

Área de Conocimiento de Agricultura

**“DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN SEMI
MÓVIL PARA EL CULTIVO DE SORGO SUREÑO, EN LA
FINCA LA ESPERANZA UBICADA EN EL PUEBLO
COFRADIA, MUNICIPIO DE TIPITAPA; DEPARTAMENTO
DE MANAGUA, 2023”**

Trabajo monográfico para optar al título de
Ingeniero Agrícola

Elaborado por:

Br. María Guadalupe Gradys Obregón
Carnet: 2017-1229U

Tutor:

Ing. Welsden Zenelia Blanco Bustillo.

14 de Noviembre de 2024
Managua, Nicaragua

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen Santísima, por brindarme salud e iluminarme en cada momento, por darme sabiduría y permitirme llegar a la culminación de mis estudios, por poner en mi camino personas de bien que siempre tuvieron un consejo disponible para mí, porque siempre hubo una mano dispuesta a ayudarme y apoyarme en lo que se les fue posible.

A mi familia, quienes con amor, esfuerzo y dedicación me han educado y apoyado, porque de ellos aprendí a perseverar y cumplir con mis metas y han estado para mí en cada decisión y cada logro.

Por último, a mis amigos quienes a lo largo de esta preparación me han dado ánimos y su amistad incondicional.

Br. María Guadalupe Gradys Obregón.

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme llegar a la culminación de mi formación universitaria con este trabajo monográfico, por haberme brindado salud e inteligencia a lo largo del camino.

A mis familiares, que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos. Ellos son los que con su cariño me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades. También son los que me han brindado el soporte material y económico para poder concentrarme en los estudios y llegar a la culminación de ellos.

Le agradezco muy profundamente a mi tutora Ing Welsden Zenelia Blanco Bustillo, por su dedicación y paciencia, sin sus palabras y correcciones precisas no hubiese podido llegar a esta instancia tan anhelada. Gracias por su guía y todos sus consejos.

Agradecerles a todos mis compañeros los cuales muchos de ellos se han convertido en mis amigos, y cómplices. Gracias por las horas compartidas, los trabajos realizados en conjunto y las historias vividas.

Br. María Guadalupe Gradys Obregón.

RESUMEN

El trabajo que se presenta a continuación se desarrolló en la Finca La Esperanza, ubicada en el departamento de Tipitapa, dicha finca se dedica a la crianza de ganado de doble propósito y al cultivo de pastos para la alimentación del mismo; la finca cuenta con excelente acceso a sus instalaciones, así como con energía eléctrica y agua. Sin embargo, la finca no cuenta con sistema de riego lo que implica que los rendimientos en la producción de pasto se vean afectados, por ello, se realizó el diseño de un sistema de riego acorde a las necesidades del cultivo y a las condiciones de la finca.

Se realizó un levantamiento topográfico del área de trabajo y la fuente de abastecimiento de agua, se realizó con la utilización del GPS en donde se delimitó un área de riego de 1 mz; el diseño agronómico en el cual se centra en la obtención de la información para conocer las necesidades hídricas del cultivo y de igual manera cumplir con los requerimientos diarios necesarios para su óptimo desarrollo, obteniendo como dato importante un déficit hídrico de 5.05 mm/día; el diseño geométrico e hidráulico se realizó utilizando el software AutoCAD, en el cual se logró el dimensionamiento de la red, desde la fuente de abastecimiento, contando con una bomba hidráulica marca Franklin Electric con una potencia de 5HP la cual alimentara todo el sistema.

Como información adicional para realizar este diseño se tomaron datos de la ficha técnica del aspersor Jolly con diámetro de la boquilla de 12 mm, el cual trabaja a una presión de 3 bares, con una capacidad de 8.83 m³/h, etc. Finalmente se realizó el presupuesto del proyecto, el cual tiene un costo de inversión inicial de 2,021.98 dólares estadounidenses.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	2
III. JUSTIFICACIÓN	3
IV. OBJETIVOS	4
4.1. Objetivo General	4
4.2. Objetivos Específicos	4
V. MARCO TEÓRICO	5
5.1. Generalidades del cultivo	5
5.2. Origen	5
5.3. Taxonomía del cultivo	5
5.4. Aspectos morfológicos del cultivo	6
5.5. Variedades de sorgo	6
5.6. Condiciones agroecológicas	8
5.7. Requerimientos hídricos.....	8
5.8. Plagas y enfermedades.....	9
5.8.1. Plagas.....	9
5.8.2. Enfermedades y su control	9
5.9. Situación del riego en Nicaragua	11
5.10. Riego para pastos.....	12
5.11. Riego por Aspersión	13
5.12. Información a considerar en el diseño de riego	13
5.12.1. Topografía	14
5.12.2. Fuente de agua para riego	14
5.12.3. Ubicación.....	14
5.13. Clasificación de los sistemas de riego por aspersión.....	15
5.14. Cañones de riego.....	16
5.14.1. Componentes de los cañones de riego	17
5.14.2. Recomendaciones para el diseño y manejo.....	18
5.15. Unidad de bombeo.....	19
5.15.1. Potencia requerida por la bomba	19
5.16. Ventajas e inconvenientes del riego por aspersión	19

VI. DISEÑO METODOLÓGICO.....	22
6.1. Diseño de la investigación.....	22
6.1.1. Según el enfoque.....	22
6.1.2. Según el alcance	22
6.1.3. Según la ocurrencia.....	22
6.2. Área de estudio	22
6.2.1. Macro localización	22
6.2.2. Micro localización	24
6.3. Metodología	25
6.3.1. Etapa 1. Determinación de parámetros.	25
6.3.2. Etapa 2. Diseño agronómico	27
6.3.3. Etapa 3. Diseño Geométrico.....	36
6.3.4. Etapa 4. Diseño hidráulico.....	36
6.3.5. Etapa 5. Presupuesto del proyecto.....	40
VII. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	41
7.1. Determinación de los parámetros de diseño	41
7.2. Diseño agronómico riego por aspersión semi móvil.....	43
7.3. Diseño geométrico para el riego por aspersión semi móvil	52
7.4. Diseño hidráulico riego por aspersión semi móvil	57
7.5. Presupuesto del proyecto.....	63
7.5.1. Materiales a utilizar en el sistema de riego:.....	63
VIII. CONCLUSIÓN	68
IX. RECOMENDACIONES	70
X. BIBLIOGRAFÍA	71
XI. ANEXOS	I

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Datos de suelo.....	42
Cuadro 2. Coeficiente del cultivo.....	45
Cuadro 3. Resumen de los resultados del diseño agronómico	51
Cuadro 4. Coeficiente de los materiales de tubería.....	57
Cuadro 5. Caudal máximo permisible según el diámetro de tubería.....	58
Cuadro 6. Carga total máxima.....	61
Cuadro 7. Resultado de las perdidas por fricción permisibles.....	62
Cuadro 8. Materiales a utilizar en el sistema de riego.....	65
Cuadro 9. Datos técnicos del proyecto de riego.....	65
Cuadro 10. Costo del equipo de riego.....	66
Cuadro 11. Costo de tubería PVC y accesorios PVC.....	67
Cuadro 12. Costo de instalación (operación)	67
Cuadro 13. Costo total del proyecto	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Macro localización.....	23
Figura 2 Micro localización	24
Figura 3 Levantamiento del área de estudio	26
Figura 4 Determinación de la evapotranspiración del cultivo	44
Figura 5 Área de estudio y curvas a nivel	52
Figura 6 Curvas a nivel del área de diseño	53
Figura 7 Área de diseño	54
Figura 8 Diseño de tuberías laterales y secundarias más hidrantes	55
Figura 9 Diseño de tuberías en espera	56

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Lámina de riego	28
Ecuación 2 Lamina neta	28
Ecuación 3 Lamina bruta.....	29
Ecuación 4 Frecuencia de riego	29
Ecuación 5 Caudal requerido	30
Ecuación 6 Intensidad de aplicación	31
Ecuación 7 Caudal por hectárea	31
Ecuación 8 Caudal total	32
Ecuación 9 Turnos de riego.....	32
Ecuación 10 Área por turnos de riego	33
Ecuación 11 Frecuencia de riego	33
Ecuación 12 Lamina de aplicación	34
Ecuación 13Tiempo de puesta	34
Ecuación 14 Jornada de riego.....	35
Ecuación 15 Pérdidas por fricción en la tubería de conducción	37
Ecuación 16 Pérdidas por fricción en el lateral de riego.....	37
Ecuación 17 Perdida máxima permitida en el lateral.....	38
Ecuación 18 Velocidad en la tubería en función del caudal	38
Ecuación 19 Diámetro de la tubería de conducción y lateral.....	39
Ecuación 20 Potencia del equipo de bombeo para motor de combustión	39
Ecuación 21 Calculo del número de tubos	40

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Especificaciones del aspersor Jolly	I
Anexo 2 Curva de rendimiento de la bomba	II
Anexo 3 Cotización de accesorios PVC	III
Anexo 5 Aspersor Jolly.....	V
Anexo 4 Hidrante.....	V
Anexo 6 Tubería PVC	VI
Anexo 7 Trípode HG	VI

I. INTRODUCCIÓN

Según datos de la Organización para la cooperación y el desarrollo económico (OCDE), el 70% de la superficie del planeta es agua. De este porcentaje el agua dulce representa apenas el 3.5% versus el 96.5% que es agua salada. Del total de agua dulce disponible, $\frac{3}{4}$ es utilizado por la agricultura. Es por ello la importancia de utilizar métodos de riego mucho más eficientes como el riego tecnificado (IPESA HYDRO, 2020).

A lo largo de la historia de la agricultura el riego ha sido un factor importante para la producción de alimentos y pastos, para el cultivo de pastos el riego, especialmente el riego por aspersión el cual consiste en aplicar el agua simulando una lluvia, conseguido gracias a la presión en que fluye el agua dentro de un sistema de tuberías; el cual a su vez garantiza economizar terreno por su largo alcance, permite regar en parcelas con poca nivelación y disminuye la erosión del suelo (L, 2001).

El sorgo es un cultivo resistente a la sequía y el calor, se adapta bien a regiones en donde las precipitaciones son escasas debido al cambio climático, sin embargo, también es un cultivo que debe regarse para satisfacer sus necesidades hídricas, el sorgo requiere 25 milímetros de lluvia para una buena producción después de la siembra, 375 milímetros durante el desarrollo hasta la floración y 90 milímetros hasta el llenado de grano (INTA, 2009).

Con este estudio se realiza una propuesta de diseño de sistema de riego semi móvil por cañones para el cultivo de sorgo, cultivo que será utilizado para el comercio local y la alimentación de ganado de doble propósito, dicho trabajo se llevó a cabo en la finca La Esperanza la cual está ubicada en Cofradía, municipio de Tipitapa, tomando en cuenta las características edafoclimáticas imperantes en la zona y las necesidades hídricas que tiene la planta según sus características.

II. ANTECEDENTES

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 (Sandoval Guerrero & Somarriba Castro, 2015).

En la década de los años 80 el Gobierno promueve e implementa el plan contingente y se introducen los sistemas de riego por aspersión con pivote central automatizado, de 200 pivotes distribuidos en proyectos ya existentes y nuevos por la falta de mantenimiento muchos de estos se deterioraron, dejados en abandonados o simplemente ya no existen (Sandoval Guerrero & Somarriba Castro, 2015).

(Marroquín, 2012) Llevo a cabo un estudio sobre la comparación del cañón viajero contra el cañón estacionario en riego por aspersión. Cuyos resultados fueron, que el cañón viajero tiene una inversión económica inicialmente baja para su instalación y que el consumo de energía es directamente proporcional a la carga dinámica total.

(Montealegre, 2009) Presenta la evaluación de los sistemas de riego por cañones en las fincas, Bosques de Oro, Monte Largo, Miraflores, Hugar y campirano del Ingenio Monte Rosa, que se realizó mediante el cálculo de la lámina real aplicada de los sistemas de riego, se determinó la uniformidad de distribución UD, se estimó el coeficiente de uniformidad de Christiansen CU.

La finca en la que se desarrolla este proyecto no cuenta con sistema de riego para la producción de forraje, alimento principal del ganado de doble propósito, el cual a su vez es la mayor fuente de ingresos del productor, es por ello que surge la necesidad de elaborar una propuesta de diseño que cuente además con un presupuesto final del proyecto.

III. JUSTIFICACIÓN

Nicaragua tiene alrededor de 1.2 millones de hectáreas de tierra con potencial para riego, en áreas llanas, según el sistema de información sobre el uso del agua en la agricultura de la organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (Bejarano, 2018).

En Nicaragua el sorgo forrajero sureño (*Sorghum vulgare*) tiene una importancia significativa en la economía, tanto para la alimentación de ganado como para la comercialización de pacas de heno, es por ello que la finca La Esperanza se ha dedicado a la producción de este cultivo con el propósito de aumentar la calidad del ganado de doble propósito.

Actualmente, la finca no cuenta con un diseño del sistema de riego para el cultivo de sorgo sureño siendo este fundamental para que el suelo tenga una adecuada humedad en el momento de la siembra y lograr una emergencia rápida y homogénea, y con ello, una buena implantación del cultivo, por lo cual en el siguiente trabajo se presenta el diseño del sistema de riego semi móvil con cañones con el propósito de aumentar la producción y la calidad de dicho cultivo, así como también la del ganado de doble propósito.

En un trabajo práctico elaborado por (Picado Reyes, 2020) cita a Nisperuza, E; Córdoba, G. & Bruzon, H, (1985), quienes en su libro de riego para pastos explican que: para el cultivo de pasto, el riego por aspersión semi móvil garantiza economizar terreno al regar por su largo alcance, puede utilizarse en terrenos de cualquier tipo de pendiente sin peligro de erosión y sin necesidad de nivelación, economiza mano de obra pues el operador no necesita permanecer en el lote, y es un riego económico y eficaz.

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Diseñar un sistema de riego por aspersión semi móvil para el cultivo de sorgo sureño en la finca La Esperanza, ubicada en el pueblo Cofradía, municipio de Tipitapa; departamento de Managua.

4.2. Objetivos Específicos

- Delimitar los parámetros que influyen en el diseño del sistema de riego por aspersión semi móvil para el cultivo de sorgo.
- Realizar el diseño agronómico, geométrico e hidráulico para el sistema de riego por aspersión semi móvil para el cultivo de sorgo.
- Determinar los costos de inversión y operación del sistema de riego por aspersión semi móvil para el cultivo de sorgo.

V. MARCO TEÓRICO

5.1. Generalidades del cultivo

El sorgo es una gramínea de origen tropical que ha sido adaptada, a través del mejoramiento genético, a una gran diversidad de ambientes, siendo considerado uno de los cultivos mundiales de seguridad alimentaria. Presenta un sistema radical muy desarrollado y profundo que le permite muy buena exploración del perfil del suelo por un lado que contribuye a mejorar la estructura del mismo, ayudando a mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas (INTA, 2011).

5.2. Origen

No se sabe cuándo se cultivó por primera vez el sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench, pero Murdock (1959) sugiere que, así como otros cultivos de África occidental, fue domesticado en África oriental hace más de siete mil años. Se piensa que no llegó a la India antes del año 1500 a.C. y a la China alrededor del 900 d.C (Paul, Agronomía del sorgo, 1990).

(Valenzuela, 2009) Afirma que: “El Sorgo forrajero (*Sorghum vulgare*) es una planta con tasas altas de fotosíntesis, la mayoría de las variedades requieren temperaturas superiores a 21°C para un buen crecimiento, el cultivo tolera mejor la sequía y el exceso de humedad del suelo”

5.3. Taxonomía del cultivo

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Poales

Familia: Gramínea (Poaceae)

Sub-Familia: Panicoideae

Tribu: Andropogoneae

Sub- Tribu: Andropogoninae

Género: Sorghum

5.4. Aspectos morfológicos del cultivo

- Raíz: Su sistema radicular es abundante y muy desarrollado, puede alcanzar profundidades hasta de 1.50 m, lo cual le permite extraer agua y nutrientes de capas más profundas.
- Tallo: Generalmente son resistentes, recubiertos de una cera de color blanquecino denominado Pruina. Su altura oscila entre 1 y 1.8 m, de acuerdo a esta podemos clasificar los sorgos en bajos, medianos y altos.
- Hojas: En forma de lanza, de 0.50 a 1 m de largas y de 5 a 12 cm de anchas. El número de hojas activas por planta oscila entre 6 y 10.
- Flores: Son hermafroditas, el polen del sorgo pierde su viabilidad rápidamente.
- Panoja o panícula: Esta puede ser cerrada, semi abierta o abierta; el largo puede estar entre los 20 y los 35 cm. La excursión varía de 0 a 30 cm.
- Granos: Pueden ser pequeños, medianos o grandes, su coloración puede ser café rojizo, naranja, amarillo, bronceado, crema o blanco. (Parra, 1990)

5.5. Variedades de sorgo

Entre las variedades de sorgo se distinguen sorgos tardíos, medios y precoces o cortos. Las variedades precoces, presentan un ciclo de una duración total de unos 100 días, con unos 68-75 días hasta la floración. Las variedades intermedias, presenta un ciclo de hasta 120 días, con 68-80 días hasta la floración y las

variedades de ciclo largo presentan una duración total de más de 120 días con 72-82 días hasta la floración (Gutiérrez Palacios, 2004).

Las variedades de sorgo más cultivadas en Nicaragua son:

- **Variedad Pinolero 1**: color blanco semicristalino, tolerante a sequía, tarda de 110 a 120 días para cosecharse, con rendimientos de 70 a 75 quintales por manzana, excelente para la producción de forraje (Campos Martínez & Carranza Sánchez, 2015).
- **Hibrido INTA ESHG-3**: es un híbrido de grano blanco, rinde entre 72 y 122 quintales por manzana dependiendo de las condiciones ambientales, es resistente al acame y el follaje se mantiene verde al momento de la madurez fisiológica (Campos Martínez & Carranza Sánchez, 2015).
- **Variedad INTA CI 0943**: es de doble propósito, rinde 56 quintales por manzana de grano y 20 toneladas por manzana de rastrojo después de cosechar el grano. El ganado no desperdicia nada cuando se alimenta de esta variedad en comparación con otros sorgos (Campos Martínez & Carranza Sánchez, 2015).
- **Variedad INTA CI 0947**: el INTA generó esta variedad mejorada de doble propósito, con el gen BRM, rinde 55 quintales de grano por manzana y 18 toneladas por manzana de rastrojo después de cosechar el grano (Campos Martínez & Carranza Sánchez, 2015).

Existen además tres tipos de sorgo cultivados en Nicaragua distinguidos en las estadísticas de producción: sorgo industrial, sorgo maicillo y sorgo millón. El sorgo industrial (grano rojo) se utiliza para la fabricación de alimento balanceado para animales; el sorgo maicillo (sorgo de ciclo corto y grano blanco) que es para la alimentación humana; el sorgo millón (sorgo criollo) que es fotoperiódico y se destina para varios fines (Gutiérrez Palacios, 2004).

5.6. Condiciones agroecológicas

El sorgo tiene una altura de 1 a 2 m, tiene inflorescencias en panojas y semillas de 3 mm, esféricas y oblongas, de diferentes colores como color negro, rojizo y amarillento, su sistema radicular puede llegar a terrenos permeables a 2 m de profundidad, sus hojas tienen estambres y pistilos (Gladys Edith Campos Martinez, 2015).

Para la germinación del grano de sorgo necesita una temperatura de 12 a 13 °C, por lo que su siembra se hace de 3 a 4 semanas después del maíz, su crecimiento no es verdaderamente activo hasta que sobrepasa los 15 °C, situándose el óptimo a los 32 °C (Campos Martínez & Carranza Sánchez, 2015).

El sorgo es una planta de días cortos, la mayoría de las variedades e híbridos requieren temperaturas superiores a 210 °C, para un buen crecimiento, ya que son muy sensibles las temperaturas bajas. Aproximadamente el 90% del crecimiento del grano se debe a la fotosíntesis en las cuatro hojas superiores (Campos Martínez & Carranza Sánchez, 2015).

5.7. Requerimientos hídricos

La evapotranspiración total (uso de agua) del sorgo varía desde los 500 mm a 550 mm para la campaña agrícola. El uso diario de agua por el sorgo varía desde 2 mm/día durante las etapas iniciales de crecimiento hasta 6.5 mm/día en los días antes de la maduración. Luego baja hasta 3 mm/día en los días antes de la maduración completa (INTA, 2006).

La zona radicular del sorgo profundiza más de un metro si el suelo no tiene mucha compactación. El suelo de textura franca a franca arcillosa retiene alrededor de 200 mm de agua por metro de profundidad. De esta de 100 a 120 mm se pueden agotar sin afectar el rendimiento (INTA, 2006).

5.8. Plagas y enfermedades

5.8.1. Plagas

- Gallina ciega (*phyllophaga* spp): es un insecto masticador, las larvas pequeñas no causan daño al cultivo, las larvas grandes se alimentan de las raíces y afectan la capacidad de la planta para absorber agua y nutrientes, hasta ocasionar la muerte. En la fase adulta se desarrollan como escarabajos grandes o medianos, los daños se observan como parches bien definidos de plantas muertas en la plantación (INTA, 2009).
- Gusano alambre (*Epitragus sallei*): son larvas subterráneas que dañan raíces y hacen galerías en los tallos hasta dejar orificios que permiten la entrada de microorganismos que causan pudriciones, los adultos cortan y dañan los tallos jóvenes (INTA, 2009).

Las larvas son alargadas, en forma de alambre, de color cremoso, cabeza color café. Los adultos son escarabajos de color gris opaco o negro y miden de 5 a 8 cm (INTA, 2009).

- Coralillo (*Elasmopalpus lignosellus*): el coralillo es conocido como barrenador menor del tallo, taladrador de la raíz o gusano saltarín. Se encuentra sobre todo en la época de primera y con mayor incidencia en la zona norte de Nicaragua.

5.8.2. Enfermedades y su control

El sorgo es atacado por diferentes enfermedades que afectan el rendimiento y calidad del grano, varían en severidad año con año. Estudios realizados muestran que el control químico de las enfermedades del sorgo no es viable, excepto mediante el tratamiento a la semilla (INTA, 2009).

Para las enfermedades: tizón de la panoja, pudriciones radicales; pueden ser útiles métodos culturales de control dentro de un programa de manejo integrado de rotación de cultivo.

- Pudrición de la semilla y la plántula: existen un complejo de patógenos que afectan tanto a la semilla como a la plántula. Un efecto del ataque de patógenos de suelo es la baja germinación de la semilla. Los síntomas más frecuentes a nivel de plántula son: lesiones necróticas en raíces y tallos, presencia de clorosis y marchitamientos.
- Enfermedades foliares: las enfermedades foliares que prevalecen en zonas sorgueras de Nicaragua son en su mayoría de origen fungoso, entre las que destacan: Mancha gris de la hoja causada por el hongo (*Cercospora Sorghi Ellis y Everhart*), *Antracnosis (Colletotrichum graminicola)* y Mancha zonada de la hoja (*Gloeocercospora sorghi*)

La coloración de las lesiones en el sorgo depende de la pigmentación del genotipo. Esta puede variar de roja a oscura, purpura, café claro o canela. En general las enfermedades foliares en infecciones tempranas (etapa vegetativa) y alta severidad, ocasionan pérdidas en el rendimiento del grano (INTA, 2009).

- Mancha gris (*Cercospora sorghi*): el síntoma inicial de la mancha gris son pequeñas manchas rojas sobre las hojas. Estas se agrandan para formar lesiones rectangulares paralelas a las nervaduras. Las lesiones pueden estar aisladas o juntas en forma de franjas longitudinales o manchas irregulares. En ataques severos puede afectar la parte superior del tallo y cogollo.
- Antracnosis (*Colletotrichum graminicola*): los síntomas típicos son manchas pequeñas que varían de forma elíptica a circular. Estas manchas

desarrollan centros grises o pajizos son bordes de color púrpura, rojo o canela (INTA, 2009).

- Mohos del grano: los principales hongos asociados a mohos de la panoja en sorgo, reportados en Nicaragua son: *Fusarium moniliforme*, *Colletotrichum graminicola*, *Curvularia lunata*, *Alternaria spp.*, *Phoma spp.*, *Helminthosporium turcicum*. *Aspergillus parasiticus*.

Los mohos del grano producen decoloración, es así que la afectación de *Fusarium* se asocia a la presencia de micelio (vellosidad) de color blanco, rosado o naranja salmón (INTA, 2009).

5.9. Situación del riego en Nicaragua

El Sistema de Información sobre el Uso del Agua en la Agricultura (AQUASTAT) de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) En un trabajo de investigación realizado por el Nuevo Diario afirma que, de 1.2 millones de hectáreas que tiene Nicaragua, solamente 144,136 hectáreas fueron efectivamente irrigadas en el 2011, es decir, el 11.9% del área total (Bejarano, 2018).

De acuerdo al IV Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO), realizado entre 2010 y 2011, en Nicaragua, de un total de 262,546 fincas agropecuarias que existían solo 11,598 contaban con sistema de riego, es decir el 4.41%. Así mismo, ese censo agropecuario, el más reciente que existe en el país, refleja que el 83.4% de las unidades agropecuarias tienen distintas fuentes de agua, que las hacen potencialmente irrigables (Bejarano, 2018).

El representante de la FAO en Nicaragua, Iván Felipe León, dijo recientemente, en una entrevista con El Nuevo Diario, que este país es el “que más agua continental tiene de Centroamérica”. León subrayó que hay que avanzar mucho en Nicaragua

en los mecanismos de captura o cosecha del agua, y en la infraestructura de sistemas de riego (Bejarano, 2018).

“Eso es fundamental, hay un dato que acaba de pasar el Ministerio de Agricultura de Nicaragua, sobre la disponibilidad de riego en las unidades productivas del país y es menor al 10% Ahí hay una brecha importante para trabajar, porque el riego es el que va a garantizar la capacidad productiva y los rendimientos”, insistió León (Bejarano, 2018).

Uno de los factores que afectan la irrigación en Nicaragua es el poco conocimiento que tienen los pequeños y medianos productores sobre los distintos sistemas de riego, lo que da libertad a los pensamientos negativos como el alto costo de la inversión inicial o la ignorancia respecto al uso, instalación y eficiencia del sistema.

Se necesita de más asistencia técnica que permita la oportunidad de demostrarle al productor que con la utilización de un sistema de riego no solo incrementara su producción, sino que también puede cultivar en épocas secas.

5.10. Riego para pastos

El agua es uno de los principales elementos que necesitan los pastos para su crecimiento y producción. Cuando hay épocas en las cuales disminuye considerablemente la cantidad de agua almacenada en el suelo, es necesario proporcionar esa agua a través del riego para así asegurar la subsistencia de los pastos (Nisperuza, Cordoba, & Bruzón, 1985).

Los métodos de riego más recomendados para regar cultivos de pastos son el riego por inundación y el riego por aspersión. El método de riego por inundación es aquel en el cual toda la superficie regada, se cubre temporalmente por medios artificiales, con una capa de agua de unos centímetros de espesor. Este método solo se puede realizar en terrenos más o menos planos, con pendientes o

inclinaciones inferiores al 2%. Su mayor desventaja son los grandes requerimientos de agua (Nisperuza, Cordoba, & Bruzón, 1985).

El riego por aspersión es aquel en el cual el agua se aplica al suelo en forma de llovizna, la que se produce mediante el paso del agua a presión constante a través de tuberías de las que sale por orificios diminutos. La presión en este método de riego se obtiene por medio de energía (Nisperuza, Cordoba, & Bruzón, 1985).

Al regar los pastos se busca proporcionar la humedad necesaria para que este se desarrolle adecuadamente, asegurar buen forraje en las épocas de sequía, deshacer o disolver las sales contenidas en el suelo y, por último, mejorar las condiciones del suelo para lograr un desarrollo adecuado del pasto (Nisperuza, Cordoba, & Bruzón, 1985).

5.11. Riego por Aspersión

El riego por aspersión consiste en aplicar el agua al suelo simulando una lluvia. Este efecto es conseguido gracias a la presión en que fluye el agua dentro de un sistema de tuberías y es expulsada al exterior a través de las boquillas de un aspersor (Peralta A & Simpfendörfer L, 2001).

Normalmente, la presión requerida para el riego por aspersión se obtiene a partir de bombas hidráulicas las cuales aspiran el agua desde un canal, río o pozo. Sin embargo, el sistema también puede operar sin bombas cuando la fuente de agua se encuentra en una posición más elevada que el terreno a regar (Peralta A & Simpfendörfer L, 2001).

5.12. Información a considerar en el diseño de riego

Para poder proyectar un sistema de riego por aspersión, se requiere de información básica como: agua, planta, suelo, aspectos climáticos y socio

económicos. Al no existir regla alguna acerca de los casos en que deberá o no aplicarse el riego por aspersión.

5.12.1. Topografía

El plano planimétrico del terreno deberá brindar la información de la forma, tamaño y límites de la propiedad, también la ubicación y trazado del sistema general del riego que abastece el predio y otros detalles de interés como, estructura, acequias internas, accidentes topográficos, cauces naturales o artificiales, ubicación de la toma de agua para riego, etc.

El plano altimétrico deberá presentar el desnivel del terreno, en lo posible figurar las cotas de las tomas de agua, obras hidráulicas existentes o de otros detalles que puedan servir como apoyo al momento de proyectar el sistema de riego.

5.12.2. Fuente de agua para riego

Puede ser superficial, subterránea o combinada, para lograr una alta eficiencia en la distribución del agua en forma de lluvia se requiere de un caudal continuo. Las características que más influyen en el diseño y operación del riego por aspersión son: ubicación, calidad química y agronómica del agua, costo del agua y volumen de agua disponible.

5.12.3. Ubicación

Es la característica de gran influencia para tomar decisiones en el diseño y entre los factores más importantes a considerar están: diferencia de nivel, distancia, relieves topográficos entre la fuente de agua y el terreno a regar.

5.13. Clasificación de los sistemas de riego por aspersión

Los sistemas de aspersión suelen clasificarse según el grado de movilidad de los diversos componentes que integran el sistema, se clasifican en dos grupos: sistemas estacionarios y sistemas de desplazamiento continuo (Gómez, 2010).

- **Sistemas estacionarios:** Son aquellos que permanecen fijos mientras riegan. A su vez se pueden clasificar en móviles, semifijos y fijos.
 - **Móviles:** Son aquellos en los que todos los elementos de la instalación son móviles: tuberías primarias, secundarias y terciarias, si las hubiera, ramales de aspersión, porta aspersores y aspersores. También el equipo de bombeo puede ser móvil, normalmente accionado por un motor de combustión conectado a la toma de fuerza de un tractor, que se va desplazando (Gómez, 2010).
 - **Semifijos:** Son aquellos que normalmente tienen fijos el equipo de bombeo y la red de tuberías principales, las cuales suelen ir enterradas. También en caso de existir tuberías secundarias y terciarias, irían enterradas. Pueden ser a su vez: De tubería móvil, cuando el ramal de aspersión se cambia de toma o boca de riego con los cambios de posturas de riego (Gómez, 2010).
 - **Fijos:** Son aquellos sistemas que mantienen inmóviles todos los elementos que componen la instalación. Son sistemas de cobertura total, en los que los aspersores mojan toda la superficie que compone una unidad de riego (Gómez, 2010).
- **Sistemas fijos temporales,** los cuales se instalan al principio de la campaña de riego y se retiran al final de la misma, lo que implica que los ramales y sus

tuberías de alimentación se encuentran sobre la superficie del terreno (Gómez, 2010).

- Sistemas de desplazamiento continuo: Son aquellos sistemas que se encuentran en movimiento mientras aplican el agua. Los más usuales son los pivotes, los laterales de avance frontal y los cañones enrolladores (Gómez, 2010).
- Pivotes o “pívo”: Son equipos de riegos autopropulsados que están constituidos fundamentalmente por una estructura metálica (ala de riego) que soporta la tubería con los emisores. La máquina gira alrededor de un extremo fijo (punto pivote), por donde recibe el agua y la corriente eléctrica y en donde se sitúan los elementos de control (Gómez, 2010).
- Laterales de avance frontal: Este sistema es más conocido como “ranger” y su estructura es semejante a la del sistema “pívo”. Consiste en un ala de riego que se desplaza frontalmente regando superficies de forma rectangular. Uno de los extremos del ala sirve de captación de agua y energía eléctrica, es autopropulsado y provoca el avance del ala de riego (Gómez, 2010).

5.14. Cañones de riego

Utiliza aspersores de impacto de gran tamaño, denominados “cañones”, que trabajan a altas presiones y mojan grandes superficies de terreno. Van instalados sobre un carro o patín adaptable a distintas anchuras y alturas, según lo requiera el cultivo, y conectado al suministro de agua mediante una manguera (Gómez, 2010).

La modalidad más usada es la de cañones enrolladores, constituidos por un cañón instalado sobre un carro o patín con ruedas arrastrado por la propia manguera, que se enrolla en un tambor accionado por la propia presión del agua. Estos

sistemas están indicados para climas y cultivos en donde la lluvia permite espaciar los riegos, o bien donde se necesitan riegos de apoyo.

Una de las ventajas de este sistema es el impacto de grandes gotas sobre el cultivo y el suelo, sobre todo cuando el cultivo se encuentra en germinación, fase inicial de desarrollo o floración. Por último, son sistemas muy afectados por el viento, debido a la gran altura y longitud que alcanza el chorro de agua, lo que supone uniformidad de aplicación más baja que otros sistemas de aspersión (Gómez, 2010).

5.14.1. Componentes de los cañones de riego

- Los cañones: Son grandes aspersores giratorios, de brazo oscilante o de turbina, contruidos para resistir el elevado caudal de descarga y presión de trabajo (Peralta A & Simpfendörfer L, 2001).
- Las boquillas: Las boquillas son cónicas (de plástico o metálicas) o de anillos. Las primeras forman un chorro de mayor alcance y convienen usarla en caso de regar con viento, en cambio las segundas, producen una mayor distorsión del chorro, rompiéndose antes en gotas y disminuyendo su alcance, no obstante, tienen la ventaja de una buena rotura de chorro a baja presión.
- El tubo del cañón: suele llevar unos álabes fijos en su interior para encauzar las líneas de corriente del fluido y conseguir un chorro más compacto, que tiene mayor alcance. Los ángulos menores tienen poco alcance, y los mayores son más afectados por el viento.
- Mecanismos de propulsión: Los cañones de riego pueden moverse propulsados por un motor de explosión o por la toma de fuerza del tractor, pero lo más frecuente es que lleven un motor hidráulico accionado por la

propia corriente de agua, existiendo dos variantes: de pistón o fuelle y de turbina (Peralta A & Simpfendörfer L, 2001).

- Mecanismos de turbina: Son los mecanismos más frecuentes en los carretes. No consumen agua, pero producen una pérdida de carga en el flujo principal de unos 5 a 10 m.c.a. La turbina es alimentada por una parte de caudal principal o por todo él y transmite el giro al tambor de enrollamiento a través de una caja de engranajes o un sistema de poleas (Peralta A & Simpfendörfer L, 2001).

5.14.2. Recomendaciones para el diseño y manejo

- Estos cañones trabajan a presiones de 40 a 100 m.c.a., con descargas de 20 a 170 m³ /h, y pueden regar franjas de más de 100 m de ancho por 500 m de largo en una postura. La pluviometría suele variar entre 5 y 35 mm/h (Peralta A & Simpfendörfer L, 2001).
- Si la máxima diferencia de presión entre las distintas posiciones de riego en la parcela supera el 20% de la presión de trabajo, es necesario instalar un regulador de presión antes del cañón.
- El ángulo de descarga óptimo está en torno a 21° - 23°
- El ángulo óptimo del sector regado está entre 200° - 220°
- Durante la germinación o floración puede ponerse una boquilla más pequeña o de tipo arandela para que pulverice más el chorro (Peralta A & Simpfendörfer L, 2001)

5.15. Unidad de bombeo

Para extraer agua de grandes profundidades se requiere una bomba de agua que genere velocidad y presión para que pueda llegar a la superficie. La energía eléctrica aplicada a la bomba produce energía mecánica que impulsa el agua a cierta altura.

Las bombas sumergibles son dispositivos indispensables en muchos entornos ya que, están diseñadas para extraer agua de fuentes subterráneas como pozos y cisternas y suministrar un flujo de agua constante. (RIMESA, 2020)

El funcionamiento de una bomba sumergible se basa en principios mecánicos y eléctricos que permiten el desplazamiento y la extracción del agua. Estas están equipadas a su vez con un motor sumergible sellado herméticamente que se sumerge en el agua. El motor es alimentado por energía eléctrica a través de un cable resistente al agua. (RIMESA, 2020)

5.15.1. Potencia requerida por la bomba

La energía que entrega la bomba al fluido se conoce como potencia. De este modo, la potencia en el eje de la bomba, considerando su eficiencia, es aquella que corresponde para elevar una determinada masa de agua por unidad de tiempo, comunicándole cierta presión al fluido para vencer la carga magnética. (Jara, Valenzuela, & Claudio, 2017)

5.16. Ventajas e inconvenientes del riego por aspersión

Las ventajas del riego por aspersión se derivan principalmente de dos aspectos fundamentales:

- El control de riego sólo está limitado por las condiciones atmosféricas (pérdidas por evaporación o arrastre y efecto del viento sobre la uniformidad de reparto).
- La uniformidad de aplicación es independiente de las características hidrofísicas del suelo.

Las principales ventajas pueden ser:

- Puesto que la dosis de riego únicamente es función del tiempo de cada postura, puede adaptarse tanto a dosis grandes como a dosis pequeñas.
- Al poder modificar fácilmente la pluviometría es capaz de adaptarse a terrenos muy permeables (más de 30 mm/h,) o muy impermeables, e incluso a terrenos con características heterogéneas.
- No necesita nivelaciones, adaptándose a topografías onduladas. Esto permite conservar la fertilidad natural del suelo.
- En el interior de las parcelas no necesita, en general, ningún tipo de sistematización, lo que permite una buena mecanización. Únicamente en el caso de sistemas con tuberías en superficie durante la campaña de riegos dificultaría esta mecanización.
- Se adapta a la rotación de cultivos y a los riegos de socorro. En el primer caso con la condición de que el dimensionamiento se realice para el cultivo más exigente. Dada la eventualidad de los riegos de socorro, los sistemas que mejor se adaptan serán los móviles o semifijos (sobre todo aquellos con gran radio de acción, como los cañones de riego).
- Dosifica de forma rigurosa los riegos ligeros, lo cual es importante en nacencia por la posibilidad de ahorrar agua. Pueden conseguirse altos

grados de automatización, con el consiguiente ahorro de mano de obra, a costa normalmente de una mayor inversión.

- En algunas modalidades permite el reparto de fertilizantes y tratamientos fitosanitarios.
- Evita la construcción de acequias y canales, aumentando la superficie útil, a la vez que es más cómodo y de más fácil manejo que el riego por superficie.
- Los sistemas móviles o semifijos requieren menos inversión, pero no pueden adaptarse al riego en bloques, que consiguen mayor uniformidad y eficiencia de riego, ni a los riegos de alta frecuencia.

Los principales inconvenientes pueden ser:

- Interferencias sobre los tratamientos, por el lavado de los productos fitosanitarios que protegen la parte aérea del cultivo. Es preciso establecer la programación de riegos adecuada para evitar estas interferencias.
- Puede originar problemas de sanidad en la parte aérea del cultivo cuando se utilicen aguas salinas o residuales para regar, ya que al evaporarse aumenta la concentración de sales o impurezas en la misma.
- Mala uniformidad en el reparto de agua por la acción de fuertes vientos.
- Los principales problemas suelen ser de carácter económico por las altas inversiones iniciales y los elevados costes de mantenimiento y funcionamiento (energía).

VI. DISEÑO METODOLÓGICO

6.1. Diseño de la investigación

6.1.1. Según el enfoque

El trabajo tiene un enfoque mixto, ya que en este proceso se recolectará, analizará y vinculará datos cuantitativos y cualitativos para el diseño del sistema de riego por aspersión semi móvil para el cultivo de sorgo.

6.1.2. Según el alcance

La investigación es de carácter descriptivo porque se recolectarán datos de campo, esto permitirá realizar los cálculos del diseño para su posterior propuesta del sistema de riego.

6.1.3. Según la ocurrencia

Esta investigación es prospectiva, ya que, se involucra un análisis que se lleva a cabo desde la identificación del problema existente en la finca La Esperanza, el cual es la falta de riego.

6.2. Área de estudio

6.2.1. Macro localización

Tipitapa es el municipio más extenso del departamento de Managua y se encuentra localizado a 22 kilómetros del noreste de la capital. Limita al norte con Ciudad Darío, al sur con Granada, Tisma, Masaya y Nindirí, al este con Teustepe y San Lorenzo y al oeste con Managua, el Lago Xolotlán y San Francisco Libre.

Figura 1

Macro localización



Nota. La figura muestra la ubicación del municipio de Tipitapa, dentro del entorno del departamento de Managua, en dicho municipio se encuentra ubicada la finca La Esperanza

Las actividades económicas del municipio son la agricultura, se cultiva melón, sorgo, maíz, maní y arroz. Así mismo, la ganadería para producción de carne principalmente; se realiza también actividades como la avicultura, escultura, industria y minería no metálica.

Uno de los pueblos de Tipitapa es Cofradía, está situado cerca de San Patricio y la Carbonera en él se encuentra ubicada la finca en la que se llevara a cabo el estudio para el diseño del sistema de riego.

6.2.2. Micro localización

Descripción de la zona de estudio

La finca la esperanza está ubicada en Managua, municipio de Tipitapa. Geográficamente localizada entre las coordenadas en latitud: $12^{\circ} 8'17.61''$ Norte y longitud $86^{\circ} 7'46.07''$ Oeste. A una elevación de 60 (msnm).

Figura 2

Micro localización



Nota: figura elaborada desde Google Earth en donde se representa el área de la parcela con un rectángulo azul, así como también la ubicación de la finca.

6.3. Metodología

Para la realización del diseño de sistema de riego se utilizó la metodología sugerida por las empresas de riego en Nicaragua como Agrologico S.A, Sumitex S.A, y Mc Gregor, empresas especialistas en el diseño e instalación de sistemas de riego para el óptimo desarrollo de la producción agrícola.

6.3.1. Etapa 1. Determinación de parámetros.

El estudio inicia conociendo las condiciones de la finca, actualmente la finca cuenta con un excelente acceso a sus instalaciones, se puede llegar en vehículo o a pie, cuenta con servicios básicos como energía eléctrica y agua potable, tiene un área disponible para siembra de pastos y plátano y un área dedicada a la ganadería, para fines agrícolas se cuenta con un pozo, una bomba, un tractor y una empacadora de heno.

Los parámetros de interés que se determinaron fueron el levantamiento topográfico, la ubicación de la fuente de abastecimiento de agua para irrigación, el tipo de suelo que predomina en el terreno, topografía, así como también las condiciones climáticas de la zona.

A. Levantamiento topográfico

La delimitación de la superficie de cultivo y la fuente de abastecimiento de agua (pozo) se llevó a cabo mediante la utilización de tecnología GPS. Este procedimiento implicó trazar los límites del área designada para la instalación del sistema de riego, identificando los puntos esenciales que posteriormente fueron analizados a través de Google Earth.

Figura 3

Levantamiento del área de estudio



Nota: presentación del levantamiento de puntos de aproximadamente 1 mz de terreno de la finca La Esperanza, figura elaborada desde Google Earth.

B. Agua para riego

El agua destinada para riego es agua subterránea, la finca tiene a su disposición un pozo, del cual el agua está a una profundidad de 32 pie y tiene un caudal de 180 gpm. Esta información fue conocida a través de los técnicos de riego encargados del mantenimiento de la finca.

C. Tipo de suelo

Para conocer el tipo de suelo, se utilizó la información de estudios previos de suelo brindada por el técnico de riego Rolando Sandoval, el cual fue localizado en la finca en donde se realizó el diseño del sistema de riego.

D. Condiciones climáticas

Para conocer las condiciones climáticas de la zona en donde se encuentra ubicada la finca, se visitaron las oficinas del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), para realizar la respectiva solicitud y obtener la información de la estación meteorológica Augusto C Sandino.

6.3.2. Etapa 2. Diseño agronómico

Es la antesala para la realización del diseño geométrico y tiene como propósito la determinación de las necesidades hídricas del cultivo y el riego que mejor se adecue a la zona.

Se calcularon el caudal requerido y caudal disponible una vez obtenido los datos del déficit hídrico del cultivo, el cual se refiere a la cantidad de agua que este necesita para su óptimo desarrollo, posteriormente se calculó la intensidad de aplicación, lo que incluye el caudal y el espaciamiento entre emisores y surcos, para ello se consideró el aspersor Jolly y se determinó el tiempo de riego, la jornada de riego, el número de cambios y la frecuencia de riego, los resultados de esta serie de cálculos son los que se utilizarán en las próximas etapas del diseño.

- **Ecuaciones a utilizar**

- **Lamina de riego**

Expresa la cantidad de agua en exceso que debe aplicarse para compensar las pérdidas por escorrentía, evaporación, arrastre por el viento, percolación, etc y se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$Lr = \frac{Cc - pmp}{100} * pr * Da \quad (1)$$

Ecuación 1 Lámina de riego

Dónde:

- Lr: lamina de riego (mm)
- Cc: capacidad de campo (%)
- Pmp: punto de marchitez permanente (%)
- Pr: profundidad radicular (m)
- Da: densidad aparente

- **Lamina neta**

Es la cantidad de agua aprovechable en donde se tiene en cuenta el nivel de reposición o porcentaje de agotamiento del agua aprovechable para el desarrollo del cultivo y en este caso se determina mediante la siguiente igualdad.

$$Ln = Lr \quad (2)$$

Ecuación 2 Lámina neta

- Ln: Lámina neta máxima (mm)
- Lr: Lámina de riego en (mm)

- **Lamina bruta**

Se calcula por medio de la siguiente ecuación y se puede definir como, las demandas hídricas que dependen del estado de desarrollo en que se encuentre el cultivo desde sus fases iniciales de germinación hasta su cosecha, los cultivos equivalen al cociente entre las necesidades netas y el coeficiente de eficiencia en riego.

$$Lb = \frac{Lr}{Ef. \text{ riego}} \quad (3)$$

Ecuación 3 *Lamina bruta*

Dónde:

- Lb: lamina bruta (mm)
- Lr: lamina de riego (mm)
- Eficiencia de riego (%)

- **Frecuencia de riego**

La frecuencia de riego es aquella que se refiere a la cantidad de veces en la que se puede regar un cultivo establecido en un periodo determinado, preferencialmente en la etapa de crecimiento, se calcula con la siguiente ecuación y el resultado es expresado en días.

$$Frecuencia \text{ de } tiego = \frac{Lr}{Defc.cultivo} \quad (4)$$

Ecuación 4 *Frecuencia de riego*

Dónde:

- Fr: Frecuencia de riego (días)
- Ln: Lámina neta o máxima (mm)
- Defc. cultivo: Déficit del cultivo (mm/día)

- **Agotamiento permisible**

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

- (25 – 40%) en cultivos de raíces superficiales
- (40 – 50%) en cultivos de raíces intermedias
- 60% en cultivos con raíces profundas

- **Caudal requerido**

Se define como la cantidad de agua que la fuente hidráulica puede distribuir de forma constante y suficiente para responder a las necesidades hídricas del cultivo, se calcula con la siguiente ecuación y su unidad de medida es, litros por minutos y/o metros cúbicos por hora.

$$QR = \frac{\text{Área} * Df * 10}{\text{jornada}} \quad (5)$$

Ecuación 5 Caudal requerido

Dónde:

- Qr: caudal requerido (m3/Hr)
- Df: Déficit del cultivo (mm/hr)
- Factor: 10
- Jornada: horas

- **Intensidad de aplicación**

Es la relación que existe entre el agua y el suelo, conocer este valor ayuda a proporcionar la cantidad de agua adecuada y de la forma más óptima para que esta penetre lentamente y así aumentar el tiempo de absorción, su valor resulta de dividir el caudal del emisor entre el espaciamiento entre emisor y entre surco.

$$Ia = \frac{Qi(lph)}{Ei*Es} = \frac{mm}{hr} \quad (6)$$

Ecuación 6 Intensidad de aplicación

Dónde:

- Ia: intensidad de aplicación (mm/hr)
- Qi: caudal del emisor (lph)
- Ei: espaciamiento entre emisor (m)
- Es: espaciamiento entre surco (m)

- **Caudal por hectárea**

Es la cantidad de agua requerida para regar una hectárea, su valor es conocido a través de la multiplicación de la intensidad de aplicación por un factor constante 10 para que su unidad de medida sea en metro cubico por hora.

$$QHA = Ia * 10 \quad (7)$$

Ecuación 7 Caudal por hectárea

Dónde:

- ✓ QHA: caudal por hectárea (m³/hr)
- ✓ Ia: intensidad de aplicación (mm/hr)
- ✓ Factor: 10

- **Caudal total**

Es la suma de todos los caudales que hay en el sistema de riego que corresponde a toda el área de trabajo y se calcula con la siguiente ecuación.

$$QT = \text{Área} * QHA \quad (8)$$

Ecuación 8 Caudal total

Dónde:

- QT: caudal total (m³/hr)
- Área: Hectárea
- QHA: caudal por hectárea (m³/hr)

- **Turnos de riego**

Se compone de dos etapas: la duración, se refiere al tiempo que transcurre mientras cada sector recibe agua en su turno y la frecuencia, la cual se define como el tiempo que transcurre entre un riego y el siguiente, es decir, el momento en que cada sector comienza a recibir agua en un turno y el momento en que comenzara a recibir agua en el turno siguiente, se calcula con la siguiente ecuación.

$$T = \frac{QT}{QR} \quad (9)$$

Ecuación 9 Turnos de riego

Dónde:

- T: turnos de riego (número de posiciones por aspersor)
- QT: caudal total (m³/hr)
- QR: caudal requerido (m³/hr)

- **Área por turnos de riego**

Es la porción de la superficie de suelo de la parcela que se desea regar en un periodo determinado de tiempo, su valor es determinado dividiendo el área entre los turnos de riego.

$$AT = \frac{\text{Área}}{T} \quad (10)$$

Ecuación 10 Área por turnos de riego

Dónde:

- AT: Área por turnos de riego (HA)
- T: turnos de riego (número de posiciones por aspersor)

- **Frecuencia de riego**

Es el tiempo con que se aplica agua a un cultivo en particular en una etapa determinada de crecimiento, este es expresado en días y se determina mediante la ecuación siguiente.

$$FR = \frac{\text{Área}}{EA * N^{\circ}A * CD} \quad (11)$$

Ecuación 11 Frecuencia de riego

Dónde:

- FR: frecuencia de riego (días)
- CD: cambios por día
- Área: m²
- EA: espaciamiento entre aspersores (m²)
- N[°]A: número de aspersores

- **Lamina de aplicación**

Es la cantidad de agua que necesita y se aplica diariamente al suelo para satisfacer las necesidades del cultivo y que este tenga un mejor desarrollo, evitando un déficit hídrico en la planta, se calcula de la siguiente manera.

$$La = Df * FR \quad (12)$$

Ecuación 12 Lamina de aplicación

Dónde:

- La: lamina de aplicación (mm)
- Df: déficit del cultivo (mm/día)
- FR: frecuencia de riego (días)

- **Tiempo de puesta**

Es el tiempo de instalación y revisión del equipo de riego y se conoce a través de la división del déficit del cultivo entre la intensidad de aplicación y su valor es expresado en horas; se puede expresar de la siguiente manera.

$$TP = \frac{DF}{Ia} \quad (13)$$

Ecuación 13 Tiempo de puesta

Dónde:

- TP: tiempo de puesta (horas)
- Df: Deficit del cultivo (mm/día)
- Ia: intensidad de aplicación (mm/hr)

- **Jornada de riego**

Consiste en que el agua está disponible durante un periodo determinado de tiempo y se suministra por rotación previamente programada y es calculada con la ecuación siguiente.

$$JR = TR * TP \quad (14)$$

Ecuación 14 Jornada de riego

Dónde:

- JR: jornada de riego (horas)
- TR: turnos de riego (número de posiciones por aspersor)
- TP: tiempo de puesta (horas)

6.3.3. Etapa 3. Diseño Geométrico

Se delimitó el perímetro del área del sorgo y se realizó el levantamiento topográfico con GPS (Sistema de Posicionamiento Global) lo que permitió conocer la forma del terreno y su pendiente para plasmar un diseño que se adapte a las condiciones de la parcela.

Con los datos obtenidos de los vértices que conforman el polígono se procede a hacer uso de las plataformas Google Earth, Global Mapper y AutoCAD respectivamente, Google Earth es la versión digital con mayor realismo fotográfico de nuestro planeta, se considera un programa que permite viajar por todo el planeta a través de imágenes satelitales, planos, mapas y fotografías en 3D.

Global Mapper es el software que se utilizó para georreferenciar el polígono que se guardó desde Google Earth. Una vez se obtuvo el polígono en Global Mapper se procedió a convertir nuestro archivo en formato DWG (AutoCAD) AutoCAD, Se trata de un programa utilizado habitualmente para el desarrollo y elaboración de complejas piezas de dibujo técnico en dos dimensiones (2D).

6.3.4. Etapa 4. Diseño hidráulico

Esta etapa del diseño se realizó con el método de Hazen Williams, el cual permite determinar la velocidad del agua en las tuberías, así como también las pérdidas máximas permisibles, a través de una serie de ecuaciones y cálculos.

Factores que se consideraron:

- Material de tubería a utilizar, PVC
- Factor de rugosidad 150, factor que corresponde al material de la tubería según especificaciones técnicas.
- Longitud máxima de tubería PVC de conducción desde el equipo de bombeo al último hidrante.
- Caudal de diseño

- Diámetro de tubería
- Diámetro interno de tubería de conducción
- Diámetro interno de tubería del lateral

- **Ecuaciones a utilizar**

- **Pérdidas por fricción en la tubería de conducción**

Se refiere a la energía perdida debido a la resistencia que ofrece la pared interna de la tubería al flujo de agua, Para calcular este valor se utiliza la ecuación de Hazen Williams ya que, esta está recomendada para tuberías circulares llenas y conductos cerrados.

$$hf = \left(\frac{10.679}{C^{1.852}} \right) \left(\frac{L}{D^{4.87}} \right) Q^{1.852} \quad (15)$$

Ecuación 15 Pérdidas por fricción en la tubería de conducción

Dónde:

- 10.679: constante
- C: coeficiente de rugosidad
- L: longitud de la tubería (m)
- D: diámetro interno de la tubería (pulgadas)
- Q: caudal de diseño (m³/seg)

- **Perdidas por fricción del lateral de riego con el método de Hazen Williams**

Al igual que las pérdidas por fricción en la tubería de conducción se calculará con el método de Hazen Williams, en donde la variable que cambia es la longitud del lateral de riego, dicha ecuación se expresa de la siguiente manera.

$$hf = \left(\frac{10.679}{C^{1.852}} \right) \left(\frac{L}{D^{4.87}} \right) Q^{1.852} \quad (16)$$

Ecuación 16 Pérdidas por fricción en el lateral de riego

Aspectos a considerar:

- Material de tubería a utilizar
 - Factor de rugosidad
 - Longitud del lateral de riego (m)
 - Diámetro interno del lateral de riego (pulgadas)
 - Q: caudal de diseño (m³/seg)

- **Pérdida máxima permitida en el lateral**

Este valor de pérdida dependerá de la presión nominal de trabajo en la que operan los emisores de riego y el porcentaje máximo permitido en pérdidas; el cual para el riego por aspersión equivale a 20%, quedando la ecuación expresada de la siguiente manera,

$$H_{fmax} = P_o * 20\% \quad (17)$$

Ecuación 17 Pérdida máxima permitida en el lateral

Dónde:

- P_o : presión de trabajo del aspersor (bares)
- 20%: porcentaje máximo permitido en pérdidas por fricción en el lateral de riego

- **Velocidad en la tubería en función del caudal**

A mayor velocidad de circulación se provoca mayor pérdida de carga y también mayor ruido. Por ello la velocidad se debe mantener entre 0.5 m/seg y 2 m/seg para evitar sedimentaciones, este valor es calculado por la ecuación siguiente.

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

Ecuación 18 Velocidad en la tubería en función del caudal

Dónde:

Q: caudal de diseño (m³/seg)

A: área de la tubería (m²)

- **Diámetro de la tubería de conducción y lateral**

Se refiere al tamaño de la tubería utilizada y es calculado en función del caudal a transportar y en función de la velocidad, se puede determinar con la siguiente ecuación.

$$\phi = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot V}} \quad (19)$$

Ecuación 19 Diámetro de la tubería de conducción y lateral

Donde;

- ϕ : diámetro de tubería
- Q: caudal de diseño (m³/seg)
- V: velocidad

- **Potencia del equipo de bombeo para motor de combustión**

Se puede definir como la potencia requerida para mover el líquido dentro del sistema y es determinada por la siguiente ecuación.

$$HP = \frac{Q \cdot CTD}{3960 \cdot Efic} \quad (20)$$

Ecuación 20 Potencia del equipo de bombeo para motor de combustión

Dónde:

- Hp: potencia
- CTD: carga total dinámica (pie)
- Q: caudal (gpm)
- Efic: eficiencia de la bomba 57 %

- Cálculo del número de tubos

Es la cantidad de tubos PVC de 2" que requiere el sistema de riego por aspersión.

$$N^{\circ} Tb PVC = \frac{Mts Lineales Tub Conducci\grave{o}n 2"}{Longitud Tub (m)} \quad (21)$$

Ecuación 21 Calculo del número de tubos

6.3.5. Etapa 5. Presupuesto del proyecto

Una vez terminado el diseño del sistema de riego se realizó el presupuesto del proyecto, esto se hace con el propósito de determinar la viabilidad, de entregar un plan de gastos que sirva como guía a través de la ejecución del mismo.

Este presupuesto incluye una lista de materiales como los mencionados a continuación: tubería pvc, accesorios pvc, tubería de riego móvil, hidrantes, válvulas, trípode, cañones etc; costos de cada uno de los materiales y mano de obra requeridos.

Para cumplir con este objetivo se hizo uso de la herramienta Excel en la cual se llevará un control y cálculo de los materiales y mano de obra que se necesitan para el desarrollo del proyecto, así como también de los costos de los mismos, esto se hace con la finalidad de entregar el trabajo de manera detallada y ordenada.

VII. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

7.1. Determinación de los parámetros de diseño

- Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se realizó con GPS haciendo uso a su vez de Google Earth en donde se georeferenció el área de diseño, las curvas a nivel y se determinó la pendiente del terreno la cual indica que es un terreno completamente plano, con un valor en la pendiente de cero.

- Tipo de suelo

El tipo de suelo fue conocido gracias a los datos obtenidos en campo, por el encargado de la finca, lo que indica que el suelo que predomina en la zona es un suelo de tipo arcillo limoso, debido a que los valores se relacionan con las siguientes características:

- Si el valor de la densidad aparente es menor a 1 nos podemos encontrar con suelos arcillo limosos, los cuales pueden tener una densidad aparente baja debido a su composición de partículas, las partículas más pequeñas pueden encajar entre sí con menos espacio entre ellas.
- Las partículas de limo y arcilla tienen una mayor capacidad de retención de agua en comparación con las partículas de área, lo que significa que el suelo retiene más agua y el espacio entre las partículas se llena de agua lo que disminuye la densidad aparente.
- La porosidad total del suelo es de 68.4 %, lo que indica una porosidad alta, esto se refiere a que el suelo tiene mayor retención de agua debido a su textura fina y a la cantidad de microporos presentes en el.

Cuadro 1 Datos de suelo

DATOS DE SUELO	
Descripción	Medida
Densidad aparente (gr/cm ³)	0.7836
Porosidad total (%)	68.4354
pH	6.89
Capacidad de campo (%)	76.78
Punto de marchitez permanente (%)	41.7296
Profundidad radicular (m)	2

Nota: en la tabla se pueden observar algunos valores que corresponden al estudio de suelo. Elaboración propia.

- **Agua para riego**

El agua destinada para riego es agua subterránea, la finca tiene a su disposición un pozo, del cual el agua está a una profundidad de 32 pie y tiene un caudal de 180 gpm. Esta información fue conocida a través del técnico de riego encargado del mantenimiento de la finca.

- **Condiciones climáticas**

Las condiciones climáticas se conocieron a través de la información brindada por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), la cual corresponde a datos de temperatura, humedad, viento, brillo solar e insolación de la estación meteorológica del aeropuerto Augusto C. Sandino, estación a la cual pertenece el área de la finca en la que se llevó a cabo el diseño del sistema de riego.

7.2. Diseño agronómico riego por aspersión semi móvil

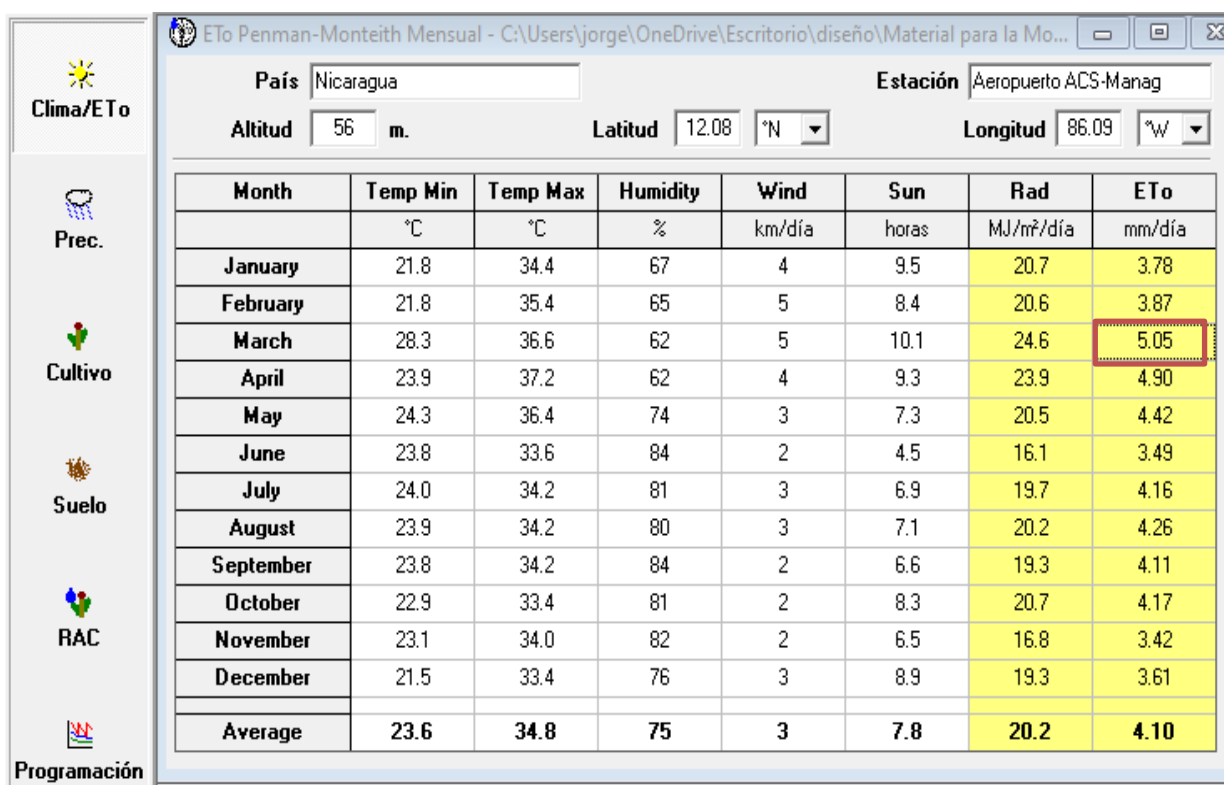
- Cálculo del déficit hídrico del cultivo

Este parámetro se determinó de los datos meteorológicos de la estación del Aeropuerto Augusto C. Sandino de Managua, correspondientes a los años 2011 – 2021. El valor de la Eto se obtuvo a través del método FAO Penman-Monteith, siendo este el método más recomendado con parámetros climáticos requeridos y la medición correspondiente a la superficie de referencia, haciendo uso del software CROPWAT 8.0

En el software se introdujeron datos de temperatura diaria promedio (máxima y mínima), humedad relativa media diaria, velocidad del viento e insolación diaria de la zona en estudio. Determinando un valor máximo de 5.05 mm/día, correspondiente al mes de marzo.

Figura 4

Determinación de la evapotranspiración del cultivo



Nota: En la figura se muestra el valor de la evapotranspiración del cultivo, en la que se toma a marzo como el mes más crítico, es decir, en donde la evapotranspiración es mayor. Elaborada desde CropWat.

- Coeficiente del cultivo (Kc)

El coeficiente hídrico del cultivo (Kc), está basado en el consumo o necesidades de agua en tres fases de las plantas, el cual cambia según su estadio de crecimiento. (Kc Inicial, Kc medio, Kc final). Se han tomado los valores del libro de la FAO Evapotranspiración del cultivo, Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos.

Cuadro 2

Coeficiente del cultivo

Cultivo	Kc (Inc)	Kc (Med)	Kc (Fin)
Sorgo	0.7	1.00	0.55

Nota: Elaboración propia

De la tabla 2 se toma el valor más alto, en este caso 1

- $Evapotranspiraci\grave{o}n = ETo * Kc$

$$Evapotranspiraci\grave{o}n = 5.05 \text{ mm/d\`{i}a} * 1 = 5.05 \text{ mm/d\`{i}a}$$

- **Lamina de riego**

Es el valor correspondiente que deberá tener el suelo y la humedad máxima que pueda retener, quiere decir cuando se llega a la capacidad de campo. Para determinar este valor se hizo uso de la ecuación 1, de la cual se obtuvo el resultado de 24.6 cm.

$$Lr = \frac{76.78 - 41.72}{100} * 150 \text{ cm} * 0.78 \text{ gr/cm}^3$$

Nota. La profundidad radicular es de 150 cm y fue tomada de InfoAgro en donde se explica que la profundidad radicular del sorgo está en el rango de 1 – 2 m de profundidad.

$$Lr = 41.02 \text{ cm} * 0.60 = 24.6 \text{ cm}$$

En el diseño se ha permitido agotar un 60% de la lámina de riego, lo que corresponde a la lámina neta, se toma este valor en relación con la profundidad radicular del cultivo y el tipo de suelo, el cual al ser un suelo de tipo pesado retiene mayor cantidad de agua.

- **Lámina neta**

La lámina neta es igual a la lámina de riego ya que en los meses de riego no habrá precipitación según los datos climáticos de INETER, por tanto, este valor es igual a 24.6 cm o bien 246 mm; este resultado se puede definir como la cantidad de agua que puede ser aplicada durante el riego, con el propósito de suplir el agua que ha utilizado el cultivo durante la evapotranspiración y que se dará cuando se haya cumplido el porcentaje de agotamiento, para evitar un punto de marchitez permanente.

$$L_n = L_r$$

$$24.6 \text{ cm} = 24.6 \text{ cm} = 246 \text{ mm}$$

- **Lámina bruta**

Resulta de dividir la lámina neta entre la eficiencia de riego, la cual en este diseño es de 80% ya que en el riego por aspersión se estiman los valores de entre 65 – 90 para una eficiencia de aplicación adecuada. A través de la ecuación 3 se obtuvo como resultado 307.5 mm/día, este será el valor real a aplicar al cultivo, con respecto a la eficiencia de riego.

$$L_b = \frac{246 \text{ mm/día}}{0.80}$$

$$L_b = 307.5 \text{ mm/día}$$

- **Frecuencia de riego**

Es el resultado de dividir la lámina neta entre el déficit del cultivo, tal como se expresa en la ecuación número 4.

$$\text{frecuencia de riego} = \frac{246 \text{ mm}}{5.05 \text{ mm/días}} = 48 \text{ días}$$

Nota: como resultado se obtuvo una frecuencia de riego máxima de riego de cada 48 días, en el presente documento se tomó una frecuencia de riego de cada 4 días con el objetivo de disminuir la jornada de riego diaria y de no llevar al cultivo a un punto de marchitez permanente

- Caudal requerido

El caudal requerido para el diseño se calculó considerando los datos del área de estudio, déficit del cultivo, factor de diseño (10) que corresponde al factor de conversión para áreas por hectáreas y considerando la jornada de trabajo, el cual dio como resultado un valor de 38.75 gmp.

$$QR = \frac{0.70 \text{ Ha} * 5.05 \text{ mm/día} * 10}{4 \text{ hr}}$$

$$QR = 8.83 \text{ m}^3/\text{hr} \approx 38.75 \text{ gpm}$$

- Intensidad de aplicación

Para el cálculo de la intensidad de aplicación se tomó en cuenta la ficha técnica del cañón Jolly 1 1/4" el cual, en sus especificaciones se indica un espaciamiento entre aspersor de 24m y un espaciamiento entre emisor de 24m, datos que se introdujeron en la ecuación 6, así como también el resultado obtenido en el cálculo del caudal requerido expresado en litros por hora; dando como resultado una intensidad de aplicación de 15.33 mm/hr.

$$Ia = \frac{8,830 \text{ lph}}{24\text{m} * 24\text{m}}$$

$$Ia = 15.33 \text{ mm/hr}$$

- **Caudal por hectárea**

El caudal por hectárea se calcula a través de la ecuación 7 que se basa en la multiplicación de la intensidad de aplicación por 10 el cual corresponde al factor de conversión para áreas por hectáreas obteniendo así un caudal en metros cúbicos por hora, siendo este la cantidad de agua a conducir.

$$QHA = 15.33 \frac{mm}{hr} * 10 \frac{m^3}{mm} * ha$$

$$QHA = 153.3 \frac{m^3}{hr} * ha$$

- **Caudal total**

El caudal total corresponde a la multiplicación del área en hectáreas por el valor del caudal que se utiliza en cada hectárea como se refleja en la ecuación 8, quedando de la siguiente manera y dando como resultado 107.31 m³/hr.

$$QT = 0.70 ha * 153.3 \frac{m^3}{hr} * ha$$

$$QT = 107.31 m^3/hr$$

- **Turnos de riego (número de posiciones por aspersor)**

Se refiere a la cantidad de posiciones que tendrá cada aspersor y se obtuvo mediante la ecuación 9, que es la división del caudal total entre el caudal requerido, como se presenta a continuación:

$$TR = \frac{107.33 m^3/hr}{8.83 m^3/hr}$$

$$TR = 12.15 \approx 12 \text{ Numero de posiciones por aspersor}$$

- **Ecuación 10: Área por turnos de riego**

Junto con la distancia entre aspersores y emisores, el cálculo del área por turnos de riego sirve para determinar el número de aspersores que estarán regando simultáneamente, el cual se determinó con la ecuación 10 en la cual se divide el área por turnos de riego entre el marco de plantación, dando como resultado 1, lo que significa que en el diseño solo habrá un aspersor regando y un aspersor en espera.

$$AT = \frac{7,000 \text{ m}^2}{12 \text{ posiciones}}$$

$$AT = 583.33 \text{ m}^2$$

$$N^{\circ} \text{ de aspersores regando simultaneamente} = \frac{583.33 \text{ m}^2}{(24 \text{ m} * 24 \text{ m})} = 1$$

- **Frecuencia de riego**

Es el tiempo determinado con que se aplica el agua, este es estimado en días y se obtiene por medio de la ecuación 11, dividiendo el área de la parcela entre el distanciamiento entre aspersores y emisores, esto a su vez multiplicado por el número de aspersores y por los cambios que estos tendrán por día.

$$FR = \frac{7,000 \text{ m}^2}{(24 * 24) \text{ m}^2 * 1 * 3}$$

$$FR = 4 \text{ días}$$

- **Lamina de aplicación**

Para determinar este valor se utilizó la ecuación 12, la cual consiste en multiplicar el déficit del cultivo por la frecuencia de riego, la cual dio como resultado 20.2 mm.

$$La = 5.05 \text{ mm} * 4 \text{ días}$$

$$La = 20.2 \text{ mm}$$

- **Tiempo de puesta**

Resulta de la ecuación 13 y se puede definir como la división de la lámina de aplicación entre el caudal por hectárea y se calcula con el propósito de conocer la cantidad de tiempo que se regara una zona determinada.

$$TP = \frac{20.2 \text{ mm/día}}{15.33 \text{ mm/hr}}$$

$$TP = 1.31 \text{ horas} \approx 1 \text{ hora y } 19 \text{ minutos}$$

- **Jornada de riego**

Es la cantidad de horas que se estará regando en un día, este resultado se determinó por medio de la ecuación 14, la cual expresa que se deben multiplicar los cambios por día de los aspersores por el tiempo de puesta, dando como resultado una jornada de riego de 3 horas y 56 minutos .

$$JR = 3 * 1.31 \text{ horas} = 3.93 \text{ horas} \approx 3 \text{ horas y } 56 \text{ minutos}$$

En la tabla que se presenta a continuación se reflejan los resultados obtenidos en los cálculos del diseño agronómico por aspersión semi móvil, datos obtenidos a través de la información correspondiente a los parámetros de diseño, suelo, déficit del cultivo, terreno, etc. Dando de esta manera solución a la segunda etapa del diseño.

Cuadro 3

Resumen de los resultados del diseño agronómico

Descripción	Medida	Descripción	Medida
Área total de riego	0.70 (Ha)	Nº posiciones por día	4
Cultivo	sorgo	Longitud del lateral	90 (m)
Déficit del cultivo	5.05 (mm/día)	Intensidad de aplicación	15.33 (mm/hr)
Método de riego	Aspersión	Nº posiciones totales	16
Modelo del aspersor	Cañón Jolly 1 1/4"	Nº aspersores	1
Presión de trabajo	3 bares	Nº posiciones/aspersor	12
Q requerido	38.75 (gpm)	Frecuencia	4 (días)
Q aspersor	38.75 (gpm)	Lámina de aplicación	20.2 (mm)
Esp. Lateral	24 (m)	Tiempo de riego (hrs)	1.31 (hrs)
Esp. Emisor	24 (m)	Jornada (hrs)	3.93 (hrs)

Nota: presentación de los resultados obtenidos en el diseño agronómico del sistema de riego.
Elaboración propia.

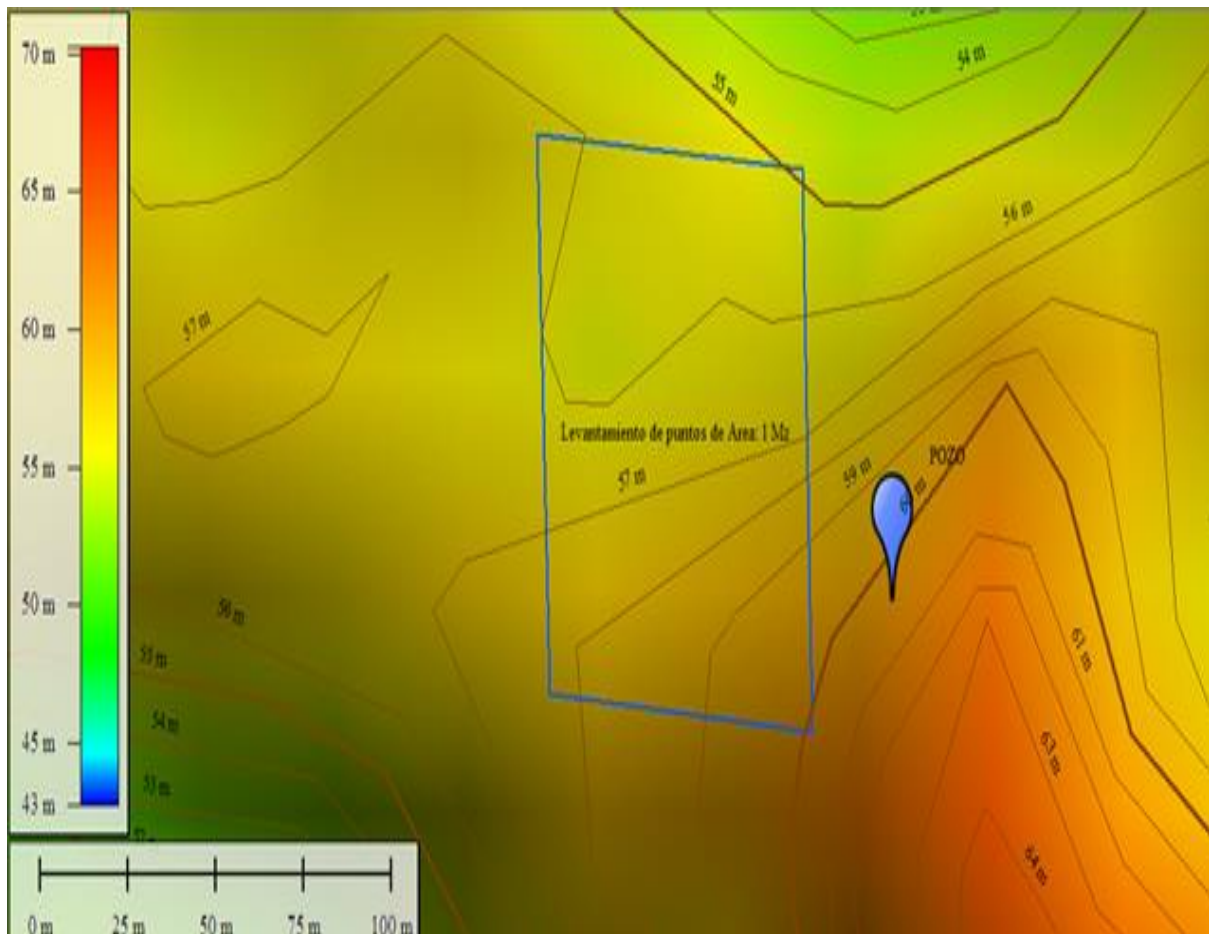
7.3. Diseño geométrico para el riego por aspersión semi móvil

Para la realización del diseño geométrico se hizo uso de los softwares Google Earth para delimitar el área de la parcela y la ubicación de la fuente de abastecimiento del sistema, además de las características geográficas del terreno.

Posteriormente, los puntos procesados en Google Earth se importaron mediante el software Global Mapper para extraer las curvas a nivel del terreno.

Figura 5

Área de estudio y curvas a nivel

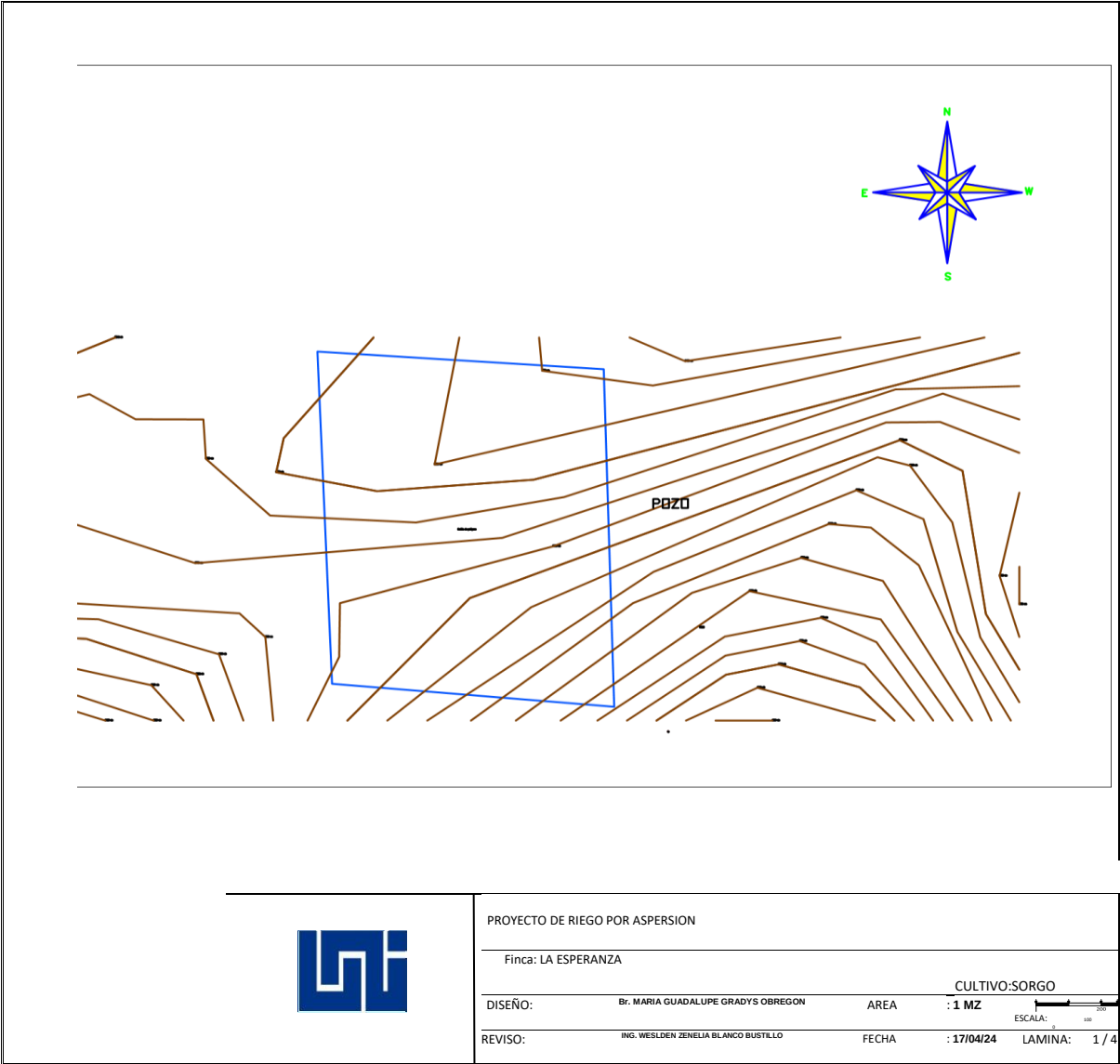


Nota: representación de las curvas a nivel del levantamiento de puntos del área de la parcela y ubicación del pozo. Elaborada a través de Global Mapper.

La etapa subsiguiente consistió en convertir el archivo al formato AutoCAD, a partir del cual se derivó una extensión de 1 manzana. En este espacio, se llevó a cabo la elaboración del diseño y la estimación presupuestaria para la implementación del sistema de riego por aspersión semi móvil.

Figura 6

Curvas a nivel del área de diseño

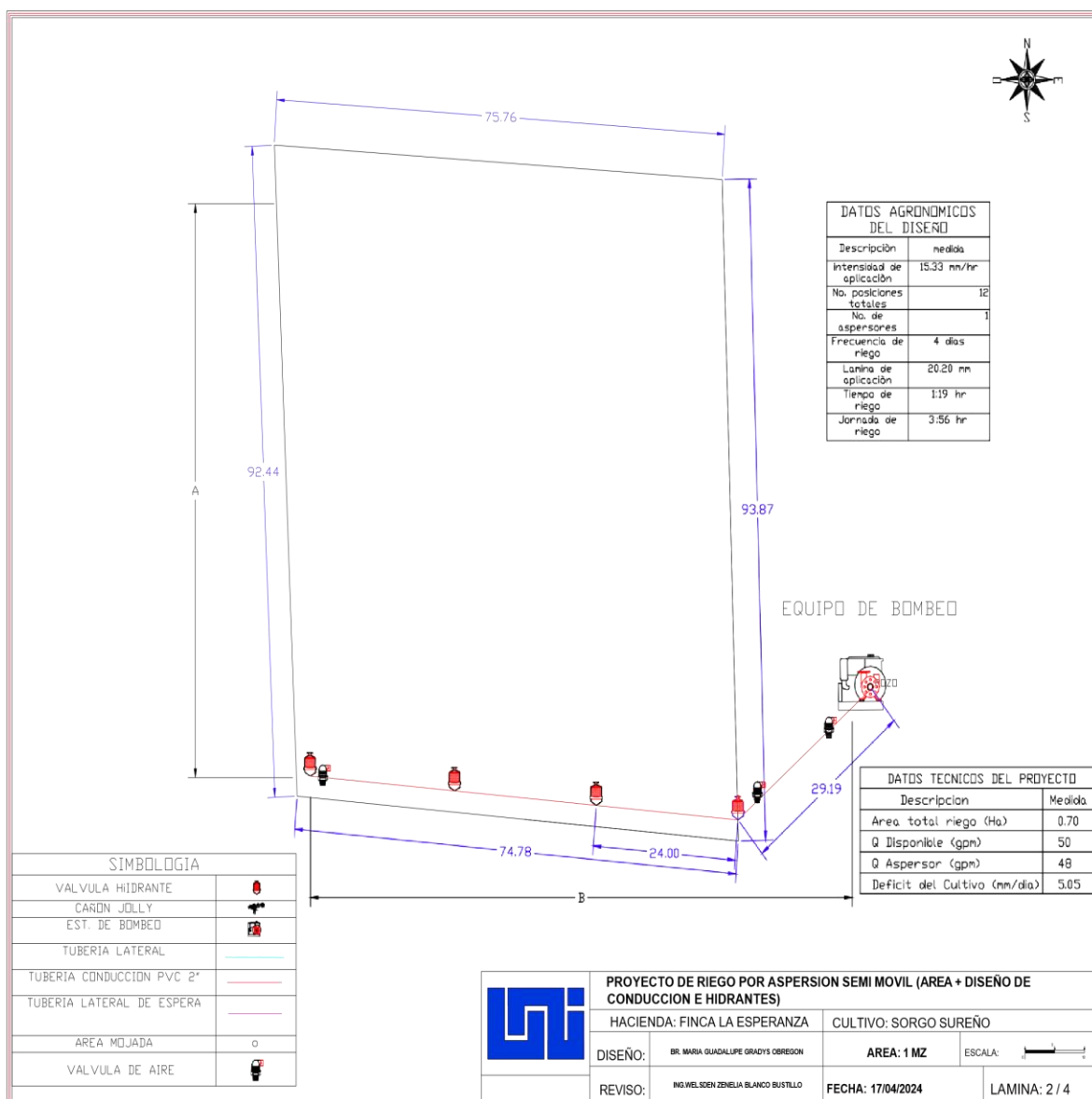


Nota: Elaborada con Auto CAD

En el siguiente apartado se muestra la elaboración paso a paso del plano en AutoCAD, primeramente, se diseñaron hidrantes, líneas de conducción, laterales de riego, válvulas y el equipo de bombeo, referenciando de igual manera la fuente de abastecimiento de agua.

Figura 7

Área de diseño

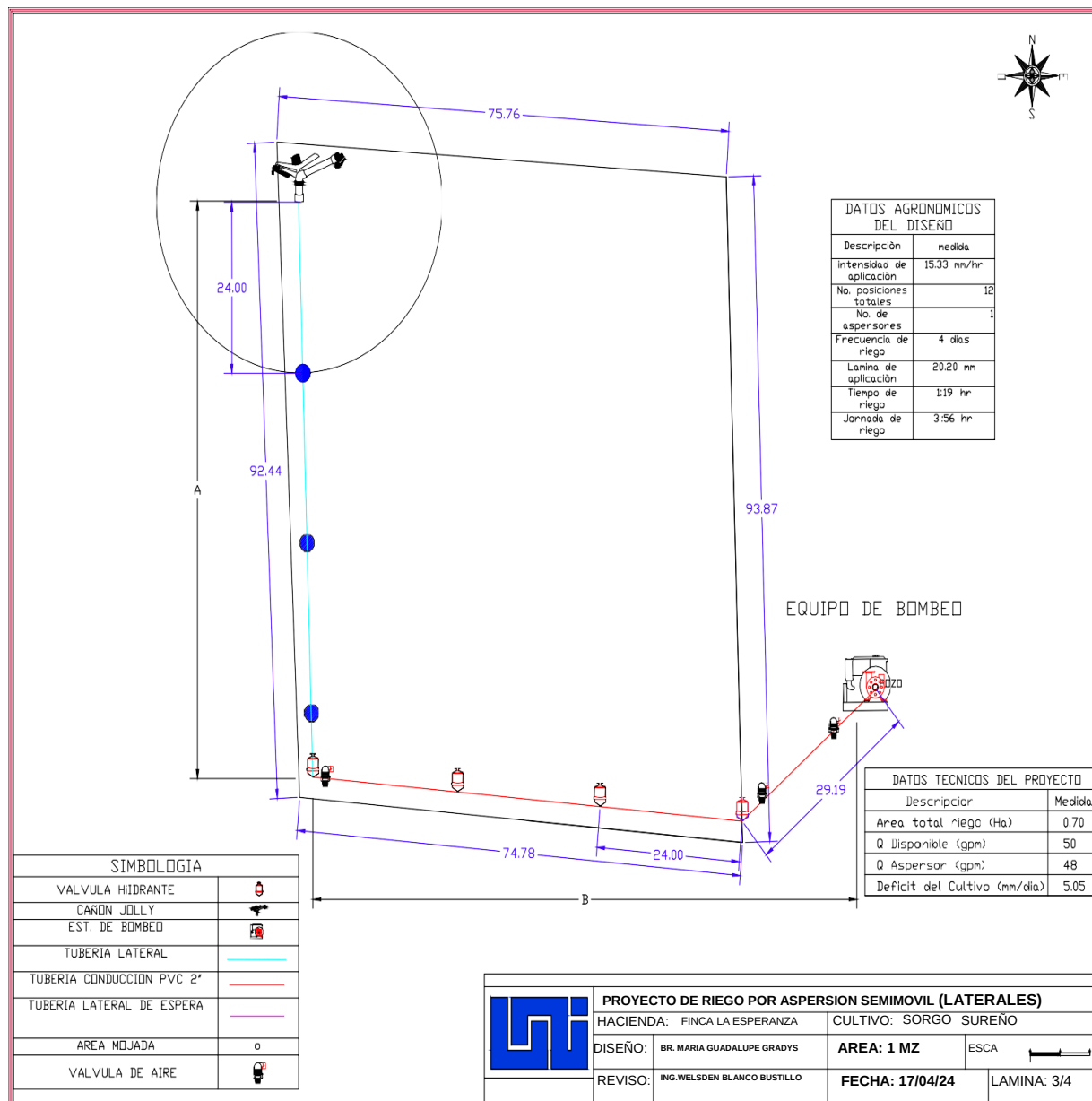


Nota: Elaborada con Auto CAD

El siguiente paso consistió en agregar aspersores y señalar el área de mojado, así como también indicar las diferentes posiciones en las cuales se ubicará el aspersor una vez concluido su tiempo de riego.

Figura 8

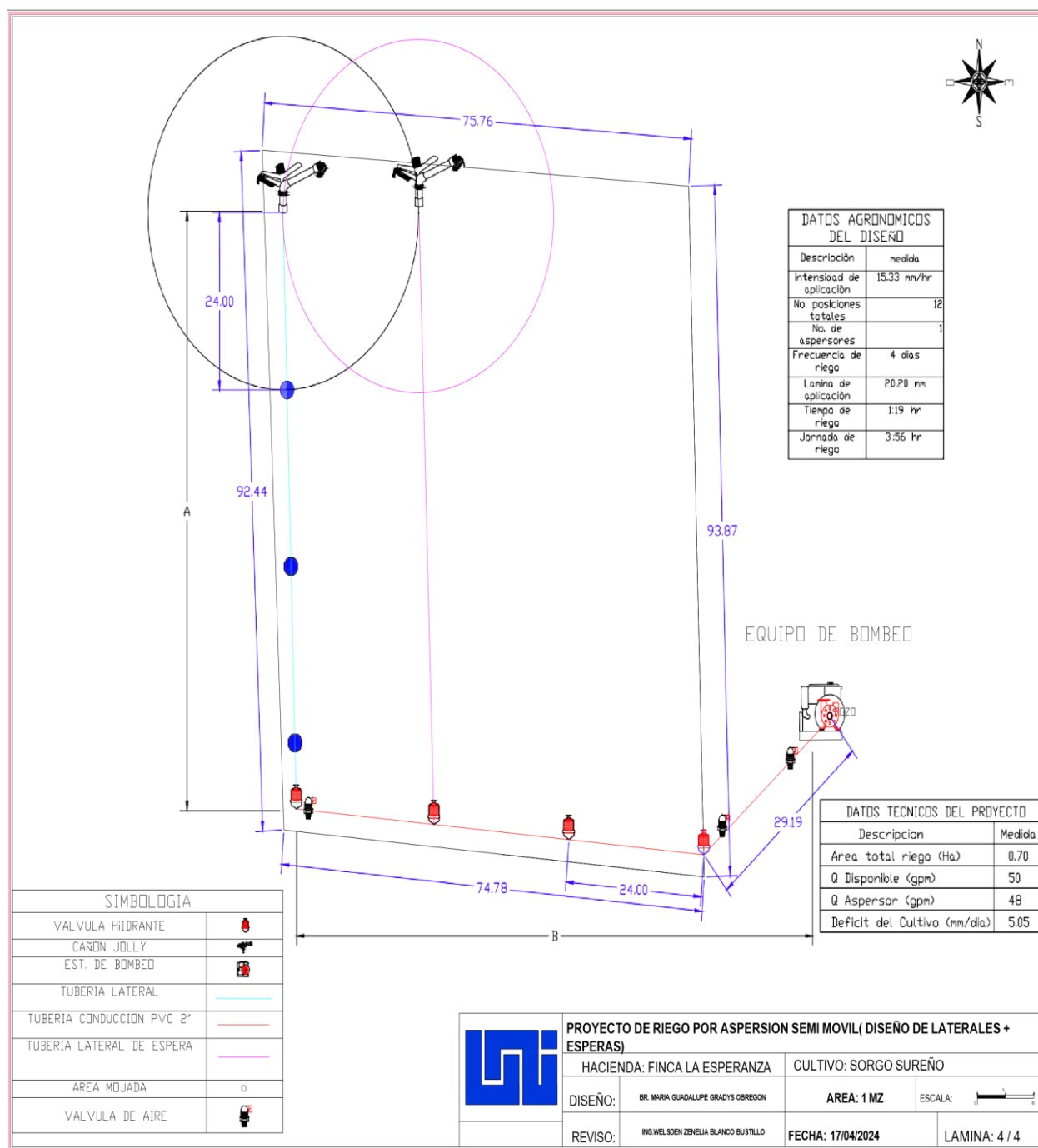
Diseño de tuberías laterales y secundarias más hidrantes



Nota: Figura elaborada por medio de Auto CAD

Figura 9

Diseño de tuberías en espera



Nota: Elaborado con Auto CAD

Finalmente, se creó el diseño del sistema de riego por aspersión semi móvil completo, haciendo la conexión de hidrantes con tuberías laterales y el diseño de tuberías laterales en espera

7.4. Diseño hidráulico riego por aspersión semi móvil

Para la elaboración del diseño hidráulico se tomaron en consideración varios factores importantes, que se establecen dentro del método o ecuación de Hazen Williams, uno de ellos es el material de la tubería debido a que este indica el valor del coeficiente C.

A continuación, se presentan los valores de los coeficientes que corresponden a cada tipo de material de tubería. El material de la tubería que se consideró para este diseño es el PVC y su coeficiente C es de 150.

Cuadro 4

Coeficiente de los materiales de tubería

Material de la Tubería	Coeficiente C
Cloruro de Polivinilo (PVC)	150
Polietileno (PE)	140
Asbesto	140
Acero nuevo	130
Aluminio en acoples	120
Acero viejo	85

Nota: *Elaboración propia*

Otro de los factores que se tomó en cuenta fue el del caudal máximo permitido y este viene en dependencia del diámetro de la tubería. A continuación, se

presentan algunas especificaciones que corresponden al caudal máximo permitido según el diámetro de la tubería.

Cuadro 5

Caudal máximo permisible según el diámetro de tubería

Diámetro Nominal (pulgadas)	Diámetro Interno (mm)	Caudal Máximo (mch)	Caudal Máximo (gpm)
1/2"	18.82	2.50	11.00
3/4"	24.62	4.28	18.83
1"	30.36	6.51	28.64
1 1/2"	45.22	11.72	51.57
2"	56.63	22.66	99.70
2 1/2"	68.56	33.21	146.12
3"	84.58	50.56	222.46
4"	108.72	83.55	367.62
6"	160.08	181.13	796.97
8"	202.22	307.05	1351.02

Nota: La tubería utilizada para el diseño tiene un diámetro de 2". Elaboración propia

Una vez obtenida la información de los factores que se consideran en el método de Hazen William, se proceden a realizar los respectivos cálculos de dicho método.

- Pérdidas por fricción en la tubería de conducción

Se calculó con la ecuación 15 y considerando los siguientes factores:

- Material de tubería a utilizar: PVC
- Factor de rugosidad: 150

- Longitud máxima de tubería PVC de conducción desde el equipo de bombeo a la última válvula: 102 m
- Caudal de diseño: $8.83 \text{ m}^3/\text{hr} = 0.002452 \text{ m}^3/\text{seg}$
- Diámetro de la tubería: 2"
- Diámetro interno de 2" = 56.63 mm = 0.05663 m

$$hf = \left(\frac{10.679}{150^{1.852}} \right) \left(\frac{102 \text{ m}}{0.05663 \text{ m}^{4.87}} \right) 0.002452 \text{ m}^3/\text{seg}^{1.852}$$

$$hf = 1.75 \text{ m}$$

- **Pérdidas por fricción en el lateral de riego con el método de Hazen Williams**

Se calculó por medio de la ecuación 16, como se expresa a continuación.

- A. Material a utilizar: PVC
- B. Factor de rugosidad: 150
- C. Longitud de tubería secundaria PVC: 90 m
- D. Caudal de tubería secundaria: $8.83 \text{ m}^3/\text{hr} = 0.002452 \text{ m}^3/\text{seg}$
- E. Diámetro de tubería: 2"
- F. Diámetro interno: 56.63 mm = 0.05663 m

$$hf = \left(\frac{10.679}{150^{1.852}} \right) \left(\frac{90 \text{ m}}{0.05663 \text{ m}^{4.87}} \right) 0.002452 \text{ m}^3/\text{seg}^{1.852}$$

$$hf = 1.55 \text{ m}$$

- **Pérdida máxima permitida en el lateral**

La presión nominal de trabajo en la que operan los emisores es de 3 bar, dato obtenido de la ficha técnica del cañón; el cual será multiplicado por el porcentaje de pérdidas permisibles para el riego por aspersión, como se establece en la ecuación 17 del diseño hidráulico del sistema.

$$Hf_{max} = 3 \text{ bar} * 20 \%$$

$$Hf_{max} = 6 \text{ m}$$

- **Velocidad en la tubería en función del caudal**

Este valor fue obtenido por la ecuación 18, la cual es realizada en función del área y el caudal de diseño.

✓ Caudal: $0.002452 \text{ m}^3/\text{seg}$

✓ Área de tubería: $2'' = 0.002518 \text{ m}^2$

$$V = \frac{0.002452 \text{ m}^3/\text{seg}}{0.002518 \text{ m}^2}$$

$$V = 1 \text{ m/s}$$

- **Diámetro de tubería en conducción y laterales.**

Es el tamaño de la tubería utilizada en el sistema, se determinó por medio de la ecuación 19.

$$\phi = \sqrt{\frac{4(0.002452 \text{ m}^3/\text{seg})}{\pi(1 \text{ m/s})}}$$

$$\phi = 0.0558 \text{ m} = 2.19''$$

Nota: En este diseño el diámetro de la tubería de conducción y lateral es de 2 pulgadas ya que solo habrá un lateral regando en simultáneo, es decir que no habrá división de caudales en la tubería.

- **Carga total Dinámica**

La tabla que se presenta a continuación fue elaborada a través de una hoja de cálculo del software Excel e indica la carga total dinámica del sistema, presión que tiene un valor de 107.57 psi o bien 74.1433 m que al convertirlo se obtiene 243.1901 pie, valor que está dentro de los parámetros del equipo de bombeo existente.

Cuadro 6

Carga total máxima

Descripción	Medida
Desnivel	0
Lateral	1.55
Altura del elevador (m)	1.80
Conducción	1.76
Hidrante	1
Aspersor / Emisor	30
Nivel dinámico	36.58
Accesorios	1.4853
Presión Total (m)	74.1433
Presión Total (pies)	243.1901
Presión Total (PSI)	105.284

Nota: La tabla presenta el valor de la presión en diferentes medidas como el metro, pies, la cual fue elaborada por medio de una hoja de cálculo de Excel.

- **Cálculo de la potencia del equipo de bombeo para motor de combustión**

La potencia del equipo de bombeo fue calculada con la ecuación 20 dando como resultado una potencia de 4.17 Hp, fuerza ejercerá el equipo para transportar el agua a todo el sistema de riego

$$HP = \frac{38.75 \text{ gpm} * 243.1901 \text{ pie}}{3960 * 0.57}$$

$$HP = 4.17 \text{ Hp} \approx 5\text{HP}$$

En esta etapa se realizaron los cálculos correspondientes al diseño hidráulico, enfatizando en que el sistema cumple con las perdidas por fricción permitidas, presiones y caudales de trabajo correspondientes.

Cuadro 7

Resultado de las perdidas por fricción permisibles

Tramo	Longitud (m)	Caudal (mch)	Diámetro (mm)	C	Perdida (m)	Velocidad (m/s)	Perdida (psi)
A – B	102	8.83	56,63	150	1,75	1,00	3.69
B – C	90	8.83	56.63	150	1,55	1.00	3.29

Nota: Los tramos A-B corresponden a la distancia que hay desde el ultimo hidrante hasta el aspersor y los tramos B-C es la distancia del equipo de bombeo hasta el primer hidrante.

Elaboración propia

7.5. Presupuesto del proyecto

7.5.1. Materiales a utilizar en el sistema de riego:

- Emisores de Riego: Se utilizará el ASPERSOR JOLLY, con un caudal de 50.0 gpm a una presión de 42.0 psi, estos son fabricados de metal resistentes a químicos, estos se instalarán a una disposición de 24 metros entre lateral y 24 metros entre aspersor.

El diseño cuenta con 2 aspersores, uno regando y el otro en espera.

- Hidrante: El diseño cuenta con 4 hidrantes. Para este sistema de riego se utilizará hidrantes de aluminio de 2".
- Tubería de conducción pvc 2" (FIJA): Según el diseño hidráulico se instalará desde la estación de bombeo tubería pvc 2" SDR 41.

$$N^{\circ} Tb PVC = \frac{Mts Lineales Tub Conducciòn 2''}{Longitud Tub (m)}$$

$$N^{\circ} Tb PVC = \frac{102 m}{5.5m} = 18.54 \approx 19 tb$$

- Tubería lateral de riego móvil pvc 2" x 6 metros

$$N^{\circ} Tb PVC 2'' riego movil = \frac{90 m}{6m} = 15 tb$$

- Codo toma pvc 2": Válvula Codo toma acoplada al hidrante de 2" y a la tubería de lateral de 2". En este diseño serán 2 codo toma, se utilizará uno por cada lateral de riego.

- Trípode Hg 1 ½" x 1.80 metros de altura: Se pondrá un trípode por cada aspersor, serán en total 2 unidades.
- Materiales para sarta de descarga.
 - ✓ Válvulas de aire
 - ✓ Válvula check
 - ✓ Equipo para medir presión.

En la tabla número 9, se detallan los materiales y la cantidad de los mismos que se para el diseño del sistema de riego por aspersión semi móvil, dichas cantidades fueron obtenidas a través de las medidas a escala tomadas de AutoCAD, como el número de tubos para la tubería de conducción y laterales.

Así mismo, en las tablas posteriores se establecen precios y cantidades tanto de materiales como de la instalación y operación del sistema de riego, dicha tabla fue elaborada desde el software Excel, y los precios plasmados en ella han sido previamente cotizados en casas comerciales como SINSA y la empresa de riego AGRIZEN.

Cuadro 8

Materiales a utilizar en el sistema de riego

Descripción de materiales	Unidades
Aspersor	2
Hidrantes PVC de 2"	4
Laterales de riego móvil (tubería PVC de 2" con acoples, ganchos y empaques)	15
Válvula de aire 1"	3
Manómetro de glicerina	1
Elevador más trípodes	2
Sarta de descarga	1 (existente)
Codo toma de PVC 2"x4	6
Tapón final de PVC de 2"	6
Tubería PVC de conducción de 2"	19
Accesorios PVC	Lote
Instalación	1 mz

Nota: la tabla 8 indica las cantidades de cada uno de los materiales del sistema de riego expresada en unidades. Elaboración propia.

A continuación, se presenta la elaboración del presupuesto del sistema de riego dividido en diferentes secciones según costos de materiales, tuberías y costos de instalación (operación), para posteriormente presentar la sumatoria y obtener el valor final de lo que costara el sistema.

Cuadro 9

Datos técnicos del proyecto de riego

Sistema de Riego por Aspersión Semi Móvil			
Datos Técnicos del Proyecto			
Cultivo	Sorgo sureño	Presión en la descarga (PSI)	105.2
Sistema de riego	Aspersión semi móvil	Caudal total (m ³ /h)	107.31
Espc. Aspersor (m)	24	N° aspersores regando	1
Espc. Lateral (m)	24		
N° laterales regando	1		
Área (mz)	1		
Fecha	Noviembre 2024		

Nota: En la tabla 9 se presentan los datos generales del proyecto de riego por aspersión semi móvil como el tipo de cultivo, el tipo de riego y el lugar donde se lleva a cabo el proyecto. Elaboración propia

Cuadro 10

Costo del equipo de riego

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN-MATERIALES DE RIEGO	COST. UNIT \$	COST. TOTAL \$
2	Aspersor WR-67	120	240
2	Elevador 1 1/2"x1.80 m más trípode	150	300
4	Hidrante de PVC de 2"	32	128
2	Tapón final de PVC de 2"	7	14
2	Te para elevador	12	24
1.5	Tubos de riego móvil PVC 2"x6m más acoples	20	300
1	Válvula check horizontal de 3" completa	20	20
3	Válvula de aire ARC-P 1"	18	54
1	Manómetro de glicerina	18	18
	Costo Total Equipo de Riego		1,098

Nota: Elaboración propia

Cuadro 11

Costo de tubería PVC y accesorios PVC

CANTIDAD	TUBERIA Y ACCESORIOS PVC	COST. UNIT \$	COST. TOTAL \$
19	Tubo 2"x5.5 m	21	399
4	Te	2	8
4	Adaptador macho PVC 2	0.75	3
4	Adaptador hembra PVC 2	0.94	3.76
4	Acople hembra	5	20
4	Codo PVC 2	1.75	7
2	Tapon liso PVC 2	0.7	1.4
	Costo accesorios PVC	27.14	27.14
	Lote accesorios PVC + pegamento (15%)	31.21 (15%)	4.68
	Costo Total PVC		473.98

Nota: Elaboración propia

Cuadro 12

Costo de instalación (operación)

CANTIDAD	INSTALACIÓN	CONT. UNIT \$	COST. TOTAL \$
1	Instalación	100	100
1	Ingeniero supervisor	200	200
1	Transporte	50	50
1	Otros	100	100
	Costo Total de Instalación		450

Nota: Elaboración propia

Cuadro 13

Costo total del proyecto

Descripción	Valor \$
Costo Total del Equipo de Riego	1,098
Costo Total Accesorios PVC	473.98
Costo Total de Instalación	450
Costo Total Mz	2,021.98

Nota: la tabla 13 cuenta con la información de los costos del equipo de riego, accesorios PVC y costos de instalación, concretando así un valor total del proyecto.

VIII. CONCLUSIÓN

Finalmente se obtuvo la información de campo requerida para realizar el diseño del sistema de riego para el cultivo de sorgo, para ello se determinó el área de riego, ubicación del pozo, datos del equipo de bombeo existente, dirección de siembre etc, considerando lo anterior se obtuvo lo siguiente:

- El diseño del sistema de riego por aspersión semi móvil se hizo considerando la información del levantamiento topográfico mediante el cual se determinó un área de riego de 1mz y con una topografía plana de 0% según las curvas de nivel obtenidas mediante el software global Mapper. A través del programa CROPWAT el déficit hídrico para el cultivo de sorgo es de 5.05 mm/día el cual será abastecido con un tiempo de riego de 1 hora y 19 minutos y una jornada de riego de 3 horas y 56 minutos por día con una frecuencia de riego de cada 4 días, aplicando una lámina de riego total de 20mm/día lo cual garantiza agua al cultivo durante la etapa de mayor demanda.
- En cuanto al diseño geométrico, se esquematizaron los componentes del sistema de riego como la ubicación de los aspersores, la línea de conducción, la línea lateral de riego, etc., dicha etapa fue concluida gracias a la información obtenida del levantamiento topográfico y del diseño agronómico, de igual manera a la utilización del software Google Earth, Global Mapper y AutoCAD.
- Mediante el diseño hidráulico se obtuvo una carga total dinámica de 4.17 Hp la cual cumple con la presión brindada por el equipo de bombeo existente, además se obtuvieron los diámetros de la tubería de conducción y lateral de riego pvc, respetando el parámetro permisible de caudal y velocidad con que es conducida el agua, como resultado se determinó el presupuesto final del sistema de riego considerando accesorios pvc, aspersores valvulas etc.

- Para el presupuesto total del proyecto se consideraron los costos de los cañones de riego, trípodes, hidrantes, conducción, laterales de riego, instalación y transporte, todo el conjunto ascendió a un total de 2,021.98 dólares, este presupuesto se realizó considerando la mejor forma de trabajo para el operador de riego y que a la vez pueda brindar una perspectiva de costo del sistema de riego al productor lo cual le brinda una solución a la problemática de falta de agua al cultivo de sorgo, este sistema le permitirá cosechar en la época de sequía.

IX. RECOMENDACIONES

- Se recomienda tener a mano el material necesario que beneficie y simplifique la búsqueda de información como material de medición de caudal, GPS, equipo topográfico, etc.
- Realizar revisión y mantenimiento de los materiales del sistema de riego cada cierto tiempo, verificar que no existan fugas o algún accesorio en mal estado, inspeccionar carcasas, lubricar, limpiar corrosión y materiales ajenos a los elementos del sistema, esto garantizara la eficiencia del sistema.
- Procurar cumplir con las jornadas de riego y los tiempos de riego para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo y que este se desarrolle de la mejor manera asegurando una buena producción.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Bejarano, M. (07 de Diciembre de 2018). *El Nuevo Diario*. Obtenido de El Nuevo Diario: <https://www.elnuevodiario.com.ni/economia/481008-nicaragua-aprovecha-poco-su-potencial-riego/>
- Campos Martínez, G. E., & Carranza Sánchez, L. A. (2015). *Producción y Comercialización de Sorgo en Nicaragua*. Managua.
- Gladys Edith Campos Martinez, L. A. (2015). *Producción y comercialización de sorgo en Nicaragua*.
- Gómez, R. F. (2010). *Manual de riego para agricultores: módulo 3. Riego por aspersión*. Andalucía.
- Gutiérrez Palacios, N. D. (2004). *Caracterización del Fotoperiodismo y Agro morfología de 14 variedades de sorgo millón en tres épocas de siembra en CNIA, Managua*. Managua, Nicaragua. Managua.
- INTA. (2006). *Guía Tecnológica. Cultivo del Sorgo*. Managua.
- INTA. (2009). *Cultivo de Sorgo Guía Tecnológica para la producción de sorgo*. Managua.
- INTA. (2011). *Manual de Sorgo*. Buenos Aires: Publicaciones Regionales.
- IPESA HYDRO. (2020). *La importancia del riego tecnificado*. Lima.
- L, J. M. (2001). *Riego por Aspersión*. Chile.
- Manuel, Bejarano. (2018). *El Nuevo Diario*.
- Marroquín, A. A. (2012). *Comparación del cañón viajero contra el cañón estacionario en riego por aspersión*. Managua.
- Montealegre, C. C. (2009). *Evaluación de los sistema de riego por cañones en las fincas, Bosques de Oro, Monte Largo, Miraflores, Hulgur y campirano del Ingenio Monte Rosa*. Managua.
- Nisperuza, E., Cordoba, G. E., & Bruzón, H. (1985). *Riego de Pastos*. Bogota.
- Palacios, N. D. (2004). *Caracterización del fotoperiodismo y agromorfología de 14 variedades de sorgo millón en tres épocas de siembra en CNIA*. Managua, Nicaragua.
- Parra, P. E. (1990). *El cultivo de Sorgo*.
- Peralta A, J. M., & Simpfendorfer L, C. (2001). *RIEGO POR ASPERSIÓN*. Chile

- Picado Reyes, V. J. (2020). *Experiencia Práctica en el entorno laboral en empresa Casa McGregor e Institución de educación Superior (UNA) 2020*. Managua.
- Reyes, V. J. (2020). *Experiencia práctica en el centro laboral en empresa casa McGregor e Institucion de educacion superior (UNA) 2020*.
- Sandoval Guerrero, K. A., & Somarriba Castro, B. J. (2015). *Diseño de un sistema de ferti-riego automatizado en la plantación de musáceas de la finca Ojo de Agua en Isla de Ometepe (Rivas)*. Managua.
- Valenzuela, J. V. (2009). *Tolerancia del híbrido de sorgo (Sorghum bicolor)*. Managua.

XI. ANEXOS

Anexo 1 Especificaciones del aspersor Jolly

U	P	G	Q		O		□		
					Dati relativi ad 1 irrigatore Values for a single sprinkler Données pour 1 arros. tout seul Datos para cada rociador technische Daten für Einzelberegner		Disposizione in quadrato Square pattern Arroseur en carré Aspersores en cuadrado Quadratische Disposition		
Diametro ugello Nozzle diameter Diamètre de la buse Diámetro de la tobera Durchmesser der Hauptdüse	Pressione Pressure Pression Presión Wasserdruck im Beregner	Giata Jet length Portée Chorro Tragweite	Portata Capacity Débit Capacidad Kapazität		S	I	D	S	I
					Superficie irrigata Irrigated area Surface arrosée Superficie irrigada Beregnete Fläche	Intensità oraria Rainfall per hour Pluviométrie horaire Intensidad horaria Wassermenge pro Stunde	Distanza irrigatori sull'ala piovana Distance of the sprinklers on the pipeline Distance des arroseurs sur la conduite de pluie Distancia de los aspersores sobre el ala de lluvia max. Distanz zwischen den Beregnern auf einem Rohr	Superficie irrigata Irrigated area Surface arrosée Superficie irrigada Beregnete Fläche	Intensità oraria Rainfall per hour Pluviométrie horaire Intensidad horaria Wassermenge pro Stunde
mm	atm	m	l/m	m³/h	m²	mm/h	m	m²	mm/h
8 4	1,5	16,5	62	3,7	855	4,3	23	529	7,0
	2,0	17,5	71	4,2	962	4,4	24	576	7,3
	3,0	19,5	87	5,2	1194	4,3	27	729	7,1
	4,0	21	100	6,0	1384	4,3	29	841	7,1
9 4	1,5	17	76	4,5	908	4,9	24	576	7,8
	2,0	18	88	5,3	1017	5,2	25	625	8,5
	3,0	20	107	6,4	1256	5,0	28	784	8,2
	4,0	21,5	124	7,4	1451	5,0	30	900	8,2
10 4	2,0	19	106	6,4	1134	5,6	26	676	9,5
	3,0	21	130	7,8	1384	5,6	29	841	9,3
	4,0	22,5	151	9,0	1590	5,7	32	1024	8,8
	5,0	23,5	170	10,2	1734	5,9	33	1089	9,3
12 4	2,0	21	149	8,9	1384	6,4	29	841	10,6
	3,0	23,5	182	10,9	1734	6,3	33	1089	10,0
	4,0	26	211	12,6	2123	5,9	36	1296	9,7
	5,0	28	236	14,2	2461	5,8	39	1521	9,3
14 4	2,0	22,5	197	11,8	1590	7,4	32	1024	11,5
	3,0	24	241	14,4	1809	7,9	33	1089	13,2
	4,0	27	278	16,7	2289	7,2	38	1444	11,6
	5,0	29	311	18,6	2640	7,0	40	1600	11,6

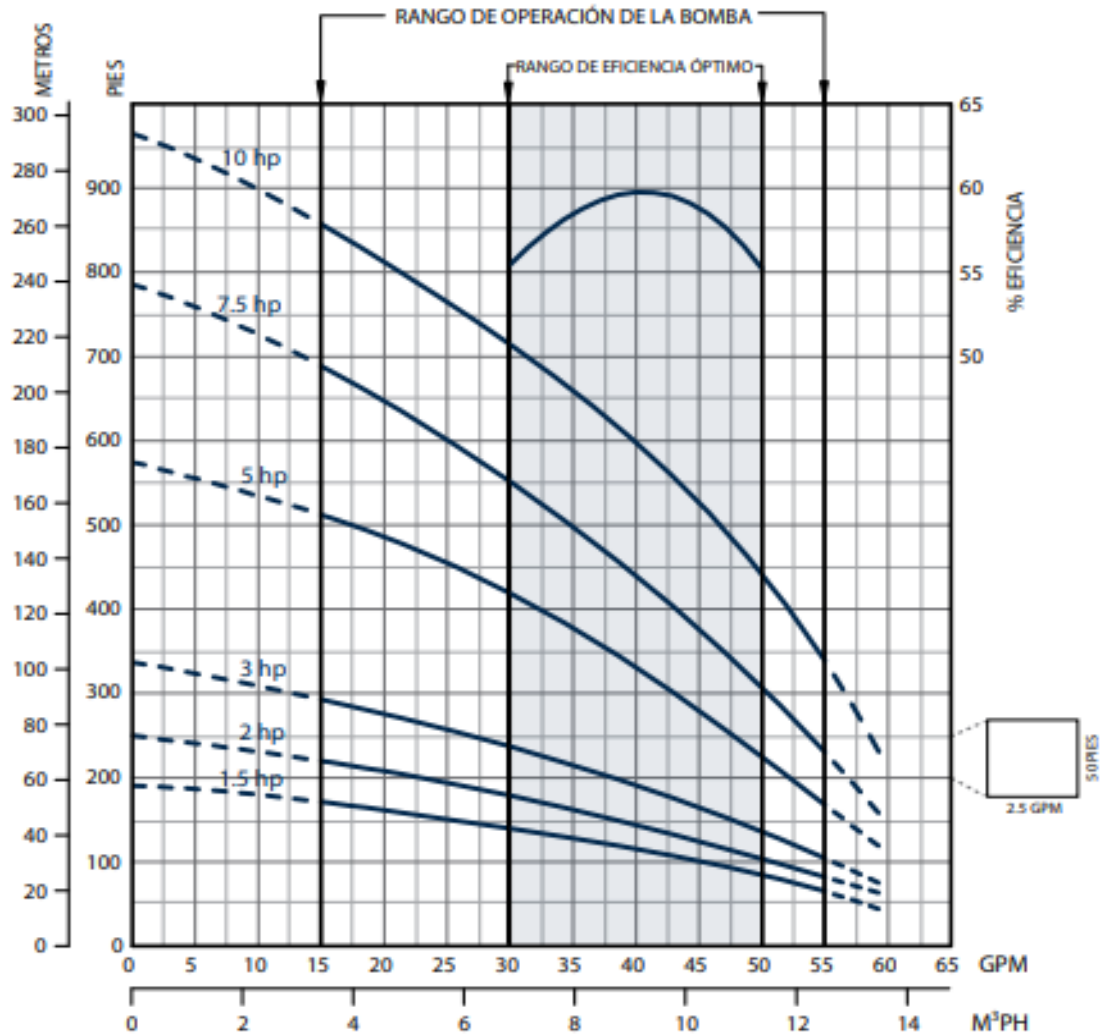
Nota: tomado del Catalogo SIME 2022

Anexo 2 Curva de rendimiento de la bomba

Bombas Sumergibles

Alta Capacidad 4"

Curvas de Rendimiento 45 GPM



- Notas:**
1. El Rendimiento que se muestra, no incluye la pérdida por fricción en la tubería de descarga.
 2. Todos los datos del Rendimiento se basan en el voltaje nominal de la placa de identificación del motor.
 3. El Rendimiento de los modelos XP anteriores, es el mismo que el de los modelos 45 GPM.

Nota: tomado del Catalogo Franklin Electric

Anexo 3 Cotización de accesorios PVC

SILVA INTERNACIONAL, S.A.
SINSA EL PERIODISTA
ROTONDA EL PERIODISTA 2C AL ESTE.
TEL: 22983010
periodista@sinsa.com.ni

RUC: J0310000001812
ASFC 01/0015/02/2019/4

Tienda: 23 Caja: 18
Fecha: 2/5/23 Hora: 3:10 PM
Ticket 40743
Vendedor: 6259 (Jordan Herrera)
Cajero: 6259

Nombre:
FRANCKLIN JOHEL LARIOS NULL
NATIONAL ID# :4010603940004A
ZONA NO.4, COLEGIO TENDERI 1C.SUR
ZONA 4 MASAYA

C O T I Z A C I O N
Q 0 0 2 3 0 1 2 0 4 1 5 5 6

Artículo

% BU%	Cantidad	Precio	Importe
TUBO PVC AGUA POTABLE 6MTS SDR. 17:2":250PSI - EA			
100960594	1	1,294.78	1,294.78
NUMEROS-HTS:3917231000000			
TEE PVC LISA AGUA POTABLE:2" - EA			
100947648	1	69.73	69.73
NUMEROS-HTS:3917401000000			
ADAPTADOR PVC HEMBRA AGUA POTABLE:2" - EA			
100925027	1	33.91	33.91
NUMEROS-HTS:3917401000000			
ADAPTADOR PVC MACHO AGUA POTABLE:2" - EA			
100945191	1	27.03	27.03
NUMEROS-HTS:3917401000000			
CODO PVC LISO AGUA POTABLE 45 GRADOS:2" - EA			
100869803	1	56.08	56.08
NUMEROS-HTS:3917401000000			
CODO PVC LISO AGUA POTABLE 90 GRADOS:2" - EA			
100898276	1	63.12	63.12
NUMEROS-HTS:3917401000000			
TAPON PVC HEMBRA LISO AGUA POTABLE:2" - EA			
100868333	1	25.22	25.22
NUMEROS-HTS:3917401000000			
PEGA PVC GRIS DURMAN:1/16GR - EA			
100968414	1	155.65	155.65

NUMEROS-HTS:3506919000000|

Subtotal	1,725.52
Impuesto 15%	258.83
Total	1,984.35

FORMA DE PAGO

Gracias por visitar nuestra tienda Francklin.
¡Esperamos verte pronto!

"Ver politica de devolucion al reverso" "Conserve su factura" "Reclamos de pisos y azulejos quebrados debe ser en un maximo de 15 dias".

NOTA: No se aceptan cambios una vez aprobada la oferta, que fue hecha con base a datos suministrados. Los precios estan sujetos a cambios sin previo aviso.
SOMOS GRANDES CONTRIBUYENTES, ESTAMOS EXENTOS DEL 2% DGI Y 1% ALM.
Esta oferta es válida por 8 días.
El retiro del producto debe ser en un maximo de 72 horas. De lo contrario no garantizamos la disponibilidad del inventario.

Recuento de artículos vendidos = 8



TJGM1111V11N14DC34AXFA3

Copia de cliente

Nota: Tomado de SINSA Managua

Anexo 5 Aspersor Jolly



Nota: Fuente Catalogo SUMME

Anexo 4 Hidrante



Nota: Elaboración Propia

Anexo 6 Tubería PVC



Nota: Fuente Catalogo SINSA

Anexo 7 Trípode HG



Nota: Elaboración Propia