UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION APLICADO EN EL CULTIVO DE PASTO ESTRELLA (CYNODON NLEMFUENSIS) EN LA FINCA EL MARIMBERO EN EL MUNICIPIO DE VILLANUEVA DEPARTAMENTO CHINANDEGA. 2020

Para optar al título de Ingeniero Agrícola

Elaborado por

Br. Danilo Eduardo Avendaño Romero.

Br. Yasser José Castillo Olivas.

Br. Kirby José Flores Pérez.

Tutor.

Ing. Horacio González Arias

Managua, Septiembre 2022

DEDICATORIA

A Dios;

Por permitirme cumplir mis sueños y culminar con éxito esta etapa importante de mi vida.

A mi madre

Mónica de Los Ángeles Romero Rodríguez por apoyarme, comprenderme y brindarme su confianza, inculcándome valores y sobre todo el amor a Dios, por estar conmigo en buenos y malos momentos.

A mi Novia;

Massiel Carolina Velásquez Casco; Por ser una persona admirable para mí, con la que siempre puedo contar, por saberme comprender y hacerme ver mis errores cuando los cometo, por apoyarme en buenos y malos momentos y ayudarme a superar la etapa más difícil de mi vida, pero sobre todo por brindarme tu amistad y confianza, hablándome siempre con la verdad.

A mis familiares y amigos;

Que me han apoyado e impulsado a salir adelante con sus consejos y sugerencias en estos arduos y duros años dándome muchos momentos inolvidables.

Br. Danilo Eduardo Avendaño Romero.

“Todo Lo puedo en cristo que me fortalece”

Filipenses 4:13

A Dios;

Padre y Señor de los cielos, por ser mi guía espiritual y de mi vida, por darme la sabiduría, entendimiento y la fortaleza, por ser mi luz en mi andar y porque he logrado alcanzar un peldaño más que me he propuesto en mi vida.

Mis Padres;

José Castillo Acuña y Glinda Silvana Olivas. Una bendición de Dios en este mundo, que con su protección y sus consejos me han guiado y apoyado en mis metas y proyectos. Por brindarme todo su amor, comprensión y por ser los responsables de toda mi formación y mis logros.

Que sin su apoyo incondicional no hubiese podido culminar con éxito mis estudios. **Mis Hermanos;**
Por toda su ayuda brindada durante toda mi formación universitaria y con quienes he compartido mi niñez y me han acompañado en los momentos alegres y difíciles en mi vida.

Br. Yesser José Castillo Olivas.

“Todo Lo puedo en cristo que me fortalece”

Filipenses 4:13

A Dios:

Por darme el don de la vida, la sabiduría y la fortaleza para lograr así coronar una meta más en mi vida.

A Mis Padres:

Hilda del Socorro Pérez Ramos y Juan José Flores Vidaurre por sus buenos consejos y educarme con principios y valores que fueron fundamentales en el transcurso de mi carrera universitaria.

A mis Hermanos:

Por apoyarme en buenos y malos momentos y ayudarme a superar la etapa más difícil de mi vida, pero sobre todo por brindarme su amistad y confianza, hablándome siempre con la verdad.

A mis tíos:

Todos Pérez Ramos ellos son quienes han ofrecido su ayuda de todo corazón, para que se concrete con éxito la finalización de mis estudios, ya sea por cualquier clase de apoyo moral, material, económico o didáctico.

Br. Kirby José Flores Pérez.

“Todo Lo puedo en cristo que me fortalece”

Filipenses 4:13

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la finca “El Marimbero” ubicada en Municipio de Villanueva de Chinandega, el propósito del proyecto es diseñar un sistema de riego por aspersión para el cultivo de Pasto Estrella cuyas condiciones edafoclimáticas son aptas para el desarrollo de este Pasto Estrella.

La metodología utilizada para cumplir con lo antes descrito consistió en realizar las siguientes actividades en campo: el levantamiento topográfico del área en estudio, la investigación de las condiciones edafoclimáticas del lugar, y la inspección y evaluación de la fuente de abastecimiento de agua; a partir de los datos obtenidos se llevó a cabo su respectivo procesamiento y análisis para la realización del diseño.

Obteniendo como resultado un suelo franco arcilloso, capacidad de campo 33%, punto de marchitez permanente de 15 % y densidad aparente 1.31 gr/cm3 con los cuales se calculó el diseño agronómico. Para obtener estos resultados previamente se hizo una visita de campo con el objetivo de realizar pruebas de sondeo de los perfiles del suelo, calicata de 1m x 1m con una profundidad de 60 cm para recolectar muestras del suelo, utilizando un cilindro con diámetro conocido y su altura, se tomaron muestras a diferentes profundidades de 20 a 60 cm, además se pudo apreciar el grado de compactación del suelo y profundidad radicular de la plántula, con la finalidad de expresar resultados tantos de laboratorio como vistos en campo por lo que se recomienda realizar un volteo del suelo, ya que presenta una compactación y rotar otro tipo de pastura para obtener mejores resultados en el desarrollo de esta pastura ya que debido a la compactación alta del terreno y profundidad radicular pobre, la velocidad de infiltración no sería la correcta por eso se recomienda esta opción y así aprovechar mejor los suelos a sembrar, que se prevé realizar la prueba de infiltración luego de realizar esta actividad de labranza y obtener un resultado satisfactorio tanto como para el productor y plántula.

En el diseño agronómico se determinaron los parámetros de riego referentes al modo, ocasión y cantidad de agua a aplicar, tomando como referencia los resultados edafoclimáticos y a su vez estos sirven para la valoración del tipo de aspersor a seleccionar para el diseño respectivo.

Con el diseño hidráulico se define el funcionamiento del sistema para cumplir lo establecido en el diseño agronómico, de tal manera que, de este, se determinan las presiones y caudales de trabajo, las pérdidas de carga y otras variables; dando como resultado los diseños respectivos para la implementación del sistema de riego por aspersión en la finca El Marimbero para la producción de pasto estrella.

Indice

I INTRODUCCION **1**

II ANTECEDENTES **2**

III JUSTIFICACION **3**

IV OBJETIVOS. **4**

4.1 Objetivo General. **4**

4.2 Objetivos específicos **4**

V MARCO TEORICO **5**

5.1 Cultivo de pasto estrella (CYNODON NLEMFUENSIS). **5**

5.1.1 Origen. **5**

5.1.2 Taxonomia. **5**

5.1.3 Morfología. **6**

5.2 Requerimientos edafoclimáticos. **7**

5.2.1 Clima. **7**

5.2.2 Temperatura. **7**

5.2.3 Precipitación. **7**

5.2.4 Humedad relativa. **8**

5.2.5 Vientos. **8**

5.2.6 Luz. **8**

5.2.7 Suelos. **8**

5.2.8 Área de Producción. **9**

5.2.9 Exigencias del cultivo. **9**

5.3 Propiedades físicas del suelo. **10**

5.3.1 Textura. **10**

5.3.2 Estructura. **11**

5.3.3 Permeabilidad. **12**

5.3.4 Porosidad. **12**

5.4 Propiedades Hidrofisicas del suelo. **12**

5.4.1 Densidad aparente (Da) **13**

5.4.2 Capacidad de campo (Cc) **13**

5.4.3 Límite productivo (Lp) **14**

5.4.4 Profundidad radicular del cultivo. 15
5.4.5 Determinación de velocidad de Infiltración. 15
5.4.6 Porcentaje de humedad en el suelo (% W).....17
5.4.7 Punto de marchitez permanente (PMP). 18
5.4.8 Saturación. 19
5.4.9 Horizontes del suelo. 19
5.5 Necesidades hídricas del cultivo. 19
5.5.1 Evapotranspiración (Et) 19
5.5.2 Evapotranspiración de referencia (Eto).....20
5.5.3 Coeficiente de cultivo (Kc) 20
5.5.4 Evapotranspiración del cultivo (Etc.) 21
5.5.5 Balance de agua. 22
5.5.6 Precipitación efectiva. 22
5.5.7 Necesidades netas de riego (Nn). 22
5.5.8 Necesidades brutas del riego.....23
5.5.9 Eficiencia de aplicaciones del riego (Ea). 23
5.5.10 Lamina a aplicar. 23
5.5.11 Pre-riego.....23
5.5.12 Riego diario.....23
5.5.13 Consumo de agua. 24
5.5.14 Volumen de agua disponible. 25
5.5.15 Humedad aprovechable. 25
5.6 Perdidas de agua en el suelo. 25
5.6.1 Escorrentía.....25
5.6.2 Percolación. 26
5.7 Riego por aspersión. 26
5.7.1 Clasificación de los sistemas de riego por aspersión. 27
5.7.2 Información básica para considerar el diseño de un sistema de riego. 29
5.8 Partes esenciales de un sistema de riego por aspersión. 30
5.8.1 Fuente del agua para riego. 31
5.8.2 Fuente de energía. 33
5.8.3 Red de distribución del agua. 34

5.8.4 Aspersores o regadores. 35
5.8.5 Accesorios. 36
5.9 Selección de aspersores.....38
5.9.1 Elección de los aspersores. 39
5.10 Ventajas y desventajas del riego por aspersión. 40
5.10.1 Ventajas.....40
5.10.2 Desventajas. 40
5.11 Sistema de bombeo. 41
5.12 Diseño de sistema de riego. 41
5.12.1 Diseño agronómico. 41
5.12.2 Diseño hidráulico. 42
5.12.3 Espaciamiento entre Aspersores y Acción del viento. 42
5.12.4 Calculo del diámetro efectivo (Ea).....43
5.12.5 Área efectiva. 43
5.12.6 Intensidad de aplicación.....44
5.12.7 Comparación de la intensidad de aplicación del aspersor con la velocidad de infiltración del suelo. 44
5.12.8 Tiempo de puesta. 45
5.12.9 Diseño de la tubería lateral. 45
5.12.10 Perdida de carga en la tubería. 45
5.12.11 Criterio de Chirstiansen para el cálculo de las perdidas por fricción. 46
5.12.12 Expresión de Hazen Williams. 49
5.12.13 Laterales.....49
5.12.14 Numero de aspersores a utilizar. 51
5.12.15 Número de tubos. 51
5.12.16 Gasto del lateral. 51
5.12.17 Valor de Z. 52
5.12.18 Perdidas máximas. 53
5.12.19 Diámetro de la tubería. 53
5.12.20 Perdidas reales. 54
5.12.21 Carga de energía a la entrada del lateral. 54
5.12.22 Diseño de la tubería maestra. 54

5.12.23 Número de posiciones. 54
5.12.24 Número de posiciones diarias del lateral. 55
5.12.25 Número de laterales. 55
5.12.26 Caudal de la maestra. 55
5.12.27 Criterio de Christiansen para las maestras. 56
5.12.28 Perdidas máximas. 56
5.12.29 Diámetro de la maestra. 56
5.12.30 Pérdidas totales. 57
5.12.31 Carga a la entrada de la maestra. 57
5.12.32 Tubería conductora. 57
5.12.33 Carga a la entrada de la conductora. 58
5.12.34 Carga Dinámica Total (CDT). 58
5.12.35 Potencia de Bombeo. (Hp) 59
5.12.36 Coeficiente de Uniformidad (CU) 59
5.12.37 Radio Humedecido. 59
5.12.38 Eficiencia de Riego. 60
5.12.39 Tiempo de puesta. 60
5.12.40 Frecuencia de riego (FR) 60
VI DISEÑO METODOLÓGICO. 61
6.1 Localización. 61
6.1.1 Macro Localización 61
6.1.2 Micro Localización. 62
6.2 Propiedades hidrofísicas del suelo y las condiciones edafoclimáticas de la zona. 63
6.3 Necesidades hídricas del cultivo de pasto estrella. 63
6.4 Diseño hidráulico del sistema de riego por aspersión para el cultivo de pasto estrella. 64
VII ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS 65
7.1 Propiedades hidrofísicas del suelo y las condiciones edafoclimáticas de la zona. 65
7.1.1 Necesidades hídricas del cultivo de pasto estrella. 67
7.1.2 Cálculos de la Evapotranspiración (Eto) 67
7.1.3 Coeficiente de Cultivo. 70

7.1.4 Evapotranspiración real o uso consuntivo. 71
7.2 Diseño Agronómico del sistema de riego. 72
7.2.1 Norma neta del suelo 73
7.2.2 Norma Bruta 73
7.2.3 Evapotranspiración Real 73
7.2.4 Necesidades Bruta del cultivo 73
7.3 Diseño Hidráulico del sistema de riego. 74
7.3.1 Cálculo de gasto teórico.....74
7.3.2 Cálculo del coeficiente de gasto. 75
7.3.3 Cálculo del Radio de Alcance. 75
7.3.4 Cálculo del Diámetro efectivo. 75
7.3.5 Cálculo de la intensidad de aplicación.....75
7.3.6 Cálculo del tiempo de puesta.....76
7.3.7 Cálculo de la calidad de lluvia. 76
7.3.8 Diseño de la tubería lateral.....77
7.3.9 Cálculo del número de aspersores. 77
7.3.10 Cálculo del gasto del Lateral 77
7.3.11 Cálculo de z (Tabla 6). 79
7.3.12 Cálculo de las perdidas Máximas. 79
7.3.12 Calculo del diametro de la tuberia. 79
7.3.13 Cálculo de las perdidas Reales. 79
7.3.14 Cálculo de la carga a la entrada del lateral. 79
7.3.14 Diseño de la tubería de la Maestra. 81
7.3.15 Diseño de la tubería Conductora. 85
7.3.16 Cálculo de la Potencia de Bomba.....86
VIII CONCLUSIONES.....87
IX Recomendaciones.....88
X Bibliografía.....89
XI ANEXOS i
Anexo I Datos Meteorológicos INETER ii
Anexo II Planos. vii

Anexo III Selección del aspersor.....ix
Anexo IV Visitas de campo y Laboratorio. xi

Índice de tablas.

Tabla 1 Valores Normales de Cc y PMP para suelos de diferentes texturas.....13
Tabla 2 Ausencia de vientos moderados (menores a 2 m/s) 42
Tabla 3 En presencia de vientos para cuadrado y triangular. 43
Tabla 4 En presencia de vientos para rectangular. 43
Tabla 5 Coeficiente Hazen Willians para diferentes materiales.....50
Tabla 6 Calculo del valor de Z. 52
Tabla 7 Datos Edafoclimaticos de la zona.....66
Tabla 8 Datos edafoclimaticos por mes.....69
Tabla 9 Valores del coeficiente del cultivo de pasto. 70
Tabla 10 Evapotranspiracion del cultivo Pasto Estrella.....71
Tabla 11 Resultados de los diseños agronomicos.....72
Tabla 12 Resultados de diseño hidraulico del riego por aspersion.....77
Tabla 13 Resultados del diseño de la tuberia lateral del riego por aspersion.....80
Tabla 14 Resultados del diseño de la tuberia maestra del riego por aspersion.....85
Tabla 15 Resultados de la tuberia conductora del riego por aspersion. 85
Tabla 16 Temperatura Maxima.....ii
Tabla 17 Temperatura Minima. iii
Tabla 18 Velocidad del viento.....iv
Tabla 19 Humedad Relativa. v
Tabla 20 Brillo Solar. vi
Tabla 21 Especificacion del aspersor. ..... ¡Error! Marcador no definido.

Índice de Figuras.

Figura 1 Triangulo de textura del suelo 10
Figura 2 Horizontes del suelo. 11
Figura 3 Representacion de los limites o niveles de humedad del suelo. 14
Figura 4 Comportamiento de la velocidad de infiltracion segun textura. 16
Figura 5 Esquema General para calcular la ETc 21
Figura 6 Riego por aspersion. 27
Figura 7 Clasificacion de los sistemas de riego por aspersion. 28
Figura 8 Tipos de sistemas de riego por aspersion. 29
Figura 9 Componentes de un sistema de riego por aspersion. 32
Figura 10 Partes de un aspersor. 35
Figura 11 Accesorios para el equipo de bombeo. 37
Figura 12 Accesorios para conduccion. 37
Figura 13 Perdidas por friccion. 46
Figura 14 Presion de trabajo del aspersor. 47
Figura 15 Gasto promedio de cálculo. 47
Figura 16 Gasto de Diseño.....48
Figura 17 Criterio de cálculo. 48
Figura 18 Macro localización de la zona de estudio. 61
Figura 19 Micro localización de la zona. 62
Figura 20 Resultados ETo Mensuales.....68
Figura 21 Curva generalizada del coeficiente del cultivo correspondiente al procedimiento del coeficiente del cultivo. 71
Figura 22 Plano de finca.....vii
Figura 23 Plano operative de riego. viii
Figura 24 Aspersor ix
Figura 25 Calicata para Medir profundidad radicular del pasto. xi
Figura 26 Extraccion de muestras de suelo. xii
Figura 27 Determinacion de propiedades fisicas del suelo. xiii
Figura 28 Sistema de riego por aspersion.....xiii

I INTRODUCCION

En este trabajo se presenta una descripción de la característica del riego por aspersión para el cultivo de pasto estrella, dicho estudio se realizó en la finca “El Marimbero” ubicada en el municipio de Villanueva Departamento de Chinandega.

El clima se caracteriza por ser una zona cálida opresiva y pre denominando el clima caliente y subhúmedo que se caracteriza por presentar precipitaciones con valores anuales de 1835 mm, temperatura media anual de 27.5°C a 38° y un período canicular entre los meses de julio y agosto.

El diseño del sistema de riego se realiza conociendo las propiedades hidrofísicas del suelo y las condiciones edafoclimáticas de la zona de estudio, asimismo se realizaron todos los cálculos para la determinación de la evapotranspiración del cultivo, calculándose posteriormente la demanda hídrica para el cultivo de pasto estrella.

La finca El Marimbero posee 14mz de extensión, en donde en el proyecto se desarrolló en una parcela experimental de ½ de manzana que servirá como modelo para nuevas implementaciones de riego en mayor escala en la finca antes mencionada.

II ANTECEDENTES

Los sistemas de riego por aspersión más antiguos datan de principios del siglo XX, donde fueron utilizados en el riego de los céspedes ornamentales. Después, la aspersión en la agricultura fue desarrollándose lentamente para el riego de frutales, viveros y hortícolas en cultivos intensivos. En la década de los años 1930, con el desarrollo de los aspersores de impacto y de las tuberías de aceros ligeros con uniones rápidas, el riego por aspersión comenzó a extenderse y ser utilizados en una gama amplia de cultivos por todo el mundo.

En Nicaragua se promovió a partir de finales de la década de los años sesenta en cultivo de banano y en la década de los setenta con el proyecto de riego en occidente. En la década de los ochenta se promovió el uso de riego por aspersión convencional y pivotes centrales en el plan contingente de granos básicos. En las últimas dos décadas se ha generalizado el uso de tuberías plásticas (Tubería PVC) en los cultivos de Caña de azúcar, pastos y otros. En los últimos años se ha producido una expansión acelerada de las más modernas técnicas de riego en la agricultura, dada por la necesidad de incrementar la eficiencia en el manejo del agua e intensificar los procesos productivos.

El riego por aspersión a pesar de ser un sistema de muchos años y muy popular en varios paises del mundo, está siendo aplicado en gran manera a varios cultivos siendo a si que muchos productores de nuestro pais estan poniendo a prueba dichos sistemas para asi obtener buenos resultados en sus cultivos.

Los pequeños productores tienen una característica de no invertir más de lo necesario en sus cultivos por lo que mantienen una producción constante y dejando a la suerte el resultado de su esfuerzo. El sistema de riego por aspersion con un adecuado plan de publicidad puede generar una oportunidad ante la pérdida de los últimos años.

III JUSTIFICACION

El propietario Quintanilla y su familia adquirieron la finca el Marimbero en 1990 para la producción de diversa variedad de cultivos (Maíz, Ajonjolí, Caña, plátano etc.) que se adapten a la zona, su producción se destina para consumo diario y venta; además esta finca consta con dos norias para el abastecimiento de agua y pueden utilizarse para el riego.

Actualmente la finca se encuentra utilizada en la exportación de ganado para poder obtener ingresos económicos para el mantenimiento de la finca.

La finca “El Marimbero” se encuentra en un sitio rural ubicada en el Municipio de Villanueva, los cultivos se siembran de secano y hasta cierto punto se ejecutan riego por baldes de forma artesanal, lo cual no garantiza sistema de producción intensivos, aun cuando la finca cuenta con abastecimiento de agua por medio de dos norias.

En el lugar de estudio actualmente se mantiene solo la explotación de ganadería, de forma artesanal, ya que no se cuentan con ningún estudio técnico (suelo, clima, riego, etc.) que permita explotaciones intensivas al corto plazo, siendo esta una debilidad a superarse en el tiempo.

Actualmente en la finca El Marimbero, los sistemas productivos agrícolas, no tienen incorporados la actividad de riego. Con la implementación de este sistema de riego por aspersión se espera elevar los niveles tecnológicos y productivos del pasto, en los campos agrícolas, para obtención de pasto el cual será destinado para el consumo del ganado, rubro de principal fuente de explotación agropecuaria de la finca y a si beneficiar al propitario para obtener mayores ganacias y dar mayor explotación a su tierras se espara que con la implemantacio de este sistema se puede expandir la producción de pasto ya que hasta el momento solo se esta cultivando ¼ de manzana.

IV OBJETIVOS.

4.1 Objetivo General.

- ✓ Diseñar un sistema de riego por aspersión aplicado al Cultivo de pasto Estrella (Cynodon Nlemfuensis) en la finca de Marimbero, municipio de Villanueva, Chinandega.

4.2 Objetivos específicos

- ✓ Determinar las propiedades hidrofísicas del suelo y las condiciones edafoclimáticas de la zona.

- ✓ Calcular las necesidades hídricas del cultivo de pasto estrella.

- ✓ Realizar el diseño hidráulico del sistema de riego por aspersión para el cultivo de pasto estrella.

V MARCO TEORICO

5.1 Cultivo de pasto estrella (CYNODON NLEMFUENSIS).

5.1.1 Origen.

El cultivo del pasto estrella es originario del África y se encuentra distribuido a través de las regiones tropicales del mundo es utilizado para la alimentación de ganado bobino. (Viloria, Pastos y forrages, 2020)

En Nicaragua el pasto estrella es conocido como un alimento para ganado bovino, los pastos tropicales se caracterizan por su valor nutricional. El pasto juega un papel muy importante para la alimentación de ganado ya que por medio de su consumo se pueden obtener proteínas entre otros nutrientes. El pasto estrella contiene de 11.1 a 16.9 % en proteína cruda (PC), 61.3 a 81.4% en digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS), 66.2 a 77.7% en fibra detergente neutra (FDN), 35.5 a 45.4% en fibra detergente acida (FDA) y de 1.8 a 2.7% Mcal/KG.

5.1.2 Taxonomia.

- **Reino:** Plantea
- **Orden:** Peales
- **Familia:** Poaceae
- **Subfamilia:** Chloridoideae
- **Tribu:** Cynodonteae
- **Género:** Cynodon
- **Especie:** C. Nlemfuensis.

5.1.3 Morfología.

a) Sistema radical

El sistema radical constituye el sostén de la planta, a través del cual tiene lugar a la asimilación del agua y de los minerales, el mismo está constituido por una raíz pivotante con raíces secundarias y pelos absorbentes.

b) Tallo

Los tallos, rastreros o erectos son robustos y bien ramificados, presentando un sistema radicular muy profuso y profundo de acuerdo con su hábito de crecimiento.

c) Hojas

Las hojas de superficie semi-escabrosa y bordes lisos, son de medianas a largas, modificando su coloración verde de acuerdo con la variedad, fertilización u otras condiciones ambientales.

d) Inflorescencia

Se presentan varios verticilos que se originan en un punto común (digitadas) pudiendo variar en coloración de acuerdo con la variedad.

e) Flor

Las flores son muy pequeñas y se encuentran cubiertas por una serie de brácteas; las glumas tienen 1.8-2.3 mm de largo y son subiguales.

f) Espiguilla

Numerosas espiguillas de 2-3 mm apretadamente dispuestas en 2 hileras sobre un mismo lado del eje de la espiga, con o sin aristas.

5.2 Requerimientos edafoclimáticos.

5.2.1 Clima.

Influye en la duración del ciclo vegetativo de las plantas, en la calidad del producto y en el rendimiento de la cosecha. Debido a que el pasto estrella es originario de África; en zona tropical la planta vejeta mejor y se pueden obtener resultados satisfactorios en toneladas de pasto por hectárea.

5.2.2 Temperatura.

Se desarrolla en lugares de altas temperaturas 17 a 27°C. Precipitaciones anuales de 800 – 2.800 milímetros y es tolerante a sequía.

5.2.3 Precipitación.

El clima de Chinandega está clasificado como tropical. En invierno, hay mucha menos lluvia en Chinandega que en verano. La clasificación del clima de Köppen-Geiger es Aw. La temperatura promedio en Chinandega es 26.7 °C. En un año, la precipitación promedio es de 1856 mm. Los cultivos predominantes de la zona son:

- Caña de azúcar (Saccharum officinarum).
- Sorgo (Sorghum).
- Maíz (Zea mays).
- Ajonjolí (esamum indicum).
- Maní (Arachis hypogaea).
- Pasto estrella (Cynodon Nlemfuensis).

5.2.4 Humedad relativa.

A medida que la humedad relativa disminuye, se incrementan tanto la evaporación del agua del suelo como la transpiración foliácea de la planta, disminuyen las reservas contenidas en éste, aumenta el movimiento de la savia, y por consiguiente, el desarrollo vascular y la lignificación.

Se ha observado que el pasto tiene un buen desarrollo y buena calidad cuando la humedad es aproximadamente del 70-80%.

5.2.5 Vientos.

Son masas de aire en movimiento, que según la dirección y velocidad alteran el tiempo atmosférico en una zona determinada**.** En la zona de trabajo los vientos alcanzan velocidades de hasta 20 km/h teniendo en cuenta que para este tipo de cultivo el viento no será un factor tan determinante para su adaptación.

5.2.6 Luz.

La intervención de este agente natural es imprescindible en la realización de fenómenos fisiológicos vitales de tanta importancia como son la fotosíntesis y la transpiración del vegetal.

5.2.7 Suelos.

Se puede establecer óptimamente en suelos de textura ligera, desde Arenosos hasta arcillosos pesados, bien drenados con PH 5.5 – 8.0, tolerante a calor y salinidad, pero no es tolerante a encharcamiento prolongado. Se adapta bien a una altura de 0 – 1.800 msnm (metros sobre el nivel del mar). Se desarrolla en lugares de altas temperaturas 17 a 27°C, precipitaciones anuales de 800 – 2.800 milímetros y es tolerante a sequía. (Viloria, Patos y Forrajes, 2020)

Se utiliza en pastoreo y puede sostener 4 unidades animales por hectárea, cuando se le deja descansar 27 días, también se puede convertir en heno de las cual se puede obtener por hectárea hasta 500 pacas de 10 kilos.

5.2.8 Área de Producción.

En el país existen 5.9 millones de manzanas con pasto, de los cuales 3.33 millones están cultivadas con pasturas mejoradas y naturalizada, según investigaciones de la Universidad Nacional Agraria (UNA), las que ser utilizadas a como es debido podrían resolverse los problemas de alimentación en época de verano.

El tipo de aprovechamiento de las tierras en el departamento es 73,071.2 manzanas, el 7% del área nacional; para cultivos anuales o temporales; para pastos cultivados o sembrados 65959.6 manzanas, correspondiendo al 5% del área nacional. El área en pastos naturales, el 3 % de la superficie nacional equivalente a 104,422.9 manzanas y el área dedicada a cultivos permanentes y semipermanentes alcanza 75,518.75 manzanas.

5.2.9 Exigencias del cultivo.

Las regiones tropicales con climas cálidos y húmedos son donde mejor se cultivan, le va bien la temperatura uniforme ya que en estos climas las hojas transpiran poco y el grosor de la hoja disminuye dando mayor finura a la misma; además de suelos fértiles, sueltos, profundos y bien drenados. (Sotelo, 2015)

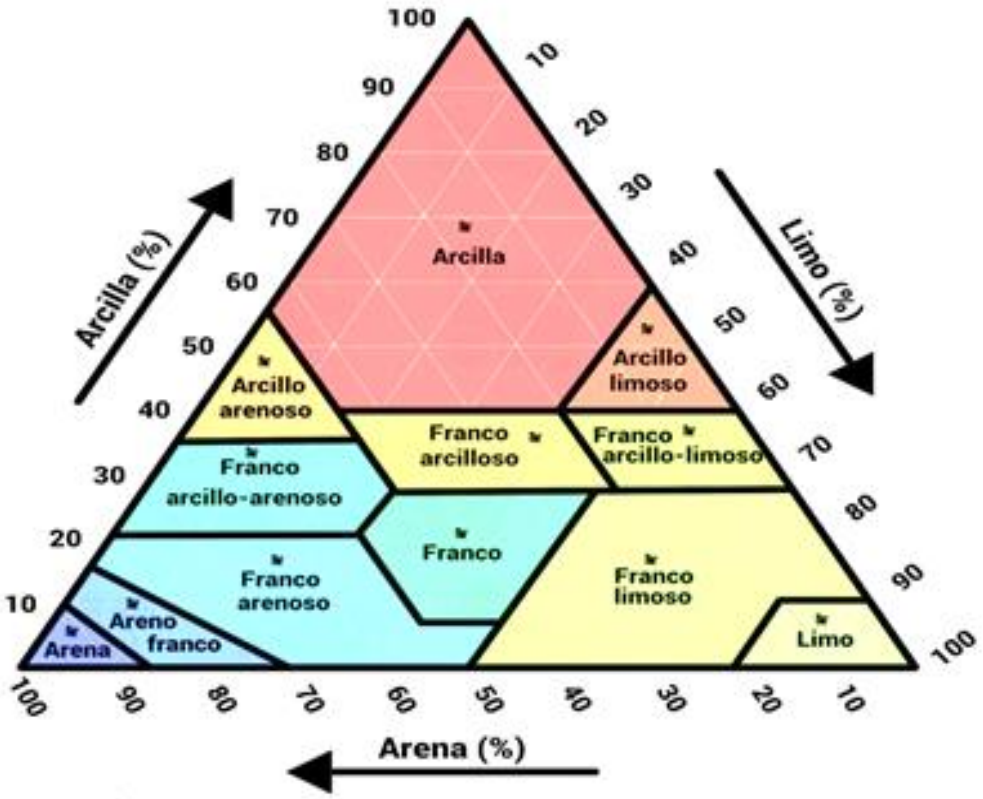
Nicaragua es una zona propicia para el cultivo del pasto estrella y la región de Chinandega ofrece un 87% de terreno con vocación agropecuaria que al combinar esta oferta de suelos con el agua del subsuelo y las horas de sol da como resultado de ser ésta una zona propicia para la producción de cultivos anuales, semi-perennes, pastos y hortalizas.

5.3 Propiedades físicas del suelo.

5.3.1 Textura.

La textura indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena, el limo y la arcilla, en el suelo. La textura tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene y la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo atraviesa. (FAO, 2019)

Figura 1 *Triangulo de textura del suelo*

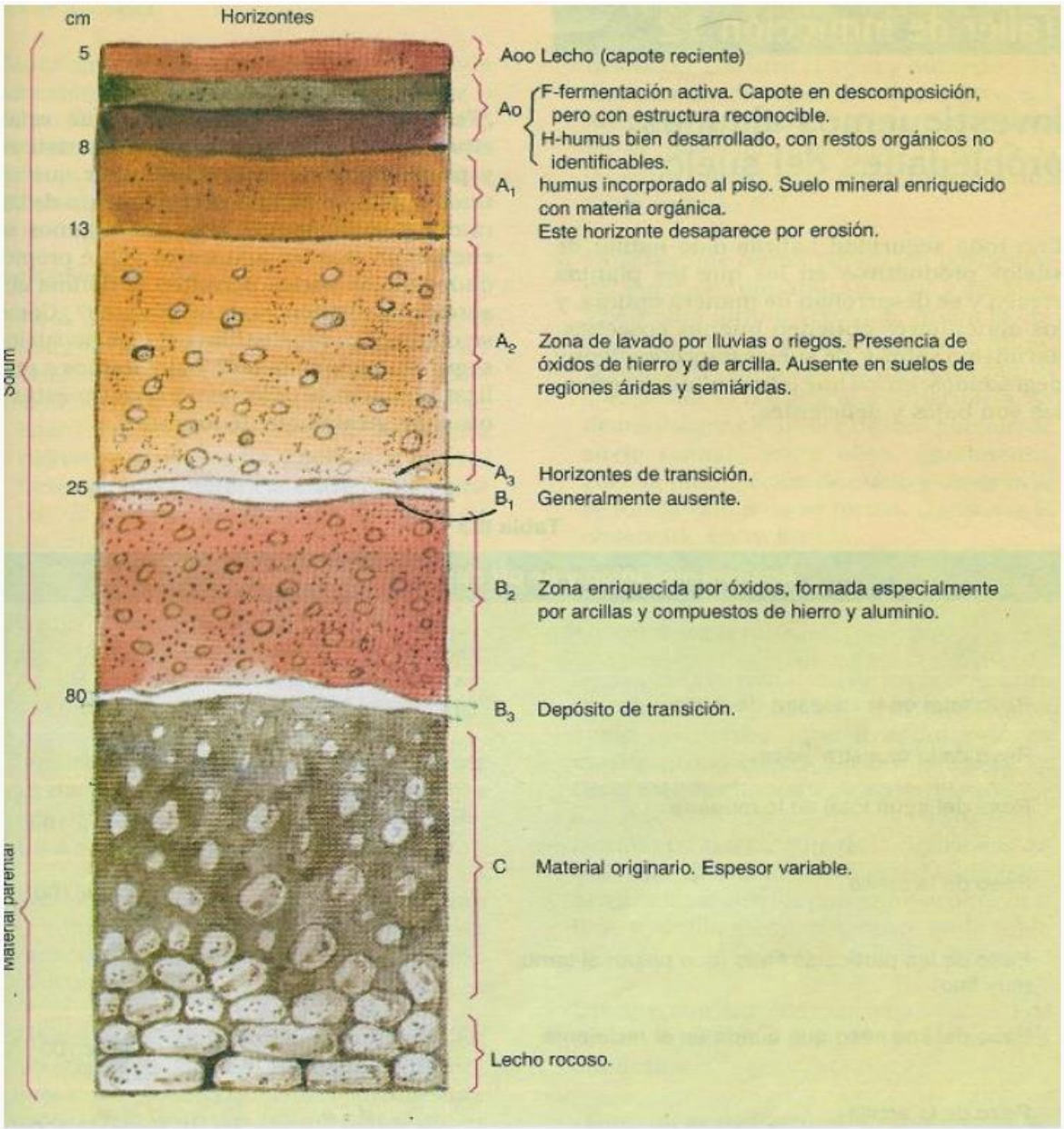


Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (U.S.D.A), 2020.

5.3.2 Estructura.

La estructura del suelo se define por la forma en que se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla. Cuando las partículas individuales se agrupan, toman el aspecto de partículas mayores y se denominan agregados. (FAO, 2020)

Figura 2 *Horizontes del suelo.*



Fuente: ***Estrucutura vertical del suelo.*** (Bachillerato, 2020)

5.3.3 Permeabilidad.

Permeabilidad es la propiedad que tiene el suelo de transmitir el agua y el aire mientras más permeable sea el suelo mayor será su capacidad para que circule el agua y el aire dentro de él.

La permeabilidad del suelo se relaciona con su textura y estructura el tamaño de los poros del suelo reviste gran importancia con respecto a la tasa de filtración (movimiento del agua hacia dentro del suelo) y a la tasa de percolación (movimiento del agua a través del suelo). El tamaño y el número de los poros guardan estrecha relación con la textura y la estructura del suelo y también influyen en su permeabilidad. (Fernadez Gomez, 2010)

5.3.4 Porosidad.

El espacio poroso del suelo se refiere al porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólidos. En general el volumen del suelo está constituido por 50% materiales sólidos (45% minerales y 5% materia orgánica) y 50% de espacio poroso. Dentro del espacio poroso se pueden distinguir macro poros y microporos donde agua, nutrientes, aire y gases pueden circular o retenerse. Los macro poros no retienen agua contra la fuerza de la gravedad, son responsables del drenaje, aireación del suelo y constituyen el espacio donde se forman las raíces. Los microporos retienen agua y parte de la cual es disponible para las plantas. (FAO, 2020)

5.4 Propiedades Hidrofisicas del suelo.

Pueden cuantificarse en Da, Cc, Lp, PMP, % de humedad del suelo; las que de su valor e interacción pueden influir de gran manera en la irrigación del suelo al afectar las propiedades hidráulicas de este; por ejemplo, suelos con Da alta generan grados de compactación que restringen la capacidad de asimilación de agua por el suelo, suelos arcillosos captan bastante agua, pero presentan poca disponibilidad de absorción por las raíces, etc.

5.4.1 Densidad aparente (Da)

La densidad aparente de un suelo se define como el cociente que resulta de dividir el peso de suelo seco entre el volumen total, incluyendo los poros. Usualmente se expresa en gr/cm3. Para fines prácticos, conceptualmente esto es lo mismo que la gravedad específica, peso específico o peso volumétrico.

$$D_a = P_{SS} \times V_t$$

5.4.2 Capacidad de campo (Cc)

Es una constante característica para cada tipo de suelo. El término se refiere al contenido de humedad presente en el suelo, retenida por los micros poros en contra de la fuerza de gravedad dos o cuatro días después de una fuerte lluvia o un riego abundante. Esta es la llamada humedad aprovechable por las plantas. A continuación, se presenta valores de referencia de Cc y PMP en función del tipo de suelos.

Tabla 1
Valores Normales de Cc y PMP para suelos de diferentes texturas.

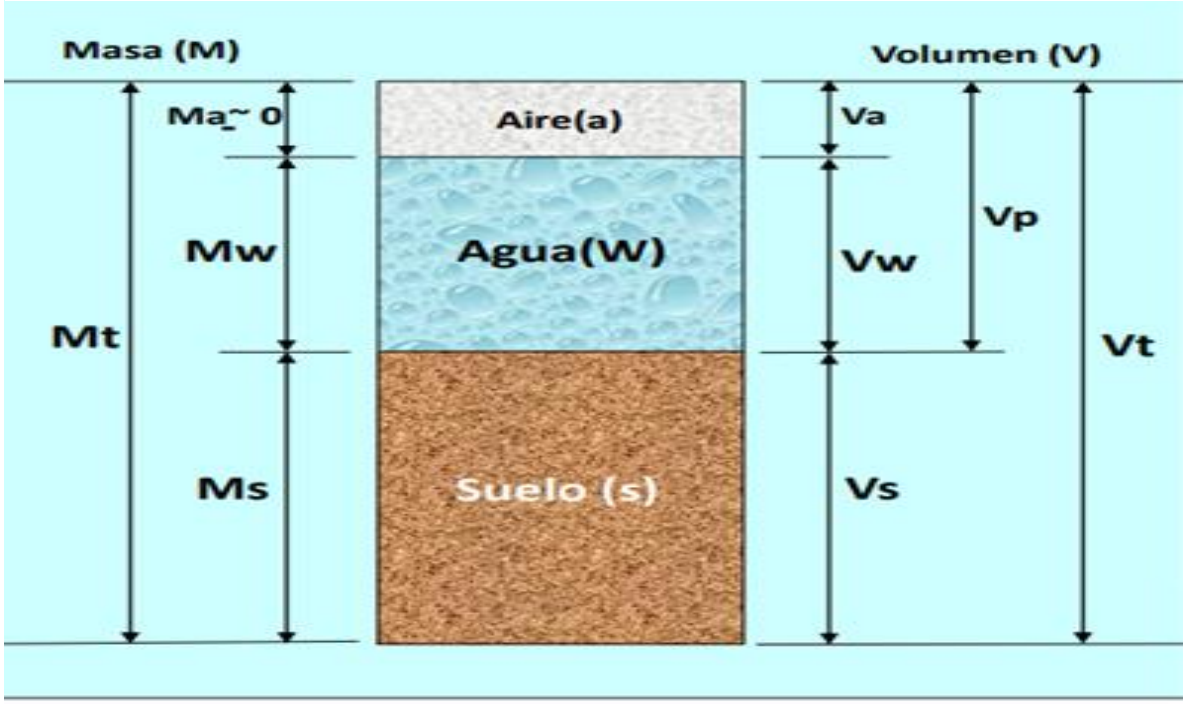
Textura	Capacidad de campo	Punto de marchitez permanente
Arenoso	5 - 15	3 - 8
Franco arenoso	10 - 20	6 - 12
Franco	15 - 30	8 - 17
Franco arcilloso	25 - 30	13 - 20
Arcilloso	30 -70	17 - 40

Fuente: *Apuntes de la Geotecnia.* (Osorio, 2020)

5.4.3 Límite productivo (Lp)

Es un nivel superior al mínimo de absorción o punto de marchitez permanente, que determina un rango óptimo de humedad para que un cultivo asegure los máximos rendimientos. El límite productivo puede ser variable para diferentes especies vegetales y es el nivel mínimo permisible para efectuar el riego la siguiente vez. En casos de que no existan referencias de valores al respecto, se debe utilizar los expresados por la FAO ya que son estudios realizados y dictaminados para el trópico.

Figura 3 *Representacion de los limites o niveles de humedad del suelo.*



Fuente: ***Conceptos básicos de riego.*** (Pantaleon, 2017).

5.4.4 Profundidad radicular del cultivo.

Se traduce como la profundidad que las raíces del cultivo alcanzan en el suelo durante las diferentes etapas fenológicas de éste, hasta alcanzar su desarrollo completo y por lo tanto la máxima profundidad de sus raíces.

Para la actividad del riego el concepto de profundidad radicular se debe basar en la profundidad del sistema radicular de la zona que presente el mayor porcentaje de raíces, este puede valorarse en un valor promedio de un 70%.

5.4.5 Determinación de velocidad de Infiltración.

El método concite en instalar en el terreno y en un sitio característico y previamente limpiado de hierbas, desechos, piedras etc... Dos cilindros concéntricos de acero, huecos en el centro, con medida aproximadas de 40 cm de alto, 30 y 50 cm de diámetro respectivamente.

Se coloca un tablón de madera sobre ellos y se golpearan hasta que penetren a una profundidad de 10 a 15 cm. Los cilindros deberán estar a nivel. Una vez instalado, se llenará de agua en anillo exterior, se cubre el anillo interior con un plástico el adherido posible a las paredes, se vierte agua y se mide el tirante de agua con ayuda de una regla graduada. Luego se empieza las pruebas quitando el plástico rápidamente midiendo el tirante nuevamente y tomando el tiempo. Las lecturas de hacen a diferentes intervalos, dejando que baje el nivel de agua y volviendo agregar agua cuando se requiera (al hacer esto, el tiempo se le domina tiempo muerto). Después de varias horas, cuando el nivel de agua varié muy poco o nada la prueba habrá terminado. Con las lecturas y con los tiempos registrados se calcula la tasa de infiltración promedio.

Para su obtención se deben realizar pruebas de campo utilizándose dispositivo el cual se inserta en el suelo a una determinada profundidad, a los que posteriormente se les incorpora agua midiéndose los valores de descenso en la unidad de tiempo, hasta que esta alcanza su estabilización, estos valores se

expresan en papel milimetrado la que al procedimiento de la misma arrojan curva de infiltración que expresa lo antes denotado. (Taipe, 2019)

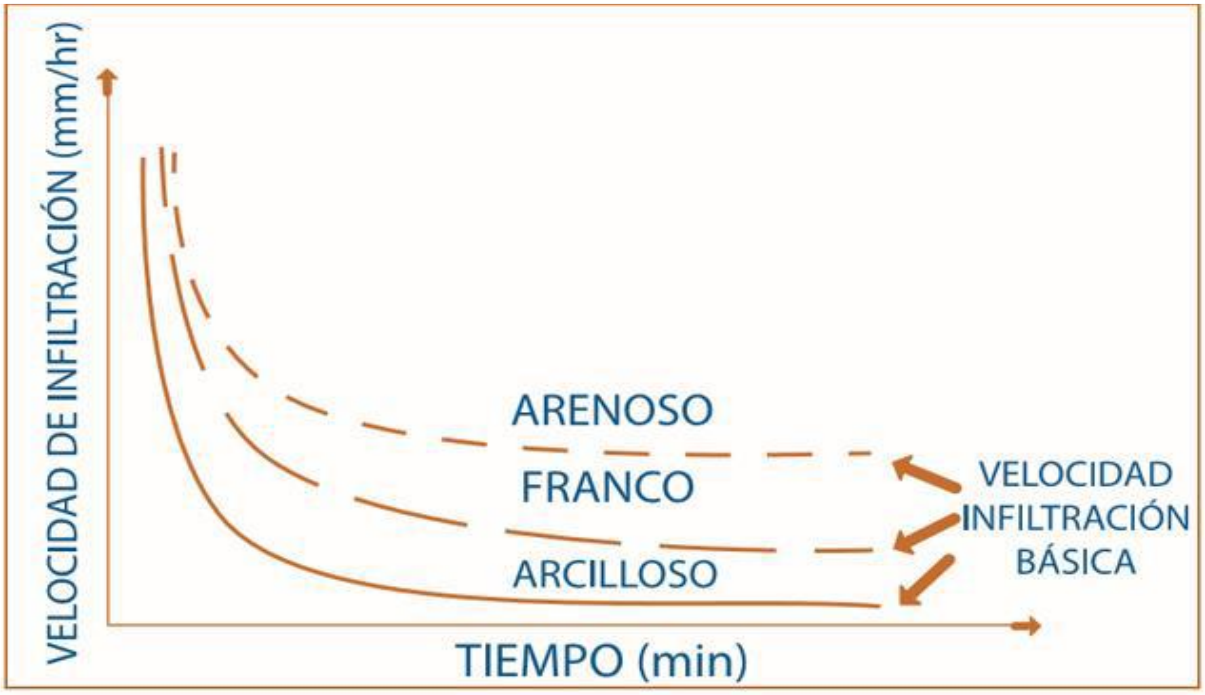
✓ **Infiltración acumulada:**

Es la cantidad total de agua medida en altura de lámina de agua que se ha infiltrado en el suelo en un tiempo determinado. (Mayorga Mendoza & Aguilar Muñoz, 2013)

✓ **Infiltración básica:**

Es el valor más o menos constante que adquiere la tasa de infiltración después de haber transcurrido ya algún tiempo de lluvia o riego cuando la velocidad de infiltración alcanza un valor constante o cuando su disminución es del 10% en una hora. Su valor determina el tiempo máximo de riego. (Mayorga Mendoza & Aguilar Muñoz, 2013)

Figura 4 *Comportamiento de la velocidad de infiltracion segun textura.*



Fuente: Portalfruticola.

5.4.6 Porcentaje de humedad en el suelo (% W).

El porcentaje de humedad del suelo a saturación se puede definir como el contenido de humedad de un suelo inmediatamente después de un riego o precipitación fuerte y antes de haber drenado el agua en exceso por acción de la gravedad.

La importancia del contenido de agua que presenta un suelo representa junto con la cantidad de aire, una de las características más importantes para explicar el comportamiento de éste (especialmente en aquellos de textura más fina), como por ejemplo cambios de volumen, cohesión y estabilidad mecánica.

El cálculo de humedecimiento de suelo está dado por la fórmula:

$$w=\frac{(Mh-Ms)}{(Ms-Mr)}\times 100\%$$

W = % de humedad.

Mh = Muestra de suelo húmedo.

Ms = Muestra de suelo seco.

Mr = peso de la tara.

- ✓ **Niveles de humedad en el suelo.**

Como ya se ha expresado, el contenido de agua del suelo experimenta variaciones continuas a lo largo del tiempo. Recibe agua de las lluvias o por riego, mientras que la pierde por escorrentía superficial y por drenaje a las capas profundas. A estas pérdidas ya comentadas hay que sumar la evapotranspiración, término en el que se incluyen las pérdidas producidas por la evaporación directa desde la superficie del terreno más el agua evaporada desde la superficie de las plantas (transpiración).

En la naturaleza, estas entradas y salidas de agua producen cambios continuos en la humedad del suelo. Cuando todos los poros se encuentran llenos de agua, como ocurre después de unas lluvias abundantes, nos encontramos en el nivel de saturación, que puede afectar a una capa más o menos profunda de suelo. Pero ya expresó que el agua que ocupa los poros más grandes (macro poros) drena hacia las capas inferiores de una forma más o menos rápida dependiendo de la permeabilidad del suelo. El resultado de este balance de agua en el horizonte de suelo es el valor de humedad en el suelo para una condición y tiempo específico. (Shaxon, 2005)

✓ **Humedad gravimétrica:**

Cuando se habla de humedad gravimétrica, se hace referencia al porcentaje de peso de suelo ocupado por el agua.

✓ **Humedad volumétrica:**

La humedad gravimétrica resulta ser el porcentaje de volumen de suelo ocupado por el agua.

5.4.7 Punto de marchitez permanente (PMP).

Considerado como el contenido de agua que tiene un suelo, bajo el cual las plantas no son capaces de absorberlas por las raíces para cumplir con las exigencias impuestas por la traspiración.

El punto de marchitez permanente depende del consumo de agua de la planta, profundidad de la zona radicular, agua utilizada por la planta y de la capacidad de retención del suelo. Cuando aumenta la temperatura y la velocidad de consumo de humedad, el marchitamiento se produce con tensiones más bajas y contenido de humedad mayor cuando la humedad disminuye acercándose al PMP, las plantas se afectan, se obstaculiza su desarrollo y al final disminuye su rendimiento. Por

ello, si se desea que las plantas se desarrollen normalmente, se debe tener lo antes mencionado en cuenta y mantener la humedad del suelo muy por encima del PMP. (Roblero González, 2011).

5.4.8 Saturación.

Se refiere al contenido de agua del suelo cuando prácticamente todos los espacios están llenos de agua. En los suelos bien drenados es un estado temporal ya que el exceso de agua drena de los poros grandes por influencia de la gravedad para ser reemplazada por aire. (Shaxon, 2005)

5.4.9 Horizontes del suelo.

Se denomina a una serie de niveles horizontales que se desarrollan en el interior del mismo y que presentan diferentes caracteres de composición, textura, adherencia etc.

a) **HORIZONTE A**, o zona de lavado vertical es el más superficial y en el enraíza la vegetación herbácea.

b) **HORIZONTE B**, o zona de precipitación carece prácticamente de humus, por lo que su color es más claro en él se depositan los materiales arrastrados desde arriba.

c) **HORIZONTE C**, o subsuelo está constituido por la parte más alta del material rocoso in situ, sobre el que se apoya el suelo. (Ocampo, 2014).

5.5 Necesidades hídricas del cultivo.

5.5.1 Evapotranspiración (Et)

Se considera que las necesidades de agua de los cultivos están representadas por la suma de la evaporación directa de agua desde el suelo más la traspiración de las plantas, suele expresarse en milímetros de altura de agua evapotranspirada en cada día (mm/día) y es una cantidad que variará según el clima y el cultivo.

5.5.2 Evapotranspiración de referencia (Eto).

La tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia; que ocurre sin restricciones de agua, se conoce como evo- transpiración del cultivo de referencia, y se denomina ETo. La superficie de referencia corresponde a un cultivo hipotético de pasto con características específicas. Como el cultivo es siempre el mismo, será mayor o menor según sean las condiciones del clima (radiación solar, temperatura, humedad, vientos, etc.) y del entorno.

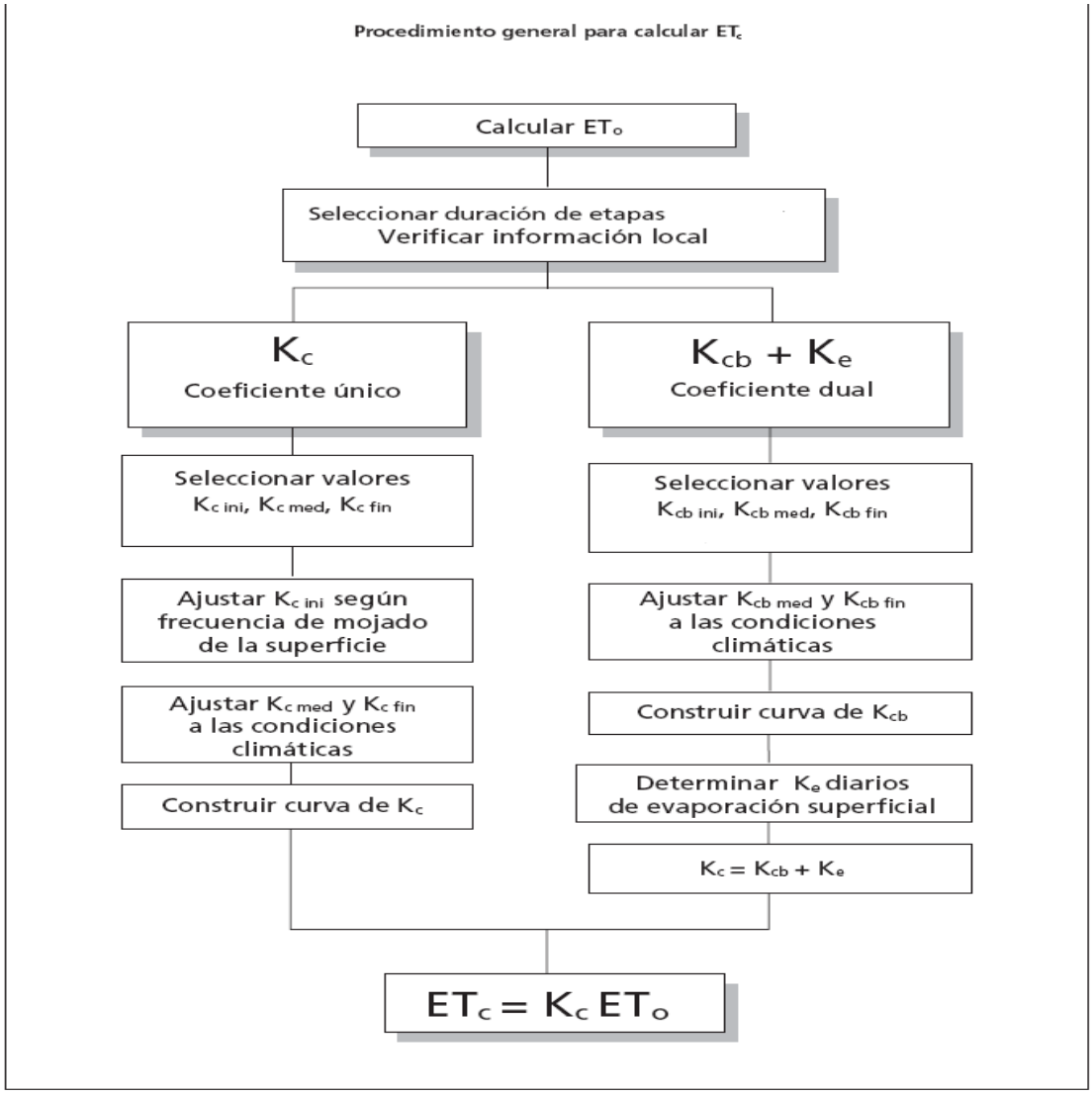
5.5.3 Coeficiente de cultivo (Kc)

El coeficiente de cultivo (Kc) describe las variaciones en la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo en cada etapa fenológica, desde la siembra hasta la recolección. Sus valores por inicio de etapas son de 0.40 hasta 1.20 que corresponde a la demanda máxima de agua del cultivo y que normalmente este valor máximo se presenta en etapa de formación de cosecha.

5.5.4 Evapotranspiración del cultivo (Etc.)

Para calcular las necesidades de los cultivos, se calcula la evapotranspiración real o actual del cultivo Etc.= Et_o X Kc, y se relacionan estos valores con la lluvia para tener los requerimientos netos de riegos del cultivo.

Figura 5 *Esquema General para calcular la ETc.*



Fuente: *Universidad Nacional de Huancavelica* (Jaime, 2014).

5.5.5 Balance de agua.

Las entradas de agua pueden ser debidas a las lluvias (LL) o al riego (R). Por su parte, las salidas de agua se deberán a la evapotranspiración (ET), la escorrentía (S) o la filtración profunda (Fp).

5.5.6 Precipitación efectiva.

Es aquella fracción de la precipitación total que es aprovechado por la planta, depende de múltiples factores como puede ser la intensidad de la precipitación o la aridez de clima, y también de otros como la inclinación del terreno, contenido en humedad del suelo o velocidad de infiltración.

5.5.7 Necesidades netas de riego (Nn).

Cuando el agua se aplica en toda la superficie a regar, las necesidades netas vienen dada por la ecuación:

$$\mathrm{Mn} = \mathrm{Etc} - \mathrm{Pe} - \mathrm{Ac} - \mathrm{Va}$$

Donde:

Pe: Precipitación Efectivas.

Ac: Aporte Capilar.

Va: Variación de almacenamiento.

Etc.: Evapotranspiración del cultivo.

A efecto de diseño, las aportaciones por precipitación efectiva no se considera ya que dada la gran frecuencia de riego (diaria, por lo general) resulta prácticamente imposible que llueva siempre entre dos intervalos de riego. Tampoco se considera los aportes capilares, salvo caso especiales, ni las variaciones de almacenamiento.

Por lo tanto : $Nn = Etc$.

5.5.8 Necesidades brutas del riego.

Conociendo la eficiencia de aplicación se puede determinar las necesidades brutas de riego (Nb), o sea, la cantidad real de agua que ha aplicarse por el equipo de irrigación durante el riego para satisfacer las necesidades netas de riego.

5.5.9 Eficiencia de aplicaciones del riego (Ea).

Es precisamente el porcentaje del agua que las raíces aprovechan respecto del total aplicada.

5.5.10 Lamina a aplicar.

La lámina de agua que supone la cantidad de agua aportada con las necesidades de riego brutas se llama lámina aplicada.

5.5.11 Pre-riego.

Es el periodo de tiempo, en el cual se aplica agua al suelo a profundidad radicular estimada por el proyecto y poner el suelo en esa zona a capacidad de campo y posteriormente al haber alcanzado esa humedad a iniciar los riegos programados. Esta condición se presenta exclusivamente cuando las fechas de siembra se planifican en época de verano de nuestro país.

5.5.12 Riego diario.

Es un riego en el que se programa la hora de inicio y la duración de este. La hora de inicio siempre deberá encontrarse dentro del período determinado por el Horario Activo.

5.5.13 Consumo de agua.

El consumo de agua dependerá tanto del cultivo, (ya que no todas las plantas utilizan la misma cantidad de agua), como de la climatología de la zona, en especial de las condiciones de radiación solar, temperatura, humedad y viento dominante.

Mediante el riego el agua se aplica al suelo, siendo éste un mero distribuidor. Dependiendo del tipo de suelo en el que esté implantado el cultivo, se podrá almacenar mayor o menor cantidad de agua y además la planta podrá extraerla con menor o mayor dificultad.

Por lo tanto, para que un determinado cultivo evolucione de forma óptima y utilice a la vez el agua eficientemente, es necesario conocer de manera bastante precisa cuál es el consumo de agua en cada fase del desarrollo y así saber qué cantidad aplicar con el sistema de riego.

Las relaciones que existan entre el suelo, el agua, la planta y el clima son esenciales para manejar un determinado sistema de riego ya que de ellas depende el movimiento del agua en el suelo, en la planta y cómo de esta pasa a la atmósfera.

El agua es un elemento esencial para las plantas que sirve para aportar sustancias
Nutritivas e interviene en los procesos de crecimiento y desarrollo. Con el riego se pretende aportar la cantidad de agua necesaria para que el cultivo crezca de forma adecuada, pero ha de hacerse de forma eficiente limitando en lo posible las pérdidas de agua.

Gran parte del agua extraída por la planta se cede a la atmósfera en forma de vapor a través de las estomas en el proceso de transpiración. Parte del agua de riego se pierde por escorrentía, percolación y evaporación, y no puede ser

extraída por las raíces. También existen zonas donde hay raíces, pero el agua de riego no llega, produciéndose entonces déficit de agua.

Mediante el cociente de déficit, la eficiencia de aplicación y el coeficiente de Uniformidad, se puede tener una estimación del destino del agua de riego y una valoración de la calidad con la que se ha efectuado el riego.

5.5.14 Volumen de agua disponible.

Será necesario contar con un estudio del origen de la fuente de agua para conocer el caudal disponible y el volumen de agua disponible con una determinada probabilidad de ocurrencia, la misma que servirá para un buen diseño que optimice el uso del agua y de las tierras cultivables.

En sistemas de fuente de agua que han estado en explotación, el registro es básico, a como también lo puede ser la constancia de usuarios que tienen este sistema de explotación sobre todo cuando está siendo extraída a través de unidades de bombeo y/o captaciones que utilizan la carga potencial gravitacional y donde su conducción y distribución se ha hecho por medio de tuberías.

5.5.15 Humedad aprovechable.

Es la altura de agua que retiene un suelo homogéneo entre los contenidos de agua de Capacidad de Campo y Punto de Marchitez permanente, descontando el contenido de fragmento de roca del suelo.

5.6 Perdidas de agua en el suelo.

5.6.1 Escorrentía.

Representa la cantidad de agua de lluvia o de riego que cae sobre la superficie del suelo pero que no se infiltra y se escurre sobre él, sin ser aprovechada por el cultivo. Por lo general, en riego localizado no se produce escorrentía, siempre y cuando la administración de tiempos de riego sea manejada adecuadamente sobre todo en suelos arcillosos que es donde se debe prestar mucha atención, en cambio en riego por aspersión es posible que exista esta condición cuando la tasa de aplicación del agua del aspersor es mayor que la infiltración que presenta el suelo en el momento de efectuarse la irrigación. (Moraga Sequeira, Murillo López, & Rueda Meléndez, 2020)

5.6.2 Percolación.

Es el paso del agua hacia capas más profunda. Si la cantidad de agua aplicada es mayor que la capacidad de retención, el agua infiltra hacia zona en las que las raíces del cultivo no pueden acceder, siendo por lo tanto ésta, agua perdida.

5.7 Riego por aspersión.

Es aquel sistema de riego que trata de imitar a la lluvia. Es decir, el agua destinada al riego se hace llegar a las plantas por medio de tuberías y mediante unos pulverizadores, llamados aspersores y gracias a una presión determinada, el agua se eleva para que luego caiga pulverizada o en forma de gotas sobre la superficie que se desea regar.

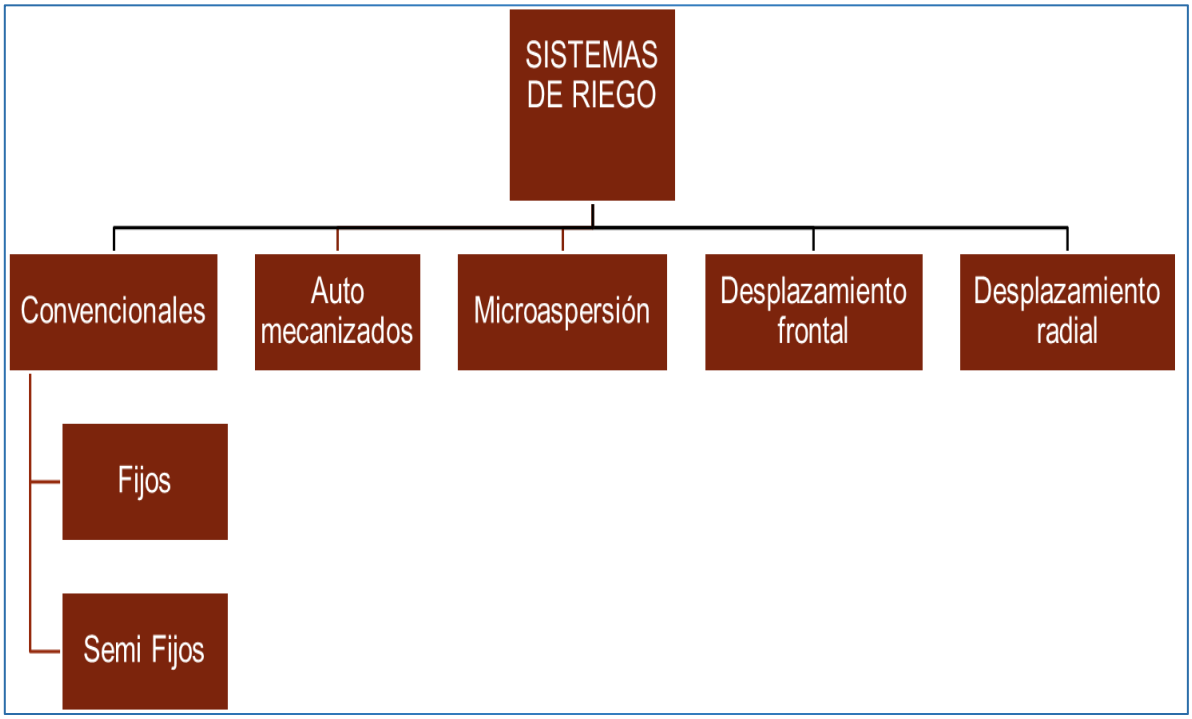
Figura 6 *Riego por aspersion.*

Fuente: Elaboración Propia.

5.7.1 Clasificación de los sistemas de riego por aspersión.

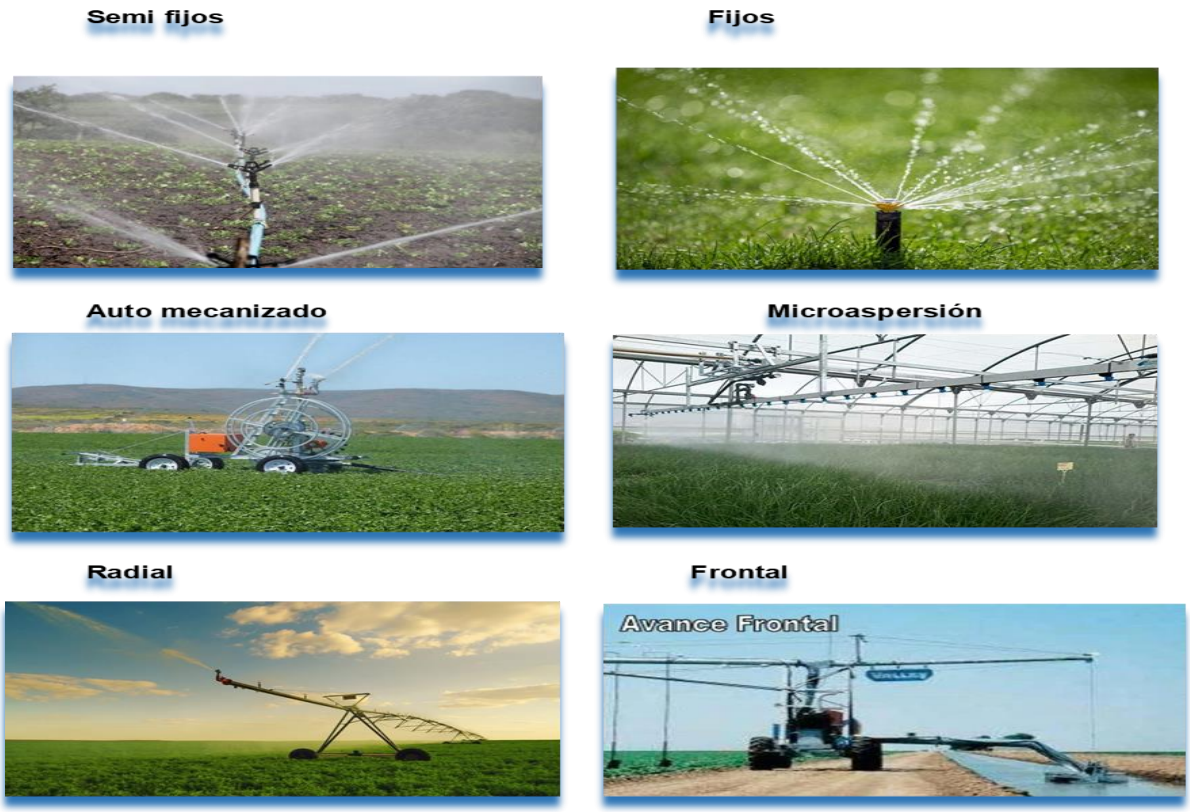
Se clasifican en función de la movilidad de los diferentes elementos del sistema ya que facilita la comprensión de su funcionamiento y puede dar idea de los gastos de inversión necesarios. Con carácter previo podemos hablar de sistemas convencionales y no convencionales (sistemas auto mecanizados) atendiendo a la disposición que adoptan en el campo y la utilización de maquinaria adicional o no. Así, se tendrá la clasificación mostrada en la Figura 7 Pag 27.

Figura 7 *Clasificacion de los sistemas de riego por aspersion.*



Fuente: Elaboracion Propia.

Figura 8 *Tipos de sistemas de riego por aspersion.*



Fuente: (Agropinos, 2022)

5.7.2 Información básica para considerar el diseño de un sistema de riego.

Para poder proyectar un sistema de riego por aspersión, se requiere de una adecuada información básica, del predio tales como: agua, planta, suelo, atmósfera y aspectos socioeconómicos. Al no existir reglas algunas acerca de los casos en que deberá o no aplicarse el riego por aspersión. El proyectista tendrá que superar una serie de factores en pro y en contra de la transformación del predio en regadío. Para un mejor análisis e interpretación de la información básica se dividirá en: (Héctor Centeno, 2012)

- Topografía
- Suelos
- Cultivos

- Recursos de agua Clima
- Aspectos Socio Económico

- ✓ **Topografía**

El plano planimétrico del terreno deberá suministrar la información de la forma, tamaño y límites de la propiedad, también la ubicación y trazado del sistema general del riego que abastece al predio y otros detalles de interés como estructura de toma, acequias internas, accidentes topográficos, cauces naturales o artificiales que actúan como drenaje, ubicación del pozo, etc., resulta generalmente adecuado.

El plano altimétrico, deberá representar 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 en el momento de proyectar el sistema de riego.

- ✓ **Suelos**

El estudio del suelo es una de las bases principales en que debe apoyarse el proyectista, y por eso se debe hacer un estudio concienzudo del suelo antes de hacer un proyecto, y consecuentemente es necesario conocer las siguientes propiedades físicas del suelo.

- ✓ Textura
- ✓ Porosidad y densidad aparente
- ✓ Curva de velocidad de infiltración
- ✓ Disponibilidad de agua en el suelo

5.8 Partes esenciales de un sistema de riego por aspersión.

Un sistema de riego por aspersión debe poseer un conjunto de componentes elementales como:

- Fuente de agua para riego
- Fuente de Energía
- Red de distribución del agua o tuberías
- Aspersores o rociadores
- Accesorios

5.8.1 Fuente del agua para riego.

Puede ser la fuente del agua de riego superficial, subterráneo 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:

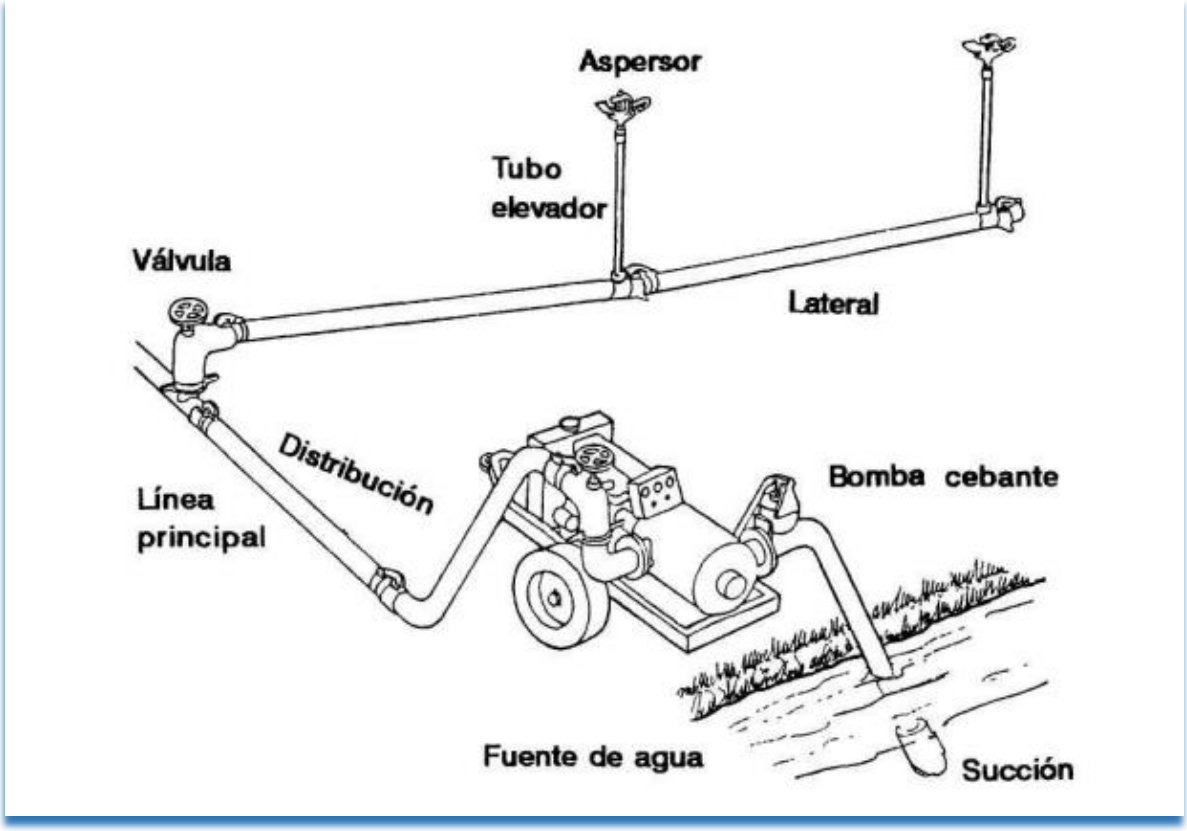
- Ubicación
- Calidad química y agronómica del agua
- Costo del agua
- Volumen de agua disponible

✓ **Ubicación**

Es la característica de gran influencia para tomar decisiones en el diseño y entre los factores más importantes a considerar son:

- Diferencia de nivel.
- Distancia.
- Relieves topográficos entre la fuente del agua y el terreno a regar.

Figura 9 *Componentes de un sistema de riego por aspersion.*



Fuente: Selección y manejo de equipos por aspersión. (Agropecuarias, 1994)

- ✓ **Calidad química y agronómica del agua con fines de riego.**

La calidad de un agua para riego debe evaluarse en base a la potencialidad de ésta para no producir efectos dañinos al suelo, a los cultivos, a los animales y personas que consumen dichos cultivos.

La calidad química del agua, que puede tener un uso muy amplio, está dada por: la cantidad de sales solubles, contenido de elementos tóxicos para las plantas y efecto probable del sodio sobre las características físicas.

La calidad agronómica del agua está determinada por los siguientes factores: calidad química, cultivo por regar, suelo por regar, condiciones climatológicas,

métodos de riego, condiciones de drenaje del suelo y prácticas de manejo del agua del suelo y de las plantas.

Se debe considerar para fines de diseño, contenido de sedimentación, contenido de materia orgánica y temperatura del agua.

- ✓ **Costo del agua**

Determinado en función del costo del Kw de energía consumida en un periodo de tiempo que normalmente es a nivel mensual y además es valorada y expresada su tarifa por la empresa distribuidora del país, mantenimientos correctivos, preventivos y partes de repuestos, etc. En caso de que el costo del agua resultase elevado, será necesario un mayor control y optimizar su uso, esto se logrará con un diseño adecuado.

- ✓ **Volumen de agua disponible**

Será necesario contar con un estudio del origen de la fuente de agua para conocer el caudal disponible seguro y con la variable de tiempo de utilización de la fuente se conoce el volumen de agua disponible con una determinada probabilidad de ocurrencia, la misma que servirá para un buen diseño que optimice el uso del agua y de las tierras cultivables.

5.8.2 Fuente de energía.

Elemento utilizado para el funcionamiento de motores que a su vez están acoplados a las bombas que impulsan el agua desde la fuente al sitio técnico de interés. Dado que para el buen funcionamiento y operación del riego por aspersión se requiere relativamente de presiones altas; se logra utilizando bombas, siendo las más empleadas las centrífugas de eje horizontal y bombas

turbinas y el motor puede ser eléctrico o a combustión interna; juntamente con la bomba, el motor integra el equipo motobomba que puede ser fijo o móvil.

La motobomba fija se utiliza cuando se eleva agua del subsuelo o de una estación de bombeo.

La motobomba móvil, como su nombre lo indica, cambia de ubicación en cada posición de riego, por lo general está montada sobre ruedas neumáticas, facilitando ser arrastrada con tractor, también se considera al equipo de bomba movida con la polea de un tractor.

5.8.3 Red de distribución del agua.

Consiste fundamentalmente de: tubería principal, lateral y los aspersores. La tubería principal es la que conduce el agua a los laterales puede encontrarse sobre la superficie del terreno o enterrado, a su vez puede ser fijas o móvil actualmente hay una gran variedad en la forma, material y disposición.

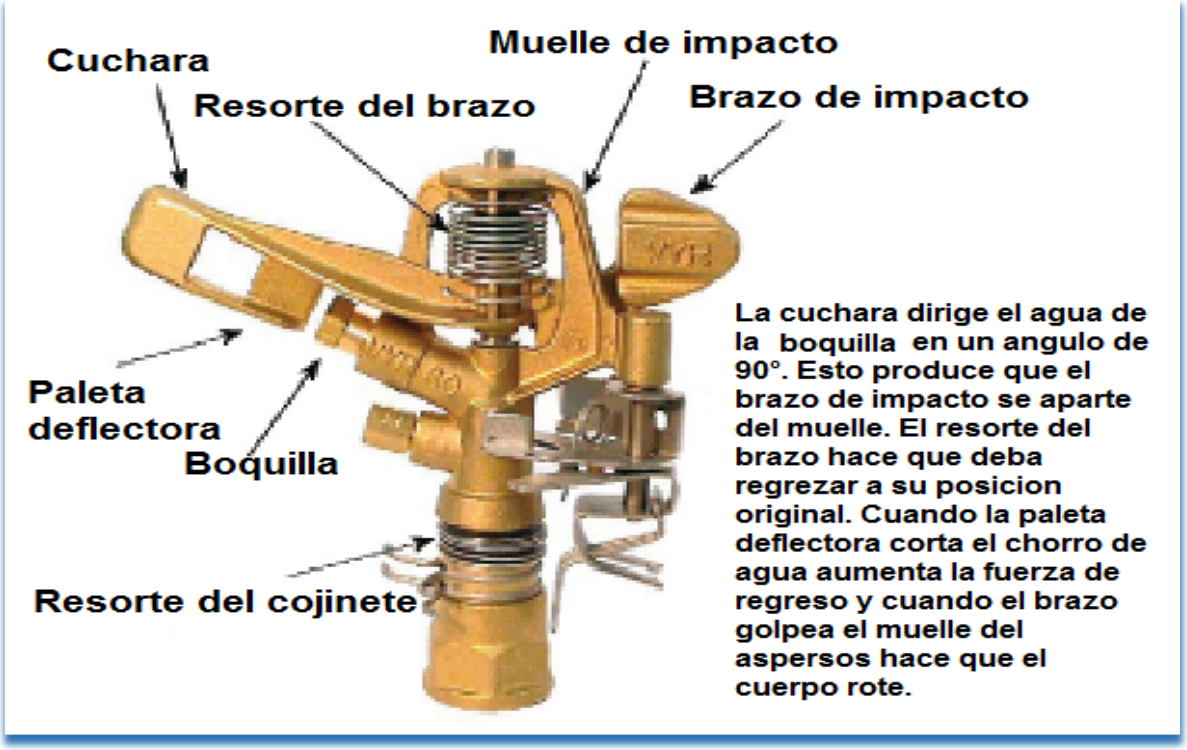
Los laterales son tuberías por lo general de menor diámetro que el principal y conduce agua a los aspersores colocados en la misma. Los laterales pueden ser fijos o móviles, superficiales o enterrados.

Por lo general las tuberías fijas son metálicas, de plástico, de asbesto cemento o de concreto reforzado con junta especial. Las tuberías móviles o portátiles son de aluminio o PVC de reducido peso, facilitándose su traslado y se integran por tramos de 6, 9, o 12 m. De largo y diámetro variable entre 2” y 10”, cada tramo se une por acoplamientos especiales que se caracteriza por su facilidad y rapidez. Existen acoplamientos angulares de 12° a 30° permite adaptar la tubería a las irregularidades del terreno.

5.8.4 Aspersores o regadores.

Los aspersores son dispositivos que tienen como finalidad aplicar el agua en forma de gotas. Consta de una o dos boquillas cuyas dimensiones y formas varían de acuerdo con la marca y modelo, a su vez estas pueden ser móviles, fijas, de alta o baja presión y de diversos materiales. En el diseño del sistema, la característica peculiar de cada aspersor es determinante.

Figura 10 *Partes de un aspersor.*



Fuente: Guía riego por aspersión. (Plan, 2020)

En la actualidad lo más generalizado para uso en la agricultura son los aspersores giratorios o móviles; accionado por efecto del impacto, por acción del chorro de agua sobre una rueda dentada, son regulables para que el giro de espesor fuera sectorial o total (360°) de acuerdo con la conveniencia del riego.

Una variante del sistema clásico de riego por aspersión lo constituye la tubería perforada. En tal caso la tubería tiene una sucesión de perforaciones a través de las cuales fluye el agua, de esta manera el lateral cubre una faja de terreno que oscila de 10 m, y 14 m, de ancho. Su ventaja de este sistema radica en la baja presión requerida generalmente entre 0.4 y 0.45 atmósferas y su principal limitación son las altas intensidades de aplicación que lo limitan a terrenos de textura gruesa.

5.8.5 Accesorios.

Los accesorios facilitarán el funcionamiento del sistema como conducción, distribución del agua y el control de la misma. Podemos mencionar entre los accesorios más importantes los siguientes:

Para equipo de bombeo

- ✓ Manguera o tubería de succión
- ✓ Colador para tomar el agua de la fuente
- ✓ Válvula de pie
- ✓ Mecanismo para el cebado de las bombas
- ✓ Aditamentos en la descarga como: conexiones, reducciones, medidores de caudal y presión, válvulas para impulsión de agua o reguladores de presión, etc.

Figura 11 *Accesorios para el equipo de bombeo.*

Fuente:Poliductos valvulas y conecciones.

Para conducción

- ✓ Codos, cruz, elevadores, etc.
- ✓ Uniones de T
- ✓ Hidrantes
- ✓ Tapones
- ✓ Manómetros con tubo pitot
- ✓ Filtros
- ✓ Inyectores de fertilizante y sistemas de control

Figura 12 *Accesorios para conduccion.*

Fuente: Riegos y complementos. (COPERSA, 2015)

5.9 Selección de aspersores.

La selección de los aspersores se basa principalmente en el espaciamiento entre sí y la presión de trabajo; además debe considerarse los factores limitantes en la aplicación del agua tales como: la velocidad, viento, la erodabilidad de los suelos y la infiltración básica, las que servirán para elegir presiones y espaciamientos lógicos y comparar los diferentes modelos existentes en el mercado presentados por los fabricantes, para el logro de una buena distribución del agua de riego.

Un buen aspersor debe reunir las siguientes cualidades:

- ✓ Una buena distribución del agua y un coeficiente de uniformidad aceptable.
- ✓ Ser compactos y de un mecanismo simple, debido a que frecuentemente son transportados y algunas veces en muy malas condiciones.
- ✓ Proporcionar gotas de agua lo más fina posible, para evitar el compactado superficial del suelo, desfavorable para la infiltración del agua.
- ✓ Una velocidad de giro uniforme para una buena distribución del agua.
- ✓ Ser poco costoso, criterio secundario con relación a las otras.

El manual de Ames (1962) clasifica los aspersores en los tipos siguientes:

- ➢ Aspersores de baja presión, entre 1 y 2 atmósfera. Diseñado para riego de los árboles frutales debajo de la copa o para cultivos anuales o permanentes, en los casos en que se cuenta con reducida presión.

- Aspersores de presión intermedia entre 2 y 4 atmósferas. Diseñado con una o dos toberas y se ajustan a los diferentes tipos de suelo y cultivo. Diámetro del círculo humedecido varía entre 21 m y 39 m.

- Aspersores de alta presión, entre 4 y 7 atmósferas. Aspersores gigantes especialmente adaptados para cultivos de elevado tamaño tales como maíz y caña de azúcar. Diámetro del círculo humedecido varía entre 60 m y 150m.

5.9.1 Elección de los aspersores.

Existen una gran variedad de modelos de aspersores, en cuanto a características, tamaño, forma y presión de trabajo, diferenciándose en la intensidad de lluvia, radio de alcance del chorro y distribución de la lluvia.

Las casas fabricantes publican especificaciones de diferentes marcas y tipos de aspersores donde se detalla las condiciones de trabajo. Según la NANA MECHANICAL-ISRAEL, las reglas a seguir para la elección de un aspersor es el siguiente:

- La elección del tipo de aspersor debe hacerse en función del cultivo y para una presión determinada.

- La determinación de la precipitación horaria o intensidad deseada se efectuará en función de la dosis o lámina de riego y la duración del riego. Por ejemplo: lámina de riego 100 mm, duración del riego 8 horas. Precipitación horaria 100/8 = 12.5 mm/h.

- Se encontrará en la tabla proporcionada por la casa fabricante las características del aspersor elegida como: la precipitación necesaria, el diámetro de la boquilla, el espaciamiento de los aspersores correspondientes, gasto, etc.

- Cuando el riego se efectúa sin viento se recomienda no sobrepasar el 65% del diámetro total cubierto por los aspersores, con el objetivo de obtener una superposición de eficiencia máxima.

- El cálculo del número de aspersores necesarios se realizará dividiendo la superficie total de la parcela a regar por la superficie cubierta por un aspersor.

- La mejor elección del aspersor se hará evitando las características que figuran en las superficies sombradas de la tabla correspondiente a cada tipo de aspersor.

5.10 Ventajas y desventajas del riego por aspersión.

5.10.1 Ventajas

- **Ahorro en mano de obra**. Una vez puesto en marcha no necesita especial atención. Existen en los mercados eficaces programadores activados por electroválvulas conectadas a un reloj que, por sectores y por tiempos, activará el sistema según las necesidades previamente programadas. Con lo cual la mano de obra es prácticamente inexistente.
- **Adaptación al terreno**. Se puede aplicar tanto a terrenos lisos como a los ondulados no necesitando allanamiento ni preparación de las tierras.
- **La eficiencia del riego**. Por aspersión es de un 80% frente al 50 % en los riegos por inundación tradicionales. Por consecuencia el ahorro en agua es un factor muy importante a la hora de valorar este sistema.
- **Especialmente útil para distintas clases de suelos**. Ya que permite riegos frecuentes y poco abundantes en superficies poco permeables.

5.10.2 Desventajas.

- **Daños a las hojas y a las flores**. Las primeras pueden dañarse por el impacto del agua sobre las mismas, si son hojas tiernas o especialmente

sensibles al depósito de sales sobre las mismas. En cuanto a las flores pueden, y de hecho se dañan, por ese mismo impacto sobre las corolas.

- **Requiere una inversión importante**. El depósito, las bombas, las tuberías, las juntas, los manguitos, las válvulas, los programadores y la intervención de técnicos hacen que en un principio el gasto sea elevado, aunque la amortización a medio plazo está asegurada.
- **El viento puede afectar**. En días de vientos acentuados el reparto del agua puede verse afectado en su uniformidad.
- **Aumento de enfermedades y propagación de hongos**. Debido al mojado total de las plantas.

5.11 Sistema de bombeo.

Conjunto formado por el motor y la bomba, debidamente acoplado por eje común de ambos equipos, sus transmisiones pueden ser directa por medio de ejes y/o por bandas de hule donde se debe cumplir la recomendación técnica de fabricante que se requiere en la transmisión de una banda por cada 10 Hp del motor. Dota al agua de la presión necesaria para alcanzar el punto más lejos de la red, y puede formar parte del cabezal o estar alojado en el lugar independiente. También existen casos en el que el agua llega a la instalación por diferencias topográficas con la presión suficiente, por lo que este sistema no es necesario.

5.12 Diseño de sistema de riego.

5.12.1 Diseño agronómico.

Consiste primordialmente en determinar las necesidades hídricas del cultivo, es decir se calcula la cantidad de agua que necesita el cultivo para su normal desarrollo sin ocasionar un déficit hídrico, dependiendo de factores edafoclimáticas y otros propios del cultivo.

5.12.2 Diseño hidráulico.

Consiste básicamente en la sincronización de un conjunto de tuberías y accesorios que permite trasladar una determinada cantidad de agua desde la fuente de la misma hasta el área destinada al riego, disminuyendo las pérdidas de agua y maximizando las eficiencias de conducción, distribución y aplicación en todo el sistema de riego. Permite el dimensionamiento de la red, selección del tamaño de sus diámetros de tubería que conforman la red de distribución, velocidades de circulación, etc.

5.12.3 Espaciamiento entre Aspersores y Acción del viento.

El espaciamiento se determina de acuerdo con el tamaño del área a la que está sirviendo el aspersor. Además, deberá espaciarse para que moje tanto al aspersor de al lado como al de enfrente. Comience la colocación de los aspersores trabajando en un área a la vez hasta dar cumplimiento a la variable Frecuencia de riego y dar inicios nuevamente al riego. (Hunter, 2013)

Para determinar este tema de mucha importancia se debe tomar en cuenta radio de alcance del Aspersor, ya que esto permitirá un mejor traslape entre cada aspersor y zona regada. El terreno es un factor importante para obtener un riego uniforme, además se deben tomar en cuenta los vientos ya que pueden perjudicar en el riego como el empalme del riego. A continuación, se presentan tablas que relacionan espaciamiento, disposiciones y velocidades de viento.

Tabla 2

Ausencia de vientos moderados (menores a 2 m/s)

Disposición	Espaciamiento entre aspersor (Ea)
Cuadrado	1.4142R
Rectangular	0.45R El= 0.60R
Triangular	Ea = El=1.73R

Fuente: Espaciamiento entre aspersores Hunter 2013.

Tabla 3
En presencia de vientos para cuadrado y triangular.

V (Km/h)	Cuadrado a(m)	Triangular	
		a(m)	b(m)
0	0.7 D	0.75 D	0.87 D
0-10	0.55 D	0.60 D	0.70 D
10-13	0.50 D	0.55 D	0.65 D
13-30	0.30 D	0.50 D	0.60 D

Fuente: Espaciamiento entre aspersores Hunter 2013.

Tabla 4
En presencia de vientos para rectangular.

Espaciamiento rectangular		
V (Km/h)	Ea	El
0 – 10	0.4 D	0.65 D
10 – 15	0.4 D	0.60 D
Mayor 15	0.3 D	0.50 D

Fuente: Espaciamiento entre aspersores Hunter 2013.

5.12.4 Calculo del diámetro efectivo (Ea)

Se tomará la disposición en cuadrado para esté diseño por lo cual el diámetro Efectivo corresponderá a 0.55 D, este valor es para velocidades de viento de 0 a 10 km/h.

5.12.5 Área efectiva.

Es el área que riega un aspersor descontado los traslapes entre aspersor. En el caso de aspersores trabajando simultáneamente el área efectiva se toma como:

$AEfectiva = Ea * El$

$Donde$:

Ea: $Espaciamiento\ entre\ cada\ aspersor.$

El: $Espaciamiento\ entre\ laterales$

5.12.6 Intensidad de aplicación

Se refiere a la cantidad de agua que aplica el aspersor por cada hora de trabajo, esta depende del caudal del aspersor, espaciamiento entre aspersor, espaciamiento entre lateral y eficiencia.

A la multiplicación del espaciamiento entre aspersor por el espaciamiento entre lateral se denomina Área efectiva regada por el aspersor y el valor respectivo de Intensidad de aplicación del aspersor se expresa por la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{i_{a\ neta}} = \frac{3600 * q_o}{A_{Efectiva}} * Ef$$

$Donde$:

$Ia\ neta$: intensidad de aplicación neta del aspersor (mm/hr).

q_0: Gasto de diseño del aspersor (lps).

$A_{efectivo:}$ Area a regar por un aspersor (m2).

EF: Eficiencia de aplicación del riego por aspersión.

5.12.7 Comparación de la intensidad de aplicación del aspersor con la velocidad de infiltración del suelo.

Es importante recalcar que la intensidad de la lluvia de un aspersor debe ser igual o menor que la velocidad de infiltración de un suelo. Para realizar la comparación se compara el valor de la intensidad de aplicación con la velocidad promedio de infiltración del suelo, donde debe cumplirse que la Intensidad de la lluvia del aspersor debe ser menor o igual que la Velocidad de infiltración del suelo, por lo tanto:

$Ia \leq I0$

Donde:

Ia: $Intensidad\ de\ aplicación\ (mm/hr)$

$I0$: $Velocidad\ de\ infiltración\ (mm/hr)$

5.12.8 Tiempo de puesta.

Se determina dividiendo la norma de riego neta entre la intensidad de aplicación del aspersor y la eficiencia.

$$Tp = \frac{Nn}{Ia * Ef}$$

$Donde$:

Tp: $Tiempo\ de\ puesta\ (hr)$

Nn: $Norma\ neta\ (mm)$

Ia: $Intensidad\ de\ aplicación\ (mm/hr)$

Ef: Eficiencia del sistema de riego

5.12.9 Diseño de la tubería lateral.

Es la tubería que contiene todos los emisores, esta puede ser de PVC o aluminio. La longitud de los tubos es de 6 m y en algunos casos se pueden encontrar de 9 m.

5.12.10 Perdida de carga en la tubería.

La pérdida de carga que tiene lugar en una conducción representa la pérdida de energía de un flujo hidráulico a lo largo de la misma por efecto del rozamiento.

$\Delta Z = 0\ (Terreno\ plano),\ entonces\ solo\ se\ toman\ las\ pérdidas\ por\ fricción\ (hf)$

$\Delta Z > 0\ (Pendiente\ positiva),\ entonces\ \Delta Z + hf$

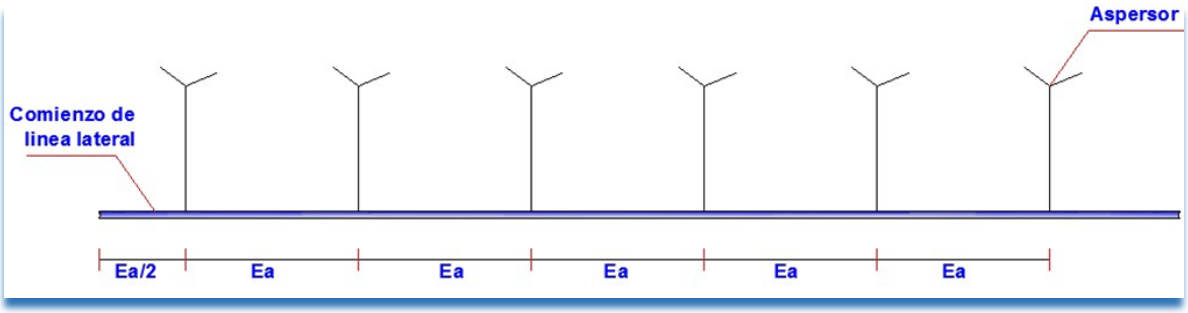
$\Delta Z < 0$ $(Pendiente\ negativa)$, $esta\ pendiente\ esta\ afavor\ del\ flujo, entonce$

$$hf - \Delta z$$

5.12.11 Criterio de Chirstiansen para el cálculo de las perdidas por fricción.

- Este criterio incluye el cálculo de la fricción en el ramal lateral, sobre la base del total de agua que fluye a todo lo largo de la tubería, modificando luego la perdida mediante la multiplicación por un factor f, suponiendo que el primer aspersor se encuentra sin alternativa a una distancia de medio espaciamiento del comienzo da la lluvia (Ea/2).

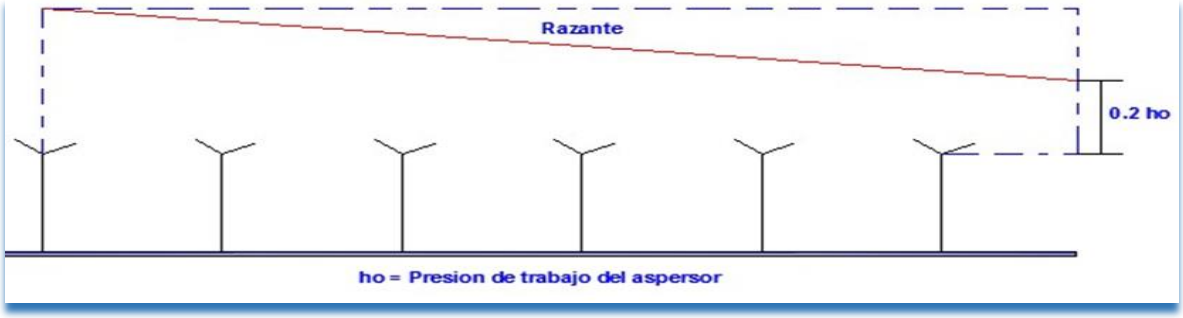
Figura 13 *Perdidas por friccion.*



Fuente: (Héctor Centeno, 2012)

- Para establecer la gama de presiones de funcionamiento entre el primer rociador y el último se escoge el diámetro del ramal lateral de tal modo que las pérdidas por fricción más cualquier carga de elevaciones entre los extremos del lateral no sean más del 20 % de la presión de funcionamiento de los aspersores. Existirán varias alternativas, pero se deben escoger los diámetros más pequeños que sean adecuados para facilitar el trabajo de los encargados de desplazar las tuberías.

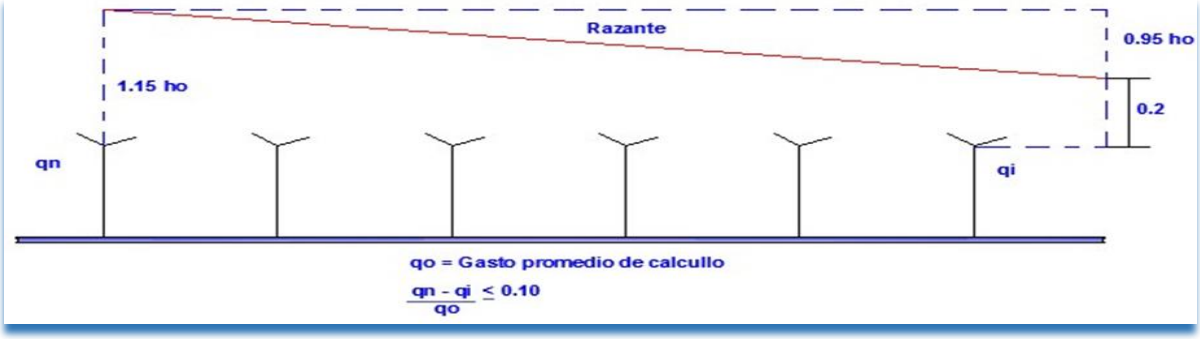
Figura 14 *Presion de trabajo del aspersor.*



Fuente: (Héctor Centeno, 2012)

- Para la uniformidad del gasto a lo largo de un lateral es aceptable que la diferencia de gastos entre el primer y el último aspersor sea menor que un 10% del gasto promedio del cálculo q_o.

Figura 15 *Gasto promedio de cálculo.*

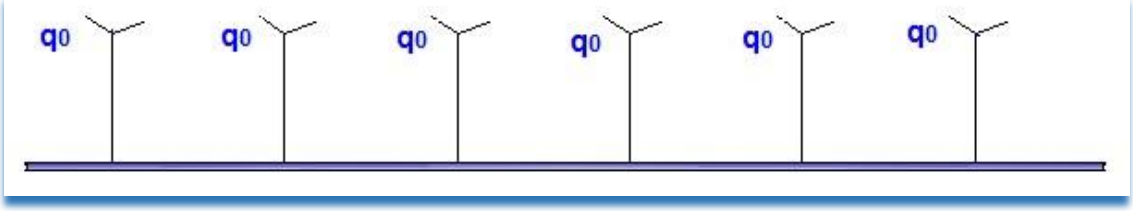


Fuente: (Héctor Centeno, 2012)

Para asegurar este criterio debe asegurarse que el aspersor extremo aguas abajo tenga una carga (presión) de 0.95 ho o aproximado.

- El diseño se hará sobre la base de que la diferencia de gastos entre el primero y el último aspersor es menor del 10% del gasto de diseño. Se considera que el gasto en cada aspersor es igual a qo.

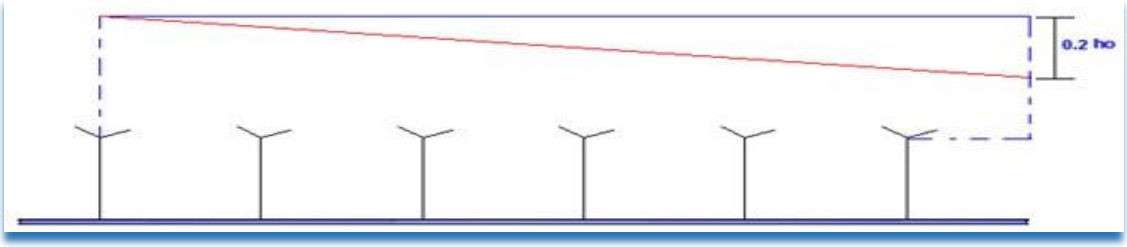
Figura 16 *Gasto de Diseño*



Fuente: (Héctor Centeno, 2012)

- Se tomará como criterio del calculo que la diferencia de carga de 0.2 ho se produce entre el aspersor situado en el extremo aguas abajo del lateral y la entrada del lateral.

Figura 17 *Criterio de cálculo.*



Fuente: (Héctor Centeno, 2012)

- Solamente se tomarán en cuenta las pérdidas de carga por fricción el resto se evaluará al final como 10 % de las mismas, hf = F * HF.

Expresión para el cálculo de las pérdidas:

$$\boldsymbol{hf = \frac{z * k_l * q_0^M * L}{d^N}}$$

hf: $Pérdidas\ por\ fricción$

KL: $Coeficiente\ de\ rozamiento$

qo: $Gasto$

D: $Diámetro\ de\ la\ tubería$

L: $Longitud\ de\ la\ tubería$

$M\ y\ N$: $Coeficientes$

Z: $Factor\ de\ corrección\ de\ Christiansen$

5.12.12 Expresión de Hazen Williams.

El método de Hazen-Williams es válido solamente para el agua que fluye en las temperaturas ordinarias (5 ºC - 25 ºC). La fórmula es sencilla y su cálculo es simple debido a que el coeficiente de rugosidad "C" no es función de la velocidad ni del diámetro de la tubería. Es útil en el cálculo de pérdidas de carga en tuberías para redes de distribución de diversos materiales, especialmente de fundición y acero:

$$hf = 10.643 * \frac{(Q)^{1.853}}{(C)^{1.853*}(d)^{4.87}} * L$$

$Donde$:

hf: $Pérdida\ de\ carga\ o\ de\ energía\ (m)$

d: $Diámetro\ interior\ de\ la\ tubería\ (pulg)$

Q: $Caudal\ (m3/s)$

C: $Coeficiente\ de\ rugosidad\ (adimensional)$

L: $Longitud\ de\ la\ tubería\ (m)$

5.12.13 Laterales.

$$hf = 10.643 * \frac{(Q)^{1.853}}{(C)^{1.853*}(d)^{4.87}} * L$$

Para introducir el caudal lps, la longitud en metros, el diámetro en pulgadas y el resultado es en metros, la fórmula es la siguiente:

$$\boldsymbol{hf} = \frac{1742}{C^{1.852}} * \frac{Q^{1.852}}{C^{4.87}} * L$$

$\boldsymbol{K_L = \frac{1752}{C^{1.852}}}$ $\boldsymbol{Entonces}$: $\boldsymbol{hf = K_L * \frac{Q^{1.852}}{C^{4.87}} * L}$

$Donde$:

hf: $Pérdida\ de\ carga\ o\ de\ energía\ (m)$

KL: $Coeficiente\ de\ rozamiento$

Q: $Caudal\ (m3/s)$

C: $Coeficiente\ de\ rugosidad\ (adimensional)$

L: $Longitud\ de\ la\ tubería\ (m)$

Tabla 5

Coeficiente Hazen Willians para diferentes materiales.

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

Fuente: Coeficiente de rugosidad. (CEDEX, 2005)

5.12.14 Numero de aspersores a utilizar.

$$\boldsymbol{N = \frac{L_{LATERAL}}{E_a}}$$

$Donde$: N: $Número\ de\ aspersores$

L: $Longitud\ del\ lateral\ (m)$

Ea: $Espaciamiento\ entre\ aspersor\ (m)$

5.12.15 Número de tubos.

$$\boldsymbol{\#_{TUBOS} = \frac{L_{LATERAL}}{L_{COMERCIAL}}}$$

$Donde$:

$\#_{TUBOS}$: $Número\ de\ tubos$

$L_{LATERAL}$: $Longitud\ del\ lateral\ (m)$

$L_{COMERCIAL}$: $Longitud\ comercial\ (m)$

5.12.16 Gasto del lateral.

$$\boldsymbol{Q_{LATERAL} = q_{Aspersor} * N}$$

$Donde$:

$Q_{LATERAL}$: $Caudal\ del\ latera\ (lps)$

$q_{Asperor}$: $Caudal\ del\ aspersor\ (lps)$

N: $Número\ de\ aspersor$es

5.12.17 Valor de Z.

Conociendo los datos de N y M se encuentra por medio de tabla el valor de Z para Hazen. Williams.

$Donde$:

Z: $Factor\ de\ corrección\ de\ Christiansen$

N: $Número\ de\ aspersores$

M: $Coeficiente.$

Tabla 6
Calculo del valor de Z.

TABLA PARA CALCULO DE LATERALES								
	DARCY-WEISBACH			HAZEN –WILLIAMS			SCOBEY	
	M = 2.0			M = 1.85			M = 1.90	
N	F		Z	F		Z	F		Z
2	0,625		5	0,634		4,6	0,634		4,7
3	0,518		14	0,534		12,2	0,529		12,8
4	0,469		30	0,485		25,2	0,480		26,7
5	0,440		55	0,457		44,9	0,451		48,0
6	0,421		91	0,438		72,4	0,432		78,1
7	0,408		140	0,425		109,0	0,419		118,0
8	0,398		204	0,416		156,0	0,410		170,0
9	0,391		284	0,408		214,0	0,402		235,0
10	0,385		385	0,402		284,0	0,396		315,0
11	0,380		506	0,397		369,0	0,392		410,0
12	0,376		650	0,393		468,0	0,388		522,0
13	0,373		819	0,390		563,0	0,384		653,0
14	0,370	1	20	0,337		715,0	0,381		804,0
15	0,367	1	240	0,385		866,0	0,379		975,0
16	0,365	1	500	0,382	1	30	0,377	1	170,0
18	0,362	2	110	0,379	1	430	0,373	1	630,0

20	0,359	2	870	0,376	1	920	0,370	2	200,0
30	0,350	9	450	0,368	5	960	0,362	6	950,0
40	0,345	22	100	0,363	13	400	0,357	15	800,0
50	0,343	42	900	0,361	25	100	0,354	30	000,0
60	0,342	73	900	0,359	42	0	0,354	50	700,0
70	0,340	177	0	0,358	64	900	0,352	78	900,0
80	0,340	174	0	0,357	93	100	0,351	116	000,0
90	0,339	258	0	0,356	132	0	0,350	163	000,0
100	0,338	388	0	0,356	178	0	0,350	221	000,0

Fuente: Diseño de sistemas de riego 2015.

5.12.18 Perdidas máximas.

$$\boldsymbol{hf_{Max} = 0.2h_0}$$

$Donde$:

hf_{Max}: $Pérdidas\ máximas\ por\ fricción\ (m)$

h_0: $Presión\ de\ trabajo\ del\ aspersor\ (m)$

5.12.19 Diámetro de la tubería.

$$\boldsymbol{D_{diseño} = \left[\frac{Z * K_L * q^{1.852} * L}{hf_{MAX}}\right]^{\frac{1}{4.87}}}$$

$Donde$:

$D_{Diseño}$: $Diámetro\ de\ diseño\ (pulg)$

Z: $Factor\ de\ corrección\ de\ Christiansen$

L: $Longitud\ entre\ aspersor\ (m)$

K_L: $Coeficiente\ de\ rozamiento$

q: $Caudal\ del\ aspersor\ (lps)$

hf_{Max}: $Pérdidas\ máximas\ por\ fricción\ (m)$

5.12.20 Perdidas reales.

$$\boldsymbol{hf_{REAL} = 0.20h_0 * \left(\frac{d_{diseno}}{d_{comercial}}\right)^{4.87}}$$

$Donde$:

hf_{REAL}: $Pérdidas\ reales\ por\ fricción\ (m)$

h_0: $Presión\ de\ trabajo\ del\ aspersor\ (mca)$

$d_{\text{diseño}}$: $Diámetro\ de\ diseño\ (pulg)$

$d_{Comercial}$: $Diámetro\ comercial\ (pulg)$

5.12.21 Carga de energía a la entrada del lateral.

$$H_L = H_N + h_{ELEV} + \Delta Z \quad \text{Donde} \quad H_N = h_0 + 0.75 * h_{Real}$$

H_L: $Carga\ a\ la\ entrada\ a\ la\ entrada\ de\ la\ tubería\ lateral\ (m)$

h_{ELEV}: $Altura\ del\ elevador\ (m)$

ΔZ: $Desnivel\ del\ terreno$

h_0: $Presión\ de\ trabajo\ del\ aspersor\ (mca)$

h_{REAL}: $Pérdidas\ reales\ por\ fricción\ (m)$

5.12.22 Diseño de la tubería maestra.

5.12.23 Número de posiciones.

$$\boldsymbol{P_L = \frac{2L_{MAESTRA}}{E_L}}$$

$Donde$:

P_L: $Número\ de\ posiciones\ de\ los\ laterales\ para\ regar\ toda\ el\ área$

$L_{MAESTRA}$: $Longitud\ de\ la\ maestra\ (m)$

E_L:$Espaciamiento\ entre\ lateral\ (m)$

5.12.24 Número de posiciones diarias del lateral.

$$\boldsymbol{P_{dL} = \frac{Jornada}{t_p + t_c}}$$

$Donde$:

P_{dL}: $Posiciones\ diarias\ del\ lateral$

$Jornada$: $Jornada\ de\ trabajo\ (hr)$

t_p: $Tiempo\ de\ puesta\ (hr)$

t_c: $Tiempo\ de\ cambio\ (hr)$

5.12.25 Número de laterales.

$$\boldsymbol{N_L = \frac{P_L}{P_{dL} * T_R}}$$

$Donde$:

N_L: $Número\ de\ laterales$

P_L: $Número\ de\ posiciones\ de\ los\ laterales\ para\ regar\ toda\ el\ área$

P_{dL}: $Posiciones\ diarias\ del\ lateral$

T_R: $Tiempo\ de\ riego$

5.12.26 Caudal de la maestra.

$$\boldsymbol{Q_M = N_L * q_{LATERAL}}$$

$Donde$:

Q_M: $Caudal\ de\ la\ maestra\ (lps)$

N_L: $Número\ de\ laterales$

$q_{LATERAL}$: $Caudal\ del\ lateral\ (lps)$

5.12.27 Criterio de Christiansen para las maestras.

Es importante señalar que para el cálculo de la pérdida de carga en la maestra se debe buscar la posición más crítica de los laterales, es decir la posición donde se produzca la mayor pérdida de carga tomando el valor máximo de pérdida para el cálculo del diámetro de la maestra.

5.12.28 Perdidas máximas.

$$\boldsymbol{Hf_{MAX\ M} = 0.25h_0}$$

$Hf_{MAX\ M}$: $Pérdidas\ máximas\ por\ fricción\ (m)$

h_0: $Presión\ de\ trabajo\ del\ aspersor\ (m)$

5.12.29 Diámetro de la maestra.

En este caso se asume un diámetro de tubería y se calculan las pérdidas por tramo, si la suma de las pérdidas de los tramos es menor que las pérdidas máximas el diámetro asumido es correcto de lo contrario se realiza otro tanteo.

$$hf = 10.643 * \frac{(Q)^{1.853}}{(C)^{1.853*}(d)^{4.87}} * L$$

$Donde$:

hf: $Pérdida\ de\ carga\ o\ de\ energía\ (m)$

Q: $Caudal\ (m3/s)$

C: $Coeficiente\ de\ rugosidad\ (adimensional)$

d:$Diámetro\ de\ la\ tubería$ (m)

L: $Longitud\ de\ la\ tubería\ (m)$

5.12.30 Pérdidas totales.

$$\boldsymbol{hf_{TOTAL\ MAESTRA} = \sum hf_{TRAMO}}$$

$Donde$:

$hf_{TOTAL\ MAESTRA}$: $Pérdida\ total\ en\ la\ maestra\ (m)$

$\sum hf_{TRAMO}$: $Sumatoria\ de\ las\ pérdidas\ por\ tramo\ (m)$

5.12.31 Carga a la entrada de la maestra.

$$\boldsymbol{H_{MAESTRA} = H_L + hf_{MAESTRA} + hf_{ACCESORIOS} + \Delta Z}$$

$$\boldsymbol{Donde\ \ hf_{ACCESORIOS} = 0.10(hf_{REALES} + hf_{MAESTRA})}$$

$Donde$:

$H_{MAESTRA}$: $Carga\ a\ la\ entrada\ de\ la\ maestra\ (m)$

H_L: $Carga\ a\ la\ entrada\ de\ la\ tubería\ lateral\ (m)$

$hf_{MAESTRA}$: $Pérdida\ de\ carga\ de\ la\ maestra\ (m)$

$hf_{ACCESORIOS}$: $Pérdida\ de\ carga\ por\ accesorios\ (m)$

hf_{REALES}: $Pérdida\ de\ carga\ real\ del\ lateral\ (m)$

ΔZ: $Desnivel\ del\ terreno\ (m)$.

5.12.32 Tubería conductora.

La tubería será una tubería simple es decir que esta tenga una sola salida con un diámetro y coeficiente de rugosidad constante.

$$hf = 10.643 * \frac{(Q)^{1.853}}{(C)^{1.853} * (d)^{4.87}} * L$$

$Donde$:

hf: $Pérdida\ de\ carga\ o\ de\ energía\ (m)$

d: $Diámetro\ interior\ de\ la\ tubería\ (pulg)$

Q: $Caudal\ (m3/s)$

C: $Coeficiente\ de\ rugosidad\ (adimensional)$

L: $Longitud\ de\ la\ tubería\ (m)$

5.12.33 Carga a la entrada de la conductora.

$$\boldsymbol{Hconductora = Hmaestra + hf_{conductora} + \Delta Z}$$

$Hmaestra$: $Carga\ a\ la\ entrada\ de\ la\ maestra$

$hf_{conductora}$: $Pérdidas\ en\ la\ conductora$

ΔZ: $Desnivel\ del\ terreno$

5.12.34 Carga Dinámica Total (CDT).

Se determinó a través de la siguiente expresión:

$$CDT = Hconductora + \Delta H + hfsuccion$$

$Donde$:

CDT: $Carga\ Dinámica\ Total\ (m)$

$H\ conductora$: $Carga\ de\ la\ Conductora$

ΔH: $Desnivel\ entre\ el\ centro\ de\ la\ bomba\ y\ el\ nivel\ estático\ de\ agua\ de\ la\ fuente\ de\ abastecimiento\ (m)$

$hf\ succión$: $Pérdidas\ de\ carga\ en\ la\ tubería\ de\ succión\ que\ corresponde\ a\ 5\%\ de\ la\ altura\ de\ succión.$

5.12.35 Potencia de Bombeo. (Hp)

$$\boldsymbol{Hp = \frac{Q * CDT}{270 * Ef} * Fs}$$

$Donde$:

Hp: $Potencia\ del\ equipo\ de\ bombeo$

Q: $Caudal\ de\ la\ conductora$ $(m3/h)$

CDT: $Carga\ Din\acute{a}mica\ Total$ (m)

Ef: $Eficiencia\ de\ la\ bomba$ (%)

Fs: $Factor\ de\ seguridad\ para\ motores\ el\acute{e}ctricos$ (1.15)

5.12.36 Coeficiente de Uniformidad (CU)

Es un parámetro que nos indica el grado de igualdad de dosis de agua entregada por los emisores del sistema, en los campos agrícolas irrigados. Su valor indica el porcentaje de emisores que están entregando al suelo un promedio de agua asumida en el diseño y que resulta ser la necesaria por la planta. (Moraga Sequeira, Murillo López, & Rueda Meléndez, 2020)

5.12.37 Radio Humedecido.

Es la distancia que recorre el chorro principal, medido desde la base del aspersor con el equipo detenido sin girar y a cero vientos; es un importante parámetro ya que determina el espaciamiento entre aspersores y laterales. El radio de alcance es uno de los parámetros brindados por el fabricante; el cual, en caso de no contar con este dato en los catálogos, se puede calcular por formulas y/o pruebas de campo. (Moraga Sequeira, Murillo López, & Rueda Meléndez, 2020)

5.12.38 Eficiencia de Riego.

La eficiencia de riego es la cantidad de agua útil para el cultivo que queda en el suelo después de un riego, con relación al total del agua que se aplicó. Generalmente se mide en porcentaje o litros de agua útil en el suelo por cada 100 litros aplicados.

5.12.39 Tiempo de puesta.

Es el tiempo necesario de operación del sistema para aportar el agua requerida en función de las necesidades diarias de la planta. Para su determinación, se toman en cuenta parámetros como: necesidades brutas de riego, distancia entre emisores, distancias entre laterales, velocidad de infiltración de los suelos y caudal de los emisores.

5.12.40 Frecuencia de riego (FR)

Se refiere a la diferencia de tiempo a tomarse entre la aplicación de un riego y el siguiente en el mismo campo que ya fue regado; el cual se expresa en cantidades días, semanas y esto varia de un lugar geográfico a otro, la época del año, el grado de exposición al sol, tipo de suelo y etapa del cultivo, en síntesis, expresa el tiempo en días en que debe transcurrir entre dos riegos consecutivos. (Moraga Sequeira, Murillo López, & Rueda Meléndez, 2020)

VI DISEÑO METODOLÓGICO.

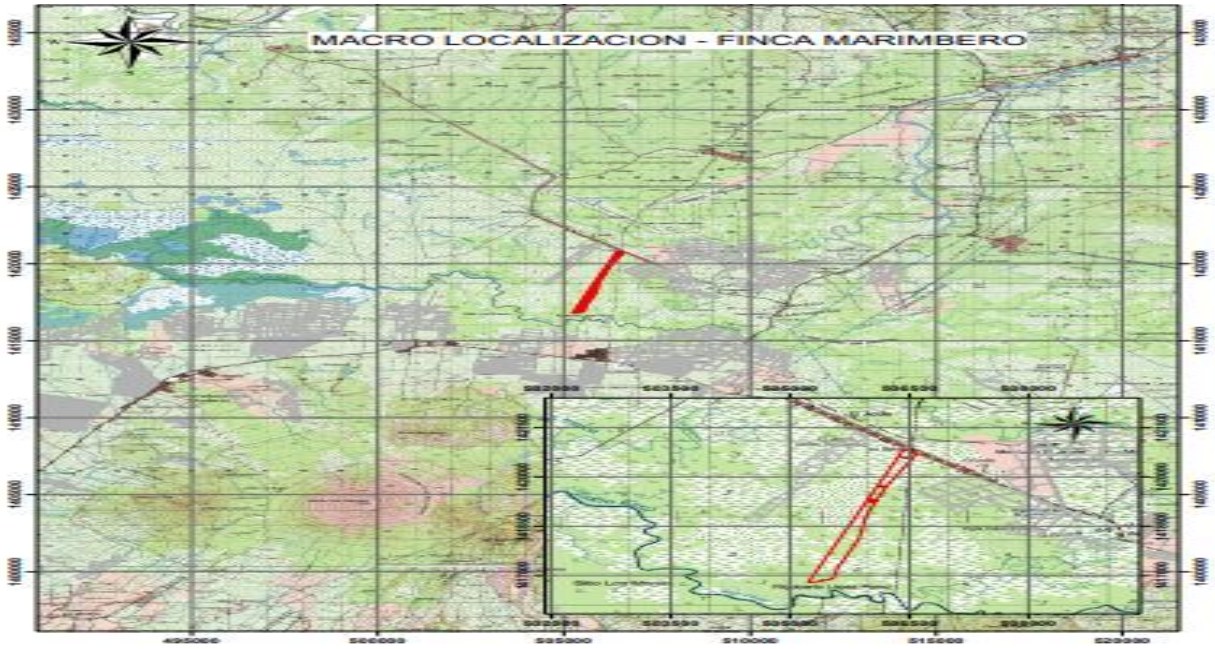
El diseño metodológico empleado en el presente estudio de investigación es del tipo descriptivo, donde se utilizaron procedimientos de campo para extracción de muestras de suelo, recopilación de información de clima, localizacion de la zona donde se realizó el diseño, todos estos datos fueron obtenidos en instituciones de gobierno y procesamiento de información, según los criterios basados en Investigación aplicada. Así se obtiene:

6.1 Localización.

La investigación se llevó a cabo en la finca “El Marimbero” ubicada en el municipio de Villanueva municipio de Chinandega localizada entre las coordenadas geográficas 12 º 50’ de latitud Norte y 86 º 56’ longitud Oeste, una altitud de 12 a 46 msnm.

6.1.1 Macro Localización

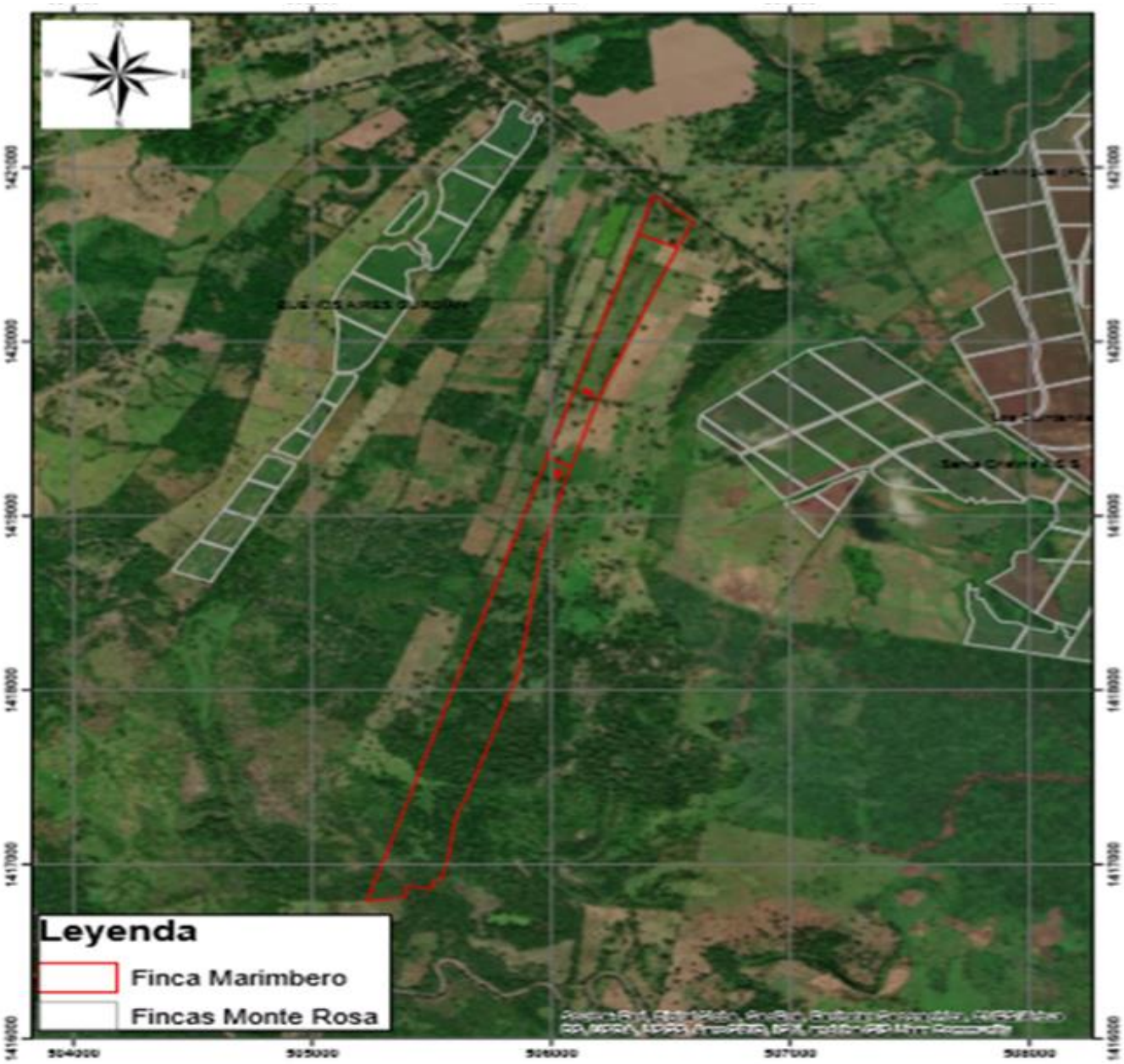
Figura 18 *Macro localización de la zona de estudio.*



Fuente: Hojas Topo 2019

6.1.2 Micro Localización.

Figura 19 *Micro localización de la zona.*



Fuente: Google Earth, 2019

6.2 Propiedades hidrofísicas del suelo y las condiciones edafoclimáticas de la zona.

Para el cumplimiento de este, se obtuvieron los datos climatológicos, de registros de estaciones meteorológicas de INETER más cercanas a la finca. Se tomaron muestras de suelo para determinar densidad aparente, capacidad de campo y porcentaje de humedad que a su vez éstos , se determinaron en el laboratorio de Edafología UNI RUPAP, en éste se determinó el contenido de humedad presente en el suelo y la humedad aprovechable por las plantas y la prueba de velocidad de infiltración se descartó de realizar en campo por haberse realizado exploraciones previas de niveles de compactación del suelo por efectos del pisoteo del ganado al haber estado esta finca sometida a la explotación ganadera hasta el momento de realización del presente estudio.

En campo se levantaron las muestras de suelo, las cuales fueron: la muestra alterada y la inalterada. Para la extracción de la muestra alterada se procedió a cortar la maleza que cubría el área de las muestras las cuales fueron 10, después con la pala se obtuvieron las muestras y se colocaron en una carpa para su homogenización y para la muestra inalterada se utilizó un cilindro de hierro de diámetro conocido y de altura conocida; después se colocó en una bolsa y se procedió a su traslado al laboratorio para su debido análisis.

Obtenidas las muestras de suelo y trasladadas al laboratorio, se procedió a realizar los ensayos de las propiedades hidrofísicas del suelo, las cuales son: capacidad de campo (CC), punto de marchites permanente (PMP), textura, densidad real (Dr.) y la densidad aparente (Da).

6.3 Necesidades hídricas del cultivo de pasto estrella.

Se realizaron los debidos cálculos de las necesidades hídrica del cultivo como: evapotranspiración potencial, coeficiente de cultivo, evapotranspiración real lamina de riego a aplicar, etc., y así se determinaron los requerimientos netos del riego, utilizándose la herramienta Cropwat de la FAO.

6.4 Diseño hidráulico del sistema de riego por aspersión para el cultivo de pasto estrella.

Para el diseño hidráulico del sistema se utilizaron herramientas de Software, tales como: Epanet, Irrimaker, Arsgis, Google Earth, Excel y Auto Cad, con las cuales se obtuvo el plano topográfico presentándose en su contenido; distribución de tuberías, aspersores, etc., en el campo como resultado del diseño hidráulico.

Para el levantamiento topográfico y diseño gráfico del plano de riego, se utilizó la herramienta GPS, procediéndose a levantar el croquis del área total de la parcela, con esta herramienta se calculó la pendiente del terreno, las elevaciones y posteriormente se realizó el plano geométrico de diseño de sistema de riego de las parcelas.

VII ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

7.1 Propiedades hidrofísicas del suelo y las condiciones edafoclimáticas de la zona.

Los resultados obtenidos resultados de propiedades hidrofísicas de los suelos se muestran en la Tabla 7, donde en la finca en estudio prevalecen los suelos Franco Arcilloso, con una capacidad de campo de 33%, Densidad Aparente de 1.31 gr/cm3, Punto de marchitez permanente de 15%, lo cual denota que este en tipo de suelo es apto para la agricultura y desarrollo favorable para el cultivo del pasto. Con respecto a grado de compactación del suelo registrado según observación de pequeña calicata realizada en campo y resultados de laboratorio es alta, razones por las cuales el ejercicio de prueba de velocidad de infiltración no fue realizado por esperarse resultados erróneos, según condiciones prevalecientes en suelo estudiado y estas deberán realizarse posteriormente y antes de efectuarse la siembra de pastos debe roturarse el suelo para des-compactarlo ya que presenta una densidad aparente alta y que de esta manera se permita que las raíces exploren mayor profundidad radicular al ser des-compactado el mismo.

La profundidad radicular es pobre, en el ejercicio de pruebas de campo (Véase Anexo IV Visitas de campo y laboratorio Figura 25 pág. xi) la profundidad de mayor concentración de estas es de unos 20 centímetros producto de los niveles de compactación del suelo al momento de realización de pruebas de campo, por lo que se recomiendan efectuar prácticas agrícolas de roturación y siembras nuevas de pasturas para que las nuevas cepas adquieran mayor profundidad en suelo mejorados.

Con respecto a las velocidades de infiltración, esta prueba no se realizó al presentar los suelos niveles altos de compactación, lo cual se denota en el valor de Densidad aparente alcanzado, registro ocular en prueba de campo y la profundidad radicular prevaleciente en los campos agrícolas al momento de

efectuarse las pruebas de campo para el presente estudio. De haberse realizado estas pruebas de velocidad de infiltración sus valores alcanzados no hubiesen sido representativos del tipo de suelo clasificado en laboratorio y en la literatura competente para los mismos, estas pruebas deberán realizarse una vez que se roturen los suelos.

Si nos basamos en las velocidades de infiltración para este tipo de suelos clasificado en laboratorio, sus resultados serían tazas de infiltración altas que son favorables para el sistema de riego a implementar ya que las generadas por el sistema de riego están por debajo de las presentadas en suelo en períodos de prueba, por lo que las condiciones desfavorables de encharcamiento difícilmente se presentaran en un manejo y explotación ajustadas a las cartas tecnológicas dictaminadas en el presente diseño.

Tabla 7
Datos Edafoclimaticos de la zona.

Suelo	Franco arcilloso
Cultivo	Pasto Estrella
Evapotranspiración Potencial (Eto)	6.46 mm/hr
Profundidad Radicular (Hr)	0.20 m
Densidad Aparente (Da)	1.30 gr/cm3
Capacidad de Campo (CC.)	33%
Punto de marchites permanente (PMP)	15%
Kc Máximo	1.05
Velocidad del viento (km/hr)	6.5 km/hr

Fuente: ***Laboratorio UNI-RUPAP.***

7.1.1 Necesidades hídricas del cultivo de pasto estrella.

Para el cumplimiento de este objetivo, se investigó en distintas instituciones del país tanto gubernamentales y privadas. De los datos recopilados en las instituciones gubernamentales se analizaron y procesaron datos de registros de series históricas de estaciones meteorológicas representativas del área del proyecto y suministrados por el INETER y gracias al convenio que tiene la Universidad Nacional de Ingeniería UNI se solicitaron y obtuvieron los datos climáticos de la estación meteorológica ubicada en el municipio de Villanueva, la cual es la más cercana al área de estudio de la investigación. También se realizó consulta de material bibliográfico existente en la biblioteca Julio Buitrago del RUPAP de la Universidad Nacional de Ingeniería.

7.1.2 Cálculos de la Evapotranspiración (Eto)

En el presente trabajo los datos climatológicos suministrados por el INETER corresponden a las medias comprendidas desde los años 2015-2020 para un total de 5 años, estos datos y valores particulares, se procesaron en el paquete tecnológico CROPWAT (crop = cultivo; wat = agua) que es un programa facilitado por la FAO y que utiliza el método de la Penman - Monteith para determinar la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETO). Estos valores serán utilizados posteriormente para estimar los requerimientos de agua de los cultivos y el calendario de riego. El CROPWAT es una herramienta de ayuda para la toma de decisiones en el manejo de los cultivos tanto a nivel de parcela como al de un perímetro de riego o área más o menos compleja que incluya una combinación de cultivos bajo riego. Para la determinación de la evapotranspiración se tomó los datos climatológicos suministrados por INETER y se procedió a introducirlos al programa. Siendo sus resultados los que se detallan en el ANEXO 1; a continuación, se presentan en la Figura 20, los resultados finales del procesamiento de información climatológica en paquete CROPWAT.

Figura 20 *Resultados ETo Mensuales.*

ETo Penman-Monteith Mensual - untitled

País Nicaragua **Estación** 6401820.52

Altitud 60 **m.** **Latitud** 12.38 °N **Longitud** 87.08 °E

Mes	Temp Min	Temp Max	Humedad	Viento	Insolación	Rad	ETo
	°C	°C	%	km/día	horas	MJ/m²/día	mm/día
Enero	20.5	36.3	65	178	9.7	20.9	5.16
Febrero	20.7	37.2	62	191	9.4	22.0	5.86
Marzo	21.7	38.3	62	182	10.0	24.4	6.39
Abril	23.5	39.6	66	167	9.5	24.2	6.46
Mayo	22.1	38.1	76	148	8.3	22.1	5.57
Junio	21.8	35.4	79	133	7.3	20.2	4.78
Julio	21.1	36.6	74	137	7.9	21.2	5.16
Agosto	21.5	36.5	79	141	8.3	22.1	5.22
Septiembre	21.8	35.5	83	134	7.5	20.6	4.74
Octubre	21.3	34.0	87	129	7.4	19.4	4.25
Noviembre	16.6	33.9	81	132	8.4	19.4	4.24
Diciembre	15.4	29.4	61	133	8.6	18.8	3.91
Promedio	**20.7**	**35.9**	**73**	**150**	**8.5**	**21.3**	**5.14**

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 8
Datos Edafoclimaticos por mes.

Meses	Temp Min.	Temp Máx.	Humedad	Viento	Insolación
	°C	°C	%	km/día	Horas
Enero	20.52	36.25	65	178	9.7
Febrero	20.67	37.22	62	191	9.4
Marzo	21.74	38.25	62	182	10.0
Abril	23.47	39.65	66	167	9.5
Mayo	22.10	38.07	76	148	8.3
Junio	21.75	35.38	79	133	7.3
Julio	21.12	36.62	74	137	7.9
Agosto	21.53	36.53	79	141	8.3
Septiembre	21.84	35.48	83	134	7.5
Octubre	21.32	33.97	87	129	7.4
Noviembre	16.57	33.88	81	132	8.4
Diciembre	15.37	29.35	61	133	8.6
Promedio	**20.7**	**35.9**	**73**	**150**	**8.5**

Fuente: INETER.

Para la zona en estudio, los valores de ETO promedio mensuales se encuentran de un rango de 4.25 mm/día en el mes de octubre hasta un valor máximo de 6.46 mm/día correspondiente al mes de abril, su valor promedio mensual y anual de la serie de registro analizada es de 5.14 mm/día.

Estos datos resaltan la necesidad de estar listos con el riego en los meses secos del año y que presentan mayor ETO, tales como: Enero, febrero, marzo, abril y mayo, para que los rendimientos de pasturas no sufran detrimentos y por ende estos bajones de producción no incidan en el abastecimiento alimenticio al ganado y la producción pecuaria de la finca. Los meses restantes, según se cuenta con presencia de lluvia en la zona, las cuales pueden suplir las demandas del cultivo y en caso contrario se deben programar riegos complementarios.

7.1.3 Coeficiente de Cultivo.

En el presente trabajo, se estudiaron y proyectaron su utilización, los datos suministrados por la FAO, para efectos de demanda de agua. Resultados de multiplicación de este valor por la ETo, reflejan el consumo de agua en concepto de Evapotranspiración real del cultivo por meses del año.

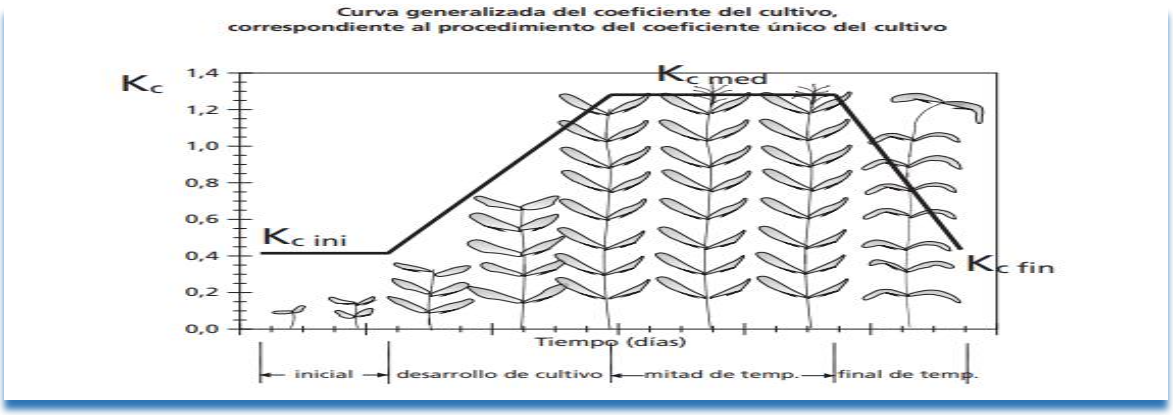
Tabla 9
Valores del coeficiente del cultivo de pasto.

Etapa	Duración (días)	Kc
Inicial	10	0.4
Desarrollo del cultivo	15	1.05
Máximo Crecimiento	50	1.05
Final	15	0.85
Total	90	

Fuente: Coeficientes de Cultivo Pasto Estrella FAO.

El coeficiente de cultivo para pasto Estrella Máximo es de 1.05 en el periodo de mayor demanda de agua que corresponde a la fase de producción en la zona de estudio. Una programación oportuna de riego basada en periodo de siembra en el mes de febrero, la mayor demanda corresponde al mes de abril, ya que han transcurrido para ese mes 90 días del cultivo establecido y esta demanda corresponde a una ETo de 6.46mm/día y para un kc de 1.05 respectivamente.

Figura 21 *Curva generalizada del coeficiente del cultivo correspondiente al procedimiento del coeficiente del cultivo.*



Fuente: Necidad de riego en los cultivos (Prisma, 2021)

7.1.4 Evapotranspiración real o uso consuntivo.

se expresan resultados finales de valores promedio mensuales de Evapotranspiración real o uso consuntivo. Los cuáles serán utilizados en la fase de diseño agronómico e hidráulico del sistema de riego por aspersión.

Como se observa en los mismos los valores máximos de ETR se presentan en rangos de la tercera semana de febrero y cuarta semana de abril, con valores de 6.71 y 6.78 mm/día respectivamente, siendo estos los periodos en que el cultivo demandará mayor cantidad de agua y por ende la demanda máxima y diaria de 6.78 mm es la que se utilizara para la determinación de las variables agronómicas del sistema de riego, tales como Tiempo de puesta, lamina a aplicarse, etc. Ese valor será utilizado en el diseño agronómico e hidráulico del sistema de riego por aspersión.

Tabla 10 Evapotranspiracion del cultivo Pasto Estrella.

Días	Mes	Eto	Kc	Etr
10	7/Feb-17/Feb	5.86	0.4	2.34
15	17/Feb-4/Mar	6.39	1.05	6.71
50	4/Mar-23/Abr	6.46	1.05	6.78
15	23/Abr-8/May	5.57	0.85	4.73

Fuente: Elaboración Propia.

7.2 Diseño Agronómico del sistema de riego.

Resultados finales de datos de suelos, aspectos climáticos y demanda de agua del cultivo se expresan en la Tabla 7, Datos Climáticos. Los suelos estudiados corresponden a una Textura Franco arcilloso con una capacidad de campo del 33%, velocidad de infiltración que clasifica al suelo con una alta tasa de infiltración y donde este valor al realizar la roturación y prueba de campo respectivamente superará a la tasa de aplicación del agua del suelo, por lo tanto, el sistema de riego no tendrá efectos negativos de escorrentía.

La demanda máxima de agua del cultivo se expresa en el mes de abril, expresada como la razón de la multiplicación de la ETO * Kc máximo del cultivo, considerando que en este tipo de cultivo (Pasto) en un cultivo perenne y que se somete a explotación agrícola varios años hasta que este reduce considerablemente el porcentaje de población de plantones y que en su momento sea necesario una renovación del campo.

Para el presente diseño agronómico, resultantes de procesar información de suelos y demanda del cultivo resultan ser, para Norma Neta una lámina de 42 mm y para la Norma Bruta 49.41 mm. Es de importancia mencionar que estos valores fueron determinados para una profundidad radicular de 20 centímetros.

Tabla 11
Resultados de los diseños agronomicos.

Evapotranspiración Potencial	6.46 mm/día
Kc Max	1.05
Evapotranspiración Real	6.78mm/día
Norma neta del suelo	42mm
Norma Bruta	49.41mm

Fuente: Elaboración Propia.

7.2.1 Norma neta del suelo

$$Nn = \frac{(CC - PMP)xDaxh}{Dw}$$

$$Nn = \frac{(31 - 15)x1.30\ gr/cm^3x20cm}{1\ gr/cm^3}$$

$$Nn = \frac{(0.31 - 0.15)x1.30\ gr/cm^3x20cm}{1\ gr/cm^3}$$

$$Nn = 4.16cm \ \approx 42mm$$

7.2.2 Norma Bruta

$$\mathrm{Nb} = \frac{\mathrm{Nn}}{\mathrm{Ef}}$$

$$\mathrm{Nb} = \frac{42\ \mathrm{mm}}{0.85\%}$$

$$\mathrm{Nb} = 49.41\ \mathrm{mm}$$

7.2.3 Evapotranspiración Real

$$\mathrm{Etr} = \mathrm{Et_o} * \mathrm{K_c}$$

$$\mathrm{Etr} = 6.46 * 1.05$$

$$\mathrm{Etr} = 6.78\ \mathrm{mm/dia}$$

7.2.4 Necesidades Bruta del cultivo

$$\mathrm{Nb_{cultivo}} = \frac{\mathrm{UC}}{\mathrm{EF}}$$

$$\mathrm{Nb_{cultivo}} = \frac{6.78\ \mathrm{mm/dia}}{0.85\ \%}$$

$$\mathrm{Nb_{cultivo}} = 7.9\ \mathrm{mm/día}$$

7.3 Diseño Hidráulico del sistema de riego.

En el presente apartado se realizaron cálculos para la determinación del diseño hidráulico del sistema de riego, donde la particularidad principal es determinar los diferentes diámetros de tuberías que componen la red de distribución de agua como son: La tubería conductora, la maestra y los laterales de riego donde estos últimos son los encargados de suministrar el agua a los aspersores para que a su vez estos apliquen la lámina de riego calculada en el diseño respectivo. Para el dimensionamiento de la red hidráulica y la operación diaria del sistema de riego, es necesario contar con datos técnicos resultantes de los diseños, para este caso particular se presentan los datos particulares del diseño, donde para un caudal del aspersor de 33.28 gpm, intensidad de aplicación de 9,19 mm/hora y tiempo de puesta del aspersor de 3 horas, la red se diseñará con diámetros de tuberías de: Laterales de 3”, Maestra de 4” y la tubería conductora de 6”

Estos diámetros serán capaces de transportar caudales de 117.94 gpm en los laterales, 235.88 gpm en la maestra y 250 gpm en la tubería conductora, a su vez estos caudales generarán perdidas por fricción en los laterales de 1.61 metros, en la maestra de 7.04 metros y en la conductora 0,04 metros.

La carga Total dinámica demandada por el sistema en estas condiciones de dimensionamiento hidráulico es de 49 metros y una demanda de potencia del conjunto motor - bomba de 17 Hp.

7.3.1 Cálculo de gasto teórico.

$$q_o = 3.48 * (d1^2 + d2^2) * \sqrt{ho}$$

$$q_{Teorico} = 3.48 * (0.00953^2 + 0.00476^2) * \sqrt{28.11}$$

$$q_{Teorico} = 0.0021\ {}^{m^3}/_{S} = 33.29\ gpm$$

$$q_{Real} = 1.86 lps\ \cong\ 1.86\ lps * \left(\frac{1m^3}{1000\ L}\right) =\ 0.00186\ {}^{m^3}/_{S} = 28.48\ gpm$$

7.3.2 Cálculo del coeficiente de gasto.

$$Cg = \frac{Gasto\ Real}{Gasto\ Teorico}$$

$$Cg = \frac{0.00186\ {m^3}/{s}}{0.0021\ {m^3}/{s}}$$

$$Cg = 0.88$$

7.3.3 Cálculo del Radio de Alcance.

$$R = 1.55 * h_o * \left(1 - \frac{0.95 * h_o}{4.9 + h_o}\right) * \sqrt{1000d}$$

$$R = 1.55 * h_o * \left(1 - \frac{0.95 * 28.11}{4.9 + 28.11}\right) * \sqrt{1000 * 0.00953}$$

$$R = 25.7\ m$$

7.3.4 Cálculo del Diámetro efectivo.

$D_{efectivo=}0.55D$

$D_{efectivo=}0.55 * 51.4\ m$

$D_{efectivo=}28.27$ ∴ Se tomarán 27m (múltiplos de 9m)

7.3.5 Cálculo de la intensidad de aplicación.

$$I_{a=} \left(\frac{q_o}{E_a * E_L}\right)$$

$$I_{a=} \left(\frac{6.7m^3/h}{27m * 27m}\right)$$

$$I_{a=} \left(\frac{6.7m^3/h}{729m^2}\right) = 0.009190672\text{m/h} * \left(\frac{1000mm}{1m}\right) = 9.19mm/h$$

7.3.6 Cálculo del tiempo de puesta.

$$T_p = \frac{N_n}{I_a} * Ef$$

$$T_p = \frac{42mm}{9.19mm/h} * 0.85$$

$$T_p = 4\ hr$$

7.3.7 Cálculo de la calidad de lluvia.

$$I_G = 12.85 \frac{H^{1.3}}{D}$$

$$I_G = 12.85 \frac{2.8^{1.3}}{9.53}$$

$$I_G = 5.14$$

Nota: Una vez realizados los diferentes cálculos del gasto real y el teórico se procedió a calcular el coeficiente de gasto para comprobar las presiones en los diferentes aspersores con un manómetro de glicerina, esto para comparar los datos del catálogo del fabricante, ya que su radio de alcance debería ser el óptimo para obtener empalmes entre aspersores según lo calculado. Debido al diseño geométrico del aspersor y las boquillas tenemos un índice de grosor de las gotas gruesas ya que es menor de 7 según los parámetros de evaluación ya que estas gotas pueden destruir la estructura del suelo pero por el tipo de cultivo esto amortiguaría el impacto protegiendo el suelo y esta será almacenada como lámina de agua siento la intensidad de aplicación de 9.19mm/hr, teniendo tiempos de puestas de 4 hr para cumplir con la norma neta del suelo de 42mm.

Tabla 12
Resultados de diseño hidráulico del riego por aspersion.

Gasto teórico	33.28 gpm
Coeficiente de gastos	0.88
Radio de alcance	25.7 m
Diámetro efectivo	28.27 m
Intensidad de aplicación	9.19 mm/hr
Tiempo de puesta	4 horas
Calidad de lluvia	5.14

Fuente: Elaboración Propia.

7.3.8 Diseño de la tubería lateral.

Coeficiente Hazen – William para tubería PVC → C= 150

$$hf = \frac{1742}{c^{1.852}} * \frac{Q}{d^{4.87}} * L$$

$$Kl = \frac{1742}{C^{1.852}} = \frac{1742}{150^{1.852}} = 0.16$$

7.3.9 Cálculo del número de aspersores.

$$N = \frac{L_{lateral}}{E_a}$$

$$N = \frac{108}{27}$$

$$N = 4 \cong 4\ aspersores$$

7.3.10 Cálculo del gasto del Lateral

$$Q_{lateral} = q_{aspersor} * N$$

$$Q_{lateral} = 1.86lps * 4$$

$$Q_{lateral} = 7.44lps = 117.94\ gpm$$

- **Área de riego por Aspersor (A_A).**

$$A_A = El * Ea/ 10000$$

$$A_A = 27 * 27/10000$$

$$A_A = 0.0729 \text{ ha}$$

- **Área de Riego por cambio (Ac).**

$$Ac = \# \text{ de Aspersores} * A_A$$

$$Ac = 8 * 0.0729$$

$$Ac = 0.58\ ha/cambio$$

- **Área de Riego por Jornada (Aj).**

$$Aj = \# Cambio/dia\ *\ Ac$$

$$Aj = 6 * 0.58$$

$$Aj = 3.48\ ha/dia$$

- **Frecuencia de Riego.**

$$Fr = \frac{At}{Aj}$$

$$Fr = \frac{18.01(ha)}{3.48(ha/dia)}$$

$$Fr = 5\ dias$$

7.3.11 Cálculo de z (Tabla 6).

N=4; M=1.85; Z= 25.2

7.3.12 Cálculo de las perdidas Máximas.

$$hf_{max} = 0.2 * ho$$

$$hf_{max} = 0.2 * 28.16m$$

$$hf_{max} = 5.62m$$

7.3.12 Calculo del diametro de la tuberia.

$$D_{Diseño} = \left[\frac{Z * KL * q^{1.852} * L}{hf_{max}}\right]^{\frac{1}{4.87}}$$

$$D_{Diseño} = \left[\frac{25.2 * 0.16 * 1.86^{1.852} * 27}{5.62}\right]^{\frac{1}{4.87}}$$

$$D_{Diseño} = 2.32pulg \cong DC = 3pulg$$

7.3.13 Cálculo de las perdidas Reales.

$$hf_{real} = 0.20h_{0*}\left(\frac{D_{Diseño}}{D_{Comercial}}\right)^{4.87}$$

$$hf_{real} = 0.20 * (28.11) * \left(\frac{2.32}{3}\right)^{4.87}$$

$$hf_{real} = 1.61\ m$$

7.3.14 Cálculo de la carga a la entrada del lateral.

$$Hl = H_N + h_{elv} + \Delta_z \ \ Donde\ H_N = \ h_o + 0.75 * h_{real}$$

$$H_N = \ 28.16m + 0.75 * 1.61m$$

$$H_N = 29.36\ m$$

$$Hl = 29.36m + 1.20 + 0$$

$$Hl = 30.56\ m$$

Nota: Según los resultados se tendrá un caudal de **117 gpm**, abasteciendo **4 aspersores**, de tal modo que las perdidas máximas son de **5.62m** y las perdidas reales de **1.61m** esto indica según los criterios **hfreal<hfmax** estan aceptables según diseño, siendo transportados en una tuberia de **3”** según los cálculos de diseño con una perdida a la entrada del lateral de **30.56m.**

Tabla 13
Resultados del diseño de la tuberia lateral del riego por aspersion.

Kl	0.16
Numero de Aspersores	8
Gasto del Lateral	117.94 gpm
Area de riego por Aspersor	0.0729 ha
Area de riego por Cambio	0.58 ha/cambio
Area de riego por Jornada	3.48 ha/dia
Frecuencia de Riego	5 días
Cálculo de Z (Tabla)	25.2
Perdidas Máximas	5.62 m
Diámetro de la tubería Lateral	3 pulg
Perdidas Reales	1.61m
Carga a la Entrada del Lateral	30.56 m

Fuente: Elaboración Propia.

7.3.14 Diseño de la tubería de la Maestra.

- **Cálculo del número de posiciones.**

$$Pl = \frac{2L_{maestra}}{El}$$

$$Pl = \frac{2 * 978.06}{27}$$

$$Pl = 72\ posiciones$$

$$Pl = \frac{270}{27} = 10\ posiciones$$

- **Cálculo del número de posiciones diarias del lateral.**

$$Pdl = \frac{Jornada}{t_r * t_c}$$

$$Pdl = \frac{18}{3 + 0.5} = 5.14 \quad \cong 6\ posiciones\ diarias$$

- **Cálculo del número de laterales.**

$$N_L = \frac{PL}{Pdl * Fr}$$

$$N_L = \frac{82}{6 * 5} = 2.73\ laterales \ \cong 2\ Laterales$$

- **Cálculo del gasto de la maestra.**

$$Q_M = NL * q_{lateral}$$

$$Q_M = 2 * 7.44lps$$

$$Q_M = 14.88lps = 235.88\ gpm$$

- **Cálculo de las perdidas máximas.**

$$Hf_{maxM} = 0.25h_o$$

$$Hf_{maxM} = 0.25 * 28.16$$

$$Hf_{maxM} = 7.04\ m$$

- **Cálculo del diámetro de la maestra.**

$$hf = 10.643 * \frac{(Q)^{1.853}}{(C)^{1.853*}(d)^{4.87}} * L$$

- **Calcular las perdidas si se asume un diámetro de 4 pulg del punto A-B según el mapa del diseño.**

$$hf = 10.643 * \frac{(Q)^{1.853}}{(C)^{1.853*}(d)^{4.87}} * L$$

$$hf = 10.643 * \frac{(0.0074\ m^3/seg)^{1.853}}{(150)^{1.853*}(0.10872m)^{4.87}} * 762\ m$$

$$hf = 4.18m$$

- **Cálculo de la velocidad en la tuberia según diametro.**

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

$$V_{4"} = 0.81\ m/seg$$

- **Calcular las perdidas si se asume un diámetro de 6 pulg del punto B-C según el mapa del diseño y se trabajara solo con un lateral.**

$$hf = 10.643 * \frac{(0.0074\ m^3/seg)^{1.853}}{(150)^{1.853*}(0.16008)^{4.87}} * 160\ m$$

$$hf = 0.13m$$

- **Cálculo de la velocidad en la tuberia según diametro.**

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

$$V_{6"} = 0.74\ m/seg$$

Nota: Para este caso en los dos tramos de la tubería maestra la sumatoria de las pérdidas totales es menor que las pérdidas máximas y se acepta para el diseño de la maestra.

- **Calcular las perdidas si se asume un diámetro de 6 pulg en el Tramo de C-D.**

$$hf = 10.643 * \frac{(0.0074\ m^3/seg)^{1.853}}{(150)^{1.853*}(0.16008)^{4.87}} *\ 112m$$

$$hf = 0.09m$$

- **Cálculo de la velocidad en la tuberia según diametro.**

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

$$V_{6"} = 0.37\ m/seg$$

- **Calcular las perdidas si se asume un diámetro de 4 pulg en el Tramo de D-E.**

$$hf = 10.643 * \frac{(0.0074\ m^3/seg)^{1.853}}{(150)^{1.853*}(0.10872)^{4.87}} * 302m$$

$$hf = 1.66m$$

- **Cálculo de la velocidad en la tuberia según diametro.**

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

$$V_{4"} = 0.81\ m/seg$$

$$hf_{Mtotal} < hf_{maxM}$$

$6.06 < 7.04$

Nota: Para el diseño de la Maestra se utilizarán diámetros de 6 pulgada desde el inicio de la fuente de abastecimiento y en la parte más alejada se utilizará un diámetro de 4 pulgada.

- **Cálculo de carga a la entrada de la Maestra.**

$$H_{Maestra} = H_L + hf_{Maestra} + hf_{Accesorios} + \Delta_z$$

Donde

$$hf_{Accesorios} = 0.10\ (hf_{real} + hf_{Maestra})$$

$$hf_{Accesorios} = 0.10\ (1.61 + 5.82)$$

$$hf_{Accesorios} = 0.7$$

$$H_{Maestra} = 30.52 + 6.06 + 0.7 + 0$$

$$H_{Maestra} = 37.28\text{m}$$

Donde:

$$Q_{Maestra} = 14.88 \frac{l}{Seg} * \frac{1\ gal}{3.785\ l} * \frac{60seg}{1\ min}$$

$$Q_{Maestra} = 235.88\ gpm$$

Nota: Para el diseño de la tubería Maestra se tomó un diámetro de 6 y 4 pulgadas dividiéndose en 4 tramos a lo largo de la maestra teniendo perdidas máximas de 7.04 m y pérdidas totales de 6.06 m cumpliéndose los criterios donde hfmax>hfreal aprobándose para realizar diseño según criterios, además se trabajará con 2 laterales dividiéndose en 2 turnos de riego y velocidades a través de la tuberia de 0.81 m/seg y 0.74 m/seg, obteniéndose un caudal de 235.88 gpm.

Tabla 14
Resultados del diseño de la tuberia maestra del riego por aspersion.

Numero de Posiciones	82 posiciones
Posiciones diarias del Lateral	6 posiciones
Numero de Laterales	2 laterales
Caudal de la Maestra	235.88 gpm
Perdidas Máximas	7.04 metros
Hfreal diametro de 4” Tramo (A-B)	4.18 m
Hfreal diametro de 6” Tramo (B-C)	0.13 m
Hfreal diametro de 6” Tramo (C-D)	0.09 m
Hfreal diametro de 4” Tramo (D-E)	1.66 m
Velocidad tramo (A-B)	0.81
Velocidad tramo (B-C)	0.74
Velocidad tramo (C-D)	0.37
Velocidad tramo (D-E)	0.81
Carga a la entrada de la Maestra	37.28 metros

Fuente: Elaboración Propia.

7.3.15 Diseño de la tubería Conductora.

$$hf = 10.643 * \frac{(0.015\, m^3/seg)^{1.853}}{(150)^{1.853} * (0.16008)^{4.87}} * 16m$$

$$hf = 0.04m$$

- **Cálculo de la carga a la entrada a la entrada de la conductora.**

$$\text{Hconductora} = \text{Hmaestra} + \text{hfconductora} + \Delta\text{z}$$

$$\text{Hconductora} = 37.28 + 0.04 + 0$$

$$\text{Hconductora} = 37.32\text{m}$$

- **Cálculo de la Carga total Dinámica (CDT).**

$$\text{CDT} = \text{NB} + \text{PD}$$

$$\text{CDT} = 6\text{m} + 44.78\text{m. c. a}$$

$\mathrm{CDT} = 51\ \mathrm{m.c.a}$

7.3.16 Cálculo de la Potencia de Bomba.

$$Hp = \frac{Q * CDT}{270 * Ef} * Fs$$

$$Hp = \frac{56\, m^3/hrs * 51 m.c.a}{270 * 0.75} * 1.2$$

$$Hp = 17$$

Nota: Para el diseño de la conductora y potencia de la bomba tenemos perdidas por friccion de 0.04 m y una perdida a la carga de la conductora de 37.32 m.c.a y una carga total dinámica de 44.78 m.c.a, resultando que para que el sistema función correctamente se necesita una bomba con una potencia de 17 hp.

Tabla 15
Resultados de la tuberia conductora del riego por aspersion.

Caudal	250 gpm
Perdidas de la Conductora	0.04 m
Carga a la entrada de la Conductora	37.32 m
Carga Dinámica Total	44.78 m
Diámetro de la tubería conductora	6 pulg
Potencia del motor	17 Hp

Fuente: Elaboración Propia.

VIII CONCLUSIONES

- De acuerdo con los resultados obtenidos en laboratorio por estudio de los análisis de suelo, estos son aptos para el cultivo de pasto estrella Obteniendo los siguientes resultados que son: textura franco-arcillosa, Capacidad de campo 33%, PMP 15%, Dr 2.11 gr/cm ^3, Da 1.31 gr/cm ^3. Las condiciones edafoclimaticas de la zona con ayuda de los datos obtenidos por el INETER se llego a la conclusion que es una zona apta para el desarrollo de este cultivo ya que los datos edafoclimaticos promedio al años son: Tem Min 20.7°, Tem Max. 35.9°, Humedad 73%, Vientos 150 km/dia, Insolacion 8.5 horas, Radiacion 21.3 MJ/m2/dia, Eto 5.14 mm/dia.

- Entré las necesidades hídricas del pasto, la máxima demanda que presenta es de 7.18 mm/día, con un caudal mínimo de circulación en las tuberías de 4.26 gpm y como máximo de 8.52 gpm y una capacidad de fuente de agua de aproximadamente 132 gpm, suficiente para regar el área completa. Con el diseño de este sistema se obtendrá una mejor explotación de los recursos, (agua, suelo, planta) ya que satisface las necesidades hídricas del cultivo lo cual conlleva a un mejor desarrollo del cultivo y recibirá el mismo tiempo de riego y a su vez la misma lámina de agua. Sin tomar en cuenta el periodo vegetativo del mismo.

- El diseño hidráulico refleja que el sistema contará con una buena distribución de presiones en las tuberías, lo cual garantizará la distribución uniforme del agua realizándose así un mayor aprovechamiento del mismo brindándole al cultivo solamente la cantidad que estas necesitan. Los cálculos del diseño hidráulico proporcionaron la información necesaria como: caudal del sistema de 117.94 gpm, cantidad de laterales 2, cantidad de aspersores a utilizar 4 para cada lateral, diámetro de tubería de lateral 3’’, diámetro de la tubería maestra 6’’, pérdidas reales de 1.61 m, diámetro de la tubería conductora de 4’’, las cuales son necesarias para que el sistema trabaje en óptimas condiciones.

IX Recomendaciones

En base a los resultados obtenidos en el trabajo y el análisis de estos, se recomienda:

- Realizar pruebas de velocidad de infiltración de los suelos una vez que se haya efectuado la roturación de los campos agrícolas para obtener el contenido de humedad presente en el suelo y la humedad aprovechable por la planta, con respecto a los datos edafoclimáticos se recomienda actualizar dichos datos ya que en los últimos años según estudios y publicaciones de las personas especializadas en la materia se observado un cambio en los climas de la zona.

- En la finca solo se está explotando ¼ de manzana con el terreno restante se recomienda realizar los estudios utilizados en este sistema para poder explotar la finca a un 100% y no solo cultivar lo que es el pasto estrella si no que cultivar otra variedad de pastura que sea de beneficio para el ganado bovino.

- Para el diseño Hidraulico realizar un estudio económico en el que se refleje los beneficios costos en cuanto a la toma de decisión, al momento de seleccionar la cantidad de laterales para el sistema, así como el diámetro de la tubería. Para obtener un mejor rendimiento en el manejo de riego y poder aprovechar la bomba y no parar operaciones, utilizar una manga en espera con el fin de no apagar el motor y hacer los cambios de riego.

X Bibliografía

Roblero González, R. G. (2011). *Evaluacion de un sistema de riego por goteo en el cultivo de sandia de exportacion (citrullus lanatus) en la finca "El Rodeo" ubicada en la comunidad de San Benito, municipio de Tipitapa.* Managua.

Agropecuarias, I. d. (1994). *SELECCIÓN Y MANEJO DE EQUIPOS DE RIEGO POR ASPERSIÓN.* Chile.

Agropinos. (2022). *Sistemas de riego por aspersion.* Chía.

Bachillerato. (20 de Julio de 2020). *Estructura vertical del suelo*. Obtenido de www.bachilleratoenlinea.com

CEDEX, C. d. (2005). *Coeficiente de rugosidad, Perdidas de cargas en tuberias.* Madrid.

COPERSA. (2015). *Riego y complementos.* Barcelona .

Copersa. (22 de Enero de 2020). *COPERSA*. Obtenido de www.copersa.com

FAO. (2006). *Niveles de humedad en el suelo.*

FAO. (15 de Enero de 2019). *Organizacion de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura (FAO)*. Obtenido de https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/

FAO. (20 de Julio de 2020). *Definición e importancia de la estructura del suelo*. Obtenido de https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s07.htm#:~:text=La%20estructura%20del%20suelo%20se,mayores%20y%20se%20denominan%20agregados%20.

FAO. (2020). *Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (U.S.D.A).* Estados Unidos.

FAO. (s.f.). *Evapotranspiracion del cultivo , estudio de riego y drenaje.*

Fernadez Gomez, R. (2010). *Manual de Riego para Agricultores.* Sevilla: Junta de Andalucía.

Gomez, R. F. (2010). *Manual de Riego para Agricultores- consejeria de Agricultura y Pesca.* Sevilla.

Guevara, A. (2015). Diseño de Sistemas de Riego. Managua: UNI.

Héctor Centeno, I. K. (2012). *Metodologia de calculo del Diseño de un sistema de riego por aspersion para el cultivo del maiz (Zea Mays L) en el centro experimental agricola de la Falcultad de la contruccion propiedad de la universidad nacional de Ingenieria.* Managua.

Hunter. (2013). *Aspersores Espaciamientos y accion del viento.* California: Diamont Street.

Inventario, C. e. (1971). *Estudio de Suelos de la Región.* Managua: Catastro e inventario de recursos naturales de Nicaragua.

Jaime, I. J. (2014). *Validacion de propuesta metodologica para el.* Peru.

Laboratorio, C. (1 de Febrero de 2020). *Laboratorio Corporacion CSR*. Obtenido de www.csrlaboratorio.es

lopez, Mendez. (2011). *Mendez Lopez.*

Mayorga Mendoza, J. D., & Aguilar Muñoz, J. E. (2013). *Diseño de sistema de riego por microaspersion para el cultivo de platano (Musa sp), Variedad cuerno enano en la fina la porfia, Municipio de Malpaisillo, departamento leon.* Managua.

Monterrey, P. V. (20 de Enero de 2020). *PVC de Monterrey S.A de C.V.* Obtenido de www.pvcdemonterrey.com

Moraga Sequeira, I., Murillo López, H., & Rueda Meléndez, C. (2020). *Diseño de un sistea de riego por microaspersion para el cultivo de tabaco (Nicotina Tabacum) en la finca Sequeira en el municipio de Jalapa departamento de nueva segovia en la comunidad de la providencia 2019.* Mnagua.

Ocampo. (2014). Horizontes del suelo. *Clases de Geologia.* Managua.

Osorio, S. (3 de Enero de 2020). *Apuntes de la Geotecnia*. Obtenido de http://geotecnia-sor.blogspot.com/

Pantaleon. (2017). *Conceptos basicos de riego.* El viejo Chinandega: Pantaleon.

Plan, A. (2020). *Guias riego por aspersion.* Burgos España.

Prisma. (2021). *calculando la necesidad del riego en cultivos.* Asuncion .

Riego-Aspersion. (s.f.). Obtenido de www.interssa.com/legionella/riego_aspersion

Rodríguez, H. O. (2012). *Metodología de cálculo del diseño de un sistema de riego por aspersión.* Managua .

Rosa, I. M. (2010). *Conceptos basicos de Riego.* Chinandega.

Shaxon, F. (2005). *Optimización de humedad del suelo para la produccion vegetal .* Roma: FAO.

Sotelo, R. (2015). Materia Cultivos. Managua.

Taipe, V. (21 de Enero de 2019). *Slaidehare*. Obtenido de https://es.slideshare.net/veronicataipe904/modelo-de-infiltracin-de-kostiakov

Viloria, F. M. (20 de Enero de 2020). *Pastos y forrages*. Obtenido de www.Infopastosyforrajes.com

Viloria, F. M. (25 de Enero de 2020). *Patos y Forrajes*. Obtenido de www.Infopastosyforrajes.com

XI ANEXOS

Anexo I Datos Meteorológicos INETER

Tabla 16

Temperatura Maxima.

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES

DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA

RESUMEN METEOROLÓGICO DIARIO

Estación:	CHINANDEGA /	Código:	64018
Departamento:		Municipio:	CHINANDEGA
Latitud:	12°38'00"	Longitud:	87°08'00"
Años:	2015	Elevación:	60 msnm
Parámetro:	Temperatura Máxima (°C)	Tipo:	HMP

Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	**Máximo**
1	35.3	35.9	37.9	36.9	32.8	35.5	35.1	34.7	36.5	32.6	33.0	32.8	**37.9**
2	34.1	35.5	36.1	37.2	32.8	36.4	36.1	36.3	34.5	32.5	32.7	32.3	**37.2**
3	35.1	34.5	35.5	37.5	35.7	34.5	36.7	36.9	34.5	32.0	33.1	33.9	**37.5**
4	34.9	35.3	36.5	38.7	36.0	28.7	35.6	37.1	34.8	33.5	32.6	33.9	**38.7**
5	35.5	36.8	34.8	36.5	35.9	30.5	37.5	37.8	34.5	33.6	31.5	32.6	**37.8**
6	35.0	37.3	37.0	37.1	35.9	34.3	35.8	37.1	35.8	34.2	32.6	32.9	**37.3**
7	34.4	33.7	36.0	38.5	35.6	31.1	35.4	35.7	36.1	34.2	33.1	33.4	**38.5**
8	33.4	34.3	36.1	37.7	36.9	28.0	36.3	34.3	35.9	32.6	32.9	33.4	**37.7**
9	33.7	33.5	37.1	36.6	37.0	31.6	29.7	35.5	35.2	33.9	33.2	33.8	**37.1**
10	34.7	32.9	38.1	38.4	37.0	31.3	32.7	34.1	35.5	34.0	33.4	33.5	**38.4**
11	35.1	33.3	36.9	36.5	38.9	32.2	34.1	34.5	36.1	34.3	33.0	33.0	**38.9**
12	35.5	34.1	37.9	37.7	37.8	33.8	35.1	35.7	34.8	32.0	32.6	32.3	**37.9**
13	34.8	36.5	37.8	37.3	38.9	34.1	35.3	34.8	34.6	32.0	33.1	33.1	**38.9**
14	34.3	35.3	37.0	36.8	38.0	33.2	33.5	36.3	35.5	31.6	32.6	32.9	**38**
15	33.6	36.2	37.8	36.1	37.9	34.3	35.8	34.3	36.6	30.3	32.6	33.0	**37.9**
16	35.1	36.0	37.7	37.1	36.9	34.4	34.9	31.6	36.7	30.6	32.8	32.1	**37.7**
17	34.7	36.5	35.7	36.2	36.5	35.8	36.1	37.7	36.2	30.7	32.1	34.0	**37.7**
18	34.7	35.1	35.7	37.4	36.6	35.4	33.3	38.1	33.7	30.0	31.4	33.8	**38.1**
19	35.3	35.1	36.3	36.9	35.6	35.0	34.1	37.7	33.1	32.4	32.4	35.2	**37.7**
20	33.9	35.3	37.3	36.0	36.6	34.0	34.1	37.1	34.8	32.6	28.2	35.2	**37.3**
21	35.0	36.3	36.8	36.4	35.5	33.0	34.3	38.6	35.3	30.2	31.8	35.2	**38.6**
22	35.2	37.5	35.5	37.1	37.7	35.8	34.4	36.4	34.7	32.6	31.9	36.0	**37.7**
23	35.2	37.2	36.1	39.8	37.2	35.6	34.3	35.9	32.7	32.9	32.6	35.4	**39.8**
24	36.2	37.0	36.8	38.7	37.5	35.5	34.5	38.3	28.5	32.2	32.4	36.1	**38.7**
25	35.5	34.7	37.1	38.5	36.5	35.6	35.3	37.9	31.9	32.0	32.6	35.4	**38.5**
26	35.7	35.9	36.7	37.5	38.0	36.4	36.3	34.9	33.1	32.6	33.4	35.2	**38**
27	35.3	37.0	35.1	35.6	37.8	36.4	35.1	37.5	33.4	33.4	33.2	35.6	**37.8**
28	34.9	37.1	35.7	35.5	36.0	35.8	35.3	38.0	33.8	31.2	32.8	35.8	**38**
29	34.5	-	36.4	37.0	36.7	35.1	36.2	36.8	34.0	32.9	31.2	35.2	**37**
30	34.6	-	37.1	32.7	34.7	36.5	36.1	36.8	33.7	32.5	32.6	36.3	**37.1**
31	34.3	-	37.2	-	36.1	-	36.3	37.1	-	33.3	-	35.2	**37.2**
Suma	**1079.5**	**995.8**	**1135.7**	**1111.9**	**1133.0**	**1019.8**	**1085.3**	**1125.5**	**1036.5**	**1005.4**	**973.4**	**1058.5**	**1176.6**
Media	**34.8**	**35.6**	**36.6**	**37.1**	**36.5**	**34.0**	**35.0**	**36.3**	**34.6**	**32.4**	**32.4**	**34.1**	**38.0**
Max	**36.2**	**37.5**	**38.1**	**39.8**	**38.9**	**36.5**	**37.5**	**38.6**	**36.7**	**34.3**	**33.4**	**36.3**	**39.8**
Min	**33.4**	**32.9**	**34.8**	**32.7**	**32.8**	**28.0**	**29.7**	**31.6**	**28.5**	**30.0**	**28.2**	**32.1**	**37.0**

Fuente: INETER.

Tabla 17
Temperatura Minima.

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA

RESUMEN METEOROLÓGICO DIARIO

Estación:	CHINANDEGA /	Código:	64018
Departamento:		Municipio:	CHINANDEGA
Latitud:	12°38'00"	Longitud:	87°08'00"
Años:	2015	Elevación:	60 msnm
Parámetro:	Temperatura Mínima (°C)	Tipo:	HMP

Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	**Minima**
1	24.6	18.8	21.6	21.7	24.5	24.9	21.5	23.2	22.5	23.0	23.1	19.5	**18.8**
2	19.0	19.6	21.0	23.0	23.6	22.8	21.8	22.8	22.8	23.7	22.9	19.4	**19.0**
3	21.5	19.0	19.0	21.0	24.4	22.8	24.0	23.0	23.2	23.0	23.0	20.2	**19.0**
4	22.8	19.2	20.4	23.0	25.5	24.2	23.0	22.0	22.5	23.5	21.6	22.9	**19.2**
5	20.1	19.2	20.6	24.2	25.1	23.8	25.0	23.4	23.2	23.2	22.4	22.2	**19.2**
6	22.3	19.7	23.4	21.8	23.6	22.9	25.0	25.0	24.8	23.0	23.0	21.3	**19.7**
7	21.4	24.2	23.9	22.4	23.6	22.8	22.4	22.2	22.6	24.0	23.4	21.0	**21.0**
8	24.6	20.6	24.1	23.2	23.6	23.4	22.7	23.6	22.6	24.7	21.2	22.2	**20.6**
9	19.8	20.8	18.6	23.4	24.6	23.2	23.0	24.0	23.2	23.8	22.0	20.8	**18.6**
10	18.9	22.6	21.0	20.8	23.2	24.0	23.1	23.6	23.6	22.2	23.4	20.0	**18.9**
11	19.3	21.6	20.6	23.4	23.7	23.9	24.2	23.0	23.2	21.8	23.6	21.2	**19.3**
12	21.0	19.6	22.8	21.9	24.0	22.9	22.0	22.8	23.7	22.7	22.0	21.1	**19.6**
13	20.8	21.0	23.6	24.0	23.6	22.8	21.9	23.2	23.6	22.4	22.8	21.0	**20.8**
14	21.2	21.4	21.0	23.6	24.6	22.8	23.2	23.4	24.8	23.3	23.0	21.6	**21.0**
15	20.2	22.0	20.3	24.6	22.8	24.0	23.2	23.4	22.8	23.2	22.4	23.0	**20.2**
16	20.4	23.4	21.9	23.4	21.6	23.2	24.0	22.0	24.0	23.8	22.0	23.5	**20.4**
17	20.0	19.6	22.6	21.8	23.0	22.2	23.6	22.4	24.1	23.6	23.0	21.6	**19.6**
18	17.6	20.6	24.2	22.2	23.3	23.5	22.8	23.2	24.1	23.4	23.0	21.9	**17.6**
19	19.8	21.0	20.8	22.4	23.8	24.2	22.0	22.0	23.8	23.6	22.9	25.6	**19.8**
20	18.8	23.6	20.0	24.6	22.0	24.8	23.0	24.0	24.4	24.2	23.9	24.0	**18.8**
21	19.0	23.1	21.0	23.4	24.0	23.2	22.4	22.6	23.4	24.0	23.0	21.6	**19.0**
22	20.2	19.2	19.9	24.0	23.0	21.8	23.6	23.4	23.6	23.4	22.6	20.0	**19.2**
23	19.6	20.4	23.3	23.6	24.8	20.8	24.8	24.0	23.4	23.3	21.2	22.0	**19.6**
24	20.3	20.4	23.5	23.6	23.2	24.2	23.9	23.9	23.2	23.7	22.6	21.0	**20.3**
25	18.1	22.6	22.6	22.3	21.4	23.8	23.0	23.0	23.9	23.8	20.6	21.4	**18.1**
26	22.0	20.6	22.0	21.2	22.0	24.9	22.2	24.8	22.4	23.5	19.9	21.3	**19.9**
27	22.0	19.8	22.8	24.2	22.2	21.8	22.4	24.0	22.3	23.4	22.4	19.8	**19.8**
28	20.0	20.7	24.3	23.6	23.8	23.4	24.6	24.0	23.3	23.6	21.2	20.0	**20.0**
29	23.7	-	23.2	23.0	23.6	24.4	22.0	25.2	22.6	24.4	21.0	20.0	**20.0**
30	21.4	-	22.9	22.8	23.2	25.0	22.7	24.4	23.3	24.2	23.0	20.8	**20.8**
31	19.9	-	22.2	-	23.6	-	22.5	22.5	-	22.4	-	21.6	**19.9**
Suma	**640.3**	**584.3**	**679.1**	**688.1**	**728.9**	**702.4**	**715.5**	**724.0**	**700.9**	**725.8**	**672.1**	**663.5**	**607.7**
Media	**20.7**	**20.9**	**21.9**	**22.9**	**23.5**	**23.4**	**23.1**	**23.4**	**23.4**	**23.4**	**22.4**	**21.4**	**19.6**
Max	**24.6**	**24.2**	**24.3**	**24.6**	**25.5**	**25.0**	**25.0**	**25.2**	**24.8**	**24.7**	**23.9**	**25.6**	**21.0**
Min	**17.6**	**18.8**	**18.6**	**20.8**	**21.4**	**20.8**	**21.5**	**22.0**	**22.3**	**21.8**	**19.9**	**19.4**	**17.6**

Fuente INETER

Tabla 18
Velocidad del viento.

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES

DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA

RESUMEN METEOROLÓGICO DIARIO

Estación:	CHINANDEGA /	Código:	64018
Departamento:		Municipio:	CHINANDEGA
Latitud:	12°38'00"	Longitud:	87°08'00"
Años:	2015	Elevación:	60 msnm
Parámetro:	Velocidad Media del Viento (m/s)	Tipo:	HMP

Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	**Media**
1	2.7	2.7	1.5	1.9	1.2	1.5	1.3	1.6	1.5	1.7	1.5	1.8	**1.7**
2	2.2	2.0	3.2	2.0	1.6	2.0	1.8	2.2	1.8	1.8	1.8	1.3	**2.0**
3	3.8	2.0	2.5	1.8	1.8	2.3	1.8	2.1	2.2	1.9	2.4	1.6	**2.2**
4	2.5	3.0	3.5	2.6	1.5	0.8	2.3	1.8	2.1	1.3	1.8	1.4	**2.1**
5	2.3	2.2	2.2	2.8	2.1	1.5	1.3	2.4	2.4	1.6	1.6	1.9	**2.0**
6	2.7	3.6	3.2	3.0	1.8	2.6	2.2	3.3	3.8	1.6	1.6	2.0	**2.6**
7	2.8	2.7	4.3	4.3	3.1	1.7	1.4	2.3	2.5	1.4	1.8	1.7	**2.5**
8	6.2	2.0	5.8	2.5	1.4	0.8	2.4	1.6	2.1	1.9	1.2	1.8	**2.5**
9	2.3	1.8	3.3	1.9	1.9	1.3	1.7	1.3	2.0	1.8	1.6	1.5	**1.9**
10	1.8	2.1	2.6	3.3	2.3	1.5	2.0	1.5	1.8	2.0	1.2	1.2	**1.9**
11	1.8	2.3	2.6	1.8	1.8	2.0	1.7	1.7	1.7	2.0	1.6	1.5	**1.9**
12	1.7	1.8	2.2	1.8	1.9	1.7	1.8	1.8	1.8	1.3	1.7	1.3	**1.7**
13	1.6	4.1	2.3	2.7	2.8	2.4	1.4	1.1	2.4	2.1	1.7	1.3	**2.2**
14	1.7	5.5	2.5	2.7	3.4	1.3	1.4	3.2	1.8	1.5	1.2	1.5	**2.3**
15	0.3	5.5	1.8	1.7	3.2	1.5	1.9	1.3	2.1	1.4	1.5	1.8	**2.0**
16	2.3	2.9	2.3	2.1	3.0	2.5	2.1	1.8	1.7	2.0	2.1	1.2	**2.2**
17	1.5	2.2	1.6	1.7	1.7	1.8	1.4	1.8	1.6	1.7	1.3	1.7	**1.7**
18	2.0	1.6	2.3	2.1	1.7	1.8	1.7	2.3	1.7	1.5	1.8	2.4	**1.9**
19	2.8	1.9	1.7	1.5	1.1	1.7	1.8	2.3	1.6	1.8	1.5	2.7	**1.9**
20	1.7	3.3	2.2	2.2	2.8	1.8	1.6	1.9	1.5	2.0	0.9	2.8	**2.1**
21	1.5	1.8	1.8	3.3	2.7	1.2	1.3	4.1	1.3	0.6	1.4	1.6	**1.9**
22	2.3	2.9	1.8	2.6	1.8	3.2	1.4	2.9	2.0	1.3	1.2	2.1	**2.1**
23	2.3	1.8	1.8	3.0	2.7	3.7	1.4	2.8	1.8	1.3	1.0	1.8	**2.1**
24	1.9	2.6	2.4	2.8	2.9	1.4	1.9	4.0	0.0	1.0	1.8	2.1	**2.1**
25	2.3	2.5	1.9	2.1	2.3	1.5	2.2	2.7	2.0	1.5	2.3	2.4	**2.1**
26	2.7	2.3	1.7	1.5	1.8	1.8	2.5	1.8	1.3	1.8	0.8	2.9	**1.9**
27	3.0	2.3	1.8	1.8	2.0	1.9	1.3	1.7	2.1	1.6	1.6	2.4	**2.0**
28	3.2	2.1	1.9	2.8	2.1	1.8	1.4	2.1	2.4	2.1	1.4	1.4	**2.1**
29	5.0	-	2.1	2.8	2.8	1.4	1.6	2.1	3.6	1.8	2.4	1.7	**2.5**
30	2.4	-	2.3	2.5	2.3	5.2	2.1	2.4	2.3	1.2	3.2	1.6	**2.5**
31	2.7	-	1.8	-	1.5	-	2.0	1.8	-	2.0	-	1.6	**1.9**
Suma	**76.0**	**73.5**	**74.9**	**71.6**	**67.0**	**57.6**	**54.1**	**67.7**	**58.9**	**50.5**	**48.9**	**56.0**	**64.3**
Media	**2.5**	**2.6**	**2.4**	**2.4**	**2.2**	**1.9**	**1.7**	**2.2**	**2.0**	**1.6**	**1.6**	**1.8**	**2.1**
Max	**6.2**	**5.5**	**5.8**	**4.3**	**3.4**	**5.2**	**2.5**	**4.1**	**3.8**	**2.1**	**3.2**	**2.9**	**2.6**
Min	**0.3**	**1.6**	**1.5**	**1.5**	**1.1**	**0.8**	**1.3**	**1.1**	**0.0**	**0.6**	**0.8**	**1.2**	**1.7**

Fuente: INETER

Tabla 19

Humedad Relativa.

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES

DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA

RESUMEN METEOROLÓGICO DIARIO

Estación:	CHINANDEGA /	Código:	64018
Departamento:		Municipio:	CHINANDEGA
Latitud:	12°38'00"	Longitud:	87°08'00"
Años:	2015	Elevación:	60 msnm
Parámetro:	Humedad Relativa (%)	Tipo:	HMP

Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	**Media**
1	54	63	51	54	80	71	60	76	79	86	97	78	**71**
2	63	65	57	52	79	77	63	63	85	84	89	80	**71**
3	63	60	56	56	74	81	59	59	72	86	87	79	**69**
4	59	57	54	52	68	88	64	58	78	85	86	82	**69**
5	54	72	58	50	68	88	63	59	78	86	90	73	**70**
6	58	57	54	50	72	81	65	61	69	83	89	65	**67**
7	56	54	50	44	73	84	61	69	74	81	81	73	**67**
8	54	69	49	47	73	91	75	75	73	82	84	74	**71**
9	62	77	56	47	74	82	88	81	76	85	84	79	**74**
10	62	77	59	45	60	86	74	83	74	87	85	77	**72**
11	64	75	60	61	59	82	70	70	80	85	85	79	**73**
12	63	72	57	60	59	81	60	66	82	90	84	81	**71**
13	68	51	54	67	56	83	72	72	85	87	84	81	**72**
14	66	42	55	68	56	84	76	73	79	91	86	82	**72**
15	70	44	56	69	52	70	68	76	80	92	84	84	**70**
16	56	53	49	65	60	68	65	81	78	90	82	82	**69**
17	61	67	59	66	64	65	61	69	79	91	86	82	**71**
18	55	72	68	69	55	71	75	57	85	92	89	68	**71**
19	66	61	67	69	61	70	79	66	86	88	87	62	**72**
20	73	53	69	69	63	73	66	71	79	90	95	63	**72**
21	71	58	69	70	71	71	73	56	86	92	86	68	**73**
22	66	52	66	71	63	60	72	71	86	87	85	68	**71**
23	72	57	65	65	53	60	74	77	92	86	77	75	**71**
24	72	58	64	62	61	65	67	51	93	90	74	65	**69**
25	62	69	63	65	63	66	58	69	89	88	76	65	**69**
26	57	67	64	70	70	65	58	75	87	86	78	64	**70**
27	60	78	69	70	64	57	62	75	86	87	74	66	**71**
28	49	58	70	75	70	69	65	72	88	90	74	72	**71**
29	46	-	63	79	66	69	66	71	86	87	61	73	**70**
30	55	-	62	74	74	55	62	71	86	89	67	65	**69**
31	63	-	57	-	63	-	55	78	-	85	-	64	**66**
Suma	**1900**	**1738**	**1850**	**1861**	**2024**	**2213**	**2076**	**2151**	**2450**	**2708**	**2486**	**2269**	**2183**
Media	**61**	**62**	**60**	**62**	**65**	**74**	**67**	**69**	**82**	**87**	**83**	**73**	**70**
Max	**73**	**78**	**70**	**79**	**80**	**91**	**88**	**83**	**93**	**92**	**97**	**84**	**74**
Min	**46**	**42**	**49**	**44**	**52**	**55**	**55**	**51**	**69**	**81**	**61**	**62**	**66**

Fuente: INETER

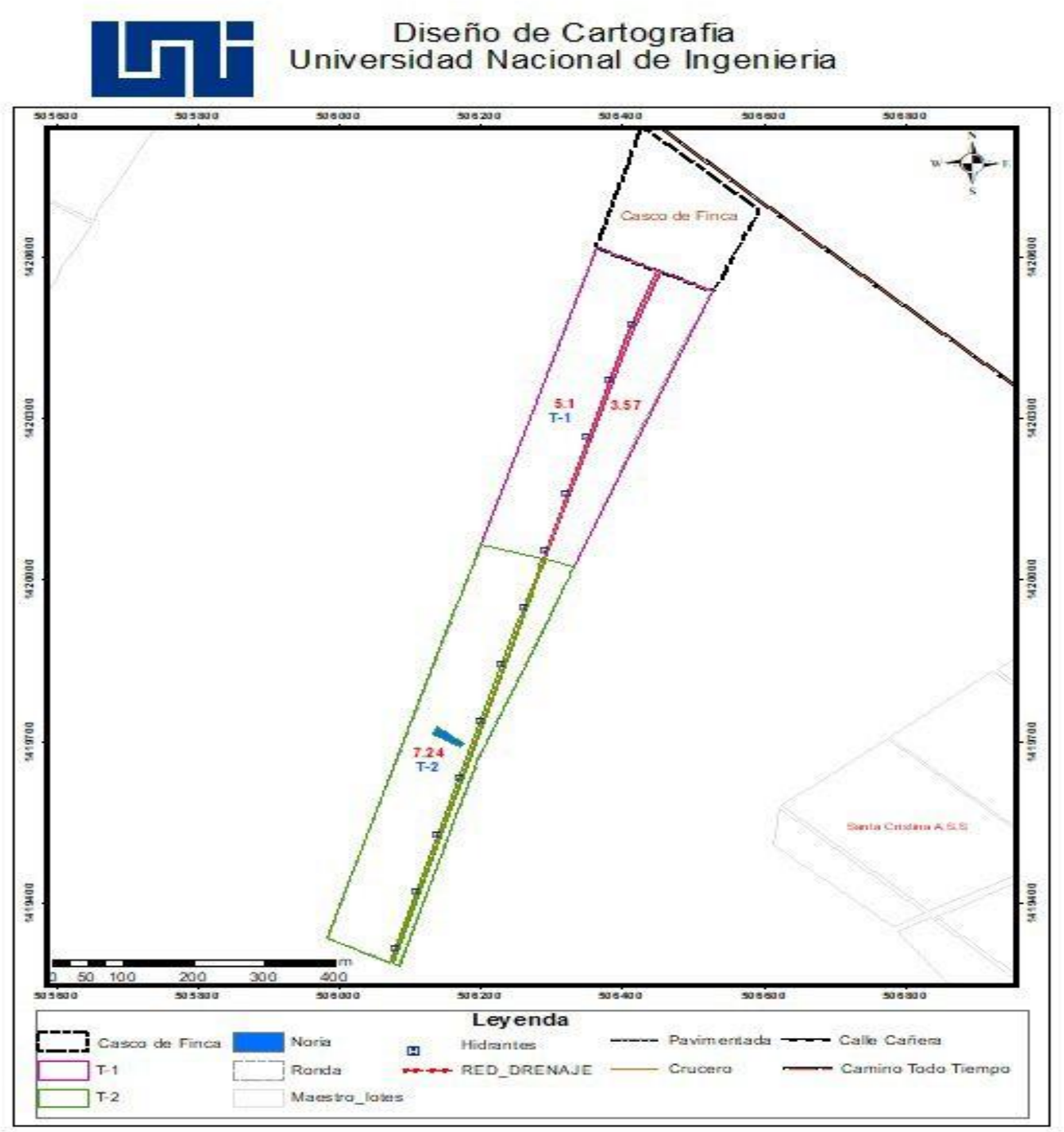
Tabla 20
Brillo Solar.

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES													
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA													
RESUMEN METEOROLÓGICO DIARIO													
Estación:	CHINANDEGA /					Código:	64018						
Departamento:						Municipio:	CHINANDEGA						
Latitud:	12°38'00"					Longitud:	87°08'00"						
Años:	2015					Elevación:	60 msnm						
Parámetro:	Brillo Solar (h/dec)					Tipo:	HMP						
Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	**Suma**
1	10.4	10.1	9.6	9.0	4.2	8.6	9.5	6.4	8.2	7.7	9.5	10.3	**103.5**
2	9.1	10.4	10.3	9.5	7.9	8.0	10.2	10.7	5.9	9.7	10.0	9.7	**111.4**
3	8.3	9.4	9.1	9.3	9.2	7.8	10.4	11.3	5.0	9.5	10.2	9.8	**109.3**
4	9.8	10.9	9.9	10.9	7.2	0.1	6.6	11.2	7.9	9.3	11.0	9.9	**104.7**
5	10.0	10.5	10.4	7.3	9.2	0.8	9.3	11.2	9.9	9.1	5.4	9.0	**102.1**
6	9.8	10.5	9.1	8.9	9.9	9.3	9.4	10.3	9.2	10.3	5.5	10.3	**112.5**
7	10.2	7.0	10.7	10.8	7.8	2.0	6.6	11.3	10.1	9.7	10.7	10.1	**107.0**
8	10.4	9.0	11.0	8.9	7.8	0.0	5.6	6.3	9.6	5.0	10.3	10.3	**94.2**
9	10.1	10.2	11.0	10.1	10.5	5.6	1.0	7.3	7.4	7.5	10.2	10.2	**101.1**
10	9.4	6.4	10.4	9.7	7.6	3.3	4.0	5.4	3.3	9.3	8.3	10.1	**87.2**
11	10.2	8.8	9.1	9.6	9.3	3.6	6.4	7.0	9.9	9.1	8.9	9.2	**101.1**
12	9.4	10.7	10.0	10.7	8.6	6.3	8.2	9.4	8.1	8.1	9.2	5.9	**104.6**
13	9.3	10.8	10.9	10.7	11.3	6.4	11.0	9.1	5.9	8.4	10.5	9.1	**113.4**
14	9.3	10.8	9.5	9.1	12.4	3.7	6.2	8.0	8.7	4.0	8.2	8.9	**98.8**
15	0.4	10.8	10.0	8.0	10.4	10.4	7.4	5.1	10.4	1.5	9.4	7.4	**91.2**
16	10.5	10.6	10.5	9.6	10.6	10.2	8.2	1.8	10.3	3.4	8.6	8.1	**102.4**
17	8.2	10.4	9.9	10.1	10.4	10.6	9.7	10.9	9.5	2.5	9.7	9.2	**111.1**
18	7.1	10.3	5.7	10.8	9.6	10.8	8.0	11.0	3.2	2.0	7.5	9.4	**95.4**
19	10.5	8.3	9.0	10.4	4.1	9.6	9.1	11.0	6.9	9.3	9.5	9.7	**107.4**
20	9.9	10.4	9.5	10.2	10.5	8.6	7.5	10.4	8.9	5.9	0.3	10.2	**102.3**
21	8.4	7.4	9.9	10.3	10.3	2.9	10.2	10.8	8.0	1.3	5.5	10.3	**95.3**
22	9.9	10.6	10.6	10.9	8.2	10.0	8.5	5.1	7.0	9.3	7.9	9.4	**107.4**
23	10.4	7.7	10.1	11.0	6.6	11.2	3.5	9.3	3.2	9.7	9.6	9.7	**102.0**
24	10.0	10.8	9.6	10.9	9.2	8.1	6.6	11.0	0.1	6.9	10.5	10.2	**103.9**
25	10.5	9.0	10.8	10.2	7.6	9.8	7.3	10.2	4.1	9.0	6.0	10.0	**104.5**
26	9.1	10.4	10.7	9.5	11.2	9.9	9.9	7.9	4.6	9.9	10.3	10.2	**113.6**
27	9.4	10.8	10.5	10.9	10.0	12.4	10.1	10.9	9.5	9.6	9.3	9.9	**123.3**
28	10.8	10.7	10.4	10.4	9.8	10.6	7.9	11.1	7.0	8.4	10.3	10.2	**117.6**
29	10.7	0.0	9.7	7.5	8.6	8.9	8.6	7.7	9.2	10.2	10.3	10.1	**101.5**
30	10.6	-	10.2	7.0	7.6	10.7	8.6	10.1	10.4	8.9	10.3	10.1	**104.5**
31	8.7	-	10.1	-	8.4	-	9.2	9.6	-	10.8	-	9.2	**66.0**
Suma	**290.8**	**273.7**	**308.2**	**292.2**	**276.0**	**220.2**	**244.7**	**278.8**	**221.4**	**235.3**	**262.9**	**296.1**	**3200.3**
Media	**9.4**	**9.4**	**9.9**	**9.7**	**8.9**	**7.3**	**7.9**	**9.0**	**7.4**	**7.6**	**8.8**	**9.6**	**103.2**
Max	**10.8**	**10.9**	**11.0**	**11.0**	**12.4**	**12.4**	**11.0**	**11.3**	**10.4**	**10.8**	**11.0**	**10.3**	**123.3**
Min	**0.4**	**0.0**	**5.7**	**7.0**	**4.1**	**0.0**	**1.0**	**1.8**	**0.1**	**1.3**	**0.3**	**5.9**	**66.0**

Fuente: INETER

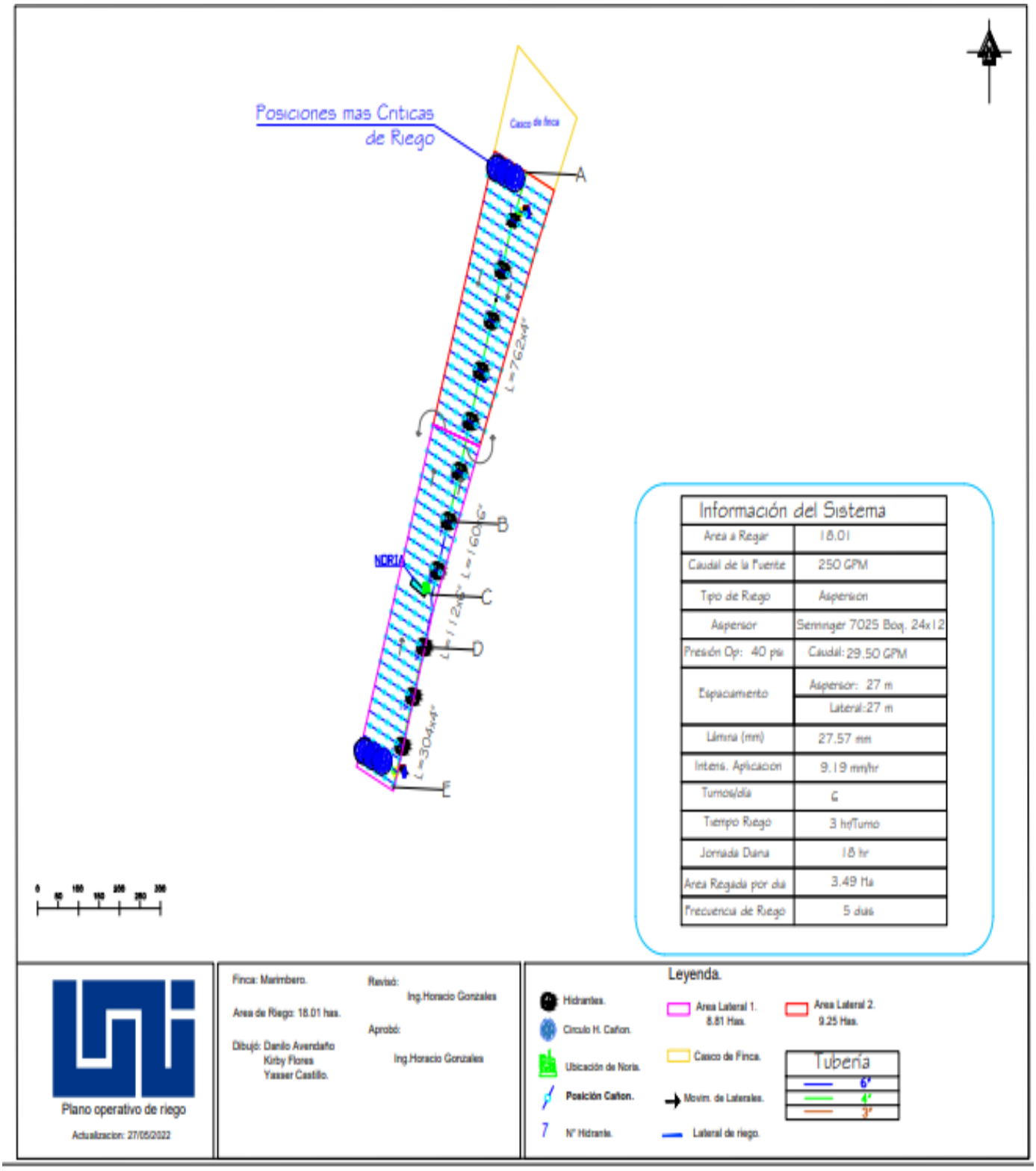
Anexo II Planos.

Figura 22 Plano de finca.



Fuente: Elaboracion Propia.

Figura 23 Plano operativo de riego.



Fuente: Elaboracion Propia.

Anexo III Selección del aspersor.

Figura 24 *Aspersor*

Irrigaciones Ltda.
SISTEMAS DE RIEGO
Carrera 23 No. 164 – 66 Bogotá, D.C. - COLOMBIA
Conmutador / Fax: 670 8899

Serie 70(Aspersores de Impacto

Los aspersores de impacto de arco completo de la Serie 70 distribuyen el agua sobre un gran diámetro en sistemas de mayor volumen.

CARACTERÍSTICAS:

- Diseños disponibles de boquilla simple y doble. Impulsor dispersor también disponible.
- Duran más y cuestan menos que los aspersores de latón
- Llave hexagonal incorporada para fácil mantenimiento a campo
- Rosca de tubería de cojinete inferior: 1" M NPT, 1" F NPT; 1" M BSPT también disponible
- Caudales: 8.66 a 39.1 gpm (1967 a 8881 L/hr)
- 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.

7025RD-1

Boquilla #14 (7/32")					Boquilla #14 (5.56mm)				
Caudal (gpm)	8.66	9.69	10.6	11.5	Caudal (L/hr)	1967	2201	2408	2612
Diám. a 1.5' alt. (pies)	111	115	119	123	Diám. a 0.46m alt. (m)	33.8	35.1	36.3	37.5
Diám. A 6.0' alt. (pies)	118	124	128	130	Diám. a 1.83m alt. (m)	36.0	37.8	39.0	39.6
Boquilla #16 (1/4")					**Boquilla #16 (6.35mm)**				
Caudal (gpm)	11.4	12.8	14.0	15.1	Caudal (L/hr)	2589	2907	3180	3430
Diám. a 1.5' alt. (pies)	117	123	129	133	Diám. a 0.46m alt. (m)	35.7	37.5	39.3	40.5
Diám. A 6.0' alt. (pies)	126	131	136	138	Diám. a 1.83m alt. (m)	38.4	39.9	41.5	42.1
Boquilla #18 (9/32")					**Boquilla #18 (7.14mm)**				
Caudal (gpm)	14.2	15.9	17.4	18.8	Caudal (L/hr)	3225	3611	3952	4270
Diám. a 1.5' alt. (pies)	124	129	139	144	Diám. a 0.46m alt. (m)	37.8	39.3	42.4	43.9
Diám. A 6.0' alt. (pies)	132	137	144	147	Diám. a 1.83m alt. (m)	40.2	41.8	43.9	44.8
Boquilla #20 (5/16")					**Boquilla #20 (7.94mm)**				
Caudal (gpm)	17.1	19.2	21.0	22.7	Caudal (L/hr)	3884	4361	4770	5156
Diám. a 1.5' alt. (pies)	130	137	146	153	Diám. a 0.46m alt. (m)	39.6	41.8	44.5	46.6
Diám. A 6.0' alt. (pies)	137	143	151	155	Diám. a 1.83m alt. (m)	41.8	43.6	46.0	47.2
Boquilla #22 (11/32")					**Boquilla #22 (8.73mm)**				
Caudal (gpm)	20.5	22.9	25.1	27.1	Caudal (L/hr)	4656	5201	5701	6155
Diám. a 1.5' alt. (pies)	133	148	157	162	Diám. a 0.46m alt. (m)	40.5	45.1	47.9	49.4
Diám. A 6.0' alt. (pies)	141	150	159	164	Diám. a 1.83m alt. (m)	43.0	45.7	48.5	50.0
Boquilla #24 (3/8")					**Boquilla #24 (9.53mm)**				
Caudal (gpm)	23.9	26.7	29.3	31.6	Caudal (L/hr)	5428	6064	6655	7177
Diám. a 1.5' alt. (pies)	138	151	160	169	Diám. a 0.46m alt. (m)	42.1	46.0	48.8	51.5
Diám. A 6.0' alt. (pies)	145	155	164	170	Diám. a 1.83m alt. (m)	44.2	47.2	50.0	51.8

El desempeño de los aspersores puede variar en condiciones reales de campo. Los diámetros indicados son para boquillas estándar straight bore y venas enderezadoras de chorro. Hay otras combinaciones de boquillas y/o venas disponibles. Consultar a fábrica para datos específicos de desempeño. Las alturas de los chorros varían entre 8.5-15.5 pies (2.6-4.7m) por encima de la boquilla dependiendo de la presión y tamaño de la boquilla. La altura mínima recomendada para los elevadores es de 1.5 pies (0.46 m).

7025RD-2

Presión en la base del aspersor (psi)	40	50	60	70	(bar)	2.76	3.45	4.14	4.83
14x8 Boq. de Alcance #14 (7/32") x Boq. Dispersora #8 Lavanda (1/8")					14x8 Boq. de Alcance #14 (5.56mm) x Boq. Dispersora #8 – Lavanda (3.18mm)				
Caudal (gpm)	11.4	12.7	13.9	15.1	Caudal (L/hr)	2589	2884	3157	3430
Diám a 1.5' alt. (pies)	111	115	119	123	Diám a 0.46m alt. (m)	33.8	35.1	36.3	37.5
Diám a 6.0' alt. (pies)	118	124	128	130	Diám a 1.83m alt. (m)	36.0	37.8	39.0	39.6
16x8 Boq. de Alcance #16 (1/4") x Boq. Dispersora #8 - Lavanda (1/8")					16x8 Boq. de Alcance #16 (6.35mm) x Boq. Dispersora #8 – Lavanda (3.18mm)				
Caudal (gpm)	14.3	16.0	17.5	18.9	Caudal (L/hr)	3248	3634	3975	4293
Diám a 1.5' alt. (pies)	117	123	129	133	Diám a 0.46m alt. (m)	35.7	37.5	39.3	40.5
Diám a 6.0' alt. (pies)	126	131	136	138	Diám a 1.83m alt. (m)	38.4	39.9	41.5	42.1
18x8 Boq. de Alcance #18 (9/32") x Boq. Dispersora #8 Lavanda (1/8")					18x8 Boq. de Alcance #18 - (7.14mm) x Boq. Dispersora #8 – Lavanda (3.18mm)				
Caudal (gpm)	17.0	19.0	20.8	22.5	Caudal (L/hr)	3861	4315	4724	5110
Diám a 1.5' alt. (pies)	124	129	139	144	Diám a 0.46m alt. (m)	37.8	39.3	42.4	43.9
Diám a 6.0' alt. (pies)	132	137	144	147	Diám a 1.83m alt. (m)	40.2	41.8	43.9	44.8
18x10 Boq. de Alcance #18 (9/32") x Boq. Dispersora #10 – Turquesa (5/32")					18x10 Boq. de Alcance #18 - (7.14mm) x Boq. Dispersora #10 – Turquesa (3.97mm)				
Caudal (gpm)	18.2	20.3	22.3	24.0	Caudal (L/hr)	4134	4611	5065	5451
Diám a 1.5' alt. (pies)	124	129	139	144	Diám a 0.46m alt. (m)	37.8	39.3	42.4	43.9
Diám a 6.0' alt. (pies)	132	137	144	147	Diám a 1.83m alt. (m)	40.2	41.8	43.9	44.8
20x10 Boq. de Alcance #20 - (5/16") x Boq. Dispersora #10 – Turquesa (5/32")					20x10 Boq. de Alcance #20 (7.94mm) x Boq. Dispersora #10 - Turquesa (3.97mm)				
Caudal (gpm)	20.9	23.4	25.7	27.7	Caudal (L/hr)	4747	5315	5837	6291
Diám a 1.5' alt. (pies)	130	137	146	153	Diám a 0.46m alt. (m)	39.6	41.8	44.5	46.6
Diám a 6.0' alt. (pies)	137	143	151	155	Diám a 1.83m alt. (m)	41.8	43.6	46.0	47.2
20x12 Boq. de Alcance #20 (5/16") x Boq. Dispersora #12 – Roja (3/16")					20x12 Boq. de Alcance #20 (7.94mm) x Boq. Dispersora #12 – Roja (4.76mm)				
Caudal (gpm)	22.8	25.5	27.9	30.2	Caudal (L/hr)	5178	5792	6337	6859
Diám a 1.5' alt. (pies)	130	137	146	153	Diám a 0.46m alt. (m)	39.6	41.8	44.5	46.6
Diám a 6.0' alt. (pies)	137	143	151	155	Diám a 1.83m alt. (m)	41.8	43.6	46.0	47.2
22x10 Boq. de Alcance #22 (11/32") x Boq. Dispersora #10 - Turquesa (5/32")					22x10 Boq. de Alcance #22 (8.73mm) x Boq. Dispersora #10 – Turquesa (3.97mm)				
Caudal (gpm)	24.5	27.4	30.0	32.4	Caudal (L/hr)	5565	6223	6814	7359
Diám a 1.5' alt. (pies)	133	148	157	162	Diám a 0.46m alt. (m)	40.5	45.1	47.9	49.4
Diám a 6.0' alt. (pies)	141	150	159	164	Diám a 1.83m alt. (m)	43.0	45.7	48.5	50.0
22x12 Boq. de Alcance #22 (11/32") x Boq. Dispersora #12 - Roja (3/16")					22x12 Boq. de Alcance #22 (8.73mm) x Boq. Dispersora #12 - Roja (4.76mm)				
Caudal (gpm)	26.3	29.4	33.6	34.8	Caudal (L/hr)	5973	6677	7631	7904
Diám a 1.5' alt. (pies)	133	148	157	162	Diám a 0.46m alt. (m)	40.5	45.1	47.9	49.4
Diám a 6.0' alt. (pies)	141	150	159	164	Diám a 1.83m alt. (m)	43.0	45.7	48.5	50.0
24x12 Boq. de Alcance #24 (3/8") x Boq. Dispersora #12 - Roja (3/16")					24x12 Boq. de Alcance #24 (9.53mm) x Boq. Dispersora #12 – Roja (4.76mm)				
Caudal (gpm)	29.5	33.0	36.2	39.1	Caudal (L/hr)	6700	7495	8222	8881
Diám a 1.5' alt. (pies)	138	151	160	169	Diám a 0.46m alt. (m)	42.1	46.0	48.8	51.5
Diám a 6.0' alt. (pies)	145	155	164	170	Diám a 1.83m alt. (m)	44.2	47.2	50.0	51.8

El desempeño de los aspersores puede variar en condiciones reales de campo. Los diámetros indicados son para boquillas estándar straight bore y venas enderezadoras de chorro. Hay otras combinaciones de boquillas y/o venas disponibles. Consultar a fábrica para datos específicos de desempeño. Las alturas de los chorros varían entre 8.5-15.5 pies (2.6-4.7m) por encima de la boquilla, dependiendo de la presión y del tamaño de la boquilla. La altura mínima recomendada para los elevadores es de 1.5 pies (0.46 m).

24x12 Boq. de Alcance #24 (3/8") x Boq. Dispersora #12 - Roja (3/16")					24x12 Boq. de Alcance #24 (9.53mm) x Boq. Dispersora #12 – Roja (4.76mm)				
Caudal (gpm)	29.5	33.0	36.2	39.1	Caudal (L/hr)	6700	7495	8222	8881
Diám a 1.5' alt. (pies)	138	151	160	169	Diám a 0.46m alt. (m)	42.1	46.0	48.8	51.5
Diám a 6.0' alt. (pies)	145	155	164	170	Diám a 1.83m alt. (m)	44.2	47.2	50.0	51.8

Fuente: (Héctor Centeno, 2012)

Anexo IV Visitas de campo y Laboratorio.

Figura 25 *Calicata para Medir profundidad radicular del pasto.*

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 26 *Extraccion de muestras de suelo.*

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 27 *Determinacion de propiedades fisicas del suelo.*

Fuente: Elaboracion Propia.

Figura 28 Sistema de riego por aspersion.

Fuente: Elaboracion Propia.