



“Por un Desarrollo
Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Tesis

Diseño e instalación de riego por aspersion en el cultivo de guayaba (*Psidium guajava* L.) C.V. taiwanesa 1, UNA Managua, 2021

Autor

Br. Guillermo Isaac Bejarano García

Asesores

MSc. Henry Alberto Duarte Canales

Ing. Jorge Lenin Peña Quiróz

Managua, Nicaragua

Marzo, 2022



“Por un Desarrollo
Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Tesis

Diseño e instalación de riego por aspersión en el cultivo de guayaba (*Psidium guajava* L.) C.V. taiwanesa 1, UNA, Managua, 2021

Autor

Br. Guillermo Isaac Bejarano García

Asesores

MSc. Henry Alberto Duarte Canales

Ing. Jorge Lenin Peña Quiróz

Presentado a la consideración del honorable comité evaluador como requisito final para optar al grado de Ingeniero Agrícola

Managua, Nicaragua

Marzo, 2022

Hoja de aprobación del honorable comité evaluador

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable comité evaluador designado por la decanatura de la Facultad de Agronomía como requisito final para optar al título profesional de:

Ingeniero Agrícola

Miembros del comité evaluador

MSc. Jorge Gómez Martínez

Presidente

MSc. Norland Antonio Méndez

Secretario

MSc. Carmen Margarita Cerna

Vocal

Lugar y Fecha: Sala Magna FAGRO, 23 de marzo del 2022

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados en la vida de una persona, dedicando a cada una de las personas que formaron parte de este proceso profesional, como amigos, familias y seres queridos que me brindaron su apoyo.

A mi madre Fátima García por su amor incondicional, sus oraciones, su apoyo incondicional en todo momento, su sacrificio y sus consejos que han ido moldeando todo mi carácter para lograr ser la persona que soy hoy en día y de esta manera llegar a cumplir hoy un sueño más.

A mi papá Marvin Antonio Bejarano que con sacrificio y esfuerzo me ha permitido llegar a cumplir mi meta, por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y trabajo duro, de no temer a las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

También dedicar a la memoria de mi tío Edgar Bejarano, quien me animo en este campo de estudio y durante varios años me brindó su hogar para prepararme y desarrollarme como profesional, en darme confianza, sus consejos y sobre todo haciéndome recordar que uno ayuda sin pedir nada a cambio.

Br. Guillermo Isaac Bejarano García

AGRADECIMIENTO

A Dios quien me acompañó y guio a lo largo de mi carrera, por haber escuchado mis oraciones y haberme brindado fuerza, sabiduría y fortaleza en momentos de debilidad, por bendecirme con aprendizaje y enseñanza para aprender de mis errores cada día.

A mis padres, que con trabajo duro lograron suplir mis necesidades en todo momento, que desde el preescolar hasta la universidad dieron su total esfuerzo para así llegar a consumir el objetivo de lo que soy ahora y ser su orgullo al verme cumplir una de mis metas.

A mi hermano, Marvin Bejarano y familia que siempre me han dado un gran apoyo moral en los momentos difíciles de este trabajo y durante esta profesión que en su momento era un sueño y hoy en día he alcanzado y culminado satisfactoriamente.

A mis asesores, MSc. Henry Duarte e Ing. Lenin Peña quienes compartieron de sus experiencias y transmitieron sus conocimientos a mi persona para la elaboración de este proyecto de desarrollo profesional.

A la Universidad Nacional Agraria por ser la sede originaria de todo conocimiento adquirido en estos años, por haberme brindado tantas oportunidades y conocimientos a mi crecimiento profesional para el aprovechamiento al máximo en el campo agrario del país.

Finalmente, quiero expresar mis más grandes y sinceros agradecimientos a mis maestros, a mis amigos y en especial al Br. Romar Adán Zeledón León quien fue parte del trabajo de instalación del proyecto a la Ing. Valeska Picado por compartir conmigo su colaboración y experiencia en el progreso y mejora de este trabajo.

Br. Guillermo Isaac Bejarano García

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	<i>i</i>
AGRADECIMIENTO	<i>ii</i>
INDICE DE CUADROS	<i>iii</i>
INDICE DE FIGURAS	<i>iv</i>
INDICE DE ANEXOS	<i>v</i>
RESUMEN EJECUTIVO	<i>vi</i>
ABSTRACT	<i>vii</i>
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
III. MARCO DE REFERENCIA	4
3.1. Generalidades del cultivo de la guayaba	4
3.2. Taxonomía de la guayaba taiwanesa	4
3.3. Característica botánica de la guayaba	5
3.4. Condiciones agroecológicas de la guayaba taiwanesa	6
3.5. El riego en la agricultura	7
IV. MATERIALES Y METODOS	9
4.1. Ubicación del estudio	9
4.2. Condiciones climáticas del sitio	9
4.3. Condiciones edáficas del sitio	10
4.4. Diseño metodológico	11
4.5. Parámetros de riego	11
4.6. Diseño Agronómico del sistema de riego por aspersión	12
4.7. Diseño geométrico	15
4.8. Diseño Hidráulico	17
4.9. Coeficiente de uniformidad (CU)	19
4.10. Análisis de la información	21
V. RESULTADOS Y DISCUSION	22
5.1. Parámetros de coeficiente de uniformidad	22
5.2. Diseño del sistema de riego por aspersión para el cultivo de la guayaba (<i>Psidium guajava</i> L.) C.V. Taiwanesa variedad 1	23
VI. CONCLUSIONES	27
VII. RECOMENDACIONES	28
VIII LITERATUA CITADA	29
IX ANEXOS	33

INDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1	Taxonomía de la guayaba taiwanesa	4
2	Parámetros de riego evaluados en campo, Universidad Nacional Agraria, 2021	23
3	Diseño agronomico para aspersión en el cultivo de guayaba taiwanesa, UNA, Managua, 2021	23
4	Calculo hidráulico en tuberías de conducción método de Hazem-Wllians	25
5	Descripción de los materiales utilizados en el diseño de riego por aspersión	26

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	Ubicación de área de estudio, UNA, 2021	9
2	Condiciones climáticas en el área de estudio (INETER, 2021)	10
3	Acceso al software Google Earth	16
4	Delimitación del perímetro de la Guayaba Taiwanesa	17
5	Acceso al área típica en software AutoCAD	17
6	Esquema de campo para determinar el CU	21
7	Diseño de riego por aspersión	24

INDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
1	Diseño Agronómico	34
2	Cálculo de pérdidas por fricción con la fórmula de Hazen-Williams	35
3	Factor de Christiansen	39
4	Cálculo del coeficiente de uniformidad	39
5	Indicadores del desempeño de los sistemas de riego	40
6	Determinación de presión en la descarga del sistema	40
7	Coficiente de uniformidad de Christiansen 1942	41
8	Evaluación de uniformidad, lote 2	41
9	Marco de plantación en tres bolillos y cuadrado	42
10	Plantilla de cálculo (poligonal) con el software Excel	42
11	Cálculo de Eto (Climwat 2.0 for CROPWAT)	43
12	Ficha técnica del aspersor	43
13	Curva característica de la bomba	44
14	Zanjeo del área	44
15	Instalación de tuberías y accesorios	45
16	Accesorios utilizados en el sistema	45
17	Funcionamiento del sistema	45

RESUMEN

El presente trabajo consistió en el diseño e instalación de un sistema de riego por aspersión en la “Granja demostrativa de cultivo de peces UNA” ubicada en las instalaciones de la Universidad Nacional Agraria, situada en el kilómetro 12 ½ carretera norte, en el departamento de Managua, tiene como objetivo suplir las necesidades hídricas de la planta tomando en cuenta el buen uso del recurso hídrico y de las herramientas de trabajo de implementación del mismo para potenciar la producción del cultivo y aumentar su efectividad. En la primera etapa de instalación del sistema de riego por aspersión se hizo un levantamiento topográfico planímetro para determinar el área, a continuación se procedió a realizar el zanjeo tomando en cuenta el marco de plantación ya establecido en campo del cultivo de guayaba (*Psidium guayaba* L.) C.V. taiwanesa 1, se logró efectuar la instalación y acoples de tuberías PVC, la tubería de conducción de cuatro pulgadas se encuentra acoplada a una bomba de Berkeley B Series Centrifugal Pump Lenntech, con una potencia de trabajo de 15 HP y un caudal promedio de 250 a 300 gpm. En el caso de la tubería de los laterales se instaló con un diámetro de dos pulgadas, luego se procedió a la instalación de los accesorios, posteriormente se continuo con acoplar los elevadores de ½ pulgada de diámetro, estos están a una altura de 0.7 m de la superficie del suelo y de esta manera se colocaron los aspersores senninger de la serie 20 modelo 2014HS boquilla dorada. De acuerdo a la evaluación del sistema se obtuvo que la presión calculada fue de 50 PSI, el radio de alcance medido en el campo fue de 6 m lo cual se observó un buen traslape, en la evaluación en campo se obtuvo un 91.61 % de eficiencia clasificado como bueno en el sistema tres bolillos, caso contrario en el sistema cuadrado se obtuvo 75.80 % de eficiencia clasificado como regular, por otra parte se pudo observar que las pérdidas de cargas en el sistemas son bajas y la velocidad del caudal se encontró dentro de los rangos de velocidad permisibles en tuberías PVC 0.5 -3.0 m s⁻¹.

Palabras clave: Efectividad, diseño agronómico e hidráulico, pérdida de cargas, parámetros de riego.

ABSCTRACT

The present work consisted of the design and installation of a sprinkler irrigation system in the "UNA fish farming demonstration farm" located in the facilities of the National Agrarian University, located at kilometer 12 ½ north highway, in the department of Managua's objective is to meet the water needs of the plant, taking into account the proper use of water resources and the work tools for its implementation to enhance crop production and increase its effectiveness. In the first stage of installation of the sprinkler irrigation system, a planimeter topographic survey was made to determine the area, then the ditch was carried out taking into account the plantation framework already established in the field of guava cultivation (*Psidium guayaba* L.) CV Taiwanese 1, it was possible to carry out the installation and coupling of PVC pipes, the four-inch conduction pipe is coupled to a Berkeley B Series Centrifugal Pump Lenntech pump, with a working power of 15 HP and an average flow rate of 250 to 300 gpm. In the case of the lateral pipe, it was installed with a diameter of two inches, then the accessories were installed, later the ½-inch diameter elevators were coupled, these are at a height of 0.7 m. the surface of the ground and in this way the senninger sprinklers of the 20 series model 2014HS golden nozzle were placed. According to the evaluation of the system, it was obtained that the calculated pressure was 50 PSI, the radius of reach measured in the field was 6 m, which showed a good overlap, in the field evaluation 91.61% efficiency was obtained. classified as good in the three bobbin system, otherwise in the square system 75.80% efficiency was obtained, classified as regular, on the other hand it was observed that the load losses in the systems are low, and the flow rate was found within the permissible speed ranges in PVC pipes 0.5 -3.0 m s⁻¹.

Keywords: Effectiveness, agronomic and hydraulic design, load loss, irrigation parameters.

I. INTRODUCCIÓN

La guayaba cultivada en nuestro país es una planta nativa de América Central y se encuentra comúnmente en los trópicos cálidos de los Estados Unidos. Reportado en las Indias Occidentales desde 1526, se introdujo en Florida en 1847 y se volvió común en más de la mitad del estado en 1886. (García, 2010, p.8)

Según Sánchez (2008), menciona que:

La variedad taiwanesa fue presentada en 2007 por la delegación de Taiwán China; al injertar arboles de guayaba nativos con brotes de guayaba procedentes de Asia; Produce una variedad mejorada y de alto rendimiento debido a su tamaño, sabor y peso.

Cuando se cultiva guayaba, lo mejor es regarla rociando debajo del follaje, así como por riego por goteo. Dependiendo del tipo de suelo, se utiliza un estándar neto parcial de 250-380 m³ en el primer año. Para los sistemas de aspersión, el intervalo de riego puede ser de 4 a 6 días en los primeros 6 meses después de la siembra. (Rodríguez et al., 2016)

Solo se debe sembrar con agua para riego, preferiblemente en la estación seca para un buen crecimiento. Se recomienda agregar agua semanalmente cuando la planta alcanza etapa de desarrollo particularmente importantes, a saber: floración, brotación, fructificación y desarrollo. (Mendoza, Aguilar, y Sergio, 2004)

Peterson & Torne (1963), afirman que:

El riego es importante porque las precipitaciones varían. El riego es la adición artificial de agua al suelo para uso de las plantas en el momento adecuado y en las cantidades necesarias para lograr una producción sostenible y optimizar el uso de agua. (Citado por Cruz y Alvarado, 2016, p.1)

Cualquier sistema de riego requiere de un diseño agronómico que tenga en cuenta las características del suelo, los cultivos, el espacio de siembra, etc. Esta información proporciona datos básicos para el diseño hidráulico posterior, como el caudal por planta el tiempo de riego entre otros parámetros. (Liotta, 2000. p.4)

La forma de plantación se puede implementar en un "marco real", es decir, en un cuadrado, o en "tres bolillos", es decir, en un triángulo o un hexágono. La distancia de plantación recomendada es de 5 x 5 o 6 x 6 m. La dirección de plantación es muy importante, las hileras deben ser de norte a sur para exponer las plantas a más luz solar.

Para diseñar un sistema de riego por aspersion es necesario utilizar métodos de cálculo y utilizar herramientas para instalarlo, se distingue entre las principales actividades el uso de herramientas; Teodolito, ArcGIS y Excel, quienes ayudaron a completar el levantamiento topográfico, zonificar un área, interpretar y seleccionar la información necesaria para evaluar el plano de campo.

El sistema de riego por aspersion hace uso y manejo razonable del recurso hídrico lo cual genera un mejor aprovechamiento del agua, reducción de costos y un 70 a 90 % de eficiencia en árboles frutales, con esta investigación se pretende generar información básica sobre la eficiencia del riego por aspersion en diseño rectangular y tres bolillos en el cultivo de guayaba taiwanesa 1.

El método de investigación es cualitativo y cuantitativo, no experimental, incluyendo la descripción detallada de los objetivos planteados y el establecimiento de un formulario modelo, para la investigación, seleccionamos materiales y herramientas tecnológicas, tales como programas informáticos, Excel, Google Earth y AutoCAD.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Diseñar e instalar un sistema de riego por aspersión en el cultivo de guayaba (*Psidium guajaba* L.) C.V. taiwanesa 1, UNA Managua, 2021.

2.1. Objetivos específicos

1. Calcular los parámetros del diseño agronómico en el sistema de riego por aspersión.
2. Calcular los parámetros del diseño hidráulico en el sistema de riego por aspersión.
3. Evaluar parámetros de coeficiente de uniformidad del sistema de riego por aspersión en tres bolillos y cuadrado.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1. Generalidades del cultivo de la Guayaba

Según algunos investigadores, es una especie originaria de América tropical, siendo el centro de su origen Brasil o algún lugar entre México y Perú. La guayaba fue domesticada por los indígenas hace 2000 años, hoy en día el cultivo de guayaba se ha extendido a muchos países del mundo porque es muy conocido, los principales países productores son India, Brasil, México, Sudáfrica, Jamaica, Cuba, República Dominicana, Puerto Rico, Colombia, USA (Hawái y Florida), Taiwán y Filipina (Proexant, 2007, p 15)

El Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA,2013) afirma que: Esta planta crece en América Central, común en las regiones cálidas de América tropical. Se ha registrado en las Indias Occidentales desde 1526 y se introdujo en Florida en 1847, y en 1886 era común en más de la mitad del estado. La colonización española y portuguesa lo llevó a Guam y las Indias Orientales. Pronto fue aceptado como cultura en Asia, y en las zonas cálidas de África se cree que se trasladó de Egipto a Palestina.

3.2. Taxonomía de la guayaba taiwanesa

Cuadro 1. Universidad Nacional Agraria, 2021.

Reino	Vegetal
División	<i>Espermatophyta</i>
Subdivisión	<i>Angiospermas</i>
Clase	<i>Dicotiledónea</i>
Orden	<i>Mirtales</i>
Suborden	<i>Myrtineae</i>
Familia	<i>Myrtaceae</i>
Género	<i>Psidium</i>
Especie	<i>guajava</i> L

Fuente: (CENTA, 2010)

3.3. Característica botánica de la guayaba

Raíz

El sistema de raíces de la guayaba está dominado por la raíz principal (eje) con una tasa de crecimiento inicial que a menudo excede a las raíces secundarias. Dependiendo del tipo de suelo, las raíces secundarias pueden tener el mismo diámetro que las raíces principales. En suelos profundos aparecen raíces laterales, que pueden tener más de 4 m de largo en niveles freáticos inferiores a 4,5 m. El sistema de raíces es muy superficial, pero el árbol lo compensa con su longitud y número de raíces que exceden el dosel. (Zapata y Huete, 2019, p.6)

Tallo

Es corto, cilíndrico, torcido, de corteza marrón y pelado desde las ramas inferiores. Las ramas son robustas, levantadas y retorcidas. Entre ellos se encuentran fibrosos, crema, rosa o marrón rosado, que se vuelve marrón oscuro con un grosor de 5-8 mm. (Zapata y Huete, 2019, p.6)

Hojas

Son de color verde claro o verde oscuro, oblongas o elípticas, de 3-6,5 cm de ancho y 5-15 cm de largo (Mata Beltrán y Rodríguez Mendoza, 1990), con glándulas sebáceas y venas laterales rayadas de color blanco, delgadas. pubertad en la juventud y oscuridad en la edad adulta (Zapata y Huete, 2019, p.6).

Flores

Son hermafroditas, pedunculadas, de aproximadamente 3,8 cm de diámetro, 2-4 cm de largo, redondas, de color amarillo verdoso, densamente cubiertas de pelos cortos y suaves. Las flores son axilares, solitarias y, a veces, en grupos de tres en ramas nuevas. El tubo del cáliz es un cáliz con 4-5 sépalos subdivididos. Muchos estambres dispuestos alrededor del disco, filamentos blancos, anteras de color amarillo pálido. El recubrimiento es fibroso, liso, de color amarillo verdoso (Zapata y Huete, 2019, p.6).

Fruto

Es una baya redonda, en forma de pera. Es una parpa lisa de color verde claro, su peso va desde los 453,59 hasta los 680 g. 39g y su tamaño es de 10 x 8 cm. La pulpa de la fruta es blanca, ligeramente amarilla, rosada o roja. La fruta madura tiene una esencia suave y un agradable sabor agridulce, pero luego desarrolla un olor acre. El peso de una guayaba es de 30 a 255 g. (Zapata y Huete, 2019, p.6).

Semilla

Es triangular, duro y blanco, de 3 - 5 mm de largo. Cada fruto contiene de 218 a 375 semillas pequeñas. Contiene un 80% de hierro inservible, y el 9,4% del peso seco del grano corresponde a grasa. (Zapata y Huete, 2019, p.7)

3.4. Condiciones agroecológicas de la guayaba taiwanesa

Condiciones Clima

Casaca (2005) menciona que:

El manejo adecuado de los factores climáticos en conjunto es fundamental para el buen funcionamiento de los cultivos, todos los factores están íntimamente relacionados y uno de ellos incide en el otro.

La Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG, 2008) recomiendan que el cultivo de la guayaba como planta tropical en altitudes inferiores a los 800 m sobre el nivel del mar, sin embargo, puede cultivarse y cultivarse de manera óptima en altitudes de 0 a 1200 m sobre el nivel del mar. Esto requiere una temperatura de 16 a 34°C, una precipitación anual de 1000 a 1800 mm y una humedad relativa de 36 a 96%. Las plantas deben exponerse a la luz solar directa con pleno sol (Casaca, 2005).

Humedad

El rango de humedad relativa puede ser de 37 a 96%. La exuberancia de humedad durante la madurez de la fruta puede ocasionar el pudrimiento de esta.

Luz

La guayaba exige exposición a la luz solar directa para desarrollarse, la planta requiere al menos 6-8 horas de luz solar por día.

Condiciones edáficas

La guayaba de Taiwán tiene una tolerancia muy alta a la salinidad y la sequía, creciendo en una amplia gama de suelos, desde suelos arenosos hasta limosos, siempre que el suelo sea fértil y fértil (García et al., 2003). Además, es tolerante a los humedales, debido al mayor número de raíces en su superficie (Avián et al., 1989), tolerante a pH entre 4,5 y 8,2, pero se comporta mejor a pH de 6 a 7 (SAG, 2008).

3.5. El riego en la agricultura

El agua es un recurso básico y muy activo para la agricultura. Sin embargo, necesita ser utilizado de manera óptima debido a su escasez en algunas partes del país. Hoy en día, con el advenimiento de muchas tecnologías y sistemas de creación de prototipos, los sistemas de riego y almacenamiento hacen que el uso eficiente de los fluidos sea importante no solo para el consumo sino también para garantizar una producción de alta calidad, tanto en tejidos pequeños como grandes (ABC RURAL,2014).

Según Martínez (2014), menciona que:

El riego por aspersión funciona con una bomba centrífuga que se puede enlazar al motor en una misma carcasa; se requiere un pozo o una válvula maestra para extraer el líquido que lo conduce a la ubicación a través de una red de tuberías.

Riego por aspersión

Los sistemas de riego por aspersión más antiguos se remontan a principios del siglo XX, cuando se usaban para regar céspedes ornamentales. Posteriormente, se fue desarrollando paulatinamente la fumigación agrícola para el riego de frutales, viveros y cultivos hortícolas intensivos. En la década de 1930, con el desarrollo de aspersores de impacto ligero de acero con conectores rápidos, los sistemas de riego por aspersión comenzaron a popularizarse para su uso en muchos cultivos en todo el mundo. (Pereira, 2010, p. 164)

Alrededor del 10% del área regada en el mundo es por sistema de rociadores, este porcentaje es más alto en los países desarrollados. Se han realizado mejoras para mejorar la eficiencia del riego y hacer que el riego por aspersión se adapte a todo tipo de suelo, terreno, cultivos y

climas. Con la construcción adecuada, se puede suministrar agua con buena uniformidad y precipitaciones acordes con la tasa de infiltración en el suelo, lo que permite controlar la escorrentía y evitar daños en el suelo y los cultivos (Pereira, 2010, p. 168).

Ventajas y Desventaja del Riego por aspersión

Ventajas del riego por aspersión

- Independiente de las características del suelo
- Adaptable a diferentes laminas netas y velocidades de infiltración
- Control preciso de las dosis
- No necesita nivelación o sistematización
- Muy adaptable a rotaciones de cultivo
- Permite automatización
- Totalmente entubado
- Moja toda la superficie del suelo

Desventajas del riego por aspersión

- Mala uniformidad por el viento
- Problemas sanitarios e interferencia con los tratamientos
- Alto costo inicial
- Moja toda la superficie del suelo

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación del estudio

La instalación del sistema de riego por aspersión se estableció en los meses de julio a noviembre 2021, en la parcela agroecológica de guayabas taiwanesa variedad 1, se estima que tienen una edad promedio entre 10 a 12 años, ubicada en la “Granja demostrativa de cultivo de peces UNA” de las instalaciones de la Universidad Nacional Agraria, situada en el kilómetro 12 ½ carretera norte departamento de Managua. Las coordenadas geográficas de la zona son: 12° 08’ 58’’ latitud norte y 86° 09’42’’ longitud oeste, con una elevación de 56 msnm.

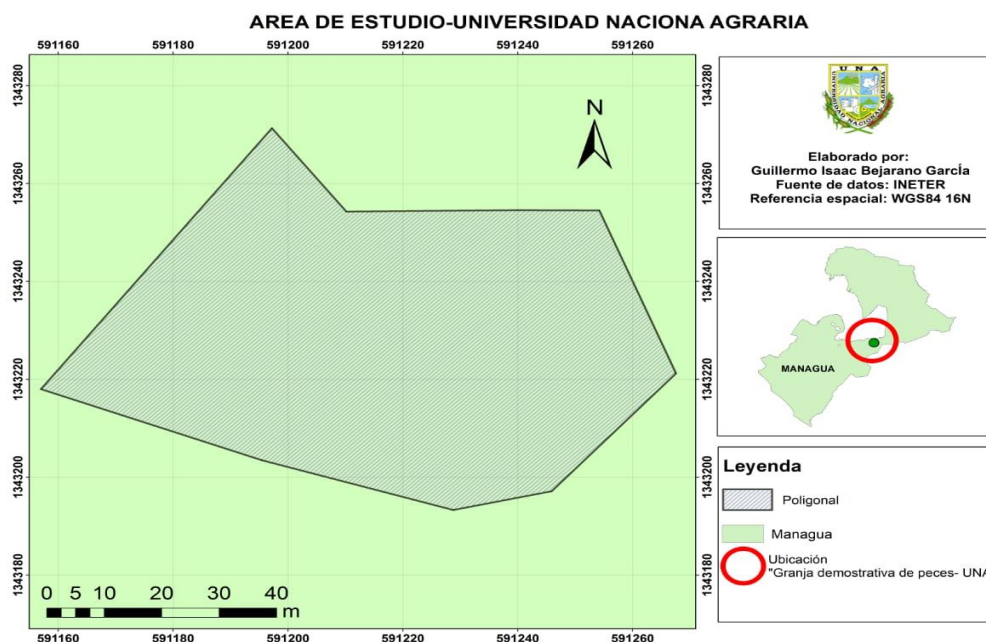


Figura 1. Ubicación de área de estudio, UNA, 2021

4.2. Condiciones climáticas del sitio

En la figura 2, se observan los valores promedios de temperaturas máximas y mínimas (Temp. Max y Min), precipitaciones mensuales acumuladas, los meses que presentaron precipitaciones mínimas fueron de enero (2.4 mm) y abril (10 mm), los meses con mayor presencia de precipitaciones fueron los meses de junio (33 mm) y septiembre (35 mm).

Las temperaturas a lo largo del año van desde 23 °C a 35 °C, la precipitación anual promedio para Managua es de 1 100 a 1 600 mm Según (INETER, 2021).

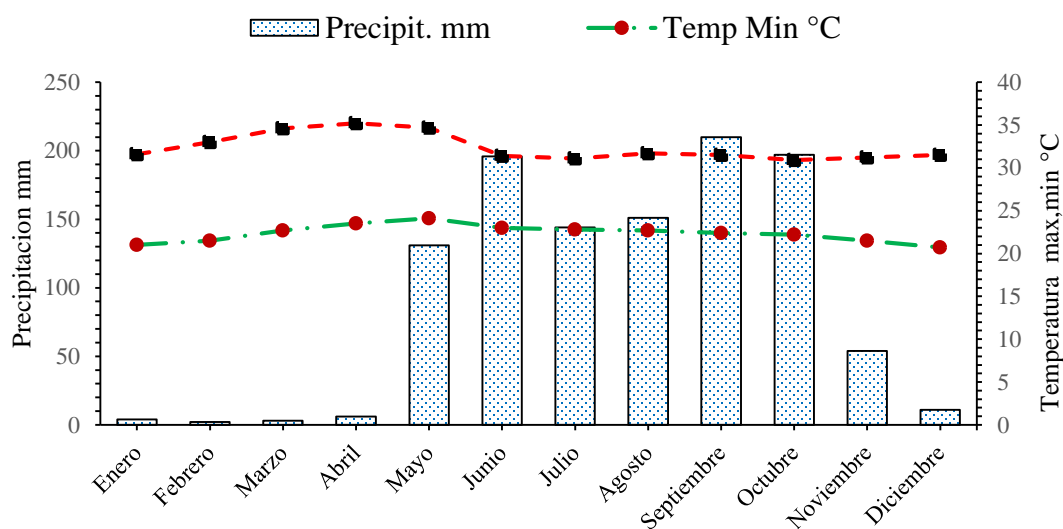


Figura 2. Condiciones climáticas en el área de estudio (INETER, 2021).

4.3. Condiciones edáficas del sitio

El tipo de suelo son pertenecientes a la serie La Calera, se derivan de sedimentos lacustres y aluviales de suelos pobremente drenados, superficiales, calcáreos que contiene sales y son altos en sodio intercambiables, la textura es franco arenoso. La serie La Calera consiste en suelos pobremente drenados, negros, superficiales, calcáreos que contienen sales y son altos en sodio intercambiable. Se derivan de sedimentaciones lacustres y aluviales. Se encuentran en planicies bajas y planas, se extienden al sur del Lago de Managua hasta la Estación Experimental La Calera. Limitando con suelos de Sábana Grande, Cofradías, Mercedes y Zambrano. Mikenberg (INETER, 2005)

4.4. Diseño metodológico

El sistema de riego por aspersión se estableció, en los meses de julio a noviembre 2021, en la “Granja demostrativa de cultivo de peces UNA”, cuyas dimensiones donde se instaló el sistema de riego por aspersión será 5 035.67 m² en el cultivo de guayaba taiwanesa establecido a 3 m entre surcos y 2 m entre planta, se estableció dos marcos de riego, tres bolillos y cuadrado (Anexo 9), para establecer el sistema se hicieron prácticas de campo que incluyeron medición de área con un levantamiento topográfico planímetro con el uso de teodolito, cinta y jalón, para la instalación de la tubería PVC, se hicieron zanjos adaptando el sistema de riego por aspersión de acuerdo al marco de plantación establecido en el área de trabajo, posteriormente se elaboró el diseño agronómico e hidráulico que permiten la efectividad óptima del sistema de riego para el cultivo de Guayaba (*Psidium guajava* L.) C.V. Taiwanesa 1, tomando en cuenta su coeficiente de uniformidad (CU),(Autor, 2021).

4.5. Parámetros de riego

Rango de presión de trabajo del aspersor

El aspersor utilizado fue senninger de la serie 20 modelo 2014HS, Los aspersores de impacto son los más económicos, eficaces para diversas aspersiones foliares y sub foliares, trabaja con presión de 30 a 50 PSI. Los desempeños de los aspersores pueden variar en condiciones reales de campo, las alturas de los chorros varían entre 0.91 a 1.5 m por encima de la boquilla dependiendo de la presión y del tamaño de la boquilla. La altura mínima recomendada para los elevadores es de 0.46 m, con un manómetro se midió la presión de los aspersores.

Características técnicas del aspersor

- Diseño de una sola boquilla, para máximo alcance
- Tres trayectorias disponibles: 2009 - 9° para combatir la deriva por viento y la evaporación
2014 - 14° ideal para riego subfoliar 2023 - 23° para máximo alcance en sistemas de aspersión foliar
- Amplia gama de combinaciones de boquillas y venas para una excelente distribución a todas las presiones
- Llave hexagonal incorporada para fácil mantenimiento a campo

- Rosca estándar de tubería de cojinete inferior
- Caudales: 1.34 a 3.98 gpm (304 a 904 L/hr⁻¹)
- Garantía de dos años en materiales, mano de obra y desempeño
- Boquillas codificadas por color para fácil identificación de tamaño y con garantía de mantener el diámetro correcto de orificio por cinco años
- Diámetro mojado de 66 a 70 pies

Gasto de trabajo del emisor teórico y calculado

Se define como el caudal o la cantidad de agua que pasa por una conducción o tubería en un tiempo determinado (Cisneros, 2010).

$$Q = A \times V$$

Donde:

Q= Caudal (m³ s⁻¹)

A= Area (m²)

V= Velocidad (m s⁻¹)

Radio de alcance y traslape del aspersor

El radio de alcance es la delimitación del área húmeda que genera el aspersor, esta se midió con una cinta métrica de acuerdo con la altura del elevador a 0.7 m.

4.6. Diseño Agronómico del sistema de riego por aspersión

El diseño agronómico consiste en calcular todos los parámetros necesarios para que el sistema de riego suministre eficientemente agua a los cultivos durante el periodo de máximas demanda, utilizando las siguientes ecuaciones.

1. Caudal requerido

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

$$QR = \frac{Area \times Df \times 10}{Jornada}$$

Donde:

QR= Caudal requerido (m³ hr⁻¹)

Df = Déficit del cultivo (mm hr⁻¹)

Factor = 10

Jornada = Horas

2. *Intensidad de aplicación*

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

$$Ia = \frac{Qi}{Ea \times El}$$

Donde:

Ia= Intensidad de aplicación (mm hr⁻¹)

Qi= Caudal del emisor (lph)

Ea= Espaciamiento entre aspersor (m)

El= Espaciamiento entre lateral (m)

3. *Caudal por hectárea*

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

$$QHA = Ia \times 10$$

Donde:

QHA = Caudal por hectárea (m³ hr⁻¹)

Ia= Intensidad de aplicación (mm hr⁻¹)

Factor= 10

4. *Caudal Total*

Sirve para determinar la bomba a utilizar.

$$QT = Area \times QHA$$

Donde:

QT= Caudal total (m³ hr⁻¹)

Área = Hectárea

QHa= Caudal por hectárea (m³ hr⁻¹)

5. *Turno de riego*

Es el tiempo necesario para que se aplique la norma riego bruto.

$$T = \frac{QT}{QR}$$

Donde:

T = Turnos de riego

QT= Caudal total (m³ hr⁻¹)

QR = Caudal requerido (m³ hr⁻¹)

6. *Área por turnos de riego*

Es la demanda de agua por parcela dividida en sectores.

$$AT = \frac{Area}{T}$$

Donde:

AT= Área por turno de riego (m²)

T= Turnos de riego

Área = Hectárea

$$N^{\circ} \text{Aspersores regando simultaneamente} = \frac{AT}{Ea \times El}$$

AT= Área por turno de riego (m²)

Ea= Espaciamiento entre aspersor (m)

El= Espaciamiento entre lateral (m)

7. *Frecuencia de riego*

Es la frecuencia de agua que se aplica en un cultivo en una etapa de crecimiento determinada y se expresa en días.

$$FR = \frac{Area}{EA \times N^{\circ} \text{Aspersores} \times CD}$$

Donde:

FR = Frecuencia de riego (días)

CD = Cambios por día

Área = En (m²)

EA = Espaciamiento entre aspersores (m²)

N^oA= Número de aspersores

8. *Lamina de aplicación*

Es la aplicación del riego que se compone de una fracción de reserva, útil a los efectos de evapotranspiración, y otra de lavado, es decir solo una fracción de lámina bruta es aprovechada.

$$La = Df \times FR$$

Donde:

La= Lamina de aplicación (mm)

Df= Déficit del cultivo (mm día)

FR= Frecuencia de riego (días)

9. *Tiempo de puesta*

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

$$TP = \frac{DF}{Ia}$$

Donde:

TP=Tiempo de puesta (hr)

DF= Déficit del cultivo (mm día⁻¹)

Ia= Intensidad de aplicación (mm hr⁻¹)

10. *Jornada de riego*

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

$$JR = TR \times TP$$

Donde:

JR= Jornada de riego (horas)

TR= Turnos de riego

TP=Tiempo de puesta (horas)

4.7. **Diseño Geométrico**

El diseño geométrico consiste en la utilización de software que permiten el trazado geométrico del área por medio de levantamientos topográficos previos y de esta manera precisar de un plano a través de imágenes y dibujos digitales en 2D y 3D.

Uso de las herramientas Google Earth y AutoCAD

Google Earth es un sistema de información geográfica que muestra un globo terráqueo virtual que permite visualizar múltiples cartografías, éste compuesto por una superposición de imágenes obtenidas por imágenes satelitales, fotografías aéreas, información geográfica proveniente de modelos de datos SIG de todo el mundo y modelos creados por computadora. El programa está disponible en varias licencias, pero la versión gratuita es la más popular, disponible para dispositivos móviles, tabletas y computadoras personales.

Esta herramienta ofrece:

- Un conjunto completo de herramientas de creación y edición de datos
- Proporciona una capacidad de análisis y visualización 3D de vanguardia
- Soporte técnico inigualable

Es software que se utilizará para georreferenciar el polígono que guardamos desde Google Earth. Una vez que tengamos localizado el polígono convertiremos nuestro archivo en formato DWG (AutoCAD).

AutoCAD es un software de diseño asistido por computadora para dibujo 2D y modelado 3D, es reconocido a nivel internacional por sus amplias capacidades de edición, que hace posible el dibujo digital de planos de edificios o la recreación de imágenes en 3D; es uno de los programas más utilizados por arquitectos, ingenieros, diseñadores industriales y otros.

1. Acceder al programa de Google Earth



Figura 3. Acceso al software Google Earth

2. Buscar la ubicación del terreno
3. Delimitar perímetro del área con la herramienta polígono ubicado en la parte superior de la pantalla.



Figura 4. Delimitación del perímetro del área de las guayabas taiwanesa

4. Una vez guardada el área de riego procedemos a utilizar el siguiente software (AutoCAD)
5. Procedemos al diseño agronómico del riego por aspersión
6. De esta manera obtenemos el diseño en AutoCAD

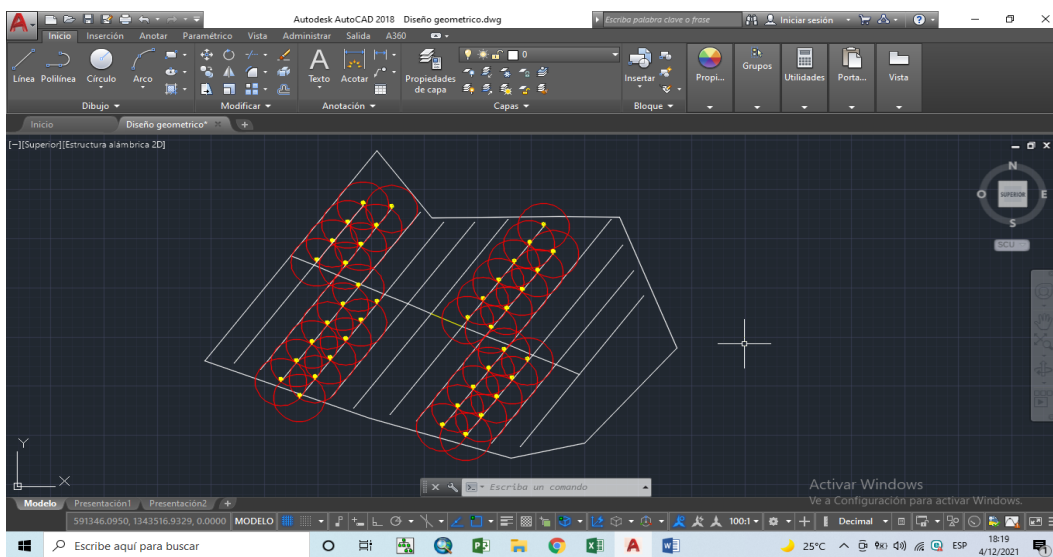


Figura 5. Acceso al área típica en software AutoCAD

4.8. Diseño Hidráulico

La fórmula de Hazen-Williams permite cuantificar las pérdidas primarias en una tubería que trasiega agua a sección llena, el cálculo sin embargo no toma en cuenta las propiedades físicas del agua como lo son la densidad, peso específico, viscosidad absoluta y relativa y solo se basa en un coeficiente de rugosidad y radio hidráulico (1905).

Cálculo de las pérdidas

La fórmula de Hazen-Williams permite cuantificar las pérdidas primarias en una tubería que permite que el agua llegue a toda la sección transversal, pero los cálculos no tienen en cuenta las propiedades físicas del agua, como la densidad, la gravedad específica y el grado de gravedad. Viscosidades absolutas y relativas y basadas únicamente en el coeficiente de rugosidad y el radio hidráulico.

Para aplicar los datos a la fórmula de Hazen- Williams debemos tener en cuenta los siguientes factores a considerar:

1. Material de tubería a utilizar: PVC
2. Factor de rugosidad: 150
3. Longitud máxima de tubería PVC de conducción desde el equipo de bombeo al último hidrante: 220 m
4. Caudal de diseño: $8.38 \text{ m}^3 \text{ hr}^{-1} = 0.0023 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$
5. Diámetro de tubería: trabajaremos 4 pulgadas en la principal y 2 pulgadas en la tubería de laterales
6. Diámetro interno de tubería de conducción 4 pulgada = 108.72 mm = 0.10872 m
7. Diámetro interno de tubería del lateral 2 pulgadas = 56.63 mm $\approx 0.05663 \text{ m}$

Aplicando la fórmula obtenemos:

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

hf = pérdida de carga (m)

L = longitud de tubería (m)

D = diámetro de la tubería (m)

Q = caudal ($\text{m}^3 \text{ S}^{-1}$)

Cálculo de la velocidad de la tubería principal en función del caudal

Caudal = $0.0023 \text{ (m}^3/\text{s)}$

Área de tubería = 4 *pulgadas* $\approx 0.009183436 \text{ m}^2$

Despejando la fórmula de velocidad obtenemos:

$$V = \frac{Q}{S}$$

Donde:

V = velocidad (m S⁻¹)

Q = caudal (m³ S⁻¹)

S = área de la sección (m²)

Aplicando factor de salidas con Christiansen

$$N^{\circ} SL = \frac{L.T.S.}{Esurco}$$

Número de salidas del lateral: $N^{\circ}SL$

Longitud de tubería secundaria: $L.T.S$

Espaciamiento entre surco: $Esurco$

Caudal por turno de riego (Caudal de diseño de riego por aspersión)

$$QT = Area (Ha) \times Q Ha (m^3 hr^{-1})$$

Donde:

QT = Caudal por turno de riego (m³ hr⁻¹)

Area = en (Ha)

QHa = caudal por hectárea (m³ hr⁻¹)

Cálculo de la carga dinámica total

$$CDT = h_s + h_f \text{ succión} + h_f \text{ conducción} + h_f \text{ laterales} + h_f \text{ aspersores} + \Delta z$$

Donde:

CDT = carga dinámica total (m)

h_s = altura de succión (m)

h_f succión = pérdida de carga en la tubería de succión (m)

h_f conducción = pérdida de carga en la tubería de conducción (m)

h_f lateral = pérdida de carga en la tubería de lateral (m)

h_f aspersores = pérdida de carga en los aspersores (m)

ΔZ = desnivel entre centro de la bomba y el nivel estático (m)

4.9. Coeficiente de uniformidad (CU)

Para la evaluación de los sistemas de riego por aspersión algunos investigadores han hecho propuestas que han sido incorporadas por muchos países y han pasado a formar parte de sus normas y reglamentos para estas actividades.

La evaluación de la aplicación de agua al suelo se evalúa calculando las intensidades de aplicación en una unidad de riego y posteriormente calculando un parámetro llamado coeficiente de uniformidad. Hay varias fórmulas para calcular este parámetro, pero la fórmula más usada es la planteada por (Christiansen en 1942).

Para calcular el coeficiente de uniformidad tenemos la siguiente ecuación

$$CU = 100 \left(1 - \sum \left| \frac{li - Im}{n \times Im} \right| \right)$$

Donde:

CU = coeficiente de uniformidad expresado generalmente en (%)

li = Intensidad medida en cada pluviómetro, en ($mm h^{-1}$)

Im = Intensidad media de todas las observaciones, en ($mm h^{-1}$)

n = Cantidad de observaciones

La evaluación tiene como objetivo determinar el coeficiente de uniformidad de la unidad de riego (CU), para lo cual se calculará primero el de una zona de dicha unidad seleccionada previamente. Es habitual considerar que el coeficiente de uniformidad de la unidad es similar al de la zona, aunque existe un procedimiento en el que es preciso medir presiones además de caudales para calcular CU con precisión.

Para evaluar la uniformidad de un sistema de riego por aspersión el primer paso es elegir la zona a evaluar. Debe ser representativa del sistema en cuanto a características de los aspersores, marco de riego, número de boquillas y diámetro. También debe tener una presión cercana a la media (lo que ocurre a un tercio del inicio de los ramales de aspersión si no existe pendiente o es reducida) o a la mínima (lo que se produce al final de los ramales si la pendiente es nula o ascendente).

Antes de comenzar el riego, se colocó una red de vasos pluviométricos formando una malla de 3 x 3 m entre dos ramales, que recopilaron el agua de seis aspersores según se indica en la figura 6. Como vaso podrá utilizarse cualquier recipiente que tenga al menos 0.12 m de diámetro y bordes agudos, sin deformaciones. Los vasos se instalarán sobre el suelo cuando el cultivo no altere la lluvia de los aspersores, y justo sobre el cultivo en caso contrario. Si no se dispone de suficientes vasos se podrán colocar entre cuatro aspersores.

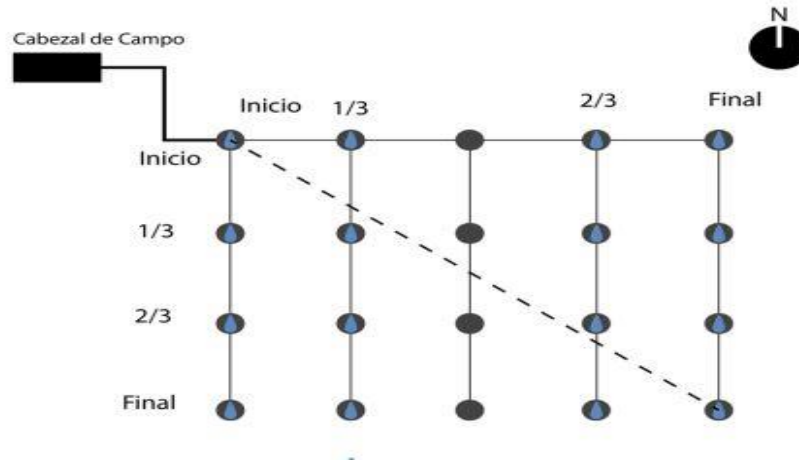


Figura 6. Esquema de campo para determinar el coeficiente de uniformidad (CU)

4.10. Análisis de la información

Se ordenaron los datos recopilados en campo y se manejaron en hoja de cálculo en Excel, posteriormente se utilizarán las ecuaciones como Hazen – Williams y Christiansen para el análisis de estos.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Parámetros de coeficiente de uniformidad

La estandarización del sistema de riego es un sello distintivo de cualquier sistema de riego, desde su diseño hidráulico hasta su mantenimiento a lo largo del tiempo. Varios factores están asociados con una baja homogeneidad, en particular obstrucciones (físicas, biológicas y químicas), temperaturas y caudal este por efecto o variación de presiones.

De acuerdo con las clasificaciones tabuladas del coeficiente de Christiansen tenemos como valor obtenido "BUENO" que es considerado entre los valores de 75 – 100 %, por lo tanto, en este lote de tres bolillos hay una buena uniformidad en la aplicación de agua al suelo según al criterio de Christiansen.

De acuerdo con las clasificaciones tabuladas del coeficiente de Christiansen tenemos como valor obtenido "REGULAR" que es considerado entre los valores de 55 – 75 %, por lo tanto, en este lote rectangular hay una admisibilidad en la aplicación de agua al suelo según al criterio de Christiansen, no pasando por alto la variabilidad que hubo en este lote dado a que la zona se encontraba muy densa por ramas y hojas del árbol frutal y otros.

El aspersor senninger de la serie 20 modelo 2014HS presenta un caudal teórico de 1.34 a 3.98 gpm, en el campo se aforo el caudal de los aspersores y como resultado fue de 2.26 gpm se encuentra dentro del rango del caudal teórico. El rango de presión teórica es de 30 a 50 PSI, la presión calculada fue de 50 PSI, el radio de alcance medido en el campo fue de 6 m lo cual se observó un buen traslape, en la evaluación en campo se obtuvo un 91.61 % clasificado como bueno en el sistema tres bolillos, caso contrario en el sistema cuadrado se obtuvo 75.80 % clasificado como regular esto se debe a la presencia del cultivo de guayaba tenía buen desarrollo e interfería en la uniformidad del sistema.

Cuadro 2. Parámetros de riego evaluados en campo, Universidad Nacional Agraria, 2021.

Posición del Sistema de riego	Q teórico (gpm)	Q calculada (gpm)	Presión teórica (PSI)	Presión calculada (PSI)	Radio de traslape (m)	Coefficiente uniformidad (CU %)
Tres bolillos	1.34 – 3.98	2.26	30 - 50	50	6	91.61
Cuadrado	1.34 – 3.98	2.26	30 - 50	50	6	75.80

5.2 Diseño del sistema de riego por aspersión para el cultivo de guayaba (*Psidium guajava* L.) cv taiwanesa variedad 1

Diseño agronómico para riego de aspersión

Aplicando fórmulas necesarias para el cálculo de las necesidades hídricas obtuvimos los siguientes datos:

La lámina de riego total estimada es de 13.33 mm, con una frecuencia de riego diaria, pero debe valorarse en el campo de acuerdo con las condiciones climáticas, cabe señalar que este cultivo es frutal y por lo tanto su duración en campo es prolongada a largo plazo, por ende, su tiempo de riego no afecta en su ciclo de producción. El tiempo de riego calculado fue de 1 hora 41 minutos, el caudal por hectárea necesario es de 97.80 m³ hr⁻¹, cuadro 2.

Cuadro 3. Diseño agronómico para aspersión en el cultivo de guayaba taiwanesa, UNA, Managua, 2021

Datos de campo y técnicos		Resultados obtenidos	
Área total de riego (ha)	0.503	Ia (mm hr ⁻¹)	9.78
Q requerido (mch)	8.38	Lámina total (mm)	13.33
Q emisor (lph)	352.04	Tiempo de riego (hr)	1.41
Esp. Lateral (m)	6.00	Q /hectárea (mch ha ⁻¹)	97.80
Esp. Emisor (m)	6.00	Área máxima por turno (ha)	0.09
Déficit (mm/días)	13.80	Turnos de riego/no cambios	6.00
Frecuencia (días)	1.00	Área de riego por turno (ha)	0.08
Jornada (hr)	1.00	Jornada de riego (hr)	8.50
Caudal por (m ³ hr ⁻¹)	8.38		
Caudal por (gpm)	36.87		

Diseño Geométrico

En la figura 7 se aprecia la representación del diseño geométrico con el objetivo de observar la ubicación de cada uno de los aspersores en los dos sistemas instalados tanto para tres bolillos y cuadrado esto para apereibir el comportamiento del riego en ambos sistema, este sistema cuenta con una tubería principal de cuatro pulgadas que recorre desde la bomba hasta el área a regar, los laterales se manejaron con un diámetro de dos pulgadas distribuidos en el campo, el sistema cuenta con dos válvulas de cuatro pulgada que permitirán los turnos de riego del sistema esto dependerá de las recomendaciones facilitadas al encargado del área.

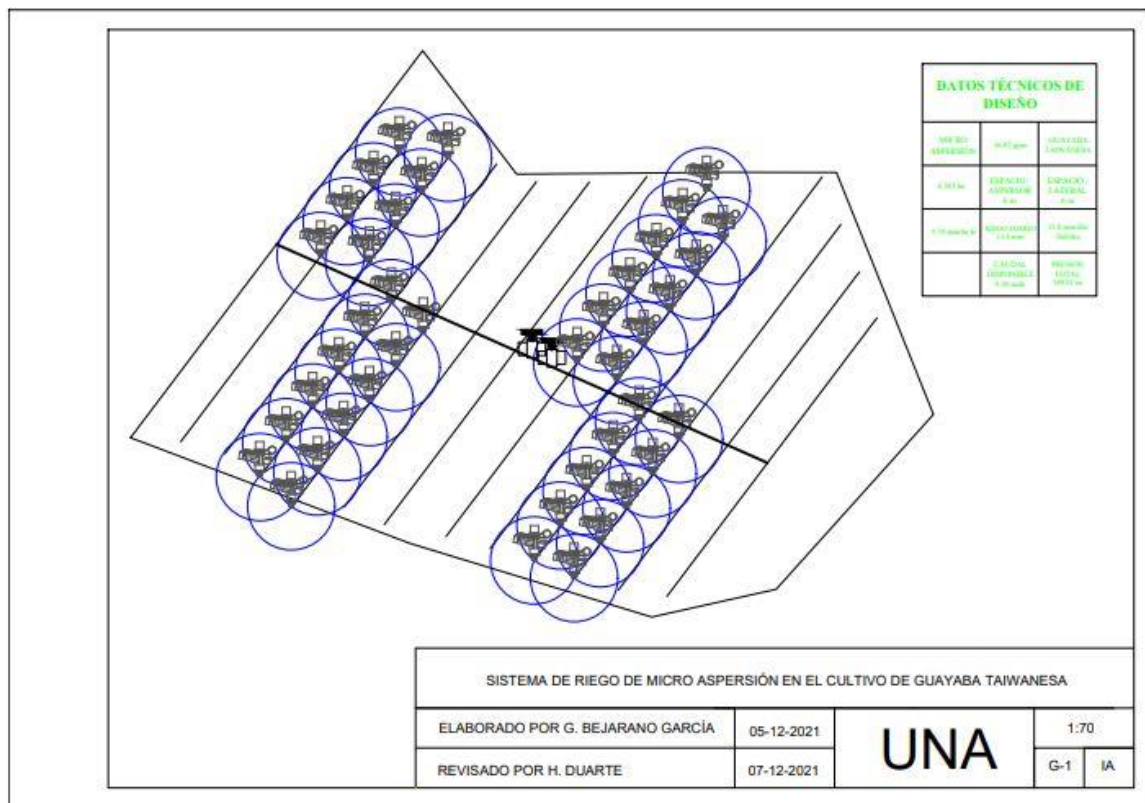


Figura 7. Diseño de riego por aspersión

Diseño Hidráulico

En el cuadro se observan las pérdidas calculadas, en el sistema en la tubería principal es de 0.14 m (0.20 PSI), la velocidad calculada fue de 0.25 m s⁻¹ se encuentra dentro de los parámetros permitidos, el cual nos garantizara un caudal estable y de bajas perdidas por fricción. En el lateral la pérdida total fue 0.15 m (0.18 PSI) y una velocidad de 0.46 m s⁻¹ se encontró dentro del rango permisible. En el aspersor 0.88 m (1.25 PSI), la pérdida total del lateral de riego es de 0.05. Las pérdidas por succión total fue 0.067 (0.10 PSI) con una velocidad de 7.5 m s⁻¹, las perdidas máximas en el lateral aplicando el (20% máximo permitido en pérdidas por fricción en el lateral de riego) es de 0.18 m, con una carga dinámica total de (10.69 pies). Por lo tanto, las tuberías del sistema se encuentran dentro del rango de trabajo permisible cuadro 3.

Según los rangos de velocidad permisibles en tuberías PVC su rango deseable esta entre 0.5-3.0 (m s⁻¹) (Alocen, 2007, p. 150).

Cuadro 4. Calculo hidráulico en tuberías de conducción método de Hazem-Willians

Tramos	Longitud (mch)	Caudal (mch)	Diámetro Pulgada mm	Rugosidad (C)	Perdida (m)	Velocidad (m s ⁻¹)	Perdida (PSI)
CONDUCCIÓN							
Principal	220	8.38	4 108.72	150	0.14 Pérdida Hf 0.14	0.25	0.20
LATERAL							
Lateral	35	4.19	2 56.63	150	0.15 Pérdida Hf Pérdidas Hf corregidas 0.055	0.46	0.18
Aspersor							
Aspersión	6	1.55	16 mm 18.82	150	0.88 Pérdida Hf Pérdida Hf corregidas Pérdida Hf succión 0.05	1.55	1.25
Succión	3	250	4 108.72	150	0.067	7.5	0.10
Pérdida máxima en el lateral					0.20		
20%					0.18		
Carga dinámica total					3.26 10.69 pies		

La bomba en el área es una Berkeley B Series Centrifugal Pump Lenntech, con una potencia de trabajo de 15 hp y un caudal promedio de 250 a 300 gpm (galones por minutos) esta bomba es utilizada para regar áreas de cultivos anuales donde los estudiantes de la facultad de agronomía realizan sus prácticas, en la Universidad Nacional Agraria.

Materiales utilizados en el sistema de riego

Se usaron tubos de PVC de diámetros según diseño 4 pulgadas tubería de conducción y 2 pulgadas tubería de laterales. Las tuberías y accesorios de PVC. que se utilizarán serán de primera calidad, cumpliendo las normas ASTM - 2244, de los Estados Unidos de América, dimensionados adecuadamente según los caudales y presiones de nuestro diseño.

Cuadro 5. Descripción de los materiales utilizados en el diseño de riego por aspersión

Materiales	Unidad	Cantidad
Tubería PVC 4 pulgadas SDR 41	Unidad	13.00
Tubería PVC 2 pulgadas SDR 41	Unidad	120.00
Tubería PVC 1/2 pulgadas SDR 41	Unidad	17.00
Adaptadores machos PVC 1/2 pulgadas SCH 40	Unidad	24.00
Reductores de PVC 1/2 pulgadas SCH 40	Unidad	24.00
Tee PVC 2 pulgadas SDR 41	Unidad	120.00
Cruz PVC 2 pulgadas SDR 41	Unidad	120.00
Codo PVC 2 pulgadas SDR 41	Unidad	24.00
Codo PVC 4 pulgadas SDR 41	Unidad	5.00
Válvula PVC 4 pulgadas de mariposa	Unidad	2.00
Pega PVC	Galón	2.00
Cierra metálica	Unidad	3.00

VI. CONCLUSIONES

Con el diseño agronómico e hidráulico del sistema de riego por aspersión en el cultivo de guayaba se facilitó la reducción de las pérdidas de agua al momento de realizar el riego, mejorando el suministro de humedad que demanda el cultivo de la guayaba (*Psidium guajava* L.), además garantizando minimizar la cantidad de personal al ser utilizado el riego, en relación al riego que se manejaba en el área, siempre se deberá tener en cuenta su demanda hídrica de acuerdo a los cálculos con una frecuencia diaria de riego de 1.41 hr con una lámina total de 13.33 mm y aplicando turnos de riego en función de las etapas de crecimiento de la guayaba taiwanesa variedad 1.

El sistema de riego por aspersión instalado reflejo una uniformidad del 91.61 % en tres bolillo clasificado como bueno, en el sistema de cuadrado se obtuvo 75.80 % un rango de bueno, los caudales evaluados para ambos sistemas se obtuvieron de 2.26 gpm esto quiere decir que se encuentran dentro los caudales permisibles para el sistema de riego por aspersión, la presión de trabajo de los aspersores se encontró en 50 PSI en el rango permitido del funcionamiento del aspersor, el radio de traslape fue de 6 m esto quiere decir que se encuentra en el rango de operación del aspersor según sus características técnicas, de igual manera el caudal se encontró dentro del rango de operación.

Los materiales utilizados en la instalación del sistema de riego fueron seleccionados por su calidad y resistencia, en la tubería usada fue SDR 41 al igual que el resto de los accesorios teniendo en cuenta la norma ASTM - 2244, de los Estados Unidos de América.

VII. RECOMENDACIONES

1. Ejecutar el mantenimiento continuo del sistema de riego por aspersión, con la limpieza constante de los aspersores para evitar el paso de partículas que puedan obstruir el paso del agua.
2. Operar el sistema con el uso del manómetro y establecer la presión necesaria determinada en el diseño hidráulico para evitar falta de uniformidad de riego por la baja o alta presión.
3. Continuar con esta línea de investigación en el sistema de riego tecnificado implementándolo con diferentes módulos de riego.
4. Utilizar el área para fines de estudio experimentos durante la carrera de ingeniería agrícola y para los estudiantes de la facultad de FAGRO.
5. Crear una programación de riego de acuerdo con las etapas fenológicas del cultivo de guayaba (*Psidium guajava* L.) taiwanesa.
6. Programar una hora de riego por la mañana y atardecer del día para que el cultivo aproveche al máximo las láminas de agua aplicadas.

VIII. LITERATURA CITADA

- Anónimo., (S.F). Protocolo de riego. Valle de Copiapó. Universidad de Chile, Santa Rosa.
- Alaniz Ramírez, D., y Cruz Herrera, J.J. (2018). Evaluación del patrón de humedecimiento el agua en el sistema de riego por micro aspersión [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria] <https://repositorio.una.edu.ni/3686/1/tnf06a319.pdf>
- Alma Deysi, C.R., y Eder Job, M.L. (2019). Producción de frutos de guayaba (*Psidium guajaba* L.) Variedad Taiwán 1, utilizando diferentes programas de fertilización de N-P-K [Tesis de pregrado, Universidad de El Salvador]
- ABC RURAL (2021, febrero,14). *Importancia del riego en agricultura.* <https://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/abc-rural/importancia-del-riego-en-agricultura-1284503.html.->
- Chamorro Juárez, C.C. (2005). Microbiología, rendimiento y análisis económico en el cultivo de guayaba (*Psidium guajava* L.) utilizando tres dosis de humus de lombriz, Managua, 2013-2014 [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Agraria. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf04ch448.pdf>
- Badillo, M.F., Valdera, F., Bodas, V., Fuentelsaz, F., y Peiteado, C. (2009). Manual de buenas prácticas de riego. Madrid, España. http://awsassets.wwf.es/downloads/buenas_practicas_de_riego.pdf.
- Blanco Bustillo, W. Z. (s.f.). Diseño Hidráulico. Plan de clases.
- Briceño, M.; F. Álvarez; U. Barahona: (2012). Manual de Riego y Drenaje. Programa de Manejo Integrado de Plagas en América Central. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. https://www.se.gob.hn/media/files/media/Modulo_5_Manual_de_Riego_y_Drenaje.pdf
- Conocimientosweb.net.(2013, 1 de julio). *Origen y distribución para el cultivo de la guayaba.* <https://conocimientosweb.net/dcmt/ficha14587.html>
- Cruz,K.S., Alvarado Talavera, B.A. (2016). Diseño e instalación de sistemas de riego localizado y aspersión en 15 hectáreas en la finca de la UNA El Plantel, Masaya, 2016 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria]. Archivo digital. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf06c957.pdf>

- Carrasco Moron, A., Concha Cordoba , M., Cortes Piscoya, D,A.,(2018). Tipos de Riego. Universidad pedro Ruiz Gallo, Huamachuco, Lambayeque, Perú.
<http://www.todoriego.com.ar/w/index.php/en/blog/item/152-riego-por-microaspersion>
- Calderón Matey, R, A, y López Rodríguez, J, I, (2009). Evaluación de sistema de riego por micro aspersión artesanal fijo en el parque de ciencia Esteli mar. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria] <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf06c146.pdf>
- Calderon Ramoz, A.D., y Moreno Lazo, E.J. (2009). Produccion de fruto de guayaba (*Psidium guayaba L.*) Vaiedad taiwan 1, utilizando diferentes programas de fertilización de N-P-K (Tesis de pregrado, Universidad De El Salvador).
<http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/961/1/13100813.pdf>
- Caiza Chicaiza, R.C. (2009). “Inducción de floración y cosecha en la guayaba (*Psidium guajava*), mediante la aplicaión de nitrato de potasio (KNO₃)” [Tesis de pregrado, Universidad Técnica De Ambato Facultad De Ciencias Agropecuarias Carrera De Ingenieria Agronomica].
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29437/1/Tesis-226%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20626.pdf>
- Carrozon, J. (2007). Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego. (1.ed.).
<https://www.fao.org/3/at787s/at787s.pdf>
- Dermin, P, E. (Mayo, 2014). Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego. - San Fernando del Valle de Catamarca. Inta 1-24
https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_aportes_para_el_mejoramiento_del_manej_o_de_los_sistemas_de_riego.pdf
- Fonseca López, M.R., y Fornos Blanco, C.A. (2017). Efecto de 3 láminas de riego por goteo y 3 biofertilizantes en el cultivo del tomate [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria] <https://repositorio.una.edu.ni/3473/1/tnf06f676.pdf>
- García, M, A., (2002). Producción de Guayabas Taiwanesas. Municipio de ciudad arce, departamento de la libertad el salvador, centro américo.
<http://centa.gob.sv/docs/guias/frutales/Guayaba.pdf>
- García, A, M, (2010). Guía Técnica del cultivo de la guayaba.
<http://centa.gob.sv/docs/guias/frutales/GUIA%20CULTIVO%20GUAYABA.pdf>

- Hermoso, J. M., Torres M, D y Farré J, M. (s.f). Comparación de riego por goteo y microaspersión en árboles adultos del cv. Reed. Málaga. España. http://www.avocadosource.com/wac5/Papers/WAC5_p289.pdf
- Kelvin Rodolfo, Z.D., y Helin Isabel, H.O. (2019). Evaluación de tres tipos de fertilizantes (Orgánico, Químico y Mixto), en el cultivo de guayaba (*Psidium guajava*), variedad Perla Taiwanesa, CNRA, Campus Agropecuario UNAN-León, julio 2017– abril 2018 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León]. <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/7598/1/244207.pdf>
- Laguna Gonzalez, J. S., y Laguna Mendoza, J.D. (2020). Niveles de humedad en el cultivo del maíz, tomate y camote [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria] <https://repositorio.una.edu.ni/3473/>
- Liotta, M, A. (2004). Los Sistema de riego por micro aspersion. Convenio Ministerio de trabajo San Juan-Inta. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-articulo_riego_presurizado.pdf
- López Torres, M, G, y Cardoza Blandon, L, I, (2008). Establecimiento y Manejo inicial de plantaciones de frutales en ocho comunidades de la Microcuenca Las Marías. Municipio de Telica. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria] <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf011864m.pdf>
- NEXTECH. (2021,11 de mayo). ¿Qué es y para qué sirve Excel? <https://nextech.pe/que-es-excel-y-para-que-sirve/>
- Pereira, L., Valero, J, Picornell, M., y Benito, J. (2010). El riego y sus tecnologías. (1. ed.). http://crea.uclm.es/crea/descargas/files/El_Riego_y_sus_Tecnologias.pdf
- Picado Rivera, A.J., y Aguirre Gamez, J.J. (2016). Evaluación de 3 cultivares de tomate [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria] <https://repositorio.una.edu.ni/3463/1/tnf04p585.pdf>
- Picado Reyes, V.J., (2020). Experiencia práctica en el entorno laboral en una empresa privada Casa MgGregor [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria] <https://repositorio.una.edu.ni/4247/1/tnf06p585.pdf>
- Peralta, J., y SimpfedÖrfer, C. (2001). Riego por aspersion (1.ed.). <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/40180/NR26419.pdf?sequence=1>

- Rodríguez, A., Pacheco, A., Pina, R., Palma, S., Mayor, J., (2016). La Guayaba. Acarigua, Portugal. <https://www.slideshare.net/DominicDerFuhre/la-guayaba-67324516>
- Serapio Cruz, K, y Alvarado Talavera, B, A, (2016). Diseño e instalación de sistema de riego localizado y aspersión en 15 hectáreas en la finca de la UNA El Plantel, Masaya. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria] <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf06c957.pdf>
- Sector agropecuario público privado región chorotega. (s.f). Agrocadena de Guayaba. Cantón de Nandayure. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/E70-9416.pdf>
- Sapir, E., y Snec, M. (2005). Riego por aspersión (2. ed.). https://matc.mfa.gov.il/sites/default/files/sapir_e_sneh_m_riego_por_aspersion.pdf
- Torres., J. (2014). Principios Básicos para identificar problemas de drenaje en el cultivo de palma. Cenipalma, Bogotá. <https://studylib.es/doc/4721420/principios-b%C3%A1sicos-para-identificar-problemas-de-drenaje->.
- Zeledon, R, (1999). Cultivo de la guayaba. Costa Rica. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-9742.pdf>

IX. ANEXOS

Anexo 1. Diseño Agronómico

1. Caudal requerido

$$QR = \frac{Area \times Df \times 10}{Jornada}$$

$$QR = \frac{0.503 \times 13.33 \times 10}{8} = 8.38 \frac{M^3}{Hr}$$

2. Intensidad de aplicación

$$Ia = \frac{Qi}{Ei \times Es}$$

$$Ia = \frac{352 \text{ lph}}{6 \times 6} = 9.78 \text{ mm hora}$$

3. Caudal por hectáreas

$$QHA = Ia \times 10$$
$$QHA = 9.78 \frac{mm}{hr} \times 10 \frac{m^3}{hr} = 97.8 \frac{m^3}{hr \times HA}$$

4. Caudal Total

$$QT = Area \times QHA$$
$$QT = 0.503 \text{ HA} \times 97.8 \frac{m^3}{hr \times HA} = 49.19 \frac{m^3}{hr}$$

5. Turno de riego.

$$T = \frac{QT}{QR}$$

$$T = \frac{49.19 \frac{m^3}{hr}}{8.38 \frac{m^3}{hr}} = 5.87 \approx 6 \text{ Número de posiciones por aspersor}$$

6. Área por turnos de riego

$$AT = \frac{Area}{T}$$

$$AT = \frac{5\ 030}{6} = 838.33 \text{ m}^2$$

$$\text{N}^\circ \text{ Aspersores regando simultaneamente} = \frac{TA}{Ea \times El}$$

$$\text{N}^\circ \text{ Aspersores} = \frac{838.33 \text{ m}^2}{6 \times 6} = 24$$

7. Frecuencia de riego

$$FR = \frac{Area}{EA \times N^{\circ} \text{Aspersores} \times CD}$$

$$FR = \frac{838.33 \text{ m}^2}{(6 \times 6) \times 24 \times 1} = 1 \text{ dia}$$

Donde:

FR = Frecuencia de riego (días)

CD = Cambios por día

Área = En (m^2)

EA = Espaciamiento entre aspersores (m^2)

N^oA= Número de aspersores

8. Lámina de aplicación

$$La = Df \times FR$$

$$La = 13.33 \times 1$$

La= Lamina total (mm)

Df= Déficit del cultivo (mm día)

FR= Frecuencia de riego (días)

9. Tiempo de puesta

$$TP = \frac{DF}{Ia}$$

$$TP = \frac{13.33 \frac{\text{mm}}{\text{día}}}{9.78 \frac{\text{mm}}{\text{hr} \times \text{día}}} = 1.36 \text{ horas} \approx 1 \text{ hora } 22 \text{ minutos}$$

10. Jornada de riego

$$JR = TR \times TP$$

$$JR = 6 \times 1.36 = 8.16 \text{ horas} \approx 8 \text{ horas } 10 \text{ minutos}$$

Anexo 2. Cálculo de pérdidas por fricción con la fórmula de Hazen-Williams

1. Material de tubería a utilizar: PVC

2. Factor de rugosidad: 150

3. Longitud máxima de tubería PVC de conducción desde el equipo de bombeo al último hidrante: 220 m

4. Caudal de diseño: $8.38 \text{ m}^3 \text{ hr}^{-1} = 0.0023 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$
5. Diámetro de tubería: trabajaremos 4 pulgadas en la principal y 2 pulgadas en la tubería de laterales
6. Diámetro interno de tubería de conducción 4 pulgada = $108.72 \text{ mm} = 0.10872 \text{ m}$
7. Diámetro interno de tubería del lateral 2 pulgadas = $56.63 \text{ mm} \approx 0.05663 \text{ m}$

Aplicando la fórmula obtenemos:

Cálculo de la tubería de conducción

Caudal = $0.0023 \text{ (m}^3/\text{s)}$

Área de tubería = 4 *pulgadas* = $108.72 \text{ mm} \approx 0.10872 \text{ m}$

Longitud de conducción 220 m

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

$$hf = (10.679/150^{1.852}) * (220/0.10872^{4.87}) * (0.0023^{1.852})$$

$$hf = 0.14 \text{ m}$$

Cálculo de la velocidad en función del caudal

Caudal = $0.0023 \text{ (m}^3/\text{s)}$

Área de tubería = 4 *pulgadas* $\approx 0.00928 \text{ m}^2$

Despejando la fórmula de velocidad obtenemos:

$$V = \frac{Q}{S}$$

$$V = \frac{0.0023 \text{ m}^3/\text{s}}{0.00928 \text{ m}^2} = 0.25 \text{ m/s}$$

Aplicando factor de salidas con Christiansen

$$N^{\circ} SL = L.T.S. / E_{surco}$$

Número de salidas del lateral: $N^{\circ}SL$

Longitud de tubería secundaria: $L.T.S$

Espaciamiento entre surco: E_{surco}

$$N^{\circ}SL = \frac{70 \text{ m}}{6 \text{ m}} = 11.6 \approx 12 \text{ salidas}$$

$N^{\circ}SL=12$ salidas x 12 laterales= 144 salidas en total

$N^{\circ}SL$ igual a 144 el factor de pérdida por fricción es 0.355

Diámetro interno de 2 *pulgadas*: $56.63 \text{ mm} \approx 0.05663 \text{ m}$

$$hf = \left(10. \frac{679}{C^{1.852}}\right) \left(\frac{L}{D^{4.87}}\right) Q^{1.852}$$

$$hf = \left(\frac{10.679}{150^{1.852}}\right) * \left(\frac{35}{0.05663^{4.87}}\right) * 0.001163^{1.852} = 0.15 \text{ m}$$

$$hfc = hf * \text{factor}$$

$$hfc = 0.15 * 0.355$$

$$hf = 0.053 \text{ m}$$

Cálculo de la velocidad de tubería lateral en función del caudal

- Caudal = 0.001163 M3/seg
- Área de tubería = 2 pulgadas \approx 0.002518738m²

Despejando obtenemos la fórmula de velocidad:

$$V = \frac{Q}{S}$$

$$V = \frac{0.001142}{0.0025187} = 0.46 \text{ m s}$$

Cálculo de pérdida del aspersor

$$hf_{aspersor} = \left(\frac{10.679}{150^{1.852}}\right) * \left(\frac{6}{0.01882^{4.87}}\right) * 0.00043^{1.852} = 0.88 \text{ m}$$

$$V = \frac{Q}{T}$$

$$V = \frac{1.55}{3600} = \frac{0.00043}{0.00027818} = 1.55 \text{ m s} = 1.25 \text{ PSI}$$

Cálculo de la velocidad en función del caudal

Caudal por turno de riego (Caudal de diseño de riego por aspersión)

$$QT = 0.084 \text{ HA} * 97.8 \frac{\text{m}^3}{\text{hr} \times \text{HA}} = 8.22 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

$$QT = 8.22 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \approx 36.2 \text{ gpm}$$

Cálculo de pérdida de succión

$$hfs = \left(\frac{10.679}{150^{1.852}}\right) * \left(\frac{3}{0.10872^{4.87}}\right) * 0.0157^{1.852} = 0.067 \text{ m}$$

$$hfs = 0.067 \text{ m}$$

Cálculo de pérdida máxima permitida en el lateral

$$hf_{m\acute{a}x} = P_o * 20\%$$

Dónde: P_o = Presión de trabajo del aspersor

20% = Porcentaje máximo permitido en pérdidas por fricción en el lateral de riego

hf principal + hf lateral

$$0.14 + 0.055 = 0.195 \text{ m}$$

$$hf_{m\acute{a}x} = 0.88 * 20\%$$

$$hf_{m\acute{a}x} = 0.176 \text{ m}$$

Nota: Pérdida total del lateral de riego de 0.195 m es menor que 3.0 (m s⁻¹) (pérdida máxima permitida) por lo tanto se encuentra dentro del rango de trabajo

Cálculo de la carga dinámica total

$$CDT = hfs + hf \text{ conducción} + hf \text{ laterales} + hf \text{ aspersores} + \Delta z$$

Donde:

CDT = carga dinámica total (m)

Hs = altura de succión (m)

Hf conducción = pérdida de carga en la tubería de conducción (m)

Hf lateral = pérdida de carga en la tubería de lateral (m)

Hf aspersores = pérdida de carga en aspersores (m)

ΔZ = desnivel entre centro de la bomba y el nivel estático (m)

$$CDT = 0.067 + 0.14 + 0.055 + 0.05 + 3$$

$$CDT = 3.312 \text{ m} \approx 10.86336 \text{ pie}$$

Anexo 3. Factor de Christiansen

Nº de salidas	d = 1	Nº de salidas	d = 1/2
1	1.000	1	1.000
2	0.639	2	0.518
3	0.535	3	0.441
4	0.486	4	0.412
5	0.457	5	0.397
6	0.435	6	0.387
7	0.425	7	0.381
8	0.415	8	0.377
9	0.409	9	0.374
10	0.402	10	0.371
11	0.397	11	0.369
12	0.394	12	0.367
13	0.391	13	0.366
14	0.387	14	0.365
15	0.384	15	0.364
16	0.382	16	0.363
17	0.380	17	0.362
18	0.379	18	0.361
19	0.377	19	0.361
20	0.376	20	0.360
22	0.374	22	0.359
24	0.372	24	0.359
26	0.370	26	0.358
28	0.369	28	0.357
30	0.368	30	0.357
35	0.365	35	0.356
40	0.364	40	0.355
50	0.361	50	0.354
60	0.359	100	0.353
80	0.357	200	0.352
100	0.356		
150	0.354		
300	0.353		

Anexo 4. Cálculo del coeficiente de uniformidad tenemos la siguiente ecuación

$$CU = 100 \left(1 - \sum \left| \frac{li - Im}{nIm} \right| \right)$$

Donde:

CU = coeficiente de uniformidad expresado generalmente en %

li = Intensidad medida en cada pluviómetro, en $mm h^{-1}$

Im = Intensidad media de todas las observaciones, en $mm h^{-1}$

n = Cantidad de observaciones

Lote 1. (sistema de riego tres bolillos)

$$I_m = \frac{\sum I_i}{n} = \frac{548}{15} = 36.53 \text{ mm h}^{-1}$$

$$\sum |I_i - I_m| = 51.47 \text{ mm h}^{-1}$$

$$nI_m = 15 \times 36.53 = 548 \text{ mm h}^{-1}$$

$$CU = 100 \left(1 - \frac{|51.47|}{548} \right) = 0.91 = 91.61\%$$

Lote 2. (sistema de riego tradicional o rectangular)

Malla de 3x8 m, presión de 50 PSI, caudales de 2.26 GPM

$$I_m = \frac{\sum I_i}{n} = \frac{1236}{24} = 51.5 \text{ mm h}^{-1}$$

$$\sum |I_i - I_m| = 299 \text{ mm h}^{-1}$$

$$nI_m = 24 \times 51.5 = 1236 \text{ mm h}^{-1}$$

$$CU = 100 \left(1 - \frac{|299|}{1236} \right) = 0.76 = 75.80\%$$

Anexo 5. Indicadores del desempeño de los sistemas de riego.

Clasificación	ASAE (2003)		Merriam and Keller (1978)	IRYDA (1983)
	US	CU	CU	CU
Excelente	100 – 95	100 – 94	> 90	>94
Bueno	90 – 85	87 – 81	80 – 90	94 – 86
Regular	80 – 75	75 – 68	70 – 80	80 – 86
Pobre	70 – 65	62 – 56	< 70	70 – 80
Inaceptable	< 60	< 50		< 70

Fuente (ASAE EP-438, 2003)

Anexo 6. Determinación de presión en la descarga del sistema

Descripción	Presión (m)
Aspersor/emisor	10.00
Lateral	0.15
Aspersor	0.88
Conducción	0.14
Desnivel	1.00
Elevador	0.70
Válvula hidráulica	0.02
Nivel dinámico	134.00
Accesorios	2.94
Presión total (m)	149.81
Presión total (pies)	491.38
Caudal del proyecto (galones/minuto)	36.90
Eficiencia %	0.80
Potencia del motor (hp)	15.00

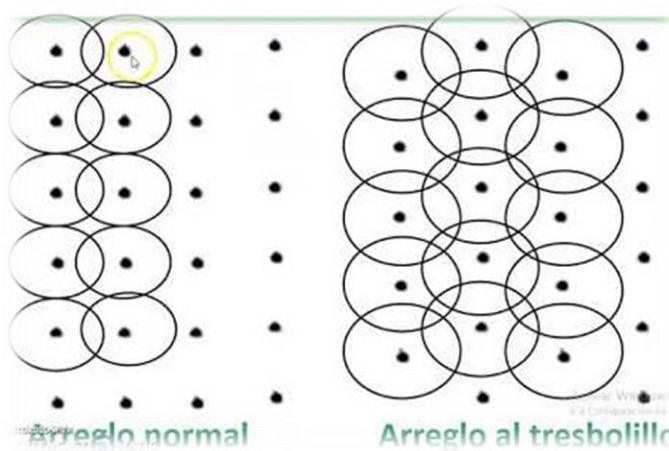
Anexo 7. Coeficiente de uniformidad de Christiansen 1942

<i>n</i>	<i>I_i (mm h⁻¹)</i>	<i>I_i-I_m</i>
1	40	3.47
2	40	3.47
3	40	3.47
4	38	1.47
5	32	4.53
6	40	3.47
7	40	3.47
8	32	4.53
9	34	2.53
10	34	2.53
11	40	3.47
12	32	4.53
13	32	4.53
14	34	2.53
15	40	3.47
Total	548	51.47

Anexa 8. Evaluación de uniformidad, lote 2

<i>n</i>	<i>I_i (mm h⁻¹)</i>	<i>I_i-I_m</i>
1	46	5.5
2	120	68.5
3	52	0.5
4	36	15.5
5	130	78.5
6	48	3.5
7	46	5.5
8	36	15.5
9	32	19.5
10	42	9.5
11	42	0.5
12	46	5.5
13	46	5.5
14	42	9.5
15	46	5.5
16	44	7.5
17	44	7.5
18	52	0.5
19	42	9.5
20	52	0.5
21	52	0.5
22	46	5.5
23	46	5.5
24	38	13.5
Total	1236	299

Anexo 9. Marco de plantación en tres bolillos y cuadrado



Anexo 10. Plantilla de cálculo (poligonal) con el software Excel

PLANILLA DE CALCULO															
POLIGONAL CERRADA															
LUGAR:	UNA														LEVANTO: G. Bejarano
FECHA:	ago-21														CALCULO: G. Bejarano
ESTACION	DISTANCIA	AZIMUT			AZIMUT	AZIMUT	PROYECCIONES SIN CORREGIR		CORRECCIONES		PROYECCIONES CORREGIDAS		COORDENADAS		AREA en
		G	M	S	Decimales	Radianes	E(+), W(-)	N(+), S(-)	E-W	N-S	E(+), W(-)	N(+), S(-)	X	Y	XY
A													591157	1343218	
B	41	110	47	0	110.783333	1.9353392	38.332	-14.548	-0.129	-0.006	38.461	-14.543	591195.461	1343203.457	794044126253.263
C	34.7	107	0	0	107	1.8675023	33.184	-10.145	-0.109	-0.005	33.293	-10.141	591228.753	1343193.317	794089791853.834
D	17.5	77	21	0	77.35	1.35001218	17.075	3.832	-0.055	-0.002	17.130	3.835	591245.884	1343197.152	794136777619.144
E	32.3	41	50	0	41.8333333	0.7301294	21.543	24.066	-0.101	-0.004	21.644	24.071	591267.528	1343221.222	794174018508.347
F	35.9	338	0	0	338	5.89921287	-13.448	33.286	-0.113	-0.005	-13.336	33.291	591254.192	1343254.513	794222775484.374
G	14.3	270	13	0	270.216667	4.71617053	-14.300	0.054	-0.045	-0.002	-14.255	0.056	591239.937	1343254.569	794204895381.355
H	29.9	269	28	0	269.466667	4.70308056	-29.899	-0.278	-0.094	-0.004	-29.805	-0.274	591210.132	1343254.295	794185585137.054
I	21.4	322	37	0	322.616667	5.63072306	-12.993	17.004	-0.067	-0.003	-12.926	17.007	591197.207	1343271.302	794155604455.185
J	66.9	217	10	0	217.166667	3.79027336	-40.417	-53.311	-0.210	-0.009	-40.207	-53.302	591157.000	1343218.000	794106729575.787
Suma	293.9						-0.922	-0.040	-0.922	-0.040	0.000	0.000			7147320304268.350
										Ex=	-0.922				
										Ey=	-0.040				
					EL=	0.9234	PRECISIÓN = 1/ 318.30					Area en m2			
AREA en m2		DDM	AREA	DDP	AREA	Dist..corr	Rumbos	Cuadrante							
XY	YX	DDM	AREA	DDP	AREA	Dist..corr.	Coregidos	Direccion							
		Long	m²	Lat	m²	m									
794044126253.263	794104384431.216	38.461	-559.320508	-14.543	-559.320508	41.12	-69.28760897	SE							
794089791853.834	794140505754.947	110.214	-1117.63267	-39.226	-1305.93208	34.80	-73.05990411	SE							
794136777619.144	794157519452.888	160.637	616.011851	-45.532	-779.961231	17.55	77.38163091	NE							
794174018508.347	794188859442.320	199.412	4799.98996	-17.626	-381.503046	32.37	41.96181309	NE							
794222775484.374	794185178916.573	207.720	6915.1773	39.736	-529.902203	35.86	-21.83014152	NW							
794204895381.359	794185714139.613	180.130	10.0933761	73.082	-1041.79168	14.26	-89.77478142	NW							
794185585137.054	794145711760.055	136.070	-37.3135534	72.864	-2171.70953	29.81	89.47285686	SW							
794155604455.185	794128187096.540	93.339	1587.43531	89.597	-1158.10961	21.36	-37.23540781	NW							
794106729575.787	794084233202.860	40.207	-2143.10559	53.302	-2143.10559	66.77	37.02781917	SW							
7147320304268.350	7147320294197.010		10071.3355		-10071.3355										
			5035.67		-5035.67										
			m2		m2										
Area en m2		5035.67													

Anexo 11. Cálculo de Eto (Climwat 2.0 for CROPWAT)

ETo Penman-Monteith Mensual - C:\Program Files (x86)\CLIMWAT 2.0 for CROPWAT V2.0\MANAGUA...

País: Nicaragua Estación: MANAGUA-A_C_SANDINO

Altitud: 56 m. Latitud: 12.15 °N Longitud: 86.16 °W

Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento km/día	Insolación horas	Rad MJ/m²/día	ETo mm/día
Enero	21.0	31.6	60	259	7.1	17.4	5.06
Febrero	21.5	33.0	57	285	8.3	20.4	6.01
Marzo	22.7	34.6	52	302	8.3	21.8	6.95
Abril	23.5	35.2	53	285	8.5	22.7	7.11
Mayo	24.1	34.7	59	225	8.4	22.2	6.27
Junio	23.0	31.4	76	164	6.7	19.3	4.51
Julio	22.8	31.1	75	190	7.0	19.9	4.67
Agosto	22.7	31.7	71	173	7.3	20.5	4.87
Septiembre	22.4	31.5	79	147	7.0	19.8	4.39
Octubre	22.2	30.9	79	112	5.6	16.8	3.70
Noviembre	21.5	31.2	75	138	6.7	17.1	3.84
Diciembre	20.7	31.5	64	216	6.3	15.8	4.37

Anexo 12. Ficha técnica del aspersor

Aspersores de Impacto)20series

Opciones de Montaje:

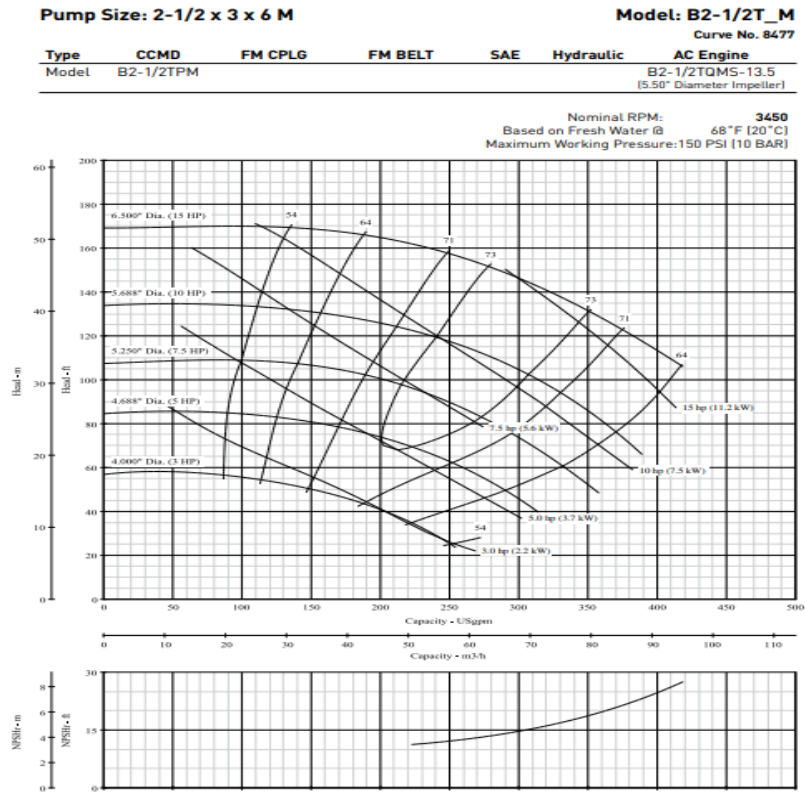
- Acople y llave especial resistente a vandalismo
- Conexión de 3/4" con base giratoria
- Base y conector de acople rápido



2014HS

Presión en la base del aspersor (psi)	30					35					40					45					50					(bar)																																								
Boquilla #6 - Dorada (3/32")																										Boquilla #6 - Dorada (2.38mm)																																								
Caudal(gpm)	1.34	1.45	1.55	1.64	-	1.45	1.56	1.66	1.75	-	1.56	1.67	1.77	1.86	-	1.67	1.78	1.88	1.97	-	1.78	1.89	1.99	2.08	-	1.89	2.00	2.10	2.19	-	2.00	2.11	2.21	2.30	-	Caudal(L/hr)	304	329	352	372	-	329	354	377	397	-	354	379	402	422	-	379	404	427	447	-	404	429	452	472	-					
Diám. a 1.5' alt (pies)	66	68	70	72	-	68	70	72	74	-	70	72	74	76	-	72	74	76	78	-	74	76	78	80	-	76	78	80	82	-	78	80	82	84	-	80	82	84	86	-	Diám. a 0.46m alt (m)	20.1	20.7	21.4	22.0	-	20.7	21.4	22.1	22.8	-	21.4	22.1	22.8	23.5	-	22.1	22.8	23.5	24.2	-	22.8	23.5	24.2	24.9	-

Anexo 13. Curva característica de la bomba



Anexo 14. Zanjeo del área



Anexo 15. Instalación de tuberías y accesorios



Anexo 16. Accesorios utilizados en el sistema



Anexo 17. Funcionamiento del sistema

