



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
RECINTO UNIVERSITARIO PEDRO ARAUZ PALACIOS
FACULTAD TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION**

MONOGRAFÍA

Diseño de un Sistema de Riego por Aspersión Convencional para el Cultivo del Maíz (*Zea mays*) en el Centro Experimental Agrícola (CEA – UNI), en el Municipio Las Flores, Departamento de Masaya.

PARA OPTAR AL TITULO DE

Ingeniero Agrícola

Elaborado por:

Br. Ileana Maricela Rivas Rivas.

Br. Uriel Antonio Tijerino Lezama.

Tutor:

Dr. Ing. Efraín Chamorro Blandón

Asesor:

Ing. Sergio Hernández Canales

Managua, Diciembre del 2012

ÍNDICE

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCION	1
1.2 OBJETIVOS	2
1.2.1 Objetivo General	2
1.2.2 Objetivos Especificos	2
1.3 ANTECEDENTES	3
1.4 JUSTIFICACION	5
1.5 LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO.....	6
1.5.1 Macrolocalizacion	6
1.5.2 Microlocalizacion	7

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Cultivo del Maiz	8
2.1.1 Origen.....	8
2.1.2 Tipos y variedades del maiz	8
2.1.3 Selección de la semilla	9
2.1.4 Ventajas de la variedad NB-6.....	9
2.1.5 Densidad de poblacion del cultivo	10
2.1.6 Crecimiento y fases de desarrollo	10
2.1.6.1 Etapa fenologica del cultivo.....	10
2.1.6.2 Desarrollo vegetativo.....	10
2.1.6.3 La panoja.....	11
2.1.6.4 Floracion.....	11
2.1.6.5 Desarrollo y maduracion del grano.....	12
2.1.7 Exigencia edafoclimatica del cultivo	12
2.1.7.1 Ciclo vegetativo del maiz.....	12
2.1.8 Factores Climaticos	14
2.1.8.1 Temperatura.....	14

2.1.8.2 Humedad relativa	14
2.1.8.3 Velocidad del viento	15
2.1.8.4 Luminosidad	15
2.1.8.5 Precipitacion.....	15
2.1.8.6 Evaporacion	15
2.1.8.7 Evapotranspiracion de referencia o potencial.....	15
2.1.8.8 Metodo para el calculo de la evapotranspiracion	15
2.1.9 Factores laborales y culturales.....	15
2.1.9.1 Epoca de siembra	15
2.1.9.2 Epoca de postrera	16
2.1.9.3 Epoca de Postreron.....	16
2.1.10 Fertilizacion	16
2.1.11 Preparacion del suelo.....	16
2.1.12 Labranza con traccion animal.....	17
2.1.13 Labranza con traccion motriz	17
2.1.14 Epoca de riego	17
2.1.15 Siembra (Metodos, Cantidad, Distancia)	18
2.1.15.1 Siembra a mano	18
2.1.15.2 Profundidad de Siembra.....	18
2.1.15.3 Plagas y Enfermedades	19
2.2 Parametros fisicos y quimicos del suelo.....	20
2.2.1 Textura	20
2.2.2 Estructura	20
2.2.3 PH	20
2.3 Riego por Aspersion.....	21
2.3.1 Necesidad de agua	21
2.3.2 Definicion de riego por aspersion	22
2.3.3 Ventajas del riego.....	22
2.3.4 Desventajas del riego	22
2.3.5 Elementos tecnicos del riego por aspersion	22
2.3.6 Clasificacion de los sistemas.....	23

2.3.7 Componentes de un sistema por aspersion	23
2.3.8 Conjunto motor - bomba.....	23
2.3.9 Eleccion de la bomba	24
2.4 Tuberias y Accesorios	24
2.4.1 Tuberias	25
2.4.1.1 Diseño de tuberias laterales	25
2.4.1.2 Diseño de la tuberia maestra.....	25
2.4.1.3 Diseño de la tuberia conductora.....	25
2.4.1.4 Metodo de la perdida de carga unitaria	26
2.4.1.5 Metodo de velocidad permisible	26
2.4.1.6 Determinacion de las perdidas singulares.....	27
2.4.1.7 Determinacion de requerimiento de impulsión	27
2.4.1.8 Localizacion de las tuberias	27
2.4.2 Accesorios.....	28
2.4.2.1 Accesorios de la sarta de descarga	28
2.4.2.2 Valvulas.....	29
2.4.2.3 Valvulas de retencion	29
2.4.2.4 Valvulas de regulacion o llave de pase	29
2.4.2.5 Valvulas de seguridad	29
2.4.2.6 Valvulas reductora de presión	29
2.4.2.7 Valvulas reguladora del caudal	29
2.4.2.8 Valvulas de mariposa	29
2.4.2.9 Valvulas ventosa	30
2.4.3 Filtros.....	30
2.2.4 Aspersores	30
2.4.4.1 Dispositivos de aspersion.....	30
2.4.4.2 Aspersores de brazos oscilantes.....	30
2.4.4.3 Aspersores de reaccion.....	31
2.4.4.4 Aspersores de turbinas.....	31
2.4.4.5 Selección del tipo de aspersor	31
2.4.4.6 Costo de operación y mantenimiento del sistema	31

CAPITULO III

DISEÑO METODOLOGICO

3.1	Metodo de muestreo de suelo	33
3.1.1	Tipos de muestra.....	33
3.1.2	Materiales.....	34
3.1.3	Procedimiento realizado para la toma de muestra	34
3.2	Densidad aparente	35
3.2.1	Materiales.....	35
3.2.2	Procedimiento realizado	35
3.3	Capacidad de campo	36
3.3.1	Materiales.....	36
3.3.2	Procedimiento realizado	36
3.4	Punto de marchitez permanente	37
3.5	Velocidad de infiltracion.....	37
3.5.1	Factores que afectan la taza de infiltracion	37
3.5.2	Materiales.....	38
3.5.3	Procedimiento realizado	38
3.6	Levantamiento topografico	39
3.6.2	Cropwat 8.0	39
3.7	Norma de riego parcial neta	39
3.7.1	Norma neta del cultivo.....	40
3.7.2	Norma bruta del suelo	40
3.8	Gasto reales	41
3.8.1	Coficiente de gasto.....	41
3.9	Radio de alcance.....	42
3.9.1	Calidad de lluvia del aspensor	42
3.9.2	Area efectiva	43
3.9.3	Intensidad de aplicación neta	43
3.9.4	Tiempo de puesta del aspensor	43
3.10	Formulas empleadas en el diseño de la tubería lateral	44
3.10.1	Expresion de Hazen Williams.....	44

3.10.2	Coeficiente de rozamiento	44
3.10.3	Calculo del numero de aspersores	44
3.10.4	Calculo del gasto del lateral	45
3.10.5	Calculo de perdidas maximas	45
3.10.6	Calculo del diametro de la tuberia	45
3.10.7	Calculo de las perdidas reales	45
3.10.8	Calculo de la carga de energia a la entrada del lateral	46
3.11	Formulas empleadas en el diseño de la tuberia maestra	46
3.11.1	Calculo del numero de posiciones.....	46
3.11.2	Calculo de numero de posiciones por cada lateral.....	47
3.11.3	Calculo del numero de laterales	47
3.11.4	Calculo del gasto de la tuberia maestra	47
3.11.5	Calculo de perdidas maximas	48
3.11.6	Calculo del diametro de la tuberia maestra	48
3.11.7	Calculo de perdidas totales	48
3.11.8	Calculo de la carga a la entrada de la maestra	48
3.12	Formulas empleadas en el diseño de la tuberia conductora	49
3.12.1	Calculo del diametro de la tuberia conductora	49
3.12.2	Calculo de las perdidas de carga	49
3.12.3	Calculo de carga total a la entrada de la tuberia conductora.....	50
3.12.4	Calculo de perdidas en accesorios.....	50
3.12.5	Calculo de carga total dinamica	51
3.12.6	Calculo de la potencia de la bomba	51
3.12.7	Calculo del costo de operación del sistema de riego por ciclo	51
3.12.8	Calculo de mano de obra	52
3.12.9	Calculo del costo de mantenimiento por ciclo vegetativo	52

CAPITULO IV

CALCULOS

4.1 Cálculos de laboratorio.....	53
4.2 Calculos para realizar el diseño agronomico.....	56
4.3 Calculos para realizar el diseño hidraulico	57
4.4 Calculos para realizar el diseño de la tubería lateral	59
4.5 Calculos para realizar el diseño de la tubería maestra.....	61
4.6 Calculos para realizar el diseño de la tubería conductora	64
4.7 Calculo del costo de operación del sistema de riego	66
4.8 Selección del equipo de bombeo	68
4.9 Determinacion de los costos de inversion del sistema de riego	70

CAPITULO V

RESULTADOS

5.1 Resultado del diseño agronomico	72
5.2 Resultado del diseño hidraulico.....	72
5.3 Resultado del diseño de la tubería lateral.....	73
5.4 Resultado del diseño de la tubería maestra	74
5.5 Resultado del diseño de la tubería conductora.....	75
5.6 Resultados de las pérdidas por accesorios	75
5.7 Resultados de los costo de operación del sistema.....	76

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones.....	77
6.2 Recomendaciones.....	78

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS DE TABLAS Y GRAFICOS

Anexo I

Tabla de la Información Climática de la Zona de Estudio

Tabla # 1 Humedad relativa

Tabla # 2 Velocidad del viento a 2m

Tabla # 3 Temperatura media maxima

Tabla # 4 Temperatura media minima

Tabla # 5 Brillo solar

Anexo II

Tabla de las Necesidades Hidricas del Maiz

Tabla # 1 Evapotranspiracion --- Cropwat

Tabla # 2 Necesidades hidricas del cultivo del maiz

Anexo III

Tabla de resultado de laboratorio de suelo

Anexo IV

Tablas de las propiedades fisicas y quimicas del suelo

Tabla # 1 Clasificacion de las particulas de suelos

Tabla # 2 Rango de clasificacion de los suelos por su PH

Tabla # 3 Densidad aparente según la textura del suelo

Tabla # 4 Clasificacion de capacidad de campo

Tabla # 5 Clasificacion de punto de marchitez permanente

Anexo V

Tablas y Graficos de la Velocidad de Infiltracion

Tabla # 1 Ensayo de velocidad de infiltracion

Tabla # 2 Regimen de velocidad de infiltracion

Tabla # 3 Clasificacion de los suelos de acuerdo por sus posibilidades de infiltracion

Tabla #4 Velocidad de infiltracion según la textura del suelo

Anexo VI

Tablas de las especificaciones Tecnicas del Equipo de Riego y Bombeo

Tabla # 1 Criterio para determinar espaciamiento entre aspersores y laterales

Tabla #2 Coeficiente de perdidas

Tabla #3 Catalogo del aspersor propuesto

ANEXO DE PLANOS E IMAGENES

Anexo VII

Planos

Plano # 1 Plano del diseño del sistema de riego por aspersion

Plano # 2 Plano del esquema de posiciones del lateral

Plano # 3 Plano de las curvas de nivel

Anexo VIII

Imagenes de los diferentes estudios realizados

Imagen # 1 Estudio hidrofisico del suelo

Imagen # 2 Levantamiento con GPS de la parcela

Imagen # 3 Velocidad de infiltracion

Imagen # 4 Pozo o fuente de abastecimiento

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCION

En la agricultura el agua juega un papel muy importante a lo largo de los tiempos, la aplicación del riego se hace con el fin de suministrar el agua que necesitan las plantas durante periodos secos y así garantizar una mayor producción.

El maíz (*Zea mays L.*) es una gramínea anual, robusta, de crecimiento determinado, de 1 a 5 m de altura, un solo tallo dominante, puede producir hijos fértiles, sus hojas alternas son pubescentes en la parte superior y glabra (sin pelos o bellos, hojas lisas) en la parte inferior. Es el cereal nutritivo básico en la alimentación humana, debido al aporte en calorías y proteínas. El grano de maíz está constituido: 77% almidón, 2% azúcares, 9% proteínas, 5% aceites, 5% pentosanas y 2% ceniza.

El problema de mayor importancia en la producción de maíz en Nicaragua lo constituye el bajo rendimiento que se obtiene por unidad de superficie (1027.27 kg/ha-1) como promedio de las cosechas. Tres de las principales causas de esta situación es el ataque de plagas y enfermedades, baja fertilidad de los suelos y la mala elección del método de riego a implementar.

Sin embargo no basta con la implementación de un riego a la ligera para poder decir que se está haciendo una correcta explotación de la tierra y una buena utilización de los recursos económicos, sino que se hace necesario tomar en cuenta diferentes variables, como suelo, clima, necesidades y características del cultivo que será implementado bajo un régimen de riego, recursos hídricos, materiales y equipos disponibles; esto con el fin de garantizar que todos los medios sean utilizados de manera eficiente. Todos estos factores deben de relacionarse para alcanzar el éxito en el regadío.

Con la realización de un estudio podemos garantizar que un proyecto está rindiendo al máximo, es por eso que se hace necesario un análisis detallado donde se tomen en cuenta todos los factores antes mencionados para una utilización óptima de los medios con los que se cuenta en el Centro Experimental agrícola.

Con este Estudio se pretende dar a conocer la posible implementación de un sistema de riego por aspersión convencional para el cultivo del maíz en el Centro Experimental Agrícola, tomando en cuenta las características edafoclimáticas imperantes en la zona a estudiar y la necesidad que tiene la planta según sus características.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un Sistema de Riego por Aspersión Convencional para el Cultivo del Maíz (*Zea Mays*), en el Centro Experimental Agrícola (CEA – UNI), en el Municipio Las Flores, Departamento de Masaya.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ∞ Determinar los parámetros que influyen en la elección del método de riego por aspersión convencional en el Centro Experimental Agrícola (CEA – UNI), en el Municipio Las Flores, Departamento de Masaya.
- ∞ Realizar el diseño agronómico para el sistema de riego por aspersión convencional en el Centro Experimental Agrícola (CEA–UNI), en el Municipio Las Flores, Departamento de Masaya.
- .
- ∞ Realizar el diseño hidráulico para el sistema de riego por aspersión convencional en el Centro Experimental Agrícola (CEA – UNI), en el Municipio Las Flores, Departamento de Masaya.
- ∞ Determinar los costos de inversión y operación del sistema de riego por aspersión convencional para el cultivo del maíz en el Centro Experimental Agrícola (CEA – UNI), en el Municipio Las Flores, Departamento de Masaya.
- .

1.3 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.

De los cultivos que actualmente presenta la explotación agrícola de Nicaragua, el maíz sin duda alguna es el cultivo de mayor importancia de la dieta diaria de la población, ya que es el alimento del que se deriva hasta un 40% de la proteína ingerida diariamente por grandes sectores de la misma. El maíz es todavía el cultivo que ocupa en la actualidad la mayor área de manzanas cultivadas en el país. En el año 2008 el área sembrada fue de 90,635.4 ha con rendimiento promedio de 1027.27 kgha-1.

El cultivo del maíz (*Zea Mays*.L) ocupa la tercera posición a nivel mundial después del trigo y el arroz, es una especie vegetal de origen mesoamericano, que constituye uno de los alimentos de mayor consumo popular y a su vez es uno de los más exportado por nuestro país.

Ante la situación de desarrollo agrícola del país, la Escuela de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional de Ingeniería se interesa por dar a los estudiantes una mejor enseñanza implementando las prácticas de campo y decide con apoyo de la Facultad de Tecnología de la Construcción adquirir una finca en la comunidad Santa Clara, ubicada en el departamento de Masaya, para que en esta los estudiantes de ingeniería agrícola realicen prácticas de campo que complementaran sus conocimientos teóricos.

Antes de ser adquirida por la Escuela de Ingeniería Agrícola, esta finca era utilizada para la producción de tomates y melón de exportación, al mismo tiempo se cultivaba cítricos aunque en pequeñas cantidades. Además de estos cultivos se utilizaban mayores áreas para el cultivo de sorgo en épocas de riego y se explotaba haciendo uso del riego por aspersión convencional.

En la actualidad la finca La Puebla que ahora lleva por nombre Centro Experimental Agrícola (CEA- UNI), cuenta con un área física de 48.21 mz. La cual está siendo utilizada para fines didácticos que orienten a los estudiantes en su preparación en el área agrícola. Para tales fines se realizan estudios físico – químicos y morfológicos del suelo con el objetivo de mejorar la calidad de diferentes cultivos como: sorgo, ayote, pipián, chiltoma, musáceas, en los cuales se utilizan algunos tipos de riego como; es el riego por aspersión y el riego por goteo.

También Cuenta con 7 pozos, de los cuales 6 de ellos son perforados a máquinas y no están en función, por lo que solo uno de ellos está en uso y es excavado a mano el cual presenta las siguientes características:

- ∞ Profundidad nominal del pozo 55 ft.
- ∞ Nivel estático del agua (NEA): 48 ft
- ∞ Nivel dinámico (ND): 48.08 ft
- ∞ Profundidad a la que opera el equipo: 54 ft

El pozo está ubicado cerca del galerón de máquinas e implementos agrícola, el cual cuenta con dos equipos de bombeo sumergible 1 y 1.5 Hp de potencia respectivamente, que operan con corriente eléctrica monofásica y descarga en tubería de polietileno de baja densidad, el brocal del pozo es de concreto y se encuentra en buenas condiciones. *Ver anexo. VIII (Imágenes), Fuente: Texto Estudio de pozos, QUIMAGRO, CIA. LTDA, realizado, Ing. José Méndez, Ing. Luis Silverio López pág. # 2*

1.4 JUSTIFICACION

En nuestro país se ha incrementado el uso de los sistemas de riego por aspersión, siendo en estas condiciones donde los pequeños y grandes productores son quienes más lo emplean.

Para obtener un rendimiento mínimo aceptable del 70% el cultivo del maíz tiene que permanecer establecido un adecuado sistema de riego el cual se pretende lograr una mejor explotación técnica tanto del sistema, el área bajo riego y el cultivo a sembrar, ósea aplicar este método y algunas técnicas para regular los procesos naturales en el área de riego con la ayuda de equipos y obras así como mantenimiento del mismo.

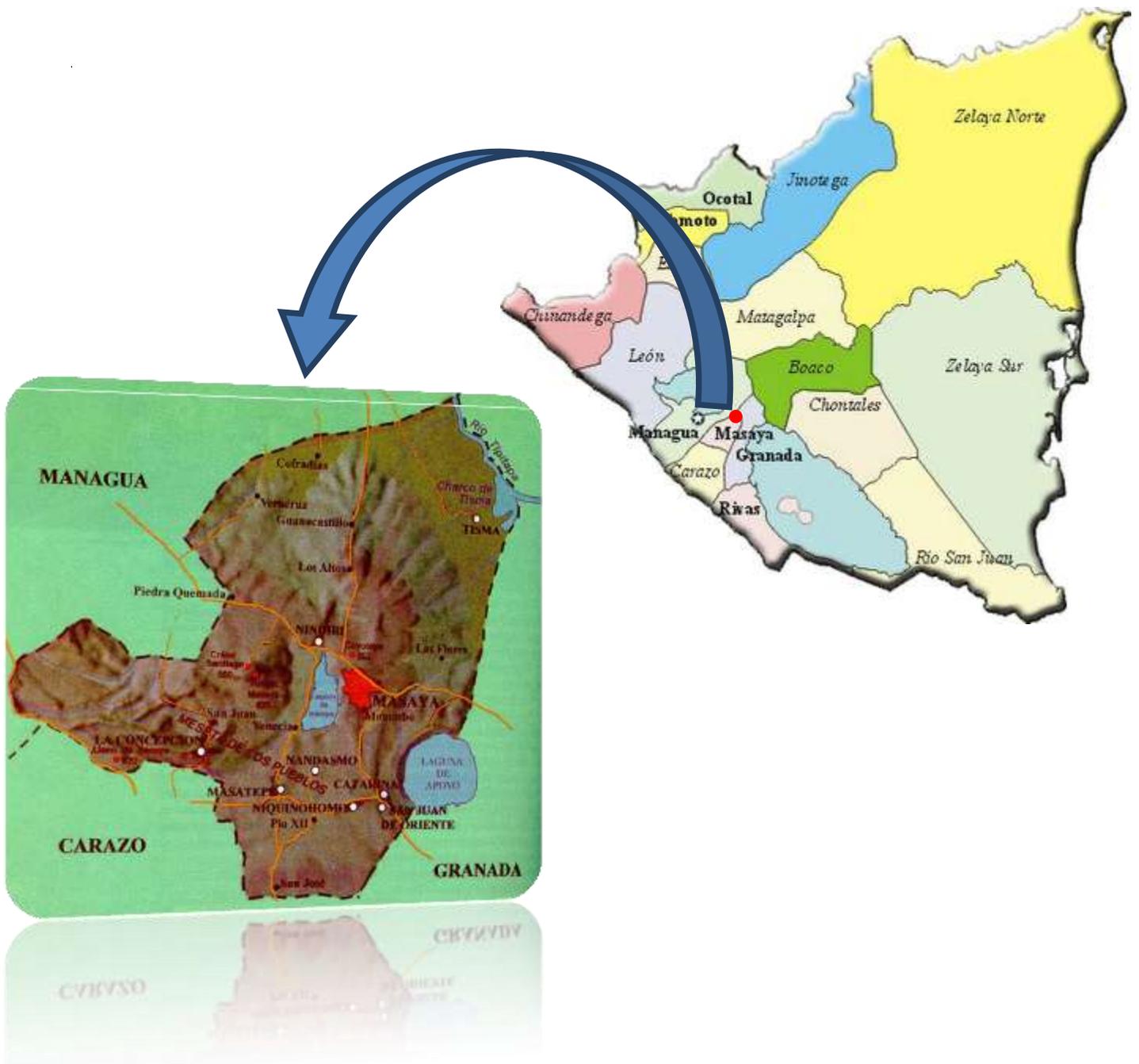
En las zonas aledañas del Centro Experimental Agrícola (CEA) han venido cultivando maíz en estos últimos años ya que este es uno de los cultivos de mayor importancia en la zona; es por eso que se propone “Diseñar un Sistema de Riego por Aspersión Convencional aplicado al Cultivo del Maíz” para lograr así el aprovechamiento al máximo del suelo y del recurso agua a la misma vez obtener un buen rendimiento en la producción de este cultivo.

El presente diseño servirá de gran importancia ya que permitirá establecer un buen manejo de las prácticas culturales agrícolas y de riego, para tener éxitos en las cosechas y a su vez cumplir con las necesidades alimenticias del ser humano esperamos que esta investigación monográfica constituya un aporte para la agricultura nacional.

1.5 LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

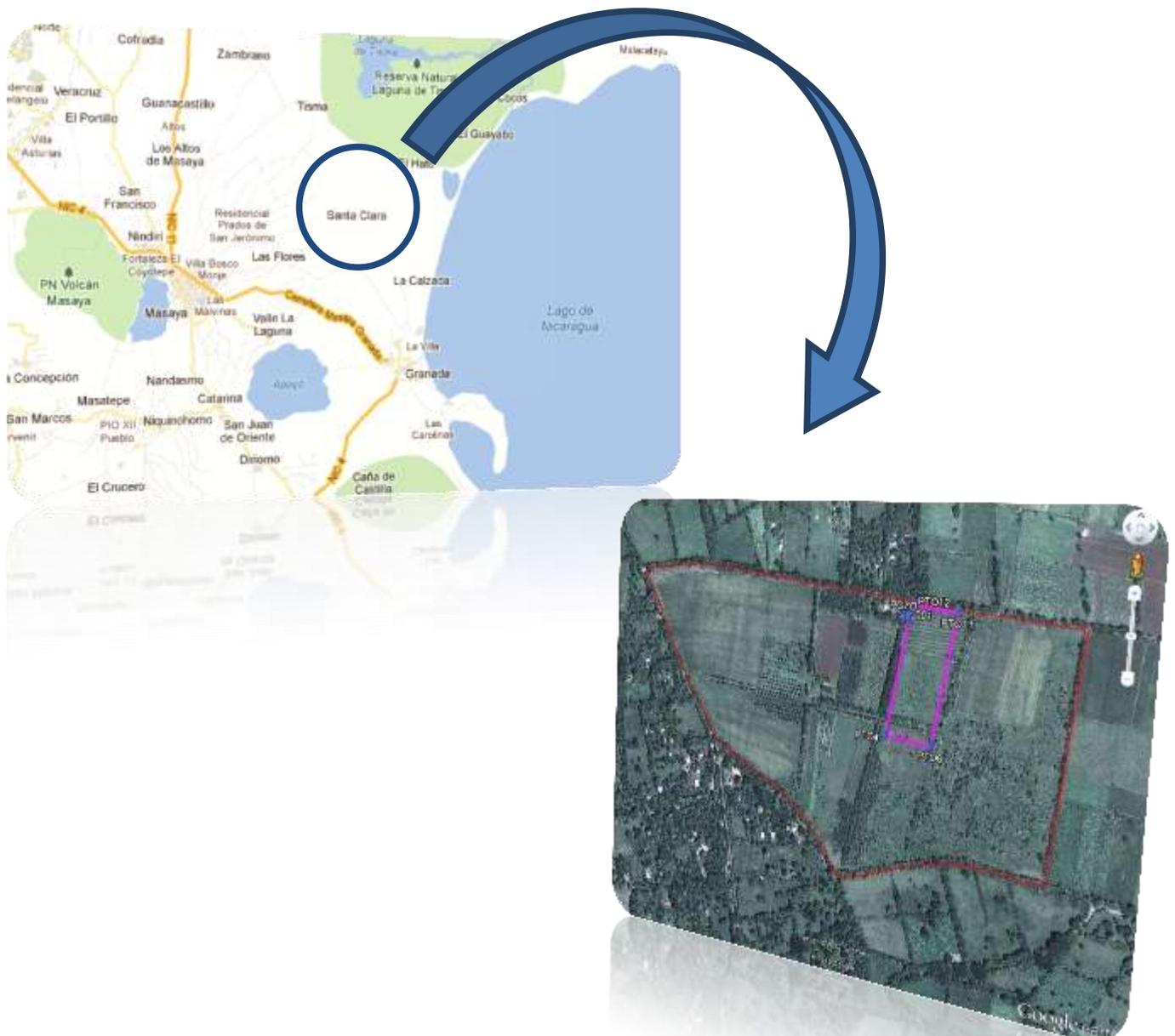
1.5.1 Macrolocalización

El departamento de Masaya se localiza en la región central del Pacífico, forma un núcleo importante de la zona Metropolitana de la Ciudad de Managua y constituye uno de los ejes principales del País. Se localiza entre las coordenadas geográficas: 11°58'28" latitud norte y 86°05'39" longitud oeste. Tiene una extensión territorial de 590 km², constituyéndose en el departamento con menor territorio a nivel nacional y su cabecera departamental lleva el mismo nombre. Los límites departamentales son: Al norte con el Río Tipitapa, Managua, Al sur con Carazo, Al este con Granada, Al oeste con Managua.



1.5.2 Microlocalización

El Estudio se realizara en el Centro Experimental Agrícola de la Universidad Nacional de Ingeniería (CEA - UNI), la finca está ubicada en la comunidad Santa Clara, en el municipio de Las Flores, se localiza entre las coordenadas geográficas: 85°59'39" y 86°00'05" longitud oeste; 12°00'47" y 12°00'31" latitud norte, a una altura entre 40 y 60 msnm; limita al norte con la comarca Los Veinticuatro, al sur con la comunidad La Bolsa, al este con la comarca San Guillermo, y al oeste con la comunidad Las Cortezas, tiene una extensión de aproximadamente 48.21 mz.



CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 CULTIVO DEL MAÍZ

Familia: Gramínea (Poacea)

Sub-Familia: Panicoideae

Tribu: Andropogonea

Sub- Tribu: Tripsacinea (Clayton, 1973)

Género: Zea

2.1.1 Origen del cultivo del maíz

La evidencia más antigua de la existencia del maíz, es de unos 7,000 años de antigüedad, ha sido encontrada por arqueólogos en el valle de Tehuacán (México) pero es posible que hubiese otros centros secundarios de origen en América. La evidencia más antigua es el descubrimiento de mazorcas de maíz de dos centímetros de longitud a la que se atribuye una antigüedad de 5 mil años y polen fosilizado a una edad de 80 mil años

El maíz es un cultivo que se puede sembrar todo el año, en cinco épocas de siembra: primera (mayo-junio), postrerón (julio), postrera (agosto septiembre), apante (noviembre-febrero) y riego (noviembre-febrero). Se siembran con diferentes fines que son: autoconsumo, autoconsumo-mercado y mercado, que pueden ser para consumo o para la industria. Además los sistemas de producción se pueden clasificar en: Tecnificados, cuando se usa maquinaria e insumos agrícola, Semitecnificado, con poco uso de implemento e insumo; y tradicional con bueyes y al espeque.

2.1.2 Tipos y variedades del Maíz

Se pueden encontrar seis tipos de diferentes granos según su utilización:

- A. El tipo dentado es el más utilizado para la alimentación de ganado. Su característica principal es presentar una depresión o diente en la parte superior.
- B. Grano duro, son granos duros y lisos que contienen escasas cantidades de almidón, se adaptan mejor a la preparación de platos tradicionales y presenta mayor tolerancia al ataque de insectos.

- C. Maíz dulce, se utiliza para consumo fresco de la mazorca antes de que esta haya madurado completamente.
- D. El harinoso, cuyo grano está constituido por almidón y es apropiado para la elaboración de tortilla.
- E. El maíz palomita, se cultiva en pequeña escalas.
- F. Maíz ceroso, presenta un aspecto céreo, originario de la china donde se utiliza para preparaciones culinaria.

2.1.3 Selección de la semilla

Para el presente estudio se utilizara la variedad NB-6 variedad intermedia de 110 días, identificada como una variedad mejorada se adapta a las siembras de primera y postrera, por su buen potencial de rendimiento y tolerancia al achaparramiento. La variedad se recomienda para toda zona del Pacífico y en húmedos e intermedios de los departamentos de Jinotega, Matagalpa, Nueva Segovia, Estelí, Masaya, León y Chinandega.

Características agronómicas NB-6	
Días a florfemenina	54 a 56
Alturaplanta (cm)	220 a 235
Alturamazorca (cm)	115 a 115
Color de grano	Blanco
Tipo de grano	Semidentado
Textura del grano	Semicristalino
Días a cosecha	110 a 115
Madurezrelativa	Intermedia
Rendimientocomercial	65 a 70 qq/mz
Cobertura de mazorca	Buena
Densidadpoblacional	37 a 43 mil ptas/mz
Ventajasobresaliente	Tolerante al achaparramiento

Fuente: Técnica para el cultivo de maíz (MAGFOR).

2.1.4 Ventajas NB-6

- a. Rendimiento promedio de 60 a 70 qq/mz.
- b. Buen tamaño de mazorca (16 a 20 cm).
- c. La semilla puede ser utilizada en tres ciclos de siembra.
- d. Excelente vigor y aspecto de mazorca.
- e. Textura del grano semicristalino, tolera el daño ocasionado por gorgojos.
- f. Tolera el achaparramiento.

2.1.5 Densidad de población y profundidad de siembra

La siembra de la semilla se debe hacer con suficiente humedad del suelo a la profundidad de 1" a 1 ½".

La densidad optima de población para las variedades e híbridos intermedios, es de 81cm entre surcos y 20cm entre golpes, a una planta por golpe, para una densidad de 43,000 plantas por manzanas.

2.1.6 Crecimiento y fases de desarrollo

2.1.6.1 Etapas fenológicas del Maíz

La producción eficiente de maíz, requiere del conocimiento de los diferentes periodos de crecimiento y desarrollo de la planta. La mayor parte del peso seco de la planta de maíz resulta del proceso de la fotosíntesis, con la transformación de la energía lumínica en compuestos químicos más simples tales como azúcares para luego transformarlos en compuestos más complejos que son utilizados para el crecimiento o como reserva.

Para darnos una mejor idea de las bondades de este cultivo podemos señalar que de una semilla que pese aproximadamente 0.3 gramos, en nueve semanas tenemos una planta de tres metros y en dos meses más tarde logramos la producción de 600-1000 semillas similares a las que dieron origen a la planta.

La planta de maíz incrementa su peso lentamente al principio del ciclo de crecimiento. A medida que más hojas se exponen a la luz solar, la tasa de acumulación de materia seca aumenta gradualmente, hasta alcanzar la madurez. Si la planta crece sin la competencia de otras plantas, se desarrollan mazorcas en varias yemas auxiliares.

El periodo total de crecimiento de la planta lo podemos dividir en dos desde la emergencia hasta la aparición de las barbas y de aquí hasta la madurez fisiológica; pudiendo señalar que es el primer periodo el que puede ser más afectado por factores como la temperatura y la humedad. La exigencia de agua y elementos nutritivos por parte de la planta tiene relación con el aumento de la materia seca, disminuyendo en estas etapas sucesivas a la formación del grano.

2.1.6.2 Desarrollo vegetativo: Una vez afianzada la plántula continua el desarrollo del sistema radicular y la estructura foliar que utilizara posteriormente para producir la inflorescencia y el grano, durante las primeras tres a cuatro semanas observamos el número de hojas, el punto de crecimiento se encuentra debajo de la superficie del suelo, en el cual encontramos nutrientes como: fosforo, zinc, potasio, etc.

2.1.6.3 La panoja: El tiempo que media entre la iniciación de la panoja y la inflorescencia masculina (panojamiento – emisión de polen) dependerá de la expansión de todos los primordios diferenciados y aun no visibles. Con posterioridad a la diferenciación de la panoja comienzan a diferenciarse primordios florales en la yema axilar que dará origen a la espiga.

La primera yema axilar cuyo meristemo cambia a reproductivo es la yema ubicada en la axila de la quinta o séptima hoja por debajo de la posición de la panoja.

Cada yema axilar que empieza su período reproductivo, deja de diferenciar El comienzo de la elongación de los estigmas de las espiguillas ubicadas en la base de la espiga define el número máximo de flores fértiles.

La elongación de los entrenudos de la caña (encañazón) comienza alrededor del estadio y prosigue hasta la aparición de los estigmas. El orden de la elongación es acrópeta. El último en alongarse es el pedúnculo de la panoja. Normalmente se elongan hasta 4 entrenudos.

En floración queda determinada la altura máxima de la planta y también el área foliar máxima.

2.1.6.4 Floración: El panojamiento comienza con la emergencia de la inflorescencia masculina. Generalmente cuando se completa su emergencia se produce la antesis y comienza la liberación de polen. La liberación de polen de una planta puede extenderse por unos días, en el cultivo, el desfasaje entre las plantas garantiza la producción de polen varios días La floración consiste en la emergencia de los estigmas por fuera de las chalas.

La receptividad de los estigmas disminuye marcadamente a partir del séptimo día desde su emergencia. La duración es variable según genotipo y condiciones meteorológicas. Una mayor sincronía floral entre la panoja y la espiga aumenta la posibilidad de fecundación de una mayor parte de espigas. En condiciones meteorológicas favorables la emergencia de estigmas ocurre un par de días después de la antesis. Sin embargo en algunos genotipos el proceso puede invertirse.

En condiciones desfavorables (restricción hídrica y baja irradiación o luminosidad) se produce un ligero retraso de la liberación de polen, pero provoca un importante retraso en la floración femenina.

El número de granos por planta puede disminuir durante el cuaje. Este se extiende de 10 a 20 días después de la floración dependiendo de la temperatura y del genotipo. El sub-período crítico del maíz es 20 días antes y 20 días después de floración.

2.1.6.5 Desarrollo y maduración del grano: en los días siguientes a la fecundación no se observan cambios visibles en la espiga fecundada, aunque los estigmas se marchitan tomando un color castaño desprendiéndose de la mazorca en formación.

Una semana después de la fecundación, aparecen una vejigas acuosa que son los granos en formación, en los semanas siguientes los granos crecen muy rápidamente hasta alcanzar su longitud y diámetro definitivo. En esta etapa la planta se dedica únicamente al llenado del grano.

Hacia el final de la séptima semana, el embrión ha alcanzado su tamaño final, disminuye la velocidad de almacenamiento y se aproxima la madurez. En la octava semana el grano ha alcanzado su peso seco máximo y puede considerarse fisiológicamente maduro, teniendo aproximadamente 35% de humedad, desde este momento la cosecha depende de la velocidad con que el grano pierda la humedad.

2.1.7 Exigencias edafoclimáticas del cultivo

El maíz exige un clima relativamente cálido, y agua en cantidades adecuadas. La mayoría de las variedades del maíz se cultiva en regiones de temporal, de clima caliente y de clima subtropical húmedo, pero no se adapta a regiones semiáridas.

Para una buena producción del maíz la temperatura del maíz debe de oscilar entre los 20-30°C. La óptima depende del estado de desarrollo. Dichas temperaturas son:

2.1.7.1 Ciclo vegetativo del cultivo del Maíz

	Mínima	Optima	Máxima
Germinación	10°C	20-25°C	40°C
Crecimiento	15°C	20-30°C	40°C

Vegetativo

Floración	20°C	21-30°C	30°C
------------------	------	---------	------

Fuente: Manual para Educación Agropecuaria (Maíz).

El maíz germina sin problema en la oscuridad. Para su crecimiento requiere pleno sol en cuanto a la floración se retrasa a medida que el fotoperiodo excede un valor crítico mínimo. Para la mayoría del germoplasma de maíz, el período crítico se encuentra entre 11 y 14 horas. En el trópico comprendido entre los 0° y 30° de latitud, el fotoperiodo varía de un mínimo y máximo de 11.6 a 14.4 horas a través del año.

Es el cultivo de mayor variabilidad genética y adaptabilidad ambiental. Se siembra en latitudes que oscilan desde los 55° Norte a los 40° Sur y alturas entre 0 y 1,800 metros sobre el nivel del mar. Hay cultivos precoces de 90 días, intermedios de 110 días y tardíos de 120 días.

La demanda de agua en el cultivo de maíz es de 500 a 800 mm de lluvia, bien distribuidos para un crecimiento normal.

La reducción del rendimiento de grano en los primeros 30 días depende de diferentes variables, germinación y humedad superficial del suelo. Las etapas críticas del cultivo de maíz van de la floración masculina a la etapa de grano lechoso. En esta etapa, el grano se puede perder por marchitamiento de la planta y falta de agua hasta en 50% del potencial de rendimiento.

Las condiciones de clima y fertilidad del suelo son de gran importancia para el desarrollo de la planta; los suelos muy rico en nitrógeno ocasionan acame en cereales de granos pequeños, cantidades suficientes de fosforo y potasio son de gran importancia para obtener elevado rendimiento con granos de alta calidad.

El cambio climático, es un problema para las comunidades. Se caracteriza por el aumento de la temperatura ambiental, variación de las precipitaciones con mala distribución, lo que provoca pérdidas en los cultivos por escasez de agua o por inundaciones, aparecen nuevas plagas y enfermedades.

Se deben aplicar tecnologías y hacer uso de semillas que se adapten a estas condiciones, pero sobre todo es necesaria la integración de todos los actores del sector agropecuario para poder enfrentarlo.

Cuando es posible seleccionar los suelos para obtener mayores rendimientos, se deben preferir aquellos que presenten buen drenaje, profundos, planos, texturas franco arcillosa y libres de infestación de malezas agresivas, baja infestación de plagas del suelo, PH en un rango de 6.5 a 7.5.

Consideramos suelos profundos aquellos que tienen 40 pulgadas o más profundidad donde pueden penetrar las raíces con más facilidad. Las raíces del maíz pueden profundizar hasta 2mts, ayudando a tomar con mayor eficiencia los nutrientes del suelo.

Sin embargo es posible obtener rendimientos satisfactorios en una gran variedad de suelo que se aleja en mayor o menor grado de requisitos antes señalados, pero en ningún caso se debe utilizar suelos mal drenados y fuertemente ácidos. Con respecto a las necesidades hídricas, las plantas de maíz se pueden desarrollar en regiones que presenten módulos pluviométricos de 450-900mm, bien distribuidas durante la estación de crecimiento.

2.1.8 Factores Climáticos

2.1.8.1 Temperatura: para la siembra del maíz es necesaria una temperatura media del suelo de 10°C, y que ella vaya en aumento. Para que la floración se desarrolle normalmente conviene que la temperatura sea de 18°C como mínimo. Por otra parte, el hecho de que deba madurar antes de los fríos hace que tenga que recibir bastante calor. De todo esto se deduce que es planta de países cálidos, con temperatura relativamente elevada durante toda su vegetación.

La temperatura más favorable para la florescencia se encuentra próxima a los 15°C. En la fase de crecimiento, la temperatura ideal se encuentra comprendida entre 24 y 30°C. Por encima de los 30°C se encuentran problemas en la actividad celular, disminuyendo la capacidad de absorción de agua por las raíces.

Las noches cálidas no son beneficiosas para el maíz, pues es la respiración muy activa y la planta utiliza importantes reservas de energía a costa de la fotosíntesis realizada durante el día.

Si las temperaturas son excesivas durante la emisión de polen y el alargamiento de los estilos puede producirse problemas.

Si sobrevienen heladas antes de la maduración sin que haya producido todavía la total transformación de los azúcares del grano en almidón, se interrumpe el

proceso de forma irreversible, quedando el grano blando y con un secado mucho más difícil, ya que, cuando cesa la helada, los últimos procesos vitales de la planta se centran en un transporte de humedad al grano.

2.1.8.2 Humedad relativa: Es la relación que existe entre la cantidad de humedad contenida en un espacio y la que pudiera contener si estuviera saturado. Su medición es uno de los procesos instrumentales menos precisos y lo hacen con instrumentos llamados psicómetros, higrómetro de cabello y el hidrógrafo de cabello. La humedad relativa tiende a aumentar con latitud contrario a la temperatura, disminuye con la elevación y es mayor sobre suelos con vegetación que en los suelos áridos.

2.1.8.3 Velocidad del viento: Es el aire en movimiento, e influye en los procesos hidrometeorológicos del cultivo, así como en la evaporación y las precipitaciones. Se mide a través de instrumentos llamados anemógrafos o anemocinemógrafo.

2.1.8.4 Luminosidad: El principal efecto de la sequía es reducir el crecimiento de la hoja, de tal modo que el cultivo intercepta menos radiación solar, lo que puede provocar la muerte de la planta joven y reducir la densidad de la población.

2.1.8.5 Precipitación: Con respecto a las necesidades hídricas la planta de maíz se puede desarrollar en regiones que presenten módulos pluviométricos de 450-900mm, bien distribuidas durante la estación de crecimiento sin embargo aún esta cantidad no es suficiente si la humedad no puede ser almacenada en el suelo ya sea por poca profundidad de este o por escurrimiento, o si la evaporación es grande por causa de elevadas temperaturas y la baja humedad relativa.

2.1.8.6 Evaporación: Consiste en la pérdida de agua del terreno adyacente a la planta, así como la que se pierde directamente de las hojas. La evaporación es influida por: radiación solar, latitud, estación del año (hora del día), velocidad de los vientos y nubosidad.

2.1.8.7 Evapotranspiración de referencia o potencial: La evapotranspiración de referencia (ET_o), es un concepto establecido para indicar la cantidad de agua que se transfiere a la atmósfera de un suelo permanentemente húmedo, cubierto por un cultivo de referencia. *Ver anexo II, tabla # 1.*

2.1.8.8 Método para cálculo de la evapotranspiración de referencia o potencial.

La evapotranspiración potencial representa la tasa de evaporación de una superficie extensa cubierta de hierba verde de 8 a 15 cm de altura, que está

creciendo activamente y sombrea completamente el terreno y no se escasea agua.

2.1.9 Factores laborales y culturales

2.1.9.1 Época de siembra: existen en Nicaragua un número variable de siembra que están de acuerdo a la zona o región. De manera general podríamos citar las siguientes épocas de siembra; primera, postreron, postrera, apante y riego.

La época de siembra y postreron son las que tienen mayor importancia ya que se ha demostrado que en esta época es donde existen las mejores condiciones ambientales para obtener los mejores rendimientos en el cultivo.

2.1.9.2 Época de postrera: se efectúa en el periodo de mayo a junio y es recomendada para agricultores que utilizan la misma parcela para dos siembra sucesivas en el mismo ciclo agrícola en esta época se recomienda utilizar variedades intermedias o precoces en la faja del pacifico central y norte del país.

2.1.9.3 Época de postreron: se realiza en el mes de julio y se considera la época de siembra más importante para la producción comercial del grano dado que se tiene para este periodo mayor actividad y mejor distribución de las precipitaciones.

2.1.10 Fertilización

El fosforo (P) y el potasio (K), son nutrientes que no se pueden suministrar separadamente al suelo. Estos elementos se encuentran mezclados en los fertilizantes completos.

Para la siembra de maíz se recomienda la fórmula 10-30-10 en dosis de 2 quintales por manzanas aplicado al momento de la siembra, al fondo del surco evitando el contacto con la semilla, tapándolo con una ligera capa de tierra.

El nitrógeno puede suministrarse aparte siendo el producto más utilizado la urea 46%. Se recomienda aplicar hasta 4qq de urea por mz, este puede ser aplicado junto al fertilizante completo, al momento de la siembra si el terreno es arcilloso.

Si las condiciones del terreno es arenoso suelto, la aplicación del nitrógeno se recomienda fraccionada, la mitad a los 15-20 después de emergencia y la otra mitad a los 30-40 después de la emergencia. La aplicación de estos fertilizantes debe hacerse con el cuidado de no hacer contacto con el tallo para no causar quemadura a la planta.

2.1.11 Preparación de suelo

El motivo principal de la preparación del suelo es el de formar una cama de siembra adecuada para depositar la semilla, permitir una buena germinación y emergencia de las plántulas, logrando así una buena densidad inicial de plantas y al mismo tiempo eliminar las malas hierbas.

Esta práctica agrícola se hace de acuerdo al sistema de producción que tiene cada región. Es importante mantener la estructura física, química y biológica del suelo, que determinan la fertilidad, erosión, infiltración y almacenamiento de agua, así como el desarrollo y proliferación de las malezas y el crecimiento del sistema radicular de la planta.

La preparación del terreno es el paso previo a la siembra. Se recomienda efectuar una labor de arado al terreno con grada para que el terreno quede suelto y sea capaz de tener cierta capacidad de captación de agua sin encharcamientos.

Se pretende que el terreno quede esponjoso sobre todo la capa superficial donde se va a producir la siembra. También se efectúan labores con arados de vertedera con una profundidad de labor de 30 a 40 cm.

En las operaciones de labrado los terrenos deben quedar limpios de restos de plantas (rastros).

2.1.12 Labranza con tracción animal: Con este método de preparación de suelo el rastrojo se maneja en hileras, evitando la quema. Después de haber realizado estas actividades se le pasa una raya de arado con bueyes y el suelo queda listo esperando la raya final de siembra.

La siembra se puede realizar manual o con sembradoras de tracción animal tipo Promech, Fitarelli, Diadel. En caso de siembra manual la distancia entre semilla es de 20 a 25 cm, la profundidad no se puede regular, ya que es tapada con el pie. Con la sembradora, la siembra es más uniforme tanto en la distancia de la semilla como en profundidad, el tapado lo realiza la misma máquina.

2.1.13 Labranza con tracción motriz: En este sistema de producción con maquinaria, el número de pases de un implemento agrícola depende del tipo de suelo. En suelos francos es suficiente con una arada y dos pases de grada, mientras que en suelos arcillosos el número de pases de grada depende del tamaño de los terrones.

2.1.14 Época de riego

Lo más conveniente es realizar esta siembra en el periodo comprendido entre el 15 de enero y el 15 de febrero, con el propósito de aprovechar la disminución de las poblaciones de insectos que normalmente ocurre en este periodo. La siembra de riego más temprana a este periodo sufre fuertes ataques por insectos lo que ve reducidos sus rendimientos.

Esta siembras son más convenientes para el propósito de producir semillas mejoradas o maíz amarillo para la producción de alimentos balanceados, y disponer de un buen mercado que asegure cubrir los costos de producción.

La producción de maíz de riego se practica principalmente en grandes extensiones, pudiendo utilizarse el riego ya sea complementario o total.

2.1.15 Siembra (métodos, cantidad y distancia)

La siembra puede realizarse manual o mecanizada dependiendo del sistema que se utilice. Para siembra mecanizada utilizando variedades precoces se recomienda distancia entre surcos de 75cm (30 pulgadas) y entre plantas 15-20cm (6 a 8 pulgadas) obteniéndose poblaciones aproximadamente 50.000 plantas por manzanas para variedades intermedias o tardías.

Se recomienda distancia de 82 a 90cm (33-36 pulgadas) entre surcos y 15-20 (6-8 pulgadas) entre plantas logrando densidades de 37 a 45 mil plantas por manzanas.

2.1.15.1 Siembra a mano: Con variedades precoces se recomiendan distancias entre surcos de 75cm y de 30-35cm entre golpes en cada golpe depositar de 2-3 semillas para lograr poblaciones encima de las 45,000 plantas por manzanas para variedades tardías se recomienda distancia de 82cm entre surco y 30-40cm entre planta depositándose de 2-3 semillas para obtener poblaciones de aproximadamente 40,000 plantas por manzanas.

La siembra con maquina se realizan con máquina de tipo convencional, en este tipo de siembra la maquina deposita la semilla a chorrillo al fondo del surco, pudiéndose calibrar la sembradora para depositar el número de semilla que se necesita por metros lineal, para lograr una densidad de población optima la maquina sembradora que se puede utilizar puede ser de rueda motora o de precisión debiendo regularse para obtener la cantidad de 3 semilla necesaria por metro lineal.

La densidad de siembra del cultivo está condicionada por varios factores: humedad disponible, fertilidad natural, variedad a sembrar y el uso de la producción. Para conseguir una buena densidad de siembra inicial se debe de utilizar de 25-30 lb de semillas por manzanas, recomendándose la cantidad de 30 lb para siembra mecanizada y 25 lb para manuales.

2.1.15.2 Profundidad de siembra: en términos generales la profundidad a que debe quedar la semilla es de 2-3 pulgadas en suelos livianos o en suelos francos, sueltos y suaves.

En suelos pesados o arcillosos las semillas se deben sembrar a una profundidad de 1.5-2 pulgadas. Esta profundidad depende del grado de preparación del suelo y su contenido de humedad al momento de siembra.

2.1.15.3 Plagas y Enfermedades

Plagas		
Plagas	Daños	Soluciones
Cogollero (Spodoptera frugiperda)	Daña en toda su etapa: a nivel de plántula como portador; en el desarrollo vegetativo como cogollero, al llenado del grano como elotero, en el tallo como barrenador.	Aplicar productos químicos como Larsban 5G a razón de 15 libras por manzana.
Chicharrita del maíz (Dalbulus Maidis)	Como chupador provoca lesiones en las hojas, quitándole savia a la planta, produce hongo negro y achaparramiento.	Control químico con Tamaron a razón de 0.5-1.0 lts/mz
Falso Medidor (Mocis Latipes)	Se come la mayoría del follaje.	Control químico con Larsban 4E a razón de 0.5-1.0 litros por manzanas.
Barrenador del Tallo (Diatraca spp)	Se alimenta del cogollo del tallo y de la mazorca.	Control químico con Larsban 4E a razón de 0.5-1.0 litros por manzanas.
Elotero	Se alimenta del estigma de la flor femenina y de los granos tiernos.	Control químico con Larsban o Decis.
Otras plagas (pájaros)	Arranque de plántulas del maíz.	Cuido de la plántula desde el inicio de la

		plántula hasta los 8 días.
Enfermedades		
Cabeza loca (Peronosclerophora Sorghii)	Presenta clorosis o un rallado amarillo palido, sobre y debajo de superficie foliar se desarrolla una cenicilla blanca, deformación de la espiga.	Control químico de la semilla con Ridomil 25 PS usar variedades resistentes y rotación del cultivo.
Pudrición de la mazorca (Stenocarpela Maydis)	Manchas en las hojas (hongos), pudrición de la base del tallo y en la mazorca.	Uso de variedades resistentes.

2.2 Propiedades físicas y químicas del suelo

2.2.1 Textura: La textura del suelo hace referencia a las proporciones relativas de los diversos tamaños en que se presentan sus partículas minerales con independencia de su composición química. La descripción de la textura de un suelo se realiza especificando los porcentajes de los totales cuyo tamaño está comprendido entre límites determinados, según diversas escalas.

2.2.2 Estructura: La estructura del suelo hace referencia a la agregación de las partículas primarias del mismo (arena, limo y arcilla), formando partículas compuestas llamadas agregados, separados de otros adyacentes por superficie débiles.

Los suelos agrícolas generalmente no presentan una estructura definida ya que han sido alterados por el uso de implementos y maquinaria agrícola durante la preparación del terreno o labores culturales.

2.2.3 PH: El maíz se adapta a diferentes suelos, Prefiere pH comprendido entre 6 y 7, pero se adapta a condiciones de pH más bajo y más elevado, e incluso se da en terrenos calizos, siempre que el exceso de cal no implique el bloqueo de micro elementos.

Para seleccionar los suelos y obtener mayores rendimientos, se debe preferir aquellos que presenten buen drenaje profundo, planos, textura franco arcillosa y

libre de infestaciones de malezas agresivas, baja infestación de plagas de suelos, PH en un rango de 6.5-7.5.

Es recomendable realizar una evaluación visual de suelo para conocer si reúne las características adecuadas para el cultivo del maíz. Esta evaluación determina si un suelo es bueno o malo basado en calificaciones sobre porosidad, estructura y consistencia, color, compactación, cobertura, profundidad efectiva, número de lombrices y moteado.

2.3.2 Definición del riego por aspersión

Con este método el agua se aplica al suelo en forma de lluvia utilizando unos dispositivos de emisión de agua denominados aspersores que generan un chorro de agua pulverizada en gotas. El agua sale de los aspersores dotada de presión y llega hasta ellos a través de una red de tuberías cuya complejidad y longitud depende de la dimensión y la configuración de la parcela a regar por lo tanto una de las características fundamentales de este sistema es que es preciso dotar al agua de presión a la entrada en la parcela de riego por medio de un sistema de bombeo, la disposición de los aspersores se realiza de forma que se moje toda la superficie del suelo de la forma más homogénea posible.

2.3.3 Ventajas del riego por aspersión

- Mecanización del proceso de riego.
- Se conserva la estructura del suelo.
- Gran movilidad y operatividad con respecto al suministro de agua para regar con más frecuencia pero con normas menores.
- Posibilidad de regular con más precisión la profundidad de humectación del suelo.
- Posibilidad de utilizarlo en un micro relieve complejo y en pendientes elevadas.
- Humedecimiento no solo del suelo sino también de la planta.
- Eliminación al mínimo de los canales colectores o de desagüe.
- Se puede hacer uso de la fertirrigación, aprovechando las instalaciones de riego.

2.3.4 Desventajas del riego por aspersión

- Grandes inversiones al inicio.
- Alto consumo de energía.
- La influencia del viento es muy grande, no puede utilizarse cuando las velocidades son mayores de 2-5 m/s (según el tipo de aspersor).

- No se puede utilizar aguas salinas sobre el follaje de la planta sensible a la sal, debido al riesgo de quemaduras en las hojas.

2.3.5 Elementos técnicos de riego por aspersión

- Longitud del chorro: Depende de la carga y el tipo de aspersor.
- Tamaño de gotas: Depende del diámetro de la boquilla del aspersor, la presión y la distancia a la que cae la gota.
- Intensidad de la lluvia: Es la lámina de agua caída por la unidad de tiempo y suele expresarse en mm/min.
- Uniformidad de distribución: Ningún aspersor ha podido asegurar una uniformidad de distribución óptima; esto debido a la influencia que hace el viento. La distribución de la lluvia se puede determinar con un coeficiente de uniformidad (cu). Existen muchas fórmulas, como la de Christiansen.
- Tiempo de riego: Es el tiempo que debe quedarse el aspersor en una posición para asegurarse la norma parcial de riego que corresponde a un límite productivo determinado.

2.3.6 Clasificación de los sistemas e instalaciones de riego por aspersión

- **Sistemas móviles:** todos sus componentes, incluyendo las estaciones de bombeo, se desplazan por área de riego.
- **Sistemas estacionarios:** todos sus componentes tienen una posición fija, solamente se desplazan los equipos de aspersión.
- **Sistema semi estacionario:** el equipo de bombeo, la tubería principal y más frecuentemente la tubería de distribución son estacionarias; y las de campo son móviles.

2.3.7 Componentes de un sistema por aspersión

- A. Conjunto motor – bomba o estación de bombeo.
- B. Tuberías y accesorios.
- C. Aspersores.

2.3.8 Conjunto motor – bomba o estación de bombeo: Es el encargado de suministrar el agua a la presión requerida por el sistema. Las bombas deben de presentar una combinación de rotación, potencia y caudal en el cual su operación se realiza a su máxima eficiencia.

Las bombas hidráulicas son máquinas que transforman la energía mecánica en energía hidráulica. Dentro de las más comunes son las roto-dinámicas desde el

cual el agua se desplaza por la acción de un mecanismo impulsor (Rodete o Impulsor) que tiene movimiento rotatorio.

Las bombas más comunes utilizadas para el riego son las roto-dinámicas, que a su vez se clasifican en tres, según la dirección del flujo:

1. Centrifuga o de flujo radial.
2. De hélice o de flujo axial.
3. Diagonales o de flujo mixto.

2.3.9 Elección de la bomba:

La elección de las bombas se debe hacer conociendo el gasto de agua necesario y la carga dinámica total. Esta última se determina sumando todas las cargas parciales, a saber: carga de succión o distancia vertical entre la fuente de abastecimiento y la bomba (H_s), pérdida de carga por fricción en la tubería (H_L), pérdida de carga por fricción de los laterales (H_1), diferencia de elevación entre la bomba y el sitio de descarga más elevado (H_e), altura de los aspersores sobre el nivel del suelo (H_a), presión de trabajo requerida por los aspersores (P_a), y pérdidas de descarga menores producidas en codos, reducciones, acoplamiento y otros (H_m).

$$H_r = H_s + H_L + H_1 + H_e + H_a + P_a + H_m$$

Al instalarse una bomba inadecuada se puede obtener caudal preciso pero con rendimiento bajo, por tanto con un alto consumo de energía. En primer lugar se elige el tipo de bomba y después se selecciona el tamaño y el modelo.

El tipo de la bomba se elige teniendo en cuenta los requerimientos de altura manométrica y caudal que se resumen a continuación.

Elección de la bomba según la altura manométrica y caudal

Tipo de bomba	Altura manométrica	Caudal
Radial	Grande	Bajo – medio
Axial	Pequeña	Alto
Diagonal	Mediana	Mediano - alto

Fuente: Estaciones y Equipos de bombeo, Ingeniero Ricardo Rivas, 2011.

2.4 Tuberías y Accesorios

Las Tuberías más usadas en el riego por aspersión son normalmente de aluminio, fácilmente transportables debido a su poco peso; sin embargo, puede usarse otros materiales, tales como: acero, que tiene la ventaja de ser más duradero y estar protegido contra la corrosión, pero es algo más caro y pesado; plástico (PVC), que es bastante liviano y compite en precio, y abastecimiento. En algunos casos se emplea también mangueras de caucho reforzadas.

2.4.1 Tuberías

2.4.1.1 Diseño de Tuberías Laterales

Los diseños de los tubos de las líneas laterales deben escogerse de tal manera que la presión de la variación total en el lateral, debido a las pérdidas de cargas por elevación y rozamiento (Si las hay), no exceda e l 20% la presión de operación proyectada de los aspersores con una variación del caudal de 10% entre el ultimo y el primer aspersor de un mismo lateral.

Cuando una corriente de agua fluye por toda la longitud de una tubería de diámetro constante y largo determinado, obviamente causa más fricción que en otras, en cuya línea hay cierto número de salidas igualmente espaciadas. La razón de esto radica en la reducción del flujo cada vez que pasa por una salida.

2.4.1.2 Diseño de Tuberías Maestra

La tubería maestra para sistema de riego por aspersión varía desde líneas alimentadoras portátiles hasta redes de líneas principales si se inician desde la bomba y su subsidiaria subterránea en los sistemas grandes.

La función primordial de las tuberías maestras es directamente alimentar a los laterales de riego con una presión requerida a la estructura de los laterales en las condiciones de máximo consumo. El principal problema del diseño es elegir el diámetro de las tuberías con los cuales la operación resulta económica.

El diseño de las tuberías maestra requiere el análisis del todo el sistema para determinar las necesidades máximas de capacidad y presión.

Las pérdidas de presión causadas por fricción es la principal consideración en el diseño de cualquier sistema de tuberías. Para el cálculo de la tubería maestra el

área típica que se desea sembrar así como su unidad típica de riego lo cual a su vez nos sirve para definir la longitud de la maestra.

2.4.1.3 Diseño de Tubería Conductora

La tubería de conducción corresponde a la tubería que lleva el agua desde la fuente hasta el primer nudo de la principal. En los sistemas pequeños, que cuentan de una subprincipal, la tubería de conducción y la principal son equivalentes.

La pérdida de presión es la principal consideración en el diseño, produciéndose dos situaciones básicas, de acuerdo al origen de la presión:

Donde se utiliza presión debida a la gravedad, o sea por diferencia de elevación, se pueden presentar 2 situaciones:

- a) La diferencia de altura es apenas suficiente para proporcionar una presión adecuada de funcionamiento. En este caso, será necesario usar tubos de mayor diámetro y minimizar las pérdidas por fricción para evitar bombeo.
- b) Cuando la diferencia de alturas es muy superior a la necesaria, el problema radica en reducir el exceso de presión, lo cual se logra utilizando tuberías de poco diámetro.

Donde la presión requerida proviene de bombeo, el problema consiste en seleccionar los diámetros y materiales de la razonable entre los costos anuales de bombeo y el costo de tuberías. El objetivo es el diseño de menor costo.

Para determinar el diámetro óptimo existen varios criterios de distinta complejidad:

2.4.1.4 Método de la pérdida de carga unitaria: Consiste en seleccionar los diámetros de las tuberías, de manera que las pérdidas por fricción no excedan a 0,023 m/m de tubería.

2.4.1.5 Método de velocidad permisible: Este método establece una velocidad límite máxima en la tubería principal. De forma general, podemos decir que para longitudes de tuberías menores de 3km, el diámetro más económico de la tubería es aquel en que la velocidad de circulación esta entre 1.2 y 1.5m/s, para longitudes mayores de 3km, la velocidad que debe considerarse es de 0.9 y

1.2m/s. este criterio consiste simplemente en determinar con el gasto de diseño que diámetro de tubería es el que cumple, el diámetro seleccionado debe encontrarse entre los diámetros ofrecidos por las casas comerciales.

El diámetro puede estimarse a partir de la relación: $D_i = 29,41 * Q^{1/2}$, y comprobar la velocidad. Una vez obtenido el diámetro se estiman las pérdidas por fricción para calcular finalmente los requerimientos de impulsión.

2.4.1.6 Determinación de pérdidas singulares

Se denominan pérdidas singulares a aquellas pérdidas menores debido a codos, tees, reducciones, uniones, accesorios en general, otros. Es necesario tomar en cuenta su magnitud y sumarlas a las pérdidas por fricción.

En el diseño de equipos completos debe hacerse un inventario de todos los accesorios que están presentes en la red y determinar sus pérdidas, de acuerdo a lo establecido en los catálogos de los fabricantes. En sistemas sencillos y relativamente pequeños, las pérdidas singulares se pueden estimar como un 15 a un 20% de las pérdidas por fricción total.

2.4.1.7 Determinación de los requerimientos de impulsión

Para determinar la dimensión de la unidad de bombeo es necesario conocer las condiciones máximas de operación a saber: el caudal y la carga dinámica total.

El caudal está determinado por el gasto máximo del equipo de riego por aspersión y la carga dinámica total, que corresponde a la presión requerida para el funcionamiento de los aspersores (P_o); más todas las pérdidas por fricción, singulares y desniveles existentes entre el punto de bombeo y la lateral más lejana (presión de impulsión), a la cual se le adicionan las pérdidas de carga en el chupador de la bomba y el desnivel existente entre la superficie del agua y esta última altura de succión. Se agregan las pérdidas de carga de la válvula de retención, a la salida de la bomba y la llave de paso general del sistema.

2.4.1.8 Localización de las tuberías:

El diseñador, como es lógico suponer, debe tratar de distribuir las líneas laterales y principales, en tal forma que el sistema opere a una máxima eficiencia y al mínimo costo. Al escoger la distribución más adecuada, hay que tomar en cuenta una serie de factores. Cualquiera de estos, por sí solo, puede indicar una determinada distribución diferente a la que indique otro factor. Dependerá entonces del criterio y experiencia del diseñador escoger el mejor.

- a. **La fuente de agua:** Siempre que sea posible, debe estar ubicada en el centro del campo. De esta forma el agua circulara menos por las tuberías. Si el campo que se va a regar ya tiene localizada su fuente de agua, deberá tratar de trazarse la línea principal de tal manera que permita una menor longitud de la tubería de aducción principal.
- b. **Pendiente:** Este factor es de suma importancia para una buena uniformidad de aplicación. Para ello debe tratar de colocarse los laterales en sentido normal respecto a la máxima pendiente, en forma tal que el primer y último aspersor se encuentren aproximadamente a la misma altura. Los mencionados ramales podrán ponerse en la dirección de pendiente cuando haya ganancia de carga por cambio de elevación. Como se deberá colocar los laterales en el sentido de la mínima pendiente, la tubería principal se dispondrá en el de la máxima. El motivo de este requisito es que la presión de operación de los aspersores sea similar y, de esa manera, también lo sea el caudal que aplican.
- c. **Dirección de los vientos predominantes:** En los casos de viento fuerte, la mejor eficiencia de distribución en el riego se logra si tanto la línea principal como los laterales se disponen a 45° de la dirección predominante de los vientos. Algunas veces esto no es recomendable en virtud de los otros factores que intervienen para definir la ubicación más conveniente. En este caso es preferible colocar los laterales en sentido normal respecto a la dirección de los vientos predominantes.

2.4.2 Accesorios

Un sistema de riego por aspersión está integrado también por una gran cantidad de elementos adicionales denominados accesorios, entre los principales accesorios de PVC tenemos: Tee lisa, Tee reducida, Reductores lisos, Codos, lisos por 90 y 45°.

2.4.2.1 Accesorio de la sarta de descarga

Junta doble de expansión: Sirve para proteger el motor ya que absorbe las vibraciones producto del golpe de ariete e impulso de la bomba. Su diseño esférico diferente a la antigua estilo cilindro de otras juntas le permiten mayor flexibilidad de movimiento y mayor resistencia de la deflexión.

2.4.2.2 Válvulas: Son dispositivos destinados a establecer, controlar e interrumpir las descargas de los fluidos en tuberías o sistemas de riego.

Algunas garantizan la seguridad de la instalación y otras permiten la desconexión del sistema para efectuar reparaciones. La escogencia de determinado tipo de válvula depende de la operación a realizar, de las propiedades físicas y químicas del fluido considerado, de la presión y la temperatura a la que estará operando el fluido y de a la forma de accionamiento pretendida.

Existe una gran variedad de tipos de válvulas y dentro de cada tipo diversos sub - tipos. Las válvulas que se utilizan generalmente, en un sistema de riego para aspersión son las siguientes:

2.4.2.3 Válvula de retención: Esta válvula evita el cambio de dirección de la corriente. La válvula se instala al grupo moto – bomba, en el lado de la impulsión con el fin que pueda serrar repentinamente cuando la bomba se para y de esta forma evitar que la columna de agua de impulsión invierta su dirección.

2.4.2.4 Válvula de regulación o de llave paso: Es un dispositivo que permite estrangular o interrumpir el paso del agua. Un hidrante es una válvula de regulación que permite derivar el agua de una tubería.

2.4.2.5 Válvula de seguridad: Es un dispositivo que permite la salida automática de cierta cantidad de agua, con el fin de evitar un aumento excesivo de la presión. Las válvulas de seguridad se instalan en los puntos donde se prevé la posibilidad de presentarse presiones excesivamente altas ya sea estática o de onda.

2.4.2.6 Válvula reductora de presión: Es un dispositivo que produce una pérdida de carga localizada cuando la presión sobrepasa el valor provisto. Sirve para proteger a la red de la sobre presiones y para lograr la presión requerida en una derivación.

2.4.2.7 Válvula reguladora de caudal: Esta válvula impide el paso de un caudal superior al preestablecido, manteniéndolo constante en un valor prefijado. Se instala en la cabecera de parcela y en riego a la demanda.

2.4.2.8 Válvula de mariposa: Son válvulas que poseen un disco giratorio biconvexo en el interior de una cavidad esférica y que de acuerdo a su posición permite el cortar el flujo a una regulación de este, se considera por lo tanto válvula de bloqueo y regulación.

2.4.2.9 Válvula ventosa: Sirve para permitir entrada y salida del aire donde la tubería forma algún sifón, en partes altas, en trechos horizontales largos, en cambios acentuados dependientes, en trechos ascendentes y descendentes de gran longitud.

Los daños causados por tuberías pueden causar roturas y contracciones capaces de destruir la tubería.

2.4.3 Filtros: El agua de riego en algunas ocasiones acarrea partículas tales como:

- **Partículas minerales:** Arena, Limo, Arcilla etc.
- **Partículas orgánicas:** Algas, Bacterias, Restos vegetales o animales.
- **Precipitados químicos:** Sales de agua, Depósitos de Fe, S, Mn y Fertilizantes.

Estas partículas causan taponamiento en los aspersores que poseen boquillas de pequeños diámetros, desgastes por abrasión de la arena con el material de la boquilla y acumulación de residuos y corrosión en la tubería lo que altera el flujo de agua en estas. Ante esta situación se hace necesaria la colocación de diversos tipos de filtros que existen en el mercado como lo son hidrociclones, filtro de arena, filtro de malla, filtro de discos o combinaciones de estos.

2.4.4 Aspersores

Es la pieza esencial de un sistema de riego por aspersión, la mayoría son rotativos, cuyo movimiento es producido por el impacto del chorro de agua en un brazo, puede ser de círculo completo o parcial, el ángulo de inclinación del chorro con la horizontal puede variar (normal 23° a 27°), sub – arbóreo (6° a 14°), con una o dos boquillas. El mismo aspersor puede funcionar a diferentes presiones proporcionando diferentes precipitaciones y áreas de coberturas.

2.4.4.1 Dispositivos de aspersión

- ∞ Tuberías perforadas.
- ∞ Aspersores no giratorios.
- ∞ Aspersores giratorios.

Dentro de los aspersores giratorios tenemos:

2.4.4.2 Aspersores de brazos oscilantes: el movimiento giratorio del cuerpo del aspersor es discontinuo, debido a impulsiones periódicas provocadas por el chorro de agua que golpea intermitentemente un brazo oscilante, el cual vuelve a su posición inicial por una acción de resorte o de un contrapeso.

2.4.4.3 Aspersores de reacción: Están basados en el molinete hidráulico, en donde la reacción a la salida del agua provoca el movimiento de giro del aspersor.

2.4.4.4 Aspersores de turbinas: En estos aspersores el chorro incide sobre una turbina (rueda con aspas), cuyo movimiento se transmite a un eje instalado a lo largo del tubo del aspersor, y de este, mediante engranajes, a la base del aspersor, para producir un giro del aspersor lento y uniforme.

Mediante una amplia selección de aspersores diseñados para operar a una distancia, presiones, espaciamiento, tamaño y haciendo diversos arreglos se logra que este sistema se adapte a la mayoría de los suelos regables a una gran variedad de cultivos y a diferentes tamaños de fincas.

Clasificación de los aspersores según la presión

Aspersores de presión muy baja	6 psi a 14 psi
Aspersores de presión baja	14 psi a 28 psi
Aspersores de presión media	28 psi a 45 psi
Aspersores de presión grande	55 psi a 100 psi

Fuente: Diseño de sistema de riego y drenaje, Dr. Álvaro Aguilar, 2011.

2.4.4.5 Selección del tipo de aspersor

Los aspersores son el componente primordial en el riego por aspersión. En el mercado existe una gran variedad de modelos de aspersores los cuales, se adaptan a los diferentes cultivos y a la diversidad de condiciones en que tienen que operar.

Para seleccionar un aspersor hay que asegurarse principalmente de que el mismo reparta perfectamente el agua sobre el suelo, la elección adecuada dependerá de lo siguiente:

- a) Del volumen de agua a suministrar en cada posición y la duración deseada en cada posición.

- b) De la presión disponible en el sistema y la posibilidad de desplazamiento.
- c) De la naturaleza del suelo y de la planta, así como, de la velocidad del viento.

2.4.4.6 Costo de operación y mantenimiento del sistema

Los costos por concepto de operación y mantenimiento varían mucho según la eficiencia de cada aspecto operativo inherente al proyecto para un eficiente aprovechamiento de la mano de obra, existe la necesidad de planear con detenimiento todos los movimientos de traslados de equipos. En el caso de sistemas pequeños considerar si es necesario regresar hasta el equipo de bombeo y pararlo antes de cada cambio.

Para un planeamiento preliminar el sistema de desplazamiento manual se utilizan de 1.5 – 5 hr – hombre/ha/riego según la densidad y la altura del sembrado y la eficiencia en el aprovechamiento de la mano de obra.

El mantenimiento y reparación de aspersores y accesorios de aluminio corresponden entre un orden del 2 – 7% de la inversión inicial por año. La cifra será mínima para los sistemas de desplazamiento manual en el que se tiene particular cuidado en el desplazamiento y almacenamiento de la tubería, será el máximo para los sistemas de desplazamiento sobre ruedas, por tracción y desplazamiento longitudinal.

Lubricación y reparación de la instalación de bombeo: en el caso de la instalación accionada por motor eléctrico se estima un 5% anual del costo original de la instalación.

CAPITULO III

DISEÑO

METODOLOGICO

Durante el desarrollo del estudio se llevó a cabo diferentes etapas en la metodología utilizada, tales como:

- ∞ Recopilación de información.
- ∞ Trabajo de campo realizado en la zona de estudio.
- ∞ Elaboración de los diseños y análisis de resultados.

Recopilación de la información: En este proceso se realizó la recolección de información teórica para su respectiva interpretación, esto se llevó a cabo consultando centros de documentación, asesoramiento acerca de la materia, y sitios web.

3.1 Métodos de muestreo de suelo y medición de parámetros

El muestreo es el primer paso de un análisis físico-químico del suelo, y el más crítico, ya que constituye la fuente de error más común. Al muestrear para una recomendación de fertilización o para el diseño de un sistema de riego, el punto central es obtener una muestra que represente precisamente el lote donde fue tomada. El muestreo del suelo es la forma en que se obtiene la información para su correspondiente estudio. En la agricultura los análisis de suelos se realizan a profundidades variables, si el estudio requiere información detallada y compleja.

Los estudios de suelos más frecuentes se realizan para cultivos específicos y la profundidad está definida por el sistema radicular del cultivo. Las prospecciones para conocer el contenido químico y mineralógico del suelo se hace considerando las clasificaciones de suelos existentes en el campo, del cual se extraen cierto número de sub-muestras y se homogenizan antes de llevarlas al laboratorio, con el fin de obtener una muestra representativa.

Las muestras requeridas para estudios de proyectos de riego deben ser inalteradas, ya que en estos se considera el volumen que éste presente realmente in situ para la determinación de la cantidad de agua a utilizar.

3.1.1 Tipos de muestras

Las muestras extraídas del terreno se pueden clasificar según su nivel de complejidad o por el estado de alteración del suelo.

Según el nivel de complejidad se clasifican en:

- ∞ **De mayor complejidad:** La determinación de suelo presenta fines taxonómicos. Es necesario la apertura de **calicatas**, de la profundidad del

suelo o si fuese más profundo 1 m ó 1.20 m, de manera que pueda observarse el perfil del suelo y estudiar sus horizontes.

- ∞ **Más sencillo:** Se estudian los aspectos nutricionales o alguna otra característica específica. La muestra se toma de la superficie del suelo o de una baja profundidad (40 ó 50 cm).

Según el estado de alteración se clasifican en:

- ∞ **Muestras simples alteradas:** son aquellas en las que el suelo no mantiene ni la forma ni el volumen que tenía antes de la toma. Se emplean en los análisis generales de suelo.
- ∞ **Muestras inalteradas:** mantienen la forma y el volumen que tenían en el suelo. Se utiliza para la determinación de propiedades físicas como la densidad aparente (Da).
- ∞ **Muestras completas:** se utiliza cuando se cree que la zona es debido a su tamaño muy homogénea, y en lugar de realizar varios análisis se recogen varias muestras, se mezclan perfectamente y se realiza un único análisis con una parte de esa mezcla.

3.1.2 Materiales

Es necesario asegurarse que las herramientas estén completamente limpias, libres de superficies oxidadas y que no contengan residuos de otros materiales.

- ∞ Mapa de la finca
- ∞ Machete
- ∞ Barreno o pala
- ∞ Cuchillo
- ∞ Recipiente de boca ancha con capacidad mayor de 10 lts
- ∞ Bolsas plásticas limpias
- ∞ Marcadores
- ∞ Cilindro de volumen conocido
- ∞ Hoja de campo
- ∞

3.1.3 Procedimiento realizado para la toma de muestras

- ∞ Dividir el lote en áreas homogéneas.

- ∞ Evitar muestrear cerca de alambrados o caminos, zonas donde se fertilizo recientemente, áreas con mal drenaje, áreas con cambios bruscos de suelo.
- ∞ Cuanta más pequeña fue la superficie muestreada mayor representatividad tuvo.
- ∞ Utilizar muestras compuestas, obtenidas por la extracción de varias sub-muestras (10 a 20), las cuales se juntan en un recipiente de plástico, se mezclan y se extraen de 500 a 1000 gramos de suelo.
- ∞ Colocar la muestra de suelo en una bolsa de plástico limpia y cerrada, rotulada con datos del lote o parcela.
- ∞ Recomendar trabajar siempre con el mismo laboratorio para poder comparar los resultados a lo largo del tiempo.

3.2 Densidad aparente: Se refiere a la densidad de un suelo, en el que se incluye el volumen ocupado por los poros. Es igual al peso de una muestra de suelo seco dividido por el volumen aparente.

3.2.1 Materiales

- ∞ Balanza electrónica, ± 0.01 gr de sensibilidad
- ∞ Horno, termostáticamente controlado, $105\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- ∞ Pesa filtros, con sus tapas
- ∞ Tamiz de 2 mm de Diámetro
- ∞ Equipo de muestreo (cilindros, martillo, porta cilindro)

3.2.2 Procedimiento realizado para determinar la densidad aparente (*Método del cilindro*)

- ∞ Anotar el peso del cilindro vacío.
- ∞ Preparar una superficie plana, ya sea horizontal o vertical a la profundidad requerida en el hoyo de muestreo.
- ∞ Presionar el cilindro dentro del suelo. Remover el cilindro del revestimiento interno, rebajar el suelo sobresaliente de los extremos del cilindro, se toma por ambos extremos, se toma el número del cilindro y se sitúa en la bolsa plástica.
- ∞ Secar el cilindro con la muestra en el horno a $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta que el peso sea constante. Anotar el peso seco al horno.
- ∞ Medir y anotar el volumen del cilindro.

$$Da = \frac{W_{ss}}{V_{cilindro}}$$

Dónde:

Da = Densidad Aparente.

W_{ss} = Peso suelo seco.

Vcilindro = Volumen del cilindro.

3.3 Capacidad de campo (CC): La capacidad de campo (CC) es la cantidad máxima de agua que un suelo retiene una vez que ha finalizado el drenaje interno. Coincide con el máximo de agua capilar, que es agua retenida por fuerzas de tensión superficial. Si el contenido de humedad disminuye progresivamente, las plantas encontrarán cada vez mayores dificultades para absorber agua del suelo, llegando al punto en que se inician los fenómenos de marchitez. Cuando este estado es irreversible, se dice que el suelo se encuentra en un estado o punto de marchitez permanente (PMP).

3.3.1 Materiales

- ∞ Plato de cerámica
- ∞ Balanza electrónica, ±0.01 gr de sensibilidad
- ∞ Horno, termostáticamente controlado, 105 °C, ±5 °C.
- ∞ Pesa filtros, con sus tapas
- ∞ Fuente de presión (Compresor), regulador y medidor de presión
- ∞ Anillos retenedores. Usar anillos de 10 mm de altura y 50 mm de diámetro para suelos orgánicos y anillos de 10 mm de altura y 40 mm de diámetro para suelos de bajo contenido de materia orgánica.

3.3.2 Procedimiento realizado para determinar la capacidad de campo (*Presa de Richard*)

- ∞ Colocar el plato de cerámica en la olla extractora. Al igual Colocar los anillos retenedores sobre el plato de cerámica.
- ∞ Llenar los anillos retenedores con 10 – 15 gr de suelo (<2 mm) secado al aire.
- ∞ Agregar agua para cubrir el plato de cerámica pero no cubrir los anillos. Continuar agregando agua hasta que todas las muestras se hayan humedecido por capilaridad.
- ∞ Aplicar la presión especificada. Monitorear el capilar de descarga de agua.
- ∞ Cuando las muestras se han equilibrado, rápidamente transferir las muestras a los pesa filtros de peso conocido, cubrir con las tapas.

∞ Contenidos de sal en el suelo y el agua.

La mayoría de los factores que controlan la infiltración también gobiernan el movimiento del agua en el suelo y distribución durante y después del proceso de infiltración.

Existen varios métodos para medir la velocidad de infiltración en el campo, uno de ellos es de los cilindros infiltrómetro; consiste en verter agua en tres pares de cilindro concéntricos y medir a intervalos predefinidos la infiltración acumulada hasta alcanzar la infiltración básica.

Otro método es usando el infiltrómetro digital que consta de dos cilindros concéntricos integrados, perpendicular a ellos se encuentra una varilla con bolla en la punta que hace subir un indicador que señala los valores de infiltración acumulada en el tiempo una vez que se ha vertido agua.

En este estudio se utilizó el cilindro infiltrómetro.

Medida de la velocidad de infiltración: el procedimiento utilizado para medir la velocidad de infiltración el campo fue el de los concéntrico o infiltrómetro. Consiste en verter agua en los dos cilindros colocados en forma concéntrica, este método se utiliza en suelos en los que se implementan sistemas de riego por fajas, por compartimiento cerrados, aspersión y goteos.

3.5.2 Materiales

- ∞ Tres juegos de cilindros concéntricos de metal.
- ∞ Recipientes con agua
- ∞ Regla graduada
- ∞ Mazo o martillo
- ∞ Cuartón de madera
- ∞ Cronometro
- ∞ Plástico de polietileno
- ∞ Hoja de campo

3.5.3 Procedimiento realizado para la velocidad de infiltración

- ∞ Seleccionar un área representativa del suelo a analizar y cuya estructura no haya sido alterada.
- ∞ Se delimita una superficie de 5 x 5 m de lado y se limpian de hierbas las esquinas evitando compactarlas por pisoteo.

- ∞ Se instala en cada esquina un juego de cilindros para lo cual se sitúa en primer lugar el cilindro grande, subiéndolo sobre el cilindro y desplazándose sobre el borde, mientras que otra persona va aplicando golpes fuertes pero asentado sobre el mismo con un mazo de 8 kg, en posición vertical de manera que penetra parejamente hasta 15 cm de profundidad.
- ∞ Después se hace lo mismo con el cilindro pequeño pero enterrándolo solo hasta 10 cm.
- ∞ Posteriormente se hecha agua en el cilindro, sobre el polietileno hasta el enrase. Esta carga debe mantenerse constante en todo el transcurso de la determinación.
- ∞ Un minuto antes de comenzar la infiltración (06:59 am) echar agua en el cilindro grande hasta el enrase.
- ∞ Tomar las lecturas del nivel del agua cada 5, 10, 30, 45, 60, 120 minutos y luego cada 60 minutos. Hasta que la lectura sea constante, en cada lectura se rellenan con agua los cilindros hasta la marca de 15cm.

3.6 Levantamiento Topográfico

El levantamiento topográfico del área de estudio se realizó con ayuda de un GPS, dicho proceso consistió en bordear los linderos de plantación realizando una marcación en cada punto estratégico con el fin de hacer una presentación gráfica del terreno para determinar la ubicación de la tubería lateral, maestra y conductora.

Posteriormente estos datos fueron descargados a través de un programa llamado MapSource, y luego fueron procesados en el programa software AutoCad, para poder determinar los desniveles existentes en la parcela y para determinar la carga que deberá vencer la bomba en el diseño.

3.6.1 Cropwat 8.0 para Windows: (Crop= cultivo, wat= agua), es un programa que se utiliza el método de la FAO Penman – Monteith para determinar la evapotranspiración de los cultivos (Eto), los valores de la Eto son utilizados posteriormente para estimar los requerimientos de agua de los cultivos y calendario de riego.

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 áreas más o menos complejas que incluya una combinación de cultivo bajo riego. Este programa lo utilizamos con los datos proporcionados por INETER.

3.7 Norma de riego parcial neta: Se define la norma de riego parcial neta como la cantidad de agua que debe suministrársele al suelo para elevar su contenido de humedad hasta capacidad de campo.

La magnitud de la norma de riego parcial neta se calcula sobre las bases de las propiedades hidrofísicas del suelo y las características del cultivo, o sea, que depende del límite productivo, la profundidad del sistema radicular a humedecer, la capacidad de campo, la densidad aparente y los diferentes periodos vegetativos del cultivo.

3.7.1 Norma neta del cultivo

La norma parcial neta se expresa en m³/ha o en lámina de agua (mm), para obtener la norma parcial de riego en m³/ha se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$Nn = 100 * Da * H * (Cc - PMP)^{2/3}$$

Dónde:

Nn: Norma neta del cultivo. **Cc:** Capacidad de campo.

100: Factor de conversión. **PMP:** Punto de marchitez permanente.

Da: Densidad aparente. **H:** Profundidad radicular.

2/3: Fracción del agua utilizable que se deja agotar entre riegos.

3.7.2 Norma bruta del suelo: En general, cuando se aplica un riego, no toda el agua queda almacenada en la zona del suelo explorada por las raíces, sino que parte se pierde por evaporación, escorrentía y percolación profunda, siendo muy diferente la cuantía de cada tipo de pérdida según el sistema de riego.

La eficiencia de aplicación de riego (Ef), es precisamente el porcentaje de agua que las plantas aprovechan respecto del total aplicada. Su valor en riego por aspersión oscila entre el 65 – 90%, y se representa mediante la fórmula:

$$Nb_{suelo} = \frac{Nn}{Ef}$$

Dónde:

Nb_{suelo}: Norma bruta del suelo

Nn: Norma neta del cultivo

Ef: Eficiencia del riego (%)

3.8 Gasto Real: Es el que se mide a la salida del aspersor al aplicarle una presión determinada la cual se realiza utilizando aforos volumétricos o utilizando otros equipos de medición, y se representa mediante la fórmula:

Gasto Teórico de un aspersor

$$q_{0\text{teorico}} = 3.48d^2\sqrt{h_0}$$

3.8.1 Coeficiente de Gasto

$$C_g = \frac{Gasto_{real}}{Gasto_{teorico}}$$

Para Aspersores de una Boquilla

Para Aspersores de dos Boquilla

$$q_0 = 3.48 * C_g * d^2 \sqrt{h_0}$$

$$q_0 = 3.48(d_1^2 + d_2^2)\sqrt{h_0}$$

Dónde:

q₀: Gasto del aspersor (m³/s)

A: Área de salida de la boquilla (mm)

g: Aceleración de la gravedad (m/seg²)

h₀: Carga de presión a la salida del aspersor (m)

Altura de los tubos verticales para elevar los aspersores en dependencia del gasto:

Gasto del aspersor		Altura mínima del elevador
(Lps)	(Gpm)	(Cm)
0.25	3.96 – 11.88	15
0.75 – 1.70	11.88 – 27	25
1.70 – 3.40	27 – 54	30
3.40 – 8.50	54 – 135	35
8.50 y mas	135 y mas	90

Fuente: Diseño de sistemas de riego, Dr. Álvaro Aguilar, 2011.

3.9 Radio de Alcance: Es la distancia que recorre el chorro principal medida desde la base del aspersor con el equipo detenido sin girar y a cero (0) viento, y se representa mediante la fórmula:

$$R = 1.55ho \left[1 - \frac{0.95ho}{4.9 + ho} \right] \sqrt{1000d}$$

Dónde:

R: Radio de alcance (m)

ho: Presión de trabajo (m)

d: Diámetro de la boquilla (m)

3.9.1 Calidad de lluvia de un aspersor: En el aspersor de acuerdo a la presión de trabajo y al diámetro de salida se producen gotas de diferentes tamaño, las gotas muy gruesas afectan al suelo y al cultivo, se concentran en una zona de radio de alcance produciendo una baja uniformidad en la lámina aplicada, las gotas finas son arrastradas fácilmente por el viento produciendo también una baja uniformidad para ello se utiliza un índice para medir la calidad de lluvia.

El grosor de las gotas se determina por el índice del grosor (IG). Para calcularlos se tendrá en cuenta la presión y el diámetro con la boquilla seleccionada, el cual se determina con la siguiente fórmula:

$$IG = 12.85 \frac{h^{1.3}}{D}$$

Dónde:

IG = Índice de grosor de la gota.

h = Presión del aspersor (kg/cm²).

D = Diámetro de la boquilla (mm).

Rangos:

IG < 7 = Gotas gruesas.

IG > 17 = Gotas finas.

IG 7 a 17 = Grosor de gotas recomendables.

3.9.2 Área Efectiva

$$A_{efectiva} = E_a * E_l$$

Dónde:

E_a: Espaciamiento entre aspersores.

E_l: Espaciamiento entre laterales.

3.9.3 Intensidad de Aplicación Neta: Se determina con el tiempo de riego para aplicar una norma de riego determinada y la probabilidad de usar o no usar un determinado aspersor, y se representa mediante la fórmula:

$$I_a(neta) = \frac{3600q_o}{A_{efectiva}} * E$$

Dónde:

I_{a neta}: Intensidad de aplicación neta del aspersor (mm/hrs).

q_o: Gasto de diseño del aspersor (lps).

A_{efectiva}: Área a regar por un aspersor (m²).

E: Eficiencia de aplicación del riego por aspersión (%).

3.9.4 Tiempo de Puesta del aspersor

$$T_p = \frac{Nn}{I_a}$$

Dónde:

T_p: Tiempo de puesta del aspersor.

N_n: Norma neta (mm).

I_{a_{neto}}: Intensidad de aplicación neta del aspersor (mm/hrs).

3.10 Formulas empleadas en el diseño de la tubería lateral:

3.10.1 Expresión de Hazen Williams, Para valores de Z, Ver anexo VI, tabla # 3.

$$hf = Z \frac{1742}{C^{1.852}} * \frac{qo^{1.852}}{d^{4.87}} * L$$

3.10.2 Coeficiente de rozamiento.

$$K_L = \frac{1742}{C^{1.852}}$$

Dónde:

hf: Perdidas por Fricción.

K_L: Coeficiente de Rozamiento.

qo: Gasto.

d: Diámetro de la tubería.

L: Longitud de la tubería.

Z: Factor de corrección de Christiansen.

3.10.3 Calculo de Números de Aspersores.

$$N = L / Ea$$

Dónde:

L: Longitud de la tubería (m).

Ea: Espaciamiento entre aspersores a lo largo del lateral.

3.10.4 Calculo del Gasto en el Lateral.

$$Q_L = N * q_o$$

Dónde:

Q_L: Gasto en el lateral.

N: Numero de aspersores.

q_o: Gasto.

3.10.5 Calculo de las Perdidas Máximas.

$$hf_{max} = 0.2ho$$

3.10.6 Calculo del Diámetro de la Tubería

$$D_{Diseño} = \left[\frac{Z * L * q_o^{1.852} * K_L}{hf_{MAX}} \right]^{1/4.87}$$

Dónde:

hf_{MAX}: Perdidas máximas.

K_L: Coeficiente de rozamiento.

q_o: Gasto del lateral.

L: Longitud de la tubería.

Z: Factor de corrección de Christiansen.

3.10.7 Calculo de las Pérdidas Reales.

$$hf_{real} = 0.2ho \left(\frac{d}{dc} \right)^{4.87}$$

Dónde:

h_o: Presión de trabajo del aspersor.

d: Diámetro calculado.

dc: Diámetro comercial.

3.10.8 Calculo de la Carga de Energía a la entrada del Lateral.

$$H_L = Hn + h_{elev} \pm \Delta z \quad \longrightarrow \text{Donde} \quad Hn = h_o + 0.75hf$$

Dónde:

H_L: Carga a la entrada a la tubería lateral.

h_{elev}: Altura del elevador.

ΔZ: ± Desnivel del terreno.

hf: Perdidas reales.

h_o: Presión de trabajo del aspersor.

3.11 Formulas empleadas en el diseño de la tubería maestra:

3.11.1 Calculo de Número de Posiciones.

a. Lateral moviéndose a ambos lados de la maestra

$$P_L = \frac{2LM}{E_L}$$

b. Lateral moviéndose a un lado de la maestra

$$P_L = \frac{LM}{E_L}$$

Dónde:

L_M: Longitud de la tubería maestra.

E_L: Espaciamiento entre laterales.

3.11.2 Calculo de Número de Posiciones por cada Lateral.

$$Pd_L = \frac{Jornada}{Tp + Tc}$$

Dónde:

Pd_L: Numero de posiciones por cada lateral.

Jornada: Jornada diarias de trabajo.

T_p: Tiempo de puesta.

T_c: Tiempo de cambio.

3.11.3 Calculo de Número de Lateral.

$$N_L = \frac{P_L}{Pd_L * T}$$

Dónde:

P_L: Números de posiciones de los laterales para regar toda el área.

Pd_L: Posiciones diarias del lateral.

N_L: Numero de laterales.

T: Tiempo de riegos en días (números de días en que se debe aplicar la norma).

3.11.4 Calculo del Gasto de la tubería Maestra.

$$Q_M = N_L * Q_L$$

Dónde:

Q_M: Gasto de la tubería maestra.

N_L: Número de laterales.

Q_L: Caudal del lateral.

3.11.5 Calculo de Perdidas Máximas.

$$hf_{MAX} = 0.25h_o$$

3.11.6 Calculo del diámetro de la tubería maestra.

$$hf = Z \frac{1742}{C^{1.852}} * \frac{qo^{1.852}}{d^{4.87}} * L$$

Dónde:

hf: Perdidas por Fricción.

qo: Gasto de la tubería maestra.

d: Diámetro de la tubería maestra.

L: Longitud de la tubería maestra.

Z: Factor de corrección de Christiansen.

3.11.7 Calculo de Pérdidas Totales.

$$hf_{MT} = hf_{M1} + hf_{M2}$$

$$hf_{MTOTAL} \leq hf_{MAX}$$

- En este caso asumimos un diámetro de tubería y se calculan las pérdidas por tramos, si las sumas de las pérdidas de los tramos es menor que las pérdidas máximas el diámetro asumido es correcto de lo contrario realizamos otro tanteo.

3.11.8 Calculo de la Carga a la Entrada de la Maestra.

$$Hf_M = H_{Lat} + hf_{MT} + hf_{acc} \pm \Delta Z \quad \longrightarrow \quad hf_L = 0.10(hf_L + hf_M)$$

Dónde:

H_{Lat}: Carga a la entrada del lateral.

Hf_M: Perdida de carga en la tubería maestra.

hf_{acc}: Perdida de carga por accesorios.

±ΔZ: Desnivel del terreno.

hf_L: Perdida de carga real del lateral.

3.12 Formulas empleadas en el diseño de la tubería conductora:

3.12.1 Calculo del Diámetro de la Tubería Conductora.

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}$$

Dónde:

D: Diámetro de la tubería.

4: valor constante.

Q: Gasto en la tubería conductora.

V: Velocidad de circulación.

3.12.2 Calculo de las Pérdidas de Cargas.

$$hf_{conduct} = \frac{1742}{C^{1.852}} * \frac{Q^{1.852}}{D^{4.87}} * L$$

Dónde:

hf_{conduct}: Perdida de carga en la tubería conductora.

Q_o: Gasto en la tubería conductora.

D: Diámetro de la tubería conductora.

L: Longitud de la tubería conductora.

3.12.3 Calculo de la Carga total a la Entrada de la Tubería Conductora.

$$H_{\text{conduct}} = H_{\text{maestra}} + hf_{\text{conduct}} \pm \Delta Z + hf_{\text{locales}}$$

Dónde:

H_{conduct}: Perdidas en la tubería conductora.

H_{maestra}: Perdida en la tubería maestra.

hf_{conduct}: Perdida de carga en la tubería conductora.

ΔZ: Desnivel del terreno.

hf_{locales}: Perdidas locales.

3.12.4 Calculo de Pérdidas en Accesorios en la Tubería Conductora.

$$hf_{\text{locales}} = K * \frac{V^2}{2g} \quad V = \frac{Q}{A}$$
$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

Dónde:

hf_{locales}= Perdidas de carga localizada (m)

V= velocidad media del agua, antes o después del punto singular. (m/s)

K= Coeficiente determinado en forma empírica para cada tipo de puntos singular.

Q= Caudal del aspersor (m³/s)

D= Diámetro de la tubería conductora (m)

A= Área (m²)

3.12.5 Carga Total Dinámica.

$$CTD = H_{conductora} + NDB$$

Dónde:

CTD= Carga total dinámica.

H_{conductora}= Perdidas en la tubería conductora.

NDB= Nivel dinámico de bombeo.

3.12.6 Calculo de la potencia de bombeo (HP)

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

Dónde:

Hp = Potencia del equipo de bombeo.

Q = caudal de la tubería conductora (m³/h).

CDT = Presión manométrica total (m).

Ef = eficiencia de la bomba (%).

Fs = Factor de seguridad para motores de combustión eléctrica.

Condiciones para el factor de seguridad:

Para motores de combustión interna= 1.20

Para motores de combustión eléctrica= 1.15

3.12.7 Calculo del costo de operación del sistema de riego por ciclo vegetativo del cultivo.

$$CEE = KW * T * COSTOKW - H$$

Dónde:

CEE = Costo de energía eléctrica.

KW = Kilowatt.

T = Horas de trabajo por ciclo vegetativo del cultivo.

3.12.8 Calculo de la mano de obra

Mano de obra 1 = sueldo del operador * turno.

Mano de obra 2 = sueldo del ayudante * turno.

Mano de obra total = Mano de obra 1 + Mano de obra 2 * días de riego.

3.12.9 Calculo del costo de mantenimiento por ciclo vegetativo del cultivo

Costo de mantenimiento = costo de inversión * 2%

CAPITULO IV

CALCULOS

4.1 Cálculos de laboratorio

Para el desarrollo del diseño agronómico se toman los siguientes datos obtenidos en el laboratorio de suelo.

Densidad aparente

Peso tara (PT)

Tara A = 145.9 gr

Tara Maíz = 146.9 gr

Tara blanca = 147.6 gr

Peso suelo húmedo + tara

Tara A = 296.7 gr

Tara Maíz = 291.5 gr

Tara blanca = 285.8 gr

Peso de suelo seco – peso de la tara

Tara A = 260.7 gr – 145.9 gr = 114.8 gr

Tara maíz = 254.1 gr – 146.9 gr = 107.2 gr

Tara blanca = 256.4 – 147.6 gr = 108.8 gr

Volumen del cilindro

$$V = \frac{\pi D^2}{4} * \text{Altura del cilindro}$$

$$V = \frac{(\pi)(3.7)^2}{4} * 9.8 = 105.37 \text{ cm}^3$$

Densidad aparente tanteo # 1

$$Da = \frac{114.8gr}{105.37cm} = 1.09 \text{ gr/cm}^3$$

Densidad aparente tanteo # 2

$$Da = \frac{107.2gr}{105.37cm} = 1.02 \text{ gr/cm}^3$$

Densidad aparente tanteo # 3

$$Da = \frac{108.8gr}{105.37cm} = 1.03 \text{ gr/cm}^3$$

Densidad aparente, promedio del tanteo #2 y tanteo #3

$$Da = \frac{1.02gr/cm^3 + 1.03gr/cm^3}{2} = 1.03 \text{ gr/cm}^3$$

$$Da = 1.03 \text{ gr/cm}^3$$

Capacidad de campo

Peso de la tara (PT)

Tara 01-3 = 48.3 gr

Tara 02-3 = 50.6 gr

Peso suelo húmedo + tara

Tara 01-3 = 70.5 gr

Tara 02-3 = 72.9 gr

Peso suelo seco + tara

Tara 01-3 = 63.7 gr

Tara 02-3 = 66.1 gr

Pesos

$$Psh = 22.2$$

$$Pss_1 = 15.5$$

$$Pss_2 = 15.5$$

$$Cc = \frac{22.2 + 15.4}{15.4} * 100 = 44.16$$

$$Cc = \frac{22.3 + 15.5}{15.5} * 100 = 43.87$$

Promedio de los 2 resultados

$$Cc = 44.02$$

Punto de marchitez permanente (PMP)

$$PMP = \frac{44.02}{1.84} = 23.92$$

4.2 Cálculos para realizar el diseño agronómico

Norma neta del cultivo

$$Nn = 100 * Da * H * (Cc - PMP) * 2/3$$

$$Nn = 100 * 1.03 * 0.3 * (44.02 - 23.92) * 2/3$$

$$Nn = 414.06m^3 / ha$$

$$Nn = 41.41mm$$

Norma bruta del suelo:

$$Nb_{suelo} = \frac{Nn}{Ef}$$

$$Nn = 41.41mm / 0.75$$

$$Nn = 55.21mm$$

Norma bruta del cultivo:

$$Nb_{cultivo} = \frac{Uc}{Ef}$$

$$Nb = \frac{6mm / dia}{0.75}$$

$$Nb = 8mm / dia$$

4.3 Cálculos para realizar el diseño hidráulico

Seleccionamos un aspersor para regar 2.1 ha, el gasto del aspersor es de 0.71 L/S. el aspersor seleccionado fui de acuerdo con el *anexo VI, tabla # 4* para un gasto 0.71 L/S tiene diámetros de boquillas 5.95mm * 3.18mm, un diámetro mojado 32mts, opera con una carga 24.6mca.

Gasto teórico del aspersor de doble boquillas: (11.2 gpm)

$$g_{Oteorico} = 3.48(d1 + d2)^2 \sqrt{h_o}$$

$$g_{Oteorico} = 3.48(0.0060m + 0.0032m)^2 \sqrt{24.6}$$

$$g_{Oteorico} = 0.0007981m^3 / s \quad ; \quad g_{Oteorico} = 0.71L / s$$

Coeficiente de Gasto:

$$Cg = \frac{Gasto_{real}}{Gasto_{teorico}}$$

$$Cg = \frac{0.0007065}{0.0007981} = Cg = 0.89$$

Radio de alcance (FORMA DE ZUNKER)

$$R = 1.55ho \left[1 - \frac{0.95ho}{4.9 + ho} \right] \sqrt{1000d}$$

$$R = 1.55(24.6) \left[1 - \frac{0.95(24.6)}{4.9 + 24.6} \right] \sqrt{1000(0.0060)}$$

$$R = 19.41mts$$

$$D_{catalogo} = \frac{32.3}{2} R = 16.2m$$

El radio a utilizar en el desarrollo de los cálculos fue el de catálogo ya que este ha sido sometido a diferentes pruebas en laboratorio por el fabricante.

Intensidad de aplicación neta:

El espaciamiento entre aspersores y espaciamiento entre laterales.

Debido a la incidencia del viento se estimó conveniente tomar una disposición cuadrada. **Ver anexo VI, tabla # 1.**

$$Ia(neta) = \frac{3600qo}{Aefectiva} * E$$

$$Ia(neta) = \frac{3600 * 0.7065}{324} * 0.75$$

$$Ia(neta) = 5.89mm / hrs$$

$$Aefectiva = 18 * 18 = 324m^2$$

- $Ia < Vi$ La intensidad de aplicación está bien ya que la velocidad de infiltración es mayor.

Tiempo de puesta:

$$T_p = \frac{NormaNetaSuelo}{Ia(neta)}$$

$$T_p = \frac{41.41mm}{5.89mm / hr}$$

$$T_p = 7hrs$$

Calidad de lluvia:

$$IG = 12.85 \frac{h^{1.3}}{D}$$

$$IG = 12.85 \frac{(2.41kg / cm^2)^{1.3}}{5.95mm} = 6.78 \cong 7$$

IG 7 a 17 = Consideradas como gotas recomendables.

4.4 Cálculos para realizar el diseño de la tubería lateral

Cálculo de pérdidas según la ecuación de Hazen Williams:

$$hf = Z \frac{1742}{C^{1.852}} * \frac{qo^{1.852}}{d^{4.87}} * L$$

- **Coefficiente de rozamiento:**

$$K_L = \frac{1742}{C^{1.852}}$$

$$K_L = \frac{1742}{(120)^{1.852}}$$

$$K_L = 0.25$$

Calculo del diámetro efectivo:

Para el cálculo del diámetro efectivo se estima la disposición cuadrada y se utiliza el diámetro de catálogo del aspersor. **Ver anexo VI, tabla # 1.**

$$Defect = 0.55 * D_{aspersor}$$

$$Defect = 0.55 * 32.3m = 17.77$$

$$Defect = 18m$$

Se redondea al valor inmediato superior múltiplo de seis, en este caso Ea y $Ei=18m$

Calculo de número de aspersores:

$$N = L / Ea$$

$$N = \frac{90}{18}$$

$$N = 5$$

Calculo del gasto en el lateral:

$$Q_L = N * q_o$$

$$Q_L = 5 * 0.7065 lps = 3.53 lps$$

Determinar con N y M = Z, Ver anexo VI, tabla # 3:

$$N = 5 \quad Z = 44.9$$

$$M = 1.852$$

Calculo de las perdidas máximas:

$$hf_{max} = 0.2ho$$

$$hf_{max} = 0.2 * 24.6 = 4.92m$$

Calculo del diámetro de la tubería:

$$D_{Diseño} = \left[\frac{Z * L * q_o^{1.852} * K_L}{hf_{MAX}} \right]^{1/4.87}$$

$$d = \left[\frac{0.25 * 44.9 * 0.7065^{1.852} * 18}{4.92} \right]^{1/4.87} = 1.88''$$

$d = 1.88'' \cong dc = 2''$ Se redondea al valor inmediato superior comercial.

Calculo de pérdidas reales:

$$hf_{real} = 0.2ho \left(\frac{d}{dc} \right)^{4.87}$$

$$hf_{real} = 0.2(24.6) \left(\frac{1.76}{2} \right)^{4.87}$$

$$hf_{real} = 2.64m$$

Calculo de la longitud máxima de la tubería lateral:

Longitud máxima del lateral = N°aspersores*El

Longitud máxima del lateral = 5 * 18 = 90 m

Calculo de la carga a la entrada del lateral:

$$H_L = H_n + h_{elev} \pm \Delta z \longrightarrow \text{Donde} \quad H_n = h_o + 0.75hf$$

$$H_L = 26.58 + 1.5 - 1 = 27.08m$$

$$H_n = 24.6 + 0.75(2.64) = 26.58m$$

4.5 Cálculos para realizar el diseño de la tubería maestra

Longitud de la maestra = **235mts.**

Longitud de lateral = **90mts.**

Gasto de cada lateral = **3.53 lps = 56gpm**

Tiempo de puesta = **7 hrs**

Tiempo de cambio = 2*0.5hrs = **1 hrs**

Tiempo de riego = **7 días**

Jornada de trabajo = **15 horas**

Hreal = **2.64 m**

ΔZ : = 0; No presenta ningún desnivel.

Calculo de número de posiciones:

$$P_L = \frac{LM}{E_L}$$

$$P_L = \frac{235mts}{18} = 13.1 \cong 13$$

Lateral moviéndose a un lado de la tubería maestra.

$$P_L = 13 \text{ posiciones}$$

Calculo de número de posiciones por cada lateral:

$$Pd_L = \frac{15hrs}{7hr + 0.5hr} = 1.88 \cong 2$$

este caso:

Se redondea al valor inmediato superior en

$$Pd_L = 2 \text{ posiciones}$$

Calculo de número de lateral:

$$N_L = \frac{P_L}{Pd_L * T}$$

$$N_L = \frac{13}{2 * 7} = 0.93 \cong 1$$

Se redondea al valor inmediato superior en este caso:

$$N_L = 1 \text{ laterales}$$

Calculo del gasto de la maestra:

$$Q_M = N_L * Q_L$$

$$Q_M = 1 * 3.53lps$$

$$Q_M = 3.53lps$$

Calculo de pérdidas máximas:

$$hf_{MAX} = 0.25h_o$$

$$hf_{MAX} = 0.25 * 24.6m$$

$$hf_{MAX} = 6.15m$$

Calculo del diámetro de la maestra:

$$hf = Z \frac{1742}{C^{1.852}} * \frac{go^{1.852}}{d^{4.87}} * L$$

- Dado que por la tubería maestra circula el caudal total de la bomba para distribuirlo en 1 lateral asimismo un diámetro que permita una circulación de flujo a velocidades entre 0.9 - 1.2 m/s.

Diámetro de diseño ($\Phi=3''$)

$$hf_{M1} = \frac{1742}{(150)^{1.852}} * \frac{(3.53lps)^{1.852}}{(3'')^{4.87}} * 235mts$$

$$hf_{M1} = 1.87mts$$

$$hf_{MT} < hf_{MAX} \quad \text{Cumple con las condiciones de pérdidas máximas.}$$

Calculo de la carga a la entrada de la maestra:

$$Hf_M = H_{Lat} + hf_{MT} + hf_{acc} \pm \Delta Z \longrightarrow hf_L = 0.10(hf_L + hf_M)$$

$$hf_L = 0.10(2.64m + 1.87m) = 0.45m$$

$$H_M = 27.08m + 1.87m + 0.45m - 0m$$

$$H_M = 29.40m$$

Caudal de la tubería maestra:

$$Q_M = 3.53lps \longrightarrow Q_M = 56 gpm$$

4.6 Cálculos para realizar el diseño de la tubería conductora

Calculo del diámetro de la tubería

- Se escoge criterio $V = 1.2$ m/s porque la longitud es ≤ 3 km.

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0.004}{\pi * 1.2}}$$

$$D = 0.065m = 2.56'' \cong 3''$$

Al pasar el diámetro encontrado a la unidad de medición pulgadas, nos da un valor de 2.56'', por lo cual este valor lo elevamos al inmediato superior siendo este un diámetro comercial de 3''.

Calculo de las pérdidas de cargas (Hazen Williams)

$$hf_{conduct} = \frac{1742}{C^{1.852}} * \frac{Q^{1.852}}{D^{4.87}} * L$$

$$hf_{conduct} = \frac{1742}{(150)^{1.852}} * \frac{(3.53)^{1.852}}{(3'')^{4.87}} * 24m$$

$$hf_{conduct} = 0.34mts$$

Calculo de Pérdidas en Accesorios en la Tubería Conductora.

Perdidas en la Tee normal con salida a la tubería conductora

$$A = \frac{(\pi)(0.05)^2}{4} = 0.00196m$$

$$V = \frac{0.0007065 \frac{m^3}{s}}{0.00196m^2} = 0.3604m$$

$$hf_{cales} = 1.80 * \frac{(0.3604m/s)^2}{2(9.8m/s^2)} = 0.0119m$$

Perdidas en codos de 45°x2" (se utilizan 2 codos)

$$hf_{cales} = 0.45 * \frac{(0.3604m/s)^2}{2(9.8m/s^2)} = 0.0029m * 2 = 0.0058m$$

Perdida en codo de 90°x3"

$$hf_{cales} = 0.90 * \frac{(0.3604m/s)^2}{2(9.8m/s^2)} = 0.006m$$

Perdida en válvula de esclusa

$$hf_{cales} = 2.5 * \frac{(0.3604m/s)^2}{2(9.8m/s^2)} = 0.0165m$$

$$hf_{cales} = 0.0119m + 0.0058m + 0.006m + 0.0165m = 0.0402m$$

$$hf_{cales} = 0.0402m$$

Calculo de la carga total a la entrada de la tubería conductora

$$H_{conduct} = H_{maestra} + hf_{conductora} \pm \Delta Z + hf_{locales}$$

$$H_{conduct} = 29.40m + 0.34m - 0m + 0.0402m$$

$$H_{conduct} = 29.78m$$

Carga total dinámica.

$$CTD = H_{conductora} + NDB$$

$$CTD = 29.78m + 15m$$

$$CTD = 44.78m$$

Calculo de la potencia de bombeo (HP)

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

$$HP = \frac{12.7m^3 / hr * 44.78m}{270 * 0.75} * 1.15$$

$$HP = 3.22hp$$

4.7 Calculo del costo de operación del sistema de riego por ciclo vegetativo del cultivo.

Costo kw = c\$ 5.28 (Dato obtenido INE, Irrigación de campos agrícola)

$$CEE = KW * T * COSTOKW - H$$

$$CEE = 2.238 * 1400 * 5.28$$

$$CEE = C\$ 16,543.20$$

$$KW = HP * 0.746$$

$$KW = 3 * 0.746$$

$$KW = 2.238$$

$T = \text{Días de riego del ciclo vegetativo} * \text{ tiempo de riego}$

$T = 100 * 14$

$T = 1400 \text{ hrs}$

Calculo de la mano de obra

Mano de obra 1 = sueldo del operador * turno

Mano de obra 1 = $200 * 2 = 400$

Mano de obra 2 = sueldo del ayudante * turno

Mano de obra 2 = $150 * 2 = 300$

Mano de obra total = Mano de obra 1 + Mano de obra 2 * días de riego

Mano de obra total = $400 + 300 * 100$

Mano de obra total = C \$ 70,000

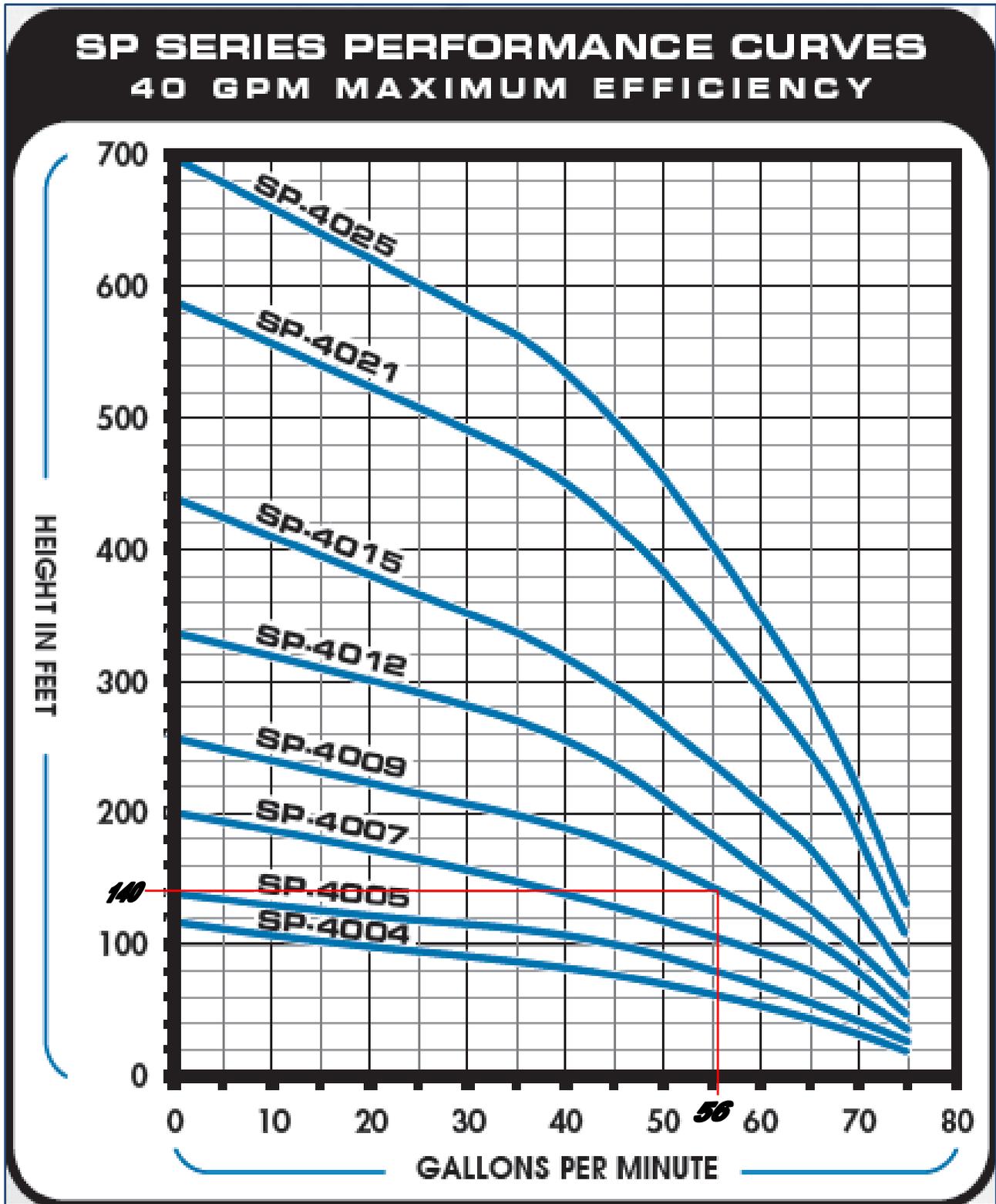
Calculo del costo de mantenimiento por ciclo vegetativo del cultivo

Costo de mantenimiento = costo de inversión * 2%

Costo de mantenimiento = $98,393.25 * 2\%$

Costo de mantenimiento = C \$ 1, 967.86

Curva Característica de la Bomba Seleccionada de 3HP



4.9 COSTO DE INVERSION PARA EL RIEGO POR ASPERSION EN LA FINCA

CEA - UNI

CODIGO	DESCRIPCION COMERCIAL	CANTIDAD	P/UNIDAD	TOTAL
TUBERIA				
1	TUBO PVC 75MM 3" x 6M	44	280.00	12,320.00
2	TUBO DE ALUMINIO DE 2" x 9M, CON SU ACOPLE Y TERMINAL CON SALIDA	5	975.80	4,879.00
3	TUBO DE ALUMINIO DE 2" x 9M, CON SU ACOPLE Y TERMINAL SIN SALIDA	5	904.40	4,522.00
4	TUBO DE HIERRO GALBANIZADO DE 2" x 10' LARGO	5	980.25	4,901.25
5	TUBO PVC CON CONDUIT ½" x 10'	6	19.00	114.00
HIDRANTE				
6	VALVULA HIDRANTE SENCILLO, 3" ROSCA HEMBRA	5	1,348.98	6,744.92
7	CODO LLAVE DE ALUMINIO, 3" x 2"	1	1,815.94	1,815.94
8	VALVULA COMPUERTA METALICA, C/R 2"	1	491.97	491.97
9	CODO GALVANIZADO 2" x 90°	1	131.40	131.40
10	NIPLE GALVANIZADO H°G° T/ROS 2"	2	38.48	76.96
11	UNION GALVANIZADA 2"	5	86.15	430.75
12	MANOMETRO M, 0-100 PSI ¼" NPT	1	238.60	238.60
13	TEE C/ROS GALVANIZADA 2" x 1"	1	201.82	201.82
14	REDUCTOR BUSHING GALV. 1" x 1/2"	1	64.85	64.85
15	REDUCTOR BUSHING GALV. 1/2" x ¼"	1	17.42	17.42
16	CODO DE ALUMINIO DE 2" x 90° CON SUS TERMINALES Y GANCHO	1	856.80	856.80
17	TAPON H, PVC SCH40 75MM, 3" C/R	2	50.00	100.00
18	ADAPTADOR M, PVC SCH40 75MM, 3"	2	39.00	78.00
19	ADAPTADOR M, PVC SCH40 75MM, 2"	1	30.20	30.20
20	REDUCTOR PVC 3" x 2"	1	48.00	48.00
21	CODO 45° PVC SCH40 75MM, 2"	2	28.00	56.00
22	CODO 90° PVC SCH40 75MM, 3"	2	80.00	160.00
23	TEE PVC SCH40 75MM, 3"	6	105.00	630.00
24	UNION PVC SCH40 75MM, 3"	24	15.00	360.00
25	PEGAMENTO PVC 470ML - 1/8 GL	4	85.00	340.00
ASPERSOR				
26	ASPERSOR SENINGER 5023 – 2 - 3/4" M	5	464.10	2,320.50
27	REDUCTOR COPA EN H°G° DE 1" A ¾", ALUMINIO	5	83.30	416.50
28	ELEVADOR DE H°G° DE 1.50M x 1" C/R, ALUMINIO	5	297.50	1,487.50
29	BARRA ESTABILIZADORA DE 24" x 2.5", ALUMINIO	5	428.40	2,142.00
30	TAPON M, FINAL 2" ALUMINIO	1	193.97	193.97

BOMBA				
31	BOMBA ACERO INOXIDABLE, CON UNA CAPACIDAD DE 56GPM	1	9,996.00	9,996.00
32	MOTOR SUMERGIBLE PARA UNA POTENCIA DE 3HP, PARA OPERAR CON ENERGIA DE 1PH/60HZ/220 VOLTIOS	1	14,280.00	14,280.00
33	CONTROL BOX PARA 3HP Y OPERA CON ENERGIA DE 1PH/220 VOLTIOS	1	5,593.00	5,593.00
34	COSTO DE INSTALACION DEL EQUIPO	1	9,520.00	9,520.00
SUB-TOTAL				85,559.35
I.V.A (15%)				12,833.90
TOTAL C \$				98,393.25
PRECIO TOTAL \$ (24.00) ACTUALMENTE				4,099.72

FUENTE: AMANCO S.A, IRRIGACIONES Y PERFORACIONES MCGREGOR S.A, FERRETERIA ULISES MORALES.

CAPITULO V

RESULTADOS

5.1

Diseño Agronómico		
Parámetro	Ecuación	Resultado
Norma neta del cultivo	$Nn = 100 * Da * H * (Cc - PMP)^{2/3}$ $Nn = 100 * 1.03 * 0.3 * (44.02 - 23.92)^{2/3}$	$Nn = 41.41mm$
Norma bruta del suelo	$Nb_{suelo} = \frac{Nn}{Ef}$ $Nn = 41.41mm / 0.75$	$Nn = 55.21mm$
Norma bruta del cultivo	$Nb_{cultivo} = \frac{Uc}{Ef}$ $Nb = \frac{6mm/dia}{0.75}$	$Nb = 8mm/dia$

5.2

Diseño Hidráulico		
Parámetro	Ecuación	Resultado
Calculo del gasto teórico	$gO_{teorico} = 3.48(d1 + d2)^2 \sqrt{h_o}$ $gO_{teorico} = 3.48(0.0060m + 0.0032m)^2 \sqrt{24.6}$	$0.0007981 m^3/s$
Calculo del coeficiente de gasto	$Cg = \frac{Gasto_{real}}{Gasto_{teorico}}$ $Cg = \frac{0.0007065}{0.0007981}$	0.89
Radio de alcance dado en catalogo	$D_{catalogo} = \frac{32.3}{2}$	$16.2 m$
Calculo de la intensidad de aplicación	$Ia(neta) = \frac{3600qo}{Aefectiva} * E$ $Ia(neta) = \frac{3600 * 0.7065}{324} * 0.75$	$5.89 mm/hr$
Calculo del área efectiva	$Aefectiva = Ea * El$	$324 m^2$
Calculo de la calidad de lluvia	$IG = 12.85 \frac{h^{1.3}}{D}$ $IG = 12.85 \frac{(2.41kg/cm^2)^{1.3}}{5.95mm}$	7 (gotas recomendables)

Calculo tiempo puesta	el de	$T_p = \frac{\text{NormaNetaSuelo}}{Ia(\text{neta})}$ $T_p = \frac{41.41\text{mm}}{5.89\text{mm/hr}}$	7 Horas
-----------------------	-------	---	---------

5.3

Diseño de la Tubería Lateral			
Parámetro		Ecuación	Resultado
Determinación de KI		$K_L = \frac{1742}{C^{1.852}} \quad K_L = \frac{1742}{(120)^{1.852}}$	0.25
Calculo del diámetro efectivo		$\text{Defect} = 0.55 * D_{\text{aspersor}}$ $\text{Defect} = 0.55 * 32.3\text{m}$	18 m
Calculo el número de aspersores	el de	$N = L / Ea$ $N = \frac{90}{18}$	5
Calculo del gasto en el lateral		$Q_L = N * q_o$ $Q_L = 5 * 0.7065\text{lps}$	3.53 lps
Determinamos Z, según tabla			N=5 M=1.852 Z=44.9
Calculo de perdidas máximas	de	$hf_{\text{max}} = 0.2ho$ $hf_{\text{max}} = 0.2 * 24.6$	4.92 m
Calculo del diámetro de la tubería	del de la	$D_{\text{Diseño}} = \left[\frac{Z * L * q_o^{1.852} * K_L}{hf_{\text{MAX}}} \right]^{1/4.87}$ $d = \left[\frac{0.25 * 44.9 * 0.7065^{1.852} * 18}{4.92} \right]^{1/4.87} = 1.88''$	2"
Calculo de las pérdidas reales		$hf_{\text{real}} = 0.2ho \left(\frac{d}{dc} \right)^{4.87}$ $hf_{\text{real}} = 0.2(24.6) \left(\frac{1.76}{2} \right)^{4.87}$	2.64m
Calculo de la longitud máxima del lateral	de la	Nºaspersores*El	90 m
Calculo de la carga a la entrada del lateral	de la	$H_n = ho + 0.75hf$ $H_n = 24.6 + 0.75(2.64) = 26.58\text{m}$ $H_L = H_n + h_{\text{elev}} \pm \Delta z$ $H_L = 26.58 + 1.5 - 1 = 27.08\text{m}$	27.08 m

5.4

Diseño de la Tubería Maestra		
Parámetro	Ecuación	Resultado
Longitud de la tubería maestra		235 m
Tiempo de cambio		0.5 hrs
Tiempo de riego		7 días
Jornada de trabajo		15 hr
Desnivel del terreno		$\Delta Z = 0$ m
Calculo el número de posiciones	$P_L = \frac{LM}{E_L} \quad P_L = \frac{235mts}{18}$	13
Calculo del número de posiciones por cada lateral	$Pd_L = \frac{Jornada}{T_p + T_c}$ $Pd_L = \frac{15hrs}{7hr + 0.5hr} = 1.88$	2
Calculo del número de laterales	$N_L = \frac{P_L}{Pd_L * T}$ $N_L = \frac{13}{2 * 7} = 0.93$	1
Calculo del gasto de la tubería maestra	$Q_M = N_L * Q_L \quad Q_M = 1 * 3.53lps$	3.53 lps
Calculo de las perdidas máximas	$hf_{MAX} = 0.25h_o$ $hf_{MAX} = 0.25 * 24.6m$	6.15 m
Calculo del diámetro de la tubería maestra	$hf = \frac{1742}{C^{1.852}} * \frac{g_o^{1.852}}{d^{4.87}} * L$ $hf_M = \frac{1742}{(150)^{1.852}} * \frac{(3.53lps)^{1.852}}{(3'')^{4.87}} * 235mts \quad hf_M = 1.87mts$	3"
$hf_{MT} < hf_{MAX}$ Cumple con las condiciones de pérdidas máximas		
Perdidas por accesorios	$hf_L = 0.10(hf_L + hf_M)$ $hf_L = 0.10(2.64m + 1.87m)$	0.45 m
Calculo de la carga a la entrada de la tubería maestra	$Hf_M = H_{Lat} + hf_{MT} + hf_{acc} \pm \Delta Z$ $H_M = 27.08m + 1.87m + 0.45m - 0m$	29.40 m

5.5

Diseño de la Tubería Conectora		
Parámetro	Ecuación	Resultado
	Velocidad de circulación	1.2 m/s
Calculo del diámetro de la tubería	$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}$ $D = \sqrt{\frac{4 * 0.004}{\pi * 1.2}}$ $D = 0.065m = 2.56''$	3"
Calculo de las pérdidas de carga	$hf = \frac{1742}{C^{1.852}} * \frac{go^{1.852}}{d^{4.87}} * L$ $hf_{conduct} = \frac{1742}{(150)^{1.852}} * \frac{(3.53)^{1.852}}{(3'')^{4.87}} * 24m$	0.34 m
	Perdidas por accesorios	0.00776 m
Calculo de la carga total a la entrada de la tubería conductora	$H_{conduct} = H_{maestra} + hf_{conductora} \pm \Delta Z + hf_{locales}$ $H_{conduct} = 29.40m + 0.34m - 0m + 0.0402m$	29.74 m
Calculo de la carga total dinámica	$CTD = H_{conductora} + NDB$	44.78 m
Calculo de la potencia bombeo	$HP = \frac{Q * CDT}{270 * Ef} * Fs$	3.22 Hp

5.6

Perdidas por accesorios en la tubería conductora usando factor K				
Accesorios	Valor de K	hf _{locales} (mts)	Cantidad	Total (mts)
Tee normal con salida a la tubería conductora	1.80	0.0119	1	0.0119
Codo de 45°x2"	0.45	0.0029	2	0.00058
Codo de 90°x2"	0.90	0.006	1	0.006
Válvula de esclusa	2.5	0.0165	1	0.0165

5.7 Costo de operación del sistema de riego por ciclo vegetativo del cultivo

Concepto	Costo por ciclo vegetativo (C\$)
Costo de energía	16, 543.20
Costo de mano de obra	70, 000.00
Costo de mantenimiento	1, 967.86
Costo total	88,511.06

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

1. De acuerdo a los resultados obtenidos en los análisis de suelo realizados en laboratorio de Edafología se obtuvo que el suelo tiene una textura franco arenoso con una estructura de (Arcilla=16.18%, Limo=21.57%, Arena=62.25%), su Densidad Aparente de 1.03 gr/cm^3 y su Velocidad de Infiltración es de 17.779 mm/hr.
2. En el levantamiento topográfico se determinaron las curvas de nivel y obtuvieron pendientes no mayores de 1m, obteniendo un buen drenaje lo cual se adaptan perfectamente a las necesidades tanto el cultivo como a todo el equipo de riego. Las condiciones edafoclimaticas de la zona de estudio son aceptables, puesto que el clima es cálido y presenta precipitaciones optimas lo cual se considera una condición excelente para el cultivo de acuerdo a sus necesidades tanto hídricas como climáticas.
3. La velocidad de aplicación del aspensor es compatible con la velocidad de infiltración del suelo, cumpliéndose la condición **$la = 5.89 \text{ mm/hr} < Vi = 17.779 \text{ mm/hr}$** lo cual no se produce escorrentía y la selección del aspensor es considerado correcto.
4. La evapotranspiración calculada por Cropwat fue de 5.15 mm/día la cual será perfectamente cubierta por el equipo de riego, ya que cuenta con una buena distribución de presiones en las tuberías y distribución uniforme del agua, lo cual garantizara un mayor aprovechamiento del mismo brindándole a las plantas solamente la cantidad requerida.
5. En la realización de este diseño se llega a la conclusión que se obtendrá un mejor uso de los recursos (agua, suelo, planta), de tal forma utilizaremos la tubería principal de PVC enterrada, la tubería secundaria de PVC enterrada y la tubería terciaria de aluminio al igual que varios accesorios serán móviles, con el propósito de darle más tiempo de durabilidad y un mejor manejo de este sistema.
6. El costo inicial del sistema de riego por aspersión es alto, considerándose las depreciaciones anuales, el mantenimiento y la energía necesaria para que el sistema opere debidamente, pero a su vez el costo de preparación de suelo disminuiría, eliminara costo de nivelación y este sistema puede ser utilizado para otros tipos de cultivos en áreas propuestas.

6.2 RECOMENDACIONES

Para un buen aprovechamiento del sistema de riego por aspersión en el cultivo de Maíz en el área propuesta se recomienda lo siguiente:

1. Tomar el presente diseño como una propuesta a desarrollarse en el CEA-UNI, con el objetivo de aumentar la productividad del cultivo y para que los estudiantes de ingeniería agrícola realicen sus prácticas de la asignatura de diseño de sistema de riego.
2. Mantener un régimen de humedad óptima en el suelo utilizando las normas y frecuencias de riego definidas en el diseño, se recomienda iniciar el riego lo más antes posible para cubrir el campo antes que la planta que se va a regar por último sufra deficiencia de humedad el cual llevara a un buen desarrollo fisiológico del cultivo.
3. Realizar una evaluación del sistema de riego, con el fin de comprobar si la eficiencia dada por el fabricante corresponda con la eficiencia del sistema una vez instalado, puesto que la elaboración de este diseño se realiza bajo un régimen de riego de proyecto y no bajo un régimen de riego de explotación.
4. Usar la cantidad y calidad de accesorios definidos en el diseño, con el fin de reducir las pérdidas de energía lo que hará que el uso de la bomba sea de menor potencia o sea menor gasto de energía eléctrica para el riego.
5. Capacitar a los encargados de CEA – UNI con el fin de que conozcan el potencial y la capacidad de explotación de los recursos con que cuenta la finca y el sistema de riego propuesto.

BIBLIOGRAFIA

- ⊕ Gurovich Luis A. 1990. Fundamentos y Diseños de Sistema de Riego. San José. Costa rica.
- ⊕ Ministerio de Agricultura 1983. Organización y Explotación de Sistemas de Riego y Drenaje. Editorial pueblo y educación; Ciudad de la Habana, Cuba.
- ⊕ Midinra, Pan. 1984. Guía Tecnológica para el Cultivo del Maíz. Editorial ENIEC.
- ⊕ Arthur F. Pillsbury.1968. Dirección de fomento de tierra y agua, FAO, Professor of Engineering.
- ⊕ Ing. Camilo Somarriba Rodríguez. 2009. Granos Básicos Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.
- ⊕ HOLZAPFEL, E Y JARA, J 1990. Método de Riego en Frutales. En: Curso Internacional Manejo de Agua en Frutales. Chillán, 3-6 Enero 1990. Universidad de Concepción. Facultad de Cs. Agronómicas, Veterinarias y Forestales. Depto. de Ingeniería Agrícola. Chillán, Chile.
- ⊕ FERREYRA, R. Y SELLES, G. 1994. Diseño de Sistemas de Distribución y Métodos de Riego. En: II Curso Internacional Diseño de Proyectos de Riegos y Drenajes.



INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA
RESUMEN METEOROLÓGICO ANUAL

Estación	MASAYA (L. OXIDACION)	Municipio	MASAYA (L. OXIDACION)
Latitud	11°58'48"	Longitud	86°06'18"
Años	1992 - 2011	Elevación	210 msnm
Parámetro	Temperatura Media Minima (C°)	Tipo	PV

Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1992	23.4	24	23.4	27.1	25.7	24.8	23	23.2	23.4	23.6	24.6	21.8
1993	23.7	25.4	25	27.1	24	24.8	24	23.8	24.1	24.6	24.4	23.4
1994	24	23.7	24.8	25.9	25	24.3	24.3	24.8	23.8	23.9	23.6	24
1995	23.7	24.6	25.3	25.3	25.4	24.5	24.2	24.4	23.9	23.7	24.1	23.8
1996	22.9	23.7	24.1	27.2	23.4	24.2	23.2	24.2	24.9	24	22.7	23.6
1997	23	23.8	24	26.4	27.7	23.6	23.8	24.9	24.9	23.2	23.8	22.7
1998	24.6	25.4	25.8	27.8	24.2	22.7	24.4	24.9	23.4	24.1	23	23.6
1999	23.6	23.8	24.8	25.7	25.1	23.6	23.8	24.1	22.8	23.9	24.3	23.2
2000	22.6	24.1	25.4	26.5	24.8	24.4	24.7	24.8	23.3	22.8	0	0
2001	23.2	24.2	25.6	27.6	25.6	24.6	24.3	24.8	23.4	25.4	24.1	23.6
2002	23	23.7	24.8	25.8	23.1	24.9	24.8	25.1	24.8	25	23.9	24.8
2003	24.8	26	25.5	26.2	24.3	23.8	23.9	23.9	24.6	25	24.3	23.8
2004	23.8	24.6	25.4	26.3	23.7	23.5	23.7	25.4	23.8	24.7	24.4	24.2
2005	23.6	23.8	27.3	26.7	23.1	24.1	24.8	25.3	23.5	23.5	23.2	24.6
2006	23	23.2	24.5	27.4	26.2	24.7	24.7	25.9	25.4	24.7	22.7	24.6
2007	24.1	24.1	26.2	26.9	23.6	23.9	23.5	24.4	23.2	23.4	22.6	23.1
2008	23.1	24	25.8	26.9	23	23.8	23.2	24.5	24.2	23.4	22.7	23.4
2009	23.7	23.5	24.1	27	26.1	24.6	23.9	24.3	24.9	24.4	24.5	22.3
2010	23	25.8	25.2	26.3	24.2	24.4	23.9	24.8	23.8	24.7	23.3	22.6
2011	24	25.2	25.5	26.2	24.5	23.9	23.7	24.3	24.2	23	24.1	22.7
Suma	470.8	486.6	502.5	532.3	492.7	483.1	479.8	491.8	480.3	481	450.3	445.8
Media	23.54	24.33	25.125	26.615	24.635	24.155	23.99	24.59	24.015	24.05	22.515	22.29



INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA
RESUMEN METEOROLÓGICO ANUAL

Estación	MASAYA (L. OXIDACION)	Municipio	MASAYA (L. OXIDACION)
Latitud	11°58'48"	Longitud	86°06'18"
Años	1992 - 2011	Elevación	210 msnm
Parámetro	Temperatura Media Máxima (C°)	Tipo	PV

Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1992	26.4	27.4	27.8	29.5	29.5	28.5	26.2	26.7	26.9	27.1	26.5	26.4
1993	26.6	27.5	28.9	29.5	29.3	28.5	27.4	27.1	26.8	26.9	27	26.4
1994	26	27.1	29	29.3	29.2	27.8	27.4	27.6	27.2	26.5	26.1	26.1
1995	26.1	27.1	28.1	28.9	28.8	27.5	27.5	27.4	27.2	26.8	26	26.4
1996	26	27	28	29.2	29.2	27.9	27	27.4	27.2	26.9	26.3	25.4
1997	25.5	27	27.2	28.9	29.8	26.9	28.6	28.6	28.5	27.6	27.3	26.9
1998	27.5	28.9	29.8	31.2	30.9	29.2	28.1	28	28.1	27.4	26.5	27
1999	26.5	28	28	30.4	29.1	29.2	27.2	28	26.9	26.6	26.7	26.2
2000	26	26.1	28.5	30.2	30.8	29.1	28	29.2	28.4	26.4	0	0
2001	27.2	27.4	28.9	29.8	30.6	28.3	28	29.3	27.7	27.4	26.5	26.9
2002	26.8	27	28.9	29.4	30.3	28.5	28	28.8	28.6	27.3	26.9	27.4
2003	27.3	28.5	28.8	30.6	31.1	26.8	26.7	27.3	28	26.7	26.8	26.5
2004	26.6	26.9	27.9	29.3	29.3	28.5	27.7	28.1	28.6	27.6	26.7	26.6
2005	27	28.1	30	30.6	29.8	28.3	28.2	28	27	26.4	26.8	26.5
2006	27.4	27.3	29.3	30.5	29.9	28.8	29.2	29.3	29.1	28.2	27.3	27.1
2007	26.7	28.6	29	29.7	30.2	28	27.6	27.8	26.9	26.5	26	25.2
2008	26	26.9	27.8	29.2	30.5	28.2	27.1	27.4	26.7	26.8	26.1	25.8
2009	26.1	27.1	28	29.5	28.8	28.3	27.6	27.2	27.5	27.7	27	27.1
2010	27	28.4	29.6	30.3	29	28.2	27.4	27.2	27.6	27.8	26	25.6
2011	27	27.2	29.8	29.7	29.7	28.7	27.3	28.4	27.7	27.5	26.7	26
Suma	531.7	549.5	573.3	595.7	595.8	565.2	552.2	558.8	552.6	542.1	505.2	501.5
Media	26.585	27.475	28.665	29.785	29.79	28.26	27.61	27.94	27.63	27.105	25.26	25.075



INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA
RESUMEN METEOROLÓGICO ANUAL

Estación	MASAYA (L. OXIDACION)	Municipio	MASAYA (L. OXIDACION)
Latitud	11°58'48"	Longitud	86°06'18"
Años	1992 - 2011	Elevación	210 msnm
Parámetro	Humedad Relativa (%)	Tipo	PV

Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1992	74	74	66	64	67	81	87	85	86	83	80	76
1993	74	66	62	64	78	82	80	82	84	83	80	76
1994	72	69	63	65	72	82	77	80	83	84	85	77
1995	74	69	70	72	77	85	85	86	88	88	84	79
1996	74	71	65	66	81	83	85	85	86	86	84	77
1997	77	73	69	70	66	84	80	80	81	84	84	76
1998	73	69	65	65	70	82	81	84	87	88	85	79
1999	78	76	71	69	77	81	84	83	86	84	78	73
2000	73	71	65	61	70	78	80	81	85	22	0	0
2001	73	75	65	66	70	80	82	82	86	85	82	79
2002	77	76	70	69	77	84	86	81	85	85	83	78
2003	71	69	69	67	76	87	86	85	84	86	85	78
2004	74	72	68	67	79	85	85	84	87	87	83	79
2005	74	70	71	68	81	89	84	86	88	89	84	81
2006	78	74	68	66	75	83	84	80	82	85	83	80
2007	72	68	68	71	72	78	86	87	88	90	83	80
2008	77	77	70	67	72	82	87	87	86	89	82	79
2009	76	74	72	71	78	85	87	86	85	87	85	79
2010	73	71	67	74	82	88	90	90	90	88	88	83
2011	85	82	71	68	75	82	88	89	89	91	87	87
Suma	1,500	1,446	1,355	1,350	1,495	1,661	1,684	1,683	1,716	1,664	1,585	1,496
Media	75	72	68	68	75	83	84	84	86	83	79	75



INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA
RESUMEN METEOROLÓGICO ANUAL

Estación	MASAYA (L. OXIDACION)	Municipio	MASAYA (L. OXIDACION)
Latitud	11°58'48"	Longitud	86°06'18"
Años	1992 - 2011	Elevación	210 msnm
Parámetro	Viento Medio 2m (m/seg)	Tipo	PV

Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1992	1.4	1.3	1.4	1.3	1.1	0.9	1.1	1.3	1	1.3	1.4	2.1
1993	1.6	1.7	1.5	1.3	1	1.2	1.4	1.4	1.2	1.2	1.4	1.9
1994	2.3	2.3	1.8	1.9	1.4	1.4	2	1.4	1.3	1	1.2	2.1
1995	2.3	2.4	2	1.6	1.4	1.4	1.7	1.2	1.2	1.4	2.2	2.3
1996	2.3	2.9	2.2	2	1.8	1.7	1.6	1.5	1.3	1.4	1.7	2.2
1997	1.8	2.3	2.2	1.7	2.1	1.5	2.3	2.2	1.7	1.7	1.7	1.9
1998	2	1.6	1.8	1.9	1.4	1.6	1.4	1.3	1.2	1.4	1.4	1.9
1999	2	2.1	2.1	2.3	1.6	1.6	2.1	1.7	1.7	1.7	1.9	2.4
2000	2.7	2.6	2.5	2.6	2	2	2.1	2	1.8	1.7	0	0
2001	1.8	2.6	1.9	2.3	2	2	2	2.1	1.7	1.7	1.8	1.7
2002	1.9	2.1	2.1	2.2	2	1.4	1.6	2	1.4	1.3	1.6	2
2003	2.1	2	2	2	1.7	1.1	1.4	1.3	0.9	1.1	1.3	1.7
2004	1.9	2.1	2.3	2	1.5	1.6	1.5	2.3	1.9	1.8	2.1	2.5
2005	2.9	2.6	2	2	1.7	1.3	1.9	1.8	1.8	1.6	1.6	2
2006	2.4	2.6	2.6	2.3	2	1.9	2	2	2	1.7	1.8	2.1
2007	3.2	2.6	2.8	2.4	2	1.9	1.9	1.9	1.9	1.6	2.2	2.3
2008	2.7	2.8	3.2	2.7	2.3	2	2.1	1.9	1.8	1.7	2.1	2.8
2009	2.7	3.2	2.8	2.3	1.7	1.3	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.9
2010	2	1.9	1.9	1.7	1.5	1.2	1.2	1.1	1.2	1.1	1.3	1.5
2011	1.4	1.6	1.9	1.5	1.3	1.1	1.2	1.2	1.6	1.9	1.9	2.2
Suma	43.4	45.3	43	40	33.5	30.1	34.1	33.1	30.1	29.8	32.1	39.5
Media	2.17	2.265	2.15	2	1.675	1.505	1.705	1.655	1.505	1.49	1.605	1.975



INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA
RESUMEN METEOROLÓGICO ANUAL

Estación CAMPOS AZULES
 Latitud 11°53'59"
 Años 1992 - 2011
 Parámetro Brillo Solar Medio (h/día)

Municipio MASATEPE
 Longitud 86°08'59"
 Elevación 470 msnm
 Tipo AG

Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1992	8.6	8.6	9.1	8.3	7.5	7	3.8	5.3	5.6	6.5	7.4	7.6
1993	8.3	9.3	9.3	7.6	4.5	4.9	5.8	4.8	4.1	6.5	7.2	8.7
1994	8.2	8.8	9.2	8.1	6.9	5.1	5	6.7	4.8	6.3	5.8	7.7
1995	8.3	9.6	8.9	8.5	8.4	6.6	5.9	6.2	6.2	5.7	7	7.6
1996	8.7	9.5	10.2	9.8	6	6.8	6.4	7	7.3	6.5	5.8	9.2
1997	8.3	9.6	9.6	9.1	9.1	5.6	6.7	7.8	6.5	6.7	6.1	9.1
1998	9.3	8.9	9.2	9.2	6.5	6.6	6.8	7.8	5.7	4.4	6.2	7.2
1999	8.5	9.2	9	8.6	7	6.2	6.3	7	4.3	5.1	6.9	8.3
2000	8.7	9.3	9	9.1	7.3	5	7.2	7.4	5.4	7	7.7	8.3
2001	8.8	8.3	9.6	9.7	7.4	6.1	6.7	6.7	6	6.9	7.4	8.1
2002	9	9.1	9.6	9.4	5.6	4.8	4	7.2	6.2	7.1	7.3	8.3
2003	9.5	9.6	9.6	7.5	7.3	6.8	6.4	7.9	8.1	7.3	7.5	9.1
2004	9.4	9.7	9.3	9.4	6.7	6.6	7.2	6.2	7.2	7.5	7.3	8.3
2005	9.6	9.7	9	8.1	6.8	5.1	7.1	6.9	5.9	3.9	5.7	8.5
2006	8	7.8	9.4	9.3	8.5	6.9	6.7	7.3	8.3	6.3	8	7.7
2007	8.9	9.6	9.8	8.6	7.5	7.4	6.6	7.1	6.4	5.3	8.1	9
2008	8.9	9.6	10	10	7.5	5.9	5.3	6.9	6	4.4	7.3	8.1
2009	9	9.3	10.3	9.6	0	0	5.4	6.4	7.8	7.1	7.2	8.3
2010	9	8.7	9.4	7.2	6	5.4	3.9	4.4	4.5	5.8	7.3	8.8
2011	8.3	9.8	9.5	8.9	5.8	4.5	5.3	6.7	5.4	3.6	7.9	6.4
Suma	175.3	184	189	176	132.3	113.3	118.5	133.7	121.7	119.9	141.1	164.3
Media	8.765	9.2	9.45	8.8	6.615	5.665	5.925	6.685	6.085	5.995	7.055	8.215

Tabla # 1: Calculo de la Eto a 2m de la superficie del suelo utilizando Cropwat 8.0

Eto PENMAN – MONTEITH MENSUAL DATOS						
País: Nicaragua			Estación: Masaya (L. Oxidación)			
Altitud: 210 m			Latitud: 11.00°N		Longitud: 86.00°E	
Mes	Prom Temp °C	Humedad %	Viento m/s	Insolación horas	Rad MJ/m²/día	Eto Mm/día
Enero	23.5	75	2.2	8.8	20.0	3.87
Febrero	24.3	72	2.3	9.2	22.0	4.46
Marzo	25.1	68	2.2	9.5	23.8	5.00
Abril	26.6	68	2.0	8.8	23.1	5.15
Mayo	24.6	75	1.7	6.6	19.4	4.13
Junio	24.1	83	1.5	5.7	17.7	3.55
Julio	24.0	84	1.7	5.9	18.1	3.56
Agosto	24.6	84	1.7	6.7	19.6	3.85
Septiembre	24.0	86	1.5	6.1	18.5	3.57
Octubre	24.1	83	1.5	6.0	17.5	3.46
Noviembre	22.5	79	1.6	7.1	17.9	3.37
Diciembre	22.3	75	2.0	8.2	18.7	3.51
Promedio	24.1	78	1.8	7.4	19.7	3.96

Tabla # 2: Necesidad Hídrica del cultivo del maíz

Etapas	Inicial	Vegetativa	Floración	Formación de la cosecha	Cosecha
Meses	Enero	Enero/Febrero	Febrero/Marzo	Marzo/Abril	Abril
Duración	15-29	30-23	24-15	16-19	20-29
Días	15	2-23	5-15	16-19	10
Kc	0.45	0.85	0.9	1.05	0.65
Uc (diario)	1.78	3.36-4.46	4.73-5.49	6.41-6.29	3.89
Uc	26.66	6.72-102.64	23.63-82.35	102.48-119.5	38.94
Uc (fase)	26.66	109.36	105.98	221.98	38.94
Uc (mes)	33.38	126.27	184.83	158.49	

Fuente: propia

Tabla # 1: Clasificación de las partículas del suelo según el United States Department of Agriculture.

Nombre de la partícula límite del diámetro en milímetros	Tamaño
Arena Muy Gruesa	1.0 a 2.0
Arena Gruesa	0.5 a 1.0
Arena Mediana	0.25 a 0.5
Arena Fina	0.10 a 0.25
Arena Muy Fina	0.05 a 0.10
Limo	0.002 a 0.05
Arcilla	Menor de 0.002

Triangulo de clases texturales del suelo

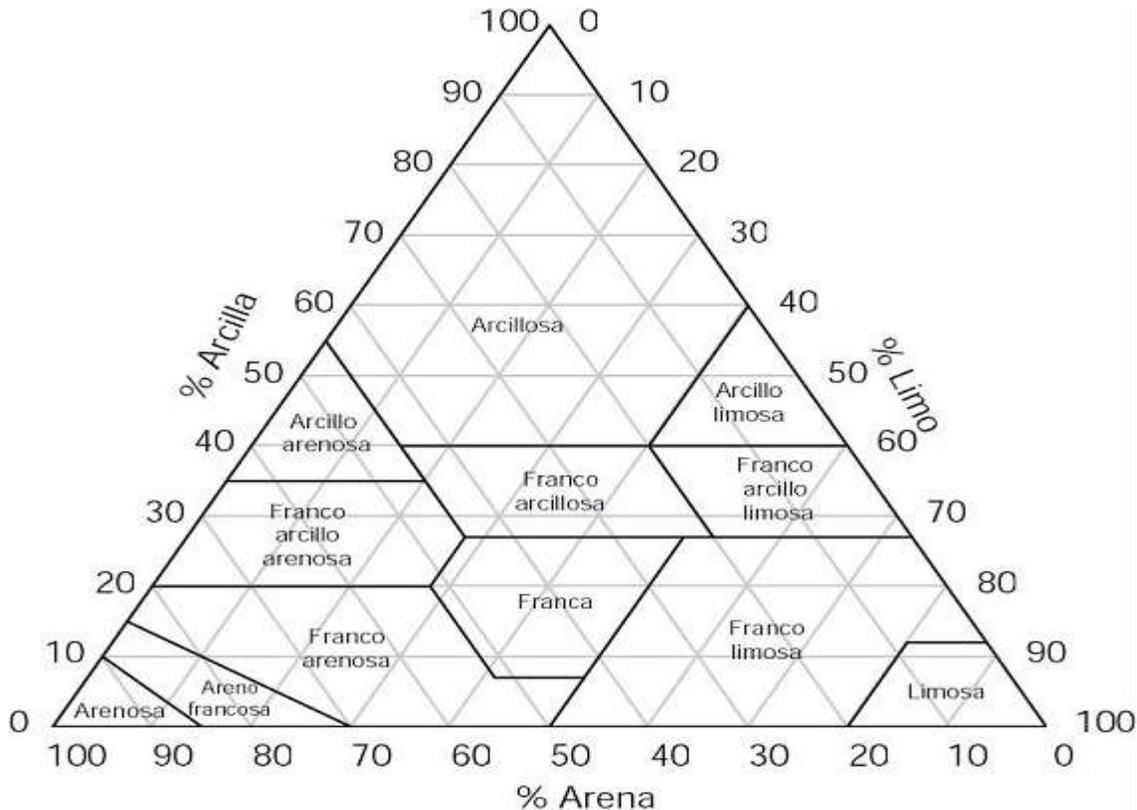


Tabla # 2: Rango de clasificación de los suelos de Nicaragua por su PH

PH	Clasificación
< 4.6	Extremadamente ácidos
4.6 – 5.2	Muy frecuentemente ácidos
5.2 – 5.6	Fuertemente ácidos
5.6 – 6.2	Medianamente ácidos
6.2 – 6.6	Ligeramente ácidos
6.6 – 6.8	Muy ligeramente ácidos
6.8 – 7.2	Neutro
7.2 – 7.4	Muy ligeramente alcalino
7.4 – 7.8	Ligeramente alcalino
7.8 – 8.4	Medianamente alcalino
8.4 – 8.8	Fuertemente alcalino
8.8 – 9.4	Muy frecuentemente alcalino
>9.4	Extremadamente alcalino

Tabla # 3: Densidad aparente según la textura del suelo.

Textura	Densidad aparente (gr/cm³)
Arenoso	1.5-1.8
Franco arenoso	1.4-1.6
Franco	1.3-1.5
Franco arcilloso	1.3-1.4
Arcilloso	1.2-1.3

Fuente: Practicas de laboratorio Edafológico, impartidas por el Ingeniero José Mamerto Méndez.

Tabla # 4: Clasificación de Capacidad de Campo

Capacidad de campo % de volumen	Clasificación
<20	Baja
20 – 40	Media
40 -55	Alta
>55	Muy alta

Tabla # 5: Clasificación de Punto Marchitez Permanente

Punto de Marchitez % Hbss	Clasificación
<9.2	Baja
9.2 – 24.5	Media
24.5 – 45.8	Alta
>45.8	Muy alta

Tabla # 2: Régimen de velocidad de infiltración.

Criterios de clasificación	Velocidad de infiltración (plg/h)	Velocidad de infiltración (cm/h)
Muy baja	Menos de 0.05	Menos de 0.13
Baja	0.05-0.2	0.13-0.5
Moderada baja	0.2-0.8	0.5-2.0
Moderada	0.8-2.5	2.0-6.4
Moderada rápida	2.5-5	6.4-12.70
Rápida	5-10	12.70-25.40
Muy rápida	Más de 10	Más de 25.40

Tabla # 3: Clasificación de los suelos de acuerdo con sus posibilidades de infiltración.

Clasificación	Características
Ligeros	Suelos con alta velocidad de infiltración que tiene partículas de tamaño mayor de 0.05 mm
Medios	Suelos con una velocidad de infiltración que no es muy alta ni muy baja (intermedia) se caracteriza por estar formados por una mezcla de arena, limo y arcilla (suelos francos).
Pesados	Son los que tienen velocidad de infiltración baja formados fundamentalmente por partículas finas menores de 0.02 mm.

Tabla # 4: Velocidad de infiltración según la textura del suelo.

Textura	Velocidad de infiltración (mm/hr)
Arcilla	1-5
Franco arcilloso	6-8
Franco	7-10
Franco arenoso	8-12
Arenoso	10-25

Fuente: Practicas de Diseño de sistema de riego, impartidas por el Ingeniero José Mamerto Méndez.

Tabla # 1: Ensayo de Velocidad de Infiltración

DATOS DE ENSAYO DE INFILTRACION DE AGUA EN EL SUELO									
FINCA:	CENTRO EXPERIMENTAL AGRICOLA (CEA - UNI)					FECHA:	07/09/2012		
UBICACIÓN:	DEPARTAMENTO DE MASAYA, MUNICIPIO LAS FLORES					TIPO DE SUELO:	FRANCO ARENOSO		
ELABORADO:	ILEANA RIVAS E URIEL TIJERINO					PRUEBA HECHA EN:	SECO		
Nº	Tiempo Acumulado (min.)	Velocidad Infiltración de Campo (cm/hr)	Ln (T)	[Ln (T)] ²	Ln (Vi)	Ln (T) * Ln (Vi)	Infiltración Corregida (cm/hr)	Infiltración Acumulada (cm.)	Infiltración Básica (cm/hr)
0						(cm/hr)	(cm.)	(cm/hr)
1	5	16.80	1.6094	2.5903	2.8214	4.5408	9.75	1.43	1.7779
2	10	7.20	2.3026	5.3019	1.9741	4.5455	7.23	2.12	1.7779
3	20	5.40	2.9957	8.9744	1.6864	5.0520	5.36	3.14	1.7779
4	30	4.80	3.4012	11.5681	1.5686	5.3352	4.50	3.96	1.7779
5	45	3.20	3.8067	14.4907	1.1632	4.4277	3.78	4.98	1.7779
6	60	1.20	4.0943	16.7637	0.1823	0.7465	3.34	5.87	1.7779
7	90	2.20	4.4998	20.2483	0.7885	3.5479	2.80	7.39	1.7779
8	120	1.60	4.7875	22.9201	0.4700	2.2501	2.48	8.70	1.7779
9	180	2.00	5.1930	26.9668	0.6931	3.5995	2.08	10.96	1.7779
10	240	6.70	5.4806	30.0374	1.9021	10.4248	1.84	12.91	1.7779
	SUMA		38.17	159.86	13.25	44.47	4.31	6.15	
							Promedio de la velocidad		

Constantes	
A	B
19.505	-0.431

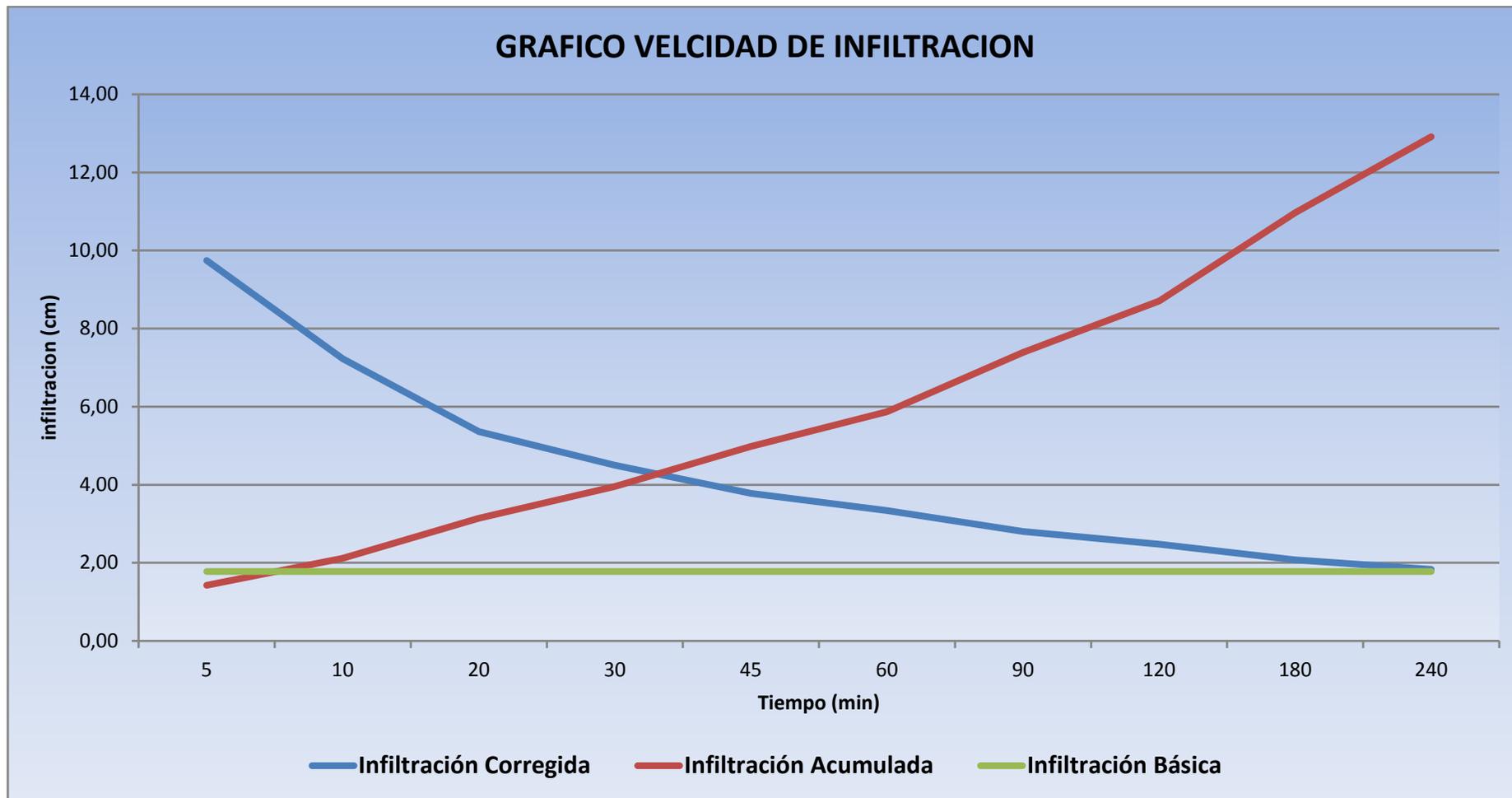


Figura # 1: Estudio Hidrofísico del suelo



Figura # 2: Levantamiento con GPS de la parcela



Figura # 3: Velocidad de Infiltración



ING. AGRICOLA

ILEANA RIVAS; URIEL LEZAMA

Figura # 4: Fuente de Abastecimiento

