



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Construcción
Carrera de Ingeniería Agrícola

Monografía

Diseño de un sistema de riego por goteo utilizando energía fotovoltaica para 1.6 mz. del cultivo del plátano en la finca “Ojo de Agua” en el municipio de San Francisco Libre, Managua

Elaborada por:

- **Br. Fernando Enrique Luna Herrera.**
- **Br. Erasmo José Pérez Mendoza.**

Para optar al Título de
INGENIERO AGRÍCOLA

Tutor:

Dr. Álvaro Aguilar Velásquez.

Managua, Nicaragua.

Febrero del 2012.

CAPITULO I:

GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCION

Los sistemas de riego son una técnica para distribuir el agua necesaria de manera adecuada sobre un determinado cultivo. Su apropiado diseño y elección depende de una serie de información previa como: Tipo de suelo, topografía, clima de la zona, cultivo, cantidad y calidad del agua.

El clima es fundamental para establecer las posibilidades de producción agrícola en un lugar específico por lo que se necesita los elementos climáticos de la zona donde se encuentra la unidad agrícola.

San Francisco Libre es una región predominantemente ganadera del Trópico seco, es considerada una reserva forestal, ubicado a lo largo de 80 Km. de la costa norte del Lago de Managua, con 756 Km. Que ocupan sus 33 comunidades. El proyecto se ubica en la finca "Ojo de agua" administrada por la Asociación de Educación Popular Carlos Fonseca Amador (AECFA).

Actualmente la reserva forestal se propone estructurar planes de desarrollo sostenible para la región, en donde se plantea la reforestación de la zona y la introducción de cultivos tradicionales con aplicaciones de riego como lo es el plátano, ya que en los últimos diez años ha habido pérdidas en las producciones agrícolas por la escasa precipitación. Por lo que la única fuente de agua segura son los "ojos de agua" que surgen por ser una zona cercana al lago Xolotlán.

A pesar de ser una zona rica en recursos naturales y que hace unos años atrás se habían introducido otros proyectos amigables con el medio ambiente, los beneficios en la reserva forestal han sido pocos debido a que no se les ha dado seguimiento a las gestiones con la municipalidad. Sin embargo se retomaron los esfuerzos para elaborar proyectos concretos.

Nicaragua es uno de los países con mayor incidencia solar no solo debido a la ubicación geográfica, sino también al color de las nubes que actúan como un duplicador de intensidad fotovoltaica, ofreciendo así una gran alternativa a los medianos y pequeños productores.

El riego representa una solución viable para muchos productores nicaragüenses los cuales lo han implementado como una herramienta fundamental para producir en la época de verano, época en la que tenemos una mayor incidencia de radiación solar, lo que nos proporcionará suficiente energía fotovoltaica para trabajar con paneles solares y obtener mayor eficiencia en el funcionamiento del bombeo de agua, así como en el sistema de riego; además habrá un mejor control sobre el cultivo en lo relacionado con las plagas, las malezas y lo más importante, obteniendo mejores excelentes rendimientos en sus cosechas pudiendo así mejorar su calidad de vida y aumentar la economía del país.

1.2. OBJETIVOS

Objetivo general

- ✓ Diseñar un sistema de riego por goteo, utilizando energía solar, para 1.6mz del cultivo del plátano (musáceas) en la finca "Ojo de agua" en el municipio de San Francisco Libre, municipio de Managua.

Objetivos específicos

- ✓ Realizar el diseño agronómico.
- ✓ Realizar el diseño hidráulico del riego por goteo.
- ✓ Elegir el sistema fotovoltaico para el equipo de bombeo.

1.3. ANTECEDENTES

En Nicaragua existen serias dificultades en la producción de algunos cultivos, razón por la cual se buscan nuevas variables y métodos para elevar la productividad y rentabilidad de las cosechas. Siempre y cuando estas nuevas tecnologías se apliquen correctamente, se mejorará la agricultura nacional con el propósito de satisfacer las necesidades básicas del país.

En la finca donde se pretende diseñar el sistema de riego por goteo no se ha realizado ningún tipo de práctica agrícola o la introducción de riego a las áreas boscosas, ya que en la actualidad sigue siendo una reserva solo para fines turísticos. De manera que con la adopción de esta tecnología se podrá contribuir al desarrollo de las comunidades aledañas a la reserva y que exista un nuevo fondo de ingreso a la Asociación de Educación Popular Carlos Fonseca Amador (AECFA) cuyo objetivo está basado en ayudar a todas las personas analfabetas a nivel nacional logrando con este proyecto, beneficiar a todas las familias involucradas.

Los suelos que corresponden a esta zona fueron cartografiados en el levantamiento de suelos de la región Pacífica de Nicaragua (Catastro, 1971), a una escala de 1:20000 reportada como suelos de la serie Zambrano, el cual consiste en suelos profundos a moderadamente superficiales, bien drenados, que se han desarrollado de cenizas volcánicas que descansa sobre arcilla, toba parcialmente meteorizada.

1.4. JUSTIFICACION

Los productores están usando el agua de una forma desordenada, sin ninguna especificación técnica que permita su distribución eficiente del recurso. Es un problema la falta de infraestructura de riego en el campo, ya que sus costos de mantenimiento son muy elevados (energía eléctrica convencional y/o combustible); y la energía renovable es una alternativa viable, pues sus costos de mantenimiento son bastante sostenibles a pesar de su considerable inversión inicial.

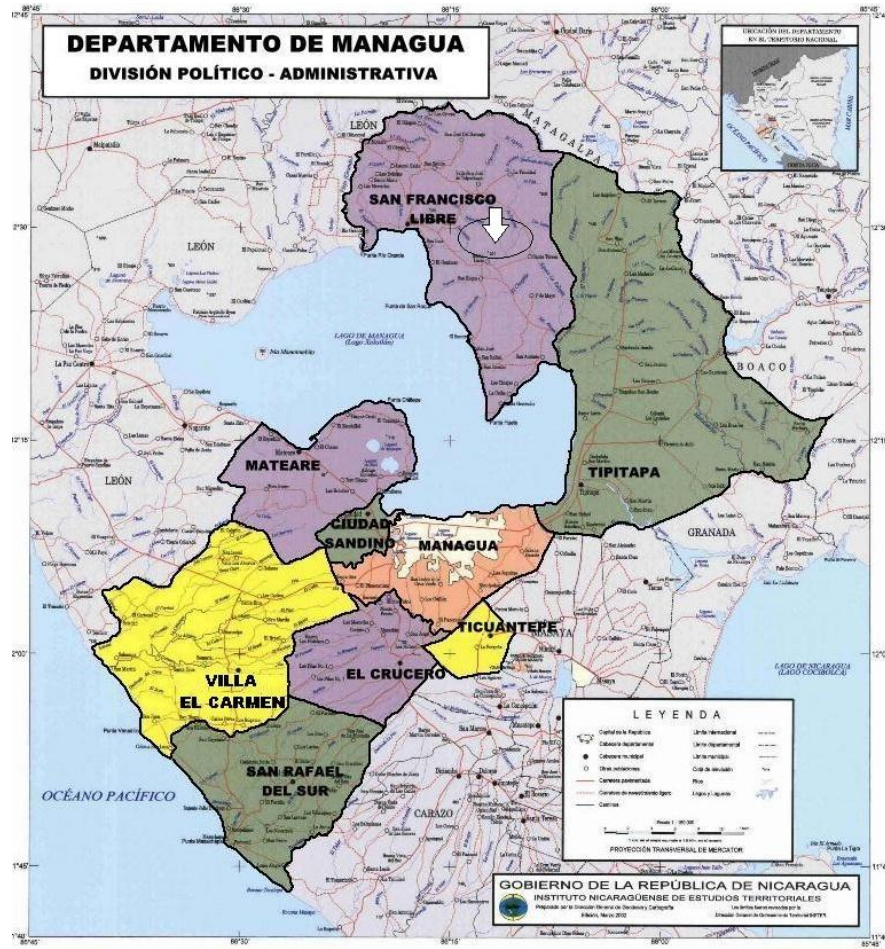
Posteriormente con la realización del estudio de las necesidades hídricas de los cultivos y la instalación de los equipos se tendrán las herramientas necesarias para efectuar una distribución eficiente. Logrando de esta manera con la implementación de riegos de alta frecuencia, un uso eficiente del recurso que garantice al corto plazo la sostenibilidad y garantizar la demanda de agua.

De manera que proponer un diseño de sistema de riego funcionando con paneles solares en cultivos de alta rentabilidad, es una de las propuestas que más interesa, además que es un proyecto amigable con el medio ambiente y puede garantizar un aumento en la productividad económica de la reserva.

Es importante resaltar que la utilización de aguas subterráneas para el riego, es la principal fuente de abastecimiento, siendo de esta manera el bombeo, vital para la tecnificación del riego en esta zona.

1.5. LOCALIZACIÓN

1.5.1. Macrolocalización



1.5.2. Microlocalización

El proyecto está ubicado en el municipio de San Francisco Libre a 79 Km de Managua, capital de la República. Se encuentra entre las coordenadas 12°30' latitud norte y 85°18' longitud oeste. Limita al norte con el municipio de Ciudad Darío (Dpto. de Matagalpa), al sur el Lago de Managua, al este con el municipio de Tipitapa, al oeste con el municipio de El Jicaral (Dpto. de León).

San Francisco Libre tiene una extensión territorial de 756 km² en la cual fluyen muchos afluentes de ríos que siguen sus aguas abajo desde el Río Maderas hasta con el estero San Antonio, y continúan aguas abajo hasta su desembocadura en el Xolotlán (Lago de Managua).

Figura 1: Imagen satelital de la ubicación del proyecto



Fuente: Google Earth

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. CULTIVO DEL PLÁTANO

Las musáceas (bananos, guineos y plátanos), tienen su centro de origen en la zona Indomalaya, en el sudeste asiático (Indochina, Malasia e Indonesia). Comprenden unas 70 especies estrictamente tropicales, pero ampliamente distribuidas y cultivadas en el trópico y subtrópico del planeta. Nicaragua junto a Guatemala y México son mencionados como los países del área de más reciente historia en la introducción de este cultivo.

El desarrollo tecnológico de las musáceas ha sido influenciado por la demanda de la comercialización internacional del banano para consumo fresco y por las siembras comerciales de plátano y guineo. Por razones socio económicas, políticas y de infraestructura (vías de acceso) las siembras comerciales de musáceas están localizadas en el Pacífico a pesar que el régimen de precipitación no es el adecuado para su desarrollo, esto resulta en una oferta estacional del producto, niveles bajos de producción, escasez en la época seca y precios muy elevados para el bolsillo de los consumidores.

En los últimos años las siembras de este cultivo se han incrementado a nivel nacional, en las zonas llamadas tradicionales (Carazo, Rivas y Masaya) por ser las que comúnmente han abastecido al mercado de la capital, que es el mayor consumidor.

Las especies de Musáceas se encuentran en las regiones boscosas tropicales con una gran variedad de lluvia anual. Aunque la planta de plátano tiene aspecto de árbol en su tamaño y apariencia, es en realidad una planta herbácea perenne gigante, que alcanza de 3.5 – 7.5 m de altura y cuyo tallo consiste en una columna formada por los peciolos de las hojas.

El verdadero tallo es un rizoma grande, almidonoso, subterráneo que está coronado con yemas casi todas se desarrollan hasta que todo el rizoma ha florecido y fructificado. A medida que él chupón del rizoma alcanza su tamaño maduro, su yema terminal se convierte en una inflorescencia al ser empujada

hacia arriba desde el interior del suelo por el alargamiento del tallo, hasta que emerge arriba del pseudotallo. La inflorescencia que tiene forma de racimo, es larga y pedunculada; se sostiene el principio erecto u oblicuamente pero generalmente más tarde se dobla hacia abajo, a medida que alcanza una longitud de 50 – 150 cm.

2.1.1. Taxonomía y Morfología

A. Clasificación científica

Reino: Monocotiledóneas

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Zingiberales

Familia: Musaceae

Género: Musa

Sección: Eumusa

Especie: Musa paradisiaca

Grupo Genético: AAB

Nombre binomial: Musa x paradisiaca L.

B. Características de la planta

Rizoma:

El rizoma o cormo, constituyen el verdadero tallo de la planta, se presenta como una estructura cónica y asimétrica; internamente está compuesto por dos zonas, el cilindro central y la zona cortical (de coloración más clara); estas dos partes están separadas por una banda clara de haces vasculares dirigidos en sentido longitudinal, en la parte superior del cormo y atravesando la corteza está el punto

de crecimiento donde su diferenciación da origen al desarrollo de las hojas y la parte externa de la planta.

Raíces:

Las raíces superiores pueden llegar a alcanzar hasta 4 m de largo y se extiende en sentido horizontal, mientras que la inferiores pueden llegar a profundizar hasta 1.30 m.

Las raíces principales se ramifican en secundarias y ésta a su vez en raíces o pelos absorbentes, se localizan entre 20 – 25 cm de la base de la planta.

Pseudotallo:

El Pseudotallo está constituido por las vainas envolventes de la hojas que se disponen en forma helicoidal, unidas fuertemente unas con otras. La estructura del Pseudotallo es tan resistente que permite mantener a la planta en posición ligeramente inclinada (a pesar del peso del racimo).

Tallo floral:

El tallo floral se eleva desde el corno a través del Pseudotallo y es visible desde el momento de la aparición, terminando en la inflorescencia, su función es básicamente conectiva siendo el enlace bascular entre las raíces, las hojas y el racimo.

Sistema foliar:

El sistema foliar consta de base o vaina foliar, pseudopeciolo y láminas foliares u hojas. Las bases foliares son largas y se extienden lateralmente, formando vaina envolvente apretada una sobre otra, formando lo que es el Pseudotallo.

Las láminas foliares u hojas constan de cuatro partes: pseudopeciolo, lámina, nervadura central y ápice. El pseudopeciolo es acanalado y tiene forma de media luna. La nervadura central es la prolongación del peciolo. La lamina u hoja está

dispuesta en forma de espiral; son variables en cuanto a tamaño, su ápice es agudo de 2.5 – 4.5 veces más largas que anchas.

Inflorescencia:

La inflorescencia es la emergencia arriba del Pseudotallo a través de la yema terminal y que tiene forma de racimo, es larga y pedunculada, se sostiene al principio de esta, pero generalmente, conforme va creciendo la planta se dobla hacia abajo debido al peso del racimo. En la inflorescencia se distinguen dos tipos de flores, masculina y femenina. Las flores femeninas están dispuestas en grupos en forma helicoidal, sobre el raquis central conocido como mano. La yema roja situada en el extremo de la espiga obtiene las flores masculinas, estas mueren pronto.

En la variedad de la FHIA Hondureña, el racimo obtiene de 6 -10 manos, obteniendo un promedio de 70 – 100 dedos a la hora de la cosecha, mientras que la variedad "Cuerno Enano" obtiene de 6 -7 manos como promedio y de 35 – 50 dedos.

2.1.2. Ciclo vegetativo del plátano

La fenología de este cultivo ha sido objeto de numerosos estudios y la mayoría de ellos coinciden en señalar tres grandes fases de desarrollo de esta planta:

La fase vegetativa que comprende: las etapas de brotación, la formación del corno superior, la emisión de raíces, el desarrollo de los colinos, el crecimiento del Pseudotallo, la emisión de hojas y la diferenciación floral.

La segunda fase es la reproductiva la cual se caracteriza fundamentalmente por la diferenciación de las flores femeninas y masculinas.

Una tercera llamada fase productiva, esta se inicia al finalizar el proceso de diferenciación hasta finalizar con la cosecha.

En este sentido las diferentes labores agronómicas del cultivo deben de estar encaminadas a garantizar la correcta evolución de cada una de estas etapas.

Fase vegetativa:

Después de la siembra se inicia la fase de crecimiento vegetativo que dura entre 4 y 6 meses, en este periodo se produce: la brotación de la cepa, el enraizamiento y el desarrollo de los hijos, justo cuando da inicio la diferenciación floral. Se sabe que a partir de la cepa que se siembra se forma las primeras dos cosechas; una como producto de la cepa que se ha sembrado y el segundo ciclo que es producto de los hijos de la cepa que se ha sembrado, a partir del tercer ciclo la producción va a depender de estos últimos que potencialmente pueden convertirse en plantas madres.

El número de hojas que una planta puede emitir esta alrededor de las 38 hojas, esta información está más que respaldada por numerosas literaturas referidas al tema.

Sin embargo, es más importante destacar que la planta culmina la emisión de hojas en las primeras dos fases de desarrollo: la primera mitad aproximadamente 19 hojas en la fase de desarrollo vegetativo y la segunda mitad en la fase de desarrollo reproductivo.

Fase reproductiva:

En esta fase se da inicio a la diferenciación floral la cual es influenciada por la cantidad de hojas emitidas. Numerosos estudios coinciden en señalar que para iniciar la floración, deben estar emitidas el 50% de las hojas (fase vegetativa).

Otros factores que pueden incidir para que se inicie la segunda gran fase reproductiva son aspectos de manejo como las densidades, la nutrición y el tamaño de cepas utilizadas al momento de la siembra, también las condiciones climáticas prevalecientes en diferentes zonas y el tipo de variedad.

En el periodo que transcurre desde la diferenciación floral hasta la floración de la planta emite el 50% restante de sus hojas, con las cuales la planta madre completa su desarrollo, lo que implica un buen sustento para el racimo y también producir alimentos para los hijos. Durante este periodo las plantas emitirán cerca

de 19 hojas y luego no habrá más hojas nuevas, en condiciones ideales las plantas pueden tardar desde la diferenciación floral hasta la floración de 120 días, dependiendo del clima, las condiciones sanitarias y la variedad.

Fase productiva:

La adecuada evolución de la tercera gran fase de desarrollo de esta planta, conocida como fase productiva, dependerá en gran medida del número de hojas con que lleguen al momento de la floración, esta etapa puede durar de 8 – 12 semanas y se conoce que es necesario un mínimo de 8 – 10 hojas al momento de la floración para lograr que los racimos durante la cosecha sean de buena calidad y tamaño.

2.1.3. Actividades culturales

Las actividades culturales se realizan para brindar al cultivo las condiciones idóneas para su desarrollo. Se trata de cuidar que la planta no se doble o se desraíce por efecto del viento y/o peso del racimo.

Las técnicas de protección de la fruta en el plátano incluyen deshoje, desbellote, desmanes, ancladura, deshije, cáseo y control de malezas.

Deshije:

El ciclo del deshije depende de la velocidad de desarrollo de la plantación. En plantaciones nuevas, el primer deshije deberá realizarse a los tres meses de la siembra de la parcela, dejando 1 ó 2 hijos, según el sistema de siembra. En plantaciones viejas, el ciclo de deshije, se inicia con las lluvias a intervalos regulares de 6 a 10 semanas, según el desarrollo vegetativo del cultivo. Se procurara realizar el último deshije poco antes de finalizar la estación lluviosa. De igual forma, el deshije deberá realizarse antes de las prácticas de fertilización y/o aplicación de nematicidas.

Una vez localizada la planta a deshijar, se observa la distribución de las plantas vecinas como referencia para poder tomar una buena decisión sobre cual hijo

eliminar o seleccionar, dejando con preferencia el de mayor desarrollo y mejor ubicación con respecto a la distribución de las plantas vecinas (Figura 1). Para los cortes, se elimina el punto de crecimiento, desde adentro hacia afuera, para no provocar cortes en la planta madre. En situaciones en que se dan muchos volcamientos, se puede efectuar el recorte a ras del suelo, para que el sistema radicular de los hijos proporcione anclaje adicional a la planta madre. Deberá cortarse la parte descompuesta de los tallos previamente cosechados, limpiar la base del tallo de todo residuo de las malezas o restos vegetales.

Figura 2: Planta de Plátano en la Fase Vegetativa (140 dds)



Fuente: Propia

Deshoje:

Se pueden realizar tres tipos de deshoje, uno de ellos es el deshoje corriente que tiene por objetivo reducir el daño causado por el roce de las hojas sobre el racimo; el deshoje de sanidad, que consiste en cortar las hojas dobladas y todas aquellas erectas que tengan más de 50% muerto; y por último el deshoje combinado en el cual se reduce el daño de las frutas y a la vez elimina las hojas dañadas.

Desbellote y Desmane:

Consiste en quebrar la bellota y eliminar 1 ó 2 manos pequeñas y con dedos cortos.

Ancladura:

Tiene por objetivo anclar la planta recién parida para disminuir la pérdida de fruta. La Ancladura se realiza con dos hilos plásticos o con varas de bambú, con el fin de evitar que la planta se caiga.

Control de Malezas:

Para el control de malezas se utilizan:

- Combate manual: se realiza con herramientas (machete)
- Combate mecánico: se realiza con una chapodadora tirada por un tractor y el combate químico se realiza cuando la maleza empiece a germinar y se encuentre en pleno crecimiento se puede realizar con herbicidas de contacto como el gramoxone o sistémicos como el Randup.

Como medidas de control están:

Métodos indirectos:

- Siembra de material libre de plagas
- Destruir de restos vegetales (pseudotallos y rizomas de la planta cosechada)
- Asegurar un crecimiento óptimo de la planta (fertilización, deshije, control de enfermedades, riego y drenaje)

Métodos directos:

- Uso de trampas para capturar los adultos
- Aplicación de insecticidas granulados en las partes basales de las platas.

2.1.4. Siembra

El plátano se puede sembrar en cualquier época del año, se procura una siembra escalonada para que se mantenga una adecuada producción durante todo el año.

Procedimiento de siembra:

Lo recomendable es dividir el campo a sembrar en rectángulos de 1.5 a 2 hectáreas, a lo largo de los drenes laterales, una vez preparado el terreno se procede a marcar con estacas y hacer los hoyos con dimensiones acordes al tamaño de la semilla. Al momento de la siembra se debe aplicar fertilizante completo al fondo del hoyo, a una dosis de 2 onzas por hoyo.

Selección de la semilla:

Para obtener una buena producción se debe de realizar una adecuada selección de la semilla; libre de plaga, enfermedades y reunir ciertas características en cuanto a tamaño y calidad.

Preparación y tratamiento de la semilla:

Se debe de eliminar la tierra, raíces y todo tejido dañado por nematodos o insectos y se debe de desinfectar por medio de una inmersión de unos 7 – 10 minutos en una mezcla de fungicida e insecticida (Diazinon 60 Ec más Orthicide 75%).

Densidad de siembra y arreglos especiales:

La densidad de siembra y los arreglos especiales y su mantenimiento inciden directamente sobre los rendimientos. En una plantación de alta eficiencia el objetivo buscado es obtener una distribución homogénea de las plantas en el área, de tal forma que cada planta disponga de un espacio libre equivalente al que es ocupado por su área foliar, para que aproveche eficientemente la mayor cantidad de energía solar y nutriente del suelo.

Los factores que ayudan a determinar la mejor densidad de siembra son los siguientes:

- Cantidad de precipitación caída en el área de siembra.

- Características fenológicas, principalmente el desarrollo del área foliar y radicular.
- Tipo de suelo.
- Practica de deshije.

La configuración o arreglos especiales para la siembra son en cuadro, hexagonal o en triangulo y de doble surco.

Marco de plantación:

En nuestro proyecto el marco de plantación será de 2x2 metros, cultivando una variedad de plátano enana en un área de 1.6 mz resultando una densidad de siembra 2732 plantas (ver Marco de plantación, ANEXO IV: PLANOS).

2.1.5. Principales plagas del plátano

- Thrips (*Hercinothripsfemoralis*)

Las características principales de *Hercinothripsfemoralis* son su pico chupador-raspador con sus alas plumosas y en número de dos pares, de color marrón oscuro. Su tamaño es de 1.5 mm. Las larvas son de color amarillento translúcido y no son voladoras.

Hercinothripsfemoralis ataca directamente al fruto, produciendo daños que fácilmente se confunden con los de la araña roja. El daño se inicia en los plátanos con una zona de color plateado, que después pasa a color pardo-cobrizo y termina en color casi negro.

El daño del thrips se diferencia del de la araña roja, en que en la primera fase del ataque o zona plateada existen unos puntos negros, típicos del ataque de thrips; en una fase más avanzada aparecen las zonas de color cobrizo, debido a la oxidación de la savia que brota por las raspaduras del insecto.

Sus ataques son más frecuentes en las épocas lluviosas (Mayo - Octubre), ya que condiciones de humedad del 70 % ó 80 % favorecen su desarrollo.

Un momento adecuado para combatir esta plaga es antes del inicio del invierno (Marzo y Abril), cuando la población de thrips es baja.

Son recomendables las pulverizaciones dirigidas al racimo, de alguno de los siguientes insecticidas:

- Clorpirifos: 48 %, a 150 cm³/hL.
- Dimetoato 40 %, a 150 cm³/hL.

- Araña roja (*Tetranychustelarius* y *Tetranychusurticae*)

La araña roja suele localizarse en el envés de las hojas a lo largo del nervio central, cerca del racimo, notándose su presencia por unos puntitos de color rojo junto con las telas de araña y los huevos. Después pasan al racimo, causando daños en la fruta con la aparición de zonas de color blanco-plateado, que poco a poco se van haciendo más oscuros.

El adulto mide unos 0,6 mm, es de forma ovoide y de coloración rojiza. Se puede observar a simple vista en el envés de las hojas. Las larvas, que son transparentes, sólo tienen al nacer tres pares de patas. Los huevos son esféricos, lisos y más o menos transparentes.

Las condiciones ideales para el desarrollo de la araña roja son temperaturas elevadas y humedad ambiente baja. Al llegar las lluvias y el frío del invierno se detiene su desarrollo, refugiándose para invernar. Un momento adecuado para combatir esta plaga es después del periodo de lluvias, cuando los pocos adultos invernantes pasan de las malas hierbas al envés de las hojas de la platanera, y aún no se ha iniciado la puesta del verano.

En los primeros tratamientos conviene emplear maquinaria a presión debiendo mojarse bien el envés de todas las hojas, para que aquellos sean efectivos.

Puede utilizarse también, uno de los siguientes acaricidas a las dosis que se expresan a continuación:

- Bromopropilato 50 %, a 150 cm³.
- Dicofol 16 % + tetradifon 6 %, a 200-250 cm³/hL.

- **Cochinilla algodonosa (*Dysmicoccus alazon*)**

En la antigüedad era la plaga más corriente de las plataneras, pudiéndose encontrar cochinillas debajo de las vainas foliares en el falso tallo, junto al nervio central de las hojas por el envés y entre los dedos del racimo.

La cochinilla es de forma ovalada, su cuerpo está segmentado y es de color rosado al quitarle la borra algodonosa que la protege. Normalmente suele salir de sus refugios invernales en primavera, multiplicándose durante el verano y otoño.

Se recomienda limpiar las hojas secas antes de efectuar el tratamiento para dejar al descubierto las cochinillas y puedan así ser fácilmente alcanzadas por el tratamiento. Un momento adecuado para combatir esta plaga es el comienzo de la primavera, que escuando sale de sus refugios invernales.

Para un tratamiento adecuado se puede utilizar uno de los siguientes productos:

- Clorpirifos 48 %, a 150 cm³/hL.
- Dimetoato 40 %, a 150 cm³/hL.
- Metil-clorpirifos 24 %, a 350 cm³/hL.
- Metil-pirimifos 50 %, a 250 cm³/hL.

Los aceites minerales no deben emplearse en la platanera para el control de cochinillas, por el peligro de producir quemaduras.

- Ácaros

Los ácaros o chinches es una especie chupadora que causa amarillamiento, madurez precoz de la hoja, espolfíaga, aparece en brotes repentinos lo cual puede ser por dos causa diferentes: sequia o una inadecuada aplicación de insecticidas.

Son muy sensibles a la lluvia ya que tanto adultos como ninfas se caen de las hojas y quedan atrapadas en el suelo donde son presas fáciles de los depredadores.

Son chupadores y por lo tanto no son muy sensibles a insecticidas. Al aplicar insecticidas se mueren sus enemigos naturales, y al no tener enemigos se propagan en cantidades descontroladas.

Este chinche no es transmisor de enfermedades, así que el daño solo es físico. Si el daño es demasiado fuerte se puede hacer aplicación de agua con aspersion si es posible con un poco de jabón.

Si el daño tiene repercusiones económicas severas aplicar un insecticida de contacto o sistémico.

- Nematodos

Son lombrices microscópicas que viven en el suelo y atacan el exterior de las raíces, causando lesiones que reducen el soporte de las mismas. Una planta dañada cae fácilmente bajo el efecto del viento. El método para detectar la severidad de una infección es mediante un examen de las plantas desraizadas en el campo. Cuando hay un alto índice de plantas desraizadas por hectárea, se necesita iniciar pronto un tratamiento con nematicidas.

Los nematicidas son muy tóxicos por lo tanto el uso es limitado a las infecciones severas de nematodos.

- Taladro o traza (*Hieroxestis subcervinella*)

La oruga que ocasiona el daño es de unos 2 – 2.5 cm de longitud, estrecha, delgada y con la cabeza marrón brillante, siendo típicas las dos manchas de color gris oscuro en cada anillo del abdomen. Son orugas barrenadoras, transparentes y de color blanco sucio.

La "traza" excava unas galerías hasta las primeras "manos" de los frutos. También se localiza su ataque en la zona de pudrición de la planta "abuela", una vez que se ha efectuado el corte de la planta después de la recolección. Aquí es donde se localizan las puestas de las mariposas que dan origen a las orugas. También suelen hacer las puestas en la última hoja podrida del "rolo", y en la parte inferior del racimo ("platanillo").

Esta plaga causa sus mayores daños en los meses de octubre y noviembre (final de la estación lluviosa). Un momento adecuado para combatir esta plaga es hacia el final del invierno, que es cuando la población de adultos empieza a ascender.

En cuanto al tratamiento, la primera operación consiste en limpiar de hojas la parte superior del tallo del racimo y despejar la parte inferior del mismo (limpieza del "platanillo") para impedir la llegada de la "traza" a las últimas manos del racimo. Así la eficacia del tratamiento es mayor. Por otra parte, como las larvas se refugian en la parte podrida del "ñame" viejo, es conveniente tratarlo, pudiendo emplearse para ello insecticidas granulados.

En lo referente a tratamientos fitosanitarios, en general, se debe evitar pulverizar los racimos jóvenes (menores de dos meses), especialmente con líquidos emulsionables, por el riesgo de producir quemaduras. Para que un tratamiento fitosanitario sea lo más eficaz posible se hace necesario, además de identificar el parásito, conocer su ciclo de vida, para elegir el momento más oportuno de realizar el tratamiento.

- Barrenador de la raíz del plátano (*Cosmopolites sordidus*)

En la actualidad se considera una de las plagas más seria del plátano en la zona del Caribe, sobre todo en las localidades costeras.

El ataque se manifiesta por un alargamiento de las hojas y una disminución en el tamaño de los frutos, y en general un aspecto enfermizo de la planta. Si este es severo puede dar lugar a la caída de la planta.

Las medidas preventivas se basan en la aplicación de buenas medidas sanitarias en el campo, como la limpieza de los tallos y hojas que se han caído o han sido cosechadas. Además, el material de siembra no debe estar infectado de barrenadores, por tanto los rizomas se deben inspeccionar cuidadosamente para comprobar que no haya túneles del barrenador. También como medida preventiva se recomienda sumergir los rizomas y el extremo basal de los chupones en una solución desinfectante.

En cuanto al control químico, los barrenadores de la raíz se controlan por medio de aspersiones o espolvoreas. El tratamiento debe alcanzar todos los huecos cerca de la base de las hojas viejas y tratar el suelo en un radio de 0,5 m alrededor de las plantas. Las áreas infectadas se deben tratar por lo menos una vez al año, durante la temporada seca.

- *Pratylenchus, Helicotylenchus y Meloidogyne*

Se encuentran en una gran variedad de tipos de suelos, pero los cálidos, poco profundos y bien drenados, proporcionan las condiciones más favorables para su desarrollo.

Las hembras tienen forma de saco, se fijan a la planta, y al morir dejan en su interior los huevos. Los nematodos parásitos poseen un estilete, que clavan en el tejido de la planta, para succionar la savia de la que se alimenta.

Los huevos eclosionan y dan lugar a una larva que sufrirá cuatro mudas antes de ser adulto. La duración del ciclo en zonas templadas es de una o dos generaciones al año, mientras que en climas cálidos puede tener una generación al mes.

Los daños causados por nematodos se producen en las raíces, dando lugar a una disminución de la producción. Los daños se manifiestan en las plantaciones por un amarilleo de las hojas, la muerte de las ramas bajas, agallas en las raíces y sobreproducción de raicillas.

El nematocida típico del plátano es el di bromo-cloro-propano, aplicado a dosis de 35-40 L/ha, los tratamientos serán más efectivos en los meses febrero-marzo y septiembre-octubre.

- Picudo Negro del Plátano

Su nombre común es Gorgojo negro del plátano. Es considerado como una de las plagas más importantes en todas las regiones del mundo donde se cultiva plátano.

El daño que produce el picudo es el resultado de la destrucción del tejido de los cormos por las larvas perforadoras. Especialmente los brotes tiernos de la planta muestran síntomas de marchitamiento y mueren, mientras que a las plantas de más edad les detiene su crecimiento. Los adultos no nocivos se alimentan de material vegetal en descomposición, activos durante la noche y viven en el suelo.

Las hembras depositan sus huevos en grietas o pequeñas cavidades construidas con su aparato bucal y en cada cavidad depositan solo un huevo, los cuales son depositados en la noche y la mayoría se coloca en la mitad superior de los cormos. Pueden atacar cualquier estado de desarrollo de la planta, manifestando síntomas visuales externos, como amarillamiento de la hoja, debilidad, escaso desarrollo y la formación de racimos anormales. Si el ataque es severo la planta puede morir.

2.1.6. Principales enfermedades del plátano

- Mal de panamá o "veta amarilla".

Es la enfermedad más grave que ataca a la platanera y está causada por el hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cúbense*. Las principales variedades comerciales, especialmente "Gros Michel", son atacadas por *Fusarium*.

Es fácil de apreciar la enfermedad, pues causa síntomas llamativos de amarilleo, seca de hojas y muerte de rodales de plantas:

- Parte aérea: el síntoma típico de la enfermedad en las hojas empieza con un ligero amarilleo en el borde. Posteriormente avanza hacia el nervio dejando un borde seco de color marrón claro. En otras ocasiones, sobre todo cuando el síntoma se advierte predominantemente en hojas viejas, éstas aparecen totalmente amarillas sin desecación. Muchos peciolos presentan un aspecto muy característico, apreciándose en su parte externa unas pequeñas manchas alargadas de color púrpura. Cuando se levanta la piel se observa que la mancha externa corresponde a una necrosis en los vasos, que generalmente es discontinua. No todas las hojas presentan síntomas, debiéndose buscar en la cuarta-sexta hoja, contando de fuera a dentro. Otro síntoma claro de la presencia de la enfermedad es la aparición de unas estrías necróticas en la cara interna de algunas vainas foliares del falso tallo.

- Falso tallo: cuando se corta transversalmente el falso tallo, se suelen encontrar coloraciones amarillas o necróticas en los vasos, que normalmente son de color blanquecino. Esta coloración puede afectar a todos los vasos o sólo a parte de ellos.

- Rizoma: los mismos síntomas que se aprecian en el falso tallo se extienden por el rizoma o "ñame". Se suelen presentar una serie de estrías necróticas, oscuras o azuladas, sobre fondo blanco ("Veta o vena negra"), o sobre descomposición secundaria amarillenta ("Veta o vena amarilla"). Es frecuente en plantas con

ataque inicial que la necrosis no afecte al rizoma, aunque esté extendida en peciolos y falso tallo.

- Racimo o piña: nunca se han observado lesiones en piña. Las plantas afectadas producen "piñas" con retraso o no llegan a producirla. En todo caso, los plátanos no llenan normalmente, denominándose plátanos "habichuelados". No se presentan pudriciones en la fruta ocasionadas por ataque de este hongo. En general, las "piñas" producidas por plantas enfermas son más pequeñas de lo normal, y por tanto de menor peso.

- Raíces: no hay diferencias definidas entre raíces sanas y raíces enfermas. Por término, medio su estado sanitario es bueno, si los nematodos están bien controlados.

La enfermedad se transmite frecuentemente por "cabezas" o "ñames" de plantas enfermas, con las que se plantan nuevas huertas o se replantan otras en cultivo. Dentro de una parcela, la enfermedad se propaga de una planta a otra por el suelo y a través de las raíces. La vía normal es que el hongo penetre por las raicillas laterales, que están sobre las raíces más viejas, y de éstas pase al rizoma. El hongo también puede penetrar por las raíces muertas o heridas, de las cuales pasará al rizoma.

También se puede realizar la propagación con estiércoles infectados por haber sido alimentado el ganado con plantas que contengan restos de plantas enfermas.

Las condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad son un exceso de humedad en el suelo, por cultivar en terrenos fuertes o arcillosos con mal drenaje, que retienen mucho tiempo el exceso de agua. Cuando no hay aireación, la infección se produce en las raíces sanas por encontrar un exceso perjudicial de dióxido de carbono originado por la respiración, y aunque la raíz principal está poco afectada, las raicillas laterales enferman y quedan destruidas.

Otro factor que juega un papel importante es el pH del suelo, ya que los terrenos ácidos y pobres en calcio reúnen condiciones adecuadas para el desarrollo del hongo.

Actualmente no se conoce un tratamiento curativo para este tipo de enfermedad. Sin embargo, se puede luchar indirectamente para evitar su desarrollo y propagación. Estas medidas de lucha deben ir encaminadas a aumentar el vigor de la planta para darle una mayor resistencia frente a la enfermedad y, por otra parte, crear en el suelo un ambiente desfavorable al desarrollo del hongo. Se recomiendan las siguientes prácticas:

- Encalar los terrenos con pH ácidos y bajo contenido en calcio en el momento oportuno y empleando de 500 – 600 kg/ha, como resultado de los análisis de tierra.
- Abonar racionalmente de acuerdo con los resultados de los análisis efectuados, especialmente en hojas. Tener en cuenta que se debe emplear adecuadamente la fertilización potásica, ya que el potasio es un elemento que está relacionado con la mayor o menor resistencia de las plantas a las enfermedades. Cualquier causa que limite la absorción de este elemento por la planta, como puede ser un exceso de sodio en el suelo, o una aireación deficiente del mismo, favorecerá el ataque de la enfermedad.
- Evitar los riegos copiosos, estableciendo además turnos más cortos de riego.
- En las parcelas donde la enfermedad se ha generalizado, se aconseja cortar la planta enferma y aprovechar los hijos sanos, eligiendo más adelante el mejor de ellos.
- También es aconsejable, aunque no del todo necesario, desinfectar los hoyos donde había plantas enfermas y los útiles de trabajo.
- Emplear siempre planta sana en las nuevas plantaciones y en los replantes.

- Debe evitarse el empleo de aguas salinas y plantar en suelos salinos, arcillosos, con mal drenaje, mala permeabilidad y poco profundos.

- Ahongado del plátano o "punta de cigarro".

Está causado por el hongo *Verticillium* o *Stachyldiumtheobromae*, que produce una necrosis en la punta de los plátanos que se asemeja a la ceniza de un puro. Se evita mediante desflorillado, que es la operación de cortar los pistilos de las flores, aproximadamente a los doce o quince días de nacer la piña. Un buen control del hongo se consigue con pulverizaciones dirigidas al racimo con alguno de los productos siguientes:

- Tiabendazol 60 %, a 150 g · hL-1.

- *Deightoniellatorulosa*.

En los últimos años han aparecido ataques de este hongo en los frutos, que provocan el desarrollo de unas manchas de un color verde oscuro de aspecto aceitoso, de unos 4 mm de diámetro que poseen en su centro una puntuación similar a una picadura de insecto. Este ataque, por tanto, no debe confundirse con el ataque del trips o araña roja, cosa que sucede frecuentemente. Los frutos jóvenes, de diez a treinta días, son más susceptibles al hongo que los que tienen de setenta a cien días. El desarrollo de la enfermedad se ve favorecido por un drenaje deficiente, un marco de plantación muy estrecho y un inadecuado control de las malas hierbas. Para su control se recomiendan pulverizaciones con compuestos de cobre o Maneb, a la dosis de 300 g hL-1 de agua.

- Enfermedad de moko (*Pseudomonassolanacearum*).

Se trata de una marchitez bacteriana del plátano que está tomando cada vez más incidencia en toda el área del Caribe. Los frutos infectados con esta enfermedad tienen la pulpa podrida y los tejidos vasculares decolorados. Esta enfermedad se distribuye en la plantación por las herramientas de trabajo infectadas, por tanto se recomienda una desinfección de las mismas con una solución de fenol al 15%.

Se recomienda la pulverización de aceites minerales después del corte de los rizomas expuestos.

- Sigatoka Negra

Es la enfermedad más importante que limita la producción del plátano; es causada por el hongo *Mycosphaerella Fijensis*. El primer síntoma de esta enfermedad es en la hoja, el cual aparece como manchitas amarillentas o parduzco, luego esto se tornara a rallas parduzcas. Bajo condiciones favorables se desarrollan lesiones necróticas oscuras. Cuando varias rallas se expanden y se unen se forma un largo tejido necrótico de color café en la hoja.

Cuando la enfermedad es dejada sin control da como resultado pocas hojas funcionales, el tamaño de la fruta y el número de manos son reducidos. El control químico es la medida más favorable para controlar la enfermedad y la plaga. Se puede utilizar para el control dos tipos de fungicida: fungicidas protectores y fungicidas sistémicos.

En el caso de los fungicidas protectores se puede utilizar Manzate 200 (Mancozeb) en dosis de 2 - 3 Kg/Ha y el Bravo 720 (Chlorothalonil) en dosis de 1.5 - 2 lit. /Ha

En los fungicidas sistémicos se puede utilizar el Enlate (Benomyl) en dosis de 0.28 Kg/Ha y el Tiacarbomato cuya dosis que se aplica es 0.30 Kg/Ha.

2.1.7. Recolección

La duración de la plantación es de 6 a 15 años, dependiendo de las condiciones ambientales y de los cuidados del cultivo. La plantita que se colocó sobre el terreno de asiento da únicamente frutos imperfectos y los mejores frutos se obtienen de los vástagos nacidos de su pie, que fructifican a los nueve meses de la plantación. Los frutos se pueden recolectar todo el año y son más o menos abundantes según la estación.

2.1.8. Calidad

Los plátanos de todas las categorías deben presentar las siguientes características:

- Verdes, sin madurar
- Enteros
- Consistentes
- Sanos, se excluirán los productos atacados por podredumbres o alteraciones que los hagan impropios para el consumo
- Limpios, exentos de materias extrañas visibles
- Exentos de daños producidos por parásitos
- Con el pedúnculo intacto, sin pliegues ni ataques fúngicos y sin desecar
- Desprovistos de restos florales
- Exentos de deformaciones y sin curvaturas anormales de los dedos.
- Exentos de magulladuras
- Exentos de humedad exterior anormal
- Exentos de olores o sabores extraños

Además las manos y manojos deben:

- Soportar el transporte y manipulación.
- Llegar en estado satisfactorio al lugar de destino a fin de alcanzar un grado de madurez apropiado tras la maduración.

2.1.9. Coeficiente biológico del Plátano (Kc)

El coeficiente biológico del cultivo (Kc) se define como la relación entre la evapotranspiración real de un cultivo (ET), y la evapotranspiración de referencia (Eto), cuando el suministro de agua atiende plenamente las necesidades del cultivo. El valor de Kc varía con el cultivo y la etapa de desarrollo de este, y en cierta medida, con la velocidad del viento y la humedad.

Para la mayoría de los cultivos el valor de Kc, aumenta desde el valor reducido en el momento de la nacencia hasta un valor máximo durante el periodo en que el cultivo alcanza su pleno desarrollo y declina a medida que madura el cultivo.

Tabla No.1: Coeficiente biológico del cultivo (Kc del Plátano)

Mes	Kc
Enero	0. 94
Febrero	0. 94
Marzo	0. 91
Abril	1. 02
Mayo	1. 43
Junio	1. 95
Julio	1. 02
Agosto	1. 08
Septiembre	1. 16
Octubre	1. 28
Noviembre	0. 96
Diciembre	0. 91

Fuente: Palacios, E. 1989. Folleto *¿Por qué, cuando, cuanto y como regar? Para lograr mejores cosechas.*

2.1.10. Planificación del riego

El plátano requiere grandes cantidades de agua y es muy sensible a la sequía, ya que ésta dificulta la salida de las inflorescencias dando como resultado, racimos torcidos y entrenudos muy cortos en el raquis que impiden el enderezamiento de los frutos. La sequía, también produce obstrucción foliar, provocando problemas en el desarrollo de las hojas.

Una humedad apropiada del suelo es esencial para obtener buenas producciones, particularmente durante los meses secos del año, en los que se debe asegurar un riego adecuado. Sin embargo, debe tenerse precaución y no regar en exceso, ya que el plátano es extremadamente susceptible al daño provocado por las inundaciones y a suelos continuamente húmedos o con un drenaje inadecuado.

Los sistemas de riego más empleados son el riego por goteo y por aspersión. En verano, las necesidades hídricas alcanzan aproximadamente unos 100 m³ de agua por semana y por hectárea. En enero no se riega y en febrero, una sola vez. Los riegos se reducen cuando los frutos están próximos a la madurez.

Por otro lado, la platanera sólo puede aprovechar el agua del suelo cuando tiene a su disposición suficiente cantidad de aire, por lo tanto, la cantidad de agua y de aire en el suelo deben estar en cierto equilibrio para obtener un alto rendimiento en el cultivo.

Como se ha comentado, el drenaje es una de las prácticas más importantes del cultivo. Un buen sistema de drenaje aumenta la producción y la disminución de la incidencia de plagas y enfermedades. Se recomienda realizar el drenaje, cuando la capa de agua esté a menos de 40-60 cm de la superficie, aunque sea temporalmente.

2.1.11. Valor Nutricional

El plátano maduro es un alimento muy digestivo, pues favorece la secreción de jugos gástricos, por tanto es empleada en las dietas de personas afectadas por trastornos intestinales y en la de niños de corta edad. Tiene un elevado valor energético (1,1-2,7 Kcal/100 g), siendo una importante fuente de vitaminas B y C, tanto como el tomate o la naranja. Numerosas son las sales minerales que contiene, entre ellas las de hierro, fósforo, potasio y calcio.

En la siguiente tabla se muestra el valor nutricional del plátano fresco por 100 gramos de sustancia comestible:

Tabla No. 2: Valor nutricional del plátano fresco por 100 g de sustancia comestible

Agua (g)	75,7	
Proteínas (g)	1,1	
Lípidos (g)	0,2	
Carbohidratos	Total (g)	22,2
	Fibras (g)	0,6
Vitaminas	A (UI)	0,6
	B ₁ (mg)	0,05
	B ₂ (mg)	0,06
	B ₅ (mg)	0,32
	Ácido nicotínico (mg)	0,6
	Ácido pantoténico (mg)	0,2
	C (mg)	10
Otros componentes orgánicos	Ácido málico (mg)	10
	Ácido cítrico (mg)	150
	Ácido oxálico (mg)	6,4
Sales minerales	Sodio (mg)	1
	Potasio (mg)	420
	Calcio (mg)	8
	Magnesio (mg)	31
	Manganeso (mg)	0,64
	Hierro (mg)	0,7
	Cobre (mg)	0,2
	Fósforo (mg)	28
	Azufre (mg)	12
	Cloro (mg)	125
Calorías (Kcal)	85	

Fuente: <http://www.zonadiet.com/comida/platano.htm>

2.2. RIEGO POR GOTEO

El método de riego por goteo surge por la necesidad de regar en zonas con muy poca cantidad de agua disponible. Se le conoce también como "riego controlado" pues permite un estricto control del agua aplicada al cultivo en función de sus necesidades. La esencia del riego por goteo es reponer el agua que consume la planta.

Se basa en la aplicación directa del agua en la zona de humedecimiento efectivo del suelo a base de entregas de agua extremadamente pequeñas (gotas o pequeños chorros).

Ventajas:

- a) Es adecuado en zonas de gran escasez de agua donde el gasto disponible sea muy pequeño (1-5 litros).
- b) En zonas de topografía adversa donde es imposible el uso de otros métodos de riego este método resulta adecuado.
- c) Se logra un enraizamiento profundo del cultivo.
- d) En zonas donde el agua de riego tenga alto contenido de sales, los métodos tradicionales (intervalos grandes entre riegos) hacen que se produzcan un aumento del contenido de sales, lo cual provoca un aumento de la tensión de humedad en el suelo. Para mantener tensiones bajas es necesario que la humedad en el suelo se encuentre cercana a la capacidad de campo, lo que se logra en el riego por goteo (riego diario).
- e) Puede ser utilizado en cultivos sembrados en hileras: vegetales, viandas, café, plátanos, caña, frijoles, frutales, cítricos, etc.
- f) Permite la fertilización del cultivo junto al agua de riego con un gran control.
- g) El consumo de energía es mínimo.

Desventajas:

- a) Requiere de importación de todos sus componentes.

- b) Es necesario darle mantenimiento continuo para evitar el deterioro de los goteros.
- c) Su uso está limitado a cultivos sembrados en hileras.
- d) Alto costo inicial.
- e) Vida útil del equipo muy corta.

2.2.1. Partes de un sistema de riego por goteo.

Un sistema de riego por goteo consta de las siguientes partes:

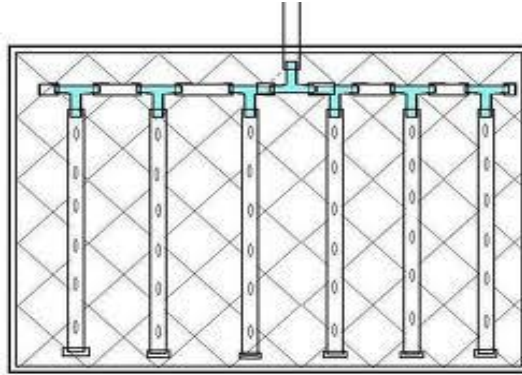
- Tubería principal que es la que conduce el agua hasta el sistema.
- Filtro: que tiene como función eliminar las partículas que trae el agua en suspensión y así evitar en cierta medida un mayor deterioro de los goteros.
- Maestra: es la tubería que abastece de agua a las tuberías laterales. Las maestras atraviesan el campo de riego perpendicularmente a la dirección de las hileras del cultivo.
- Laterales: es la tubería que se pone en la dirección de las hileras del cultivo y que abastece de agua a los goteros.
- Goteros: es el equipo encargado de distribuir el agua en el terreno. Existen dos tipos de gotero: regulares y no regulares. Los primeros tienen un dispositivo que permite regular el gasto dentro de un determinado rango; los segundos entregan un gasto fijo en función de la presión en la que están sometidos.
- Las tuberías y los goteros son de PVC y polietileno.

Estas tuberías pueden tener las siguientes especificaciones:

- El diámetro de las líneas laterales oscila entre 10 y 20 mm.
- El diámetro de las tuberías maestras oscila entre 25 y 75 mm.
- La presión de trabajo del gotero es de 0.7 a 1.5 atm.
- El gasto de trabajo de los goteros está entre 1 y 60 l/hr.

- La longitud de los laterales es variable y está limitada a un valor máximo, tal que no ocasiona pérdidas mayores que el 20% h_o (presión de trabajo del gotero $h_f \text{ lateral} \leq 0.20 h_o$)

Figura 3: Tuberías laterales de un sistema de riego



En el riego por goteo se aplica el agua en la proximidad de las plantas, a través de un número variable de puntos de emisión.

Figura 4: Cintas emisoras colocadas en los laterales



Foto: Tragsatec



Cinta emisora (Naandan Jain)

Emisores y tuberías emisoras: caudales inferiores a 16 l/h.

Difusores y micro aspersores: caudales inferiores a 200 l/h.

La diferencia entre difusores y micro aspersores es que estos últimos tienen movimiento de rotación y un alcance máximo de 3 m, mientras que los difusores, no tienen movimiento de rotación.

Cintas emisoras: para caudales inferiores a 16 l/h, pero con presiones de trabajo inferior a 10 mca. Utilizadas en cultivos de marco estrecho y son sensibles a las obturaciones.

2.2.2. Componentes de instalación del riego por goteo:

1. IMPULSION:

- Grupo de bombeo desde balsa, río, pozo.
- Depósitos.

2. CABEZAL DE RIEGO:

- Pre filtrado.
- Filtros de arena (cuando sea necesario).
- Equipo de fertirrigación.
- Filtros de mallas o anillas.
- Hidrante de red colectiva a presión.
- Dispositivos de control.

3. RED DE DISTRIBUCIÓN

4. EMISORES.

2.2.3. Elementos de control del sistema de riego por goteo:

Todos estos elementos los encontramos en el cabezal de riego.

- Medidores de presión.
- Contadores volumétricos.
- Electroválvulas.
- Válvulas seccionadoras.
- Válvulas limitadoras de caudal.
- Válvulas reguladoras de presión.
- Programadores.

Figura 5: Elementos de control de un sistema de riego.

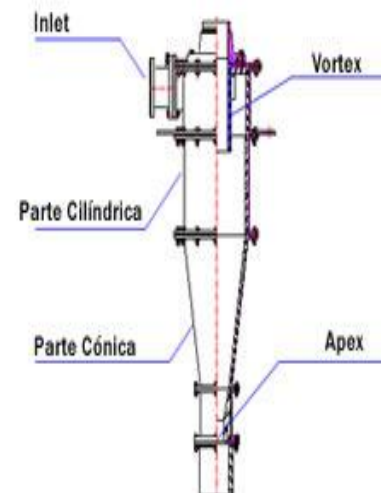


2.2.4. Sistema de filtrado:

a. Filtro Hidrociclón

El hidrociclón consiste de una parte cónica seguida por una cámara cilíndrica, en la cual existe una entrada tangencial para la suspensión de la alimentación (*Feed*). La parte superior del hidrociclón presenta un tubo para la salida de la suspensión diluida (*overflow*) y en la parte inferior existe un orificio de salida de la suspensión concentrada (*underflow*). El ducto de alimentación se denomina *inlet*, el tubo de salida de la suspensión diluida se denomina *vortex*, y el orificio de salida del concentrado se denomina *ápex*.

Figura 6: Hidrociclón



b. Filtro de Malla

La gran variedad de filtros de malla disponibles incluyen versiones manuales y automáticas. Los modelos manuales se utilizan como filtración secundaria, mientras que los automáticos se utilizan como filtración primaria con aguas de buena a media calidad.

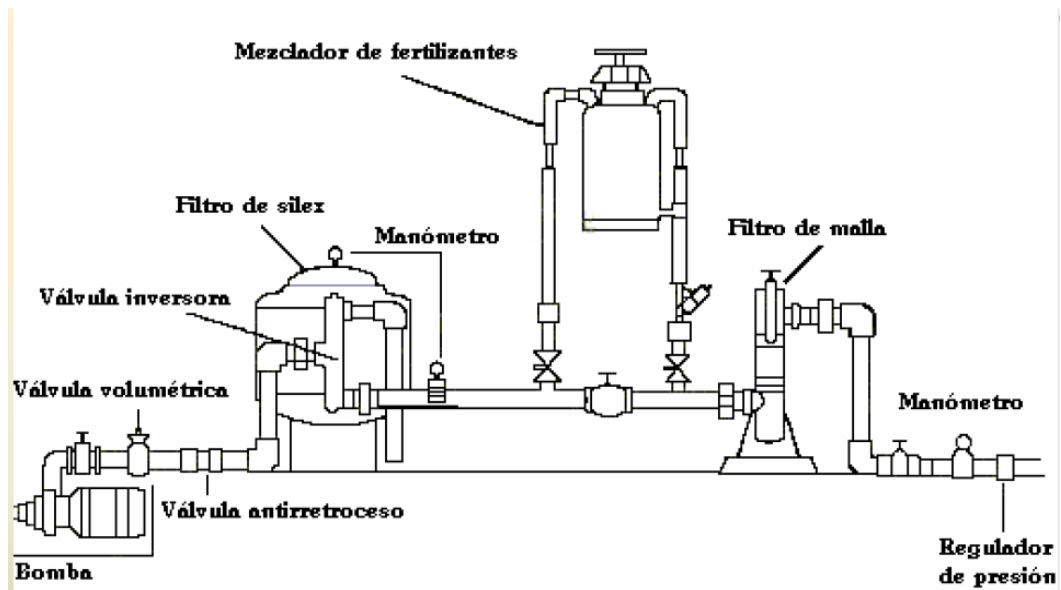
Vienen en medidas $\frac{3}{4}$ " a 14" y pueden ser provistas en unidades simples o

Figura 7: Filtro de Malla



formando baterías. La instalación es simple dado que los modelos pueden ser en línea, modulares o en ángulo.

Figura 7: Componentes del Equipo de Riego.



2.2.5. Red de distribución

La red de distribución es la encargada de conducir el agua desde el cabezal a las plantas, y está compuesta por:

Primaria o principal: Transporta el agua desde el cabezal de riego (bomba, filtros e inyector de fertilizante) a la línea de distribución. Normalmente de PVC y de DN mayor a la secundaria.

En la intersección de la principal con la secundaria se instalan válvulas eléctricas o manuales que permiten la entrada de agua hacia la secundaria y por consiguiente, a los laterales.

Secundaria: Bajo tierra, encargada de conducir el agua de la tubería principal a los laterales, actuando como cabecera de la línea porta emisor o lateral. Generalmente de PVC.

Lateral: Es la línea que contienen los emisores. Generalmente de PE y de DN 12, 16 y 20 mm.

2.2.6. Tipología de emisores y tuberías emisoras

- A. Sellados y desmontables.
- B. Interlínea, integrados o pinchados

A) Integrados: corresponden a los del tipo de largo conducto que se insertan en la tubería, cortándola. La pérdida de carga ocurre en un conducto largo y angosto por donde pasa el agua.



Integrados (Naandan Jain)



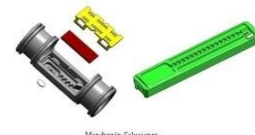
Interlínea (Naandan-Jain)

B) Pinchados: se insertan en una perforación que se realiza en una pared de la tubería de PE. La pérdida de carga puede ser causada por un laberinto o bien de Vortex.



Pinchados (Mondragón Soluciones)

C) Integrados: generalmente son goteros de laberinto (sin cubierta), extruidos en la tubería de PE. La pérdida de carga se produce por la tortuosidad del laberinto



Mondragón Soluciones

D) Compensantes y no compensantes: De largo conducto (micro tubo) y de laberinto.

Es importante conocer los siguientes parámetros (ISO 9261) para la selección de un emisor:

- ✓ Caudal nominal.
- ✓ Autocompensante/No Autocompensante
- ✓ Presión nominal y rango de presiones de auto compensación en caso de ser Compensante
- ✓ Antidrenante/No Antidrenante
- ✓ Curva Q-P (Caudal - Presión)
- ✓ Presión de cierre/Presión apertura en caso de ser Antidrenante.

- ✓ Coeficiente de uniformidad.

Es importante conocer los siguientes parámetros (ISO 9261) para la selección de la tubería emisora:

- ✓ Diámetro de la tubería
- ✓ Espesor de la tubería
- ✓ Distancia entre emisores
- ✓ Caudal nominal
- ✓ Autocompensante/No Autocompensante
- ✓ Presión nominal y rango de presiones de autocompensación en caso de ser compensante.
- ✓ Antidrenante/No Antidrenante
- ✓ Presión de cierre/Presión de apertura en caso de ser Antidrenante.
- ✓ Curva Q-P (Caudal - Presión)
- ✓ Coeficiente de uniformidad
- ✓ Longitud máxima del ramal en función de la pérdida de carga máxima.

2.2.7. Régimen de riego en el método de goteo

Uno de los elementos de suma importancia para la determinación de la cantidad de agua a aplicar a la planta lo constituye la evapotranspiración del cultivo, ésta no es más que la transpiración por parte de la planta y la evaporación desde la superficie del suelo que incluye el agua de constitución. La misma se encuentra influenciada por el clima, el suelo, la planta, la filotecnia y técnica de riego empleada. Se pueden establecer estos regímenes según las necesidades de agua y la disponibilidad:

a) Tradicional (filosofía americana):

Consiste en mantener la humedad en un rango entre capacidad de campo (Cc) y límite productivo (Lp). Para lograr esto se riega el cultivo cada cierto número de días (intervalo).

Con esta variante se logra un buen ahorro de agua pero tiene el inconveniente de que se desaprovechan las instalaciones (que son fijas) durante un tiempo determinado.

b) Diario o frecuente (filosofía israelita):

Consiste en mantener el suelo con un alto contenido de humedad (Cc o 90% de Cc) regando diariamente. Esta forma de regar permite obtener altos rendimientos del cultivo, pues mantiene al mismo en óptimas condiciones.

Calculo del régimen de riego:

En función del tipo de cultivo el diámetro radicular tendrá una concepción diferente:

- Cultivos especiales (plátanos, frutales, cítricos, etc.)

En este caso los goteros deben regar el área correspondiente al círculo de raíces correspondientes a cada planta.

- Cultivos a surcos continuos (caña, maíz, vegetales, frijoles, etc).

En este caso como el cultivo está sembrado muy próximo uno de otro el área regar es una franja.

Figura 8: Espaciamiento entre plantas



Fuente: Propia.

En los otros métodos de riego se aplica el agua a toda el área cultivada mientras que en riego por goteo solo se riega el área ocupada por las raíces.

A continuación se presenta una tabla en el que se dan valores de Profundidad de las raíces (Pr) en función del cultivo.

Tabla No. 3: Profundidades de raíces de algunos cultivos

Cultivos:	P_r (m):
Frutales (cítricos)	1.50 - 2.00
Café	1.00
Plátanos	1.00
Vegetales	0.40 - 0.60

Fuente: http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales.htm

2.2.8. Aplicación de los riegos

Aparte de criterios relativos al diseño hidráulico del sistema (capaz de distribuir el caudal preciso y de mantener las presiones adecuadas en los goteros) y a aspectos económicos (inversión inicial, desgaste y depreciación de los diversos elementos del sistema, costo de energía, etc.); un aspecto fundamental se refiere a que las condiciones de humedad del suelo resulten adecuadas para los cultivos.

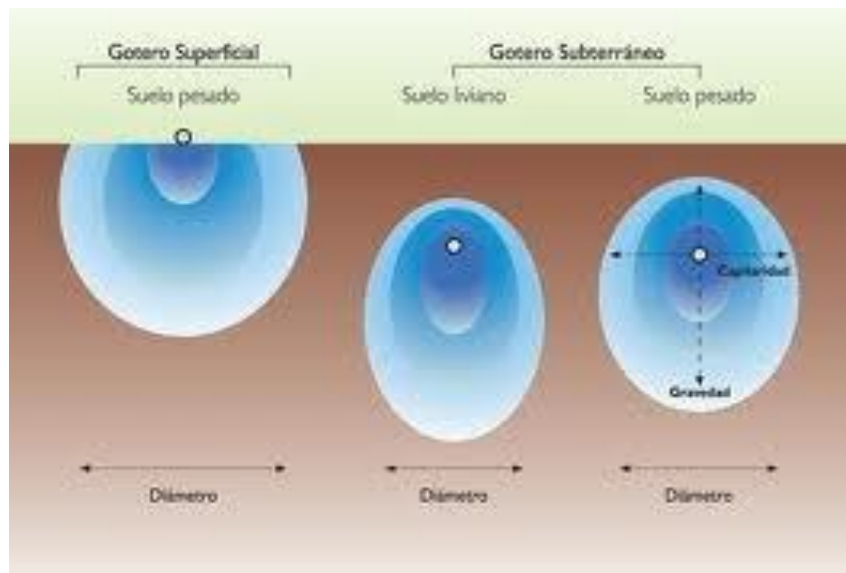
Como ya se hizo notar, el riego por goteo representa un perfeccionamiento del método por surcos, del que se distingue por los siguientes aspectos específicos:

- El agua no escurre por surcos, no siendo necesaria una nivelación precisa, y no habiendo lugar a erosión ni escorrentía.
- La aplicación del riego está controlada en cuanto a precisión y uniformidad gracias a la localización del goteo y a la presión poco desigual de que disponen los goteros. Esto permite un ahorro de agua, especialmente en suelos arenoso, al reducirse la percolación.

- Siendo factible a la aplicación de riegos muy lentos y frecuentes, se pueden evitar condiciones de humedad extremas, tanto en saturación como en subsaturación.

Al humedecerse solo una parte de la superficie del suelo, la distribución de humedad en el espacio tiene un carácter tridimensional que depende del tiempo, del caudal suministrado y de las características hidrofísica del suelo. La filtración crea frentes de igual humedecimiento (superficie con $Q = cte$) cuya morfología se aproxima a la de los bulbos, correspondiendo los máximos de potencial \emptyset y de contenido de humedad Q a la vecindad de los puntos de goteo (Ver. Figura 5). Los detalles varían con los condicionamientos de cada caso. El análisis de la distribución de humedad tras el riego es particularmente difícil cuando se considera en su conjunto un sistema suelo-agua-planta-atmósfera y, más aun, cuando uno de los problemas estudiados es la distribución de sales. La figura indica que el carácter de redistribución de humedad queda fuertemente influenciado por la evapotranspiración (evaporación y absorción radicular).

Figura 10: Bulbo húmedo



Fuente: www.elriego.com

Las circunstancias antes dichas justifican el recurso al empirismo para diseñar un tendido: el marco de los goteros y el carácter de sus aplicaciones son definidos tras una serie de pruebas experimentales, a partir de una estimación preliminar que considere factores del sistema agua-suelo (temperatura, conductividad hidráulica en cada horizonte diferenciado, distribución de Q y Ø durante y después del riego, interacción de goteros próximos, etc.), de cultivo (marco de siembra o plantación espacio ocupado por las raíces, sensibilidad de estas a la distribución de humedad, etc.) e hidráulicos (gastos por gotero, duración y frecuencia de aplicaciones).

Bajo condiciones definidas, es frecuente establecer correlaciones entre el crecimiento de un cultivo, su consumo hídrico, la tensión en el suelo enraizado observada mediante tensiómetros y la evaporación medida en tanque. Se ha observado que el riego por goteo correctamente aplicado define una zona donde las condiciones de humedad a lo largo de cada ciclo de riegos son óptimas. Debido a la frecuencia de las aplicaciones, no llegan a desarrollarse las amplias fluctuaciones de tensión total que se acepta al aplicar métodos de riego convencionales. Las raíces tienden a localizarse en dicha zona y, al constituir un sumidero allá donde mayores son la conductividad y el potencial hidráulicos, se disminuyen las pérdidas por percolación. En cuanto a la evaporación y transpiración solicitadas por las condiciones atmosféricas, la primera queda muy limitada debido al parcial humedecimiento de la superficie del suelo. Todas estas circunstancias explican porque el rendimiento de utilización del agua aplicada por goteo es superior al obtenido con otros métodos por superficie y aspersión, conclusión que es avalada por numerosos experimentadores.

Se ha observado también un acortamiento en el periodo de desarrollo, lo que puede deberse a las mejores condiciones vegetativas. Se han producido cosechas unas y dos semanas más precoces que en riegos por surcos y aspersión respectivamente. La importancia económica de este hecho reside en el posible aumento del precio de venta de los productores y en la reducción de costos de explotación.

La frecuencia de los riegos no supone un momento apreciable de mano de obra, mientras que da lugar, junto a la referida rapidez del crecimiento, a un incremento en producción. Estos son aspectos fundamentales de los métodos de riego que, como el goteo, pueden aplicar dosis muy precisas con un sistema de distribución fija. La capacidad de reserva de humedad utilizable en el suelo actúa fundamentalmente como apoyo para las raíces (casi como un cultivo hidropónico), La respuesta del cultivo es notable, especialmente bajo condiciones de escasa retención. Cuando el suelo no es muy arenoso, el intervalo puede y debe espaciarse, para evitar la falta de aireación.

Interesa destacar que, si se aplican con el agua de riego fertilizantes solubles, estas quedan localizadas en el suelo enraizado, lo que permite su aprovechamiento eficaz y directo. Si el suelo es de escasa fertilidad, la respuesta a esa práctica es también espectacular. En cualquier caso, solo se han apreciado ventajas claras en el caso del nitrógeno, habiéndose observado que otros elementos pueden producir problemas de desequilibrio, según los suelo, o de atascamiento en los goteros. En particular, el empleo de fosfatos solubles con aguas ricas en calcio o magnesio da lugar a precipitación de fosfatos insolubles. En todo caso, los diversos fertilizantes deben ser aplicados por separados, al principio de cada riego.

Puesto que la variabilidad de condiciones climáticas, edáficas, de cultivo, estructurales, económicas, etc., impide establecer una normativa general de diseño de sistemas y de aplicación de riegos, el alcance de cualquier criterio al respecto es necesariamente restringido, y las ideas que siguen deben ser interpretadas como meramente orientativas. Un espaciamiento de alrededor de 0.5 m es normal en suelos arenosos o bien estructurados, y de 1 m en los suelos pesados poco estructurados. En cuanto a la separación de los ramales, en general 1.2 a 1.8 m, depende de condiciones agro técnicas: mecanización, cultivo, costo de ramales y conducciones, etc. Cabe señalar diferencias entre dos principales grupos de cultivos a que se aplica este método, hortalizas y frutales, según se ilustra con los ejemplos que siguen:

En el caso de hortalizas, si los goteros, se distribuyen de 0.5×1.5 m y su canal unitario es de 3 l/h, resulta un módulo de aplicación por Ha de unos 10 l/s. Aplicando cada 2 días un riego de $100 \text{ m}^3/\text{ha}$, el tiempo necesario sería de unas 2.5 h y el consumo mensual del orden de $1500 \text{ m}^3/\text{ha}$, lo que representaría un caudal ficticio continuo de $0.65 \text{ l/s} \cdot \text{ha}$. En general, en cultivos anuales el sistema se coloca en posición una vez que la parcela ha sido preparada para la siembra, o cuando ésta es terminada. La distancia adecuada entre el cultivo y los goteros oscila entre 0.5 y 0.3 m según caudal y suelo. La franja humedecida en la superficie del suelo durante la infiltración y redistribución puede ser muy variable, pero interesa notar que un aumento en el gasto incrementa horizontalmente su zona de influencia.

Los espaciamientos en un huerto de frutales (uno o dos laterales por línea) vienen obligados por el marco de plantación. Suelen colocarse varias boquillas por pie, bien sobre el mismo ramal., bien sobre pequeñas derivaciones sobre lazos que circundan los árboles. La distancia a los mismos es del orden de 0.5 m, debiendo evitarse una proximidad excesiva que afecte la salud de las raíces leñosas por falta de aireación.

2.3. ENERGIA SOLAR

Se denomina *fuentes de energía renovable* a aquellas que administradas de forma adecuada, puede ser explotada ilimitadamente, es decir la cantidad existente de ella no disminuye en la medida que es aprovechada. De esto podemos determinar que la mayor y más importante fuente de energía es el *sol*. La energía solar es energía radiante emitida por el sol y que percibimos en la tierra en forma de ondas electromagnéticas.

Los paneles fotovoltaicos producen electricidad a partir de la luz solar usando celdas de silicio, sin partes móviles. Estos han sido producidos en masas desde 1979. Son tan confiables que la mayoría de los fabricantes suministran una

garantía de 10 años, y una expectativa de vida de 20 años. Estos funcionan bien en climas fríos y calientes.

Puede usarse un rastreador solar para inclinar los paneles FV a medida que el sol se desplaza en el cielo. Esto incrementa la ganancia diaria de energía hasta en un 55%. Con más horas pico de luz solar.

2.3.1. Definición de Sistema Fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico (SFV) es una fuente de energía eléctrica en la cual las celdas solares se transforman la energía lumínica solar en electricidad. Los sistemas fotovoltaicos se pueden instalar en cualquier lugar donde exista la suficiente radiación solar. Estos sistemas no requieren de combustibles, carecen de partes móviles, no producen ruidos, emisiones tóxicas, ni contaminan al ambiente.

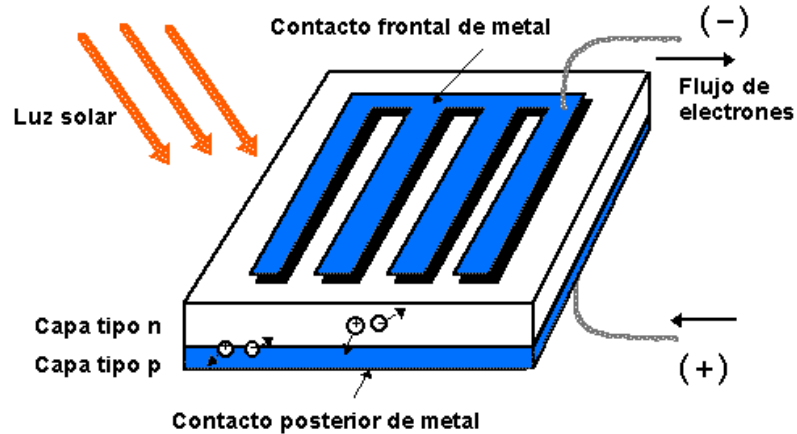
Con este sistema se pueden obtener variados diseños para diferentes fines, ya que pueden operar de manera autónoma o en sistemas híbridos o también con sistemas de generación convencional.

2.3.2. Funcionamiento del efecto fotovoltaico

La luz está formada por un gran número de entidades físicas llamadas fotones. Los fotones son capaces de interactuar con los electrones de los cuerpos sobre los que inciden; la obtención de energía eléctrica directa a partir de la radiación solar es el efecto fotovoltaico.

Sin embargo, si incide la luz sobre la zona de unión, los fotones de misma liberan electrones y al mismo tiempo dejarán huecos en su lugar. Estos pares de electrón – hueco por defecto del campo eléctrico adquieren movimiento y pueden ser recogidos mediante un conductor, aparece una corriente eléctrica, la energía eléctrica proviene de los fotones de la luz.

Figura 6. Generación eléctrica de una celda fotovoltaica.



Fuente: Southwest Technology Development Institute, New Mexico State University, Sandia National Laboratories (SNL).

2.3.3. Inclinación del arreglo fotovoltaico

La máxima energía se obtiene cuando los rayos solares llegan perpendiculares a la superficie del captador. En el caso de arreglos fotovoltaicos la perpendicularidad entre las superficies de los módulos y los rayos solares sólo se puede conseguir si las estructuras de montaje del arreglo se mueven siguiendo al Sol.

Existen estructuras de soporte del arreglo que ajustan automáticamente el azimut y/o la elevación. Estas estructuras de montaje se llaman *seguidores*. Generalmente el ángulo de elevación del arreglo es fijo. En algunos casos se usan seguidores azimutales. Dependiendo de la latitud del lugar, los seguidores azimutales pueden incrementar la insolación promedio anual hasta en un 25%.

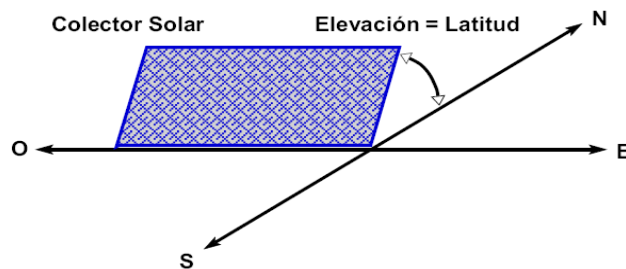
En los proyectos que no se contempla la instalación con seguidores solares, los arreglos fotovoltaicos se montaran en estructuras fijas (como se muestra en la Figura 7). Este montaje tiene la ventaja de ser muy sencillo, debido a que el ángulo de elevación del Sol cambia durante el año, se tendrá un criterio de selección del ángulo óptimo del arreglo que garantice la máxima producción de energía eléctrica. En el hemisferio Norte el Sol se declina hacia el Sur, por lo cual

se requiere que los arreglos fijos se coloquen inclinados (respecto de la horizontal) viendo hacia el Sur.

Regla de Mano:

- La inclinación del arreglo se selecciona para satisfacer la demanda de agua durante todo el año.
- Si se desea bombear la máxima cantidad de agua al año, la inclinación del arreglo deberá de ser igual al valor de la latitud del lugar.

Figura 7. Orientación de una estructura fija para optimizar la captación de radiación solar.



Fuente: Southwest Technology Development Institute, New Mexico State University, Sandia National Laboratories (SNL).

En la mayoría de las instalaciones se opta por el ángulo más idóneo dependiendo de la época en la cual se va a utilizar con más frecuencia, o bien por una inclinación grande para aprovechar al máximo el sol invernal si el consumo es igual para todos los meses del año.

Tabla No. 4: Ángulos para orientación invernal en función de la latitud del lugar

Latitud del lugar de instalación (en grados)	Angulo de inclinación
0° a 15°	15°
15° a 25°	Mismo que la latitud
25° a 30°	Latitud + 5°
30° a 35°	Latitud + 10°
35° a 40°	Latitud + 15°
+ 40°	Latitud + 20°

Fuente: Manual de Capacitación de Sistemas Fotovoltaicos, Solavolt International 1986.

2.3.4. Componentes de un sistema de energía solar fotovoltaica

Los componentes de un sistema fotovoltaico de energía solar dependen del tipo de aplicación que se considere y de las características de la instalación:

A. Módulo fotovoltaico

El módulo fotovoltaico está constituido por un conjunto de celdas solares interconectadas adecuadamente entre sí, con la función de generar energía eléctrica en corriente directa transformando la energía electromagnética del sol, sin elementos de concentración. Su geometría es plana y debería estar debidamente protegida contra la acción del ambiente en el que trabaja, así mismo proveer terminales de conexión por los cuales entrega su energía. Un conjunto de módulos interconectados dentro de un sistema, constituye el campo fotovoltaico del sistema.

B. Controladores de carga

El controlador de carga es el dispositivo electrónico diseñado para:

- Proteger la batería contra posibles sobrecargas causadas por excedentes provenientes del módulo y/o campo fotovoltaico.
- Evitar la sobrecarga en la batería por exceso de consumo, para así también proteger los dispositivos de consumo.
- Eliminar las corrientes que puedan fluir desde la batería hacia el módulo fotovoltaico, cuando este no recibe energía solar.
- Centralizar el cableado del sistema por lo cual debe proveer los terminales apropiados. De éste sale el cableado para la red de consumo.
- Proporcionar los elementos de monitoreo de sus funciones como pantalla analógica o digital.

C. Caja para conexiones

Es necesario que recibe el cableado del regulador y se convierte en el centro de distribución de la red de consumo, garantizando una adecuada interconexión entre el controlador de carga y los ramales de consumo. Puesto que el cable que transporta la corriente proveniente del controlador de carga es más exigente

(mayor calibre), la salida de la caja de conexiones cada circuito tiene el cable apropiado, por lo cual garantiza identidad y especificidad para cada rama del consumo.

D. Cables

Son los conductores eléctricos que transportan la energía eléctrica la energía eléctrica directa e intercomunican los diferentes componentes SFV. Puesto que existen cuatro circuitos básicas en un SFV de energización rural, el calibre de los diferentes conductores debería ceñirse a los requerimientos eléctricos de en cada parte del sistema. Los circuitos básicos son:

- Del campo fotovoltaico al controlador de carga.
- Del controlador de carga a la batería.
- Del controlador de carga a la caja de conexiones.
- De la caja de conexiones a los diferentes elementos de consumo.

E. Arreglo Fotovoltaico

- El arreglo fotovoltaico deberá instalarse permanentemente lo más cercano posible de la fuente de agua, evitando zonas de posible inundación y tránsito de animales.
- No deberán existir obstáculos (árboles u otras estructuras permanentes) que proyecten sombra sobre los módulos a lo largo del día, específicamente entre las 10 a.m. y las 3 p.m.
- Los módulos solares estarán orientados al sur verdadero. Si se parte del sur magnético, hay que hacer los debidos ajustes por la declinación magnética del lugar.
- La inclinación del arreglo respecto a la horizontal quedará dentro de los 15 grados, pero no menor que 5 grados.
- La estructura deberá quedar debidamente ajustada para evitar que la orientación del arreglo cambie por la acción del viento. Se recomienda el uso de estructuras que permitan ajustes del ángulo de inclinación de acuerdo a la época del año. Se permite el uso de seguidores instalados de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

- Los módulos deberán sujetarse a la estructura como mínimo con 4 tornillos de acero inoxidable por módulo.

Figura 11: Elementos de un Sistema Fotovoltaico (SFV).



Fuente: <http://www.cecua.es/20fotovoltaica.htm>

2.3.5. Bombeo de agua con energía solar fotovoltaica

El bombeo de agua en pequeña escala es una aplicación de mucha trascendencia en el mundo; tiene especial impacto en comunidades rurales donde no hay suministro de energía eléctrica convencional. Los sistemas de bombeo fotovoltaicos se caracterizan por ser de alta confiabilidad, larga duración y mínimo mantenimiento, lo cual se traduce en un menor costo a largo plazo si se le compara con otras alternativas. Además no requiere del empleo de un operador y tienen un bajo impacto ambiental (no contaminan el aire o el agua y no producen ruido).

Otra ventaja es que los sistemas son modulares, de manera que pueden adecuarse para satisfacer las necesidades específicas del usuario en cualquier momento. Estos sistemas son muy sencillos en su operación. Para realizar un proyecto con éxito es necesario entender conceptos como la energía solar fotovoltaica, la hidráulica del sistema y el funcionamiento del conjunto motor-bomba.

Los sistemas activados por el sol representan una solución costeable para muchos usuarios alejados de fuentes convencionales de energía eléctrica. Estos sistemas solares tienen algunas ventajas y desventajas que deben considerar cuidadosamente el proyectista y el usuario.

Durante el diseño, básicamente deben considerarse los siguientes puntos:

- La disponibilidad de otras fuentes de energía como la electricidad de la red de distribución, gasolina, diesel, viento, etc.
- La aplicación que se pretende dar al agua extraída, por ejemplo, abrevaderos para ganado, irrigación, consumo humano, etc.
- Las características del bombeo en términos de distancia, volumen, profundidad de la extracción y altura de descarga del agua.
- La disponibilidad del recurso solar, es decir, qué tanta energía solar hay en la región geográfica.

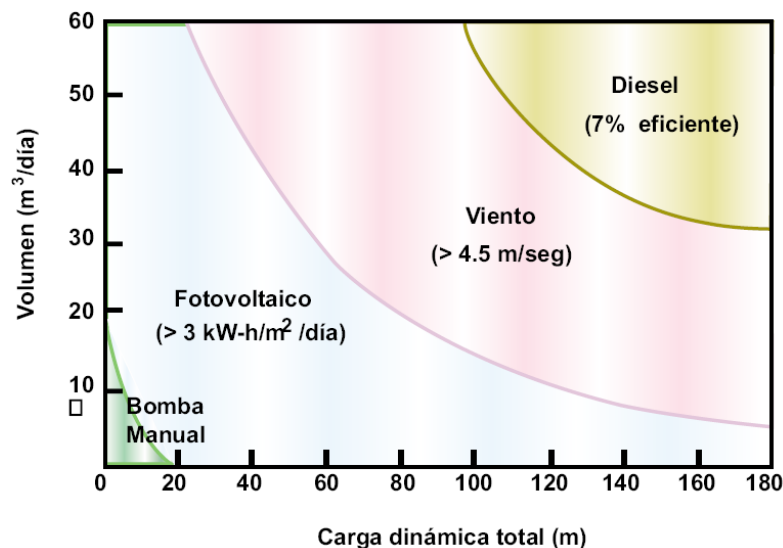
2.3.6. Aspectos a tomar en cuenta para diseñar el sistema de riego por goteo utilizando energía fotovoltaica.

Un sistema de riego por goteo está formado por muchos componentes. Si se revisa este sistema, desde la fuente de agua, hasta el punto de salida del agua, encontraremos muchos elementos que deben de tomarse en cuenta a la hora de diseñar nuestro sistema de riego y de colocar las tuberías:

- La fuente de agua.
- La carga dinámica total.
- Selección del equipo de bombeo y controladores.

- Selección del módulo fotovoltaico y el ángulo de inclinación.
- Horas de sol al día.
- La forma y tamaño de la parcela.
- Selección de los cables y el tamaño de las tuberías.
- La distancia y desnivel que hay desde la fuente de agua hasta la parcela.
- El cultivo a regar.
- Selección de los sensores de nivel de agua.

Figura 12: Selección de tecnología de bombeo de acuerdo al ciclo hidráulico.



Fuente: Southwest Technology Development Institute, New Mexico State University, Sandia National Laboratories (SNL).

2.3.7. Seleccionar la bomba, el controlador y el arreglo fotovoltaico.

El seleccionar los componentes adecuados es crucial para el rendimiento de nuestro sistema. La selección del componente requiere de tres elementos de información:

- El requerimiento diario de agua.
- La carga dinámica total (CDT).
- Las horas de sol sobre arreglo.

Antes de seleccionar la bomba debemos conocer los elementos previos.

a) Seleccionando la Bomba – Exclusivamente Serie SC:

Las bombas de la Serie SC son bombas centrífugas de alto volumen. Estas están diseñadas para operar a profundidades específicas. La selección de la bomba apropiada es importante. La bomba equivocada no le proporcionará toda la potencia que el recurso solar puede otorgarle.

Todas las bombas de la Serie SC requieren un diámetro mínimo del pozo de 10.2 cm (4 pulgadas). Las Bombas de la Serie SC toleran ciertas cantidades de arena en el agua y generalmente no requieren el protector contra arena.

Seleccionar la bomba adecuada es sencillo:

1. Se utiliza la gráfica de Rendimiento de las bombas con las horas de sol sobre arreglo (ver Gráfico 1, ANEXO III: GRÁFICOS).
2. Se marca la CARGA DINÁMICA TOTAL en la escala horizontal de la gráfica. Se traza una línea vertical. La gráfica tiene rótulos en metros y pies.
3. Ahora se marcan los requerimientos diarios de agua. Se traza una línea horizontal. La gráfica está rotulada con litros por día y galones por día.
4. El punto donde ambas líneas se crucen mostrará la bomba y el tamaño del arreglo fotovoltaico requeridos. Si el cruce de las líneas se localiza por encima de la línea gruesa más alta, las bombas de la Serie SC no proporcionarán suficiente agua. En este caso, se deberá reconsiderar la cantidad requerida por día.

Las Bombas Solares Sumergibles Kyocera de la Serie SC, son de alta calidad, libres de mantenimiento e impulsadas por corriente directa, específicamente diseñadas para el suministro de agua en lugares remotos.

Funcionan con 140 a 1000 Vatios (W) en corriente directa, en Voltajes de 30 a 120 Voltios. Potencia que puede ser proporcionada por una variedad de fuentes de poder independientes, incluyendo paneles solares y/o baterías.

Los motores son de la tecnología más avanzada, impulsados por corriente directa, sin escobillas, con imán permanente; están contruidos de bronce grado marino y acero inoxidable 304. Diseñados con una cara a la bomba, se fijan directamente al extremo estándar de 4.0 pulgadas de diámetro de la bomba sumergible. La compensación de la presión interna permite sumergir el motor a cualquier profundidad sin dañar los sellos.

Las bombas del extremo son centrífugas de paso múltiple. Fabricadas por Goulds Pumps, Inc., contruidas con acero inoxidable 304 y plástico. Los impulsores y difusores están contruidos de un fuerte material termoplástico y son extremadamente resistentes a depósitos minerales y algas. El reemplazo de las bombas en campo puede efectuarse con facilidad, sin requerir la utilización de herramientas especializadas.

Las Bombas Kyocera Serie SC pueden instalarse bajo el nivel del agua en un pozo de agua subterráneo, lago, ríos o cisternas. Pueden utilizarse para llenar un depósito abierto o en un sistema presurizado de suministro de agua, con cabezales hasta de 167 metros (550 pies). Están diseñadas para utilizarse en sistemas de suministro de agua independientes. No son contaminantes, son resistentes a la corrosión, permanentemente lubricadas y silenciosas.

Figura 13: Bomba Kyocera de Agua sumergible Serie SC.



- ▶ **Descarga de Agua hasta 162 lpm / 43 gpm**
Rango de Bombeo de 0 a 167 metros / 0 a 550 pies
- ▶ **Motor de Imán Permanente, Sin Escobillas;**
con Bomba Centrífuga de Paso Múltiple
- ▶ **Resistentes a la Corrosión, Lubricadas Permanentemente y Libres de Mantenimiento**

Fuente: Guía para aplicaciones de bombeo de agua con energía solar.

b) Seleccionando el controlador adecuado

La selección del controlador apropiado es muy sencillo: Todas las bombas Serie SC requieren del Controlador CC 2000 (ver Grafico 4, ANEXO I: FIGURAS).

Características:

El controlador para bombas CC 2000 está diseñado para conectar módulos solares a bombas centrífugas y motores sumergibles Kyocera de la Serie SC. El controlador eleva la corriente a la vez que rastrea el Punto de Potencia Máximo (MPPT, por sus siglas en inglés) de los módulos solares.

El controlador está completamente auto-configurado y no requiere de ningún ajuste adicional por sus usuarios para asegurar su operación correcta.

El Controlador CC 2000 es capaz de controlar de dos a doce módulos en serie. Puede usarse con cualquier combinación de módulos mientras que su Voltaje de Circuito Abierto (VOC) no exceda 300 voltios. Los módulos pueden conectarse en paralelo para incrementar la producción diaria de agua.

El diseño único del controlador simplifica el control y reparaciones de los sistemas de bombeo. Las entradas son proporcionadas por interruptores remotos y sensores de nivel de agua de Kyocera Solar. Estos indicadores proporcionan información útil sobre voltajes, estado de interruptores, de sensores y de condiciones de sobrecarga.

c) Selección del módulo fotovoltaico

Se seleccionó el módulo fotovoltaico Isofotón I-100/2 para realizar el diseño del sistema fotovoltaico de bombeo.

El módulo fotovoltaico Isofotón I-100/2 es monocristalino de alta eficiencia. Es un módulo de celdas cuadradas. Las características eléctricas y físicas del mismo están en la Figura 3, ANEXO I: FIGURAS.

2.3.8. Selección de cables y tuberías.

a) Cables

La selección adecuada de los cables es esencial para el rendimiento de la bomba. La electricidad solar es muy valiosa y su desperdicio debe de evitarse. Las instalaciones de bombas solares generalmente requieren de cables de mayor calibre que los sistemas de corriente alterna para evitar pérdidas de energía.

Para todos las aplicaciones de bombas Serie SC, el cable de la bomba debe de ser de 3 conductores; cable cubierto aprobado para bombas sumergibles. Los conductores deben de tener ramales para resistencia baja, los conductores sólidos no son adecuados. Los colores preferidos de los conductores son ROJO, NEGRO, y VERDE. Pueden utilizarse otros colores siempre y cuando se preste mucha atención a la polaridad.

Se utiliza la siguiente tabla para determinar qué calibre de cables se utilizará. Mientras más profundo sea el pozo, se requerirá de cable de mayor calibre.

Tabla No. 5: Tamaños de alambres para Bombas SC 1000 – 3% de Pérdidas

Longitud del cable de la Bomba		Tamaño de cable mínimo	
0 a 34 metros	0 a 110 pies	4 mm ²	12 AWG
34 a 55 metros	110 a 180 pies	6 mm ²	10 AWG
55 a 88 metros	180 a 285 metros	10 mm ²	8 AWG
88 metros a más	285 metros a más	16 mm ²	6 AWG

Fuente: Guía para aplicación de bombeo de agua con energía solar.

b) Tubería

El tamaño y tipo de tubería son importantes para el funcionamiento apropiado del sistema. Una tubería más grande puede ser usada para reducir pérdida de fricción en largos recorridos horizontales. Tamaños grandes deben de evitarse en corridos verticales porque la arena en el agua puede entrar y causar bloqueo. Tamaños más pequeños no deben de usarse porque las pérdidas de fricción incrementarán.

La tubería de plástico es preferida para todas las bombas porque la superficie lisa reduce la pérdida de fricción. Bombas de tipo SD tienen que ser usadas con tuberías de plástico; el plástico provee un efecto acolchonado y protege el diafragma de la bomba.

El tamaño y tipo de la tubería apropiada es listado en la siguiente tabla:

Tabla No. 6: Tamaños y tipos de tuberías apropiados para bombas Kyocera.

Modelo de Bomba	Tamaño de Tubería	Tipo de Tubería
SD 12-30	3/4" (19 mm)	Polietileno (no usan tuberías de acero)
SD 6-30	1/2" (12.7 mm)	
SD 3-70		
SC 500 15-60	1-1/4" (35.1 mm)	PVC
SC 500 25-40		
SC 500 35-35		
SC 500 40-25		
SC 1000 15-105		
SC 1000 25-85		
SC 1000 35-70		
SC 1000 45-60		
SC 1000 60-45		
SC 1000 105-30		

Fuente: Guía para aplicación de bombeo de agua con energía solar.

2.3.9. Selección de los sensores de nivel de agua.

Las bombas Serie SC requieren agua para su lubricación y enfriamiento. Breves períodos, de uno o dos minutos, trabajando en seco pueden ser tolerados. Períodos más largos pueden dañar o destruir la bomba. En pozos donde existe la posibilidad de bombear en seco, debe utilizarse un sensor de nivel de agua SS100 para proteger a la bomba contra condiciones de operación en seco.

El sensor SS100 está diseñado para trabajar exclusivamente con los controladores de bombas CD 300 y CC 2000 de Kyocera Solar. El sensor SS100 usa tecnología patentada para proveer una solución anticorrosiva para el sensor de agua del pozo. El SS100 está construido completamente de vidrio y plástico.

No contiene metales ni corrientes eléctricas que causen corrosión. El sensor de nivel de agua SS100 está proyectado principalmente para utilizarse en pozos y desconecta la bomba cuando el pozo se seca o el nivel de agua está muy bajo.

El sensor SS100 puede también usarse en tanques de almacenamiento para desconectar la bomba cuando el tanque se llene. El SS100 viene con 45 metros (150 pies) de cable cubierto de polietileno. El cable es suficientemente largo para satisfacer la mayoría de las instalaciones.

El controlador CC 2000 cuenta con entradas para sensores SS100 para ambos, pozo y tanque. Además, tienen entradas para que las bombas puedan ser controladas por interruptores mecánicos.

2.3.10. Torre y Tanque de almacenamiento

El tanque de almacenamiento de agua se instalará sobre una torre metálica a 12 metros de altura, esta presentará las siguientes características técnicas.

Torre metálica:

- Torre metálicas con cinco (5) elementos soportes de carga de tubo galvanizado de 2".
- Estructura armada entre sí con tubos galvanizados de 1/2", 3/4" y varilla sólida de 5/8" para tensores.
- Estructura superior para soportar fondo del tanque.
- Lámina negra de 1/16" en forma octogonal con armazón de angulares de 2" x 1/8".
- Escalera de acceso hasta la tapa del tanque, con peldaños de tubo HG 1/2" x 25 cm de largo.
- Estructura para evitar desplazamiento del tanque, constituida con hierro 3/8" alrededor del tanque soldado a la estructura superior.
- Pintura de láminas, angulares y puntos de uniones soldadas, se aplica pintura anticorrosiva y aceite.

Tanque de almacenamiento de agua

- Capacidad de 10,000 litros (diámetro de 2.3 m y altura de 3.9 m).
- Bicapa: Capa exterior negra que impide el paso de la luz y Capa interior blanca que facilita la limpieza.
- Tapa click que impide el paso de partículas.

CAPITULO III: CLIMATOLOGÍA DE LA ZONA

3.1. CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS

Los datos climatológicos de la zona fueron obtenidos por la estación de San Francisco Libre del INETER (ver ANEXO II: TABLAS UTILIZADAS). Para el cálculo de la evapotranspiración, que se utilizará en el uso consultivo del plátano en diferentes épocas del año, lo cual va a caracterizar el clima, o en otras palabras las condiciones y fenómenos meteorológicos.

Un parámetro muy importante a tomar en cuenta al momento de realizar un estudio para cualquier cultivo, es el clima; ya que este puede condicionar de manera significativa la programación del riego y el éxito o fracaso de los rendimientos de una producción agrícola. Por tal razón se hace necesario conocer la relación entre el suelo – planta – agua – atmósfera y particularmente los elementos que componen el clima.

Dentro de los elementos que componen el clima y que tienen incidencia directa sobre el cultivo tenemos: precipitación, temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, evaporación e insolación.

Los elementos climáticos utilizados fueron tomados de la estación de san francisco libre, la cual se encuentra a una elevación de 50 msnm y presenta latitud de 12° 29' 54" N y longitud 86° 16' 54" W.

El clima de la zona se caracteriza por presentar una estación lluviosa de seis meses, de mayo a octubre, con un período de baja precipitación en los meses de julio y agosto (canícula) y altas precipitaciones entre septiembre y octubre. El período seco se presenta de noviembre a abril. Las temperaturas medias se comportan altas durante todos los meses del año, presentando una media anual de 28 °C, siendo los meses de mayor temperatura marzo, abril y mayo, y los de menor temperatura en noviembre y diciembre.

La precipitación varía de 1100 a 2400 mm/año, la evaporación anual es de 3.2 mm y la humedad relativa del 77%.

La media mensual mínima de insolación corresponde al mes de junio es de 149.03 y la máxima corresponde al mes de marzo de 260. 33. En el área se producen vientos con velocidades de 40 km/h hasta 106 km/h. Notándose las máximas intensidades en los meses de enero a abril y las menos intensas entre agosto y noviembre.

Temperatura (T):

La temperatura está directamente relacionada con la intensidad y duración de la radiación solar, y tiende a fijar los límites extremos de crecimiento de la planta, juega un papel importante en el desarrollo y crecimiento de un cultivo, y el cultivo del plátano no es la excepción, las temperaturas óptimas oscilan entre 20 – 32°C, las temperaturas debajo de los 20°C retardan el desarrollo fisiológico de la planta, por lo tanto, el tiempo entre la emergencia del brote y el corte de la fruta es mayor. Las hojas presentan síntomas cloróticos y mueren prematuramente. A consecuencia de esto, el pseudotallo pierde turgencia y el crecimiento es lento, los racimos no emergen con vigor y las manos nacen deformes.

Según los datos de temperatura se observa que la temperatura máxima es de 36.7°C en abril y la temperatura mínima es de 21.5°C en diciembre. Los vientos máximos son de 7.0 m/s en el mes de febrero. La humedad relativa es un elemento climático que tiene gran influencia en el desarrollo y aparición de enfermedades; en el caso específico del cultivo del plátano propicia la aparición de la enfermedad Sigatoka Negra.

En los datos se observa que el mes de septiembre posee el valor máximo de humedad relativa con 92% y el mes de marzo posee el valor mínimo con 78%, al contrario de la evaporación los meses de máxima humedad relativa corresponden a la estación lluviosa y los meses de mínima humedad relativa corresponden a la estación seca.

Vientos (v):

La evaporación de la superficie de agua y en el suelo ocurre más rápidamente cuando hay aire seco y caliente en movimiento, más que cuando existen condiciones de calma. Vientos secos y calientes que soplen durante el período de crecimiento de la planta afectarán grandemente la cantidad de agua consumida. Sin embargo existe un límite en la cantidad de agua que se puede evaporar, cuando la superficie del terreno se seca, la evaporación prácticamente cesa, y la transpiración se ve limitada a la que las plantas pueden extraer de las raíces.

La planta de plátano es muy susceptible a los efectos del viento debido a la forma de sus hojas laminares, las cuales se rompen con facilidad por tener las nerviaciones paralelas. Pocos desgarramientos no ocasionan mucho daño ya que cada fragmento se convierte prácticamente en una nueva hoja.

La fragmentación severa ocasionada por los vientos mayores de 5.5 m/s, puede reducir las cosechas por debilitamiento de la planta. Vientos mayores de 8.3 m/s ocasionan pérdidas de fruto por doblamiento del pseudotallo o desraizamiento de las plantas.

Otro factor que hace a la planta de plátano susceptible al viento es un sistema radicular superficial. Esta no posee ninguna raíz de anclaje.

Radiación solar (Rs):

El efecto de la radiación solar entre la actividad de la planta es un proceso botánico conocido como fotosíntesis. Todos los procesos de la planta, incluyendo la circulación del agua a través de las raíces, tallos y hojas, son acelerados por un incremento de en la radiación solar.

Estudios realizados en el cultivo del plátano, indican que las plantas que crecen con menor intensidad de luz, prolongan su ciclo vegetativo, son más altas y desarrollan mayor área foliar, y en la gran mayoría de veces en la parte

vegetativa no se desarrollan por lo tanto no producen frutos y si los dan lo hacen muy pequeños.

Según los registros de la estación de INETER e introducción de las datos en el programa de CROPWAT 8.0, la radiación solar máxima es en el mes de marzo con 23 MJ/m/día y 9.1 horas de sol al día; y el mínimo de radiación solar es de 17.7 MJ/m/día con 5.6 horas de sol para el mes de Junio.

Evaporación (Ev):

Este elemento climático tiende a variar debido a la acción de otros elementos meteorológicos y además por naturaleza de la superficie evaporante, dentro de los elementos que tiene influencia tenemos la radiación solar, hora del día, nubosidad, temperatura del aire, la presión de vapor, el viento y la estación del año.

Según los datos obtenidos por los tres métodos diferentes de cálculo se muestran valores de evaporación donde se tiene el valor mínimo en el mes de octubre, los valores máximos de evaporación corresponden a la estación seca enero, febrero, marzo, abril y mayo, estando la máxima evaporación en el mes de marzo. Invirtiéndose el fenómeno en los meses de junio, julio, agosto, septiembre y octubre los cuales pertenecen a la estación lluviosa.

Según los cálculos realizados de evapotranspiración, por el CROPWAT 8.0 y utilizando los datos obtenidos de la estación de San Francisco Libre, el mes de máxima evapotranspiración es Abril con 5.58 mm/día.

Precipitación:

La precipitación o la lluvia es el elemento más importante para la agricultura debido a que es una de las fuentes que provee a los suelos la humedad necesaria para satisfacer la demanda hídrica de los cultivos. Es importante hacer referencia a que la planta de plátano requiere abundante agua; debido a las características suculentas del pseudotallo y a su gran área foliar, esta debe cultivarse donde la precipitación sea de 1800 a 3000 mm distribuidos

uniformemente durante todo el año o bien en lugares donde se cuente con sistemas de riego adecuados para el cultivo y que la fuente de abasto sea suficiente para abastecer las exigencias del cultivo.

Según la estación los registros promedios anuales andan por el orden 2237.2 mm, los meses de lluvia son de mayo – noviembre (7 meses) y sin lluvia de diciembre – abril, siendo los promedios máximos en septiembre y octubre con 550.1 mm y 640.1 mm y promedio mínimo en noviembre con 77.4 mm. Por lo tanto, los valores de la estación lluviosa nos dan un indicativo de cuando podríamos iniciar y suspender los riegos en el área de explotación finca en estudio para una mejor explotación de los recursos hídricos existentes.

3.2. CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS

Se debe contar con un estudio detallado de los suelos agrícolas en explotación para conocer el comportamiento, las variables y las restricciones que se nos presentan, de esta manera se tendrá dominio de las consideraciones a tomar para una mejor obtención de resultados. Los resultados del análisis de suelo se detallan en la TABLA I, ANEXOS II: TABLAS UTILIZADAS.

3.2.1. Capacidad de campo (CC)

Es el agua que ingresa en el perfil de un suelo, retiene o contiene después de haber cesado el drenaje en el suelo y la redistribución se hace lenta, pudiendo disponer la planta de esa agua. Es necesario reponer el agua cada vez que las plantas extraigan el agua del suelo, sin excederse en la irrigación para que el agua esté al alcance de las raíces y no haya arrastres de nutrientes a horizontes profundos. Después de la saturación se alcanza la CC esta situación se asocia a una tensión de humedad en el suelo de 0.3 bares. Desde el punto biológico es óptima, ya que es el nivel de máxima disponibilidad de agua para las plantas, con aire presente y depende de las características físicas de los suelos, principalmente textura, estructura y porosidad.

También podemos expresarla, como, el contenido de agua que tiene el estrato de suelo originalmente saturado, luego que se ha drenado libremente en el perfil hacia estratos inferiores se conoce como Capacidad de Campo, que no es más que la cantidad máxima de humedad que el suelo puede retener contra el efecto gravitacional.

La CC es distinta para los diferentes tipos de suelo, es menor para los suelos arenosos y mayor para los suelos arcillosos.

3.2.2. Punto de marchites permanente (PMP)

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

El punto de marchites permanente depende del consumo de agua de la planta, profundidad de la zona radicular, del agua utilizada por la planta y de la capacidad de retención del suelo. Cuando aumenta la temperatura y la velocidad del consumo de humedad, el marchitamiento se produce con tensiones más bajas y contenido de humedad mayor.

Cuando la humedad disminuye acercándose al PMP, las plantas se afectan, se obstaculiza su desarrollo y al final disminuye mucho el rendimiento. Para un buen desarrollo de la planta se recomienda mantener la humedad del suelo muy por encima del PMP.

3.2.3. Límite productivo (Lp)

Se define como el punto que determina el rango de humedad óptima en la capa activa del suelo para un determinado cultivo que asegura, que éste nos dé los máximos rendimientos o sea producción, este valor se ha determinado en un punto entre la capacidad de campo y el punto de marchites permanente.

Varios autores han considerado este valor como un 70-80% del valor de la capacidad de campo, sin embargo debemos hacer referencia que este es un dato

aproximativo y en ningún momento deberá representar para el ingeniero proyectista una realidad imperativa, más bien se deben hacer validaciones al respecto según las condiciones de la zona, utilidades de la empresa, criterios económicos, análisis de rendimientos de los cultivos en función del número de riegos aplicados por campaña, etc.

3.2.4. Agua fácilmente utilizable (AFU)

Es el valor comprendido entre un rango de CC y PMP. En este rango, no toda esta humedad es igualmente accesible a las plantas, para la programación de los riegos se debe agotar únicamente hasta una porción de la capacidad de campo correspondiente al límite productivo, que normalmente se define en valores del 70 al 80% de la CC.

Este rango de humedad, de AFU, corresponde a los egresos de la planta en un determinado período y es aquella humedad que deberá reponerse por el riego. Los egresos de la planta son una función directa del estado de la fase fenológica en que esta se encuentre y de las condiciones climáticas de la zona.

Decisiones de agotamiento de humedad hasta un 70 y/o 80%, involucran decisiones técnicas, económicas del administrador del riego, ya que ha limite productivo de un 70% de la CC le corresponde mayor numero de riegos en relación a la toma de decisión de un 80%.

3.3. CONDICIONES ECOLÓGICAS

3.3.1. Composición química del agua (Calidad de agua de riego)

La calidad de los constituyentes del agua de riego están relacionados al análisis y anticipo de cuatro problemas: salinidad, permeabilidad, toxicidad (por absorción radicular y foliar) y problemas misceláneos.

a) La Salinidad

La salinidad es una medida de la cantidad de sales disueltas en el agua de riego. Se evalúa normalmente con la conductividad eléctrica del agua (CE) es una de las más usadas, en tanto que el total de sólidos disueltos (TDS) lo es en menor proporción y afecta a la disponibilidad de agua por el cultivo.

Según Urbano Terron P, (1995): R.S. Ayers y D.W. Westcot (1976 y revisión 1987) para los problemas de salinización, utilizando la conductividad eléctrica (CE) del agua, se propone la siguiente escala:

Tabla No. 5: Clasificación del agua según la CE.

Conductividad Eléctrica (CE) en mmhos/cm	Calificación
$CE \leq 0.7$	No hay problema
$0.7 < CE \leq 3.0$	Problema creciente
$CE \geq 3.0$	Problema grave

Fuente: Urbano Terron P, (1995): R.S. Ayers y D.W. Westcot (1976 y revisión 1987)

La reducción del crecimiento de los cultivos por la salinidad es causada por el potencial osmótico (PO) ya que reduce la capacidad de las raíces de las plantas a extraer agua del suelo. La disponibilidad del agua en el suelo está relacionada a la suma del potencial métrico y potencial osmótico.

El daño por sales vía foliar puede ocurrir en el riego por aspersión, éste daño depende de la salinidad del agua, sensibilidad del cultivo, frecuencia de riego y de factores medioambientales (temperatura, humedad relativa, luz, etc).

Algunos factores de conversión son usados para las aguas basados sobre todo en el tipo y cantidad de sales:

- C.E. en dS/m x 640 = Total de Sólidos Disueltos (TSD) en ppm (mg/l).
- C.E. en dS/m x 0.36 = Presión Osmótica Total (P.O.) en KPa.
- C.E. en dS/m x 10 = Concentración (C) Σ Aniones = Σ Cationes en meq/l.

NOTA: Estos factores correlacionan bien entre los rangos de 0.5 - 1.5 dS/m de salinidad. Los resultados del análisis de agua se detallan en la TABLA II, ANEXOS II: TABLAS UTILIZADAS.

b) Permeabilidad

Los problemas de permeabilidad pueden estar relacionados con dos factores en el análisis del agua de riego.

- **Baja Salinidad (baja CE):** Las aguas puras no pueden penetrar en el suelo de la misma forma que lo hacen las aguas que contienen sales.
- **Alto contenido de Sodio (alto RAS):** Aguas con alto sodio o alta relación de absorción de sodio (RAS), parámetro que representa la posible influencia del ión sodio, presente en el agua de riego sobre el suelo; una elevada proporción relativa de sodio respecto a los iones de calcio (Ca) y magnesio (Mg) en el agua de riego puede inducir cambios de estos iones por los de sodio en los suelos, provocando la degradación del mismo con la consiguiente pérdida de estructura y permeabilidad (ver Grafico 4, ANEXOS III: GRAFICOS). El RAS es expresado y calculado como:

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{(Ca + Mg)/2}}$$

c) Toxicidad

Los problemas de toxicidad están referidos a los constituyentes (iones) en el suelo o agua que pueden ser tomados y acumulados por las plantas hasta concentraciones altas, causando daño a los cultivos o baja en su rendimiento. El grado del daño depende de la asimilación y la asimilación y la sensibilidad del cultivo. Por ejemplo, árboles frutales u ornamentales leñosos generalmente son más sensitivos el cloro (Cl), sodio (Na) y Boro (B) que muchas plantas anuales.

El riego por aspersión por otro lado, en cultivos sensibles puede complicar aún más el problema de toxicidad por absorción de sodio y cloro a través de las hojas. Por ejemplo, árboles frutales u ornamentales leñosos generalmente son

más sensitivos el cloro (Cl), sodio (Na) y Boro (B) que muchas plantas anuales. Cada ión constituyente del agua de riego, juega un papel importante y particular en el suelo y en la planta.

d) Misceláneos

Otros problemas severos relacionados a la calidad del agua de riego ocurren con frecuencia como una situación especial. Esto incluye alta concentración de nitratos (N-NO₃) y amonio (N-NH₄⁺) que pueden causar problemas de un excesivo desarrollo vegetativo, detenimiento y retraso de la madurez.

En el riego por aspersión las aguas, usualmente son depositadas sobre frutos y hojas los que reciben las sales de bicarbonatos (HCO₃⁻), yeso (CaSO₄) o fierro (Fe). Otros problemas están asociados con un pH normal.

Sustancias orgánicas suspendidas como también sedimentos inorgánicos causan problemas en el sistema de riego, a través de atoros en la entrada, cabezal de aspersores y en goteros. Ellos pueden causar daño a la bomba misma si ésta no tiene un filtro para excluirlos.

CAPITULO IV: METODOLOGIA A UTILIZAR

Durante el desarrollo del estudio se llevaron a cabo diferentes etapas en la metodología utilizada, las cuales son:

1. Recopilación de información.
2. Trabajo de campo realizado en la zona de estudio.
3. Elaboración de los diseños y análisis de resultados.

4.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Esta etapa consistió en la recolección de información documental, para su revisión, selección e interpretación, esto se llevo a cabo en diferentes instituciones privadas y públicas, así también como consultas a especialistas en la materia.

4.2. TRABAJO DE CAMPO

El trabajo de campo consistió en la recopilación de información "in situ" y se realizaron las siguientes actividades:

- Se inició con la observación y selección del área de estudio, para conocer el tipo de pendiente, la distancia a las fuentes y otros factores utilizados para este estudio.
- Se tomaron muestras de agua y suelo para su correspondiente análisis físico y químico en el Laboratorio de Suelos de la UNA y el Laboratorio de Edafología de la UNI.
- Se tomaron las dimensiones del área para la siembra del cultivo mediante un levantamiento topográfico y se analizaron las condiciones edafoclimáticas.
- Se diseño el sistema de riego.
- Elección del arreglo fotovoltaico más óptimo para el buen funcionamiento del equipo de bombeo.

4.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

4.3.1. Diseño Agronómico

Necesidades de agua de la planta: El sistema de riego por goteo a diseñar deberá satisfacer el más alto consumo de agua que pueda darse en un cultivo.

Los requerimientos de agua son determinados partiendo de la evapotranspiración (Eto) en (mm/día). A partir del dato evapotranspiración se elige la más desfavorable es decir el mes con mayor evapotranspiración.

Las necesidades diarias de la planta tenemos que corregirlas por los siguientes factores:

Factor de cultivo (Kc): Es propio de cada cultivo y varía con las fases desarrollo vegetativo de los cultivos.

Factor de sombreado (Ks): Se basa en la hipótesis de que en la zona sombreada por efecto de la sombra es inferior a la calculada.

Tabla No. 6: Factor de Sombreado según el marco de plantación

Ks	Marco de plantación (m)
0.5	7x7
0.6	6x6 ó 5x5
0.7	<5

Fuente: Diseño Sistema de riego eficiente. Riego Localizado. Master Ingeniería de regadíos, Madrid. 2008

Factor de aumento por valores medios (Ka): La Eto de la zona de cultivo se toman valores medios del mes. Por consiguiente hay que tomar en cuenta que algunos días del mes será más alta, por lo tanto se aplicará un factor de zona cálida $K_a = 1.20$ y $K_a = 1.15$ para zona templada.

Factor de uniformidad (Ku): El coeficiente de uniformidad del agua indica la aplicación uniforme del agua. En el riego por goteo se puede considerar:

Tabla No. 7: Factor de Uniformidad

Valor de K_u (%)	Calificación
>94	Excelente
86-94	Bueno
80-86	Aceptable
70-80	Pobre
<70	Inaceptable

Fuente: Diseño Sistema de riego eficiente. Riego Localizado. Master Ingeniería de regadíos, Madrid. 2008.

Al inicio de un diseño de riego se puede considerar $K_u = 1.1$ (90%)

Necesidades de lavado por aguas salinas (KI): Este índice expresa el aumento de aplicación de agua debido a la necesidad de lavar las sales que se depositan en el suelo. Se calcula con la siguiente expresión: $KI = 1 - NL$

Donde:

$$NL = \frac{CE}{2CS}$$

NL : Necesidad de lavado

CE : Conductividad eléctrica del agua de riego (mmhos/cm)

CS : Conductividad eléctrica del suelo (mmhos/cm)

IMPORTANTE

- El lavado del suelo se utiliza cuando el agua tenga una salinidad $CE > 1$ mmhos/cm. En este caso no se empleará el factor de eficiencia, K_e y si se utilizará el factor de coef. De uniformidad K_u .
- Cuando CE es igual 1 o menor que 1 mmhos/cm se utilizará el factor de lavado KI y se empleará el factor $K_{eu} = 1.2$ que engloba al factor de eficiencia y al factor de Uniformidad.

➤ Cálculo Necesidades Diarias de agua de la Planta

Agua sin salinidad ($C_e \leq 1$ mmhos/cm)

$$ND = K_c * K_s * K_a * K_{eu} * ET * M$$

Agua con salinidad ($C_e > 1 \text{ mmhos/cm}$)

$$ND = (K_c * K_s * K_a * K_u * ET * M) / K_l$$

ND : Necesidades diarias del cultivo (l/día por árbol)

K_c : Factor de cultivo

K_s : Factor de sombreadamiento

K_a : Factor de aumento por valores medios (1.20)

K_{eu} : Factor global de $K_e + K_u = 1.2$

K_e : Factor de Eficiencia ($K_e = 0.1$)

K_u : Factor de Uniformidad ($K_u = 1.1$)

K_l : Factor de lavado

Et : Evapotranspiración diaria para el mes de máximo consumo (mm/día)

M : Superficie que ocupa un árbol. No superará 36 m^2

➤ **Características Hidráulica del gotero**

Los goteros o emisores es el elemento más importante por lo tanto se debe tomar en cuenta:

- Deberán proporcionar un bajo caudal a una baja presión de tal forma que los diámetros de la tuberías lateral y tubería secundaria sean los más reducido posible.
- Los caudales estandarizados son: 2 l/h, 4 l/h y 8 l/h. para iniciar un proyecto tomaremos los caudales estándar y si tenemos decidido la marca tomaremos el caudal del fabricante.

Tabla No. 8: Caudal empleado en algunos cultivos

Caudal(l/h)	Cultivos
<2	Invernaderos , Hidropónicos
2-4	Hortícolas y frutales en marcos Intensivos
8	Frutales en general

Fuente: Diseño Sistema de riego eficiente. Riego Localizado. Master Ingeniería de regadíos, Madrid. 2008.

- La mayoría de los goteros trabajan a una presión máxima 1 bar (10.2 m.c.a).

Según el comportamiento de la presión los goteros se clasifican en:

- Laminares: Cuyo consumo de agua aumenta con la presión
- Autocompensantes: Cuyo consumo de agua permanece igual aunque la presión aumente.
- Inestable, turbulentos o vortex: se sitúan entre las dos anteriores.

➤ **Cálculo del número de goteros por Planta**

$$Ng \geq \frac{Sp * Pm}{Smj}$$

Donde:

Ng = Número de goteros por planta.

Sp = Superficie que ocupa una planta en m^2 (normalmente coincide con el marco de plantación siempre y cuando no sobre pase $36m^2$, cifra que se tomará cuando ocurra esta circunstancia).

Pm = Porcentaje de superficie mojada (en decimales). En árboles aumenta su producción si se riega 33%.

Smj = Superficie que moja un gotero en m^2 . Es muy difícil de conocer con exactitud la superficie máxima que ocupa el bulbo húmedo, ya que intervienen varios factores: caudal y número de goteros por planta, tipo de suelo, tiempo de riego, etc. Para diseños de riego por goteo en frutales se pueden adoptar las Smj establecidas en m^2 (ver Tabla IV, ANEXO II: TABLAS UTILIZADAS).

➤ **Cálculo tiempo de Riego (Tr)**

$$Tr = \frac{ND}{Ng * Qg}$$

Donde:

Tr = Tiempo de Riego (horas)

ND = Necesidades Diarias (l/día por árbol)

Ng = Número de goteros por planta

Qg = Caudal del gotero (l/h)

➤ **Cálculo del número de sectores**

$$N^{\circ}\text{sectores} = \frac{\text{Jornada}}{\text{Tiempo de riego}}$$

Jornada de Riego: Podemos considerar una jornada adecuada 24 ó 12 horas.

➤ **Cálculo Caudal de bombeo**

1º Número de plantas en total en la superficie (Np):

$$Np = \frac{\text{Superficie (m}^2\text{)}}{\text{Marco de riego o plantación (m}^2\text{)}}$$

2º Número de planta a regar Simultáneamente ($Nprs$):

$$Nprs = \frac{\text{Numero total de plantas}}{\text{Numero de sectores}}$$

3º Caudal Bombeo en un sector (Qb):

$$Qb = Nprs * Ng * Qg$$

Donde

$Nprs$ = Número de plantas a regar simultáneamente

Ng = Número de goteros

Qg = Caudal del gotero

➤ **Caudal Necesario (Qn) para regar 1 ha de cultivo:**

$$Qn = \frac{Qb(l/s)}{\text{Area}(ha)}$$

4.3.2. Diseño Hidráulico

➤ **Diseño tubería lateral o portagotero**

- La tubería portagoteros son de polietileno (PE).
- Su denominación se realiza por el diámetro interior (los estándares de 10, 13,16, 20mm).

- Garantizar al final del lateral 10.2 m.c.a.
- Al principio del lateral existe un rozamiento alto y al final es despreciable.
- En instalaciones agrícolas se instalaran de un diámetro o de dos.
- Escoger diámetro a instalar 13, 16, 20 mm. En el caso de instalaciones cola de cerdo 10mm es el recomendable.
- Calcular las pérdidas de carga máximas
- Longitud mayorada (LM) para contrarrestar las pérdidas de carga producida por las conexiones.

➤ **Calculo de pérdidas de carga (h´):**

$$h' = J * F * Lf = \frac{0.496 * Q^{1.75} * F * Lf}{D^{4.75}}$$

Donde:

$$LM = LR + Lf$$

LM = Longitud mayorada

LR = Longitud Real

Lf = Longitud Ficticia

$$Lf = Longitud de diseño + (N^o goteros * F)$$

F = Factor de Reducción de Scobey en función del número de salidas (0.385). Significa que la pérdida de carga por pieza de conexión equivale a lo que se perdería en 0.385 m de tubería (ver Tabla III, ANEXOS II: TABLAS UTILIZADAS).

Para el cálculo de las presiones producidas en las tuberías (P'o) emplearemos la siguiente fórmula:

$$P'o = P_o + 0.73h' \pm Hg/2$$

Donde:

P_o = Presión requerida

h' = Pérdidas de carga calculadas en la tubería

Hg= Desnivel que depende exclusivamente de las cotas del terreno

➤ **Diseño de Tubería Secundaria**

- La tubería secundaria de PVC o PE normalmente enterrada de la cual parten los ramales de goteo que riegan un sector.
- La presión máxima tubería PVC 6 atm y PE 6 a 4 atm.
- Para tuberías PVC el máximo diámetro recomendable a instalar es de 125 mm y para tubería de PE de 90 mm.
- La tubería secundaria se unirá a la principal a través de una válvula de pase (Instalación manual) o una válvula automática (instalaciones automatizada). Es recomendable que dicha unión siempre que sea posible sea a la mitad de longitud de la tubería secundaria.

➤ **Diseño Tubería Principal**

- La tubería principal, es de PVC o PE de presión 6 atm, enterrada en zanja y dimensionada por el caudal que consume un sector.
- El cálculo de pérdidas de carga se realiza por el punto o sector más desfavorable, puede ser en una zona llana en el sector más alejado.

Se deberá procurar que las pérdidas de carga de la tubería principal no sobrepase 10.2 mca, ya que podrían afectar la funcionalidad debido a que sobrepasan los valores máximos de trabajo para los cuales han sido fabricados.

4.3.3. Diseño del Sistema Fotovoltaico

Para el diseñar un sistema fotovoltaico con bombeo de agua hay que realizar los siguientes pasos:

- A. Calculo del régimen de bombeo inicial según las necesidades de agua.
- B. Cálculo de la carga dinámica total en el bombeo, selección de bomba y arreglo fotovoltaico.
- C. Dimensionamiento del arreglo fotovoltaico.
- D. Cálculo del agua bombeada y régimen de bombeo.

Agregamos el siguiente cuadro para una mejor interpretación de las variables a tomar en cuenta durante el diseño del sistema fotovoltaico:

Cuadro N°1. Descripción de las variables utilizadas en el diseño del sistema fotovoltaico:

Variable	Descripción	Unidad de entrada
<i>Volumen de agua necesario por día</i>	Requerimiento de agua diario para satisfacer las necesidades del usuario.	<i>Litros/día (l/día)</i>
<i>Insolación del sitio</i>	Horas de insolación diaria.	<i>Horas pico/día (h-pico/día)</i>
<i>CDT</i>	Carga Dinámica Total. Es la suma de la carga causada por la carga estática y la fricción.	<i>Metros (m)</i>
<i>367</i>	Factor de conversión de unidades. Se usa para calcular la energía (en watts-hora) necesaria para levantar un litro de agua una distancia de un metro. Este valor es una constante física.	<i>Adimensional</i>
<i>Eficiencia de la Bomba</i>	Es la proporción de energía eléctrica transformada a energía hidráulica. Los rendimientos diarios varían con la CDT, la insolación y el tipo de bomba. Esta información es brindada por el fabricante.	<i>Porcentaje (%)</i>
<i>Voltaje de operación</i>	Voltaje nominal de admisión del sistema en el controlador o inversor. Esta es brindada por el fabricante de la bomba seleccionada.	<i>Voltios (V)</i>
<i>Carga eléctrica de la Bomba</i>	Carga de eléctrica producida por el arreglo fotovoltaico.	<i>Amperios hora por día (Ah/día)</i>
<i>Factor de rendimiento del conductor</i>	Los conductores eléctricos bien seleccionados tienen una eficiencia aproximada de 95% en los sistemas de bombeo solar.	<i>Porcentaje (%)</i>
<i>Corriente del proyecto</i>	Corriente necesaria para satisfacer la carga del sistema.	<i>Amperios (A)</i>
<i>Factor de reducción del módulo</i>	Los módulos fotovoltaicos pierden su eficiencia debido a las condiciones de trabajo del campo. Esto se debe al efecto de degradación con el tiempo, polvo en la superficie, cargas desiguales y algunas otras condiciones. Tomar una eficiencia de 95% en módulos cristalinos y 70% en módulos amorfos.	<i>Porcentaje (%)</i>
<i>Corriente Imp del módulo</i>	Corriente a máxima potencia Imp proporcionada por el fabricante del módulo fotovoltaico	<i>Amperios (A)</i>
<i>Voltaje Vmp del módulo</i>	Voltaje de máxima potencia Vmp del módulo. Esta información es brindada por el fabricante.	<i>Voltios (V)</i>
<i>Módulos en paralelo</i>	Cantidad de módulos conectados en paralelo. Si el valor encontrado no es un número entero, debe seleccionarse un número entero inmediatamente superior.	<i>Adimensional</i>
<i>Módulos en serie</i>	Cantidad de módulos conectados en serie. Si el valor encontrado no es un número entero, debe seleccionarse un número entero inmediatamente superior.	<i>Adimensional</i>

Fuente: Propia

A. Cálculo del régimen de bombeo inicial según las necesidades de agua.

A partir de nuestros requerimientos de agua y las horas de insolación diaria se establecerá un régimen de bombeo inicial. Esto se calcula como norma introductoria con el único propósito de conocer cuánta agua deberá ser bombeada, ya que el verdadero dato de régimen de bombeo se obtiene con los datos del arreglo fotovoltaico.

$$\text{Regimen de Bombeo}_i = \frac{\text{Volumen de agua necesario por día (litros/día)}}{\text{Insolación del sitio (horas pico/día)}}$$

B. Cálculo de la carga dinámica total en el bombeo, selección de bomba y arreglo fotovoltaico.

Antes de determinar el tamaño de un sistema de bombeo de agua, es necesario entender los conceptos básicos que describen las condiciones hidráulicas de una obra. El tamaño del sistema está en relación directa con el producto de la Carga Dinámica Total (CDT) y el volumen de agua diario necesario. Este producto se conoce como *ciclo hidráulico*. La carga dinámica total es la suma de la carga estática (CE) y la carga dinámica (CD):

$$CDT = CE + CD = [\text{Nivel estático} + \text{altura de la descarga}] + [\text{abatimiento} + \text{fricción}]$$

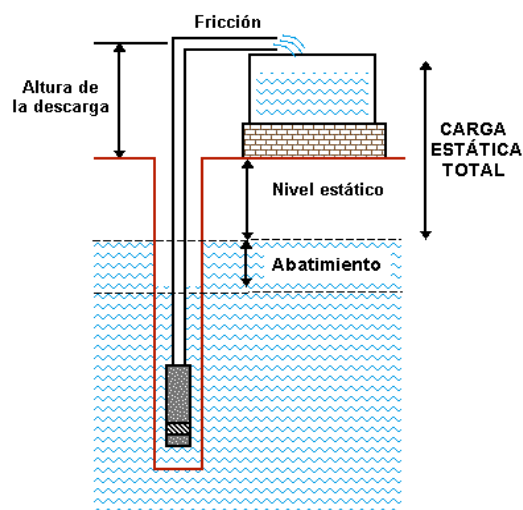


Figura 12: Principales componentes hidráulicos de un sistema de bombeo de agua.
Fuente: Southwest Technology Development Institute, New Mexico State University, Sandia National Laboratories (SNL).

➤ **Carga Estática (CE)**

La primera parte, la carga estática, puede obtenerse con mediciones directas. Se trata de la distancia vertical que el agua se desplaza desde el nivel del espejo del agua antes del abatimiento del pozo hasta la altura en que se descarga el agua. La carga estática es entonces la suma del nivel estático y la altura de la descarga.

$$CE = [\text{Nivel estático} + \text{altura de la descarga}]$$

➤ **Carga Dinámica (CD)**

Todos los pozos experimentan el fenómeno de abatimiento cuando se bombea agua. Es la distancia que baja el nivel del agua debido a la constante extracción. La carga dinámica, es el incremento en la presión causado por la resistencia al flujo al agua debido a la rugosidad de las tuberías y componentes como codos y válvulas. Esta rugosidad depende del material usado en la fabricación de las tuberías. Los tubos de acero producen una fricción diferente a la de los tubos de plástico PVC de similar tamaño. Además, el diámetro de los tubos influye en la fricción. Mientras más estrechos, mayor resistencia producida.

Para calcular la carga dinámica, es necesario encontrar la distancia que recorre el agua desde el punto en que el agua entra a la bomba hasta el punto de descarga, incluyendo las distancias horizontales, así como el material de la línea de conducción y su diámetro.

$$CD = [\text{abatimiento} + \text{fricción}]$$

La carga dinámica es aproximadamente el 2% de la distancia de recorrido del agua o lo que es equivalente a la longitud total de la tubería (L). Por lo general el resultado es una estimación conservadora si se asume que los sistemas de bombeo solar típicos tienen flujos de menos de 1 l/s y las bombas recomendadas se conectan a tuberías de diámetro amplio.

$$CD = 0.02 * \text{Longitud total de la tubería}$$

* El 0.02 es un factor de fricción por la distancia de recorrido de agua.

➤ **Carga Dinámica Total (CDT)**

Es la suma de la carga causada por la carga estática y la fricción.

$$CDT = CE + CD$$

Donde:

La carga estática se calcula con la adición de las distancias

$$CE = [Nivel\ estático + altura\ de\ la\ descarga]$$

La carga dinámica se calcula con la longitud total de todas las tuberías

$$CD = [abatimiento + fricción]$$

$$CD = 0.02 * L$$

$$L = [CE + Recorrido\ adicional\ de\ tubería]$$

Después de conocer la CDT, podemos seleccionar la bomba más adecuada para nuestro sistema a partir de los requerimientos de agua al día y la carga dinámica total utilizando el grafico **Rendimientos de Bombas Serie SC con 5-6 Horas de Sol sobre Arreglo** (ver Grafico 1, ANEXOS III: GRAFICOS). El Módulo fotovoltaico seleccionado para el diseño es el Isofotón I-100/12 (ver Figura 3, ANEXOS I: FIGURAS).

Luego calculamos la carga eléctrica de la bomba en Amperios hora por día (Ah/día) por medio de la siguiente fórmula:

$$Carga\ eléctrica\ de\ la\ Bomba = \frac{Volumen\ de\ agua\ necesario\ por\ día * CDT}{367 * Eficiencia * Voltaje\ de\ operación}$$

Se calcula la corriente del proyecto (en Amperios) necesaria para satisfacer la carga del sistema en el mes de diseño:

$$Corriente\ del\ proyecto = \frac{Carga\ eléctrica\ de\ la\ bomba}{Factor\ de\ rendimiento * Insolación\ del\ sitio}$$

C. Dimensionamiento del arreglo fotovoltaico

En el dimensionamiento del arreglo fotovoltaico se determina cuantos módulos se instalarán en paralelo y en serie. Debemos asegurarnos que estos valores

sean en números enteros. Antes habrá que seleccionar el modelo de módulo solar fotovoltaico que se usará en el arreglo e introducimos sus especificaciones en la siguiente fórmula:

$$\text{Modulos en paralelo} = \frac{\text{Corriente del proyecto}}{\text{Factor de reduccion del modulo} * \text{Corriente Imp del modulo}}$$

Para determinar cuántos módulos en serie ubicaremos utilizamos la siguiente fórmula:

$$\text{Modulos en serie} = \frac{\text{Voltaje de operacion}}{\text{Voltaje Vmp del modulo}}$$

Al conocer cuántos módulos en paralelo y en serie serán instalados, se calcula el tamaño del arreglo fotovoltaico en unidades de Watts (W):

$$\text{Tamaño del arreglo} = \text{Mod. en paralelo} * \text{Mod. en serie} * \text{Corriente Imp} * \text{Voltaje Vmp}$$

D. Cálculo del agua bombeada y régimen de bombeo

El agua bombeada es la cantidad de litros de agua extraídos por la bomba en un día con este diseño. Se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Agua Bombeada} = \frac{\text{Mod. Paralelo} * \text{Corriente Imp} * \text{Voltaje de operación} * \text{Factor de rend.} * 367 * \text{Insolación} * \text{Factor de reducción}}{CDT}$$

Por último obtenemos el nuevo y verdadero régimen de bombeo introduciendo la cantidad de agua bombeada. Este valor debería ser mayor que el calculado anteriormente, de no ser así, debe considerarse ampliar la fuente de agua o bien seleccionar otra bomba de mayor conveniencia. Esta decisión se basa en el aspecto económico:

$$\text{Regimen de Bombeo} = \frac{\text{Agua Bombeada (litros/día)}}{\text{Insolación del sitio (horas pico/día)}}$$

CAPITULO V: CALCULOS

5.1. CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN (Eto).

5.1.1. Uso del CROPWAT 8.0 para el cálculo de la Eto.

CROPWAT es un programa desarrollado por la División de Desarrollo de Tierras y Aguas (AGL) de la Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas (FAO). El creador de la versión original es el Dr. Martín Smith del Servicio de Manejo y Desarrollo de Recursos Hídricos de la AGL.

CROPWAT (crop = cultivo; wat = agua) es un programa que utiliza el método de la FAO Penman - Monteith para determinar la evapotranspiración de los cultivos (ETO). Los valores de ETO son utilizados posteriormente para estimar los requerimientos de agua de los cultivos y el 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 área más o menos compleja que incluya una combinación de cultivos bajo riego. Puede ser descargado de la siguiente dirección:

<http://www.fao.org/ag/AGL/AGLW/cropwat.stm> (versión para Windows).

CuadroNº2: Datos Climatológicos

Mes	Temp.min °C	Temp. max °C	Humedad %	Viento Km/día	Sol Horas	Rad MJ/m/día	Eto mm/día
Enero	22	34.6	71	100	8.1	18.7	4.17
Febrero	22.7	35.2	69	113	8.5	20.7	4.76
Marzo	24	36.1	68	119	9.1	23	5.42
Abril	24.8	36.7	66	113	8.7	22.9	5.58
Mayo	25	35.7	75	94	7.1	20.2	4.84
Junio	24.1	33.6	81	56	5.6	17.7	3.98
Julio	23.6	34.5	77	63	5.7	17.9	4.07
Agosto	23.7	34.9	77	63	6.5	19.3	4.38
Septiembre	23.4	33.5	83	44	6.1	18.5	4.02
Octubre	23.1	32.8	84	38	6.4	17.9	3.76
Noviembre	22.1	33.6	80	56	7.1	17.6	3.67
Diciembre	21.5	34.4	74	81	7.5	17.4	3.76

Fuente: Propia (Ver Figura 2, ANEXO I: FIGURAS)

5.2. DISEÑO AGRONÓMICO

Datos de Entrada

i.	Eto máxima es en el mes de Abril:	5.58 mm/día
ii.	Suelo:	Arcilloso
iii.	Cultivo:	Plátano
iv.	Área Total :	10928.00 m ²
v.	Marco de plantación:	2x2 m
vi.	Salinidad del Agua (CE):	0.257 mmhos/cm
vii.	Salinidad del Suelo (CS):	0.253 mmhos/cm

a) Coeficientes

$$Kc = 1.1$$

$$Ks = 0.7$$

$$Ka = 1.2$$

$$Ku = 1.1$$

$$Keu = 1.2$$

$$Kl = 1 - NL$$

$$NL = \frac{CE}{2CS}$$

$$NL = \frac{0.257}{2(0.253)}$$

$$Kl = 0.51$$

b) Calculo de las necesidades de agua en la planta

$$ND = Kc * Ks * Ka * Keu * ET * M$$

$$ND = 1.1 * 0.7 * 1.2 * 1.2 * 5.58 * 4$$

$$ND = 24.75 \text{ l/día/ árbol}$$

c) Numero de goteros por planta

$$Ng = \frac{Sp * Pm}{Smj}$$

$$Ng = \frac{4 * 0.33}{1.7}$$

$$Ng = 0.77 = 1 \text{ gotero}$$

* El gotero elegido fue de 8 l/h (ver Figura 1, ANEXO I: FIGURAS).

d) Calculo del Tiempo de riego

$$Tr = \frac{ND}{Ng * Qg}$$

$$Tr = \frac{24.75}{1 * 8}$$

$$Tr = 3 \text{ horas}$$

e) Calculo del Número de Sectores

$$N^{\circ} \text{sectores} = \frac{\text{Jornada}}{\text{Tiempo de riego}}$$

$$N^{\circ} \text{sectores} = \frac{12 \text{ horas}}{3 \text{ horas}}$$

$$N^{\circ} \text{sectores} = 4$$

Calculo del Caudal de Bombeo

1. Número de plantas en totas de la superficie:

$$Np = \frac{\text{Superficie (m}^2\text{)}}{\text{Marco de riego o plantación (m}^2\text{)}}$$

$$Np = \frac{10928 \text{ m}^2}{4 \text{ m}^2}$$

$$Np = 2732 \text{ plantas}$$

2. Número de plantas a regar simultáneamente:

$$Nprs = \frac{\text{Numero total de plantas}}{\text{Numero de sectores}}$$

$$Nprs = \frac{2732}{4}$$

$$Nprs = 683 \text{ plantas}$$

3. Caudal de Bombeo (Qb):

$$Qb = Nprs * Ng * Qg$$

$$Qb = 683 * 1 * 8$$

$$Qb = 5464 \text{ l/h} = 1.52 \text{ l/s}$$

4. Caudal necesario para regar el área:

$$Qn = \frac{Qb(l/s)}{A(ha)}$$

$$Qn = \frac{1.57(l/s)}{10928/10000}$$

$$Qn = 1.39 \text{ l/s-ha}$$

5.3. DISEÑO HIDRÁULICO

1. Tipo de goteros	Mini in Line
2. Instalados:	Botón
3. Exponente de descarga (x):	0.47
4. Caudal del gotero (q):	8 l/h
5. Espaciamiento entre árbol	2 m
6. Separación de gotero:	2 m
7. N° de salidas (n):	24
8. Longitud de diseño (L):	48 m
9. Presión de entrada o funcionamiento (H)	1 Bar (10.2 mca)
10. N° de goteros/árbol	1 gotero/planta
11. Factor de reducción de Scobey	0.385

Para este diseño es muy importante tener un esquema de cómo se instalaran las tuberías y haber dividido la parcela en los sectores debido a que los cálculos se irán realizando por sectores (ver SECTORES, ANEXO IV: PLANOS).

➤ Diseño de Tubería Lateral

a) Caudal

$$Q = n * q$$

$$Q = 24 * 8$$

$$Q = 192 \text{ l/h}$$

b) Longitud ficticia del lateral

$$L_f = L + (n * F)$$

$$L_f = 48 + (24 * 0.385)$$

$$L_f = 57.24 \text{ m}$$

c) Pérdidas de carga admisible en el lateral

$$h'a = \frac{0.10}{x} (H * 0.55)$$

$$h'a = \frac{0.10}{0.47} (10.2 * 0.55)$$

$$h'a = 1.19 \text{ mca}$$

d) Diámetro Teórico del lateral

$$D = \left(\frac{0.496 * Q^{1.75} * x * F * L_f}{0.055H} \right)^{1/4.75}$$

$$D = \left(\frac{0.496 * 192^{1.75} * 0.47 * 0.385 * 57.24}{0.055(10.2)} \right)^{1/4.75}$$

$$D = 11.06 \text{ mm}$$

Elegimos el diámetro interno comercial de 13 mm.

e) Pérdidas de carga en la tubería lateral

$$h' = \frac{0.496 * Q^{1.75} * F * L_f}{D^{4.75}}$$

$$h' = \frac{0.496 * 192^{1.75} * 0.385 * 57.24}{13^{4.75}}$$

$$h' = 0.5536 \text{ m}$$

f) Presión necesaria en el origen del lateral

$$P'o = P_o + 0.73h' \pm Hg/2$$

$$P'o \text{ sector 1} = 10.2 + 0.73(0.5536) - (1.6/2) = 10.00 \text{ m}$$

$$P'o \text{ sector } 2 = 10.2 + 0.73(0.5536) = 10.60 \text{ m}$$

$$P'o \text{ sector } 3 = 10.2 + 0.73(0.5536) - (1.4/2) = 9.90 \text{ m}$$

$$P'o \text{ sector } 4 = 10.2 + 0.73(0.5536) - (1.6/2) = 9.80 \text{ m}$$

➤ **Diseño de Tubería Secundaria**

Para calcular las pérdidas de carga en las tuberías de cada uno de los sectores de la parcela emplearemos las siguientes formulas:

a) Pérdidas de carga admisible
$$h'a = \frac{0.10}{x} (H * 0.55)$$

b) Longitud ficticia
$$Lf = a * \text{Longitud detuberias}$$

c) Diámetro Teórico
$$D = \left(\frac{0.496 * Q^{1.75} * F * Lf}{h'a} \right)^{1/4.75}$$

d) Pérdidas de carga
$$h' = J * F * Lf = \frac{0.496 * Q^{1.75} * F * Lf}{D^{4.75}}$$

e) Presión producida en la entrada de la tubería
$$P'o = Po + 0.73h' \pm Hg/2$$

Representamos los resultados en forma de cuadro:

CuadroNº3: Resultados en el diseño de la Tubería Secundaria

Nº del Sector	Tuberías secundarias	Distancia entre portagoteros (m)	Longitud de lateral (m)	Q lateral (l/h)	Q lateral (m³/h)	Longitud Tubería secundaria (m)	Nº líneas	Q de la secundaria (l/h)
1	TS 1-1	2	48	192.0	0.192	28	15	2880.0
	TS 1-2	2	48	192.0	0.192	28	14	2688.0
2	TS 2-1	2	48	192.0	0.192	28	15	2880.0
	TS 2-2	2	48	192.0	0.192	28	14	2688.0
3	TS 3-1	2	44	176.0	0.176	35	18	3168.0
	TS 3-2	2	40	160.0	0.160	35	17	2720.0
4	TS 4-1	2	44	176.0	0.176	34	18	3168.0
	TS 4-2	2	48	192.0	0.1920	44	20	3840.0

Fuente: Propia

* El caudal total a circular en todas las Tuberías secundarias es de 24032 l/h.

Cuadro N°4: Resultados en el diseño de la Tubería Secundaria

Tuberías secundarias	$h' a$ (mca)	Factor de Scobey (F)	Longitud Ficticia (m)	Diámetro teórico (mm)	*Diámetro nominal (mm)	*Diámetro interno (mm)	h' (mca)	$P' o$ (mca)
TS 1-1	1.96	0.385	32	23.81	32	29.6	0.70	9.71
TS 1-2	1.96	0.385	32	23.21	32	29.6	0.62	9.65
TS 2-1	1.96	0.385	32	23.81	32	29.6	0.70	10.61
TS 2-2	1.96	0.385	32	23.21	32	29.6	0.62	10.55
TS 3-1	1.96	0.387	39	25.87	32	29.6	1.04	9.06
TS 3-2	1.96	0.389	39	24.49	32	29.6	0.80	8.88
TS 4-1	1.96	0.387	38	25.72	32	29.6	1.01	9.74
TS 4-2	1.96	0.385	50	29.11	32	29.6	1.82	10.33

* Estos diámetros son los comerciales. El diámetro interno es el que se utiliza para calcular h' .

➤ **Diseño de Tubería Principal**

Los valores se calculan con las formulas utilizadas anteriormente.

Cuadro N°5: Caudales por Válvula y Sector

Sector	Válvula	Tub. Secundaria	Q (l/h)	Q (m³/seg)	Qval(m³/seg)	Qsec(m³/seg)	Caudal (l/h)
SECTOR 1	VÁLVULA 1	TS 1-1	2880.00	0.0008	0.0015	0.00155	5568.00
		TS 1-2	2688.00	0.0007			
SECTOR 2	VÁLVULA 2	TS 2-1	2880.00	0.0008	0.0015	0.00155	5568.00
		TS 2-2	2688.00	0.0007			
SECTOR 3	VÁLVULA 3	TS 3-1	3168.00	0.0009	0.0016	0.00165	5888.00
		TS 3-2	2720.00	0.0008			
SECTOR 4	VÁLVULA 4	TS 4-1	3168.00	0.0009	0.0019	0.00195	7008.00
		TS 4-2	3840.00	0.0011			

Cuadro N°6: Longitudes por tramo en la Tubería principal

NODOS		TRAMO	Longitudes(m)
TANQUE	N1	TP-1	53
N1	V3	TP-2	21
N1	N2	TP-2 y TP-3	58
N2	N3	TP-4	4.2
N3	V1	TP-5	32.4

Cuadro N°7: Cálculo de pérdidas en la Tubería principal

DESDE	HASTA	TRAMO	Q(m ³ /seg)	Q(l/h)	Long(m)	Lf(m)	Velocidad máx.permisible (m/s)
TANQUE	N1	TP-1	0.0019	7008	58	67.24	1
N1	V3	TP-2	0.0016	5888	21	30.336	1
N1	V4	TP-2	0.0019	7008	21	30.288	1
N3	V1	TP-5	0.0015	5568	32.4	41.64	1
N3	V2	TP-5	0.0015	5568	32.4	41.64	1
TANQUE	N3	TP-1 TP-2 TP-3	0.0022	7920	115.2	124.44	1

DESDE	HASTA	TRAMO	Dteórico(mm)	Dinterior(mm)	Dnominal(mm)	h (mca)
TANQUE	N1	TP-1	50	59.20	63	0.68
N1	V3	TP-2	46	59.20	63	0.23
N1	V4	TP-2	50	59.20	63	0.31
N3	V1	TP-5	44	46.40	50	0.90
N3	V2	TP-5	44	46.40	50	0.90
TANQUE	N3	TP-1 TP-2 TP-3	53	59.20	63	1.57

Cuadro N°8: Presión necesaria en el origen

DESDE	HASTA	P _o (mca)
TANQUE	V1	11.51
	V2	11.91
	V3	8.12
	V4	9.45

Con el plano de las curvas de nivel calculamos las pérdidas en los puntos más desfavorables de los sectores (ver Sectores, ANEXO IV: PLANOS).

Cuadro N°9: Pérdidas de Carga en la Tubería Principal

DESDE	HASTA	Perdidas Carga (m)	DESNIVEL*	Per. Carga Tubería Principal (m)
TOMA	V1	2.47	0.80	3.27
TOMA	V2	2.47	0.80	1.67
TOMA	V3	0.91	1.60	-0.69
TOMA	V4	0.99	1.60	2.59

a) Perdidas de Carga Totales

$$Perdidas_{totales} = H'_{Tubería\ lateral} + H'_{Tubería\ secundaria} + H'_{Tub.\ Principal}$$

$$Perdidas_{totales} = 0.55 + 1.82 + 2.59$$

$$Perdidas_{totales} = 4.96\ m$$

b) Altura del Tanque

$$\text{Altura del Tanque} = \text{Cota mínima} + P_{min} + \text{Perdidas Totales} - \text{Cota Tanque}$$

$$\text{Altura del Tanque} = 98.8 + 10.2 + 4.96 - 101.6$$

$$\text{Altura del tanque} = 11.96\ \text{metros}$$

5.4. DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

A. Cálculo del régimen de bombeo inicial según las necesidades de agua.

$$\text{Regimen de Bombeo}_i = \frac{\text{Volumen de agua necesario por dia (litros/día)}}{\text{Insolación del sitio (horas pico/día)}}$$

$$\text{Regimen de Bombeo}_i = \frac{24032\ l/día}{6\ h - \text{pico/día}}$$

$$\text{Regimen de Bombeo}_i = 4005\ l/h$$

B. Cálculo de la carga dinámica total en el bombeo, selección de bomba y arreglo fotovoltaico.

1) Carga Dinámica Total (CDT)

$$CDT = CE + CD$$

$$CDT = [2 + 6 + 11.96] + [0.02 * (19.96 + 129)]$$

$$CDT = 22.94\ m$$

2) Carga eléctrica de la bomba

$$\text{Carga eléctrica de la Bomba} = \frac{\text{Volumen de agua necesario por día} * CDT}{367 * \text{Eficiencia} * \text{Voltaje de operación}}$$

$$\text{Carga electrica de la Bomba} = \frac{2400 * 22.94}{367 * 0.35 * 30}$$

$$\text{Carga electrica de la Bomba} = 142.87 \text{ Ah/día}$$

3) Corriente del proyecto

$$\text{Corriente del proyecto} = \frac{\text{Carga electrica de la bomba}}{\text{Factor de rendimiento} * \text{Insolación del sitio}}$$

$$\text{Corriente del proyecto} = \frac{142.87}{0.95 * 6}$$

$$\text{Corriente del proyecto} = 25.06 \text{ A}$$

C. Dimensionamiento del arreglo fotovoltaico

1) Módulos en paralelo

$$\text{Modulos en paralelo} = \frac{\text{Corriente del proyecto}}{\text{Factor de reduccion del modulo} * \text{Corriente Imp del modulo}}$$

$$\text{Modulos en paralelo} = \frac{25.06}{0.95 * 5.74}$$

$$\text{Modulos en paralelo} = 5$$

2) Módulos en serie

$$\text{Modulos en serie} = \frac{\text{Voltaje de operacion}}{\text{Voltaje Vmp del modulo}}$$

$$\text{Modulos en serie} = \frac{30}{17.4}$$

$$\text{Modulos en serie} = 2$$

3) Tamaño del arreglo

$$\text{Tamaño del arreglo} = \text{Mod. en paralelo} * \text{Mod. en serie} * \text{Corriente Imp} * \text{Voltaje Vmp}$$

$$\text{Tamaño del arreglo} = 5 * 2 * 5.74 * 17.4$$

Tamaño del arreglo = 999 Watts

D. Calculo del agua bombeada y régimen de bombeo

1) Agua Bombeada

$$\text{Agua Bombeada} = \frac{\text{Mod. Paralelo} * \text{Corriente Imp} * \text{Voltaje de operación} * \text{Factor de rend.} * 367 * \text{Insolación} * \text{Factor de reducción}}{CDT}$$

$$\text{Agua Bombeada} = \frac{5 * 5.74 * 30 * 0.35 * 367 * 6 * 0.95}{22.94}$$

$$\text{Agua Bombeada} = 27481 \text{ l/día}$$

2) Régimen de Bombeo

$$\text{Regimen de Bombeo} = \frac{\text{Agua Bombeada (litros/día)}}{\text{Insolación del sitio (horas pico/día)}}$$

$$\text{Regimen de Bombeo} = \frac{27481 \text{ litros/día}}{6 \text{ h - pico/día}}$$

$$\text{Regimen de Bombeo} = 4580 \text{ litros/hora}$$

CAPITULO VII: RESULTADOS

6.1. RESULTADOS DEL ANALISIS DE SUELO

A continuación presentamos los resultados obtenidos del análisis de suelo realizado a las diferentes profundidades.

Cuadro #1. Resultados del pH del suelo:

Descripción	pH H ₂ O	Clasificación
Muestra de 0 a 30 cm	6.92	Neutro
Muestra de 30 a 60 cm	7.60	Alcalino
Muestra de 60 a 90 cm	8.18	Alcalino
Muestra de 90 a 120 cm	7.93	Alcalino

Cuadro #2. Resultados del porcentaje de Materia Orgánica en el suelo:

Descripción	MO	Pobre	Medio	Alto
	%	<2	2 a 4	>4
Muestra de 0 a 30 cm	12			X
Muestra de 30 a 60 cm	10.6			X
Muestra de 60 a 90 cm	0.40	X		
Muestra de 90 a 120 cm	0.60	X		

Cuadro #3. Resultados del porcentaje de Nitrógeno en el suelo:

Descripción	N	Pobre	Medio	Alto
	%	<0.07	0.07 a 0.15	>0.15
Muestra de 0 a 30 cm	0.6			X
Muestra de 30 a 60 cm	0.53			X
Muestra de 60 a 90 cm	0.02	X		
Muestra de 90 a 120 cm	0.03	X		

Cuadro #4. Resultados del contenido de Fósforo en el suelo:

Descripción	P	Pobre	Medio	Alto
	ppm	<10	10 a 20	>20
Muestra de 0 a 30 cm	2.3	X		
Muestra de 30 a 60 cm	0	X		
Muestra de 60 a 90 cm	0.6	X		
Muestra de 90 a 120 cm	0	X		

Cuadro #5. Resultados del contenido de Potasio en el suelo:

Descripción	K-disp	Pobre	Medio	Alto
	me/100 gr	<0.2	0.2 a 0.3	>0.3
Muestra de 0 a 30 cm	0.21		X	
Muestra de 30 a 60 cm	0.06	X		
Muestra de 60 a 90 cm	0.09	X		
Muestra de 90 a 120 cm	0.07	X		

Cuadro #6. Resultados del contenido de Calcio en el suelo:

Descripción	Ca	Pobre	Medio	Alto
	me/100 gr	<2.5	2.5 a 5.5	>5.5
Muestra de 0 a 30 cm	16.07			X
Muestra de 30 a 60 cm	16.65			X
Muestra de 60 a 90 cm	23.93			X
Muestra de 90 a 120 cm	24.93			X

Cuadro #7. Resultados del contenido de Magnesio en el suelo:

Descripción	Mg	Pobre	Medio	Alto
	me/100 gr	<0.3	0.3 a 10	>10
Muestra de 0 a 30 cm	3.62		X	
Muestra de 30 a 60 cm	5.17		X	
Muestra de 60 a 90 cm	11.05			X
Muestra de 90 a 120 cm	14.90			X

Cuadro #8. Resultados de Textura del suelo:

Descripción	Clase Textural	Partículas		
		Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)
Muestra de 0 a 30 cm	Arcillosa	52.54	30	17.6
Muestra de 30 a 60 cm	Arcillosa	60.40	22	17.6
Muestra de 60 a 90 cm	Arcillosa	66.40	12	21.6
Muestra de 90 a 120 cm	Arcillosa	64.40	12	23.6

6.2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE AGUA

Cuadro #9. Clasificación del agua según la USDA.

Conductividad Eléctrica del Agua ($\mu\text{S/cm}$)	RAS	Clasificación	Interpretación
257	0.89	C2-S1	Agua de Salinidad Media y Bajo contenido en Sodio. Apta para el Riego.

6.3. RESULTADO DE LOS DISEÑOS

➤ Diseño Agronómico

Evapotranspiración potencial	5.58 mm/día
Evapotranspiración del cultivo	6.14 mm/día
Necesidades Diarias por Planta	24.75 litros
Área mojada por el emisor	1.7 m ²
Número de Sectores	4
Número de plantas	2732

➤ Diseño Hidráulico

Caudal de Trabajo de los Goteros	8 l/h
Caudal de Diseño	192 l/h
Caudal Total de Circulación en las Tuberías Secundarias	24032 l/h
Perdidas de Carga en la Tubería Lateral	0.55 m
Perdidas de Carga en la Tubería Secundaria	1.82 m
Perdidas de Carga en la Tubería Principal	2.59 m
Perdidas de Carga Total	4.96 m
Altura del Tanque (Presión de entrada en los goteros)	11.96 m

➤ Diseño del Sistema Fotovoltaico

Módulos en paralelo	5
Módulos en serie	2
Cantidad de agua Bombeada por día	27481 litros
Régimen de Bombeo	4580 l/h

CAPITULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

1. Según los resultados del análisis de agua realizado en la finca, la fuente de abastecimiento presenta salinidad media y bajo contenido de sodio, siendo aptas para riego con la clasificación C2-S1, según la USDA.
2. Los resultados en el análisis de suelo especifican que este es un suelo apto para el cultivo del plátano y de buena retención de humedad por su textura arcillosa.
3. Entre las necesidades hídricas del plátano, la máxima demanda que presenta es de 24.75 litros/día, con un caudal mínimo de circulación en las tuberías de 2688 l/h y como máximo de 3840 l/h, y una capacidad de fuente de agua de 120 gal/min, suficiente como para poder regar el área completa con el tiempo de trabajo del sistema fotovoltaico.
4. Para el diseño agronómico del sistema de riego por goteo se seleccionaron goteros de botón Mini In Line los cuales emiten caudales de 8 lph, con presiones de trabajo necesarias para regar cultivos de altas demandas de agua como el plátano.
5. El diseño geométrico se elaboro con el propósito de facilitar el acceso al área de riego y que todas las plantas tengan sus goteros, ya que los productores buscan tener la mayor cantidad de plantas posibles y que les resulten las mayores ganancias posibles.
6. El diseño hidráulico refleja que el sistema contará con una buena distribución de presiones en las tuberías, ubicándose las mayores en la tubería principal que va hacia el sector 1 y 2. Las menores se ubican en el sector 3 y 4 debido a su cercanía al tanque y el desnivel de las cotas.

7. La altura del tanque será de 12 m de altura con soportes de carga de hierro galvanizado de 2" y una capacidad de almacenamiento de 10000 litros.
8. La elección del sistema fotovoltaico se basa al alto grado de insolación (horas de luz solar) con los módulos Isofoton I-100 de tipo monocristalinos y la bomba sumergible Kyocera Serie SC 1000 60-45, cables de 6 mm² y tuberías PVC de 1-1/4", los cuales son eficientes y distribuidos en el país.
9. La ubicación del arreglo fotovoltaico permite un aprovechamiento eficiente de la energía solar por su cercanía a la fuente de agua y libre de obstáculos, llegando a bombear hasta 27481 litros de agua al día con una carga dinámica total de 22.94 m y generando 1000 watts de potencia para un funcionamiento eficiente.

7.2. RECOMENDACIONES

1. Realizar estos estudios en otras zonas que sean altamente competitivas con un análisis económico y financiero para ver si el proyecto es viable económicamente.
2. Realizar estudios más detallados del diseño y construcción de obras de captación y distribución para un mejor abastecimiento de las aguas que son utilizadas para el riego.
3. Realizar mantenimientos periódicos del sistema de riego por goteo tales como: Reparación y cambio de cintas, lavado de la tubería conductora, limpieza de filtros y comprobación del funcionamiento de todo el sistema.
4. Capacitar a productores de cómo manejar el sistema para mantenerlo funcionando con la mayor eficiencia posible.

BIBLIOGRAFIA

1. Datos Meteorológicos de la Estación de San Francisco Libre. Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) 2006.
2. Fuentes, J.L. Técnicas de Riego. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.1998
3. Valverde, J.C. Riego y Drenaje. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. 2000.
4. Pizarro, Fernando, Riegos localizados de alta frecuencia, 3era edición, Edición mundo y prensa, 1996, Madrid.
5. Michael G. Thomas. Opción Solar para el Bombeo de Agua. DesingAssistence Center. Sandía National Laboratories. Albuquerque Nero Mexico USA. 87185.
6. "Manual de Capacitación de Sistemas Fotovoltaicos", Solavolt International 1986.
7. Suni Solar S.A. Manual de Instalación de Bombas Solares con Paneles Fotovoltaicos, Managua, Nicaragua 2001.
8. Zuñiga, Edgar. Diseño fácil del riego a presión. Editorial Universidad Nacional Heredia (EUNA), 2001.
9. Guía para aplicaciones de bombeo de agua con energía solar. Kyocera Solar, Inc.
10. Ivette Sanchez Ruiz y Alvaro Gomez Flores "Evaluación del sistema de riego por goteo aplicando Energía Eólica mediante un aerogenerador para el cultivo de la granadilla (*passifloraquadrangularis l*) en la finca Talolinga, Belen, Rivas", 2005.
11. Carolina Barreto y Ulda Cornejo "Estudio de la eficiencia del riego por goteo aplicando energía fotovoltaica en el bombeo para el pimiento dulce", 2003.
12. Paginas consultadas: www.infoagro.com, www.riego.com, www.ruleindustries.com y www.dripworksusa.com

ANEXOS

ANEXO I: FIGURAS

Figura 1: Catalogo de fábrica del gotero elegido para el diseño.

Mini in Line™

Goteros botón

Aplicaciones


- Recomendado para plantas frutales, creación de zonas verdes y jardinería

Estructura y características

- Permite la instalación en línea o anillo
- Fabricados con plástico virgen, para un rendimiento estable
- Gotero de botón sellado de fábrica
- Ruta de flujo turbulento exclusiva con amplia sección transversal, que asegura la resistencia contra obturaciones
- Entrada angosta en forma de cruz que actúa como filtro
- Base de colores que facilita la identificación del caudal
- Conexión dentada de 4 mm a ambos lados, que facilita la tarea de arrollar el gotero alrededor de troncos de árboles
- Coeficiente de variación de fabricación (CV3%) que asegura un alto nivel de uniformidad de emisión en el campo

Información técnica

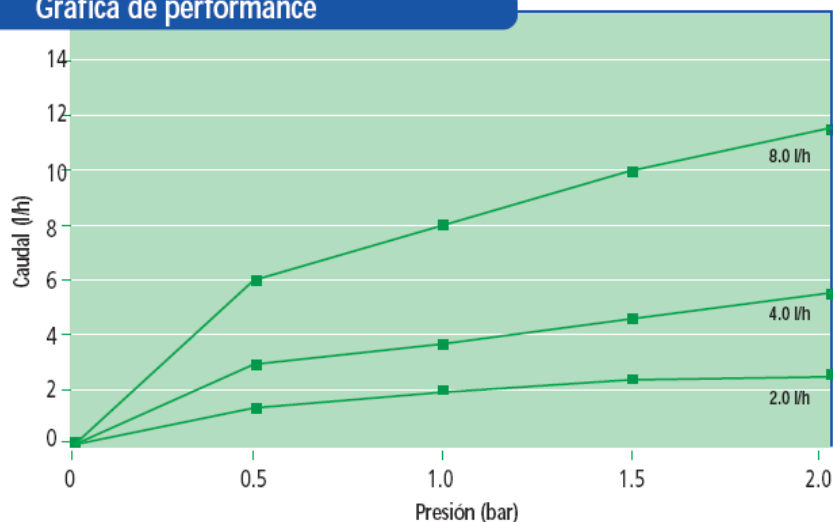
- $CV \leq 3\%$
- Presión de trabajo: 0,5 a 2,0 bar
- Requisitos de filtración: 120 mesh, 130 micrones
- Diámetro de perforación requerido: 2,9 mm



Datos técnicos

Caudal (l/h)	Color	Exponente (x)	Coefficiente (k)
2.0	Amarillo	0.44	2.0
4.0	Negro	0.44	4.0
8.0	Azul	0.47	8.0

Grafica de performance



Caudal vs. presión

Presión (bar)	Caudal (l/h)		
	2.0	4.0	8.0
0.5	1.4	2.9	5.7
1.0	2.0	4.0	8.0
1.5	2.4	4.9	9.7
2.0	2.8	5.6	11.2
2.5	3.1	6.2	12.4
3.0	3.4	6.8	13.6
3.5	3.6	7.3	14.6

Figura 2: Uso del programa CROPWAT 8.0 para el cálculo de la Evapotranspiración.

CROPWAT - Session: untitled - [Monthly ETo Penman-Monteith - untitled]

File Edit Calculations Charts Settings Window Language Help

Country NICARAGUA Station San Francisco Libre

Altitude 50 m. Latitude 12.49 °N Longitude 86.28 °W

Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind km/day	Sun hours	Rad MJ/m ² /day	ETo mm/day
January	22.0	34.6	71	100	8.1	18.7	4.17
February	22.7	35.2	69	113	8.5	20.7	4.76
March	24.0	36.1	68	119	9.1	23.0	5.42
April	24.8	36.7	66	113	8.7	22.9	5.58
May	25.0	35.7	75	94	7.1	20.2	4.84
June	24.1	33.6	81	56	5.6	17.7	3.98
July	23.6	34.5	77	63	5.7	17.9	4.07
August	23.7	34.9	77	63	6.5	19.3	4.38
September	23.4	33.5	83	44	6.1	18.5	4.02
October	23.1	32.8	84	38	6.4	17.9	3.76
November	22.1	33.6	80	56	7.1	17.6	3.67
December	21.5	34.4	74	81	7.5	17.4	3.76
Average	23.3	34.6	75	78	7.2	19.3	4.37

ETo file Rain file Crop file Soil file Planting date Crop pat file Schedule file

Fuente: Propia

Figura 3: Catalogo de fábrica del Módulo Fotovoltaico Isofotón I-100/12

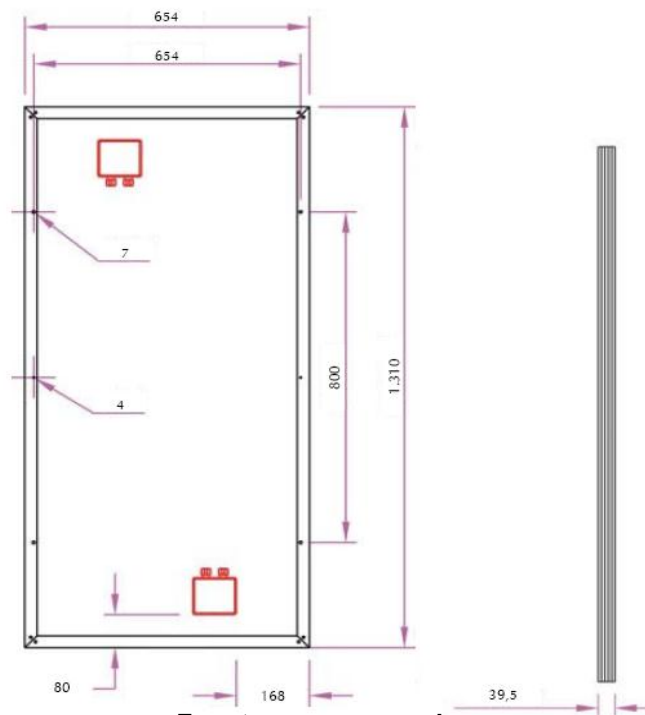


CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
Dimensiones	1.310 x 654 x 39,5mm
Peso	11,5 kg
Número de células en serie	36
Número de células en paralelo	2
Tamaño de las células	4"
TONC (800 W/m ² , 20°C, AM 1,5, 1 m/s)	47°C

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	
Tensión nominal (Vn)	12 Vcc
Potencia máxima (Vmax)	100 Wp (±10%)
Corriente de cortocircuito (Isc)	6,54 A
Tensión de circuito abierto (Voc)	21,6 V
Corriente de máxima potencia (Imax)	5,74 A
Tensión de máxima potencia (Vmax)	17,4 V
Voltaje máximo del sistema	760 V

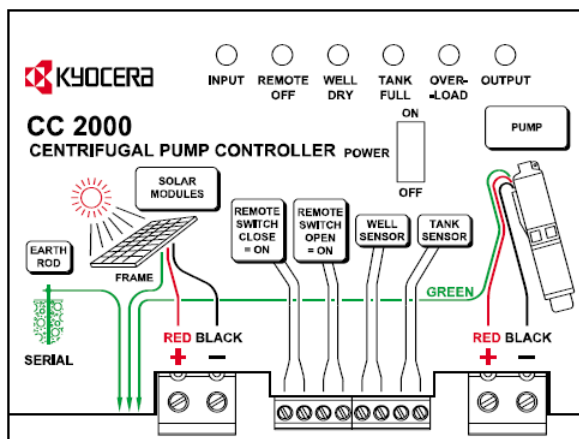
Nota: datos obtenidos en Condiciones Estándar de Medida (CEM): T* = 25°C – AM = 1,5 – E = 1.000 W/m²

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS	
Células	Si monocristalino, texturadas y con capa antirreflexiva.
Contactos	Redundantes, múltiples en cada célula.
Laminado	EVA (etilen-vinil acetato)
Cara frontal	Vidrio templado alta transmisividad
Cara posterior	Protegida con tedlar de varias capas
Marco	Aluminio anodizado
Cajas de conexión	2 x IP-65 con diodo de by-pass
Toma de tierra	Sí
Certificados	CE, IEC-61215, Class II
Garantía de potencia	10 y 25 años (90 y 80%)



Fuente: www.sumsol.es

Figura 4: Controlador KYOCERA CC 2000



Descripción	Valor
Temperatura Ambiente Máxima	50 °C
Temperatura Ambiente Mínima	-20 °C
Voltaje Máximo de Entrada Fotovoltaica (VOC Total @ -20°C)	300 Voltios
Corriente Máxima de Salida - Modo Elevador de Corriente (Voltaje de Entrada mayor que Voltaje de Salida)	14 Amperios (A)
Potencia Máxima de Salida - Modo Elevador de Corriente (Voltaje de Entrada mayor que Voltaje de Salida)	2000 Vatios (W)
Limite de Corriente de Entrada	15 Amperios (A)
Protección contra Altas Temperaturas (Controlador se Apaga hasta que Baja la Temperatura)	85 °C
Calibre de Cables para Arreglo Fotovoltaico y Bomba	0.5 - 16 mm2 (6 - 20 AWG)
Calibre de Cables para Sensores e Interruptores Remotos	0.2 - 2.5 mm2 (14 - 24AWG)

Fuente: Guía para aplicaciones de bombeo de agua con energía solar.

ANEXO II: TABLAS UTILIZADAS

Tabla I: Análisis de las muestras de Suelo.

Código de Lab.	Descripción	RUTINA						BASES						MICROS				ANÁLISIS ESPECIALES					
		pH	MO	N	P-disp	CE	K-disp	Al	K	Ca	Mg	Na	CIC	SB	Fe	Cu	Zn	Mn	Pb	B	SD	NO	NH
		H2O	%		ppm	μS/cm	me/100gr suelo						ppm				ppm						
1	Muestra de 0 a 30 cm	6.92	12	0.6	2.3		0.21		16.07	3.62				14.40	2.64	1.12	36.80						
2	Muestra de 30 a 60 cm	7.60	10.6	0.53	0		0.06		16.65	5.17				18.16	3.36	0.32	28.20						
3	Muestra de 60 a 90 cm	8.18	0.40	0.02	0.6	253	0.09		23.93	11.05				3.20	1.12	0.24	22.00						
4	Muestra de 90 a 120 cm	7.93	0.60	0.03	0		0.07		24.93	14.90				nd	0.08	nd	15.28						

DESCRIPCION	Da	Humedad (%)	Partículas			Textura	Capacidad de Campo (%)	Punto de Marchites Permanente (%)	Conductividad Eléctrica del Suelo (mmhos/cm)
			Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)				
Muestra de 0 a 30 cm	-	23.55	52.54	30	17.6	Arcilla	-	-	-
Muestra de 30 a 60 cm	-	37.78	60.40	22	17.6	Arcilla	-	-	-
Muestra de 60 a 90 cm	1.12	40.52	66.40	12	21.6	Arcilla	38.39	29.62	0.253
Muestra de 90 a 120 cm	-	39.8	64.40	12	23.6	Arcilla	-	-	-

Fuente: Laboratorio de Suelos y Agua de la Universidad Nacional Agraria.

Tabla II: Análisis de la Salinidad de Agua.

Finca	Conductividad Eléctrica del Agua (mmhos/cm)	Cationes (meq/l)					RAS
		Ca	Mg	Na	K	Suma	
Ojo de Agua	0.257	6.46	0.9	1.71	0.1	9.17	0.89

Fuente: Laboratorio de Suelos y Agua de la Universidad Nacional Agraria.

Tabla III: Factor de Reducción de Scobey en función del número de salidas.

n	lo = 1					n	lo = 1/2				
	$\beta = 1,75$	$\beta = 1,80$	$\beta = 1,85$	$\beta = 1,90$	$\beta = 2,00$		$\beta = 1,75$	$\beta = 1,80$	$\beta = 1,85$	$\beta = 1,90$	$\beta = 2,00$
1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,650	0,644	0,639	0,634	0,625	2	0,532	0,525	0,518	0,512	0,500
3	0,546	0,540	0,535	0,528	0,518	3	0,455	0,448	0,441	0,434	0,422
4	0,497	0,491	0,486	0,480	0,469	4	0,426	0,419	0,412	0,405	0,393
5	0,469	0,463	0,457	0,451	0,440	5	0,410	0,403	0,397	0,390	0,378
6	0,451	0,445	0,435	0,433	0,421	6	0,401	0,394	0,387	0,381	0,369
7	0,438	0,432	0,425	0,419	0,408	7	0,395	0,388	0,381	0,375	0,363
8	0,428	0,422	0,415	0,410	0,398	8	0,390	0,383	0,377	0,370	0,358
9	0,421	0,414	0,409	0,402	0,391	9	0,387	0,380	0,374	0,367	0,355
10	0,415	0,409	0,402	0,396	0,385	10	0,384	0,378	0,371	0,365	0,353
11	0,410	0,404	0,397	0,392	0,380	11	0,382	0,375	0,369	0,363	0,351
12	0,406	0,400	0,394	0,388	0,376	12	0,380	0,374	0,367	0,361	0,349
13	0,403	0,396	0,391	0,384	0,373	13	0,379	0,372	0,366	0,360	0,348
14	0,400	0,394	0,387	0,381	0,370	14	0,378	0,371	0,365	0,358	0,347
15	0,397	0,391	0,384	0,379	0,367	15	0,377	0,370	0,364	0,357	0,346
16	0,395	0,389	0,382	0,377	0,365	16	0,376	0,369	0,363	0,357	0,345
17	0,393	0,387	0,380	0,375	0,363	17	0,375	0,368	0,362	0,356	0,344
18	0,392	0,385	0,379	0,373	0,361	18	0,374	0,368	0,361	0,355	0,343
19	0,390	0,384	0,377	0,372	0,360	19	0,374	0,367	0,361	0,355	0,343
20	0,389	0,382	0,376	0,370	0,359	20	0,373	0,367	0,360	0,354	0,342
22	0,387	0,380	0,374	0,368	0,357	22	0,372	0,366	0,359	0,353	0,341
24	0,385	0,378	0,372	0,365	0,355	24	0,372	0,365	0,359	0,352	0,341
26	0,383	0,376	0,370	0,364	0,353	26	0,371	0,364	0,358	0,351	0,340
28	0,382	0,375	0,369	0,363	0,351	28	0,370	0,364	0,357	0,351	0,340
30	0,380	0,374	0,368	0,362	0,350	30	0,370	0,363	0,357	0,350	0,339
35	0,378	0,371	0,365	0,359	0,347	35	0,369	0,362	0,356	0,350	0,338

Fuente: Juan C. Valverde. 1998. Riego y Drenaje, 1^{era} edición. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica.

Tabla IV: Superficie mojada (Smj) por un gotero en m² en frutales para un tiempo de riego de 3-5 horas aproximadamente.

Suelo	Q = 8 l/h			Q = 4 l/h		
	Media	Intervalo	Radio Bulbo	Media	Intervalo	Radio Bulbo
Arenoso	1.40	1.0 a 1.8	0.60	0.50	0.2 a 0.8	0.40
Franco	5.35	5.0 a 5.7	1.30	1.05	0.8 a 1.3	0.60
Arcilloso	9.00	8.0 a 10	1.70	2.50	2.0 a 3.0	0.90

Fuente: Diseño de sistema de riego eficiente. Riego localizado.

Tabla V: Características de los Módulos Solares KYOCERA.

Módulo No.	KC - 120	KC - 80	KC - 70	KC - 60	KC - 50
Características eléctricas					
Potencia, Watt (Pmáx)	120	80	70	60	50
Voltaje de circuito abierto (Voc)	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5
Circuito corto de corriente (Isc)	7.45	4.97	4.35	3.73	3.1
Voltaje de carga (Vmp)	16.9	16.9	16.9	16.9	16.7
Corriente de carga (Imp)	7.1	4.73	4.14	3.55	3
Voltaje máximo del sistema	600	600	600	600	600
Rendimiento de Fusión en Serie (Amps)	11	7	7	6	6
Características físicas					
Longitud, pulg (mm)	56.1 (1425)	38.4 (976)	34.1 (865)	29.6 (751)	25.2 (639)
Anchura, pulg (mm)	25.7 (652)	25.7 (652)	25.7 (652)	25.7 (652)	25.7 (652)
Marco de profundidad, pulg (mm)	1.42 (36)	1.42 (36)	1.42 (36)	1.42 (36)	1.42 (36)
La profundidad (incluyendocaja), pulg (mm)	2.0 (52)	2.0 (52)	2.2 (56)	2.0 (52)	2.1 (54)
Peso, libras (kg)	23.6 (11.9)	21.2 (9.6)	15.4 (7.0)	13.2 (6.0)	11.0 (5.0)
Diámetro del agujero montado, pulg (mm)	0.28" (7)	0.28" (7)	0.28" (7)	0.28" (7)	0.28" (7)

Fuente: Propia

Tabla VI: Tabla de Costos aproximados para Sistemas de Bombeo Fotovoltaico

Insolación (Horas Solares Pico)						Costo Aproximado del Sistema (*) (Dólares Estadounidenses)							
3	4	5	6	7	8								
20,000	26,700	33,300	40,000	46,700	53,300	8,300	9,600	11,400	13,600	16,300	16,500	**	**
13,500	18,000	22,500	27,000	31,500	36,000	8,200	8,900	9,300	12,400	13,400	13,500	17,200	**
10,000	13,300	16,700	20,000	23,300	26,700	7,000	8,400	8,300	10,300	10,600	12,400	16,500	17,800
6,500	8,700	10,800	13,000	15,200	17,300	6,700	7,000	8,100	8,800	9,800	11,600	13,500	16,400
5,000	6,700	8,400	10,000	11,700	13,300	6,500	6,700	7,100	8,100	8,700	10,500	12,800	14,500
4,000	5,300	6,600	8,000	9,300	10,700	6,100	6,300	6,800	7,900	8,000	9,400	11,800	12,700
2,500	3,300	4,200	5,000	5,800	6,700	3,600	3,700	5,200	6,500	7,200	8,700	10,500	11,300
2,000	2,700	3,400	4,000	4,800	5,400	2,800	3,300	4,300	5,600	6,500	8,500	10,300	10,800
1,500	2,000	2,500	3,000	3,500	4,000	2,600	2,800	3,900	4,400	4,700	5,500	7,000	9,800
1,000	1,300	1,700	2,000	2,300	2,700	2,100	2,400	3,200	3,500	3,600	4,100	5,000	6,200
500	700	800	1,000	1,200	1,300	1,600	1,800	2,300	2,500	2,600	3,000	3,400	3,300
Rendimiento (litros / día)						5	10	15	20	30	40	50	60
						Carga Dinámica Total (Metros)							

Fuente: Southwest Technology Development Institute, New Mexico State University, Sandia National Laboratories (SNL).

Tabla VII: Rendimientos de Bombas Serie SC.

Nº de Bomba	Número del Modelo	Flujo Optimo GPM (LPM)	Altura Optima en pies (Metros)	Potencia (Watts)	Diámetro en (cm)	Longitud Total en (cm)	Peso Total lbs (Kg)	Tamaño de conexión del Bombeo con Toma corriente
1	SC 500 15-46	3.7 (14)	203.4 (62)	550	3.75 (9.53)	26.4 (67.1)	26 (11.8)	1-1/4" NPT
2	SC 500 25-40	6.08 (23)	137.8 (42)	550	3.75 (9.53)	25.2 (64)	25 (11.4)	1-1/4" NPT
3	SC 500 35-35	9.25 (35)	108.3 (33)	550	3.75 (9.53)	22.9 (58.2)	25 (10.9)	1-1/4" NPT
4	SC 500 40-25	11.1 (42)	88.6 (27)	550	3.75 (9.53)	21.5 (54.6)	24 (10.9)	1-1/4" NPT
5	SC 1000 15-105	4.49 (17)	374 (114)	1050	3.75 (9.53)	33.4 (84.7)	33 (14.8)	1-1/4" NPT
6	SC 1000 25-85	6.34 (24)	315 (96)	1050	3.75 (9.53)	31.7 (80.4)	32 (14.3)	1-1/4" NPT
7	SC 1000 35-70	8.98 (34)	236.2 (72)	1050	3.75 (9.53)	27.8 (70.5)	31 (13.9)	1-1/4" NPT
8	SC 1000 45-60	11.62 (44)	193.6 (59)	1050	3.75 (9.53)	26.4 (70)	29 (13)	1-1/4" NPT
9	SC 1000 60-45	16.11 (61)	147.6 (45)	1050	3.75 (9.53)	26.4 (70)	29 (13)	1-1/4" NPT
10	SC 1000 105-30	22.45 (106)	98.4 (30)	1050	3.75 (9.53)	27.6 (70.1)	31 (13.9)	2" NPT

Fuente: www.kyocerasolar.com

**INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA
RESUMEN METEOROLOGICO ANUAL**

Estación: SAN FRANCISCO LIBRE / SAN FRANCISCO LIBRE

Latitud: 12° 29' 54" N

Código: 69025

Longitud: 86° 16' 54" W

Años: 1956 - 2006

Elevación: 50 msnm

Parámetro: Temperatura media mínima (°C)

Tipo: HMO

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1956	-	-	-	-	24.5	23.5	22.9	23.0	23.4	23.0	21.7	21.3	22.9
1957	21.9	23.1	23.7	25.0	25.8	24.9	24.4	24.4	23.7	23.5	22.0	21.5	23.7
1958	22.1	22.8	24.8	25.4	25.8	24.8	24.1	23.5	23.9	23.5	22.1	21.9	23.7
1959	21.8	22.9	24.2	24.8	24.9	24.1	23.2	22.9	23.0	23.7	21.8	21.5	23.2
1960	21.1	22.4	23.2	24.4	24.2	23.3	22.8	23.6	22.5	22.9	21.6	20.0	22.7
1961	21.3	22.0	23.7	24.5	24.6	23.7	22.8	23.1	22.8	22.7	21.6	20.9	22.8
1962	20.7	21.0	22.3	24.4	24.5	23.6	23.1	23.2	23.1	22.5	20.5	19.2	22.3
1963	20.0	21.2	23.1	23.5	24.1	24.0	22.5	22.7	23.0	22.3	21.3	19.8	22.3
1964	20.9	22.6	24.0	24.3	23.4	22.5	22.4	22.1	22.0	22.1	20.5	19.9	22.2
1965	19.6	21.3	23.0	23.0	25.1	24.1	24.0	24.0	24.1	23.1	21.9	20.9	22.8
1966	21.3	22.8	24.0	24.0	24.1	23.5	23.5	22.5	22.6	22.6	20.3	20.8	22.7
1967	21.3	21.6	22.9	25.2	25.3	24.3	24.4	24.2	24.5	24.4	24.1	22.8	23.7
1968	23.7	22.0	23.4	25.6	25.7	24.6	24.0	25.0	24.0	23.9	23.4	23.7	24.1
1969	24.6	24.0	26.5	26.8	27.5	26.0	25.5	25.1	25.2	24.1	23.2	22.1	25.0
1970	22.1	22.7	25.0	26.3	26.0	24.9	24.0	24.2	22.8	23.5	21.3	20.3	23.6
1971	21.2	21.8	23.5	24.3	25.3	23.8	23.0	23.5	23.2	23.4	22.0	21.2	23.0
1972	21.4	22.5	22.9	24.7	24.8	23.8	25.1	24.0	24.6	23.7	23.3	23.6	23.7
1973	23.1	23.3	25.0	25.2	25.5	24.2	23.5	23.0	22.5	23.0	21.8	19.7	23.3
1974	21.7	21.5	22.8	24.4	24.2	23.4	22.8	23.6	22.6	22.0	20.9	21.6	22.6
1975	22.5	22.3	23.8	24.6	25.0	24.3	22.7	22.9	23.1	22.6	22.2	19.4	22.9
1976	21.2	21.3	21.7	23.3	24.3	23.5	22.8	22.2	23.1	22.7	22.8	22.1	22.6
1977	21.9	23.3	25.0	25.5	24.7	24.3	24.3	24.4	24.3	23.3	22.9	22.7	23.9
1978	22.4	23.2	24.9	25.4	25.4	23.6	23.3	23.9	22.9	22.6	22.2	21.9	23.5
1979	22.0	22.9	24.4	25.0	24.4	23.0	22.9	23.7	23.2	23.2	22.1	21.5	23.2
1980	22.4	21.4	25.1	25.6	25.4	24.2	23.6	23.2	23.2	22.7	22.2	20.1	23.3
1981	20.7	23.2	24.5	-	24.1	22.9	22.3	23.1	22.8	22.0	22.0	21.8	22.7
1982	22.6	23.6	23.9	24.7	24.8	24.1	23.3	24.4	23.7	22.6	22.4	22.7	23.6
1983	23.2	24.4	24.3	25.3	26.2	24.8	25.0	24.7	23.5	23.0	23.3	23.2	24.2
1984	23.0	23.5	24.3	25.1	25.5	23.7	23.1	23.1	23.2	23.1	21.5	23.7	23.6
1985	22.8	24.2	24.4	25.2	24.7	25.4	25.0	23.2	23.7	23.5	23.3	21.5	23.9
1986	23.2	24.1	24.7	24.1	24.4	24.8	25.9	26.1	25.3	24.4	22.6	23.1	24.4
1987	22.9	23.4	24.7	25.8	26.1	25.3	24.1	24.4	23.9	24.1	22.7	22.9	24.2
1988	23.1	24.6	25.6	23.1	-	-	-	-	-	-	-	-	24.1
1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO UTILIZANDO ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA 1.6 MZ DEL CULTIVO DEL PLÁTANO EN LA FINCA "OJO DE AGUA" EN EL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO LIBRE, MANAGUA

1991	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1992	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1993	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1994	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1996	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Suma	703.6	726.8	769.4	768.8	800.4	770.9	756.4	756.9	749.2	739.6	707.6	689.4	770.5
Media	22.0	22.7	24.0	24.8	25.0	24.1	23.6	23.7	23.4	23.1	22.1	21.5	23.3
Máximo	24.6	24.6	26.5	26.8	27.5	26.0	25.9	26.1	25.3	24.4	24.1	23.7	300.6
Mínimo	19.6	21.0	21.7	23.0	23.4	22.5	22.3	22.1	22.0	22.0	20.3	19.2	0.0

Estación: SAN FRANCISCO LIBRE / SAN FRANCISCO LIBRE

Latitud: 12° 29' 54" N

Código: 69 025

Longitud: 86° 16' 54" W

Años: 1956 - 2006

Elevación: 50 msnm

Parámetro: Temperatura media máxima (°C)

Tipo: HMO

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1956	-	-	-	-	37.4	35.7	36.1	36.8	35.0	34.5	34.5	35.7	35.7
1957	35.0	36.0	37.4	37.8	36.6	36.1	36.6	37.6	35.2	35.4	35.5	36.2	36.3
1958	36.0	37.0	38.3	38.8	37.6	34.4	35.6	36.4	36.7	34.4	35.9	37.0	36.5
1959	36.9	37.3	39.0	39.4	38.2	35.4	37.0	36.8	36.0	33.5	35.6	36.5	36.8
1960	37.4	36.5	38.1	38.3	36.6	34.2	36.3	35.6	34.6	33.7	35.2	35.4	36.0
1961	37.3	37.5	38.6	40.0	39.1	36.6	35.9	37.5	34.9	34.7	34.7	36.0	36.9
1962	36.4	37.1	38.0	39.0	38.2	34.8	35.7	36.0	34.9	35.4	36.0	36.6	36.5
1963	37.3	37.5	39.1	38.6	39.0	35.9	36.7	38.3	35.7	35.9	35.1	36.5	37.1
1964	36.9	38.2	39.1	38.7	37.3	35.1	35.3	35.1	35.7	35.0	35.5	35.5	36.4
1965	35.6	36.5	37.0	37.5	37.8	35.0	36.8	37.0	36.0	33.7	34.9	35.6	36.1
1966	36.1	35.8	36.7	36.6	35.3	33.1	34.2	34.6	34.8	34.2	35.7	34.8	35.2
1967	34.9	35.2	35.6	36.4	37.3	33.7	35.1	34.5	34.5	34.5	34.4	34.4	35.0
1968	34.5	34.8	35.5	36.5	35.5	32.3	33.0	34.1	32.7	31.9	32.5	33.7	33.9

DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO UTILIZANDO ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA 1.6 MZ DEL CULTIVO DEL PLÁTANO EN LA FINCA "OJO DE AGUA" EN EL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO LIBRE, MANAGUA

1969	34.0	34.2	36.3	35.6	35.7	32.9	33.8	32.6	32.7	31.5	32.8	33.2	33.8
1970	33.4	34.3	34.8	35.9	34.9	33.9	32.6	33.0	32.0	29.7	29.1	30.4	32.8
1971	30.8	31.5	32.3	32.9	33.1	32.9	31.5	31.9	30.2	30.9	31.0	30.7	31.6
1972	31.0	31.7	33.1	34.1	32.9	32.9	35.5	35.7	36.0	35.2	34.8	34.6	34.0
1973	34.7	35.3	36.8	36.8	35.7	33.7	33.3	32.4	30.5	30.4	33.2	33.4	33.8
1974	33.8	34.5	35.2	36.3	34.7	32.6	35.1	35.4	30.9	31.6	33.7	33.9	34.0
1975	33.9	34.5	36.0	36.6	35.1	34.3	34.0	33.7	30.4	30.7	29.5	32.2	33.4
1976	32.8	33.2	34.2	34.6	34.5	31.6	33.5	35.3	34.9	31.6	33.3	34.1	33.6
1977	33.8	34.8	35.6	36.2	33.9	32.3	34.3	35.2	34.0	32.6	33.0	34.8	34.2
1978	33.8	34.6	35.6	35.9	34.5	32.7	33.2	35.0	31.6	31.3	33.2	34.1	33.8
1979	33.9	35.2	35.2	35.9	35.4	31.2	33.5	32.9	30.4	31.4	32.1	33.7	33.4
1980	34.6	35.1	36.7	37.5	35.6	33.4	34.8	33.9	33.1	31.7	32.5	34.9	34.5
1981	34.9	35.3	36.4	-	32.4	30.6	33.7	33.5	33.4	31.5	33.1	34.4	33.6
1982	34.2	35.7	35.6	36.3	32.6	32.1	33.7	35.5	33.6	31.7	33.5	34.2	34.1
1983	35.2	34.8	35.5	36.2	37.5	33.3	34.1	35.0	32.4	31.5	32.2	33.7	34.3
1984	33.4	33.5	33.8	34.7	34.7	32.7	32.2	32.2	30.2	32.2	31.5	33.6	32.9
1985	33.2	34.3	34.9	35.0	34.7	33.2	34.3	33.6	32.9	31.3	31.6	33.5	33.5
1986	33.8	33.9	34.8	36.6	34.0	32.2	33.6	34.5	33.7	32.9	34.3	34.3	34.1
1987	34.0	34.7	35.9	37.0	35.4	34.7	33.1	34.2	33.0	32.8	35.0	34.8	34.5
1988	35.1	35.0	35.0	34.9	-	-	-	-	-	-	-	-	35.0
1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1991	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1992	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1993	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1994	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1996	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Suma	1108.6	1125.3	1156.1	1136.5	1143.1	1075.5	1103.9	1115.9	1072.4	1049.3	1074.8	1102.2	1143.3
Media	34.6	35.2	36.1	36.7	35.7	33.6	34.5	34.9	33.5	32.8	33.6	34.4	34.6

DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO UTILIZANDO ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA 1.6 MZ DEL CULTIVO DEL PLÁTANO EN LA FINCA "OJO DE AGUA" EN EL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO LIBRE, MANAGUA

Máximo	37.4	38.2	39.1	40.0	39.1	36.6	37.0	38.3	36.7	35.9	36.0	37.0	445.7
Mínimo	30.8	31.5	32.3	32.9	32.4	30.6	31.5	31.9	30.2	29.7	29.1	30.4	0.0

Estación: SAN FRANCISCO LIBRE / SAN FRANCISCO LIBRE **Latitud: 12° 29' 54" N**
Código: 69 025 **Longitud: 86° 16' 54" W**
Años: 1956 - 2009 **Elevación: 50 msnm**
Parámetro: Humedad Relativa (%) **Tipo: HMO**

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1956	-	-	-	-	83.6	94.2	90.9	90.0	94.4	95.5	96.5	91.6	92.1
1957	91.2	92.6	92.5	92.0	97.4	97.3	95.3	94.3	97.4	99.2	98.1	89.1	94.7
1958	95.6	93.1	96.1	94.9	94.2	98.7	98.5	97.2	98.1	98.2	96.8	97.6	96.6
1959	96.6	94.9	96.2	95.2	96.7	97.1	96.1	96.1	94.5	93.3	96.1	98.0	95.9
1960	96.2	97.2	95.6	93.6	95.6	94.7	92.3	93.8	94.2	95.1	95.1	95.2	94.9
1961	92.2	92.5	93.5	94.3	94.2	96.8	95.1	94.6	94.2	94.8	95.3	93.0	94.2
1962	94.0	91.0	90.9	87.9	89.3	95.3	93.3	94.3	95.2	94.6	95.5	94.3	93.0
1963	91.2	92.1	91.2	88.5	94.1	95.7	95.9	95.6	96.3	93.8	95.4	96.2	93.8
1964	96.1	94.2	92.4	92.5	96.2	94.9	97.1	94.4	95.7	96.4	96.9	97.9	95.4
1965	95.7	95.5	92.1	92.2	90.5	93.4	91.6	91.2	90.9	92.1	91.2	91.5	92.3
1966	91.7	91.9	92.8	88.2	91.4	94.6	95.5	95.6	97.6	97.1	91.7	94.2	93.5
1967	89.9	87.4	86.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	87.8
1968	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	94.6	94.6
1969	-	-	-	-	-	-	-	-	94.4	91.1	87.1	81.8	88.6
1970	82.3	70.8	72.6	69.9	73.1	79.9	87.3	88.5	90.4	87.5	88.9	82.9	81.2
1971	76.2	80.9	65.7	64.7	71.1	80.4	76.6	83.9	89.9	90.1	87.3	79.2	78.8
1972	75.2	71.1	71.2	63.0	80.5	76.9	58.4	57.3	58.0	65.5	63.9	57.4	66.5
1973	54.0	50.7	50.5	51.4	59.5	68.0	68.0	76.2	86.2	86.1	66.9	59.9	64.8
1974	57.8	48.5	47.8	45.2	65.1	73.5	61.7	63.1	87.2	79.1	63.9	57.8	62.6
1975	55.6	50.8	48.0	44.9	61.5	63.4	61.9	66.4	84.9	80.9	81.1	63.3	63.6
1976	55.8	52.6	46.7	48.0	56.7	74.8	61.2	58.0	58.1	77.6	64.5	55.3	59.1
1977	48.5	47.8	45.7	47.8	63.5	71.7	58.7	59.8	66.6	68.7	64.3	54.1	58.1
1978	49.4	48.0	49.3	51.2	63.9	64.1	62.5	55.3	75.8	78.8	61.2	53.0	59.4
1979	48.2	45.9	57.2	56.1	67.3	83.4	72.6	74.0	86.7	83.0	79.0	64.7	68.2
1980	56.8	51.3	47.7	48.7	64.8	67.6	66.0	74.1	77.6	82.6	78.9	62.5	64.9
1981	54.8	48.7	53.6	-	71.8	84.3	74.1	75.4	76.6	79.7	70.3	63.9	68.5
1982	57.9	49.6	48.3	47.3	70.1	74.9	66.4	59.1	76.6	70.7	59.5	53.7	61.2
1983	50.9	52.4	54.2	50.4	49.4	70.9	62.4	64.2	72.3	71.8	67.2	61.5	60.6
1984	47.1	41.6	41.0	52.7	51.8	62.7	68.5	69.8	74.3	68.6	68.9	55.8	58.6
1985	62.8	60.6	50.6	50.8	60.5	68.1	62.5	66.7	74.0	77.6	71.1	60.0	63.8
1986	58.7	61.8	55.3	45.6	64.6	72.4	61.2	54.8	61.8	70.8	61.2	57.1	60.4
1987	58.4	57.2	55.5	49.5	60.7	68.1	70.1	67.5	71.6	72.8	64.8	62.0	63.2

DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO UTILIZANDO ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA 1.6 MZ DEL CULTIVO DEL PLÁTANO EN LA FINCA "OJO DE AGUA" EN EL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO LIBRE, MANAGUA

1988	61.6	60.5	60.6	58.6	-	-	-	-	-	-	-	-	60.3
1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1991	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1992	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1993	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1994	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1996	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Suma	2142.3	2073.2	2040.8	1865.2	2179.2	2357.8	2241.4	2251.3	2511.6	2533.2	2398.7	2319.1	2531.1
Media	71.4	69.1	68.0	66.6	75.1	81.3	77.3	77.6	83.7	84.4	80.0	74.8	76.7
Máximo	96.6	97.2	96.2	95.2	97.4	98.7	98.5	97.2	98.1	99.2	98.1	98.0	1159.0
Mínimo	47.1	41.6	41.0	44.9	49.4	62.7	58.4	54.8	58.0	65.5	59.5	53.0	0.0

Estación: SAN FRANCISCO LIBRE / SAN FRANCISCO LIBRE

Código: 69025

Años: 1956 - 2006

Parámetro: Viento medio 170 (m/seg)

Latitud: 12° 29' 54" N

Longitud: 86° 16' 54" W

Elevación: 50 msnm

Tipo: HMO

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1956	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1957	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1958	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1959	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1961	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1962	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1963	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1964	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO UTILIZANDO ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA 1.6 MZ DEL CULTIVO DEL PLÁTANO EN LA FINCA "OJO DE AGUA" EN EL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO LIBRE, MANAGUA

1965	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1966	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1967	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1968	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1969	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1971	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1972	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1973	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1974	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1975	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1976	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1977	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1978	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1979	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1980	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1981	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1982	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.2	1.5	1.3
1983	1.6	1.8	1.8	1.8	2.0	0.9	1.2	1.3	0.8	0.6	0.7	1.1	1.3
1984	1.4	1.6	1.8	1.8	1.8	1.0	0.9	0.9	0.5	0.3	0.7	1.4	1.2
1985	1.5	2.0	2.1	1.9	1.2	0.8	0.9	0.9	0.7	0.5	0.5	1.0	1.2
1986	1.3	1.5	1.7	1.8	1.4	0.7	0.9	1.0	0.9	0.7	1.0	1.5	1.2
1987	1.7	2.1	1.8	1.9	1.3	0.9	0.8	0.8	0.6	0.7	1.0	1.5	1.3
1988	1.8	2.1	2.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0
1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1991	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1992	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1993	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1994	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1996	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Suma	9.4	11.1	11.4	9.2	7.7	4.4	4.8	5.0	3.7	2.8	5.1	8.1	9.5

DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO UTILIZANDO ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA 1.6 MZ DEL CULTIVO DEL PLÁTANO EN LA FINCA "OJO DE AGUA" EN EL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO LIBRE, MANAGUA

Media	1.6	1.8	1.9	1.8	1.5	0.9	1.0	1.0	0.7	0.6	0.9	1.3	1.4
Máximo	1.8	2.1	2.1	1.9	2.0	1.0	1.2	1.3	0.9	0.7	1.2	1.5	16.0
Mínimo	1.3	1.5	1.7	1.8	1.2	0.7	0.8	0.8	0.5	0.3	0.5	1.0	0.0

Estación: SAN FRANCISCO LIBRE / SAN FRANCISCO LIBRE **Latitud: 12° 29' 54" N**
Código: 69025 **Longitud: 86° 16' 54" W**
Años: 1956 - 2006 **Elevación: 50 msnm**
Parámetro: nubosidad (octas) **Tipo: HMO**

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
1956	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1957	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1958	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1959	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1961	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1962	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1963	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1964	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1965	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1966	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1967	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1968	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1969	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1971	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1972	-	-	-	-	-	5.4	5.2	5.7	5.4	4.6	4.4	3.6	4.9
1973	2.4	2.8	3.8	4.6	5.8	5.6	5.3	5.0	5.5	5.3	3.8	2.5	4.4
1974	3.4	2.0	3.1	3.4	4.6	4.7	4.1	4.8	5.0	4.8	3.7	3.6	3.9
1975	4.1	3.4	3.2	3.3	4.5	4.7	4.3	4.8	5.8	4.6	4.6	2.7	4.2
1976	3.5	3.0	2.9	3.8	4.0	4.9	4.4	4.2	4.3	4.4	3.8	2.9	3.8
1977	2.1	2.5	2.2	3.8	4.8	4.6	4.3	4.2	4.4	4.3	4.2	3.2	3.7
1978	3.1	-	-	-	4.7	5.2	5.1	4.7	4.9	4.3	4.0	3.3	4.4
1979	2.3	2.2	3.2	4.3	4.5	5.4	4.3	5.0	5.6	4.7	3.9	3.0	4.0
1980	2.9	1.8	2.2	2.5	4.1	3.7	3.6	3.9	4.0	4.3	3.3	2.1	3.2
1981	1.1	2.4	2.6	-	4.2	4.3	3.1	3.9	3.1	3.7	2.7	2.4	3.0
1982	2.2	2.3	1.9	2.5	4.6	3.5	3.0	2.8	3.7	3.1	2.6	1.8	2.8
1983	2.3	2.4	2.2	2.1	2.4	3.4	3.2	3.1	3.8	3.3	2.8	2.4	2.8
1984	2.5	2.5	2.7	2.3	3.5	3.9	3.7	3.5	4.6	3.2	4.1	3.0	3.3
1985	1.6	2.3	1.9	3.2	3.3	4.1	3.8	3.8	3.4	3.6	2.5	2.1	3.0
1986	1.7	1.9	2.1	2.4	4.7	4.6	4.3	3.8	3.9	4.7	4.1	3.2	3.4

DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO UTILIZANDO ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA 1.6 MZ DEL CULTIVO DEL PLÁTANO EN LA FINCA "OJO DE AGUA" EN EL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO LIBRE, MANAGUA

1987	2.6	2.7	3.6	4.7	5.1	5.1	5.2	5.4	4.9	4.9	4.1	4.0	4.4
1988	3.7	3.5	3.3	3.8	-	-	-	-	-	-	-	-	3.6
1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1991	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1992	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1993	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1994	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1996	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Suma	41.6	37.6	40.9	46.8	65.0	73.1	66.9	68.7	72.4	67.8	58.3	45.8	62.8
Media	2.6	2.5	2.7	3.3	4.3	4.6	4.2	4.3	4.5	4.2	3.6	2.9	3.7
Máximo	4.1	3.5	3.8	4.7	5.8	5.6	5.3	5.7	5.8	5.3	4.6	4.0	52.4
Mínimo	1.1	1.8	1.9	2.1	2.4	3.4	3.0	2.8	3.1	3.1	2.5	1.8	0.0

Estación: SAN FRANCISCO LIBRE / SAN FRANCISCO LIBRE

Código: 69 025

Años: 1956 - 2009

Parámetro: Precipitación (mm)

Latitud: 12° 29' 54" N

Longitud: 86° 16' 54" W

Elevación: 50 msnm

Tipo: HMO

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1956	-	-	-	-	74.3	157.1	60.4	85.9	302.8	209.1	204.1	0.5	1094.2
1957	1.3	0.0	0.0	0.0	168.6	109.7	41.2	25.7	374.8	231.0	18.8	0.0	971.1
1958	0.0	0.0	46.4	0.0	184.9	355.9	69.5	33.6	368.0	133.3	23.1	0.0	1214.7
1959	0.0	0.0	1.0	0.0	63.0	181.3	5.6	140.8	95.1	333.4	32.0	0.0	852.2
1960	0.0	6.6	0.0	27.2	132.3	340.5	142.0	252.2	224.1	565.3	94.9	5.3	1790.4
1961	0.0	2.5	0.0	0.0	52.2	151.9	104.3	58.7	344.7	296.2	152.9	5.6	1169.0
1962	3.6	0.0	0.0	0.0	33.5	202.8	94.6	117.5	230.4	322.6	37.9	0.0	1042.9
1963	0.0	18.0	8.1	2.3	132.6	124.8	97.4	45.2	266.6	199.9	116.8	2.8	1014.5
1964	0.0	0.0	0.0	173.3	62.0	265.9	126.1	166.8	211.6	298.4	34.0	0.0	1338.1
1965	0.0	0.0	0.0	0.0	63.0	164.8	16.0	25.1	278.3	133.7	11.6	1.8	694.3
1966	0.0	0.0	0.0	111.2	240.8	342.6	132.8	41.6	225.9	168.7	44.9	48.5	1357.0

DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO UTILIZANDO ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA 1.6 MZ DEL CULTIVO DEL PLÁTANO EN LA FINCA "OJO DE AGUA" EN EL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO LIBRE, MANAGUA

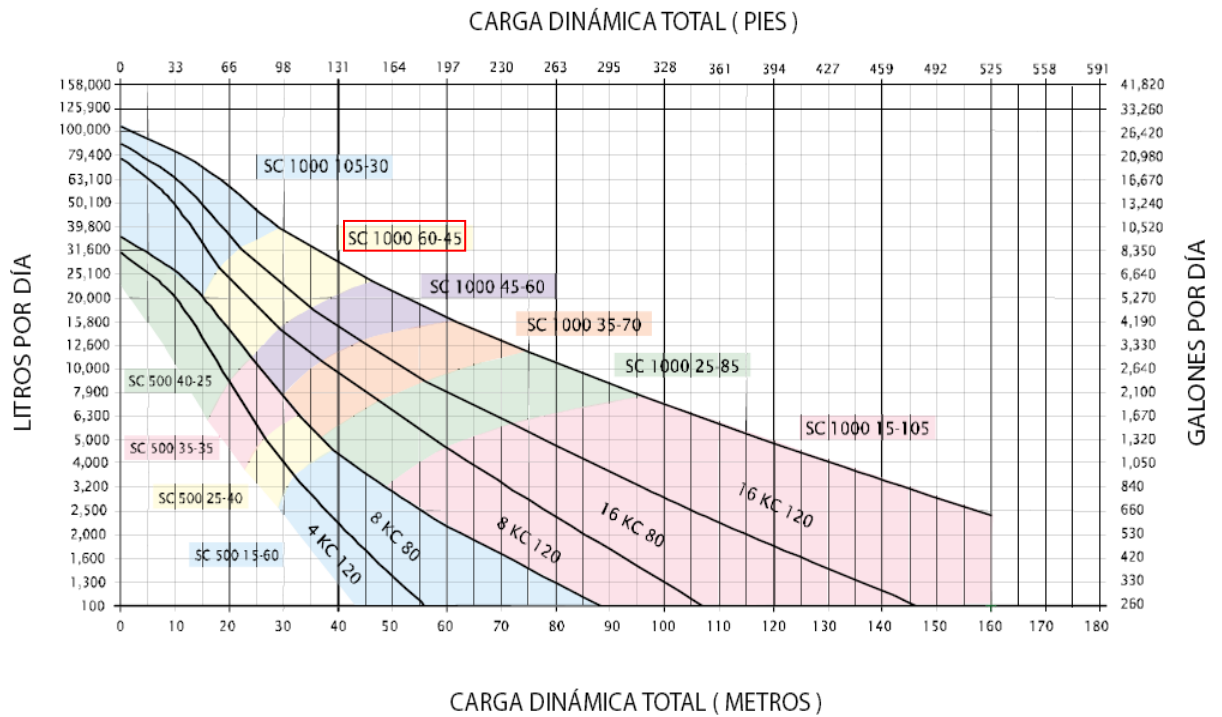
1967	3.0	0.0	0.0	85.8	0.0	173.0	22.4	55.9	142.6	55.4	43.4	2.0	583.5
1968	0.0	0.0	0.0	0.0	237.7	165.7	109.7	60.8	275.4	503.9	17.1	0.0	1370.3
1969	14.0	0.0	0.0	111.0	267.4	246.6	83.6	274.6	296.4	404.0	58.2	5.1	1760.9
1970	3.6	0.0	0.8	21.8	220.0	105.8	211.5	286.4	271.5	123.7	173.1	6.1	1424.3
1971	4.9	0.0	0.0	1.3	116.8	126.6	48.4	185.6	436.2	343.8	13.9	0.0	1277.5
1972	0.0	0.0	0.0	0.0	50.4	115.8	32.4	7.4	22.4	41.2	40.5	1.9	312.0
1973	0.0	0.3	0.0	4.6	117.1	118.7	90.2	222.7	541.2	309.5	16.4	0.0	1420.7
1974	1.1	0.0	0.0	0.0	208.7	118.3	25.6	79.8	500.8	171.4	1.3	0.0	1107.0
1975	0.9	0.0	0.0	0.0	108.0	35.4	110.1	78.7	627.1	212.4	147.8	0.4	1320.8
1976	0.0	0.0	0.0	14.4	55.4	218.9	16.6	9.5	74.5	286.2	9.7	0.0	685.2
1977	0.0	0.0	0.0	0.0	111.2	140.7	5.1	9.3	233.4	57.6	74.1	0.4	631.8
1978	0.7	0.0	0.0	6.0	214.0	57.0	79.1	45.1	267.6	245.8	6.6	2.7	924.6
1979	0.0	0.0	0.0	51.4	28.1	281.6	14.9	192.3	445.2	289.8	35.3	0.0	1338.6
1980	0.0	0.0	0.0	0.0	203.0	202.4	41.6	106.5	231.1	223.5	149.5	0.0	1157.6
1981	0.0	0.4	14.8	39.9	455.5	447.5	68.4	210.2	73.9	158.8	35.7	25.6	1530.7
1982	0.0	0.3	0.1	75.7	810.9	147.9	16.4	8.2	137.7	64.2	25.5	0.8	1287.7
1983	0.0	0.0	5.4	2.3	214.0	91.2	49.5	60.3	218.2	123.0	96.2	0.0	860.1
1984	0.0	0.0	9.8	0.0	61.1	178.5	81.9	101.7	346.0	125.1	25.8	0.0	929.9
1985	0.0	0.0	0.0	16.5	95.6	104.3	62.2	112.1	129.0	454.2	134.8	0.0	1108.7
1986	0.0	0.0	0.0	0.0	467.7	201.3	34.4	59.1	65.5	73.1	2.8	0.0	903.9
1987	16.7	1.6	14.4	0.0	110.7	174.0	68.8	96.6	245.2	89.1	0.0	5.9	823.0
1988	0.0	0.0	0.0	15.2	-	-	-	-	-	-	-	-	15.2
1989	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1991	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1992	-	-	-	-	-	-	8.5	40.6	96.6	25.8	25.0	0.0	196.5
1993	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1994	0.0	0.0	0.0	63.8	13.7	21.0	0.0	20.7	51.4	89.3	172.6	0.0	432.5
1995	0.0	0.0	17.0	60.0	122.3	425.5	146.5	621.7	460.7	312.5	25.2	27.0	2218.4
1996	13.5	0.0	0.0	23.7	315.6	146.9	295.9	320.6	192.9	392.6	316.9	0.0	2018.6
1997	0.0	0.0	0.0	25.8	19.6	469.4	61.1	22.6	172.5	291.7	73.3	0.0	1136.0
1998	0.0	0.0	0.0	0.0	64.0	189.1	110.5	262.7	479.1	1158.7	126.5	0.0	2390.6
1999	0.0	0.0	15.1	0.0	238.2	171.2	160.2	77.8	523.8	292.0	69.8	0.0	1548.1
2000	0.0	0.0	0.0	11.0	98.0	98.6	59.0	68.1	412.9	88.5	0.0	0.0	836.1
2001	0.0	0.0	0.0	0.0	191.5	23.0	11.0	46.1	303.0	84.0	0.0	4.6	663.2
2002	0.0	0.0	0.0	0.0	253.0	169.3	56.8	41.6	324.8	78.8	27.0	0.0	951.3
2003	0.0	0.0	116.3	0.0	47.4	177.3	25.0	41.4	118.3	199.3	71.9	0.0	796.9
2004	0.0	0.0	0.0	0.0	80.9	43.1	30.6	31.5	202.0	205.1	44.2	0.0	637.4
2005	0.0	0.0	0.0	59.2	232.6	273.2	168.2	136.2	317.2	498.2	23.6	0.0	1708.4
2006	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2008	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO UTILIZANDO ENERGÍA FOTOVOLTAICA PARA 1.6 MZ DEL CULTIVO DEL PLÁTANO EN LA FINCA "OJO DE AGUA" EN EL MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO LIBRE, MANAGUA

Suma	63.3	29.7	249.2	1003.4	7037.3	8056.1	3296.0	4987.5	12158.4	10963.8	2854.7	147.0	50846.4
Media	1.4	0.7	5.7	22.8	159.9	183.1	73.2	110.8	270.2	243.6	63.4	3.3	1105.4
Máximo	16.7	18.0	116.3	173.3	810.9	469.4	295.9	621.7	627.1	1158.7	316.9	48.5	2390.6
Mínimo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	21.0	0.0	7.4	22.4	25.8	0.0	0.0	0.0

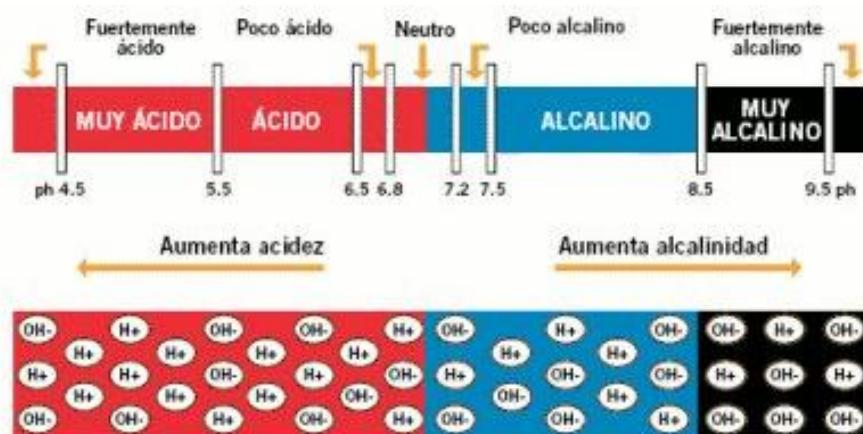
ANEXO III: GRÁFICOS

Gráfico 1. Rendimientos de Bombas Serie SC con 5-6 Horas de Sol sobre Arreglo.



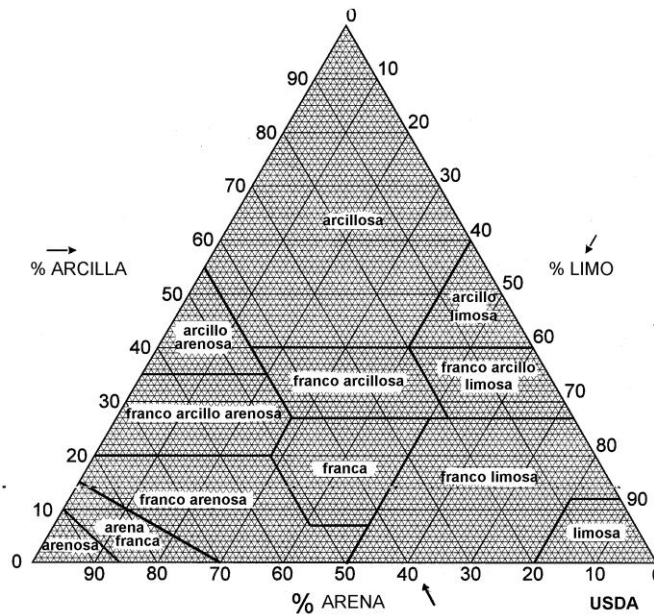
Fuente: Guía para aplicaciones de bombeo de agua con energía solar.

Gráfico 2. Clasificación de los suelos por su pH



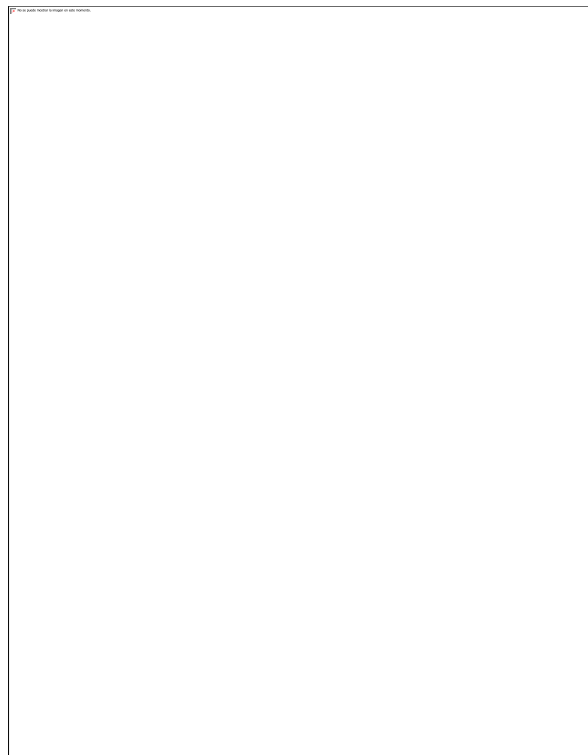
Fuente: <http://galical.es/index2.php?op=calidades&ID=2>

Grafico 3. Clasificación de Textura de los suelos según el porcentaje de partículas.



Fuente: Lecciones de Fundamentos de Suelos.

Grafico 4. Diagrama de Scholler para evaluar aguas de riego según su CE.



Fuente: Blasco y de la Rubia, (Laboratorio de Suelos IRYDA, 1973).

Tipo	Calidad y normas de uso
C ₁	Agua de baja salinidad, apta para riego en todos los casos. Pueden existir problemas solo en suelos de muy baja permeabilidad.
C ₂	Agua de salinidad media, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad.
C ₃	Agua de salinidad alta que puede utilizarse para el riego de suelos con buen drenaje, empleando volúmenes de agua en exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
C ₄	Agua de salinidad muy alta que en muchos casos no es apta para el riego. Solo debe usarse en suelos permeables y con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso para lavar las sales del suelo y utilizando cultivos tolerantes a la salinidad.
S ₁	Agua de bajo contenido de sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos sensibles al sodio.
S ₂	Agua con contenido medio de sodio, por lo tanto, con cierto peligro de acumulación de sodio en el suelo, especialmente en suelos de textura fina (arcillosos y franco- arcillosos) y de baja permeabilidad. Deben vigilarse las condiciones físicas del suelo y especialmente el nivel de sodio cambiante en el suelo, corrigiendo en caso necesario.
S ₃	Agua de alto contenido de sodio y gran peligro de acumulación de sodio en el suelo. Son aconsejables aportaciones de materia orgánica y empleo de yeso para corregir el posible exceso de sodio en el suelo. También se requiere de buen drenaje y empleo de volúmenes copiosos de riego.
S ₄	Agua con contenido muy alto de sodio. No es aconsejable para el riego en general, excepto en caso de baja salinidad y tomando todas las precauciones apuntadas.

ANEXO IV: PLANOS
