC * 16mm + empalme, introduciéndose a la tubería de manifold, tomando en cuenta la distancia entre lateral establecida en la finca.

Del mismo modo se incluyen en la Tabla 16, las válvulas de aire, válvulas hidráulicas, y válvulas doble efecto representadas en el (Plano I2. Plano general). Como se muestra en la tabla de listado de materiales de riego, se calculó un costo total de **C$90,124.67** y un costo por manzana **C$20,959.23.**

Tabla 16

Listado de materiales de riego

PROYECTO DE DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO

ÁREA DE RIEGO 4.3 MZ-3.03 HA FINCA "RANCHO SOTELO"

CAUDAL 85.47 g/m **UBICACIÓN** TIPITAPA MANAGUA

LISTA DE MATERIALES PARA EL DISEÑO DE RIEGO POR GOTEO

I.MATERIALES DE RIEGO

NÚMERO	CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNI	COSTO TOTAL
1	8	ROLLO	CINTA DE GOTEO GREEN PLAY 2500MTS 1.6 L/H /20CM	C$6,290.00	C$50,320.00
2	381	UNIDAD	MANGUERA DE POLIETILENO 16 mm	C$11.30	C$4,305.30
3	381	UNIDAD	CONECTOR PVC X 16mm + EMPALME	C$8.37	C$3,188.97
4	381	UNIDAD	CONECTOR PE 16mm X CINTA	C$11.30	C$4,305.30
5	381	UNIDAD	GROMMET 16mm TIPO H	C$4.78	C$1,821.18
6	8	UNIDAD	VÁLVULA DE AIRE CINETICA (1")	C$386.09	C$3,088.72
7	8	UNIDAD	VÁLVULAS HIDRAULICAS (2")	C$2,572.30	C$20,578.40
8	2	UNIDAD	VÁLVULA DE AIRE DOBLE EFECTO (1")	C$1,258.40	C$2,516.80
			COSTO TOTAL DE MATERIAL DE RIEGO	**SUB TOTAL**	**C$90,124.67**
			COSTO TOTAL POR MANZANA	**TOTAL**	**C$20,959.23**

Nota. Elaboración propia.

7.7.2. Sarta de descarga

En la tabla 17, se muestra los costos de la sarta de descarga, tomando en cuenta cada uno de los accesorios que componen la sarta del diseño de sistema de riego por goteo.

La sarta de descarga consta de 2 manómetros de glicerina uno en la entrada y uno en la salida de la sarta, para el control de presiones de trabajo demandadas por el sistema de riego, 2 válvula de aire triple efecto de 1" , una válvula de gaveta de 2" marca Genebre, así mismo, se incluyeron a cantidad de 8 flange de 2" de 4 orificios, un sistema de filtrado hidrociclón de 2" marca Yammit, un filtro secundario de 2" de la marca Azud, un medidor de flujo de 2" para el control del caudal marca Genebre y por último, una válvula check de 2" marca Genebre, además se incluye kit de pernería, véase en (Anexo l4. Plano de la sarta de descarga).

Como se adjunta en la Tabla 17, se contabilizó el costo por unidad de cada accesorio, generando un costo total por la sarta de descarga de **C$42,822.01** y un costo por manzana de **C$9,958.61**.

Tabla 17

Costo y presupuesto de la sarta de descarga

PROYECTO DE DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO

ÁREA DE RIEGO 4.3 MZ-3.03 HA FINCA "RANCHO SOTELO"

CAUDAL 85.47 g/m **UBICACIÓN** TIPITAPA MANAGUA

LISTA DE MATERIALES PARA EL DISEÑO DE RIEGO POR GOTEO

II. SARTA DE DESCARGA

NÚMERO	CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNI	COSTO TOTAL
1	2	UNIDAD	MANÓMETRO DE GLICERINA DE 0-6 BAR	C$652.17	C$1,304.34
2	2	UNIDAD	VÁLVULA DE AIRE TRIPLE EFECTO DE 1"	C$2,196.00	C$4,392.00
3	1	UNIDAD	VÁLVULA GAVETA GENEBRE DE 2"	C$1,903.67	C$1,903.67
4	1	UNIDAD	FILTRO DE HIDROCICLÓN YAMIT DE 2"	C$9,730.43	C$9,730.43
5	1	UNIDAD	FILTRO DE ANILLO AZUD DE 2"	C$1,608.73	C$1,608.73
6	1	UNIDAD	CAUDALIMETRO GENEBRE 2"	C$14,034.12	C$14,034.12
7	1	UNIDAD	VÁLVULA CHECK HORIZONTAL GENEBRE DE 2"	C$2,167.84	C$2,167.84
8	8	UNIDAD	FLANGE PVC DE 2” DE 4 HORIFICIOS	C$196.62	C$1,572.96
9	32	UNIDAD	PERNOS DE 5/8X6"+TUERCAS+ ARANDELA PLANA+ARANDELA DE LA PRESIÓN	C$139.13	C$4,452.16
10	8	UNIDAD	EMPAQUE DE HULE DE 2"	C$24.35	C$194.80
11	3	UNIDAD	CODO LISO PVC PRES (2”) X90 BL	C$69.66	C$208.98
12	2	UNIDAD	CODO LISO PVC PRES (2”) X45 BL	C$47.06	C$94.12
13	2	UNIDAD	ADAPTADOR MACHO PVC PRESS (2") BL	C$34.61	C$69.22
14	2	UNIDAD	TUBO PVC 2" X 6m SDR 26	C$544.32	C$1,088.64
			COSTO TOTAL DE SARTA DE DESCARGA	**SUB TOTAL**	**C$42,822.01**
			COSTO TOTAL POR MANZANA	**TOTAL**	**C$9,958.61**

Nota. Elaboración propia.

7.7.3. Tubería PVC

En el diseño de sistema de riego por goteo se calculó la cantidad de tubos para red de conducción y tubería de manifold:

- ✓ **Tubería de conducción PVC con lavados.**

$$\sum = Tuberia\ de\ 2"\ =\ 444.3m$$

$$\text{Nº de tubos} = \frac{447.51mts}{5.8mts} = 77.15 = 78\ tubos$$

- ✓ **Tubería de manifold PVC con lavados.**

$$\sum = Tuberia\ de\ 1\ 1/2"\ = 336.43\ m$$

$$\text{Nº de tubos} = \frac{340.14mts}{5.8mts} =\ 58.64m = 59\ tubos$$

La tubería PVC tiene como longitud 6 m el cual 20 cm son de campana, teniendo 5.8 m de longitud de tubería utilizables, dándonos 78 tubos de 2", además, se agregó 24 m de tubería para la instalación de 8 caballete, recordando que por cada turno se instala un 1 caballete, teniendo un total así de 82 tubos de 2" y 59 tubos de 1 1/2", la tubería de polietileno se consideró teniendo un metro de tubería por cada surco, teniendo una zanja de 0.70 metros. Teniendo así de sobra para la manipulación de este. Por lo que en la Tabla 18, se presenta el costo total en tubería PVC de **C$ 48,413.27** y un costo por manzana de **C$ 11,258.90.**

Tabla 18

Costo y presupuesto de la tubería PVC

PROYECTO DE DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO

ÁREA DE RIEGO 4.3 MZ-3.03 HA FINCA "RANCHO SOTELO"

CAUDAL 85.47 g/m **UBICACIÓN** TIPITAPA MANAGUA

LISTA DE MATERIALES PARA EL DISEÑO DE RIEGO POR GOTEO

III.TUBERIA PVC

NÚMERO	CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNI	COSTO TOTAL
1	82	UNIDAD	TUBO PVC 2" X 6m SDR 41	C$390.00	C$31,980.00
2	59	UNIDAD	TUBO PVC 1 1/2" X 6m SDR 41	C$278.53	C$16,433.27
			COSTO TOTAL DE TUBERÍA PVC	**SUB TOTAL**	**C$48,413.27**
			COSTO TOTAL POR MANZANA	**TOTAL**	**C$11,258.90**

Nota. Elaboración propia.

7.7.4. Accesorios de riego

Los accesorios que se instalaran en el sistema de riego son T, adaptadores hembras y macho, reductores, válvulas de bola, codo liso, teflón y pegamento PVC; como se muestra en la Tabla 19, se obtuvo un costo total de por accesorios de riego de **C$10,643.08** y un costo por manzana de **C$2,475.13.**

Tabla 19

Listado de accesorios de riego

PROYECTO DE DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO

ÁREA DE RIEGO 4.3 MZ-3.03 HA FINCA "RANCHO SOTELO"

CAUDAL 85.47 g/m **UBICACIÓN** TIPITAPA MANAGUA

LISTA DE MATERIALES PARA EL DISEÑO DE RIEGO POR GOTEO

IV.ACCESORIOS DE RIEGO

NÚMERO	CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNI	COSTO TOTAL
1	28	UNIDAD	TE LISA PVC PRES (2") BL	C$66.96	C$1,874.88
2	10	UNIDAD	RED LI PVC PRES 100MM (2”) X (1") B	C$43.07	C$430.70
3	10	UNIDAD	ADAPTADOR HEMBRA PVC PRES (1")	C$24.97	C$249.70
4	16	UNIDAD	ADAPTADOR MACHO PVC PRESS (2")	C$34.61	C$553.76
5	9	UNIDAD	CODO LISO PVC PRES (2”) X90 BL	C$69.66	C$626.94
6	14	UNIDAD	RED LI PVC PRES (2”) X (1 1/2") BL	C$41.22	C$577.08
7	2	UNIDAD	VÁLVULA BOLA LISA PVC 2"	C$300.00	C$600.00
8	14	UNIDAD	VÁLVULA BOLA LISA PVC 1 1/2"	C$284.36	C$3,981.04
9	6	UNIDAD	CODO LISO PVC PRES (2”) X45 BL	C$47.06	C$282.36
10	14	UNIDAD	CODO LISO PVC PRES (1 1/2”) X45 B	C$44.93	C$629.02
11	1	UNIDAD	TEFLON 30M 3/4	C$51.00	C$51.00
12	1	UNIDAD	PEGAMENTO PVC 1/4 GAL	C$786.60	C$786.60
			COSTO TOTAL DE ACCESORIOS	**SUB TOTAL**	**C$10,643.08**
			COSTO TOTAL POR MANZANA	**TOTAL**	**C$2,475.13**

Nota. Elaboración propia.

7.7.5. Costos de instalación y transporte

Para determinar el costo de instalación se tomaron como referencia los costos de mercado actuales de los sistemas de riego por goteo, lo cual consta de un instalador con experiencia que realizará las actividades de estaquillado, pegado de tubería y accesorios PVC, como instalación del sistema de riego por goteo, tirado de cinta de goteo, colocación de conectores, lavado de tubería, calibración de válvulas y puesta de marcha del sistema de riego, además se incluye la supervisión de un ingeniero supervisor y el instalador (maestro de obras) que cuenta con 2 operarios.

El costo de transporte se determinó mediante el costo de transporte de un camión de 12 toneladas el cual trasportara los materiales desde managua a la comarca santa lucia, en el municipio de Tipitapa, se agrega el transporte del instalador, ayudantes e ingeniero supervisor. Para el presupuesto se consideró un margen del 10% del costo total de instalación, este valor será utilizado en caso de imprevistos, accesorios no incluidos en los costos. Como se aprecia en la Tabla 21 se calculó un costo total en instalación y transporte de **C$ 21,798.96.**

Tabla 20

Costos de instalación y transporte.

PROYECTO DE DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO

ÁREA DE RIEGO 4.3 MZ-3.03 HA FINCA "RANCHO SOTELO"

CAUDAL 85.47 g/m **UBICACIÓN** TIPITAPA MANAGUA

LISTA DE MATERIALES PARA EL DISEÑO DE RIEGO POR GOTEO

V.COSTOS DE INTALACIÓN

NÚMERO	CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNI	COSTO TOTAL
1	3.03	ha	INSTALACIÓN Y MANO DE OBRA	C$4,392.00	C$13,307.76
2	1	–	TRANSPORTE DE MATERIAL Y MOVIMIENTO DEL PERSONAL	C$7,320.00	C$7,320.00
3	1	DIAS	IMPREVISTO (10%)	C$1,171.20	C$1,171.20
			COSTO TOTAL DE INTALACIÓN	**SUB TOTAL**	**C$21,798.96**
			COSTO TOTAL DEL SISTEMA DE RIEGO	**TOTAL**	**C$213,801.99**
				TOTAL	**$5,841.58**
				IVA 15% $	**$876.24**
				TOTAL+ IVA	**$6,717.82**

Nota. Elaboración propia.

VIII. CONCLUSIONES

En este trabajo se diseñó un sistema de riego por goteo del cultivo de melón (*Cucumis Melo L.*) en la finca Rancho Sotelo en el municipio de Tipitapa del departamento de Managua, obteniéndose resultados esperados en el alcance de cada uno de los objetivos propuestos, por lo que se concluye lo siguiente:

Se determinó un tipo de suelo con textura franco-arcilloso, en base a este resultado se eligió una separación entre emisor de 0.20 m entre sí, lo cual garantiza una franja humedad en todo el surco para este tipo de suelo; además se delimitó el área de estudio, resultando un área de 4.3 mz, presentando una pendiente de 0.95% siendo cercano a nivel según la evaluación de las curvas de nivel para determinar que el punto crítico está a favor con respecto a la ubicación del equipo de bombeo.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el diseño agronómico, se obtuvo una demanda hídrica de 7.8 mm/día la cual será aplicada en un tiempo de riego de 1 hora con 40 minutos por turno, teniendo en total de 8 turnos de riego en toda el área dando como resultado una jornada de 13.13 horas con una frecuencia de riego diaria, en base a esta información se realizó el diseño geométrico, para obtener el dimensionamiento de los turnos y su red hidráulica, así mismo, se calculó el diseño hidráulico, respetando parámetros y criterios hidráulicos, obteniéndose una CTD de 40.7 m.c.a. Este valor fue requerido para que cumpla con las características operativas del equipo de bombeo existente en la finca.

Según el diseño agronómico, geométrico e hidráulico se determinó la lista de materiales a utilizar en el proyecto con el fin de calcular el costo total para su ejecución; dando como resultado una inversión total de **$6,717.82 (Seis mil setecientos diecisiete con 82/100 dólares americanos)** y **$1,562.28 (Mil quinientos sesenta y dos con 28/100 dólares americanos)** por mz. En conclusión, este presupuesto es el óptimo para desarrollar el sistema de riego por goteo para el cultivo de melón en un área de **4.3 mz** ya que estos valores fueron

determinados en base a estudios climáticos, físicos del suelo, topográficos e hidráulicos lo cual dio como resultado el costo más viable para el inversionista.

IX. RECOMENDACIONES

- Se sugiere al propietario de la finca, implementar la propuesta de diseño, dado que actualmente el área de siembra es regada en 5 turnos, con un tiempo de riego de 30 minutos por cada turno diario en temporada de secano, además la estructura es obsoleta. Con el proyecto de diseño que se propone, se garantiza la demanda hídrica diaria de la planta, dividiendo el área en 8 turnos de riego con un tiempo de riego por turno de 1 hora y 40 minutos, regándose diariamente, dado que esta propuesta se llevó a cabo con criterios y parámetros de diseño que permiten una mejor eficiencia y funcionamiento del sistema de riego.

- Se aconseja al propietario, realizar estudios de laboratorio a su fuente de abastecimiento, cumpliendo con los criterios que establece la Norma de Calidad de Agua CAPRE.

X. BIBLIOGRAFIA

Agrícolas, S. (25 de mayo de 2024). *Servicios Agrícolas*. Obtenido de https://servicios-agricolas.com/blog/calicata-en-agricultura/

AGRIZEN, S.A. (2025). *AGRIZEN, S.A.* Obtenido de AGRIZEN, S.A.

AGRO, M. (2023). Obtenido de https://mundoagro.cl/propiedades-fisicas-hidricas-del-suelo-y-los-efectos-e-interacciones-con-las-comunidades-microbianas/

Aguamarket . (2025). Obtenido de https://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=6467&termino=Construcci%F3n+Sistemas+de+Riego

Alegret Breña, E., & Martínez Valdés, Y. (Septiembre de 2019). *Coweficiente de Hazen Williams en funcion del numero de Reynolds y la rugosidad relativa*. Obtenido de GALE ONEFILE: https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA612580282&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=16800338&p=IFME&sw=w&cookieConsent=true&analyticsOptout=false&userGroupName=anon%7E56f2ef50&aty=open-web-entry

Axayacatl, O. (10 de Julio de 2024). *Blog Agricultura .* Obtenido de https://blogagricultura.com/etapas-fenologicas-melon/

AZUD. (3 de FEBRERO de 2025). Obtenido de https://azud.com/producto/azud-modular-100/

Blog Tarazina Agrosolutions . (19 de Septiembre de 2023). *Cómo realizar la fertilizacion en melon* . Obtenido de Blog Tarazina Agrosolutions : https://tarazonaagrosolutions.com/blog/guias-de-cultivos/como-realizar-fertilizacion-melon/

Burbano, L. R., Puentes, G., & Guerrero, H. B. (1999). *Revista de Ciencias Agrícolas .* Obtenido de file:///C:/Users/LENOVO%20T470/Downloads/Dialnet-

ImportanciaDeLosParametrosHidrofisicosDelSueloYReq-6191459%20(3).pdf

Campos, S. G. (Febrero de 2018). *UNA.* Obtenido de https://repositorio.una.edu.ni/3661/1/tnh10t315.pdf

Chow, J. L. (2021). Obtenido de https://www.riego.elesteliano.com/ayuda/Fto3_Diseno_de_tuberias.htm

Cifuentes, J. G. (Diciembre de 2010). *Determinación de niveles económicos óptimos.* Obtenido de Zamorano: https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/691e97b1-3aed-469d-bcc4-74fa31d365da/content

Citi, S. (16 de Octubre de 2023). *Citi, S.A.* Obtenido de https://citi-sa.com/el-aforo-de-pozos-la-clave-para-garantizarte-la-calidad-del-agua/

Conexión san. (16 de Junio de 2016). *Conexion Esa*. Obtenido de https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/costos-de-inversion-y-de-operacion-en-la-formulacion-de-un-proyecto

Crawford, H. (2017). *Manual del manejo agronomico del cultivo de melón.* Obtenido de https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/31b3c0b0-cc45-45d6-a970-2609d405fc25/content

CROPWAT. (s.f.). CROPWAT.

Cruz, F., Rodríguez, J., & Munguia, V. (2019). Quinto Congreso Nacional de riego y drenaje. *AURPAES, S.C*, 02.

CSR-laboratorio. (2015). *Muestreo de Suelo mediante Calicata* . Obtenido de https://csrlaboratorio.es/laboratorio/agricultura/suelos-agricolas/muestreo-de-suelo-mediante-calicata-con-maquina/#:~:text=Qu%C3%A9%20es%20una%20calicata,de%20estudio%20sobre%20dicho%20terreno.

Datum, S. (2020). Obtenido de https://datum-sl.com/importancia-de-la-topografia-en-la-planificacion-de-riego-en-la-agricultura/

DURMAN. (2025). *DURMAN.*

Earth, S. G. (2024).

FAO. (2000). *Evapotranspiracion del cultivo.* Obtenido de FAO: https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/f3660258-d07f-487e-b3c1-01661c83cb16/content

FAO. (2012). Obtenido de https://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s06.htm#:~:text=La%20textura%20indica%20el%20contenido,el%20suelo%20y%20lo%20atraviesa.

FAO. (2019). Obtenido de https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/NTF-19-024-Que-es-el-pH-del-suelo-y-para-que-nos-sirve.pdf

FAO. (2020). *Manejo del suelo afectados por la salinidad*. Obtenido de FAO: https://www.fao.org/soils-portal/soil-management/manejo-de-suelos-problematicos/suelos-afectados-por-salinidad/es/

FAO. (2010). Obtenido de Humedad en el suelo: https://www.fao.org/3/y4690s/y4690s02.htm#:~:text=Capacidad%20de%20campo%20%2D%20se%20refiere,de%2048%20horas%20de%20drenaje.

Ferre, F. C. (2020). *El cultivo de melón.* Recuperado el Abril de 2025, de Universidad de San Cralos Guatemala: https://es.scribd.com/document/631454584/6-2-Melon-Guate

FESMEX. (21 de Febrero de 2024). *FESMEX*. Obtenido de https://www.fesmex.com.mx/article/flujo-y-la-carga-dinamica-total-en-bombas-de-agua-claves-para-una-eficiencia-optima/

Fornaris, G. J. (2001). *Caracteriticas de la planta .* Universidad de Puerto Rico .

FRANKLIN ELECTRI. (28 de MAYO de 2025). Obtenido de LATINOAMERICA: https://franklinagua.com/productos/ii-sumergible/bombas-sumergibles/serie-sr.aspx

García, A., Flores, E., & Catón, J. (31 de Mayo de 2023). *Diseño de un sistema de riego localizado, para los cultivos de platano variedad cuerno enano, chiltoma criolla de tres cantos y naranjas valencia, en la finca la carbonera, ubicada en el municipio de nindirí, departamento rivas .* Obtenido de file:///C:/Users/LENOVO%20T470/OneDrive/Documentos/TESIS%20TRABAJO/16697.pdf

García, G. B. (Marzo de 2022). *Diseño e instalación del riego por asperisón en el cultivo de guayaba .* Obtenido de https://repositorio.una.edu.ni/4545/

García, G. I. (marzo de 2022). *Diseño e instalación de riego por aspersión en el cultivo de guayaba, UNA, 2021*. Obtenido de https://repositorio.una.edu.ni/4545/1/tnf06b423.pdf

GENEBRE. (3 de FEBRERO de 2025). Obtenido de https://www.genebre.es/contador-de-agua-tipo-woltmann-con-bridas-din

GESTIRIEGO. (2016). Diseño agronómico.

Gómez, M. (26 de Abril de 2023). *SOLVO, C.A.* Obtenido de https://www.solvoca.com/post/p%C3%A9rdidas-por-fricci%C3%B3n-en-upvc

Gutiérrez, A. (2010). *La densidad en suelos forestales* . Obtenido de https://digital.csic.es/bitstream/10261/57951/1/La%20densidad%20aparente%20en%20suelos%20forestales%20.pdf

IIntriago, A. Y., López, L. L., & Tenorio, B. V. (Enero de 2025). *Revista científica de ingeniería, industria y arquitectura .* Obtenido de file:///C:/Users/LENOVO%20T470/Downloads/1092-Texto%20del%20art%C3%ADculo-5522-1-10-20250124.pdf

INATEC. (Enero de 2018). *Manual de cultivos de frutales.* Obtenido de https://www.tecnacional.edu.ni/media/Cultivos_de_frutales.compressed.pdf

INETER. (2015). *INETER*. Obtenido de https://cambioclimatico.ineter.gob.ni/impacto.html#:~:text=Cada%20evento%20de%20El%20Ni%C3%B1o,las%20severas%20inundaciones%20en%20gran

Ingebio. (23 de Octubre de 2023). *Qué es la frecuencia de riego*. Obtenido de Ingebio Ingeniería de riego: https://ingebio.cl/que-es-la-frecuencia-de-riego/#:~:text=La%20frecuencia%20de%20riego%20se,y%20la%20estaci%C3%B3n%20del%20a%C3%B1o.

INTAGRI. (s.f.). Obtenido de https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/importancia-de-la-evaluacion-de-la-eficiencia-de-los-sistemas-de-riego

INTAGRI. (2015). *Sistema de Riego por Goteo.* Obtenido de https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/sistema-de-riego-por-goteo

INTAGRI. (2017). Obtenido de https://www.intagri.com/articulos/suelos/propiedades-fisicas-del-suelo-y-el-crecimiento-de-las-plantas

Irritec. (2024). *Irritec dont wait for rain*. Obtenido de https://irritec.es/cultivos/riego-por-goteo-de-melon/

Jiménez, S., & Rámirez, C. (17 de Octubre de 2020). *IV Congreso Nacional De Riego y Drenaje* . Obtenido de Diseño Hidraúlico de tuberías con sálidas múltiples mediante métodos numéricos: https://www.riego.mx/congresos/comeii2018/assets/ponencias/presentacion/18057.pdf

Kumaragamage, D., Warren, J., & Spiers, G. (2016). *Libretxt*. Obtenido de https://espanol.libretexts.org/Geociencias/Ciencia_del_Suelo/Excavando_

en_suelos_canadienses%3A_una_introducci%C3%B3n_a_la_ciencia_del_suelo/01%3A_Excavando/1.05%3A_Qu%C3%ADmica_del_Suelo

Marcenaro, I. S., Jarquín, J. R., & Ortega, G. (Abril de 2023). *UNA*. Obtenido de UNA: https://repositorio.una.edu.ni/4715/1/RENP40U58.pdf

MEFCCA. (23 de Abril de 2024). *Cultivo de melón*. Obtenido de https://www.economiafabrululiliar.gob.ni/backend/vistas/doc/cartilla/documento6898579.pdf

Mendoza, R., & Espinoza, A. (Agosto de 2017). *UNA*. Obtenido de UNA: https://repositorio.una.edu.ni/3613/1/P33M539.pdf

NAANDANJAIN. (2020).

NOVAGRIC. (2015). *NOVAGRIC.* Obtenido de https://novagric.com/riego/material-de-riego-agricola/

PADILLA DUARTE, E. C. (2019). *GUIA DE PRACTICAS DE LABORATORIO DE FUNDAMENTOS DEL SUELO.*

Padilla, E. (2019). *GUIA DE PRACTICAS DE LABORATORIO DE FUNDAMENTOS DEL SUELO.* Obtenido de Universidad Nacional de Ingenieria.

Palacios, H. R. (1996). *Aspectos básicos del riego.* Obtenido de PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO: https://repository.agrosavia.co/items/bd50036a-76b2-4b30-b932-5276d6aa8a87

Piqueras, V. Y. (Diciembre de 2022). *Universida Policténica de Valencia* . Obtenido de El método de Hazen-Williams es muy empleado, pues es una fórmula empírica sencilla, dimensional, siendo su cálculo simple, para el diseño y análisis de sistemas de agua, debido a que su coeficiente de rugosidad C no depende de la velocidad ni del diámetro

Power and wells. (2023). *Tipos de pozos de agua.* Obtenido de https://powerandwells.com/tipos-de-pozos-de-agua-cual-es-el-adecuado-para-tu-finca/

PRAKOR. (22 de Febrero de 2019). *Componentes de un sistema de riego localizado*. Obtenido de PRAKOR: https://prakor.com/wp-content/uploads/2019/02/blog_esquema-componentes-de-un-sistema-de-riego-embalse-y-cabezal.jpg

Predictiva, & 21. (26 de Agosto de 2021). *La revista digital de Mantenimiento, Confiabilidad y Gestión de Activos.* Obtenido de https://predictiva21.com/3-3-potencia-eficiencia-bombas-centrifugas

Rieggo. (22 de Junio de 2022). *Rieggo*. Obtenido de Sistema de rieo por goteo: https://rieggo.com/blog/que-es-un-sistema-de-riego-por-goteo-y-sus-beneficios/

Rosello, L., Panduro, J., Madrid, A., & Ríos, P. (2017). *Aspectos hidraúlicos en el diseño de tuberías.* Obtenido de SCRIBD: https://es.scribd.com/document/651345089/Aspectos-Hidraulicos-en-el-Diseno-de-Tuberias

Route, S. (15 de Octubre de 2023). Obtenido de https://simpliroute.com/es/blog/costos-de-transporte

SAB. (2021). *Riego por goteo del Malón.* Obtenido de https://www.sabspa.com/wp-content/uploads/2021/09/riego-por-goteo-del-melon.pdf

SAG. (2005). *Guías tecnológicas de frutas y vegetales.* Obtenido de https://es.scribd.com/document/524873307/V2OK-GUI-A-DIDA-CTICA-2021-TECNOLOGIA-FRUTAS-Y-VEGETALES-Recuperado-automaticamente-1

Sandoval, M. (21 de Noviembre de 2024). *POWER AND WELLS.* Obtenido de https://powerandwells.com/tipos-de-pozos-de-agua-cual-es-el-adecuado-para-tu-finca/

Sembrano, D. C., & Echevarria, S. M. (Noviembre de 2018). *Manual del cultivo de melón.* Obtenido de https://es.scribd.com/document/417160469/MANUAL-DE-CULTIVO-DE-MELON-docx

SINSA. (2023). *SINSA* . Obtenido de https://www.sinsa.com.ni/tuberia-sanitaria/tubo-pvc-sanitario-6mts-sdr-41-2-100psi/producto/100975876_100975913#:~:text=Con%20una%20presi%C3%B3n%20m%C3%A1xima%20de,seguro%20de%20l%C3%ADquidos%20y%20desechos

Sneh, M. (2006). *El riego por goteo.* Obtenido de CINADCO: https://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/2937/ANA0001547.pdf?sequence=1&isAllowed=y

STOCK. (24 de Junio de 2020). *STOCK by getty images*. Obtenido de https://www.istockphoto.com/es/vector/planta-de-mel%C3%B3n-con-fruta-amarilla-madura-hojas-verdes-flores-y-sistema-radicular-gm1220401302-357341118

TRADESAFE. (02 de Abril de 2024). Obtenido de https://trdsf.com/es/blogs/news/instalacion-del-sistema-de-riego?srsltid=AfmBOooMQw6a7TU-UrpR4TFK2NUqy7YCXvTKF7yeYmSRx_u6ONM5toCJ

TRAXCO. (10 de octubre de 2010). Historia ancestral del riego agrícola. págs. https://www.traxco.es/blog/noticias-agricolas/historia-ancestral-del-riego.

TRAXCO. (09 de Marzo de 21019). Obtenido de https://www.traxco.es/blog/tecnologia-del-riego/aplicacion-del-riego

Tutoriales al día Ingeniería civil. (s.f.). Obtenido de https://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/

UNA. (Agosto de 2017). *GUÍA TÉCNICA PARA MUESTREO DE SUELOS.* Obtenido de https://repositorio.una.edu.ni/3613/1/P33M539.pdf

Universidad de los Llanos. (Noviembre de 2018). Obtenido de https://www.redalyc.org/journal/896/89660465002/html/

Valencia, U. P. (07 de Mayo de 2024). *Universidad Politévnica de Valencia*. Obtenido de Universidad Politévnica de Valencia: https://www.aramultimedia.com/ca/la-importancia-de-los-sistemas-de-riego-y-su-aporte-a-la-agricultura

YAMIT FILTRATION. (24 de septiembre de 2025). Obtenido de https://www.yamit-f.com/wp-content/uploads/2018/04/F700-Yamit-English-DS.pdf

Zamora, E. A. (Agosto de 2021). *UNI*. Obtenido de file:///C:/Users/LENOVO%20T470/Documents/TESIS%20TRABAJO/96006GOTEO.PDF

Zegarra, E., & Chririnos, O. (Julio de 2016). *Banco Interamericano de Desarrollo.* Obtenido de Diagnóstico sobre la situacion y potencial del sector de riego en Nicaragua: file:///C:/Users/LENOVO%20T470/Downloads/Diagn%C3%B3stico-sobre-la-situaci%C3%B3n-y-potencial-del-sector-riego-en-Nicaragua%20(2).pdf

XI. ANEXO

Anexo A. *Visita de campo*

Anexo A1. *Levantamiento técnico de campo*

DATOS TECNICOS DE CAMPO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
TECNICO	ERICK MIRANDA LETICIA JARQUÍN	
UBICACIÓN DE FINCA	TIPITAPA, MNAGUA	
ÁREA MZ	4.03	
FUENTE DE AGUA	POZO	
TIPO DE FUENTE DE AGUA	SUBTERRANEO	
EQUIPO DE BOMBEO	BOMBA	
PRESION DE DESCARGA EN PSI	63.99 PSI	
CAUDAL DEL EQUIPO DE BOMBEO	18.18 MCH	SE OBTUVO MEDIANTE AFORO DEL METODO VOLUMETRICO
NIVEL DINAMICO	8.9 MTS	
ENERGIA ELECTRICA	MONOFASICA	
POTENCIA DEL EQUIPO DE BOMBEO	5 HP	
CULTIVO	MELON	
DIRECCION DE SIEMBRA	NORTE A SUR	
SISTEMA DE RIEGO	GOTEO	
DESNIVEL	-2.5	
TIPO DE SUELO	FRANCO ARCILLOSO	

Nota. Elaboración propia.

Anexo A2. *Muestreo de suelo*



Nota. Tomado de la gira de campo a la Finca Rancho Sotelo por el método de la calicata. Elaboración propia.

Anexo A3. *Método del cilindro para determinar la densidad aparente*



Nota. Tomado de la gira de campo en la Finca Rancho Sotelo. Elaboración propia.

Anexo A4. *Prueba de infiltración por el método de porchet.*



Nota. Tomado de la visita de campo a la Finca Rancho Sotelo por el método de porchet. Elaboración propia.

Anexo A5. *Práctica de laboratorio por el método Bouyoucos*



Nota. Tomado de la práctica de laboratorio en la UNI - RUSB. Elaboración propia.

Anexo A6. *Aforo de pozo*

AFORO DE POZO		
LUGAR:	TIPITAPA	
NOMBRE DE FINCA:	RANCHO SOTELO	
COORDENADAS:	598179.74 m E	1357972.07 m N
ELEVACIÓN:	50 MNSM	
FECHA:	12/3/2025	
ND:	8.9MTS	
DIMENCIONES DEL BARRIL:	60CMX80CM	
VOLUMEN DE BARRIL:	226.19 LITROS	
TIEMPO DE LLENADO:	41.5 SEG	
CAUDAL:	86.39 GPM	

Lecturas	Tiempo (seg)
t1	42
t2	41
t3	40
t4	43
PROMEDIO	**41.5**

Nota. La tabla representa los datos recolectados de la gira de campo en la Finca Rancho Sotelo. Tomado del método volumétrico. Elaboración propia.

Anexo B. *Propiedades Edáficas*

Anexo B1. *Categorización del valor del PH*

	Rango	Categoría
pH en agua. Suspensión de 1:2.5	menor o igual a 4.5	Extremadamente ácido
	4.6 - 5.0	Muy Fuertemente ácido
	5.1 - 5.5	Fuertemente ácido
	5.6 - 5.9	Moderadamente ácido
	6.0 - 6.5	Ligeramente ácido
	6.6 – 7.3	Neutro
	7.4 – 7.8	Ligeramente alcalino
	7.9 – 8.4	Moderadamente alcalino
	8.5 – 9.0	Fuertemente alcalino
	Mayor a 9.0	Muy fuertemente Alcalino

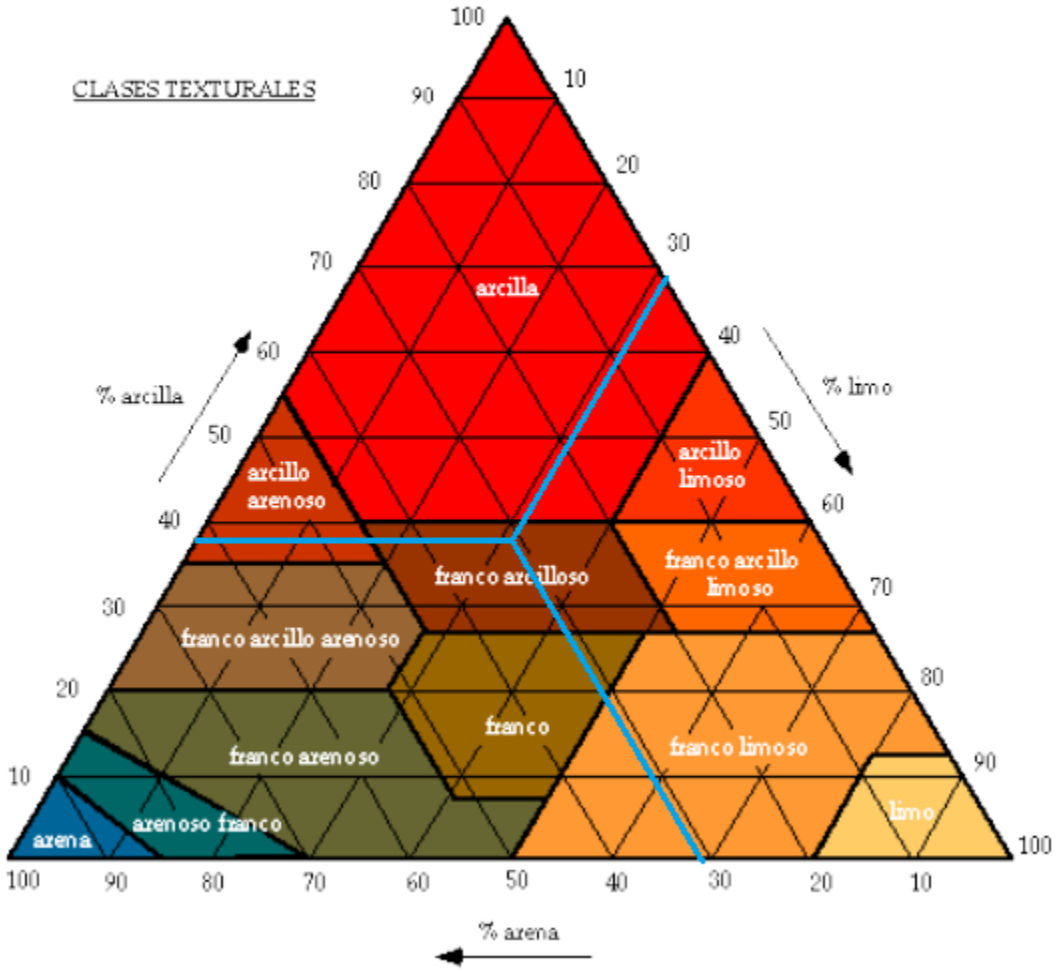
Nota. Adoptado de la Guía de laboratorios de fundamentos de suelo, (p.11), E.Padilla, 2019,Universidd Nacional de Ingeniería.

Anexo B2. *Clasificación de salinidad en el suelo y sus efectos en los cultivos*

Clasificación	Conductividad eléctrica	Descripción
No salino	< 1	Suelo libre de sales, no presenta restricciones para la mayoría de los cultivos.
Moderadamente salino	1-2	Suelos con CE entre 1 y 2 dS/m presentan una reducción de rendimiento en cultivos sensibles a la salinidad
Suelo salino	2-4	Puede limitar el crecimiento de muchos cultivos.
Muy salino	> 4	Restringe severamente el crecimiento de la mayoría de los cultivos.

Nota. Adaptado del Manejo del suelo afectados por la Salinidad, (p.15), por FAO, 2020.

Anexo B3. *Determinación de la clase textural encontrada en el área de estudio*



Nota. Tomado de la Guía de Laboratorio de fundamentos de suelos, (p.31), E. Padilla, 2019, *Universidad Nacional de Ingeniería.*

Anexo B4. *Evaluación de la densidad real*

Densidad Real ($^{gr}/_{cm^3}$)	Evaluación
2.35 $^{gr}/_{cm^3}$	Suelo con mucha materia orgánica.
2.68 $^{gr}/_{cm^3}$	Suelo representativo de minerales como los silicatos y el cuarzo, nivel normal de MO.
2.85 $^{gr}/_{cm^3}$	Suelo con minerales donde se ha acumulado cierta cantidad de hierro y aluminio.
2.96 $^{gr}/_{cm^3}$	Suelo con un grado de desarrollo avanzado donde hay predominio de hierro y aluminio y muy poca materia orgánica.

Nota. Adoptado de la *Guía de Laboratorio de fundamentos de suelos*, (p.21), E. Padilla, 2019, *Universidad Nacional de Ingeniería.*

Anexo B5. *Clasificación de la densidad aparente en los suelos*

Evaluación de la densidad aparente	***Porcentaje (%)***
Muy baja	< 1
Baja	1.0 – 1.2
Media	1.2 – 1.45
Alta	1.45 – 1.60
Muy alta	> 1.60

Nota. Adoptado de la Guía de Laboratorio de fundamentos de suelos, (p.16), Padilla, 2019, Universidad Nacional de Ingeniería.

Anexo B6. *Clasificación de la porosidad total*

Evaluación de la porosidad total	***Porcentaje (%)***
Muy alta	> 65
Alta	55 – 65
Media	45 – 55
Baja	40 – 45
Muy baja	< 40

Nota. Adaptado de la Guía de laboratorio de fudamentos de suelos, (16), E.Padilla, 2019, Universidad Nacional de Ingeniería.

Anexo B7. *Prueba de velocidad de infiltración*

Prueba de Infiltración, Porchet		X	598215		
Lugar: Finca Chavarría		Y	1357887		
Inicio	10:30:00	am			
Final	12:10:00	am			
Diámetro	20			**Ubicación**	Santa Lucia Tipitapa
Radio	10			**Textura:**	Franco-Arcilloso

Tiempo min	**Profundidad cm**	**R/2(T1-T2)**	**Ln((2h1+R)/(2h2+R)**	**Vel. Infiltración (cm/min)**	**Vel. Infiltración (cm/hra)**	**Vel. Infiltración (m/dia)**	**Vel. Infiltración (m/dia)**
0	33	0.25					
20	31	0.25	0.05	0.01	0.81	0.19	8.11
40	30	0.25	0.03	0.01	0.42	0.1	4.23
60	29	0.25	0.03	0.01	0.43	0.1	4.35
80	28.3	0.25	0.02	0.01	0.31	0.07	3.12
100	27.1	0.25	0.04	0.01	0.55	0.13	5.51
120	25.9						
				Promedio	0.51	0.12	5.06

Nota. Tomado de la calculadora del método de porchet. Elaboración propia.

Anexo B8. *Velocidad de infiltración básica*

Tipo de suelo	Infiltración básica (mm/hr.)
Arcilloso	1 - 5
Franco Arcilloso	5 - 10
Franco Limoso	10 - 20
Franco Arenoso	20 - 30
Arenoso	30 o más

Nota. Adoptado del documento Aportes básicos de riego, por Palacios, (1996).

Anexo C. *Datos meteorológicos*

Anexo C1. *Tabla de datos de humedad relativa*

NASA/POWER Source Native Resolution Monthly and Annual
Dates (month/day/year): 01/01/2012 through 12/31/2022 in LST
Location: Latitude 12.2819 Longitude -86.0968
Elevation from MERRA-2: Average for 0.5 x 0.625 degree lat/lon region = 260.79 meters
The value for missing source data that cannot be computed or is outside of the sources availability range: -999
Parameter(s):
RH2M MERRA-2 Relative Humidity at 2 Meters (%)

-END HEADER-

PARAMETER	YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
RH2M	2012	67.63	61.99	52.99	59.5	73.68	82.38	76.79	78.67	84.28	84.83	76.35	67.49	72.21
RH2M	2013	61.25	55.49	51.12	50.44	68.39	81.7	80.42	75.77	85.84	85.28	82.48	75.67	71.15
RH2M	2014	64.61	58.24	50.62	49.18	62.86	73.24	62.85	67.11	81.25	86.25	82.81	75.31	67.86
RH2M	2015	63.76	57.31	52.27	51.72	55.56	70.92	64.4	59.29	74.04	81.4	81.12	71.53	65.28
RH2M	2016	60.38	54.44	51.18	53.53	66.75	82.27	76.84	79.02	84.24	85.26	82.29	78.31	71.21
RH2M	2017	66.32	57.92	52.09	58.3	79.49	84.47	83.07	82.41	86.71	87.26	81.25	74.98	74.52
RH2M	2018	64.41	60.38	52.73	52.64	74.37	84.11	78.01	72.98	76.61	86.6	81.61	71.87	71.36
RH2M	2019	62.17	55.54	48.61	50.49	75	78.11	69.57	71.47	77.58	85.92	82	70.75	68.93
RH2M	2020	60.51	54.74	50.76	47.15	63.81	80.43	76.54	77.79	83.15	87.09	88.5	83.57	71.17
RH2M	2021	77.02	63.52	54.31	58.48	61.03	73.49	78.13	83.96	85.92	84.26	78.08	70.01	72.35
RH2M	2022	60.8	53.86	49.06	53.45	73.51	85.55	81.6	79.73	85.41	85.04	83.78	76.96	72.4

Nota. Tomado de (Data access viewer). Elaboración propia.

Anexo C2. *Tabla de datos de temperatura máxima*

NASA/POWER Source Native Resolution Monthly and Annual
Dates (month/day/year): 01/01/2012 through 12/31/2022 in LST
Location: Latitude 12.2819 Longitude -86.0968
Elevation from MERRA-2: Average for 0.5 x 0.625 degree lat/lon region = 260.79 meters
The value for missing source data that cannot be computed or is outside of the sources availability range: -999
Parameter(s):
T2M_MAX MERRA-2 Temperature at 2 Meters Maximum (C)

-END HEADER-

PARAMETER	YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
T2M_MAX	2012	32.63	34.52	38.34	38.3	36.52	32.01	32.79	33.63	30.69	31.15	31.35	34.54	38.34
T2M_MAX	2013	34.97	37.18	38.67	38.9	36.81	32.58	31.93	34.09	31.22	30.17	30.57	32.11	38.9
T2M_MAX	2014	33.66	37.02	37.57	39.4	36.91	35.24	36.67	36.93	32.27	30.56	30.32	32.8	39.4
T2M_MAX	2015	33.43	36.79	37.98	38.96	37.64	35.37	36.51	38.16	35.56	33.58	31.5	34.22	38.96
T2M_MAX	2016	36.59	37.44	38.34	39.3	39.16	32	33.83	33.96	30.97	31.07	30.49	30.93	39.3
T2M_MAX	2017	35.3	36.33	37.08	38.84	33.92	33.24	31.2	32.19	31.51	30.78	30.4	31.37	38.84
T2M_MAX	2018	33.5	34.3	38.15	38.38	38	30.88	33.18	34.68	34.44	31.55	31.17	32.53	38.38
T2M_MAX	2019	35.07	37.31	37.06	39.46	38.29	33.23	36.25	35.85	35.93	30.59	31.43	33.97	39.46
T2M_MAX	2020	36.2	37.24	38.3	40.21	39.1	34.63	35.32	35.9	33.56	30.38	30.38	29.64	40.21
T2M_MAX	2021	31.31	35.52	37.72	38.13	37.19	38.35	34.02	32.99	30.47	31.28	31.7	33.51	38.35
T2M_MAX	2022	34.71	35.99	38.25	39.6	37.39	30.71	31.76	32.5	30.88	30.6	30.86	32.3	39.6

Nota. Tomado de (Data access viewer). Elaboración propia

Anexo C3. *Tabla de datos de temperatura mínima*

NASA/POWER Source Native Resolution Monthly and Annual
Dates (month/day/year): 01/01/2012 through 12/31/2022 in LST
Location: Latitude 12.2819 Longitude -86.0968
Elevation from MERRA-2: Average for 0.5 x 0.625 degree lat/lon region = 260.79 meters
The value for missing source data that cannot be computed or is outside of the sources availability range: -999
Parameter(s):
T2M_MIN MERRA-2 Temperature at 2 Meters Minimum (C)

-END HEADER-

PARAMETER	YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
T2M_MIN	2012	17.13	19.02	19.82	20.93	21.88	20.91	21.44	21.11	20.16	20.34	17.08	18.35	17.08
T2M_MIN	2013	19.82	19.81	18.68	22.76	21.37	20.86	20.75	20.87	21.41	20.99	20.28	17.82	17.82
T2M_MIN	2014	19.01	19.47	20.73	20.88	21.61	21.45	21.08	21.77	20.5	20.87	19.01	17.61	17.61
T2M_MIN	2015	18.66	19.4	21.26	22.09	23.29	22.59	22.67	22.56	22.43	22.35	18.5	20.36	18.5
T2M_MIN	2016	19.38	20.61	20.63	22.5	22.23	21.44	20.75	22.42	21.36	20.19	17.48	18.83	17.48
T2M_MIN	2017	19	18.59	21.52	22.18	22.09	21.43	20.47	21.06	22.57	21.66	18.21	17.55	17.55
T2M_MIN	2018	18.83	19.63	18.22	22.17	22.8	21.67	21.45	21.92	21.18	20.67	20.52	18.52	18.22
T2M_MIN	2019	19.12	20.4	20.83	21.95	22.35	21.1	21.39	21.92	21.63	21.06	19.84	19.01	19.01
T2M_MIN	2020	20.02	21.05	21.38	22.73	22.21	20.85	20.72	21.51	21.1	20.91	20.76	17.81	17.81
T2M_MIN	2021	18.59	17.82	19.37	21.29	22.07	21.71	21.1	21.12	21.3	22.24	19.59	19.38	17.82
T2M_MIN	2022	18.78	19.66	21.38	22.97	22.61	20.98	21.54	20.58	21.67	20.24	20.11	18.77	18.77

Nota. Tomado de (Data access viewer). Elaboración propia

Anexo C4. *Tabla de datos de velocidad del viento*

NASA/POWER Source Native Resolution Monthly and Annual
Dates (month/day/year): 01/01/2012 through 12/31/2022 in LST
Location: Latitude 12.2819 Longitude -86.0968
Elevation from MERRA-2: Average for 0.5 x 0.625 degree lat/lon region = 260.79 meters
The value for missing source data that cannot be computed or is outside of the sources availability range: -999
Parameter(s):
WS2M MERRA-2 Wind Speed at 2 Meters (m/s)

-END HEADER-

PARAMETER	YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
WS2M	2012	4.13	4.36	4.79	2.35	1.97	1.99	3.53	2.19	2.31	1.74	3.05	3.23	2.97
WS2M	2013	4.41	3.91	4.01	3.38	2.45	2.3	2.77	2.62	1.39	1.84	2.2	3.26	2.88
WS2M	2014	4.02	4.09	3.94	3.84	2.84	3.03	4.3	2.81	2.03	1.74	2.75	3.34	3.23
WS2M	2015	4.6	4.19	4.71	4.07	3.82	3.32	3.9	3.63	2.43	1.71	2.32	3.24	3.5
WS2M	2016	3.32	4.76	3.88	3.03	2.5	2.33	3.32	2.35	2.09	1.69	2.1	3.19	2.88
WS2M	2017	3.88	3.78	4.39	3.2	1.9	1.94	3.01	2.1	1.6	1.9	2.14	3.64	2.79
WS2M	2018	4.12	5.07	4.47	3.46	1.89	2.55	3.58	3.53	2.33	2.23	2.72	3.69	3.3
WS2M	2019	4	4.08	4.48	3.63	2.46	3.01	3.68	2.81	2.15	1.65	2.65	3.18	3.15
WS2M	2020	3.96	4.31	4.66	3.3	2.45	2.69	2.83	2.69	1.5	1.79	2.58	2.95	2.98
WS2M	2021	3.53	3.8	4.39	3.44	3.45	2.42	3.05	2.19	1.94	1.76	2.86	3.45	3.02
WS2M	2022	3.8	4.27	4.01	3.02	1.89	2.24	3.05	2.5	1.56	1.86	2.08	3.29	2.8

Nota. Tomado de (Data access viewer), por elaboración propia.

Anexo C5. *Tabla de irradiación solar ultravioleta anual*

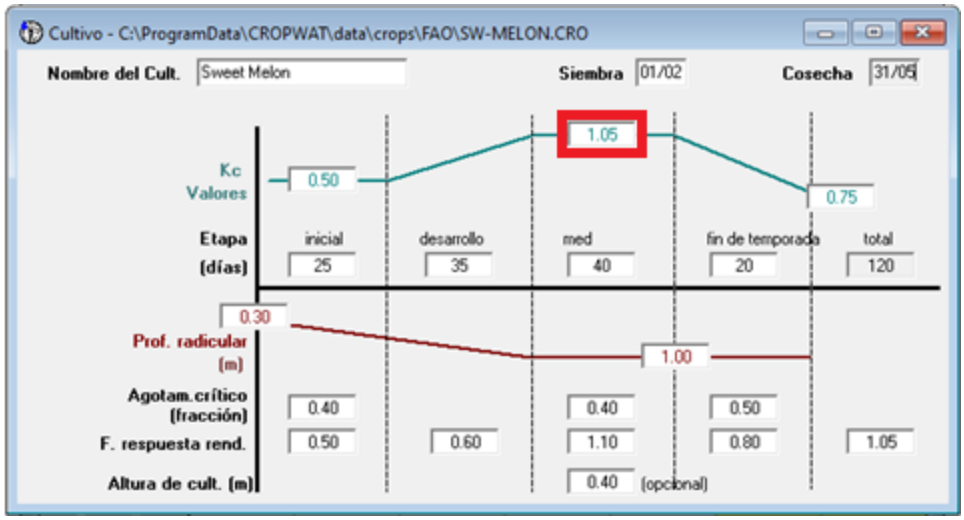
NASA/POWER Source Native Resolution Monthly and Annual
Dates (month/day/year): 01/01/2012 through 12/31/2022 in LST
Location: Latitude 12.28 Longitude -86.1
Elevation from MERRA-2: Average for 0.5 x 0.625 degree lat/lon region = 260.79 meters
The value for missing source data that cannot be computed or is outside of the sources availability range: -999
Parameter(s):
ALLSKY_SFC_UVA CERES SYN1deg All Sky Surface UVA Irradiance (MJ/m^2/day)

-END HEADER-

PARAMETER	YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANN
ALLSKY_SFC_UVA	2012	1.14	1.24	1.49	1.35	1.24	1.25	1.31	1.36	1.33	1.25	1.24	1.16	1.28
ALLSKY_SFC_UVA	2013	1.15	1.35	1.41	1.33	1.2	1.16	1.3	1.24	1.23	1.25	1.19	1.11	1.24
ALLSKY_SFC_UVA	2014	1.17	1.31	1.47	1.46	1.28	1.25	1.35	1.31	1.31	1.18	1.14	1.17	1.28
ALLSKY_SFC_UVA	2015	1.19	1.34	1.43	1.41	1.25	1.27	1.23	1.35	1.26	1.22	1.22	1.13	1.27
ALLSKY_SFC_UVA	2016	1.24	1.37	1.41	1.29	1.27	1.26	1.28	1.24	1.35	1.23	1.15	1.07	1.26
ALLSKY_SFC_UVA	2017	1.21	1.32	1.41	1.38	1.28	1.2	1.19	1.35	1.2	1.15	1.23	1.09	1.25
ALLSKY_SFC_UVA	2018	1.17	1.33	1.48	1.42	1.15	1.27	1.32	1.24	1.34	1.1	1.25	1.17	1.27
ALLSKY_SFC_UVA	2019	1.24	1.35	1.51	1.42	1.14	1.38	1.38	1.33	1.34	1.24	1.24	1.16	1.31
ALLSKY_SFC_UVA	2020	1.21	1.34	1.49	1.47	1.21	1.24	1.27	1.26	1.39	1.19	1	1.14	1.27
ALLSKY_SFC_UVA	2021	1.15	1.32	1.46	1.41	1.4	1.25	1.36	1.38	1.36	1.29	1.22	1.13	1.31
ALLSKY_SFC_UVA	2022	1.21	1.33	1.41	1.41	1.28	1.16	1.3	1.26	1.17	1.29	1.11	1.15	1.26

Nota. Tomado de (Data access viewer), por elaboración propia.

Anexo C6. *Datos de kc del cultivo por el método de Penman Montheith*



Nota. Tomado de (CROPWAT), por elaboración propia.

Anexo D. *Levantamiento topográfico*

Anexo D1. *Clasificación de la pendiente*

Descripción	%
Plano	0–0,2
Nivel	0,2–0,5
Cercano al nivel	0,5–1,0
Muy ligeramente inclinado	1,0–2,0
Ligeramente inclinado	2–5
Inclinado	5–10
Fuertemente inclinado	10–15
Moderadamente escarpado	15–30
Escarpado	30–60
Muy escarpado	> 60

Nota.Adaptado de la Guía de laboratorio de fudamentos de suelos, (42), E.Padilla, 2019, Universidad Nacional de Ingeniería.

Anexo F. *Diseño hidráulico*

Anexo F1. *Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams para diferentes materiales*

Material	C	Material	C
Asbesto cemento	140	Hierro galvanizado	120
Latón	130-140	Vidrio	140
Ladrillo de saneamiento	100	Plomo	130-140
Hierro fundido nuevo	130	Plástico (PE, PVC)	140-150
Hierro fundido, 10 años de edad	107-113	Tubería lisa nueva	140
Hierro fundido, 20 años de edad	89-100	Acero nuevo	140-150
Hierro fundido, 30 años de edad	75-90	Acero	130
Hierro fundido, 40 años de edad	64-83	Acero rolado	110
Concreto	120-140	Lata	130
Cobre	130-140	Madera	120
Hierro dúctil	120	Hormigón	120-140

Nota. Adoptado por (Alegret Breña & Martínez Valdés, 2019).

Anexo F2. *Coeficientes y exponentes de las principales fórmulas empleadas para cuantificar la pérdida de carga por fricción*

Formula	K	m	n
Darcy-Weisbach	$0.0826 * f_{DW}$	2	5
Hazen-Williams	$10.648\left(\frac{1}{C_{HW}}\right)^{1.852}$	1.852	4.871
Manning	$10.3 * n^2$	2	16/3
Scobey	$0.004098 * K_s$	1.9	4.9

Nota. Esta tabla muestra valores constantes empleados para diferentes ecuaciones para calcular las pérdidas por fricción. Adoptado de Diseño hidráulico de tuberías de salidas múltiples mediante métodos numéricos por Jiménez & Rámirez, 2020, UNAM.

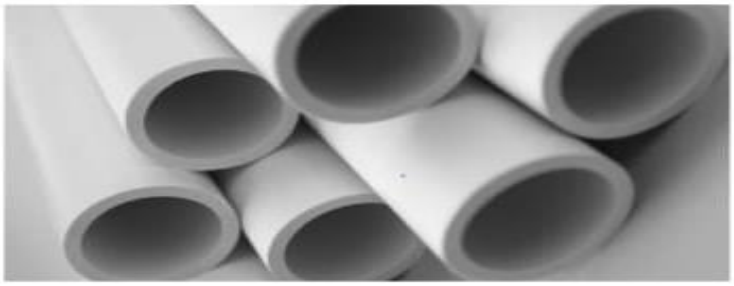
.

Anexo F3. *Ficha técnica de tuberías*

Diam. Nom.	Diámetro Promedio Externo	Espesor mínimo de pared (mm) (Tolerancia positiva equivalente al 6% del espesor mínimo)					
	(mm)	SDR 41	SDR 32,5	SDR 26	SDR 21	SDR17	SDR 13,5
12	21,34±0,10	...	...	...	...	...	1,57+0,09
18	26,67±0,10	...	...	...	1,52+0,09	1,57+0,09	1,98+0,12
25	33,40±0,13	...	...	1,52+0,09	1,60+0,10	1,96+0,12	2,46+0,15
31	42,16±0,13	1,18+0,07	1,52+0,09	1,63+0,10	2,01+0,12	2,49+0,15	3,12+0,19
38	48,26±0,15	1,18+0,07	1,52+0,09	1,85+0,11	2,29+0,14	2,84+0,17	3,58+0,21
50	60,32±0,15	1,47+0,09	1,85+0,11	2,31+0,14	2,87+0,17	3,56+0,21	4,47+0,27
62	73,02±0,18	1,78+0,11	2,24+0,13	2,79+0,17	3,48+0,21	4,29+0,26	5,41+0,32
75	88,90±0,20	2,16+0,13	2,74+0,16	3,43+0,21	4,24+0,25	5,23+0,31	6,58+0,39
100	114,30±0,23	2,79+0,17	3,51+0,21	4,39+0,26	5,44+0,33	6,73+0,40	8,46+0,51
150	168,28±0,28	4,11+0,25	5,18+0,31	6,48+0,39	8,03+0,48	9,91+0,59	12,47+0,75
200	219,08±0,36	5,33+0,32	6,73+0,40	8,43+0,51	10,41+0,62	12,90+0,77	...
250	273,05±0,36	6,65+0,40	8,41+0,50	10,49+0,63	12,98+0,78	16,05+0,96	...
300	323,85±0,36	7,90+0,47	9,96+0,60	12,45+0,75	15,39+0,92	19,05+1,14	...
375	388,62±0,41	9,47+0,57	11,96+0,72	14,94+0,90	18,49+1,11	...	...
450	457,20±0,48	11,15+0,67	14,07+0,84	17,58+1,05	21,77+1,31	26,90+1,61	...

Presión nominal de trabajo a 23 °C

	SDR 41	SDR 32,5	SDR 26	SDR 21	SDR17	SDR 13,5
psi	100	125	160	200	250	315
Kg/cm^2	7,03	8,93	11,25	14,06	17,58	22,15
kPa	690	862	1103	1379	1724	2172



Nota. Especificaciones de cédula, de diámetro interior y externo, así misma presión de trabajo de las tuberías utilizadas en el diseño propuesto. (DURMAN, 2025).

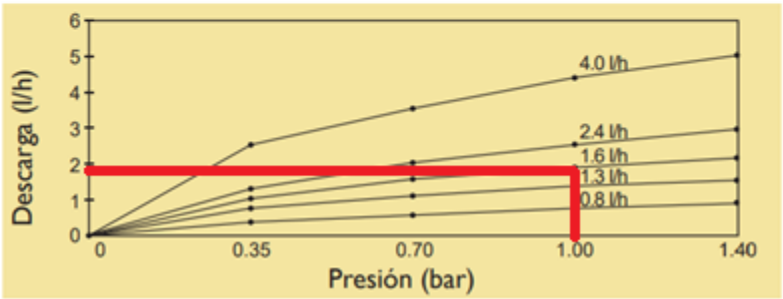
Anexo F4. *Cinta de goteo*



Nota. Tomado de (AGRIZEN, 2019).

Anexo F5. *Especificaciones técnicas de cinta de goteo*

Descarga lph		Descarga gph	
1.0 kg/cm^2	0.7 kg/cm^2	15 psi	10 psi
0.8	0.68	0.21	0.18
1.3	1.02	0.32	0.27
1.5	1.27	0.40	0.34
2.1	1.78	0.55	0.47
4.0	3.39	1.06	0.90



Nota. Adoptado de (NAANDANJAIN, 2020).

Anexo F6. *Pérdidas por fricción de la tubería de conducción del diseño de sistema de riego por goteo*

TRAMOS	LONGITUD (mts)	CAUDAL (mch)	DIAMETRO Pulg.	DIAMETRO mm	C	PÉRDIDA (mca)	VELOCIDAD (m/s)	PÉRDIDA Psi
Bomba- Valv 1	256.43	17.93	2"	56.63	150.00	16	1.98	23.33
			TOTAL PÉRDIDA			**16**		
Bomba-Valv 2	220.27	17.99	2"	56.63	150.00	14.18	1.98	20.17
			TOTAL PÉRDIDA			**14.18**		
Bomba-Val 3	185.27	18.26	2"	56.63	150.00	12.26	2.01	17.44
			TOTAL PÉRDIDA			**12.26**		
Bomba-Val 4	151.12	17.43	2.00	56.63	150.00	9.18	1.92	13.05
			TOTAL PÉRDIDA			**9.18**		

TRAMOS	LONGITUD (mts)	CAUDAL (mch)	DIAMETRO Pulg.	DIAMETRO mm	C	PÉRDIDA (mca)	VELOCIDAD (m/s)	PÉRDIDA Psi
Bomba-val 5	99.37	14.22	2.00	56.63	150.00	4.14	1.57	5.89
			TOTAL PÉRDIDA			**4.14**		
Bomba-val 6	108.51	19.42	2"	56.63	150.00	8.05	2.14	11.45
Val 6-Valv 7	38.00	11.05	2"	56.63	150.00	0.99	1.22	1.41
			TOTAL PÉRDIDA			**9.04**		
Bomba-val 9	85.06	19.42	2"	56.63	150.00	6.31	2.14	8.97
			TOTAL PÉRDIDA			**6.31**		
Bomba-val 8	47.42	19.42	2"	56.63	150.00	3.52	2.14	
			TOTAL PÉRDIDA			**3.52**		

Nota. Elaboración propia.

Anexo F7. *Pérdidas por fricción de la tubería de manifold de los turnos del diseño del sistema de riego por goteo*

N0 TURNO	LONGITUD (mts)	CAUDAL (mch)	DIAMETRO Pulg	DIAMETRO mm	C	PÉRDIDA (mca)	VELOCIDAD (m/s)	PÉRDIDA (psi)
TURNO 1	15.78	6.27	1 1/2"	45.22	150.00	0.43	1.08	0.61
	62.43	2.69	1 1/2"	45.22	150.00	0.36	0.47	0.51
			SUMAS - PÉRDIDA			**0.79**		
			HF CORRERGIDA			**0.31**		
TURNO 2	17.27	8.99	1 1/2"	45.22	150.00	0.92	1.55	1.31
			SUMAS - PÉRDIDA			**0.92**		
			HF CORRERGIDA			**0.37**		
TURNO 3	17.01	9.13	1 1/2"	45.22	150.00	0.93	1.58	1.33
			SUMAS - PÉRDIDA			**0.93**		
			HF CORRERGIDA			**0.37**		
TURNO 4	17.16	8.71	1 1/2"	45.22	150.00	0.86	1.51	1.23

N0 TURNO	LONGITUD (mts)	CAUDAL (mch)	DIAMETRO Pulg	DIAMETRO mm	C	PÉRDIDA (mca)	VELOCIDAD (m/s)	PÉRDIDA (psi)
			SUMAS - PÉRDIDA			**0.86**		
			HF CORRERGIDA			**0.34**		
TURNO 5	15.46	7.11	1 1/2"	45.22	150.00	0.53	1.23	0.76
			SUMAS - PÉRDIDA			**0.53**		
			HF CORRERGIDA			**0.21**		
TURNO 6	21.15	5.52	1 1/2"	45.22	150.00	0.46	0.95	0.65
			SUMAS - PÉRDIDA			**0.46**		
			HF CORRERGIDA			**0.18**		
TURNO 7	19.45	9.71	1 1/2"	45.22	150	1.20	1.68	1.70
			SUMAS - PÉRDIDA			**1.20**		
			HF CORRERGIDA			**0.47**		

N0 TURNO	LONGITUD (mts)	CAUDAL (mch)	DIAMETRO Pulg	DIAMETRO mm	C	PÉRDIDA (mca)	VELOCIDAD (m/s)	PÉRDIDA (psi)
TURNO 8	13.3	9.54	1 1/2"	45.22	150	0.79	1.65	1.13
	37.94	1.85	1 1/2"	45.22	150	0.11	0.32	0.15
			SUMAS - PÉRDIDA			**0.90**		
			HF CORRERGIDA			**0.36**		

Nota. Elaboración propia.

Anexo F8. *Pérdidas por fricción de los laterales del diseño de sistema de riego por goteo*

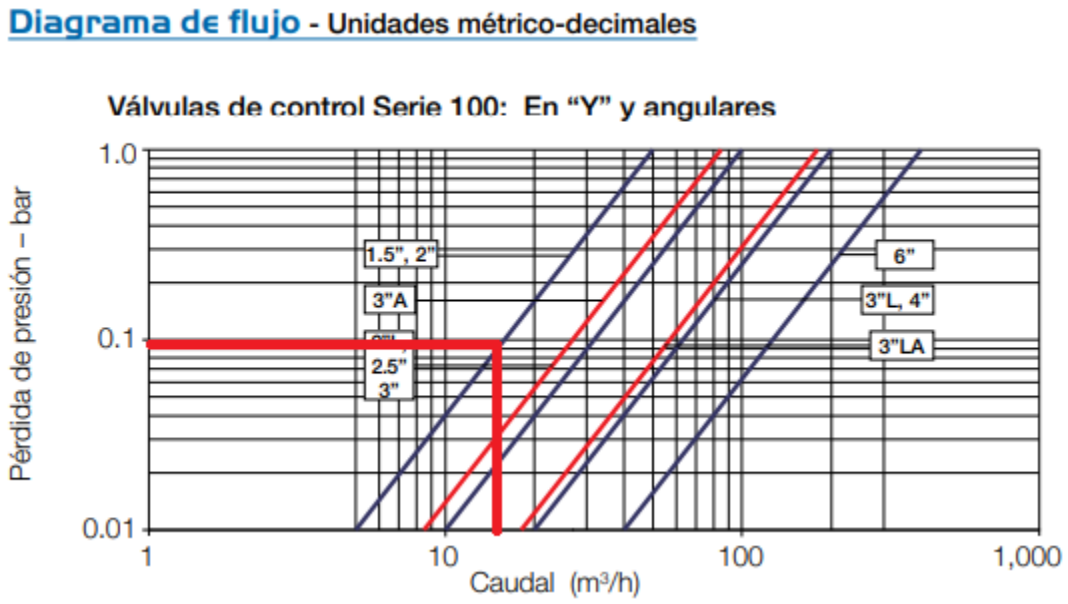
N0 TURNO	LONGITUD (m)	CAUDAL (mch)	DIAMETRO (mm)	C	PÉRDIDA (mca)	VELOCIDAD (m/s)	PÉRDIDA (psi)
TURNO 1	63	0.504	16	140	2.89	0.7	4.12
			SUMAS - PÉRDIDA		**2.89**		
			HF CORRERGIDA		**1.02**		
TURNO 2	63	0.504	16	140	2.89	0.7	4.12
			SUMAS - PÉRDIDA		**2.89**		
			HF CORRERGIDA		**1.02**		
TURNO 3	63	0.504	16	140	2.89	0.7	4.12
			SUMAS - PÉRDIDA		**2.89**		
			HF CORRERGIDA		**1.02**		
TURNO 4	63	0.504	16	140	2.89	0.7	4.12
			SUMAS - PÉRDIDA		**2.89**		
			HF CORRERGIDA		**1.02**		
TURNO 5	53.69	0.429	16	140	1.83	0.59	2.6

N0 TURNO	LONGITUD (m)	CAUDAL (mch)	DIAMETRO (mm)	C	PÉRDIDA (mca)	VELOCIDAD (m/s)	PÉRDIDA (psi)
			SUMAS - PÉRDIDA		**1.83**		
			HF CORRERGIDA		**0.64**		
TURNO 6	60.28	0.482	16	140	2.55	0.67	3.63
			SUMAS - PÉRDIDA		**2.55**		
			HF CORRERGIDA		**0.9**		
TURNO 7	52.58	0.42	16	140	1.72	0.58	2.45
			SUMAS - PÉRDIDA		**1.72**		
			HF CORRERGIDA		**0.52**		
TURNO 8	61.5	0.492	16	140	2.7	0.68	3.84
			SUMAS - PÉRDIDA		**2.7**		
			HF CORRERGIDA		**0.95**		

Nota. Elaboración propia.

Anexo G. *Sarta de descarga y (componentes de sistema de riego)*

Anexo G1. *Válvula hidráulica serie 100 de 2”*



Nota. Tomado de (Catálogo de productos BERMAD RIEGO).

Anexo G2. *Características de la bomba sumergible*



Serie SR

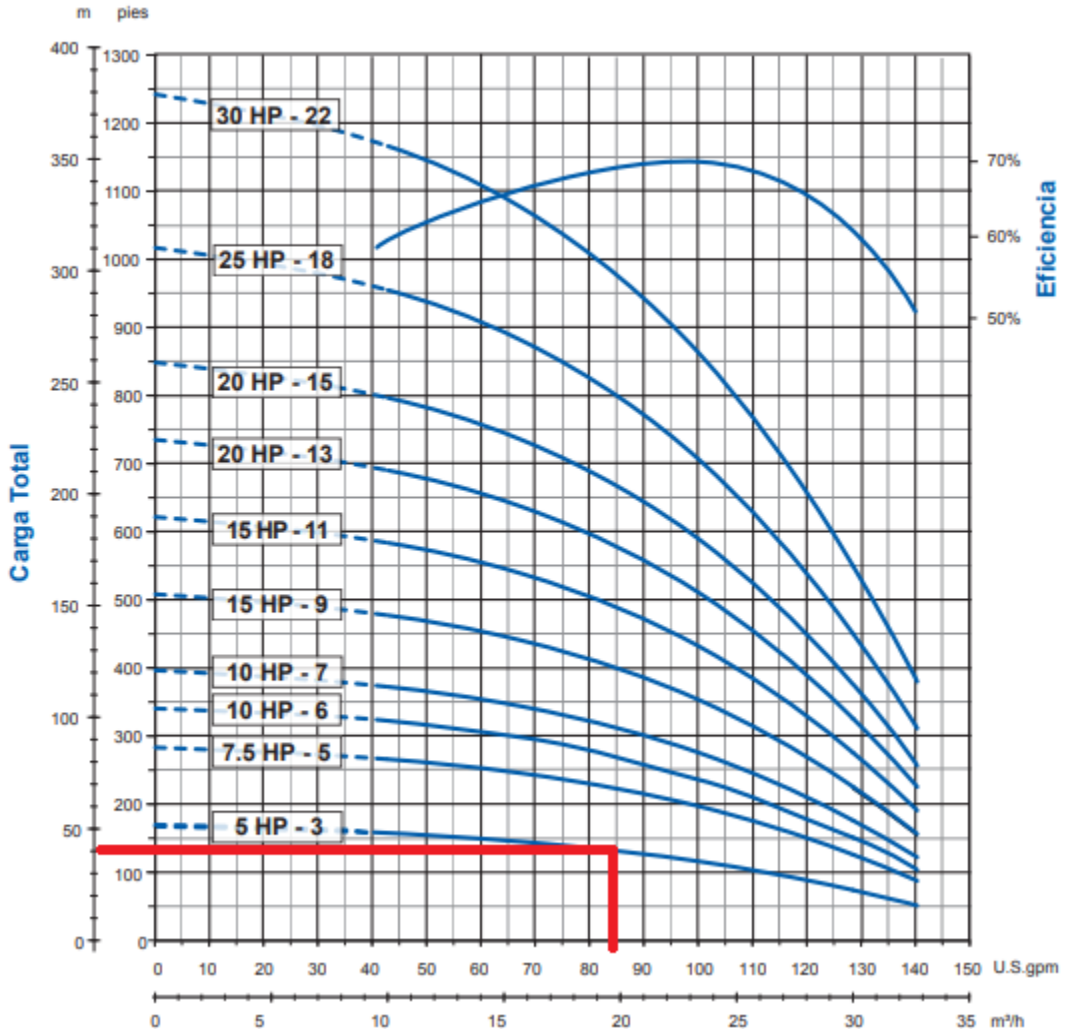
La Serie SR está diseñadas específicamente para aplicaciones municipales e industriales. Proporciona hasta 80% de eficiencia, y es la bomba con más eficiencia en el mercado en su tipo.

Aplicaciones

- Obras hidráulicas municipales
- Aumento de presión y distribución de agua
- Irrigación y sistemas de riego
- Plantas de tratamiento de agua, filtración y ósmosis inversa
- Enfriamiento y procesos industriales
- Industria minera, drenaje y desagüe
- Industria en general
- Fuentes

Nota. Tomado de (FRANKLIN ELECTRI, 2025).

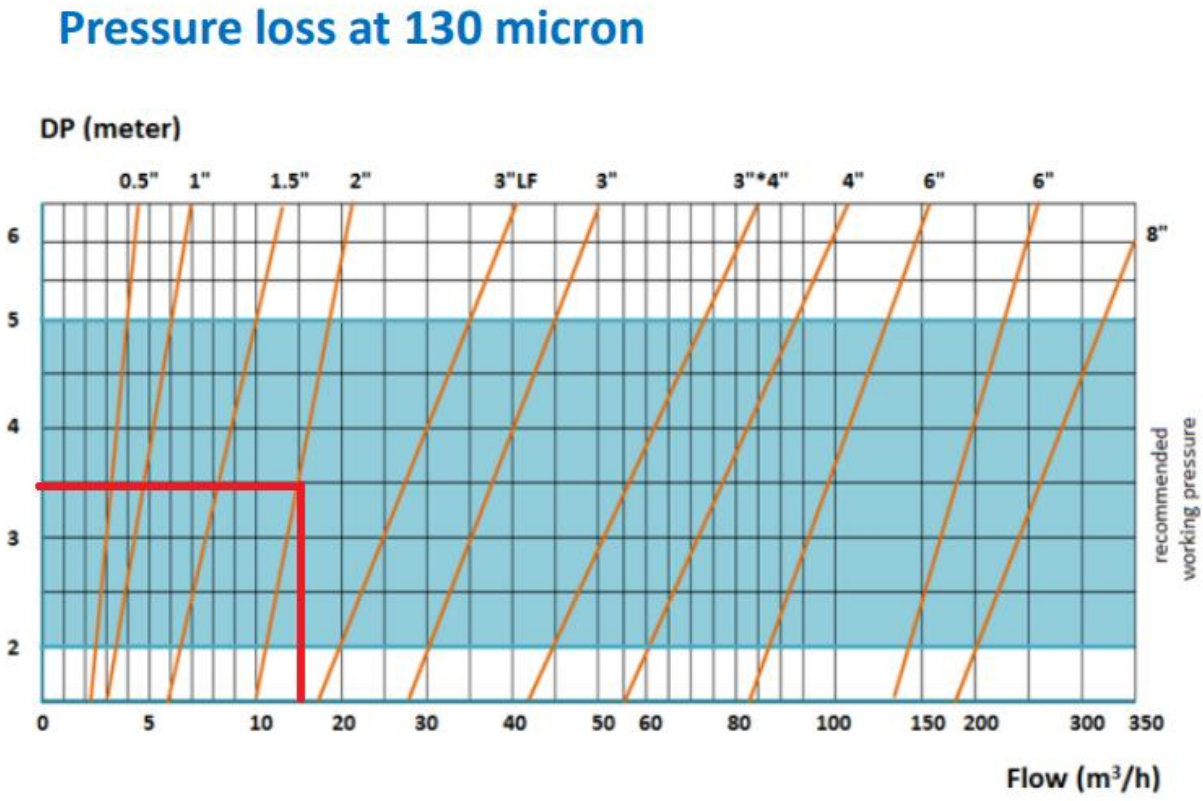
Anexo G3. *Curva característica de la bomba*



Nota. Tomado de (FRANKLIN ELECTRI, 2025).

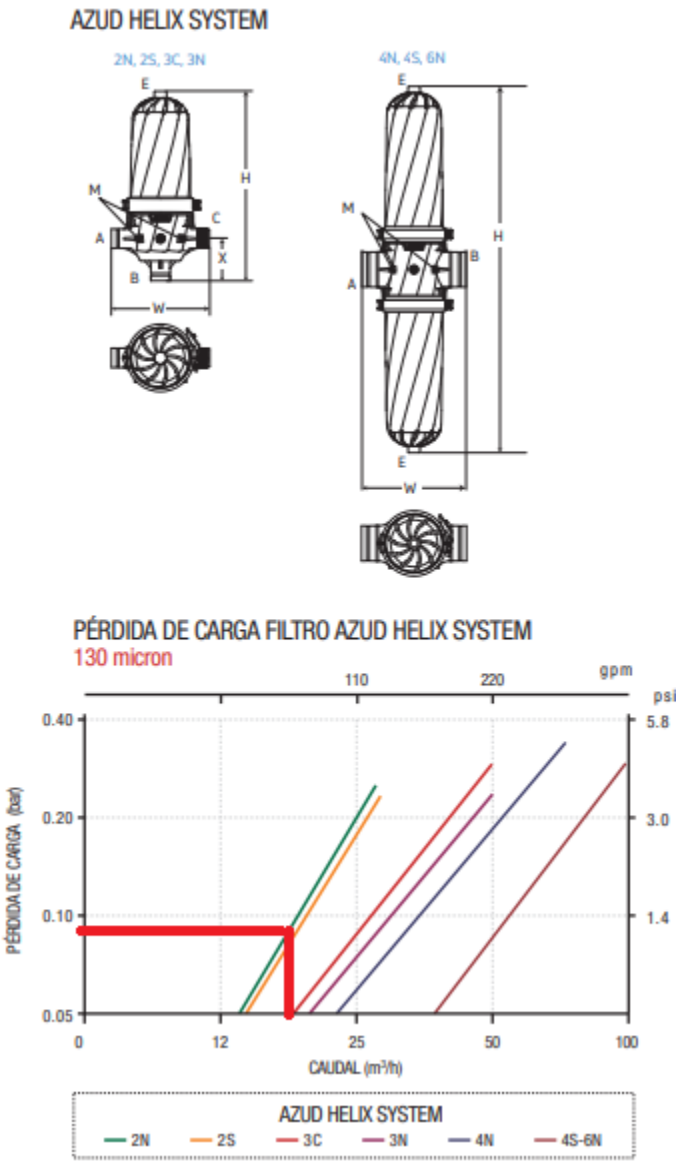
Anexo G4. *Filtro de hidrociclón de 2”*





Nota. Tomado de (YAMIT FILTRATION, 2025).

Anexo G4. *Filtro de anillo de 2"*



Nota. Tomado de (AZUD, 2025).

Anexo G5. *Caudalímetro de 2”*

GENEBRE

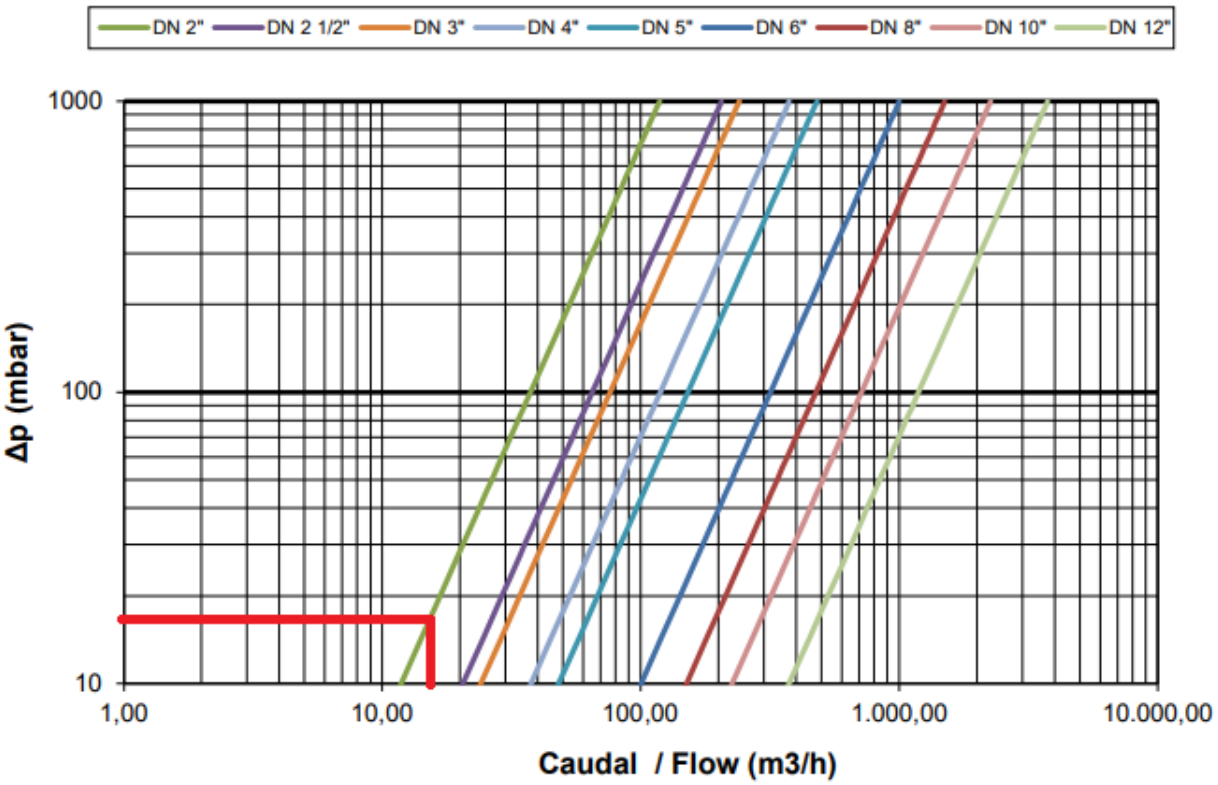
Art.: 6060A

Contador de agua tipo WOLTMANN con bridas ANSI clase 150



Características

1. Contador tipo Woltmann para la medición del consumo de agua fría.
2. Registro seco, transmisión magnética.
3. Construido en hierro fundido. Protección contra la corrosión interior y exterior con pintura epoxi.
4. T30: Temperatura de trabajo: de 0,1ºC a 30ºC.
5. Presión máxima de trabajo: 16 bar (PN 16).
6. Extremos bridados ANSI / ASME B16.5 clase 150
7. Baja pérdida de presión.
8. Cumple con la norma ISO 4064-1: 2014
9. Clase de precisión 2
10. Clase de pérdida de presión ΔP10. (ΔP16 en DN50 y DN125)
11. Rango R80 H/V montaje en horizontal o vertical.
12. Sin limitación de posición. Su exactitud no debe ser afectada por su posición horizontal, vertical o inclinada en la tubería.
13. U10 / D5. Necesita un tramo recto mínimo de longitud 10xDN aguas arriba. Aguas abajo (D) necesita un tramo recto mínimo de longitud 5xDN. No requiere estabilizador en ningún punto.
14. Fácil mantenimiento y reparación del mecanismo de lectura sin necesidad de desmontar el contador de la tubería.
15. Dos tomas para conexión de emisor de impulsos.
16. Protección esfera IP68.
17. Protección interna y externa contra la corrosión.
18. No le afectan campos magnéticos externos.



Nota. Tomado de (GENEBRE, 2025).

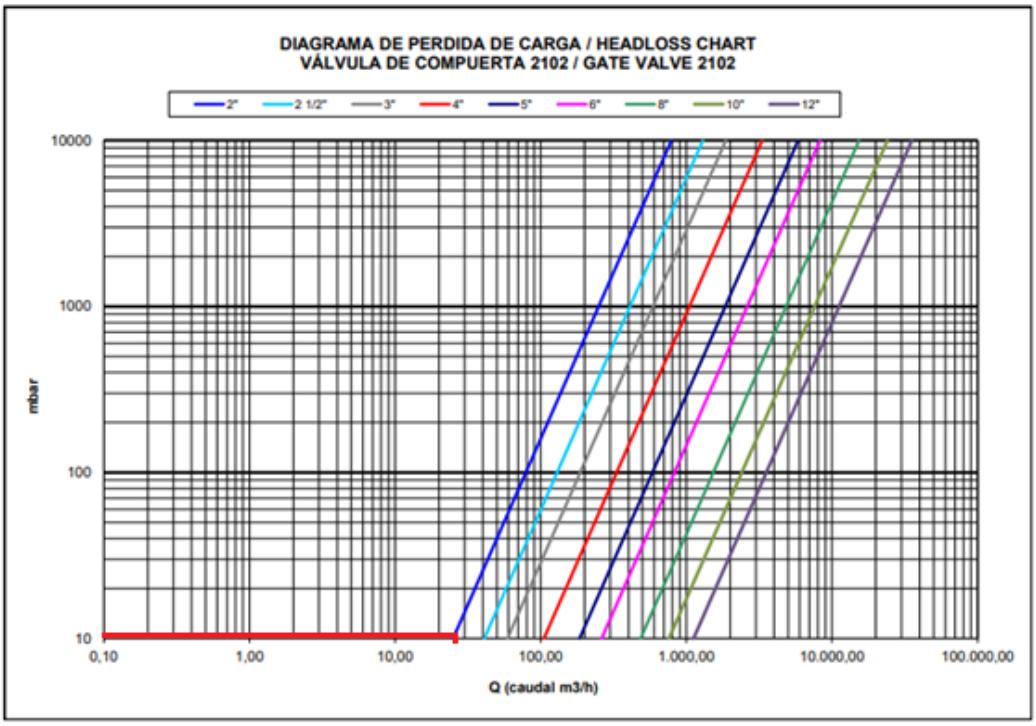
Anexo G6. *Válvula de gaveta de 2”*

GENEBRE

ARTICULO : 2102 / D2102



Características
1. Válvula de compuerta con cierre elástico.
2. Construcción en fundición nodular EN-GJS-500 (GGG-50).
3. Compuerta recubierta con EPDM.
4. Vástago no ascendente.
5. Cierre en sentido de las agujas del reloj.
6. Diseño según DIN 3352.
7. Longitud entre caras según DIN 3202 F4.
8. Extremos bridados según DIN 2501 PN 16.
9. Apta para conducción de agua.
10. Paso total, mínima pérdida de carga.
11. Estanqueidad en ambas direcciones.
12. Pares de maniobra reducidos.
13. Recubrimiento interior y exterior con pintura epoxy.
14. Temperatura Máxima de trabajo: 80ºC.



Nota. Tomado de (GENEBRE, 2025).

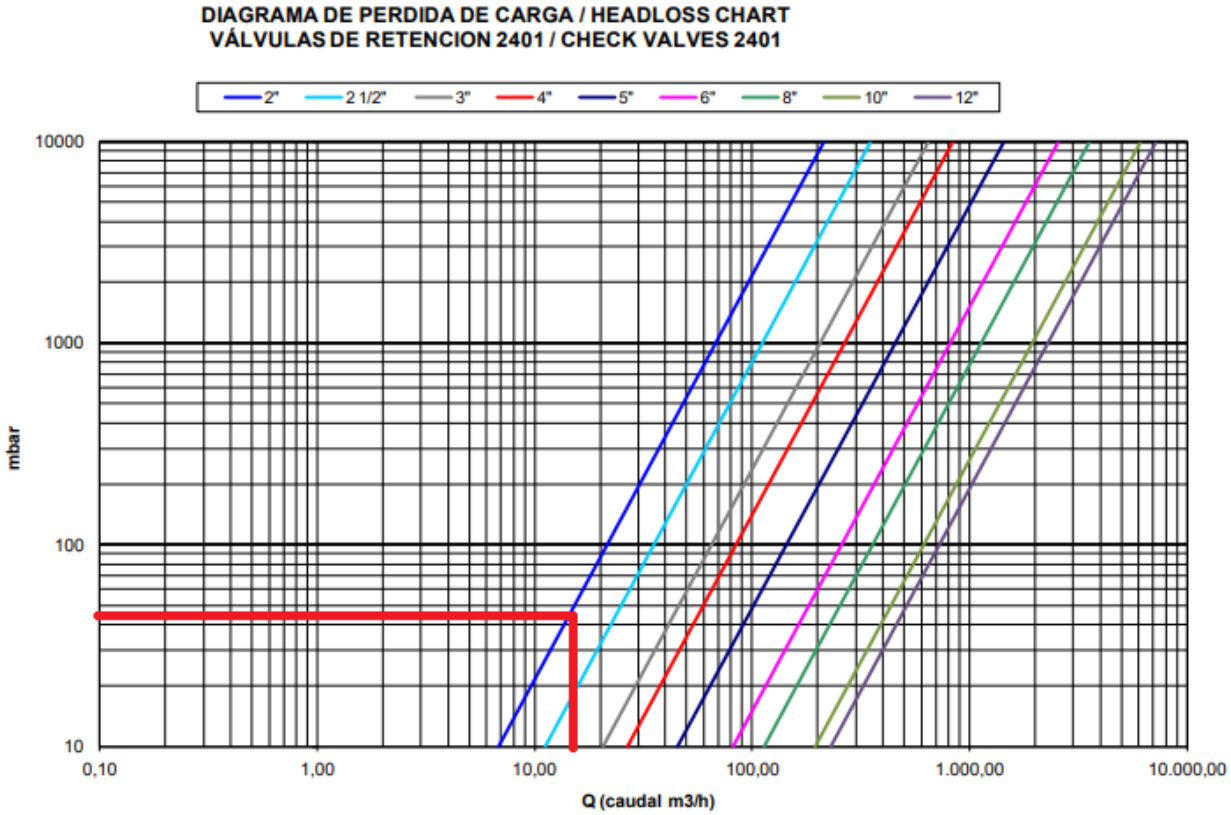
Anexo G7. *Válvula check de 2”*

GENEBRE

ARTICULO: 2401



Características
1. Válvula de retención doble disco tipo wafer.
2. Construcción en Fund. EN-GJL-250 (GG-25).
3. Disco en Acero Inoxidable 1.4408 (CF8M).
4. Eje y resorte en Acero Inoxidable AISI 316.
5. Asiento Nitrilo (NBR) vulcanizado en ranura.
6. Montaje entre bridas EN 1092 PN10/16 y ANSI 150
7. Instalación Horizontal, Vertical o Inclinada.
8. Cáncamo de sujeción incluido a partir de 10".
9. Longitud entre caras según EN 558-1.
10. Presión de trabajo máxima 16 bar.
11. Temperatura de Trabajo -10 ºC +100 ºC.



Nota. Tomado de (GENEBRE, 2025).

Anexo H. *Costo y presupuesto del proyecto*

Anexo H1. *Cotización en la empresa AGRIZEN, S.A.*

AGRIZEN

COTIZACION:1027

Dirección de la compañía
Managua, kilometro 1.0 carretera norte
Teléfono: 2293-5237

Fecha 6/10/2025
N.º de presupuesto 1027
Nùmero del vendedor 86755606

Presupuesto

Nombre de la empresa
AGRIZEN S.A
Managua, kilometro 1.0 carretera norte 8675-5606

Presupuesto válido hasta: 21/10/2025
Vendedor Ing. Fredman Padilla
NUMERO RUC: **J0310000424314**

NUMERO	NOMBRE DEL CLIENTE	Fecha de envío	Validez de la oferta	Condiciones pago
	Erick Miranda	6/10/2025	21/10/2025	**CONTADO**

Cantidad	Descripción	Precio por unidad	IMPUESTO C$	TOTAL C$
8	Rollo de Cinta de Goteo Vimi de 16*0.2mm *20cm* 2500m/Roll, Q/1.6L/H	C$ 6,290.00	Sí	C$ 50,320.00
381	Manguera de Polietileno 16mm	C$ 11.30	Sí	C$ 4,305.30
381	Conector PVC x 16mm	C$ 8.37	Sí	C$ 3,188.97
381	Grommet 16mm Tipo H	C$ 4.78	Sí	C$ 1,821.18
381	Conector 16mm x Cinta	C$ 11.30	Sí	C$ 4,305.30
8	Válvula de aire Cinetica	C$ 386.09	Sí	C$ 3,088.72
8	Vaálvula Hidraulica 2"	C$ 2,572.30	Sí	C$ 20,578.4
2	Válvula de aire doble efecto	C$ 1,258.40	Sí	C$ 2,516.8
2	Válvula de aire triple efecto	C$ 2,196.00	Sí	C$ 4,392.00
2	Manometro de Glicerina de 0-6 BAR	C$ 652.17	Sí	C$ 1,304.34
1	Válvula de Gaveta Genebre de 2"	C$ 1,903.67	Sí	C$ 1,903.67
1	Filtro de Hidrociclon Yamit 2"	C$ 9,730.43	Sí	C$ 9,730.43
1	Filtro de Anillo 2"	C$ 1,608.70	Sí	C$ 1,608.70
1	Caudalimetro Genebre 2"	C$ 14,034.12	Sí	C$ 14,034.12
1	Vaálvula Check Horizontal Genebre de 2"	C$ 2,167.84	Sí	C$ 2,167.84
8	Flange PVC de 2" de 4 Orificios	C$ 196.62	Sí	C$ 1,572.96
32	Pernos 5/8 x 6" + Tuerca + Arandela Plana + Arandela de Presión	C$ 139.13	Sí	C$ 4,452.16
8	Empaque de Hule de 2"	C$ 24.35	Sí	C$ 194.80
2	Codo Liso PVC PRES (2") x 45 BL	C$ 47.06	Sí	C$ 94.12
2	Tubo PVC 2" x 6m Sdr 26	C$ 544.32	Sí	C$ 1,088.64
82	Tubo PVC 2" x 6m Sdr 41	C$ 390.00	Sí	C$ 31,980.00
59	Tubo PVC 1-1/2" x 6m Sdr 41	C$ 278.53	Sí	C$ 16,433.27
28	Te Lisa PVC PRES (2") BL	C$ 66.96	Sí	C$ 1,874.88
10	Red LI PVC PRES 50mm (2") X (1") BL	C$ 43.07	Sí	C$ 430.70
10	Adaptador Hembra PVC PRES (1") BL	C$ 24.97	Sí	C$ 249.70
18	Adaptador Macho PVC PRES (2") BL	C$ 34.61	Sí	C$ 622.98

Cantidad	Descripción	Precio por unidad	IMPUESTO C$	Total c$
12	Codo Liso PVC PRES (2") x 90 BL	C$ 69.66	Sí	C$ 835.92
14	Red LI PVC PRES (2") X (1-1/2") BL	C$ 41.22	Sí	C$ 577.08
2	Válvula Bola Lisa PVC 2"	C$ 300.00	Sí	C$ 600
14	Válvula Bola Lisa PVC 1-1/2"	C$ 284.36	Sí	C$ 3,981.04
6	Codo Liso PVC PRES (2") X 45 BL	C$ 47.06	Sí	C$ 282.36
14	Codo Liso PVC PRES (1-1/2") X 45 BL	C$ 44.93	Sí	C$ 629.02
1	Teflon 30M/ 3/4	C$ 51.00	Sí	C$ 51.00
1	Pegamento PVC 1/4 Gal	C$ 786.60	Sí	C$ 786.60
	ULTIMA LINEA			
	Entrega de materiales en Oficina Central; después de cancelada oferta.			

LAFISE CORDOBAS 106012291 **(AGRIZEN SOCIEDAD ANONIMA)** **LAFISE DOLARES 106207323** **(AGRIZEN SOCIEDAD ANONIMA)**

Si tiene alguna duda sobre este presupuesto, póngase en contacto con:

Ing. Zenelia Blanco

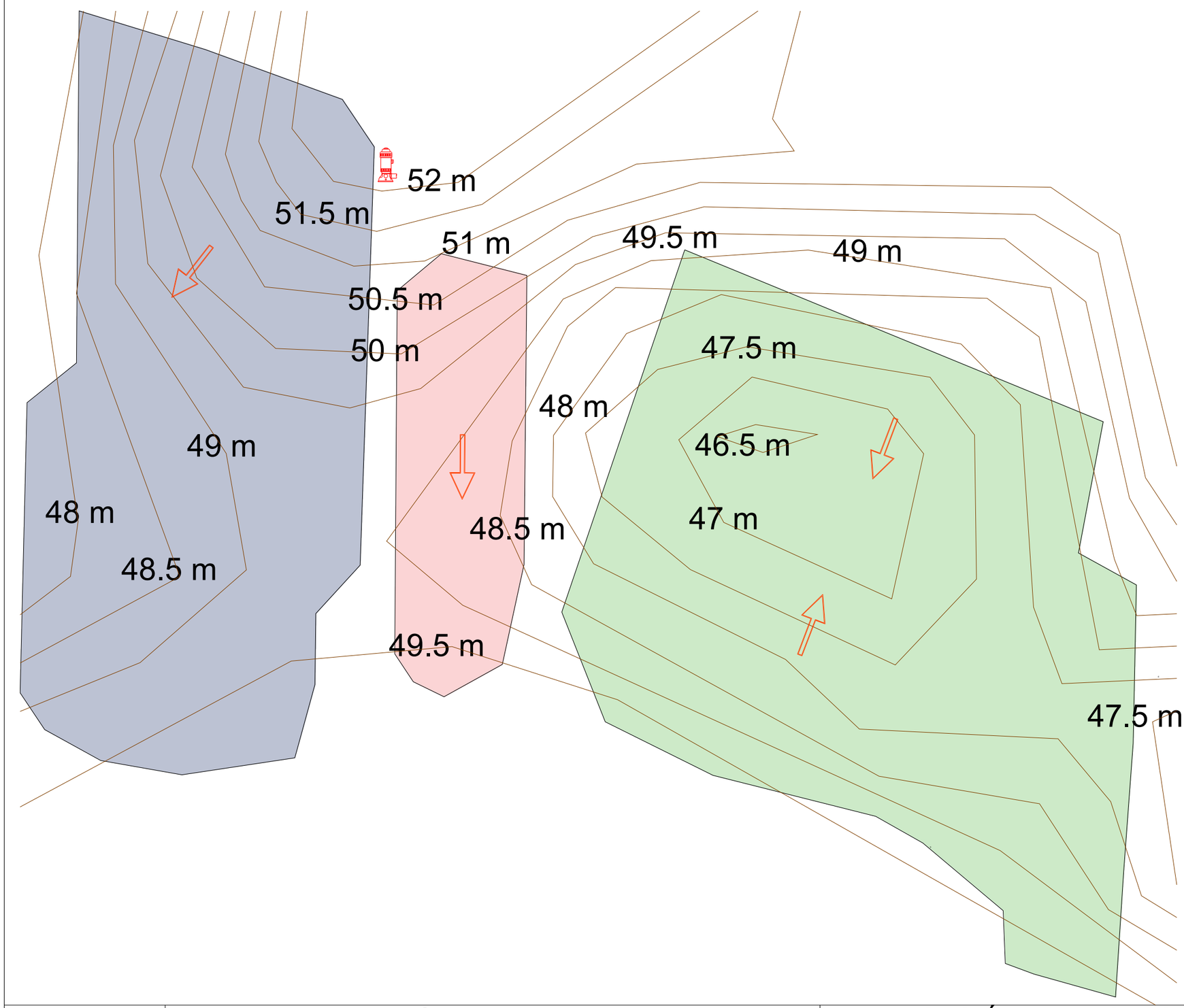
Gracias por su confianza

Subtotal	C$	192,003.03
IVA 15 %	C$	28,800.45
TOTAL C$	**C$**	**220,803.48**

Nota. Tomado del presupuesto cotizado en la empresa AGRIZEN, S.A. (2025).

Anexo I. Planos

ANEXO I 1. Plano topográfico.

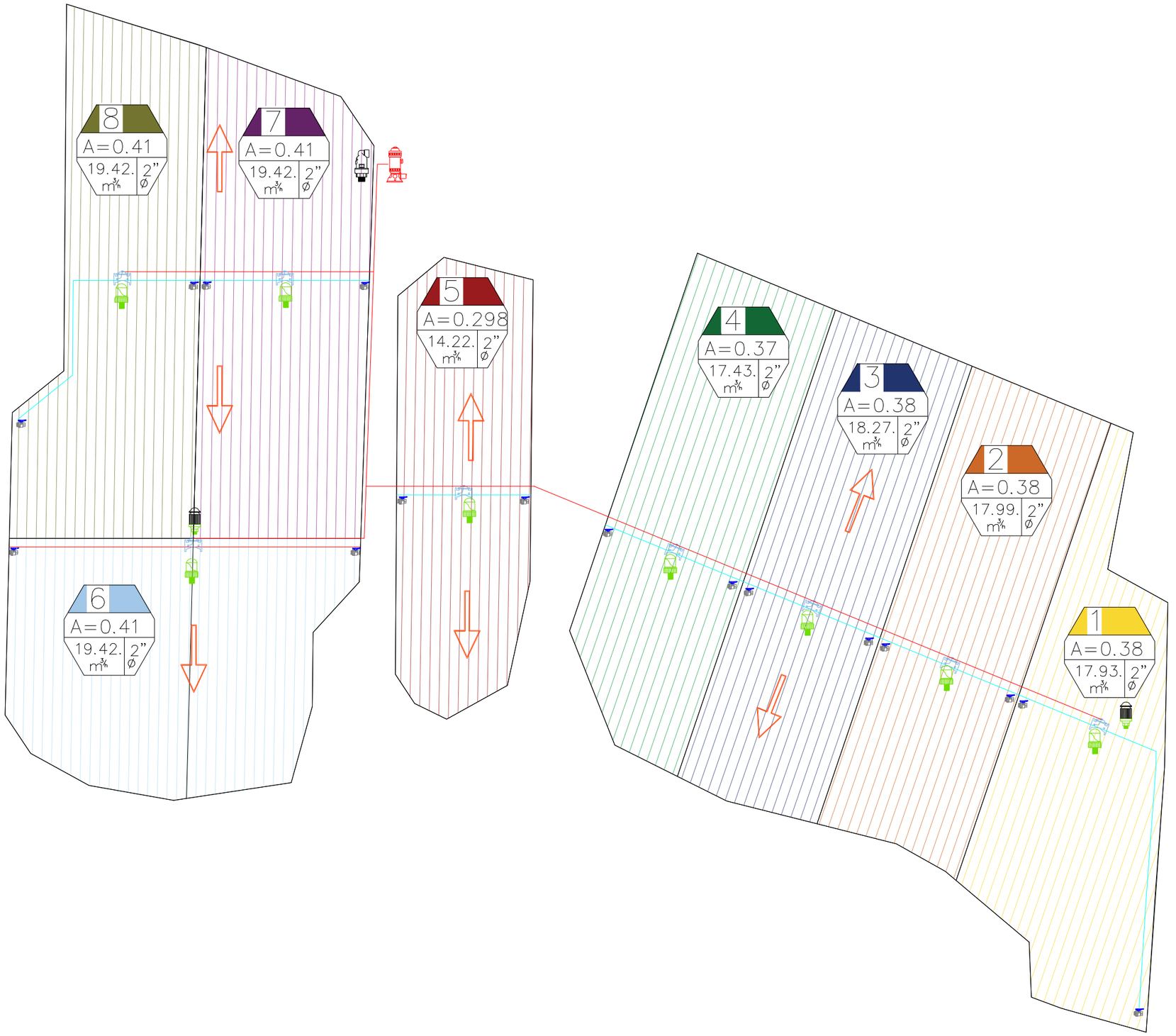


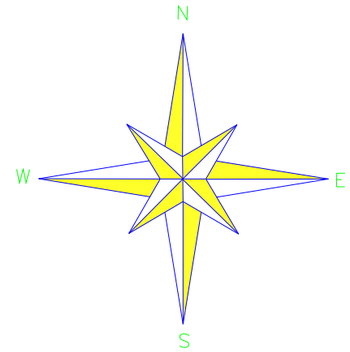
SIMBOLOGIA

	ESTACIÓN DE BOMBEO
	PARCELA 1
	PARCELA 2
	PARCELA 3
	CURVAS DE NIVEL
	DIRECCIÓN DE PENDIENTE

	PLANO TOPOGRÁFICO DEL SISTEMA DE RIEGO	UBICACIÓN: MUNICIPIO DE TIPITAPA		LÁMINA
	Br.LETICIA LISSETTE JARQUIN BONILLA Br. ERICK STEVEN MIRANDA ANGULO	FINCA RANCHO SOTELO	ÁREA:3.03HA-4.3MZ	1/5
		ESCALA:1/1000	FORMATO:A-3	

ANEXO I 2. Plano general del sistema de riego.





DATOS TÉCNICOS DE DISEÑO

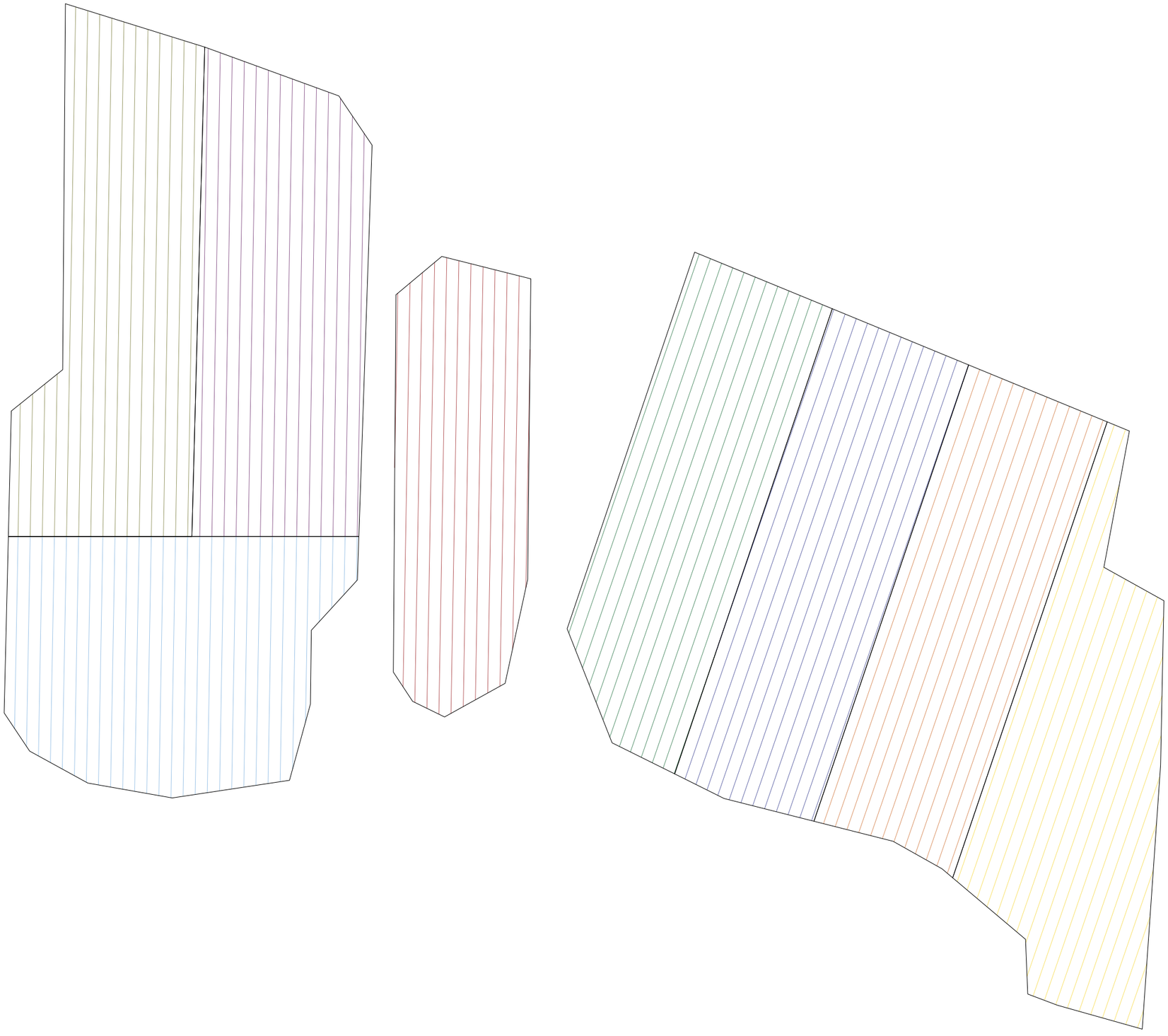
SISTEMA DE RIEGO: GOTEO	Q / Emisor 1.6 l/h	PRES. TRABAJO 10 mca	CULTIVO: MELON
AREA DE RIEGO: 4.29 Mz	ESPAC. / EMISOR 0.20 m		ESPAC. / LATERAL 1.68 m
DEFICIT DE CULTIVO 7.8 mm/dia	INTENSIDAD DE APLICACION 4.76 mm/hr		TIEMPO DE PUESTA 1:4 hrs
FRECUENCIA DE RIEGO DIARIO	LÁMINA DE APLICACIÓN 7.8 mm/dia		TURNOS DE RIEGO/DIA 8
PO DESCARGA 63.99 PSI	JORNADA DE RIEGO/DIA 13 hrs		CAUDAL MAX. REQUER. 85.47gpm

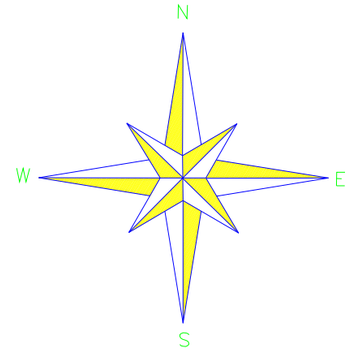
SIMBOLOGIA

	ESTACIÓN DE BOMBEO
	DETALLE DE VALVULA
	VALVULA BOLA
	VÁLVULA HIDRÁULICA
	TUBERIA PVC SDR 41 2"
	TUBERIA PVC SDR 41 1 1/2"
	DIRECCIÓN DE SIEMBRA
	VÁLVULA CINÉTICA
	VÁLVULA DOBLE EFECTO
	VÁLVULA TRIPLE EFECTO

DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO	UBICACIÓN: MUNICIPIO DE TIPITAPA		LÁMINA
Br.LETICIA LISSETTE JARQUIN BONILLA Br. ERICK STEVEN MIRANDA ANGULO	FINCA RANCHO SOTELO	ÁREA:3.03HA-4.3MZ	2/5
	ESCALA:1/1000	FORMATO:A-3	

ANEXO I 3. PLANO DE TURNOS.

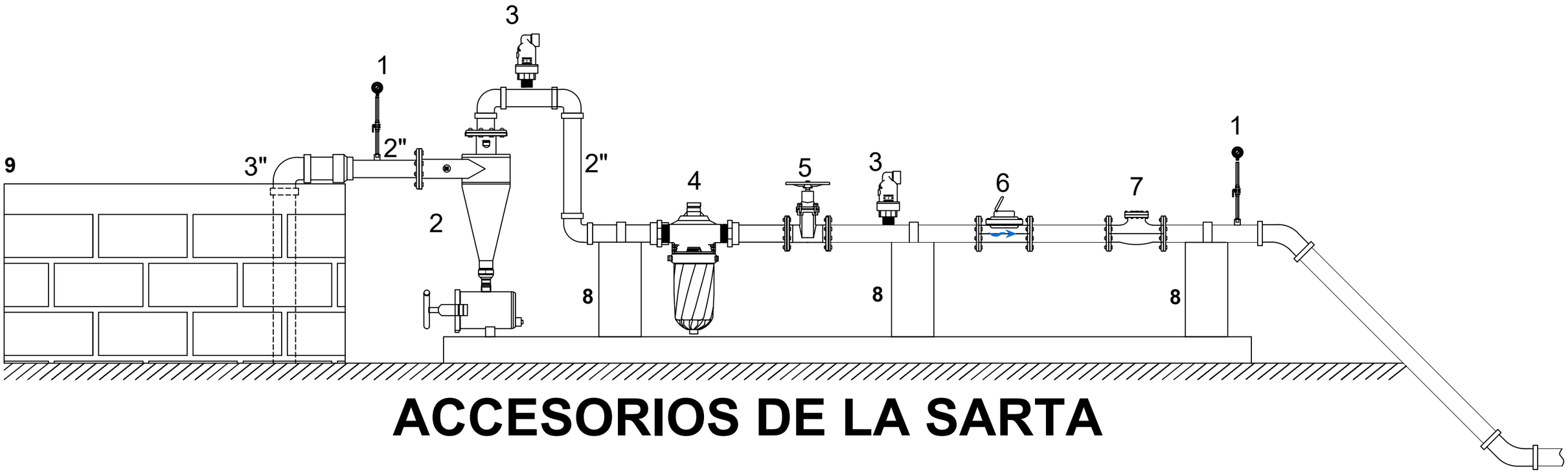




TURNOS DE RIEGO					
N° VÁLVULA	N° TURNO	ÁREA (HA)	ÁREA (MZ)	CAUDA MCH	CAUDAL GPM
1	1	0.38	0.53	17.93	78.87
2	2	0.38	0.54	17.99	79.14
3	3	0.38	0.54	18.27	80.38
4	4	0.37	0.52	17.43	76.71
5	5	0.30	0.42	14.22	62.57
6	6	0.41	0.58	19.42	85.47
7	7	0.41	0.58	19.42	85.47
8	8	0.41	0.58	19.42	85.47
ÁREA TOTAL		3.03	4.30		

PLANO DE TURNOS DEL SISTEMA DE RIEGO	UBICACIÓN: MUNICIPIO DE TIPITAPA		LÁMINA
Br.LETICIA LISSETTE JARQUIN BONILLA Br. ERICK STEVEN MIRANDA ANGULO	FINCA RANCHO SOTELO	ÁREA:3.03HA-4.3MZ	3/5
	ESCALA:1/1000	FORMATO:A-3	

ANEXO I 4. Plano de sarta de descarga de riego.

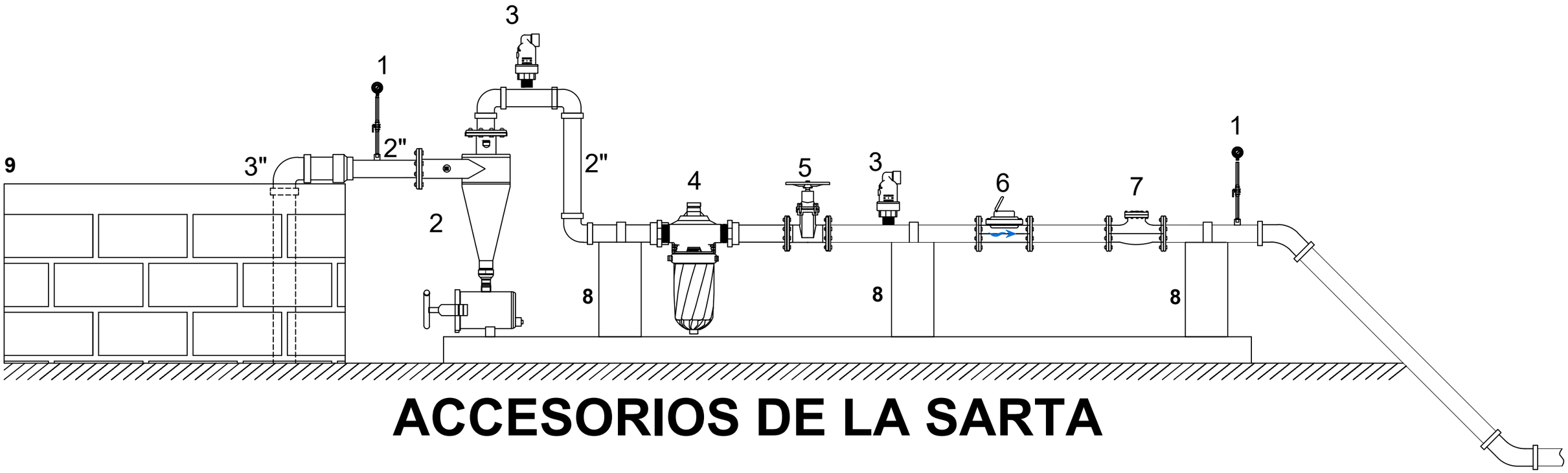


ACCESORIOS DE LA SARTA

1	MANOMETRO DE GLICERINA	2
2	FILTRO DE HIDROCICLON 2"	1
3	VÁLVULA DE AIRE TRIPLE EFECTO 1"	2
4	FILTRO DE ANILLO 2"	1
5	VÁLVULA GAVETA 2"	1
6	CAUDALIMETRO 2"	1
7	VÁLVULA CHECK 2"	1
8	BLOQUES DE REACCIÓN	3
9	REDONDEL DEL POZO DE MURO DE MAMPOSTERIA CON BLOQUE NUMERO 6	-

	PLANO DE SARTA DE DESCARGA	UBICACIÓN: MUNICIPIO DE TIPITAPA	LÁMINA
	Br.LETICIA LISSETTE JARQUIN BONILLA Br. ERICK STEVEN MIRANDA ANGULO	FINCA RANCHO SOTELO / ÁREA:3.03HA-4.3MZ ESCALA:1/20 / FORMATO:A-3	4/5

ANEXO I 4. Plano de sarta de descarga de riego.

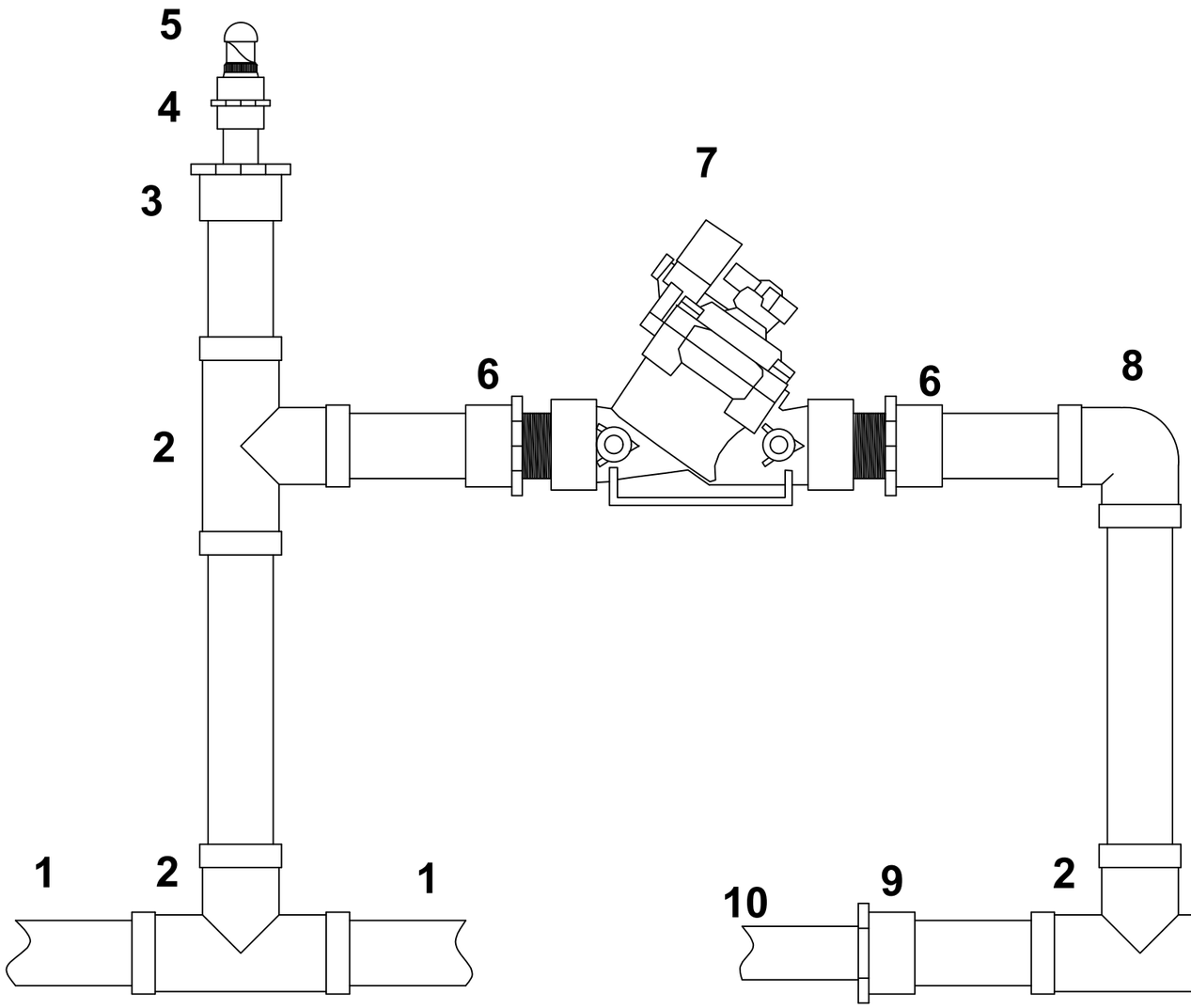


ACCESORIOS DE LA SARTA

1	MANOMETRO DE GLICERINA	2
2	FILTRO DE HIDROCICLON 2"	1
3	VÁLVULA DE AIRE TRIPLE EFECTO 1"	2
4	FILTRO DE ANILLO 2"	1
5	VÁLVULA GAVETA 2"	1
6	CAUDALIMETRO 2"	1
7	VÁLVULA CHECK 2"	1
8	BLOQUES DE REACCIÓN	3
9	REDONDEL DEL POZO DE MURO DE MAMPOSTERIA CON BLOQUE NUMERO 6	-

	PLANO DE SARTA DE DESCARGA	UBICACIÓN: MUNICIPIO DE TIPITAPA	LÁMINA
	Br.LETICIA LISSETTE JARQUIN BONILLA Br. ERICK STEVEN MIRANDA ANGULO	FINCA RANCHO SOTELO / ÁREA:3.03HA-4.3MZ ESCALA:1/20 / FORMATO:A-3	4/5

ANEXO I 5. Plano de caballete de riego.



CABALLETE DE RIEGO

1	TUBERIA DE CONDUCCIÓ PVC (2") SDR 41	-
2	TE LISA PVC PRESS 50 MM (2") BL	3
3	RED LI PVC PRES 100MM(2")X50MM(1") BL	1
4	ADAPTADOR HEMBRA PVC PRES (1") BL	1
5	VÁLVULA DE AIRE CINÉTICA (1")	1
6	ADAPTADOR MACHO PVC PRES (2") BL	2
7	VÁLVULA HIDRÁULICA (2")	1
8	CODO LIS PRES 50MM (2")X 90	1
9	RED LI PVC PRES 100MM(2")X50MM(1 1/2") BL	2
10	TUBERIA DE MANIFOLD PVC (1 1/2") SDR 41	-

	PLANO DE CABALLETE DE RIEGO	UBICACIÓN: MUNICIPIO DE TIPITAPA	LAMINA
	Br.LETICIA LISSETTE JARQUIN BONILLA Br. ERICK STEVEN MIRANDA ANGULO	FINCA RANCHO SOTELO / ÁREA:3.03HA-4.3MZ ESCALA:1/20 / FORMATO:A-3	5/5