UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

" Estudio de Prefactibilidad y Diseño de Riego por Aspersión para la Aldea la Soledad, San Lorenzo, Suchitepéquez "

TESIS

Presentada a la Honorable Junta Directiva

de la Facultad de Agronomía de la

Universidad de San Carlos de Guatemala

POR:

AMILCAR ABELARDO CELADA LINARES

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRONOMO

EN SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA

En el Grado Académico de

LICENCIADO

Guatemala, febrero de 1997.

[illegible]

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Doctor Jafeth Ernesto Cabrera Franco

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr. José Rolando Lara Alecio
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Juan José Castillo Mont
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. William R. Escobar López
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Alejandro A. Hernández Figueroa
VOCAL CUARTO	Br. Estuardo Enrique Lira Preda
VOCAL QUINTO	Br. Mynor Joaquín Barrios Ochaeta
SECRETARIO	Ing. Agr. Guillermo E. Méndez Beteta

Guatemala, febrero de 1997.

Honorable Junta Directiva

Honorable Tribunal Examinador

Facultad de Agronomía

Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetables señores:

De conformidad con lo establecido por la ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

" Estudio de Prefactibilidad y Diseño de riego por Aspersión para la Aldea La Soledad, San Lorenzo, Suchitepéquez."

Como requisito previo a optar al titulo de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

En espera que el presenta trabajo de investigación llene los requisitos necesarios para su aprobación, aprovecho para suscribirme de ustedes.

Atentamente,

Anibal Abelardo Celada Linares

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS	Supremo Creador del Universo
MIS PADRES	Moises Abelardo Celada De León Julia Argentina Ordoñez de Celada Como muestra de cariño por su esfuerzo, sacrificio y dedicación para educarme de la mejor forma.
MI ESPOSA	Nancy Velasquez de Celada Como una muestra del inmenso amor que le tengo.
MI HIJA	Astrid Alejandra Celada Velasquez Con amor y ejemplo para el futuro.
MIS HERMANOS	Vilma Ninett, Adven Yovany, Julia Nohemi y Sucely Seomara Por su cariño y apoyo durante mis estudios.
MIS ABUELOS	Adrian Linares (Q.E.P.D.) Agripina Ordoñez (Q.E.P.D.) Fausto Celada (Q.E.P.D.) Olimpia De León Vda. De Celada Con mucho cariño y respeto
MIS SOBRINOS	Como Ejemplo para su Superación
MI FAMILIA	En General, como muestra de respeto.

TESIS QUE DEDICO

A:

Mi patria Guatemala

Sololá

Comunidad La Soledad, San Lorenzo, Suchitepéquez

Facultad de Agronomía

Universidad de San Carlos de Guatemala

Mis amigos y compañeros

AGRADECIMIENTOS

A:

Ing. Agr. Gustavo Méndez, por su valiosa asesoria y colaboración en la presente tesis.

Ing. Agr. Hugo Cardona, por su valiosa asesoria en la presente tesis.

Ing. Agr. Melinton Cabrera, por su colaboración y apoyo recibido en la realización de este trabajo de tesis.

Ing. Agr. Eddy Vanegas y Walter Tello, por las sugerencias hechas ala presente Tesis.

Todos aquellos que de una u otra manera hicieron posible la realización de este trabajo.

INDICE GENERAL

CONTENIDO **Página**

INDICE DE CUADROS

INDICE DE FIGURAS

Figura **página**

Estudio de Prefactibilidad y diseño de riego por aspersión para la aldea La Soledad, San Lorenzo, Suchitepéquez

Study of prefeasible and design of irrigation sprinkling for the comunity La Soledad, San Lorenzo, Suchitepéquez.

RESUMEN

En la aldea La Soledad de San Lorenzo Suchitepéquez existe la necesidad de implementar un sistema de riego que permita beneficiar a un grupo de desplazados internos al aprovechar como fuente de abastecimiento al río Sis en la producción de hortalizas en época seca.

Para la implementación del mismo -sistema de riego- se hizo necesario el desarrollo de un estudio de prefactibilidad (estudios técnicos, de mercado, económico-financiero) y, en el que además se incluyó un estudio socioeconómico y de impacto ambiental.

Los objetivos planteados para la presente investigación fueron realizar un estudio de prefactibilidad, describir las características socioeconómicas de la comunidad e identificar los principales problemas, elaborar un estudio de mercado para el cultivo del tomate en el área de Mazatenango, realizar un estudio de impacto ambiental en el área donde se implementará el sistema de riego, ejecutar los estudios previos para la implementación de un sistema de riego por aspersión, determinar los requerimientos de equipo y materiales necesarios, así como normas de operación y realizar una evaluación Económico-financiera del sistema de riego.

La investigación constó de cuatro fases que fueron gabinete preliminar, fase de campo, fase de laboratorio y gabinete final.

Al realizar los estudios topográficos, climáticos, edafológicos e hídricos se pudo determinar que es técnicamente factible la introducción de riego en 4.41 ha, siendo el riego por aspersión el más adecuado. De acuerdo a la disponibilidad y calidad de agua, el río Sis es adecuado como fuente de abastecimiento para el proyecto, ya que el agua es clase C1 S1.

Se realizó el diseño del sistema de riego por aspersión para la época crítica y se determinaron las especificaciones técnicas del cultivo, de riego, de operación y manejo, así como los requerimientos de equipo y materiales necesarios.

Según el análisis económico efectuado, se determinó que a pesar de los costos iniciales elevados del sistema, las proyecciones de ingresos y gastos provenientes de las actividades del proyecto durante los 5 años de vida útil y bajo el régimen de explotación considerados, permiten obtener márgenes de utilidad aceptables.

Lo anterior hace atractiva la realización del proyecto, especialmente por la funcion social que significará para la comunidad, determinándose así su factibilidad económica y su conveniencia social.

1. INTRODUCCION

La utilización de riego por aspersión a manera de pequeños proyectos se ha venido implementando en Guatemala con mucho auge a partir de la década de los 80.

De acuerdo a Melvin Kay (1986) el 20 % de las tierras cultivadas en el mundo están bajo riego, obteniéndose de ellas el 40 % del total de la producción agrícola mundial, lo cual demuestra que mayor cantidad de producción por unidad de área se obtiene con la agricultura bajo riego que con la temporal (23).

El desarrollo de la agricultura bajo riego tiene actualmente gran importancia, debido a que se pueden incorporar a la producción, áreas que dadas las deficiencias del recurso agua (en distribución del régimen de lluvia y cantidad) resultan estacional o permanentemente improductivas.

Las condiciones del suelo y la topografía de la aldea La Soledad, son óptimas para la producción de cultivos de alto valor comercial, las tierras sin embargo son utilizadas para la siembra de maíz (*Zea mays* L.) y chipilín (*Crotalaria* sp.) en las épocas de invierno, quedándose sin cultivar en las épocas de verano (6 meses), situación que amerita el riego en verano y de manera complementaria en los períodos de canícula de la época lluviosa.

Con el propósito de contribuir a un mejoramiento de la situación económica de los pobladores de esta área, a través de la diversificación agrícola con especies más rentables (como el tomate) durante la época de

verano, se planteó a los agricultores de la aldea La Soledad, San Lorenzo, Suchitepéquez, la alternativa de implementar el riego en una extensión de 4.41 ha. con lo que se habilitarán áreas de terreno no utilizadas en verano. Se proyecta beneficiar a un número de 30 familias.

Dicho proyecto será financiado por la organización no gubernamental, Asociación para la Educación y el Desarrollo (ASEDE), la cual promueve un desarrollo integral en el área.

La técnica de riego por aspersión propuesta para esta zona, puede considerarse como la más adecuada luego de haber realizado los estudios de clima, topografía, suelos y limitantes de agua, así como aspectos socioeconómicos.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La aldea La Soledad limita la producción agrícola a la época de lluvias, debido a que no cuentan con agua en las unidades productivas durante la época seca, existiendo un potencial de diversificación agrícola mucho mas rentable que las especies cultivadas tradicionalmente.

Si se contará con un adecuado sistema de riego podrían ampliarse las áreas de cultivo a la época seca con lo cual se beneficiaría a las familias del lugar, ya que éstas podrían obtener cosechas en la época de verano, lo cual contribuiría a solucionar en parte su problema económico, y se evitaría que las tierras quedaran improductivas estacionalmente por la falta de agua.

La aldea cuenta con el río Sis como fuente de abastecimiento para la implementación del miniriego, el cual se encuentra apocos metros del terreno donde se establecerá el miniriego, este río posee un caudal de 3.349 m^3/hr en época seca y de 20.951 m^3/hr en época de lluvia, considerándose un caudal suficiente para la instalación del proyecto de riego.

3. MARCO TEORICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 SITUACION DEL RIEGO POR ASPERSION EN GUATEMALA

"En Guatemala es muy limitada la información sobre el desarrollo del riego por aspersión. Para el sector público, el informe de 1990 del departamento de conservación de suelos y Mini-Riego de Dirección General de Servicios Agricolas (DIGESA) menciona que los sistemas de miniriego realizados por el equipo de las regiones I y V, han causado un buen impacto en las zonas donde están localizadas. Habiéndose concluido hasta 1990, los estudios de 12 sistemas de riego por aspersión, los cuales en su mayoría se encuentran en operación actualmente" (23).

La unidad de estudios y proyectos de DIRENARE señala que es poco significativa la incorporación de áreas bajo riego en las zonas minifundistas de la república, especialmente utilizando el método de aspersión. Manifestando además que si bien en Guatemala ha habido en los últimos años un aumento notable en la utilización de éste método de riego, esto ha sucedido en grandes fincas de la costa sur y algunas del oriente del país (23).

3.1.2 FACTORES PARA EL ESTUDIO DE INTRODUCCION DE RIEGO

De acuerdo con lo señalado por Tello (1978), en un estudio de factibilidad para introducción de riego se deben incluir los aspectos que a continuación se discuten en forma resumida (27).

3.1.2.A ESTUDIOS HIDROLOGICOS

Se deberá considerar, básicamente, la disponibilidad y potencialidad de los recursos hídricos del área. El estudio deberá incluir épocas de

crecimiento y estiaje, gastos máximos y mínimos, así como la calidad del agua y de las fuentes disponibles.

3.1.2.B ESTUDIOS CLIMATICOS

Es necesario conocer las características del clima del lugar, para determinar la cantidad de agua que requieren los cultivos a establecer y poder relacionarlas con las etapas de mayor demanda y los momentos críticos para su aplicación. En este sentido los parámetros más importantes son: precipitación, temperatura, evaporación, radiación solar, humedad relativa y viento.

3.1.2.C ESTUDIOS TOPOGRAFICOS

Los levantamientos topográficos son muy importantes en un estudio de introducción de agua de riego, ya que servirán en primer lugar, para definir el método de riego a implantar. Posteriormente servirán para planificar el sistema, delimitar la zona regable y localización preliminar de los canales o tuberías de conducción o distribución.

3.1.2.D ESTUDIO DEL SUELO

Este estudio debe iniciarse mediante consulta de mapas que proporcionen la información necesaria sobre los tipos de suelo del lugar y sus características. Adicionalmente deberá realizarse investigaciones de campo para obtener la descripción y caracterización de los aspectos morfológicos, físicos y Químicos de los suelos (3).

3.1.2.E ESTUDIOS AGRONOMICOS

Deberá incluirse la elaboración de un plan de cultivos, en el cual debe verse fundamentalmente que los cultivos a establecer puedan

manejarse adecuadamente durante el año y además, que proporcionen resultados económicos aceptables. El cálculo de los requerimientos de riego forma parte también de estos estudios, ya que constituye el punto de partida para el diseño del sistema. Debe considerarse además, la forma como se distribuirá el agua en el terreno, de acuerdo con la cantidad y conformación de las parcelas (11).

3.1.2.F ESTUDIOS SOCIOECONOMICOS

El recurso humano es uno de los aspectos a investigar, en cuanto a sus actitudes y aptitudes, la mano de obra disponible, la población total activa y no activa por edad y sexo, así como las inmigraciones, emigraciones. También interesa conocer sobre la atención de la tierra, la actitud al cambio, las necesidades, recursos e intereses de las personas que participarán del proyecto (23).

3.1.3 RELACION AGUA, SUELO Y PLANTA

"El suelo está formado por partículas, que a su vez forman agregados. Entre estas partículas y los agregados se encuentran espacios que tienen agua y aire. Las características de estas partículas y agregados influyen de modo notable en el movimiento y retención del agua en el suelo y en el consiguiente efecto sobre el crecimiento y producción de los cultivos, dado que tanto el agua como el aire son elementos esenciales para el desarrollo de la planta" (23).

La importancia del efecto del agua en la respuesta de las plantas, justifica la consideración especial dentro de este tema. El perfil del suelo modula el ciclo hidrológico por su efecto en la filtración, el drenaje y por medio de su capacidad de almacenamiento. La cubierta

vegetal del suelo juega un papel de igual importancia (16).

Muy pocas plantas pueden soportar una falta de agua durante un largo período, en el que se encuentran en un estado de reposo vegetativo, pero la vuelta a su vida activa sólo puede realizarse en presencia de agua.

Para vivir la planta debe desde luego absorber el agua que ha servido para disolver las sales minerales y las materias orgánicas del suelo y después llevarlas al lugar de su asimilación.

La finalidad del riego es evitar una falta momentánea o permanente de agua, lo cual implica un perfecto conocimiento de las relaciones existentes entre la planta y el agua (3).

3.1.4 CUANDO LAS PLANTAS NECESITAN AGUA

"Es obvio que las plantas necesitan agua cuando ellas comienzan a marchitarse, pero para el tiempo en que el marchitamiento sea visible, el crecimiento de la planta ya ha sido reducido significativamente. Aunque el marchitamiento es debido a insuficiente agua, en la mayoría de los casos también puede presentarse en suelos húmedos" (23).

El tipo de marchitamiento por insuficiencia de agua, puede suceder en días secos y cálidos porque la pérdida de humedad por evapotranspiración es mayor que la humedad que puede ser absorbida por la planta en este período.

La mayoría de las plantas tienen períodos críticos de crecimiento mediante los cuales una falta de agua es perjudicial. Para las plantas

productoras de semillas, el período de floración a la formación de semilla es el más crítico. Si ocurre una sequía durante este período, el grano o la producción de semilla será reducida (23).

3.1.5 USO CONSUNTIVO Y LA EFICIENCIA DEL AGUA

"La cantidad de agua necesaria para el desarrollo de la planta es mucho mayor que la que es incorporada a los tejidos de la planta. Grandes cantidades de agua son pérdida por evaporación de la superficie del suelo y por transpiración atrevés de la planta. La pérdida de agua por estas dos formas, se denomina pérdidas por evapotranspiración, que es casi igual en cantidad al uso consuntivo. El uso consuntivo es la cantidad de agua perdida por evapotranspiración, mas la contenida en los tejidos de la planta" (3).

3.1.6 EVAPOTRANSPIRACION

Es el agua perdida por evaporación del suelo y transpiración de las plantas, aumenta cuando el aire está seco (baja humedad relativa), cálido o muy movido (vientos) y el suelo está en o cerca de la capacidad de campo a ser absorbida por las raíces o evaporado de la superficie del suelo. La evapotranspiración disminuye cuando las condiciones opuestas ocurren (17).

3.1.7 USO EFICIENTE DEL AGUA

"La eficiencia del agua aumenta cuando el agua usada por unidad de producción se reduce y es expresada como la razón de transpiración, son las libras (o Kg) de agua transpirada divididas por las libras (o Kg) de material seco producido por la planta" (17).

La evapotranspiración requiere energía para cambiar el estado físico de agua, de líquido a gaseoso, disponibilidad de agua en el suelo y un mecanismo de transmisión de agua, desde el suelo a la atmósfera (26).

La radiación solar provee la fuente de energía; la precipitación pluvial y/o el riego, la periódica reposición de agua al suelo; y las diferencias de potencial creadas en diferentes partes del sistema suelo-planta, la circulación de agua hacia la superficie evaporante (17).

3.1.8 RIEGO POR ASPERSION

Es un método de riego en el cual se conduce el agua a presión hasta el terreno donde se aplica, semejando una lluvia; esto se logra mediante el empleo de aspersores que tienen la función de romper el chorro de agua en pequeñas gotas, para que de esta manera se aplique a la superficie del suelo de un modo uniforme y con una intensidad menor a la que se infiltre en dicho suelo (23).

Hay cuatro partes fundamentales de un sistema de riego por aspersión: Unidad de bombeo, tubería principal, tubería lateral y aspersores o rociadores.

3.1.8.A UNIDAD DE BOMBEO

"El equipo de bombeo proporciona la presión necesaria para poder asperjar el agua en el terreno, las instalaciones de bombeo pueden ser fijas o móviles y la elección del tipo de bomba depende de la forma en que se capte el agua (pozo, río o embalse), del caudal y de la presión requerida. La elección del sistema de accionamiento de la bomba, motor eléctrico o combustión, depende lógicamente de la disponibilidad de

energía eléctrica en el lugar. La electricidad tiene las ventajas de menos costo de mantenimiento y equipos más económicos" (15).

3.1.8.B TUBERIA PRINCIPAL

Sirve para transportar el agua a presión desde el lugar de bombeo hasta la parcela donde cumple la función de alimentar a las líneas laterales. Se pueden emplear tuberías fijas enterradas o colocadas sobre el suelo y desmontables, generalmente estas tuberías son las de mayor diámetro del sistema (15).

3.1.8.C TUBERIA LATERAL

Son generalmente de diámetros menores que las principales, sobre ellas están colocadas los elevadores que sostienen a los aspersores, pueden ser fijas de plástico, aluminio o desmontables (15).

3.1.8.D ASPERSORES O ROCIADORES

El agua bombeada y conducida por los elementos de riego que se han descrito es lanzada a la atmósfera en forma de gotas por los aspersores. Los aspersores pueden ser fijos o rotativos, los primeros son generalmente usados en jardines y microaspersión para árboles frutales ya que tienen un pequeño alcance y trabajan a presiones de operación bajas 15 a 30 PSI (1-2 Kg/cm^2) con una alta intensidad de aplicación (20-50 mm/hora). Los aspersores rotativos son los más usados en la agricultura existiendo una gran variedad de ellos por lo que se puede encontrar uno que se adapte a las condiciones de trabajo (23).

3.1.8.E ADAPTABILIDAD

Todos los cultivos, exceptuando arroz pueden ser regados por

aspersión (aunque actualmente en algunos lugares de Estados Unidos donde se cultiva arroz sin inundarlo, se usa aspersión como un sistema de riego intermitente). Se adapta a suelos de cualquier textura excepto aquellos que la velocidad de infiltración es tan lenta que ya no es posible aplicar el agua a una intensidad de riego menor que la infiltración básica menor de 4 mm/hr. (23).

3.1.8.F PLANEACION DE UN SISTEMA

La planeación de un sistema de riego por aspersión, debe ser el más económico, que sirva para satisfacer las necesidades del diseño. Después de examinar el terreno, en lo que se refiere a topografía y los tipos de suelos, el técnico debe tomar una decisión sobre las especificaciones más adecuadas para el diseño. De estos factores los que son particularmente pertinentes al riego por aspersión son los que se analizan seguidamente:

1) El riego por aspersión es una parte inherente de la agricultura intensiva, que implica la necesidad de cultivar variedades agrícolas mejoradas, hacer un uso adecuado de los fertilizantes y pesticidas.

2) El clima es la clave de la productividad agrícola potencial y de las modalidades de cultivo y también el factor determinante de las necesidades de agua para el riego.

3) La presión a que ha de distribuirse el agua debe analizarse minuciosamente, concediendo la debida importancia a los aspectos económicos que entran en juego en las operaciones de bombeo o por gravedad, que sean necesarias.

4) La flexibilidad de la distribución, se tendrá especial cuidado cuando empieza a funcionar un sistema de riego, donde debe tomarse en cuenta tipo de cultivo, disponibilidad de agua, turno correspondiente a

regar.

5) El aprovisionamiento de agua, pueden surgir dificultades, y de hecho ocurren a veces, cuando se elabora un aprovisionamiento de agua basado en principios erróneos y se trata de encontrar después los terrenos en que puedan utilizarse este tipo de aguas.

6) La política de precios; cuando las explotaciones son lo suficientemente extensas para tener entregas por separado, es necesario imponer precios al agricultor de acuerdo a la cantidad de agua utilizada.

7) Siempre es necesario un servicio de ensayo con eficacia suficiente antes y después de instalar un sistema de riego.

8) En el riego por aspersión en juego pueden haber problemas técnicos que la mayor parte de los agricultores no podrán resolver sin considerable ayuda por lo que es necesario un servicio de extensión dentro del proyecto de riego (15).

3.1.8.G HIDRAULICA DE TUBERIAS

Muchas fórmulas empíricas han sido desarrolladas para dar una solución al flujo de agua en tuberías. La mayoría de los problemas de flujo requieren medios de solución que dependen, hasta cierto grado, de coeficientes determinados experimentalmente, las investigaciones y análisis de flujo hidráulico han establecido que las condiciones de flujo en sistemas de presión en tubería de PVC pueden ser diseñadas conservadoramente, y usando la ecuación de Hasen-Williams como la más aceptable y usada para el cálculo y diseño de tuberías de presión, básicamente para el cálculo de pérdidas de carga por fricción.

$$Hf = \frac{1.131 \times 10^{9} \quad (Q/C)^{1.852}}{D^{4.872}}$$

Hf= Pérdidas de carga por fricción (pies/100pies)

Q = Caudal (GPM)

Di= Diámetro interno (pulgadas)

C = Coeficiente de fricción de acuerdo al material del tubo

Se ha determinado que el valor de C para tuberías PVC es alrededor de 150 según el laboratorio de hidráulica Alen del Instituto Politécnico de Warcester (15).

3.1.8.H PROCEDIMIENTO PARA DISEÑAR UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION

De acuerdo a Sandoval (23), los pasos para el diseño de un sistema de riego por aspersión son:

1) Realizar estudios previos para obtener información básica sobre: suelo, topografía, clima, abastecimiento de agua, fuente de energía, cultivos, mano de obra y operaciones agrícolas.
2) Determinar lámina de riego (LHRA, lbd).
3) Determinar frecuencia de riego de diseño (Ird)
4) Definir la velocidad de aplicación o intensidad de riego (Ir).
5) Fijar el espaciamiento entre laterales (El) y entre aspersores (Ea).
6) Seleccionar el tipo de aspersor a usar (descarga, boquilla, diámetro de mojado, presión de operación, modelo).
7) Calcular el número de aspersores que van a funcionar simultáneamente (por turno de riego).
8) Definir la mejor posición de la tubería principal y laterales en el terreno y el número de laterales que operan simultáneamente.
9) Determinar el caudal requerido en la lateral y en el sistema.

10) Ajustes finales a los cálculos anteriores.

11) Diámetro de laterales (considerando factores Hidráulicos).

12) Diámetro de tubería principal (considerando el factor económico).

13) Cálculo de la carga dinámica total (CDT) requerida.

14) Selección de la unidad de bombeo.

15) Análisis económico del proyecto.

3.1.8.I VENTAJAS DEL RIEGO POR ASPERSION

De acuerdo a Sandoval (23), las ventajas son:

1) caudales pequeños y continuos pueden ser usados eficientemente.

2) Una alta eficiencia de aplicación (aproximadamente 75 %) puede ser obtenida mediante un adecuado diseño y operación.

3) Puede usarse en la mayoría de suelos, pendientes y cultivos.

4) Riegos ligeros y frecuentes pueden aplicarse eficientemente.

5) La operación es sencilla y se ocupa menos mano de obra.

6) La escorrentía y la erosión pueden eliminarse.

3.1.8.J DESVENTAJAS DEL RIEGO POR ASPERSION

De acuerdo a Sandoval (23), las desventajas son:

1) Altos costos iniciales y energéticos.

2) El método no se adecúa a la entrega de caudales grandes a intervalos poco frecuentes y en poco tiempo (al menos que el agua se almacene en un tanque, lo cual incrementa costos).

3) El viento afecta la uniformidad de la distribución.

4) El agua al caer sobre el follaje puede causar problemas de enfermedades fungosas.

5) Se pierde más agua por evaporación que con los métodos de riego superficiales (en los desiertos de Arizona no se acostumbra a usar

riego por aspersión, ya que la alta temperatura, fuertes vientos y la baja humedad relativa hacen que la evaporación sea excesiva y limite el uso de este método.

6) Los iones de cloro, boro y sodio pueden ser absorbidos por la hoja, causando toxicidad si se encuentra en el agua de riego en concentraciones altas.

3.1.9 VELOCIDAD DE INFILTRACION

La velocidad de infiltración es la entrada vertical del agua a través de los poros por unidad de tiempo.

La velocidad con que el agua penetra en el suelo depende de varios factores, entre los que se destacan principalmente la estructura y textura del suelo, el contenido de humedad del suelo, la compactación, la estratificación, la lámina empleada para la prueba o riego, la temperatura del agua y suelo, y el estado físico químico del suelo.

La velocidad de infiltración es una de las características del suelo más importantes para el diseño, operación y evaluación de sistemas de riego por aspersión y superficiales, es por esto que se hace necesario obtener información confiable de esta propiedad (23).

3.1.10 CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO

Las escasas lluvias registradas en las regiones áridas no penetran lo suficiente como para producir una percolación y arrastre de minerales solubles apreciables, la penetración del agua en el suelo en estos lugares varía entre 0.3 a 1.2 m dependiendo de la cantidad y duración de la lluvia y de las características del suelo. La poca percolación en

los suelos de las regiones áridas, juntamente con la alta evaporación del agua, produce la acumulación en la parte superficial del suelo, de sales solubles que son perjudiciales para la producción y la vida de las plantas.

Los principales cationes que se encuentran en el agua y que deben ser determinados para evaluar la calidad del agua son Ca^{++}, Mg^{++}, Y Na^{+}. Los principales aniones son CO_3^{--}, HCO_3^{-}, SO_4^{--}, Cl^{-}, y NO_3^{-}. En algunos casos es necesarios también conocer la cantidad de boro, potasio, (39.10) litio, hierro y amonio (NH_4-N) (23).

3.1.11 TERMINOS DE USO FRECUENTE EN ANALISIS AMBIENTAL

3.1.11.A AMBIENTE

Es el complejo total de factores físicos, químicos, Biológicos, Sociales, Culturales, Económicos y Estéticos, que afectan a los individuos y a las comunidades, y en última instancia determinan su forma, su carácter, sus relaciones y supervivencias (1).

3.1.11.B AREA DE INFLUENCIA

Es el área donde se presenta o tiene influencia los impactos adversos o benéficos de un proyecto. Un mismo proyecto puede tener diferentes áreas de influencia, dependiendo de los factores ambientales que se vean afectados (1).

3.1.11.C AREA DEL PROYECTO

Es la superficie que ocuparán físicamente las obras, instalaciones, servicios, infraestructura, terrenos, etc, de un proyecto (1).

3.1.11.D CONTAMINANTE

Es toda materia o sustancia, sus combinaciones o compuestos, los derivados químicos o biológicos, así como toda forma térmica, radiaciones ionizantes, vibraciones o ruido que al incorporarse o actuar con la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento ambiental, alteren o modifiquen su composición o afecten la salud humana (1).

3.1.11.E ECOLOGIA

Es el estudio de las relaciones entre los organismos o grupos de organismos con su medio ambiente (1).

3.1.11.F ECOSISTEMA

Es la unidad básica de interacción de los organismos vivos entre sí y con el ambiente en un espacio determinado (1).

3.1.11.G EFECTO SIGNIFICATIVO DEL AMBIENTE

Es el relativo a una acción en la cual el total de consecuencias primarias y secundarias acumuladas, alteren significativamente la calidad del medio humano, reducen las oportunidades de un uso benéfico del mismo, o interfieren en la consecución de objetivos ambientales a largo plazo (1).

3.1.11.H IMPACTO AMBIENTAL

Cualquier alteración de las condiciones ambientales o creación de un nuevo conjunto de condiciones ambientales, adverso o benéfico, causadas o inducidas por la acción o conjunto de acciones consideradas (1).

3.1.11.I IMPACTO IRREVERSIBLE

Es aquel que por la naturaleza de la alteración no permitirá que las condiciones originales se restablezcan (1).

3.1.11.J IMPACTO REVERSIBLE

Es aquél cuyos efectos sobre el ambiente pueden ser mitigados de forma tal, que se restablezcan las condiciones preexistentes a la realización de la acción (1).

3.1.11.K MATRIZ DE CRIBADO AMBIENTAL

Es aquélla que como columnas contiene a las actividades del proyecto y como filas a los factores y atributos ambientales (1).

3.1.11.L MEDIDA DE MITIGACION

Es la implementación o aplicación de cualquier política, estrategia, acción, equipo, sistema, etc. Tendiente a minimizar en lo posible los impactos adversos que se pueden presentar mediante la construcción y operación de una obra (1).

3.1.11.M MONITOREO AMBIENTAL

Es la determinación sistemática de la calidad de los parámetros que integran el ambiente (1).

3.1.12 PREFACTIBILIDAD

Es el estudio cuantitativo de los principales factores que pueden hacer posible el exito del proyecto. Esto naturalmente, tomando como base las actuales condiciones existentes o aquellas que surjan en el lugar de su instalación (12).

El objetivo de esta etapa es presentar el esquema global de la elaboración y evaluación financiera de un proyecto individual. Los aspectos que deben analizarse en la formulación de la etapa de prefactibilidad de un proyecto son: Estudio de mercado, técnico, financiero y evaluación económica (12).

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 LOCALIZACION Y COLINDANCIAS

La aldea La Soledad, San Lorenzo Suchitepéquez, dista de la ciudad capital de Guatemala 170 kilómetros, de los cuales 160 son de carretera asfaltada y 10 de terracería, se localiza a 10 kilómetros de la cabecera departamental de Mazatenango y se encuentra a una altura de 229 m.s.n.m.

La aldea La Soledad colinda al norte con los municipios de San Lorenzo y San Gabriel; al sur con la aldea del Valle de Candelaria; al este con el municipio de Santo Domingo y por último al oeste con la aldea Tierras del pueblo y los municipios de Mazatenango y Cuyotenango.

La aldea se encuentra localizada en las coordenadas geográficas de 14° 28´ 56" Latitud Norte y 91° 31´ 10" Longitud Oeste.

3.2.2 CONDICIONES CLIMATICAS

El clima en esta zona es cálido, presentando temperaturas de 21°C a 30°C, con una temperatura media anual de 24°C, presenta un régimen de lluvias de 2000 a 2500 mm. anuales. Estas condiciones de clima son variables por influencia de los vientos, el régimen de lluvias es de mayor duración; por lo que influye grandemente en la composición florística y en la fisonomía de la vegetación (5).

3.2.3 ZONA DE VIDA

Se encuentra localizada en la zona de vida de Bosque Muy Húmedo Subtropical (cálido) bmh - s(c). Los terrenos de la Costa Sur, en cuanto a su relieve van de planos a ondulados, esta zona de vida comprende alturas de 80 a 1600 m.s.n.m. (5).

3.2.4 SUELOS

En la región se encuentran las clases agrológicas I, II, III y IV, existiendo una mayor cantidad de área de las clases I y II. Según la carta Agrológica de reconocimiento a escala 1:200,000; los suelos de esta área pertenecen a la serie Ixtán (arcilla) (Ix). (25).

3.2.5 HIDROLOGIA

En la aldea se encuentran los ríos Sis, Icán y Xelecá, este último es un afluente del Icán; además también existen pequeños nacimientos y quebradas dentro de la aldea.

4. OBJETIVOS

4.1 GENERALES:

4.1.1 Realizar un Estudio de Prefactibilidad para la introducción de un sistema de Riego por Aspersión para la aldea la Soledad, San Lorenzo, Suchitepéquez.

4.2 ESPECIFICOS:

4.2.1 Describir las características socioeconómicas de la comunidad e Identificar los principales problemas.

4.2.2 Elaborar un estudio de mercado para el cultivo del tomate en el área de Mazatenango.

4.2.3 Realizar un estudio de impacto ambiental, en el área donde se implementará el sistema de riego.

4.2.4 Ejecutar los estudios previos para la implementación de un sistema de riego por aspersión que aproveche la carga hidráulica disponible.

4.2.5 Determinar los requerimientos de equipo y materiales necesarios, así como normas de operación.

4.2.6 Realizar una evaluación Económico-financiera del sistema de riego.

5. ESTUDIOS PREVIOS

5.1 ESTUDIO SOCIOECONOMICO

Para describir las características socioeconómicas de la comunidad e identificar los principales problemas, se elaboró una boleta (boleta 1) donde se recopiló información: Socioeconómica, salud, migración, educación y determinación de los principales problemas que afectan a la comunidad. Se utilizó el muestreo simple aleatorio, previo al paso de la boleta se efectuó un premuestreo para determinar la funcionalidad de la misma, para saber que hogares se encuestarían, se tomo como base el listado de familias de la comunidad, se selecciono cada hogar al azar, para la determinación del número a encuestar se utilizó la siguiente fórmula (24).

$$n = \frac{N}{Nd^2 + 1}$$

donde:

n = Tamaño dela muestra

N = Total de la población (350 hogares)

d = Grado de error (15 %)

$$n = \frac{350}{350\ (0.15)^2 + 1}$$

n = 39 Hogares a encuestar.

5.1.1 POBLACION

La aldea cuanta con una población de 2,500 personas, de las cuales

el 47 % son Hombres y el 53 % son mujeres.

5.1.2 ETNIA E IDIOMA

Las personas que habitan esta área en un 60%, son descendientes de las etnias Mam y Cakchiquel; mientras que el 40% restante son oriundos del lugar; los idiomas que se hablan es el Mam y el Cakchiquel, pero la mayor parte habla y entiende el Castellano.

5.1.3 RELIGION

Según la encuesta realizada, el 84% de la población es Católica y el 16% profesa la religión Evangélica, encontrándose una iglesia evangélica y la iglesia católica se encuentra en construcción.

5.1.4 VIVIENDA

El 65% de los encuestados posee vivienda propia, el 25% la posee en arrendamiento y el 10% las tiene cedidas.

De las familias encuestadas un 90% posee la casa de habitación separada de la cocina y el 10% tienen el dormitorio y la cocina en un solo cuarto. Solamente el 40% de la población posee agua entubada, el 60% restante se abastece de este vital líquido mediante pozos.

5.1.5 SALUD

Las personas de la aldea son atendidas por el Promotor de Salud Rural (PSR) por medio del Botiquín Comunitario proporcionado por ASEDE, ya que en la aldea no hay centro de salud.

Según los datos obtenidos por medio de la encuesta, el 58% de los

habitantes de la aldea sí utilizan algún tipo de plantas medicinales, Y el 42% no hacen uso de plantas medicinales, sino que compran medicinas.

CUADRO 1. Principales causas de Morbilidad y Mortalidad para el año 1995 para el municipio de San Lorenzo, Suchitepequez.

MORBILIDAD	MORTALIDAD
Enfermedades Respiratorias Agudas (I.R.A)	Enfermedades Comunes
Parasitismo	Fiebre
Diarreas	Mortinato
Infecciones Cutáneas	Infección Intestinal
Anemias	Anemia
Impetigo Costroso	Hernias
Enfermedades Pepticas	Bronconeumonía
Sarcopiosis	Asfixia
Infección Urinaria	Hematoma
Desnutrición	

Fuente: Centro de Salud, San Lorenzo Suchitepéqiez.

5.1.6 EDUCACION

En la actualidad existe una escuela con 5 aulas en las cuales se imparte Pre-primaria y Primaria Completa, habiendo actualmente una población de 210 alumnos inscritos, laborando en dicha escuela 7 profesores.

Los niños ingresan a la escuela de los 6 a 14 años, a nivel de la comunidad se determinó que el 70% de los hombres sí saben leer y escribir, mientras que en las mujeres solamente el 35% sabe leer y escribir, existiendo un 40% de analfabetismo en la comunidad.

5.1.7 ASPECTOS DE PRODUCCION

Solamente un 10% de los agricultores posee terreno propio, teniendo en promedio de 1 a 3 manzanas; el 90% restante tiene que alquilar o arrendar tierras para poder cultivar pagando de Q 400.00 a Q 500.00/mz, durante un año agrícola.

El principal uso que le dan a los suelos es agrícola y en menor cantidad a la Ganadería, 5% básicamente lo que es ganado de carne.

En el campo de la agricultura los cultivos que se siembran en el área son: Maíz (Zea mays L.), Chipilin (Crotalaria sp.), Manía (Arachys hypogea L.), Arroz (Oryza sativa L.) y en menor escala Ajonjolí (Sesamun indicus L.), Chile (Capsicum sp.) y Tomate (Lycopersicon sculentum Miller.).

5.1.8 MIGRACIONES

Un 16% de los pobladores sale a trabajar fuera de la aldea, de estos un 10% porque tiene sus áreas de cultivo en otras aldeas o municipios como: El Espino, El Valle de Candelaria, Tierras del Pueblo y a otros municipios como Santo Domingo, el 6% restante va a trabajar básicamente en actividades relacionadas con el cultivo de la caña. Mientras que el 84% no sale de la aldea ya que han encontrado tierra para trabajar en esta.

5.1.9 ORGANIZACION COMUNAL

Esta básicamente solo se da a nivel de comites, y en la aldea existen los siguientes:

a) COMITE PROMEJORAMIENTO

b) COMITE DE AGUA POTABLE

c) COMITE DE LUZ ELECTRICA

d) COMITE DE LA IGLESIA

e) COMITE DE PADRES DE FAMILIA

5.1.10 RECREACION

En la comunidad existe una cancha de Fútbol y una de Básketbol (la cual se encuentra en la escuela), en la primera realizan juegos los días domingos.

5.1.11 ALIMENTACION

La dieta de la población básicamente es Maíz (Zea mays L.), Frijol (Phaseolus vulgaris L.) y ocasionalmente Hierbas y Verduras. Las hierbas regularmente las colectan en el campo, y muy raras veces consumen Huevos o Carnes, acompañan las comidas con bebidas, como Atol de masa, café, agua y el Chile que no falta en las comidas.

5.1.12 SISTEMA DE CULTIVO

El 92% de las personas se dedica a la siembra de un solo cultivo (Monocultivo) y solamente el 8% practican algún tipo de asociación. De estos el 85% siembra solo en época lluviosa y el 15% siembran durante todo el año, con el riesgo de perder su cosecha en la época seca por la falta de lluvia.

De los cultivos sembrados en el área el que reviste mayor importancia es el maíz ya que es considerado básico en la alimentación.

5.1.13 DETERMINACION DE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS

5.1.13.A FALTA DE RIEGO PARA PODER SEMBRAR EN EPOCA DE VERANO

En la aldea la Soledad no cuentan con ningún tipo de riego, para poder sembrar algunas parcelas en época de verano y así tener una fuente de ingreso más en estas épocas

5.1.13.B FALTA DE AGUA POTABLE

En la comunidad existe el Comite Pro-Mejoramiento que como su nombre lo indica se encarga de gestionar mejoras para su comunidad. Existe un bajo porcentaje de la población 35% que posee agua potable (entubada) y el resto o sea un 65% no goza de este servicio.

5.1.13.C ENERGIA ELECTRICA

En la aldea no se cuenta con energía eléctrica por el momento, el proyecto ya está aprobado y posiblemente comiencen a trabajar en este año a mediados de agosto o principios de octubre; lo cual sin duda traerá mayor superación para la comunidad.

5.1.13.D FALTA DE INFRAESTRUCTURA (SALON COMUNAL Y CENTRO DE SALUD)

Cuando se realizan reuniones para tratar diferentes aspectos en la comunidad no existe un lugar para poder realizar estas de una mejor manera por lo que es un poco molesto tener que estar haciendo reuniones en las instalaciones de la escuela. En lo referente al Puesto de Salud el problema básicamente se da cuando hay campañas de Vacunación de Niños y no existe un lugar adecuado para poder realizarlas.

5.1.13.E FALTA DE LETRINIZACION

Solamente un 36% de los pobladores, poseen este servicio; lo cual

trae como consecuencia una gran cantidad de enfermedades gastrointestinales.

5.1.13.F ESCASEZ DE LEÑA

Debido al crecimiento poblacional y a la necesidad que tienen los pobladores de usar leña día con día, el 98% hacen uso de ella para cocinar los alimentos y por lo tanto se provoca una destrucción de las especies forestales.

5.2 ESTUDIO DE MERCADO

El estudio de mercado consistio en la recolección de información sobre la demanda, la oferta, el precio y la comercialización del tomate que se produce en el departamento de Guatemala y llega a los mercados de Mazatenango.

Para la recopilación de la información se utilizarón boletas de encuasta (boletas 2, 3 y 4) dirigidas a los productores de tomate, intermediarios y detallistas.

5.2.1 LA DEMANDA

La ley fundamental de la demanda establece que: las cantidades que de una mercancía se demanda tiende a variar en sentido inverso del precio; siempre que las condiciones en que se desenvuelvan compradores y vendedores sean normales (2).

La demanda la constituye las varias cantidades de productos que los consumidores están dispuestos a tomar del mercado a todos los posibles precios alternativos en un momento determinado (2).

5.2.1.A CONSUMO

Por ser el tomate un producto perecedero de consumo diario, su comercialización se efectúa durante todo el año y mantiene una demanda estable y constante. En las épocas en que el precio sube, las variaciones de consumo son relativamente pequeñas en relación a las que sufren los precios, factor que determina la poca importancia de tener que importar este producto, ya que la producción del país en las diferentes zonas y temporadas, cubre la demanda presentada durante al año.

El tomate es parte de la dieta alimenticia del guatemalteco. Se estima un consumo percápita de 1/2 onza diaria de tomate, es decir que el consumo total anual para el país es de 1140,625 qq de tomate. la distribución en el consumo durante el año está relacionada directamente con las fluctuaciones en el mercado. Aunque el tomate se consume diariamente, las cantidades demandadas bajan si el precio sube (20).

En el área donde se llevó a cabo el estudio, los meses de diciembre, febrero, marzo y abril son los de mayor consumo de tomate, y en los que se alcanza el mejor precio de este.

La escasez de tomate se da en los meses de junio a septiembre, debido a que es época lluviosa y muchas plantaciones de esta hortaliza se pierden, en estos meses el precio también sube. En la región de Mazatenango la mayor parte del año, el tomate alcanza buenos precios y la demanda se mantiene de igual forma.

De las personas detallistas un 96 % venden tomate tipo pasta, únicamente un 4 % venden tomate tipo ciruelo para ensalada, por lo que la

demanda es de tomate tipo pasta en la región.

5.2.2 LA OFERTA

La ley fundamental de la oferta establece que: Las cantidades que de una mercancía se ofrecen tienden a variar en sentido directo del precio: Siempre y cuando las condiciones en que se desenvuelvan compradores y vendedores sean normales (6).

La oferta constituye las varias cantidades de productos o servicios que los vendedores colocarán en el mercado a todos los posibles precios alternativos, en un momento determinado (20)

El tomate ha sido uno de los productos que mas se ha incrementado en los últimos años en el país. La producción para el año de 1993 fue de 4869,937 quintales, producidos en 10,175.33 hectarias.

El departamento de Zacapa es el principal productor de tomate en el país, contribuye con el 67 % de la producción nacional, el siguiente en importancia es el departamento del Progreso, que participa con el 14 % de la producción, el departamento de Guatemala contribuye con un el 9 % de la producción, el departamento de Chiquimula, produce un 6 %, los departamentos de Jalapa, Jutiapa y algunos departamentos del occidente producen el 4 % de la producción total del país (14).

En los lugares de Guatemala, que en orden de importancia de producción son: Villa Nueva, San Miguel Petapa y Villa Canales, el tomate se produce todo el año, pero las épocas más importantes de producción son: De enero a mayo un 40.25 % de su producción, de junio a septiembre

un 18.20 % y de Octubre a diciembre un 41.55 de su producción.

Con los porcentajes anteriores se deduce que la mayor oferta de tomate se registra de octubre a mayo con el 81.80 % de la producción y el 18.20 % se registran de junio a septiembre.

5.2.2.A INFORMACION SOBRE EL CULTIVO

El 22 % de las personas que producen tomate y lo venden en el departamento de Mazatenango, cultivan más de una manzana, el 78 % restante cultivan menos de una manzana.

En el departamento de Guatemala se encontró, que la preferencia de los agricultores por las variedades de tomate se da de la siguiente forma: un 30 % de los productores prefieren sembrar Río Grande otro 30 % prefieren sembrar Zenit, un 15 % roma, un 10 % Río Fuego.

Con respecto a la semilla que utilizan para la siembra el 100 % de los agricultores prefieren comprarla.

Los rendimientos por manzana dependen de varios factores, dentro de los más importantes están: La época en que se cultiva, ya que la poca o mucha lluvia incide en los rendimientos por unidad de área, el manejo que se le da al cultivo (preparación de la tierra, aplicación de fertilizantes y pesticidas), también es importante la asistencia técnica y crediticia que se le da a los agricultores.

El riesgo es crucial sobre todo en épocas de sequía, ya que durante las mismas, si no se cuenta con agua, el intenso sol donde se cultiva el

tomate, puede quemar la planta, las flores y los frutos, lo cual da por resultado que se obtengan rendimientos bajos o bien que estos sean nulos.

En los municipios de Guatemala donde se produce tomate, los rendimientos por manzana van desde 600 cajas hasta 1300 cajas, en promedio el rendimiento es de 950 cajas, el cual se considera un buen rendimiento para este cultivo. La distribución de los rendimientos se presenta así:

- El 32.4 % de los agricultores obtienen: de 500 a 600 cajas por manzana.
- El 36.5 % de los agricultores obtienen: de 601 a 900 cajas por manzana.
- El 31.1 % de los agricultores obtienen: de 901 a 1300 cajas por manzana.

5.2.2.A.1 COSTOS DE PRODUCCION

Los costos de producción son muy variables: la principal causa de esta variación es la tecnología que se emplea en el cultivo; la que involucra un menor o mayor gasto en la adquisición de insumos, equipo y materiales a lo largo del ciclo del cultivo; para la obtención de un rendimiento determinado.

Los costos de producción en las regiones donde se produce el tomate que llega a Mazatenango, varía desde Q 15,000.00 hasta Q 20,000.00 por manzana, según la tecnología que se emplee en el cultivo. En promedio los costos de producción alcanza los 17,500.00 por manzana.

5.2.2.A.2 UTILIZACION DEL RIEGO EN LA PLANTACION

El riesgo de producir tomate en época seca, es crucial, ya que durante las mismas, si no se cuenta con agua, el intenso sol y la sequía típica de la temporada hace que las plantaciones completas se pierdan por la falta de agua.

En los lugares de producción de tomate del área bajo estudio, el 78.6 % de los agricultores encuestados, utilizan riego para la producción del tomate, por lo que ellos pueden producir tomate durante todo el año, si lo quisieran, el 21.4 % no utiliza riego para la producción del tomate, por lo que ellos Producen tomate únicamente en época de invierno.

las personas que poseen riego, tienen un área bajo este que va de 2 hasta 6 manzanas. El incremento en los costos de producción por la utilización de riego es de Q 1,300.00 por manzana.

5.2.3 PRECIO

Con el cultivo del tomate las variaciones que ocurren en los precios, en el mercado libre son bastante extremas en algunos meses del año. Las principales causas de estas variaciones es la cantidad de tomate que llegue al mercado, cuando esta es poca; los precios suben mucho, pero cuando hay mucho producto, los precios descienden por debajo de los costos que se tienen en las áreas de producción; lo que causa enormes pérdidas a los agricultores; ya que estas variaciones de los precios ocurren en cuestión de horas en muchos de los casos (14).

Con el tomate el agricultor siempre está a la expectativa, pues independientemente de los factores climáticos que puedan mermar sus

rendimientos, la variación de los precios constituyen la principal causa de las pérdidas con el cultivo, el agricultor no sabe si va a ganar o perder, puesto que muchas veces pueden vender a un buen precio, mientras que en otras el valor de la caja en el lugar de producción llega muy de bajo de los costos de producción.

Los meses en que generalmente se presentan los precios mas bajos, en el departamento de Mazatenango son: enero, febrero y mayo, alcanzando un precio de Q 30.00 la caja de 50 libras; los mayores precios se alcanzan de junio a julio y posteriormente los meses de noviembre y diciembre, alcanzando un precio de Q 212.50 la caja de 50 libras; marzo, abril, mayo, agosto, septiembre y octubre, se alcanza un precio promedio que es de Q 128.75 la caja de 50 libra

5.2.4 COMERCIALIZACION

Comercialización es un proceso en el cual por etapas y por diferentes tipos de empresas; se realizan varias funciones que conducen el producto desde el sitio de producción hasta el lugar de consumo. La comercialización comprende las funciones de: transporte, clasificación, empaque, almacenamiento y organización de la comercialización propiamente dicha, en esta organización se distinguen las etapas o niveles acopiadores, transportistas, mayoristas, minoristas, y los diferentes tipos de organización que lleva a cabo (14).

La comercialización es el proceso de planear la presentación de las mercancías adecuadas. en el lugar, en el tiempo, en la calidad en la cantidad y al precio conveniente. La comercialización bien desarrollada

significa mayor cantidad de dinero por concepto de utilidades, la comercialización es un concepto que acontece, sucede, se lleva a cabo en el escenario socioeconómico de los negocios, su naturaleza es dinámica y por lo tanto sujeta a cambios. (2)

5.2.4.A CLASIFICACION

El propósito de la clasificación de los productos es permitir al comprador o consumidor elegir el producto más conveniente para el uso que se propone hacer de el.

la clasificación es una de las funciones principales de la comercialización que permite establecer uniformidad en la calidad de los productos que se ofrece; así mismo hay que tomar en cuenta las exigencias y gustos de los consumidores, por ser ellos quienes al final pagan por su adquisición.

Entre los beneficios que principalmente se persiguen, con la clasificación se pueden citar: Para productos perecederos, como en el caso particular de las hortalizas, evita en gran parte las pérdidas, pues se tendrá en un mismo lote, producto de igual calidad, se establecen diferentes precios para las distintas calidades de los productos y en esta forma se satisface mejor la demanda.

En los lugares productores, el tomate se clasifica en su mayor parte por madurez el 40 %, le sigue la clasificación por tamaño con el 60 %.

5.2.4.B EMPAQUE

La operación de empacar los productos consiste en acondicionarlos en

recipientes que permitan el manipuleo conveniente, que impidan deterioros Y aseguren la higiene.

El empaque juega un papel muy importante en el proceso de la comercialización, ya que este proporciona al producto protección contra daños mecánicos en su manejo, tales como golpes, mallugaduras, así como también lo preserva de humedad, temperatura.

Los productores de tomate del país, utilizan cajas de madera con capacidad para 50 libras, con estas realizan las transacciones entre mayoristas y minoristas, ya a la venta al detalle se utilizan bolsas plásticas.

El 100 % de los productores encuestados comercializan el tomate, utilizando cajas de 50 libras y los precios en el mercado se cotizan al por mayor en Q 6.0 por caja.

5.2.4.C ALMACENAMIENTO

En las localidades donde se llevó a cabo el estudio, el tomate no es almacenado de ninguna forma, tampoco existen instalaciones apropiadas para este propósito. Los agricultores coinciden en señalar que no almacenan el tomate debido a que es un producto altamente perecedero, por lo que tratan de venderlo inmediatamente después de la cosecha.

5.2.4.D TRANSPORTE

Los agricultores transportan el tomate a los distintos mercados en camiones y pick-up, vehículos que en algunos casos son propios, pero la mayoría de ellos son fleteados.

El costo del transporte de llevar el tomate del campo de producción al mercado de Mazatenango, varía, si el vehículo es propio o fleteado; si es fleteado, el costo es de Q 3.00 por caja de 50 libras; Si el vehículo es propio es de Q 1.21 por caja de 50 libras.

Las pérdidas por comercialización en algunas oportunidades, es de hasta el 25 % de la producción total de un agricultor, esto debido a que principalmente los agricultores más pequeños; los cuales no cuentan con vehículo propio y tienen que estar sujetos a los fleteros para llevar su producto a los mercados, los que algunas veces no cumplen sus compromisos al no llebar el transporte a recoger el tomate cuando se les ha indicado, dejando el producto a veces ya cortado en el campo, con lo cual no solo se pudre fácilmente, si no que entorpece la actividad de comercialización del producto.

5.2.4.E CANALES DE COMERCIALIZACION

Un canal de comercialización consiste en una serie ininterrumpida de intermediarios y de mercado; atrevés de los cuales pasa la mercancía del productor hasta el consumidor (14).

También puede definirse como las varias formas convenidas para llevar acabo el movimiento de productos, desde los centros de producción al consumidor final. Normalmente se expresan a través de un gráfico de flujos en el que se indican las cantidades manejadas por cada uno de los agentes de comercio que intervienen en el canal (19).

Los canales que predominantemente utilizan los agricultores para comercializar su producto se manifiesta así: el 77.9 % de los productores

venden su tomate directamente a un camionero intermediario, que llega hasta los terrenos de producción y antes de realizar la compra; ve una muestra del producto y la inspecciona para cerciorarse que esta uniforme en calidad, luego procede a pagarle al agricultor. En este caso el precio de la caja de 50 libras lo fija el camionero, quien está al corriente de los precios que rigen en el mercado mayorista y de acuerdo a ellos paga.

El 22.10 % de los agricultores venden su producto directamente a los mayoristas del mercado de Mazatenango, para lo cual utilizan vehículos propios o bien rentados, viajando ellos mismos a Mazatenango, realizando personalmente la transacción de venta. En este caso el precio de venta del producto lo pone la "Plaza", es decir que tienen que vender al precio que les ofrezca, ya que el tomate es un cultivo perecedero, puede ocurrir una saturación, del mercado que hace que los precios bajen.

5.2.4.F LOS COSTOS DE LA COMERCIALIZACION

Los costos de comercialización constituye los gastos en que se incurre en el movimiento de los bienes y servicios del producto al consumidor final (19).

Los costos de comercialización tienen lugar cuando se trata de productores que llevan su producto al mercado, comprende: Los gastos por concepto de la preparación previa del producto para la venta; como lavado, clasificado y empaque, luego transporte, viáticos de la persona encargada de realizar el negocio; contribuciones municipales, comisiones, impuestos aduanales según sea vendido el producto en el exterior y demás gastos en que se incurre en este aspecto (20).

Los costos de comercialización dependen del mercado a que se destine el tomate, así si este se comercializa de la capital, para el mercado de Mazatenango, esa operación involucra un costo de Q 4.20 por caja de 50 libras, este precio es pagando flete, y si es llevando el tomate los mismos productores en camiones y pick-up propios, el costo es de Q 2.41 por caja de 50 libras

5.3 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

5.3.1 METODOLOGIA DEL ESTUDIO DE EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL

La metodología básicamente consistió, en visitas al campo haciendo las anotaciones correspondientes en base a la lista de chequeo de impactos ambientales, y como método cualitativo de identificación de impactos se utilizó una matriz simplificada causa-efecto de Leopol (Cuadro 28 "A"), que relaciona actividades típicas del proyecto con los atributos ambientales que se considere pueden ser afectados.

Dicha matriz es presentada por el sistema de planeación y análisis ambiental del Banco Centroamericano de integración Económica (BCIE).

Se analizaran detenidamente los diferentes impactos al ambiente que podrían causar la realización del proyecto, utilizando los diferentes indicadores de magnitud:

= No existe impacto adverso

A = Existe impacto adverso significativo

a = Existe impacto adverso no significativo

B = Existe impacto benéfico significativo

b = Existe impacto benéfico no significativo

M = Impacto adverso significativo, se ha detectado medida de mitigación

m = Impacto adverso no significativo, se ha detectado medida de mitigación

5.3.2 RESULTADOS DEL ESTUDIO DE EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL

5.3.2.A LOCALIZACION Y PREPARACION DEL SITIO

5.3.2.A.1 IMPACTOS

En esta etapa se detectaron seis impactos los cuales a continuación se describen:

a) Un impacto es de tipo adverso no significativo (a), asociado a la limpieza y desmonte, esta actividad será mínima ya que se realizará en un promedio de 16 metros cuadrados, espacio donde se ubicará la bomba de extracción del agua, con su correspondiente estructura para protección (construcción de galera con techo), lo anterior podría afectar los elementos de composición del sitio, aunque únicamente se eliminará maleza y un árbol.

b) Tres impactos son de tipo benéfico significativo (B), asociados al análisis de selección del sitio, esto beneficiará la tenencia de la tierra, economía regional y el estilo y calidad de vida, ya que el proyecto se constituirá para un total de 30 familias, más o menos de 200 a 250 personas.

c) Dos impactos son de tipo adverso no significativo con mitigación (m), debido a limpieza y desmonte lo cual puede impactar sobre la vegetación terrestre y los habitats terrestres.

5.3.2.A.2 MITIGACION

a) Se recomienda hacer limpieza selectiva, con el fin de evitar el

corte de especies vegetativas que puedan ser de escasez relativa en el área.

5.3.2.B CONSTRUCCION

5.3.2.B.1 IMPACTOS

En esta fase del proyecto se encontraron seis impactos que a continuación se detallan:

a) Dos impactos son de tipo adverso no significativo (a), debido a la hechura del zanjeado para colocar la tubería del sistema, esto podría afectar las características del drenaje y variación en el flujo de agua, lo anterior será mínimo, debido a que la dimensión del zanjeado que es de 510 metros de longitud por 0.4 metros de ancho y 0.40 de profundidad, tales dimensiones son pequeñas y volverán a taparse al finalizar la colocación de la tubería, por lo que se considera que este impacto es reversible.

b) Dos impactos son benéficos no significativos (b), relacionados con la generación de mano de obra durante la construcción del proyecto, esto tendrá impacto mínimo sobre la economía regional y el estilo y calidad de vida.

c) Dos impactos son adversos no significativos con medida de mitigación (m), debido a la disposición de residuos, lo cual tendrá impacto sobre la calidad del agua y la salud pública.

5.3.2.B.2 MITIGACION

a) Se recomienda que los residuos provenientes de la construcción sean depositados lejos de los cuerpos de agua y en sitios no expuestos a erosión.

5.3.2.C OPERACION Y MANTENIMINETO

5.3.2.C.1 IMPACTOS

En esta etapa se detectaron veinticinco impactos, que a continuación se describen:

a) Cuatro son de tipo adverso no significativo (a), el primero debido a la operación del equipo (bomba de extracción del agua), lo cual afecta el flujo del agua superficial, se considera adverso no significativo debido a que el caudal del río Sis en época seca es de 3.349 m^3/seg., y el sistema de riego consumirá 0.0058 m^3/seg., otros impactos son debidos a la infiltración de agua en el suelo, lo cual puede afectar los habitats terrestres y acuáticas ya que el agua llevará restos de pesticidas y fertilizantes, pero se considera que es mínima la infiltración, si se tomara en cuenta que cada parcela se regará cada 8 días, por lo que el suelo tienen alta retención de agua, y el ultimo impacto se asocia con el control de plagas, lo cual puede afectar la calidad del aire y por ende a las personas, que viven cerca del proyecto, también se considera que es mínimo, debido a que la velocidad del viento es insensible en el área.

b) Nueve impactos son de tipo adverso no significativo, con medida de mitigación (m), dos impactos se deben a la operación del equipo, uno por la infiltración del agua residual, tres por control de plagas y tres por mantenimiento del equipo, dichas actividades pueden afectar la calidad del agua superficial y subterránea, calidad del suelo, habitats terrestres, apariencia del agua y la salud pública, el ruido producido por la bomba, aunque poco puede causar problemas a las personas y fauna terrestre, en la sección de mitigación se presentan medidas para evitar estos impactos.

c) Nueve impactos son benéficos no significativos (b), asociados a la

protección de la cuenca donde se ubicará el proyecto, los cuales impactarán, sobre la calidad del suelo, aire, vegetación terrestre, fauna terrestre, vegetación acuatica, fauna acuatica, habitats terrestres, habitats acuaticos y aparienciadel agua.

d) Tres impactos son benéficos significativos (B), debido a la protección de la cuenca y a la siembra de cultivos bajo riego, lo cual impactará sobre la economía regional y el estilo y calidad de vida.

5.3.2.C.2 MITIGACION

a) Para mitigar el ruido provocado por el funcionamiento de la bomba, que puede afectar a las casas cercanas, es recomendable la siembra de cortinas de árboles.

b) El control de plagas debe hacerse con las dosis adecuadas, y utilizando los equipos de protección, así mismo no se deben lavar ni vaciar los restos de pesticidas en cuerpos de agua (río Sis).

c) Al darle mantenimiento al equipo de riego (bomba principalmente), no vaciar el combustible y lubricantes en el río Sis, por los problemas de contaminación del agua.

5.3.2.D ACTIVIDADES FUTURAS

En esta etapa se detectaron tres impactos de tipo benéfico significativo (B), debido al desarrollo de la comunidad con la ejecución del proyecto, lo cual tendrá impacto sobre la economía de la región y el estilo y calidad de vida y por ende sobre la salud pública

5.4 ESTUDIOS TOPOGRAFICOS

Se realizó un caminamiento para delimitar el área de estudio, al cual se le introducirá riego. Luego se hizo un levantamiento de la misma utilizando para ello teodolito, cinta y estadia. La determinación del área se hizo por el método de pensilvania, obteniéndose un área de 4.41 ha equivalente a 6.30 mz. Una vez elaborado el plano base, se procedió a efectuar el levantamiento altimétrico, utilizando un nivel de precisión, cinta y estadia para obtener el relieve, el cual se hizo por el método de la cuadrícula. Seguidamente se elaboró el mapa de curvas a nivel, con una equidistancia vertical entre curvas de 1.0 metro y una escala horizontal de 1:2000.

También se efectuó una nivelación taquimétrica, utilizando teodolito, cinta y estadia. Para determinar la diferencia de nivel y la distancia entre el área de estudio y la fuente de abastecimiento, en la cual se determinó que el terreno esta 64.93 metros arriba de la fuente de agua (Ver figura 5).

5.5 ESTUDIOS CLIMATICOS:

Para este tipo de estudio se consultó los registros climatológicos del instituto de Sismología, Vulcanologia, Metereología e Hidrología INSIVUMEH, la estación que se consultó fue la de La Máquina Cuyotenango, Suchitepéquez por ser la que está más cerca al área de estudio. Para fines del cálculo de evapotranspiración y requerimientos de riego, se recopilaron los registros que se muestran en el cuadro 2.

CUADRO 2. DATOS CLIMATOLOGICOS

ESTACION: La Maquina Latitud: 14° 18´ 48"
LONGITUD 91° 36´ 15" ELEVACION: 27.88 msnm AÑO REGISTRADO (1983-1990) 7

MES	TEMPERATURA MEDIA (°C)	TEMPERATURA MAXIMA MEDIA (°C)	PRECIPITACION PLUVIAL (mm)	HUMEDAD RELATIVA (%)
Enero	25.3	31.2	21.0	79
Febrero	24.1	31.8	17.3	78
Marzo	26.1	32.3	10.1	79
Abril	27.3	34.3	98.2	81
Mayo	28.6	35.4	135.7	81
Junio	28.5	33.8	251.3	82
Julio	29.1	35.2	258.2	82
Agosto	28.3	34.0	306.5	83
Septiembre	24.1	32.1	317.1	84
Octubre	23.1	31.9	267.3	85
Noviembre	25.6	29.8	198.0	86
Diciembre	24.4	28.8	179.6	83
Anual	26.20	32.55	2060.3	81.91

Fuente: INSIVUMEH

5.6 ESTUDIOS EDAFOLOGICOS

5.6.1 MUESTREO DE SUELOS

El método que se utilizó es el de seleccionar los lugares de extracción de las muestras con base en observaciónes previas de las condiciones típicas o modales del área a muestrear delimitando las áreas homogéneas. Se muestreo a profundidades de 0-25 cms. y de 25-50 cms. debido a que la profundidad radicular del cultivo que se sembrará para utilizar el riego es el (Tomate y Chile Pimiento) es de 40-60 cms.

5.6.2 ANALISIS FISICO QUIMICO DE LOS SUELOS

En total se sacaron dos muestras de toda el área. Las muestras fueron enviadas a laboratorios de suelos del ICTA para el análisis físico-químico.

Los análisis se muestran en los cuadros 3 y 4.

Cuadro 3. Características químicas del suelo.

Muestra	Profundidad cms	% M.O.	Meq./100 grs. de suelo (intercambiable)					pH	ppm (disponible)		Meq./100 grs. suelo (disponible)	
			CTI	Ca	Mg	Na	K		p	k	Ca	Mg
1	0 - 25	4.9	26.30	17.12	5.16	0.42	3.1	7.1	38	499	11.25	5.40
2	25 - 50	4.5	25.10	16.90	5.85	0.30	5.1	6.9	42	658	14.35	6.70

Cuadro 4. Características Físicas del Suelo.

Muestra	Profundidad cms.	% Arcilla	% Limo	% Arena	Clase textural.
1	0 - 25	31.80	37.40	26.231	Franco arcilloso
2	25 - 50	28.30	38.40	18.55	Franco arcilloso

Con base en los resultados del análisis químico del laboratorio podemos inferir que los elementos disponibles (P, K, Ca y Mg) son adecuados.

Cuadro 5. Caracteristicas Físicas y de Retención de Humedad.

Muestra	Profundidad	Textura	Densidad Aparente	Humedad del Suelo. 1/3 ATM.	15 ATM.
1	0 - 25	Franco Arcilloso	1.239	36.40	19.96
2	25 - 50	Franco Arcilloso	1.435	29.81	13.26

Los niveles de materia orgánica son adecuados ya que están muy serca del 5 %, que es el nivel considerado como el nivel adecuado. Por otro lado el Na no representa niveles que puedan causar peligrosidad significante en el suelo. Las condiciones químicas del suelo, refiriéndonos a los niveles de nutrimentos indican que el suelo es fértil.

En cuanto al pH del suelo es adecuado ya que no es ni acido ni salino, las dos muestras reflejan un pH neutro, en el cual las plantas pueden aprovechar perfectamente todos los nutrimentos del suelo.

5.6.3 DETERMINACION DE LAS CONSTANTES DE HUMEDADA DEL SUELO

Las dos muestras fueron enviadas al laboratorio de (DIRYA) Para su análisis. Los resultados se presentan en el cuadro 5.

5.7 ESTUDIOS HIDROLOGICOS:

5.7.1 DISPONIBILIDAD DE AGUA Y CALIDAD DE AGUA:

La fuente principal de abastecimiento del área a regar, lo

constituye el río Sis, ubicado en el este, más abajo que las parcelas. Según datos del INSIVUMEH, el río Sis mantiene un caudal promedio de 12.15 m^3/seg., con un caudal máximo de 20.951 m^3/seg., en el mes de septiembre y un caudal mínimo de 3.349 m^3/seg., en el mes de marzo.

Se tomó una muestra de la fuente de agua en el sitio de bombeo, la cual fue enviada al laboratorio de la Dirección de Riego y Avenamiento (DIRYA), para su análisis químico, obteniendo los resultados que se muestran en el cuadro 6.

Cuadro 6. Características Químicas del Agua Muestreada

pH	7.3		
CE x 10^6 a 25 °C	202 micromhos/cm		
Sólidos en suspensión	17 mg./lt		
CATIONES	(Meq./lt.)	ANIONES	(Meq./lt.)
Ca	1.3	Cl	0.022
Fe	0.025	CO3	0.490
Mg	0.912	HCO3	1.312
Na	0.617	NO2	0.003
K	0.213	NO3	0.026
		PO4	0.052
		SO4	0.141
		F	0.017

Fuente: Elaboración Propia.

La clasificación del agua se hizo por el método del manual 60 del USDA y también por el método de la universidad de chapingo México para establecer la calidad con fines de riego.

5.7.1.A. CLASIFICACION QUIMICA SEGUN MANUAL 60 DEL USDA

Este método toma en cuanta la adsorción del Na (RAS) y la conductividad eléctrica. Para efectuar la clasificación del agua, se usó el diagrama de clasificación de aguas de riego por su conductividad

$$RAS = \frac{Na}{\frac{Ca + Mg}{2}} = \frac{0.617}{\frac{1.3 + 0.912}{2}} = 0.59$$

CE x 10^6 a 25 °C 202 micromhos/cm

Esta agua es de clase C1 S1 que se considera buena para calidad de riego, según esta clasificación

5.7.1.B. CLASIFICACION QUIMICA POR EL METODO DE LA UNIVERSIDAD DE CHAPINGO, MEXICO.

Esta clasificación toma en cuenta tres criterios:

a) Contenido de sales solubles

b) Efecto probable del sodio sobre las propiedades físicas del suelo.

C) Contenido de elementos tóxicos para las plantas.

a) Cálculo de sales solubles (CO_3 + HCO_3) respecto de las sumas de aniones:

ANIONES	(meq./lt)	CATIONES	(meq./lt)
Cl	0.022	Ca	1.3
CO_3	0.490	Mg	0.912
HCO_3	1.312	Na	0.617
SO_4	0.141	K	0.213
	1.965		3.042

$$\frac{CO_3 + HCO_3}{1.965} \times 100 = \frac{1.802}{1.965} \times 100 = 91.71\ \%$$

Por tanto, se utilizaran los indices recomendables para aguas con más del 20 % de (CO_3 + HCO_3). Como CE x 10^6 es menor de 250 micromhos/cm, ya no se clasifica por RAS. El agua será buena para riego si: SE es < de 3 meq/lt; SP es < de 3 meq/lt; CSR es < de 1.25 meq/lt; Boro es < 0.3 ppm y cloruros sean < de 1 meq/lt.

b) Para salinidad efectiva (SE)

Debido a que el contenido de Ca y también el de Ca más Mg son menores que la suma de carbonatos más bicarbonatos, entonces:

SE = suma de cationes - (Ca+Mg)
entonces:
SE = 3.042 - (1.3 + 0.912)
SE = 0.83 meq/lt < 3 meq/lt

C) Para salinidad potencial (SP)

$SP = Cl + 1/2\ SO_4$
$SP = 0.022 + 0.141/2$
$SP = 0.0925 < 3$ meq/lt

d) Para Carbonato de Sodio Residual (CSR)

$CSR = (CO_3 + HCO_3) - (Ca + Mg)$
$CSR = (0.490 + 1.312) - (1.3 + 0.912)$
$CSR = -0.41 < 1.25$ meq/lt.

5.8 DETERMINACION DEL CONSUMO DE AGUA O EVAPOTRANSPIRACION

Se tomó de base el cultivo del tomate que es el que más agua consume en comparación con otros cultivos adaptables al área.

Para la determinación de la evapotranspiración se utilizó el método de Blaney y Criddle, partiendo de:

$Et = K \times F$

Donde: Et = Evapotranspiración real total del cultivo, expresada en lámina de agua en cm.
K = Coeficiente total de ajuste que depende del cultivo (ciclo vegetativo) y la ubicación de la zona de estudio.
F = Suma de factores mensuales de uso consuntivo en mm. ó cm.

$$F = \sum_{i=1}^{n} f$$

$$f = \frac{(t + 17.8)}{21.8} \times P$$

t = Temperatura media mensual en°C
p = Porcentaje de insolación mensual con respecto al total anual.

Para determinar el porcentaje de horas luz o porcentaje de insolación, en vista de que en la estación no se encuentran registros de

Eliógrafos, se utilizó la metodología propuesta por González (1974), citada por Cabrera Cruz (3), en la cual se proponen dos fórmulas que son las siguientes:

a) Epoca seca (noviembre - Abril):

$$P = 14.19 - 0.072\ HR$$

b) Epoca Húmeda mayo - octubre):

$$P = 4.46 + 0.11\ tm$$

Donde: P = porcentaje de insolación

HR = porcentaje de humedad relativa

Tm = temperatura máxima media mensual

El cálculo se efectuó para diferentes épocas de siembra, resultando la más crítica con fines de diseño de riego, la que se inicia en el mes de enero. Para el cálculo de la evapotranspiración es necesario conocer el coeficiente Kt, que es el coeficiente de ajuste que depende del lugar, para este caso es Suchitepéquez y el coeficiente Kc que depende del cultivo. Para el cálculo de Kt se utiliza la siguiente fórmula: $Kt = 0.031144\ t^{o}C + 0.2396$

Para los valores de Kc se buscan en tablas (Cuadro 34 "A").

La determinación de la evapotranspiración real para el cultivo del tomate sembrado en enero se presenta en el cuadro 7.

Cuadro 7. Determinación de la Evapotranspiración Real para el Tomate. (Licopersicum esculentum L.)

Mes	Temp C	T+17.8 / 21.8	P (%)	f (cm)	Kt	fxKt	Kc	Etc (cm)	Et' (cm)	Et' Acum (cm)
enero	25.3	1.977	8.502	16.808	1.027	17.261	0.69	11.91	8.543	8.543
febrero	24.1	1.922	8.574	16.479	0.990	16.314	1.23	20.066	14.393	22.956
marzo	26.1	2.013	8.502	17.114	1.052	18.007	1.13	20.347	14.595	37.531
abril	27.3	2.068	8.358	17.284	1.089	18.822	0.98	18.445	13.231	50.763
				67.685				70.768	50.763	

Como la evapotranspiración global es menor que la evapotranspiración calculada, debe encontrarse el ajuste necesario para obtener la evapotranspiración corregida (Et´)

El ajuste se efectuó de la siguiente manera:

Et = K x f = 0.75 x 67.685 = 50.763

Etc = 70.768 donde Et < Etc porque 50.763 < 70.768

F = factor de ajuste = K/K´ donde K = 0.75 (Cuadro 34 "A")

K´ = 70.768/67.685 = 1.0455492

F = 0.75 / 1.0455492 = 0.7173

5.9 DETERMINACION DE LOS REQUERIMIENTOS DE RIEGO

Una vez determinada la evapotranspiración real del cultivo, para la época de siembra más crítica, se procedió a determinar el requerimiento de riego en base a la siguiente expresión:

Rr = Et´- p

Donde: Rr = Requerimiento de riego

Et = Evapotranspiración calculada

P = precipitación efectiva.

Para el cálculo de la precipitación efectiva, se utilizó el método de Blaney y Criddle, el cual propone una tabla de coeficiente de aprovechamiento de acuerdo a cada pulgada de lluvia observada. (Cuadro 33 "A").

De acuerdo con esta metodología, se determinó primeramente la lluvia efectiva, en la forma en que se observa en el cuadro 8. Utilizando el método de Blaney Criddle para encontrar la lluvia efectiva, los requerimientos de riego para la época crítica, quedan como se muestra en el cuadro 9.

Cuadro 8. Cálculo de LLuvia Efectiva.

mes	pp (mm)	Coeficiente de aprovechamiento	pe (mm)	pe (cm)
enero	21.0	0.95	19.95	1.99
febrero	17.3	0.95	16.44	1.64
marzo	10.1	0.95	9.59	0.95
abril	98.2	0.65	63.83	6.38

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro 9. Requerimiento de riego en la Epoca Crítica

Mes	Et (cm)	Pe (cm)	Rr (cm)	Rr Acum. (cm)
Enero	8.54	1.99	6.55	6.55
febrero	14.39	1.64	12.75	19.30
marzo	14.59	0.95	13.64	32.94
abril	13.23	6.38	6.85	39.79

Fuente: Elaboración Propia.

5.10 AREA DONDE SE INSTALARA EL RIEGO Y CULTIVOS QUE SE REGARAN

La tierra con que cuentan el grupo de beneficiarios del proyecto financiado por (ASEDE) es de 4.41 ha las cuales estan arrendadas por diez años. En la aldea la Soledad, es tradicional sembrar, dadas las condiciones climáticas, agronomicas y sociales de la aldea, cultivos como el frijol (Phaseolus vulgaris L.), maíz (Zea Mays L.), chipilin (Crotalaria sp.), manía (Arachis hypogaea L.) y piña (Ananas comosus Mer).

Considerando las condiciones climáticas del área en estudio y que el costo del proyecto es elevado, se diseñó el riego para cultivos altamente rentables como lo son el Tomate (Lycopersicon esculentum Miller), chile pimiento (Capsicum sp.), papaya (Carica papaya L.) y melón (Cucumis melo L.). De los cultivos mencionados se tomó como base el

cultivo del tomate para los cálculos del diseño de riego.

5.11 VELOCIDAD DE INFILTRACION:

Para la determinación de la velocidad de infiltración se realizó una prueba por medio del método de infiltración de doble cilindro, en un punto del área de diseño, para efectos de cálculo se utilizó el modelo de Kostiakov, obteniéndose numéricamente. Los resultados se reflejan en el cuadro 10.

5.11.1 CALCULO DE LOS PARAMETROS DE LA ECUACION DE INFILTRACION

Siendo la ecuación $I = K\ t^n$ Su forma logaritmica es:

Log I = Log K + n log t, al dividir en dos grupos de nueve valores, los datos del cuadro diez, se tienen dos ecuaciones:

1) 10.434725 = 9 Log K + n 7.0382227

2) 6.5791371 = 9 Log K + n 17.2038370

Aquí nos encontramos en un caso de ecuaciones simultáneas y para obtener los valores de las dos incógnitas, se procede de la siguiente forma. primero multiplicar por (-1) la ecuación (2) tenemos:

$$\begin{array}{rl} & 10.434725 = 9\ \text{Log K} + n\ 7.0382227 \\ (-1) & -6.5791371 = -9\ \text{Log K} - n\ 17.2038370 \\ \hline & 3.8555879 = \qquad - n\ 10.165614 \end{array}$$

$$n = -\frac{3.8555879}{10.165614} \qquad n = -0.379$$

Segundo, sustituyendo el valor de n en la primera ecuación:

$$10.434725 = 9\ \text{Log K} + (-0.379)\ 7.0382227$$
$$10.434725 = 9\ \text{Log K} - 2.6674864$$

donde:

$$\text{Log K} = \frac{13.102211}{9} = 1.4558013 \text{ (antilogaritmo)} \quad k = 28.56$$

Sustituyendo los valores en la ecuación tenemos:

$I = 28.56\ t^{-0.379}$ donde:

I = Velocidad de infiltración en cm/hra
t = tiempo acumulado de infiltración en minutos.

Cuadro 10. Cálculo de las pruebas de infiltración, de la aldea La Soledad, San Lorenzo, Suchitepéquez.

Hora y Min	Intervalo muerto	Intervalo Min	tiempo Acumulado	Lectura en (cm)	Diferencia de lectura (cm)	infiltración en (cm)/hr	Log I.	Log t.	Suma Log. I	suma Log.t
14:20										
14:21		1'	1	1.25	1.25	75.0	1.8750613	0.00		
14:22		1'	2	1.5	0.25	15.0	1.1760913	0.30103		
14:23		1'	3	1.9	0.4	24.0	1.3802112	0.4771213		
14:24		1'	4	2.1	0.2	12.0	1.0791812	0.60206		
14:27		3'	7	3.0	0.9	18.0	1.2552725	0.845098		
14:30		3'	10	3.5	0.5	10.0	1.000000	1.000000		
14:33		3'	13	3.8	0.3	6.0	0.7781512	1.1139434		
14:35	2'		15	0.0						
14:40		5'	20	0.9	0.9	10.8	1.0334238	1.30103		
14:45		5'	25	1.5	0.6	7.2	0.8573325	1.39794	10.434725	7.0382227
14:50		5'	30	2.4	0.9	10.8	1.0334238	1.4771213		
14:55		5'	35	3.2	0.8	9.6	0.9822712	1.544068		
14:56	1'		36	0.0						
15:11		15'	51	1.5	1.5	6.0	0.7781512	1.7075702		
15:26		15'	66	3.1	1.6	6.4	0.8061799	1.8195439		
15:41		15'	81	4.1	1.0	4.4	0.6434526	1.908485		
15:42	1'		82	0.0						
16:12		30'	112	2.5	2.5	5.0	0.69897	2.049218		
16:42		30'	142	4.0	1.5	3.0	0.4771212	2.1522883		
16:43	1'		143	0.0						
17:11		30'	173	1.9	1.9	3.8	0.5797836	2.2380461		
17:41		30'	203	3.8	1.9	3.8	0.5797836	2.307496	6.5791371	17.203837

La infiltración básica se calculó por medio de la siguiente fórmula.

$$Ib = K\ t^{n}b$$

donde Ib = Infiltración básica

K = Constante

$t^{n}b$ = valor de n

$tb = -10\ (-0.379)$ $tb = 3.79$ horas = 227.4 minutos

$$Ib = 28.56\ (227.4)^{-0.379}$$

$Ib = 3.65$ cm/hra.

Los valores de infiltración calculada se muestran en el cuadro 11.

Cuadro 11. Valores de infiltración

Tiempo Acumulado	Infiltración en cm/hra
1	28.56
2	21.96
3	18.83
4	16.88
7	13.66
10	11.93
13	10.80
20	9.17
25	8.43
30	7.86
35	7.42
51	6.43
66	5.83
81	5.40
112	4.77
142	4.36
173	4.05
203	3.81

Fuente: Elaboración propia.

5.12 CALCULO DE LA LAMINA APROVECHABLE

La lámina de humedad aprovechable, es la lámina de agua que el suelo puede retener entre los límites de capacidad de campo y punto demarchitez permanente. Se calcula mediante la ecuación:

$$LHA = \frac{(phcc - Phpmp)}{100} \times Da \times Z$$

donde:

LHA = Lámina de humedad aprovechable del estrato (cm)

Phcc = Porcentaje de humedad a capaciadad de campo del estrato

Phpmp = Porcentaje de humedad a punto de marchitez permanente del estrato

Da = Densidad aparente del Estrato

Z = profundidad del estrato (cm)

Cuadro 12. Determinación de la Lámina de Humedad Aprovechable

Profundidad del suelo	Porcentaje de Humedad Capacidad de Campo	Punto de Marchitez Permanente	Da	LHA (cm)
0 - 25	36.40	19.96	1.239	5.09
25 - 50	29.81	13.26	1.435	5.94
			LHA Total	= 11.03

Fuente: Elaboración Propia.

5.13 DETERMINACION DE LA LAMINA DE RIEGO BRUTA

La lámina de riego bruta es la que se debe de aplicar después de la eficiencia de aplicación, sobre la lámina de riego neta. A su vez la lámina de riego neta se define como aquella que es necesario aplicar al cultivo en cada riego para mantener la humedad del suelo en tensiones adecuadas para hacer fácilmente aprovechables por el mismo.

$$Lb = \frac{Ln}{fA}$$

Donde:

Lb = lámina bruta (cm)

Ln = lámina neta (cm)

fA = eficiencia de aplicación (%)

Ln = Y (LHA)

Donde:

Ln = lámina neta (cm)

Y = porcentaje de lámina de agua aprovechable que puede permitirse sea usada por el cultivo sin que este se resienta.

Según Cruz (3). El tomate es medianamente susceptible a la falta de humedad por lo que se utiliza un 40 % de la lámina de agua aprovechable.

Ln = 0.40 (11.03 cm) Ln = 4.41 cm.

Las eficiencias de aplicación en riego por aspersión, varían de 0.70 en regiones áridas hasta 0.80 en climas fríos. En nuestro caso utilizaremos 75 % de eficiencia, la lámina bruta queda así:

Lb = 4.41 cm / 0.75

Lb = 5.88 cm

En resumen, la lámina que se aplicará cuando el suelo este llegando a PMP, es de 11.03 cm de lámina neta y 14.71 cm de Lámina bruta, la lámina que se aplicará cuando la humedad aprovechable baja hasta un 60 % es de 4.41 cm netos y 5.88 cm brutos.

5.14 DETERMINACION DEL CALENDARIO DE RIEGO

Con los datos obtenidos de requerimiento de riego y lámina de riego neta y bruta y los días correspondientes al ciclo vegetativo, se procede a calcular el calendario de riego de la manera siguiente.

En un eje de coordenadas, se plotean los valores de requerimiento de riego acumulado, en el eje de las Y, y los días de cada mes, correspondientes al ciclo vegetativo del cultivo, se plotean en forma acumulada en el eje de las X, obteniéndose la gráfica de requerimiento de riego acumulado. (Figura 1)

Cuadro 13. Datos para el cálculo del calendario de Riego

Mes	Rr (cm)	Rr Acum. (cm)	Días	Días Acum.
enero	6.55	6.55	31	31
febrero	12.75	19.30	28	59
marzo	13.63	32.93	31	90
abril	6.85	39.79	30	120

Fuente: Elaboración Propia.

Los riegos se iniciarán el 1 de enero, se asumió que el suelo está en PMP, se calculó el calendario de riego de la siguiente forma:

Se plotean los valores de la lámina neta del riego en el eje de las y, luego se procede a trazar líneas horizontales desde la lámina de riego hasta la gráfica de requerimiento de riego acumulado y del punto de intersección, se bajan líneas paralelas al eje Y hasta intersectar el eje de las X, estos puntos dan las fechas de cada riego, el número de días entre cada fecha de riego da el intervalo de riego. Al intervalo de riego más corto se le llama intervalo de riego crítico. Según puede apreciarse en la Figura 1. y cuyo resumen se presenta en el cuadro 14.

Cuadro 14. Resumen del calendario Gráfico de Riego

Riego	Fecha	Intervalo de Días
1	1 de enero	-------
2	12 de enero	12
3	25 de enero	13
4	7 de febrero	13
5	20 de febrero	13
6	5 de marzo	13
7	20 de marzo	15
8	1 de abril	12
9	16 de abril	15
10	29 de abril	13

Fuente: Elaboración propia.

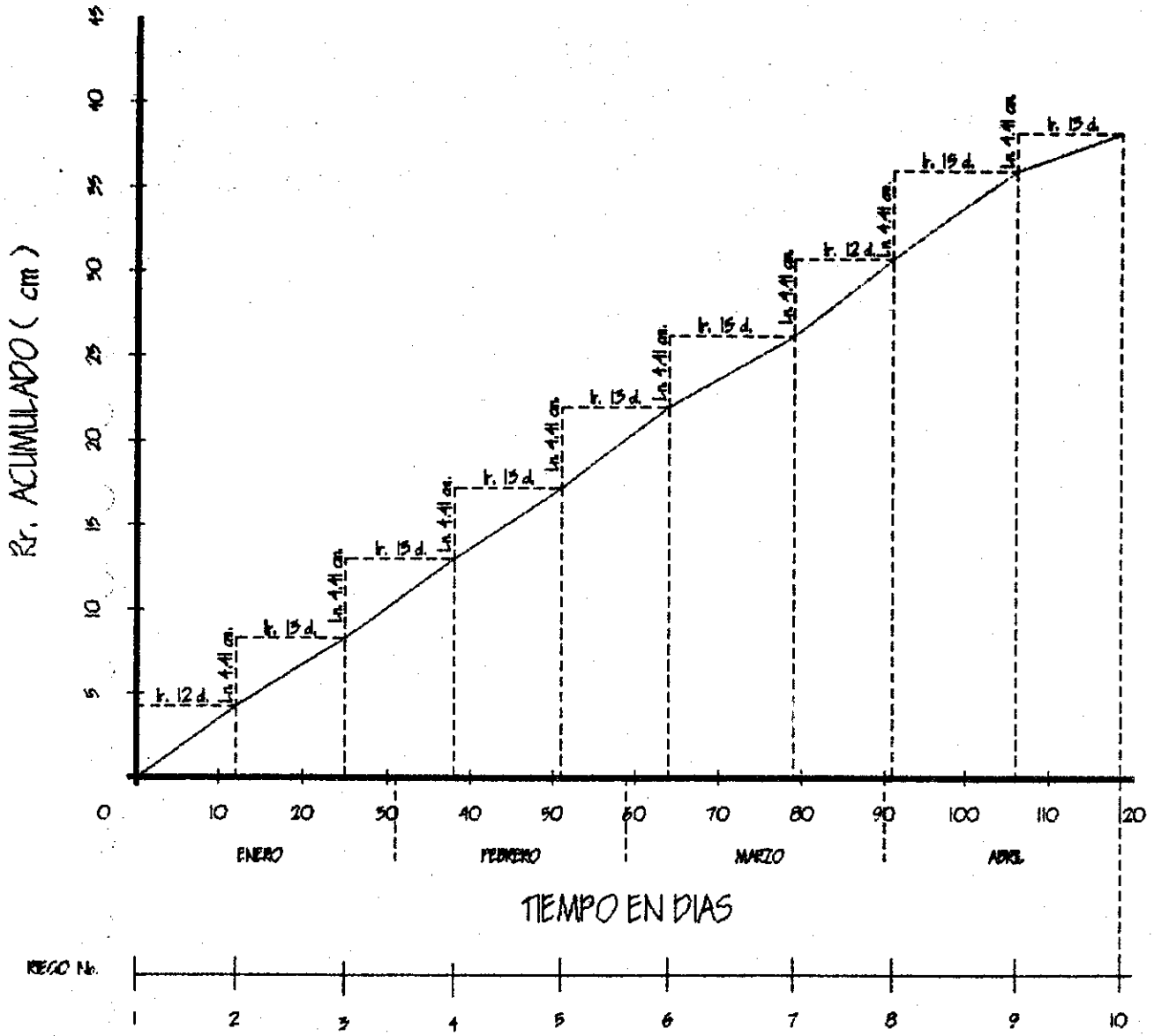

FIGURA 1. CALENDARIO GRAFICO DE RIEGO

6. DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION

Al tener los resultados que nos da el estudio para la introducción de riego por aspersión, dependiendo de las características, se calculó lo siguiente:

6.1 LUGAR DE CAPTACION DEL AGUA

Se selecciono el punto más cercano al área a regar y que mantiene un tirante hidráulico constante, durante la mayor parte del año, además el punto elegido muestra un punto seguro para poder proteger el equipo. La diferencia de nivel que existe entre el terreno y este punto es de 64.93 metros con una distancia de 140.0 mts. hasta la entrada del mismo. ver figura 3 y 5.

6.2 SELECCION DE ASPERSORES

- La infiltración básica (ib) es de 3.65 cm/hra
- La lámina de riego bruta (lb) es de 5.88. Al bajar en un 40 % la humedad aprovechable y considerando un 75 % de eficiencia de aplicación.
- El intervalo de riego mínimo o crítico (irc) es de 12 días el cual se da en el mes de marzo, según el calendario de riego calculado anteriormente.
- El tiempo de riego por día (trd) es de 16 horas.
- El tiempo de riego por turno (trt) es de 4 horas, considerando cuatro turnos diarios y dejando dos horas en cambio de posición.
- La intensidad de riego (ir) se calcula de la siguiente manera:

$$Ir = \frac{lb}{Trt} = \frac{58.8}{4\ hra.} = 15\ mm/hra \quad (0.60\ pulg./hra.)$$

- El tipo de aspersor a usar será el que tiene una presión de 40 PSI, de acuerdo al Cuadro 29 "A".
- Para determinar la separación entre aspersores y laterales, se efectuaron cálculos con diferentes separaciones determinandose el espaciamiento de 28.8 P (9 mts.) entre aspersores y de 28.8 P (9 mts.) entre laterales, como el distanciamiento más adecuado. Esto debido que puede cubrirse el área a regar en el tiempo estipulado y con un mínimo de laterales, al usar aspersores de mediana presión.
- Para calcular el caudal de cada aspersor se utiliza la siguiente fórmula:

$$Qa = \frac{Su \times Si \times Ir}{96.30}$$

Donde:

Su = Separación entre aspersores (pies)

SI = Separación entre Laterales (pies)

Ir = Intensidad de riego (pulg/hra)

$$Qa = \frac{28.8 \times 28.8 \times 0.60}{96.3} = 5.16\ GPM$$

Calculados los distanciamientos adecuados, así como el caudal requerido, por aspersor, se consultaron varias casas comerciales que distribuyen aspersores, que cumpliera con los requisitos calculados anteriormente, de esa forma se selecciono el siguiente: