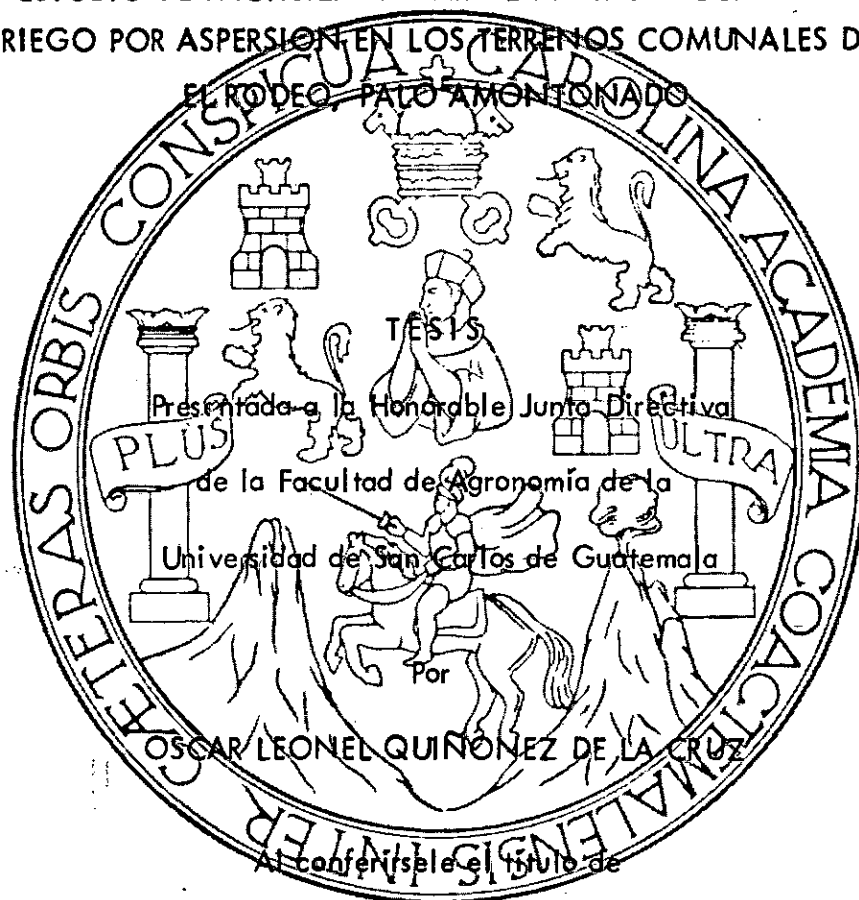


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA INTRODUCCION DE  
RIEGO POR ASPERSION EN LOS TERRENOS COMUNALES DE  
EL RODEO, PALO AMONTONADO



INGENIERO AGRONOMO

En el Grado Académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, Julio de 1982

DL  
01  
T(687)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

DR. EDUARDO MEYER MALDONADO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO:	Dr. Antonio Sandoval Sagastume
VOCAL PRIMERO:	Ing. Oscar René Leiva Ruano
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Gustavo Méndez Gómez
VOCAL TERCERO:	Ing. Fernando Vargas N.
VOCAL CUARTO:	Prof. Leonel Enriquez Durán
VOCAL QUINTO:	P.A. Roberto Morales Morales
SECRETARIO:	Ing. Carlos H. Fernández

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN  
GENERAL PRIVADO

DECANO:	Dr. Antonio Sandoval Sagastume
EXAMINADOR	Ing. Salvador Castillo Orellana
EXAMINADOR	Ing. Carlos Echeverría Escobedo
EXAMINADOR	Ing. Luis Ortíz Castillo
SECRETARIO a.i.	Ing. Negli R. Gallardo Pérez

Guatemala, 13 de Julio de 1982

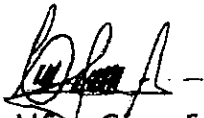
Doctor  
Antonio Sandoval  
Decano Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente.-

Señor Decano:

En atención al nombramiento recibido de esa decanatura, nos permitimos informar a usted que hemos asesorado y revisado el trabajo de tesis titulado "ESTUDIO DE FACILIDAD PARA LA INTRODUCCION DE RIEGO POR ASPERSION EN LOS TERRENOS COMUNALES DE EL RODEO, PALO AMONTONADO", desarrollado por el estudiante OSCAR LEONEL QUIÑONEZ DE LA CRUZ.

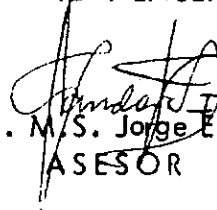
Consideramos que dicho trabajo cumple con los requisitos para ser presentado como tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo, y constituye además un aporte para el desarrollo de la agricultura bajo riego en Guatemala.

Atentamente,



Ing. Agr. MSc. Cesar E. Cisneros  
ASESOR

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Ing. Agr. M.S. Jorge E. Sandoval I.  
ASESOR

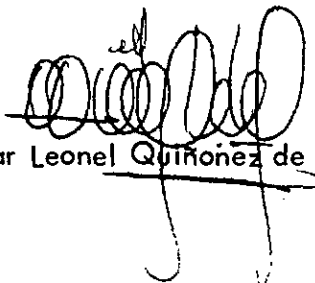
Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador

En cumplimiento con lo establecido en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, previo a optar el título de Ingeniero Agronomo en el Grado Académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas, expongo al criterio de ustedes el trabajo de tesis titulado:

"ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA INTRODUCCION DE  
RIEGO POR ASIERSION EN LOS TERRENOS COMUNALES DE  
EL RODEO, PALO AMONTONADO"

Esperando contar con la aprobación del mismo.

Respetuosamente,

  
Oscar Leonel Quirón de la Cruz

## ACTO QUE DEDICO

A: DIOS

A: mis Padres

Juan Francisco Quiñonez Corona  
Laura de la Cruz de Quiñonez

A: mi Esposa

María Dolores Monroy de Quiñonez

A: mi hijo

Oscar Alejandro

A: mis Hermanos

Francisco Javier  
Lesbia Consuelo  
Edgar Vinicio

A: mis Abuelas

Vitalina C. vdc. de Quiñonez  
Raymunda Estrada Quiñonez

A: mis familiares en general

A: la memoria de mis Amigos

Mynor Waldemar Archila Meléndez (QEPD)  
Robín Myron García Dávila (QEPD)

A: mis Compañeros y Amigos

A: la Familia

Monroy Ramos

A: la Familia

Paredes Osorio

DEDICO ESTA TESIS

A la Comunidad de Palo Amontonado,

El Progreso, Guastatoya

## RECONOCIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento al Ing. Agr. MSc. César E. Cisneros A. y al Ing. Agr. M.S. Jorge E. Sandoval Illescas, por la orientación, asesoría y revisión del presente trabajo de tesis.

A mi compañero y amigo Lucio Antonio Tobar, Jefe de la Unidad de Riego El Rancho-Júcaro y al personal de la misma, por su colaboración en la realización de la fase de campo.

A mi compañero y amigo Carlos Rolando Rosal, por su desinteresada ayuda en el estudio topográfico.

Al Ing. Agr. Salvador Castillo y P.A. Aníbal Sacbajá Galindo, por su colaboración en el estudio de suelos.

Al Lic. Rafael Gutierrez, por su orientación en la realización del análisis económico.

A la Región V de DIGESA, especialmente al personal del Departamento de Miniriego y conservación de suelos, por su apoyo en la fase de gabinete.

Al Sr. Juan Francisco Polanco, quien estuvo a cargo del trabajo mecanográfico.

A todas las personas que de una u otra manera, contribuyeron en la realización de este trabajo.

## CONTENIDO

Página

Indice de Cuadros y Gráficas

Indice del Apéndice

Resumen

1. Introducción	1
2. Justificación	2
3. Objetivos	3
3.1- Generales	3
3.2- Específicos	3
4. Revisión Bibliográfica	4
4.1- Situación del Riego por aspersión en Guatemala	4
4.2- Factores para el estudio de introducción de riego	5
4.2.1- Estudios Hidrológicos	5
4.2.2- Estudios Climáticos	5
4.2.3- Estudios Topográficos	5
4.2.4- Estudios de Suelos	5
4.2.5- Estudios Agronómicos	6
4.2.6- Estudios Socioeconómicos	6
4.3- El Riego por aspersión	6
4.3.1- Descripción	6
4.3.2- Ventajas del riego por aspersión	7
4.3.3- Desventajas del riego por aspersión	7
4.4- Procedimiento para el diseño de un sistema de riego por aspersión	8
4.5- Generalidades del área de influencia del estudio	9
4.5.1- Localización y extensión	9
4.5.2- Vías de comunicación	9
4.5.3- Aspectos físicos de la zona	10
4.5.4- Descripción de aspectos socio-económicos del área.	11



## CONTENIDO

	Página
5. Estudios Previos	13
5.1- Estudio topográfico	13
5.2- Estudio Climatológico	13
5.3- Estudio de suelos	14
5.3.1- Muestreo de suelos	14
5.3.2- Análisis físico-químico de los suelos	14
5.3.3- Determinación de las constantes de humedad del suelo	18
5.4- Estudio de disponibilidad y calidad del agua	18
5.5- Determinación del consumo de agua o Evapotranspiración	21
5.6- Determinación de los requerimientos de riego	24
5.7- Cultivos a regar	25
5.8- Velocidad de infiltración	25
5.9- Determinación de la lámina de humedad aprovechable	26
5.10 Determinación de la lámina de riego bruta	26
5.11 Determinación del calendario de riegos	27
6. Diseño del Sistema de riego	30
6.1- Captación	30
6.2- Selección de aspersores	31
6.3- Arreglo de líneas de distribución y entrega en el terreno	32
6.4- Cálculos generales y básicos de operación	32
6.4.1- Area a regar	32
6.4.2- Area a regar por día	32
6.4.3- Area de riego por turno	32
6.4.4- Area cubierta por lateral	32
6.4.5- Número de laterales por turno	33
6.4.6- Número de aspersores por lateral	33
6.4.7- Caudal por lateral y por turno	33
6.5- Diseño de laterales	33
6.5.1- Cálculo de pérdidas por fricción	33

## CONTENIDO

Página

6.5.2- Cálculo de pérdida permisible para elección del diámetro del lateral.	35
6.5.3- Carga requerida a la entrada del lateral	37
6.6- Diseño de la línea principal	37
6.7- Requerimientos de bombeo	38
6.7.1- Carga dinámica total	38
6.7.2- Potencia requerida	39
7. Especificaciones del Sistema	41
7.1- Especificaciones técnicas	41
7.1.1- De cultivo	41
7.1.2- De riego	41
7.2- Especificaciones de operación y manejo	42
7.3- Especificaciones del equipo y materiales	43
7.3.1- Bombeo	43
7.3.2- Succión	43
7.3.3- Descarga	44
7.3.4- Conducción	44
7.3.5- Distribución y entrega	44
8. Análisis Económico	46
8.1- Costos iniciales	46
8.1.1- Costo de equipo y materiales	46
8.1.2- Costos de readecuación de energía eléctrica	46
8.1.3- Costos iniciales totales	46
8.1.4- Costos iniciales por manzana	46
8.2- Costos anuales del sistema	47
8.2.1- Costos fijos	47
8.2.2- Costos variables (de operación)	48
8.2.3- Costo total anual del sistema	50
8.3- Costos de Producción	51
8.4- Ingresos estimados para 1982	53
8.5- Proyección de Costos e ingresos del proyecto	53
8.6- Evaluación Económica	54

## CONTENIDO

	Página
9. Conclusiones	60
10. Recomendaciones	62
11. Apéndice	63
12. Bibliografía	71

## INDICE DE CUADROS Y GRAFICAS

Cuadros		Página
1	Datos Climatológicos	14
2	Características químicas del suelo	15
3	Características físicas del suelo	17
4	Características físicas y de retención de humedad	18
5	Características químicas del agua muestreada	19
6	Determinación de la Evapotranspiración Real para tabaco ( <i>Nicotiana tabacum</i> )	23
7	Cálculo de lluvia efectiva	24
8	Requerimientos de riego	25
9	Determinación de la lámina de humedad aprovechable	26
10	Datos para calcular calendario de riegos	28
11	Resumen del calendario gráfico de riegos	28
12	Pérdidas por fricción en línea lateral según el diámetro del tubo.	34
13	Pérdidas por fricción en línea principal según el diámetro del tubo.	38
14	Potencia requerida en el bombeo utilizando diferentes diá- metros de tubería principal	39
15	Amortización del préstamo y servicios de interés al 8% sobre capital no reembolsado.	47
16	Costos totales anuales por manzana del sistema de riego	51
17	Costos de producción estimados para 1982, por manzana	52
18	Producciones e ingresos estimados para 1982, por manzana	53
19	Proyección de costos e ingresos por manzana durante la vida útil del proyecto.	55
20	Flujo de fondos, costos y tasa interna de retorno, por manzana.	57
21	Análisis de sensibilidad considerando un incremento del 10% de los costos totales por manzana.	58
22	Análisis de sensibilidad considerando un decremento del 10% en los ingresos, por manzana.	59

Gráficas		Página
1	Calendario gráfico de riegos	29
2	Plano de curvas a nivel	45/1
3	Operación del proyecto	45/2
4	Detalle de tubería portátil de aluminio	45/3
5	Perfil de la línea de conducción y ubicación de bombeos	45/4

### Índice del Apéndice

Gráficas		
1	Diagrama de clasificación de aguas de riego	64
Tablas		
1	Tasas máximas de aplicación para riego por aspersión en diferentes suelos, pendientes y condiciones de cobertura.	65
2	Coefficiente de aprovechamiento de la lluvia	65
3	Clasificación de aspersores y la adaptabilidad	66
4	Separación entre aspersores y entre laterales de acuerdo a la velocidad del viento.	67
5	Coefficiente de fricción según las características del material del tubo.	67
6	Factor (F) para calcular pérdidas por fricción en tubería con salidas múltiples.	68
Anexos		
1	Características del Aspersor	69
2	Curva característica de la bomba.	70

## RESUMEN

Con el objeto de contribuir a la solución de uno de los principales problemas socio económicos de la aldea Palo Amontonado, municipio de El Progreso cabecera, constituido por la carencia de tierra adecuadamente cultivable, se efectuó el estudio de factibilidad para la introducción de riego en los terrenos de El Rodeo. Estos terrenos de aproximadamente 25 ha de extensión, pertenecen a dicha comunidad, y han permanecido inutilizados debido al aporte escaso y mal distribuido de la lluvia en la zona y a la carencia de riego.

Se efectuaron los estudios preliminares necesarios y se determinó que es técnicamente factible la introducción de riego en 22,7 manzanas. Debido a las condiciones existentes, principalmente las topográficas y edáficas del área de estudio, el método de riego por aspersión se consideró como el más adecuado. De acuerdo a la disponibilidad y calidad del agua, el río Motagua es adecuado como fuente de agua para el proyecto.

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

Los costos iniciales totales del sistema ascienden a Q 84,500.00 con un costo unitario de Q 3,674.00 por manzana. 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 10 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 función social que significaría para la comunidad, determinándose así su factibilidad económica y su conveniencia social.

Se recomienda la realización de un estudio definitivo del proyecto, para complementar los objetivos de este trabajo y tomar algunas consideraciones necesarias en caso de llevarse a cabo el mismo.

## 1. INTRODUCCION

Guatemala es uno de los muchos países que basan una gran parte de su economía en actividades relacionadas con la agricultura. Este renglón económico sin embargo, no ha cobrado hasta ahora un desarrollo proporcional a la potencialidad que sustenta, ya que la disponibilidad de los recursos suelo y agua en nuestro medio rebasa las necesidades presentes de producción.

No se ha dado en el país casi ninguna atención a la promoción del incremento de l área de cultivo bajo irrigación, especialmente en zonas habitadas por pequeños productores con características de minifundistas. Dichos productores, tienen la gran responsabilidad de contribuir a la demanda interior de productos agrícolas. Destaca la zona nor-oriental en la que se observa un aporte anual de humedad muy deficiente y mal distribuido, lo cual viene a limitar en gran medida la utilización del recurso suelo. Se plantea en ese sentido la realización del presente estudio encaminado a proveer a la comunidad de Palo Amontonado, El Progreso Guastatoya, la oportunidad de contar con una nueva área de cultivo bajo riego.

## 2. JUSTIFICACION

La realización de este estudio se considera de importancia para el país, ya que estará contribuyendo a un mejor aprovechamiento de los recursos naturales.

Este proyecto está encaminado a constituir un trabajo piloto en el área, en vista de que el riego por aspersión es una técnica poco experimentada en nuestro medio y representa una alternativa para mejorar los resultados aportados hasta ahora por el tradicional riego por gravedad. En la mayoría de las unidades de riego de Guatemala, se utiliza el método de riego por gravedad con una eficiencia de aplicación muy baja lo cual trae como consecuencia que las áreas en operación sean menores que las áreas proyectadas.

En el presente caso, debido principalmente a las condiciones topográficas y edáficas del área de estudio, no es conveniente utilizar el sistema de riego por gravedad.

Por lo anterior se propone el método de riego por aspersión, el cual operado bajo condiciones de sistema comunal constituiría una interesante experiencia en la zona.

La importancia del trabajo para la comunidad de Palo Amontonado es evidente, debido a que contribuirá a la incorporación de ésta área comunal al proceso productivo, lo que se traducirá en un incremento en los ingresos de los agricultores.



### 3. OBJETIVOS

#### 3.1- Generales

- a. Proporcionar la información necesaria para brindar a los vecinos de la Aldea Palo Amontonado la oportunidad de contar con un sistema de riego que permita la habilitación de los terrenos comunales de El Rodeo, lo cual contribuirá a la solución de la problemática socioeconómica de la comunidad.

#### 3.2- Específicos

- a. Ejecución de los estudios de factibilidad, técnicos y económicos, para la inroducción de agua de riego en los terrenos comunales.
- b. Determinación de los requerimientos de equipo y materiales necesarios, así como las normas y costos de establecimiento y operación del sistema de riego por aspersión para dicha área.

#### 4. REVISION BIBLIOGRAFICA

##### 4.1- Situación del riego por aspersión en Guatemala

En la actualidad es muy limitada en Guatemala, la información sobre el desarrollo del riego por aspersión. Para el Sector Público, el informe de 1980 del departamento de Conservación de Suelos y Mini-riego de DIGESA menciona que los sistemas de mini riego realizados por el equipo de las regiones I y V, han causado un buen impacto en las zonas donde están localizados. Habiéndose concluido hasta 1980, los estudios de 12 sistemas de riego por aspersión, los cuales en su mayoría se encuentran en operación actualmente.

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.

Para el Sector Privado, Alvarez (1981), muestra que este método de riego en nuestro país, está distribuido con unas 7 000 ha en la costa sur, en cultivos como pastos y caña de azúcar; 2000 ha en el oriente, en cultivos de hortalizas y café; y aproximadamente 800 ha en el altiplano, de las cuales unas 540 ha son a nivel de pequeño agricultor, utilizándose en cultivos como flores, café, hortalizas y frutales.

En conclusión, puede decirse que han sido pocos los agricultores que han incorporado por sí solos la técnica de riego por aspersión a sus cultivos. A través de la ayuda estatal, como parte del Plan Nacional de Desarrollo Agrícola a partir de 1975 se ha logrado un desarrollo, aunque incipiente, de este sistema de riego.

#### 4.2- Factores para el estudio de introducción de riego

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

##### 4.2.1- Estudios Hidrológicos

Se deberá considerar básicamente la disponibilidad y potencialidad de los recursos hídricos del área. El estudio deberá incluir épocas de creciente y estiaje, gastos máximos y mínimos, así como la calidad del agua de las fuentes disponibles.

##### 4.2.2- Estudios Climáticos

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

##### 4.2.3- Estudios Topográficos

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 y distribución.

##### 4.2.4- Estudio de Suelos

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

#### 4.2.5- Estudios Agronómicos

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 a la cantidad y conformación de las parcelas.

#### 4.2.6- Estudios Socioeconómicos

El recurso humano es uno de los principales 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 y emigraciones. También interesa conocer sobre la tenencia de la tierra, la actitud al cambio, las necesidades, recursos e intereses de las personas que participarán del proyecto.

En relación a lo económico, cada alternativa técnica implica una alternativa económica. Para determinar la factibilidad económica del proyecto, comúnmente se adoptan cualquiera o todos los coeficientes de evaluación siguientes: relación beneficio-costos, tasa interna de rendimiento y exceso de beneficios sobre costos.

### 4.3- El riego por Aspersión

#### 4.3.1- Descripción

En el riego por aspersión, se simula la lluvia en todos sus aspectos, con una excepción importante, la lluvia simulada puede controlarse en tiempo y en intensidad. Es un método basado en el principio de que el agua se suministra bajo presión a través de tuberías que se acoplan con aspersores que van montados a distancias regulares. Las diversas características de flujo y distribución de éstos aspersores, hacen adaptable

el sistema de aspersión a una amplia gama de condiciones agrícolas.

#### 4.3.2- Ventajas del riego por Aspersión

Varios autores (Keller, 1980; Israelsen y Hansen, 1979; Pair, 1975)

señalan que el riego por aspersión presenta las siguientes ventajas:

1. Una pequeña y continua corriente de agua puede ser usada eficientemente.
2. La escorrentía y la erosión pueden ser eliminadas.
3. Suelos problema con texturas medias pueden ser irrigados adecuadamente.
4. Suelos poco profundos que no pueden ser nivelados sin resultados de gradantes, pueden ser irrigados sin nivelación.
5. Terrenos empinados y escarpados pueden regarse fácilmente.
6. Riegos ligeros y frecuentes pueden aplicarse eficientemente.
7. Una alta eficiencia de aplicación puede ser obtenida mediante un adecuado diseño y operación.
8. El riego excesivo que puede conducir a una elevación de los niveles freáticos puede evitarse casi por completo.
9. El riego puede programarse más fácilmente de acuerdo con las necesidades de las plantas, la textura del suelo y la profundidad.
10. Fertilizantes y algunos pesticidas pueden ser aplicados con el riego.
11. La operación es más fácil y se ocupa menos mano de obra.

#### 4.3.3- Desventajas del riego por Aspersión

Los autores mencionados, señalan para el sistema de riego por aspersión los siguientes inconvenientes:

1. Altos costos iniciales.
2. Los costos de operación son generalmente mayores que con otros métodos de riego.
3. Flujos grandes entregados intermitentemente no son económicos.
4. Los aspersores no están bien adaptados para suelos que tengan una infiltración menor de 0.40 cm/hora.
5. Lugares excesivamente secos y con mucho viento provocan bajas eficiencias en este sistema.

6. Agua con más de 3 miliequivalentes por litro de Boro y Cloro pueden causar inconvenientes debido a que estos iones pueden ser absorbidos por algunos cultivos y causar toxicidad.
7. Altas concentraciones de bicarbonatos en el agua de riego afecta la calidad de las cosechas.
8. Se pierde más agua por evaporación que con los métodos de riego superficiales.
9. Mayor problema con enfermedades fungosas en la parte aérea de la planta.
10. Puede haber daño en las flores y frutos de las plantas.

#### 4.4- Procedimiento para el diseño de un sistema de riego por aspersión

El Manual Nacional de Ingeniería del Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos, en su capítulo 11, sección 15 (18) señala que en el procedimiento para la planeación de un sistema de riego por aspersión, debe seguirse un número de pasos determinados y definidos, que en forma resumida se señala a continuación:

1. Realizar un inventario de los recursos disponibles, suelos, topografía, abastecimiento de agua, fuente de energía, cultivos y programación de administración agrícola.
2. Determinar en base a las relaciones agua-suelo-planta, la altura o cantidad de agua que debe aplicarse en cada riego (lámina de riego).
3. Determinar la frecuencia uso-diseño del riego, o el período de riego más corto.
4. Determinar los requisitos de capacidad del sistema.
5. Establecer el gasto óptimo para aplicar el agua.
6. Determinación del tipo de aspersores requeridos.
7. Establecer el espaciamiento de los aspersores, la descarga, tamaños de boquillas y la presión necesaria.
8. Determinar el número de aspersores operados simultáneamente.
9. Determinar el mejor trazo de la tubería principal y laterales para la operación simultánea del número aproximado de aspersores.
10. Hacer los ajustes finales necesarios para cumplir las condiciones que impone el trazo.

11. Determinar los diámetros necesarios de la tubería lateral.
12. Determinar la presión total máxima para cada tubería lateral.
13. Determinar los diámetros necesarios en la tubería principal.
14. Revisar los diámetros necesarios de la tubería principal, con el fin de economizar fuerza motriz.
15. Determinar las condiciones de operación máxima y mínima.
16. Seleccionar la unidad de fuerza motriz y de bombeo para obtener la máxima eficiencia de operación, dentro de las condiciones existentes.

La anterior constituye una guía general que puede seguirse para el diseño de un sistema de riego por aspersión, la cual puede modificarse y adaptarse a las condiciones y recursos existentes.

#### 4.5- Generalidades del Area de influencia del Estudio

Datos generales sobre el área de estudio y su área de influencia, han sido reportados por Tobal (1981) y Quiñonez (1981) y se discuten a continuación:

##### 4.5.1- Localización y Extensión

El Rodeo pertenece a la Aldea Palo Amontonado, Municipio de El Progreso, Departamento de El Progreso. Situada a 81 km de la capital, sobre la carretera al Atlántico. Le corresponden las coordenadas 14°53' latitud norte y 90°06' longitud oeste, ubicándose a una altitud de 380 m sobre el nivel del mar. Los terrenos ocupan una superficie de 30 ha aproximadamente y están situados a 2 km al oeste de la Aldea.

##### 4.5.2- Vías de comunicación

Una carretera de terracería, cuyo entronque se ubica a la altura del kilómetro 76 de la ruta al Atlántico, constituye la única vía permanente de comunicación hacia la aldea Palo Amontonado. Esta carretera continúa hacia la Finca San Marcos, debiendo pasar por el terreno denominado El Rodeo para llegar a ella, por lo que también se cuenta con comunicación hacia dicha área en forma permanente.

#### 4.5.3- Aspectos físicos de la zona

##### a. Ecología

De acuerdo a la clasificación de las zonas de vida vegetal de Holdrige, la aldea se ubica dentro de la región Trópica muy seca (ahora sub-tropical muy seca), la cual ocupa el 1.5% del área total de la república y abarca en su mayor parte los alrededores del río Motagua.

##### b. Climatología

La región de estudio, se encuentra dentro de las partes más secas y calurosas del departamento y de la república. Los elementos que definen el clima regional de acuerdo a la clasificación de zonas de vida vegetal antes mencionada, se resumen a continuación.

La precipitación pluvial es escasa y mal distribuida alcanzando un promedio anual de 805 mm. La temperatura media anual es de 27.5 °C, con una mínima promedio de 19 °C y una máxima promedio de 34 °C.

La humedad relativa presenta un promedio anual de 62% con un mínimo de 55% y un máximo de 69%. Los vientos son moderados, alcanzando velocidades que no exceden de 10.2 km/hora con dirección Nor-noreste. La evapotranspiración potencial se considera en 1600 mm anuales, con un déficit anual de agua de 1000 mm abarcando 9 meses de déficit de agua al año.

##### c. Hidrología

La aldea cuenta con un único recurso de agua, constituido por el río Motagua, que mantiene un caudal promedio de 65 m<sup>3</sup>/seg el cual se encuentra dentro de la vertiente del mar de las Antillas.

##### d. Fisiografía

Corresponde a la División fisiográfica de la altiplanicie central, incluyendo una parte dentro de la región fisiográfica de la depresión del Motagua, otra parte de complejo montañoso plegado y fallado y algunas llanuras interiores, dentro de las cuales se cuenta los terrenos de El Rodeo..



#### e. Vegetación

La mayor parte del área, probablemente estuvo bajo bosque antiguamente, pero se ha reducido a una vegetación de maleza a causa de las limpiezas y rozas frecuentes, a la tala inmoderada de especies maderables y al pastoreo excesivo e incontrolado. Gran parte de la vegetación actual es xerofítica, siendo comunes las especies de cactus. Existe además algunas especies maderables casi en extinción, como el Guayacán, Upay, Aripíñ, yaje y otros.

#### f. Uso actual de la tierra

La agricultura es la principal actividad en el uso de la tierra, encontrándose cultivos como maíz, hortalizas de clima cálido, ajonjolí, tabaco, cítricos y árboles frutales.

En cuanto a la ganadería, no se dedica un área específica para su explotación, sino más bien se hace en forma doméstica, existiendo algo de ganado vacuno, caballar, mular y caprino.

El resto del área, excluyendo la parte habitada que ocupa aproximadamente el 5% del área total, está inutilizada en un alto porcentaje, debido a las condiciones degradantes en las que se encuentra el suelo por efecto de la erosión principalmente. Aún persiste una pequeña porción de bosque en la parte más alta, así como algunas llanuras interiores que pueden ser objeto de explotación, pero que no están siendo utilizadas por la falta de agua de riego, tal es el caso de los terrenos de El Rodeo.

#### 4.5.4- Descripción de aspectos socio-económicos del área

En 1980, el número de habitantes en la aldea Palo Amontonado era de 316 y existían un total de 70 familias. Se cuenta en la actualidad con una escuela de tipo rural mixta, en la que se imparten los seis grados de enseñanza primaria. Aproximadamente 50% de los habitantes son alfabetos, 25% son de edad escolar y el 25% restante son analfabetas.

Se considera que el 30% de la población es económicamente activa, ocupándose la mayoría en labores agrícolas. Las corrientes migratorias originadas por la falta de trabajo, son observadas frecuentemente, especial

mente hacia las costas del país y a la capital. Otro grupo de gente obtiene sus ingresos por venta de leña que cortan en los alrededores. La mayor parte de los habitantes obtienen un ingreso medio anual muy bajo.

Son muy pocos los agricultores que poseen tierra en propiedad, algunos son arrendatarios y muchos no se dedican a la agricultura por no tener tierra propia para trabajarla, debiendo dedicarse a otras actividades que muchas veces los aleja de su hogar y su familia.

En la comunidad funciona un proyecto de riego, mediante un sistema mixto de bombeo-gravedad, cubriendo un total aproximado de 30 ha el cual beneficia únicamente a unas 20 familias.

Existe instalación monofásica de energía eléctrica y está en proyecto la instalación del agua potable. Se cuenta con muy poca asistencia por parte de las instituciones estatales.

Los servicios de asistencia técnica pecuaria, educación y otros, son muy deficientes. No se cuenta con asistencia social, especialmente servicios de salud.

Los terrenos de El Rodeo, fueron donados a la comunidad hace muchos años, según versiones de algunos de los vecinos quienes dicen que dicha área perteneció anteriormente a una finca de ganado denominada Santa Rosita, cuyo propietario cedió el área de El Rodeo y algunas otras a la comunidad de Palo Amontonado. Sin embargo no se cuenta con ningún tipo de documento que pueda amparar dicha situación.

## 5. ESTUDIOS PREVIOS

### 5.1 Estudio Topográfico

Se efectuó primeramente un caminamiento para delimitar el área disponible para riego. Luego se hizo un levantamiento de la misma utilizando teodolito, cinta y estadia. La determinación del área se hizo por el método de Pensilvania, obteniéndose un área de 23.9 ha equivalentes a 34.1 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 cuadrícula con separación de 30 metros entre estacas. Seguidamente se elaboró el mapa de curvas a nivel, con una equidistancia vertical entre curvas de 0.5 metros y una escala horizontal de 1:1000, obteniéndose un área nivelada de 17.1 ha (24.4 mz) área menor que la obtenida en el levantamiento planimétrico, en vista de que el área total incluía algunos cerros y quebradas, las cuales no se nivelaron. Del área nivelada se delimitaron 15.9 ha (22.7 mz) para la instalación del riego por aspersión. El resto del área nivelada no es conveniente de regarse por las condiciones edáficas muy deficientes, sin embargo, podría aprovecharse para semilleros y galeras de secado de tabaco. Ver Gráfica No. 2

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 está 134.6 metros arriba de la fuente de agua. Ver Gráfica No. 5

### 5.2 Estudio Climatológico

Se consultaron los registros climatológicos del INSIVUMEH, para elegir entre las estaciones existentes aquella que tuviera las características afines a la zona de estudio. Se determinó que la más adecuada es la estación tipo "B", ubicada en el municipio de Morazán, departamento de El Progreso. Para fines del cálculo de evapotranspiración y requerimientos de riego, se recopilaron los registros que se muestran en el Cuadro No. 1

## CUADRO No. 1

## DATOS CLIMATOLOGICOS

ESTACION : 12.3.1      NOMBRE : Morazón      LATITUD : 14°56'  
 LONGITUD: 90°09'      ELEVACION: 360 msnm      AÑOS REGISTRO: 8 (1972-79)

	TEMPERATURA MEDIA (°C)	TEMPERATURA MAXIMA MEDIA (°C)	PRECIPITACION PLUVIAL (mm)	HUMEDAD RELATIVA (%)
Enero	25.2	32.8	9.7	60
Febrero	26.0	33.9	1.3	55
Marzo	28.6	36.3	17.5	51
Abril	29.4	37.0	16.0	51
Mayo	29.4	36.2	121.7	57
Junio	27.7	33.4	158.4	68
Julio	27.6	34.0	78.3	65
Agosto	27.9	34.5	86.9	64
Septiembre	27.2	33.6	141.3	69
Octubre	26.6	32.6	131.2	69
Noviembre	26.3	33.0	33.7	65
Diciembre	25.3	32.7	9.6	62
ANUAL	27.3	34.2	TOTAL=805.6	61

Fuente: INSIVUMEH

### 5.3 Estudio de Suelos

#### 5.3.1 Muestreo de suelos

Con el fin de efectuar los análisis para caracterizar los suelos del área, se realizaron una serie de muestreos a una profundidad de un metro, utilizando un barreno tipo Holandés. Con el objeto de delimitar las áreas que por sus características determinarán la localización de una calicata para efectuar un muestreo detallado. En base a lo anterior, en cuatro sitios representativos se procedió a excavar calicatas de un metro por lado y un metro de profundidad.

#### 5.3.2 Análisis físico químico de los suelos

De cada horizonte definido en las calicatas se obtuvo una submuestra a fin de obtener al final una muestra de cada horizonte representativa de toda el área. Las muestras fueron enviadas al laboratorio de suelos del ICTA para su análisis físico-químico respectivo. Los resultados se muestran en los Cuadros No. 2 y No. 3.

CUADRO No. 2

CARACTERISTICAS QUIMICAS DEL SUELO

Muestra No.	Profundidad cms.	% M.O.	Meq./100 grs. de suelo (intercambiable)							pH	ppm (disponible)		Meq./100 grs. suelo (disponible)	
			CTI	Ca	Mg	Na	K	H	%SB		P	K	Ca	Mg
1	0 - 10	1.04	25.75	17.14	5.36	0.40	2.52	0.33	98.72	7.4	6.50	490	12.96	4.02
2	10 - 25	0.76	28.01	17.30	5.76	0.55	4.31	0.99	96.46	7.7	8.00	635	11.22	3.73
3	25 - 35	1.46	24.78	34.32	8.16	3.57	6.76	--	100.00	9.4	2.25	820	29.04	4.56
4	35 - 85	0.82	19.16	11.00	4.26	2.21	4.67	--	100.00	8.7	30.00	940	7.43	3.04
5	85 - 100	0.40	6.10	22.13	2.17	1.25	2.74	--	100.00	9.8	5.50	540	30.00	2.55

Análisis efectuado por el Laboratorio de Suelos del ICTA, Ministerio de Agricultura.

Con base en los resultados del análisis químico de laboratorio podemos inferir, en primer lugar, que debido al alto porcentaje de saturación de bases, no se ha dado una mayor adsorción de iones  $H^+$ , lo que determina que el pH sea 7 ó mayor.

Los niveles de las bases (cationes) se consideran adecuados y satisfacen el CTI, lo cual se observa en el alto porcentaje de saturación de Bases.

Los elementos disponibles (K, Ca y Mg), son adecuados. Observándose, sin embargo, que el Fósforo se encuentra en un nivel bajo hasta los 35 cm de profundidad.

Los niveles de materia orgánica son bajos, pues no alcanzan el 5%, considerado como el nivel adecuado.

Puede notarse, asimismo, que a partir de los 25 cm de profundidad el Na se presenta en niveles que pueden representar un grado de peligrosidad significativa.

Las condiciones químicas del suelo, o sea, los niveles de sus nutrimentos indican que es un suelo fértil.

No obstante, al analizar su pH, ciertos desbalances entre sus cationes y la alta concentración de bases a ciertas profundidades, especialmente Ca y Na, en relación con su textura, puede ocasionar que su productividad sea baja o se vuelvan improductivos si no se les da un manejo adecuado.

Para asegurar su productividad, es necesario efectuar un estudio de suelos, más profundo, con el fin de determinar la conveniencia o necesidad de reemplazar las bases con exceso, para dar lugar a la adsorción de más iones  $H^+$  y así bajar el pH, cosa que no sería difícil de lograr, en vista de que se cuenta con una fuente de agua que muestra una buena calidad para riego y la cual puede usarse perfectamente en caso de necesidad de lavado. En este estudio es conveniente también, poner énfasis en el análisis de las características del drenaje, ya que su buena condición es indispensable a la hora de realizar enmiendas por lavado.

Es conveniente también, efectuar algunas investigaciones en las que se incluyan ensayos con cultivos en el terreno, evaluando su respuesta a la aplicación de ciertos nutrimentos, especialmente el Fósforo.

CUADRO No. 3

## CARACTERISTICAS FISICAS DEL SUELO

Muestra No.	Profundidad cms.	% Arcilla	% Limo	% Arena	Clase Textural
1	0 - 10	32.94	35.74	27.32	Franco Arcilloso
2	10 - 25	26.82	57.05	16.13	Franco Arcilloso Limoso
3	25 - 35	20.43	59.16	20.41	Franco Limoso
4	35 - 85	12.61	67.79	12.60	Franco Limoso
5	85 - 100	4.66	36.81	58.53	Franco Arenoso

Análisis efectuado por el Laboratorio de Suelos del ICTA, Ministerio de Agricultura.

### 5.3.3 Determinación de las constantes de humedad del suelo

Para determinar las constantes de humedad del suelo, se procedió a tomar muestras a cada 30 cm de profundidad, hasta los 90 cm. En las calicatas se obtuvo una submuestra de cada profundidad, hasta tener tres muestras compuestas (de 4 submuestras cada una). Las muestras fueron enviadas al laboratorio de suelos de DIRENARE para su análisis. Los resultados se presentan en el cuadro No. 4, en el cual puede observarse que los resultados sobre la clase textural de los suelos, coinciden con los del cuadro No. 3, obtenidos por el laboratorio de suelos del ICTA.

CUADRO No. 4

#### CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y DE RETENCIÓN DE HUMEDAD

MUESTRA No.	PROFUNDIDAD (cms)	TEXTURA	DENSIDAD APARENTE	HUMEDAD DEL SUELO	
				1/3 ATM.	15 ATM.
1	0 - 30	Franco Arcilloso	1.1780	38.38	23.24
2	30 - 60	Franco Limoso	1.1920	35.32	16.41
3	60 - 90	Franco Arenoso	1.2160	30.03	10.53

Análisis efectuado en el laboratorio de suelos de DIRENARE, Ministerio de Agricultura.

### 5.4 Estudio de disponibilidad y calidad de agua

Según datos del INSIVUMEH, el río Motagua, que constituye la fuente de agua disponible mantiene un caudal promedio anual de  $65 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , con un caudal máximo instantáneo promedio de  $235 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , en el mes de septiembre y un caudal mínimo promedio de  $7.76 \text{ m}^3/\text{seg}$  en el mes de marzo.

Una muestra obtenida de la fuente, en el sitio probable de bombeo, fue enviada al laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería para su análisis químico, obteniéndose los resultados que se presentan en el cuadro No. 5.



## CUADRO No. 5

## CARACTERISTICAS QUIMICAS DEL AGUA MUESTREADA

pH : 8.3  
 CE x 10<sup>6</sup> a 25 °C : 210 micromhos/cm  
 Sólidos en suspensión : 19.00 mg./litro

<u>CATIONES</u>	<u>(meq./lt.)</u>	<u>ANIONES</u>	<u>(meq./lt.)</u>
Ca <sup>++</sup>	1.2	Cl <sup>-</sup>	0.018
Fe <sup>+</sup>	0.021	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	0.533
Mg <sup>++</sup>	0.880	HCO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	1.573
Na <sup>+</sup>	0.820	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.001
K <sup>+</sup>	<u>0.110</u>	NO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	0.017
		PO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	0.063
		SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	0.171
		F	<u>0.018</u>

La clasificación química 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 su calidad con fines de riego.

A. Clasificación química según Manual 60 del USDA (2)

El cual toma en cuenta únicamente la relación de adsorción de sodio (RAS) y la conductividad eléctrica. Para efectuar la clasificación del agua se usó el diagrama de clasificación de aguas de riego por su conductividad eléctrica y su RAS. (Ver apéndice).

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}} = \frac{0.820}{\sqrt{\frac{1.2 + 0.880}{2}}} = 0.80$$

CE x 10<sup>6</sup> a 25 °C : 210 micromhos/cm

RESULTADO: agua de clase C<sub>1</sub> S<sub>1</sub> que se considera de buena calidad para riego.

## B. Clasificación química por el Método de la Universidad de Chapingo, México

Este toma en cuenta tres criterios para la clasificación química del agua para riego:

- Contenido de sales solubles.
- Efecto probable del sodio sobre las propiedades físicas del suelo.
- Contenido de elementos tóxicos para las plantas.

### PROCEDIMIENTO

- Cálculo de  $(\text{CO}_3 + \text{HCO}_3)$  respecto de la suma de aniones:

<u>ANIONES</u>	<u>(meq/lit)</u>	<u>CATIONES</u>	<u>(meq/lit)</u>
$\text{Cl}^-$	0.018	$\text{Ca}^{++}$	1.2
$\text{CO}_3^{\equiv}$	0.533	$\text{Mg}^{++}$	0.880
$\text{HCO}_3^{\equiv}$	1.573	$\text{Na}^+$	0.820
$\text{SO}_4^{\equiv}$	<u>0.171</u>	$\text{K}^+$	<u>0.110</u>
SUMA	<u>2.295</u>	SUMA	<u>3.01</u>

$$\frac{\text{CO}_3 + \text{HCO}_3}{2.295} \times 100 = \frac{2.106}{2.295} \times 100 = 91.8 \%$$

- Como es mayor del 20%, se usarán los índices respectivos para aguas con más del 20% de  $(\text{CO}_3 + \text{HCO}_3)$ . Como  $\text{CE} \times 10^6$  es menor de 250 micromhos/cm, ya no se clasifica por RAS. El agua será buena para riego si:

SE es menor de 3 meq/lit; SP es menor de 3 meq/lit; CSR es menor de 1.25 meq/lit; Boro es menor de 0.3 ppm y cloruros sean menores de 1 meq/lit.

- 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:

$$\text{SE} = \text{suma de cationes} - (\text{Ca} + \text{Mg})$$

Entonces:

$$\text{SE} = 3.01 - (1.2 + 0.880)$$

$$\text{SE} = 0.93 \text{ meq/lit} < 3 \text{ meq/lit}$$

d. Para salinidad potencial (SP)

$$SP = Cl + 1/2 SO_4^{=}$$

$$SP = 0.018 + 0.171/2$$

$$SP = 0.1035 < 3 \text{ meq/lit}$$

$$\text{i3n cloro} = 0.018 \text{ meq/lit} < 1 \text{ meq/lit}$$

e. Para carbonato de sodio residual (CSR)

$$CSR = (CO_3 + HCO_3) - (Ca + Mg)$$

$$CSR = (0.533 + 1.573) - (1.2 + 0.88)$$

$$CSR = 0.026 \text{ meq/lit} < 1.25 \text{ meq/lit}$$

RESUMEN:

Agua con > 20% de  $CO_3 + HCO_3$

$$CE \times 10^6 \text{ a } 25^\circ C = 210 \text{ micromhos/cm}$$

$$SE = 0.93 \text{ meq/lit}$$

$$SP = 0.1035 \text{ meq/lit}$$

$$CSR = 0.026 \text{ meq/lit}$$

$$Cl^- = 0.018 \text{ meq/lit}$$

CONCLUSION: El agua es de buena calidad para riego.

NOTA: Mayor informaci3n sobre calidad del agua consultar (Aguilera, 1979)

### 5.5 Determinaci3n del consumo de agua o evapotranspiraci3n

Para la determinaci3n de la evapotranspiraci3n, se tom3 como base el cultivo del tabaco, por ser el que presenta una mayor demanda de agua en comparaci3n a otros cultivos a establecerse en la zona. El m3todo utilizado fue el de Blaney y Criddle modificado por Phelan, el cual presenta la siguiente expresi3n b3sica:

$$Et = K \times F$$

Donde:  $Et$  = Evapotranspiraci3n real total del cultivo, expresada como l3mina de agua en cms.

$K$  = Coeficiente total de ajuste que depende del cultivo y la ubicaci3n de la zona de estudio.

$$F = \sum_i^n f$$

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

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 hay registro del Heliógrafo, se utilizó la metodología propuesta por González (1974), en la cual se proponen dos fórmulas que son las siguientes:

a. Época seca (noviembre - abril):

$$P = 14.19 - 0.072 \text{ HR}$$

b. Época húmeda (mayo - octubre):

$$P = 4.46 + 0.11 \text{ Tm}$$

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 del sistema de riego, aquella que se inicia en el mes de enero. La determinación de la evapotranspiración real para el cultivo de tabaco sembrado en enero se presenta en el cuadro No. 6.

CUADRO No. 6

DETERMINACION DE LA EVAPOTRANSPIRACION REAL PARA TABACO (*Nicotiana tabacum*)

Mes	Temp. °C	$\frac{t + 17.8}{21.8}$	P(%)	f (cm)	Kt	f x Kt	Kc	Etc (cm)	Et' (cm)	Et' Acum (cm)
Enero	25.2	1.972	9.870	19.464	1.024	19.931	0.60	11.959	9.533	9.533
Febrero	26.0	2.009	10.230	20.552	1.049	21.559	1.20	25.871	20.622	30.155
Marzo	28.6	2.128	10.518	22.382	1.130	25.292	1.00	25.292	20.160	50.315
Abril	29.4	2.165	10.518	<u>22.771</u>	1.155	26.300	0.85	<u>22.355</u>	<u>17.820</u>	68.135
				<u>85.169</u>				<u>85.477</u>	<u>68.135</u>	

$$Kt : 0.031144 t^{\circ}\text{C} + 0.2396$$

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:

$$Et = K \times f = 0.8 \times 85.169 = 68.135$$

$$Etc = 85.477 \quad \text{Donde: } Et < Etc \text{ porque } 68.135 < 85.477$$

$$F = \text{factor de ajuste} = K/K' \quad \text{Donde: } K = 0.8 \quad (\text{U.S. Soil Conservation Service, 1970})$$

$$F = 0.8 / 1.00362 = 0.7972 \quad K' = Et/f = 85.477 / 85.169 = 1.00362$$

### 5.6 Determinación 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:

$$Rr = Et^r - \bar{P}$$

Donde:  $Rr$  = Requerimiento de riego

$Et^r$  = Evapotranspiración calculada

$\bar{P}$  = Precipitación efectiva

Para el cálculo de la precipitación efectiva, se utilizó el método de Blaney y Criddle, el cual propone una tabla de coeficientes de aprovechamiento de acuerdo a cada pulgada de lluvia observada. (Tabla No. 2 del apéndice)

De acuerdo a esta metodología, se determinó primeramente la lluvia efectiva en la forma como puede observarse en el cuadro No. 7.

CUADRO No. 7

#### CALCULO DE LLUVIA EFECTIVA

Mes	PP (mm)	Coefficiente de Aprovechamiento	Pe (mm)	Pe (cm)
Enero	9.7	0.95	9.21	0.921
Febrero	1.3	0.95	1.23	0.123
Marzo	17.5	0.95	16.62	1.662
Abril	16.0	0.95	15.20	1.520

Realizando los cálculos utilizando este método de encontrar la lluvia efectiva, los requerimientos de riego para la época crítica, quedan como se muestra en el cuadro No. 8.

CUADRO No. 8  
REQUERIMIENTOS DE RIEGO

Mes	Et <sup>a</sup> (cm)	Pe (cm)	Rr (cm)	Rr Acum. (cm)
Enero	9.53	0.921	8.61	8.61
Febrero	20.62	0.125	20.50	29.11
Marzo	20.16	1.662	18.50	47.61
Abril	17.82	1.52	16.30	63.91

### 5.7 Cultivos a regar

En la zona de estudio, es tradicional, dadas las condiciones climáticas, agronómicas y sociales, la siembra de cultivos como hortalizas de clima cálido (tomate, pepino, chile, sandía y melón), así como tabaco, maíz, maní y frijol.

Tomando en cuenta la naturaleza del proyecto y considerando que, dadas las condiciones críticas del área a regar, desde el inicio pudo establecerse en forma anticipada que los costos del sistema de riego serían elevados. Dado que el cultivo de tabaco presenta mayores demandas de agua de riego y una alta rentabilidad en la zona, se optó por tomarlo como base para el diseño del sistema.

### 5.8 Velocidad de infiltración

Se efectuaron pruebas de campo para el cálculo de la velocidad de infiltración e infiltración básica utilizando el método del infiltrómetro de doble cilindro, el cual aportó valores demasiado bajos de velocidad de infiltración y de infiltración básica, los que no se consideraron confiables. Lo anterior se debió principalmente a que el área de estudio ha permanecido sin trabajarse y al hecho de que los suelos se encuentran desarrollados sobre esquisto arcilloso calcáreo, lo que induce la formación de capas superficiales compactas por la presencia de sales de calcio en exceso, hecho confirmado por los resultados del análisis químico de los suelos.

Por esa razón, se tomó como base las tasas máximas de aplicación para riego por aspersión (infiltración básica), establecidas en base a la textura del suelo y a la pendiente. Ver Tabla No. 1 del apéndice. Correspondiendo para el presente caso, en el que la textura crítica es la

superficial (franco-arcillosa) un valor máximo de 0.40 pulg/hora, valor tomado como base para el diseño.

### 5.9 Determinación de la lámina de humedad 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 de marchitez permanente. Se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$LHA = \frac{(Ph_{cc} - Ph_{pmp})}{100} \times Da \times Z$$

Donde: LHA = lámina de humedad aprovechable del estrato (cm).

$Ph_{cc}$  = porcentaje de humedad a capacidad de campo del estrato.

$Ph_{pmp}$  = porcentaje de humedad a punto de marchitez permanente del estrato.

$Da$  = densidad aparente del estrato.

$Z$  = profundidad del estrato (cm).

CUADRO No. 9

### DETERMINACION DE LA LAMINA DE HUMEDAD APROVECHABLE

PROFUNDIDAD DEL SUELO (cm)	PORCENTAJE DE HUMEDAD		DENSIDAD APARENTE	LHA (cm)
	Capacidad de Campo	Punto de Marchitez Permanente		
0 - 30	38.38	23.24	1.178	5.35
30 - 60	35.32	16.41	1.192	6.76
			LHA Total =	12.11

### 5.10 Determinación de la lámina de riego bruta

La lámina de riego bruta es la lámina que debe aplicarse después de considerar un porcentaje de 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 ser fácilmente aprovechables por el mismo.



$$L_b = \frac{L_n}{f_A}$$

Donde:  $L_b$  = lámina bruta (cm)

$L_n$  = lámina neta (cm)

$f_A$  = eficiencia de aplicación (%)

$$L_n = Y (LHA)$$

Donde:  $L_n$  = lámina neta (cm)

$Y$  = porcentaje de la lámina de agua aprovechable que puede permitirse sea usada por el cultivo sin que éste se resienta

El tabaco es medianamente susceptible a la falta de humedad (Aooenbos y Kassam, 1979) por lo que se utilizó un 60% de la lámina de agua aprovechable. Quedando en este caso:

$$L_n = 0.60 (12.11 \text{ cm})$$

$$L_n = 7.30 \text{ cm}$$

(Pair, 1975) Las eficiencias de aplicación en riego por aspersión, varían de 0.70 en regiones áridas hasta 0.80 en climas fríos. Al utilizar un 73% de eficiencia, la lámina bruta queda así:

$$L_b = 7.30 \text{ cm}/0.73$$

$$L_b = 10.0 \text{ cm}$$

En resumen, la lámina que se aplicará cuando el suelo esté llegando a PMP es de 12.11 cm netos y 16.59 cm brutos. La lámina que se aplicará cuando la humedad aprovechable bajo hasta un 40% es de 7.30 cm netos y 10.0 cm brutos.

### 5.11 Determinación del calendario de riego

Determinados los valores de requerimientos de riego y lámina de riego neta y bruta, tomando los días correspondientes al ciclo vegetativo del cultivo de tabaco (120 días), se calculó el calendario de riego, por medio del Método Gráfico, en el cual se utilizaron los datos que se presentan en el cuadro No. 10.

## CUADRO No. 10

## DATOS PARA CALCULAR CALENDARIO DE RIEGO

Mes	Rr (cm)	Rr Acum. (cm)	Días	Días Acum.
Enero	8.61	8.61	31	31
Febrero	20.50	29.11	28	59
Marzo	18.50	47.61	31	90
Abril	16.30	63.91	30	120

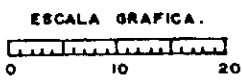
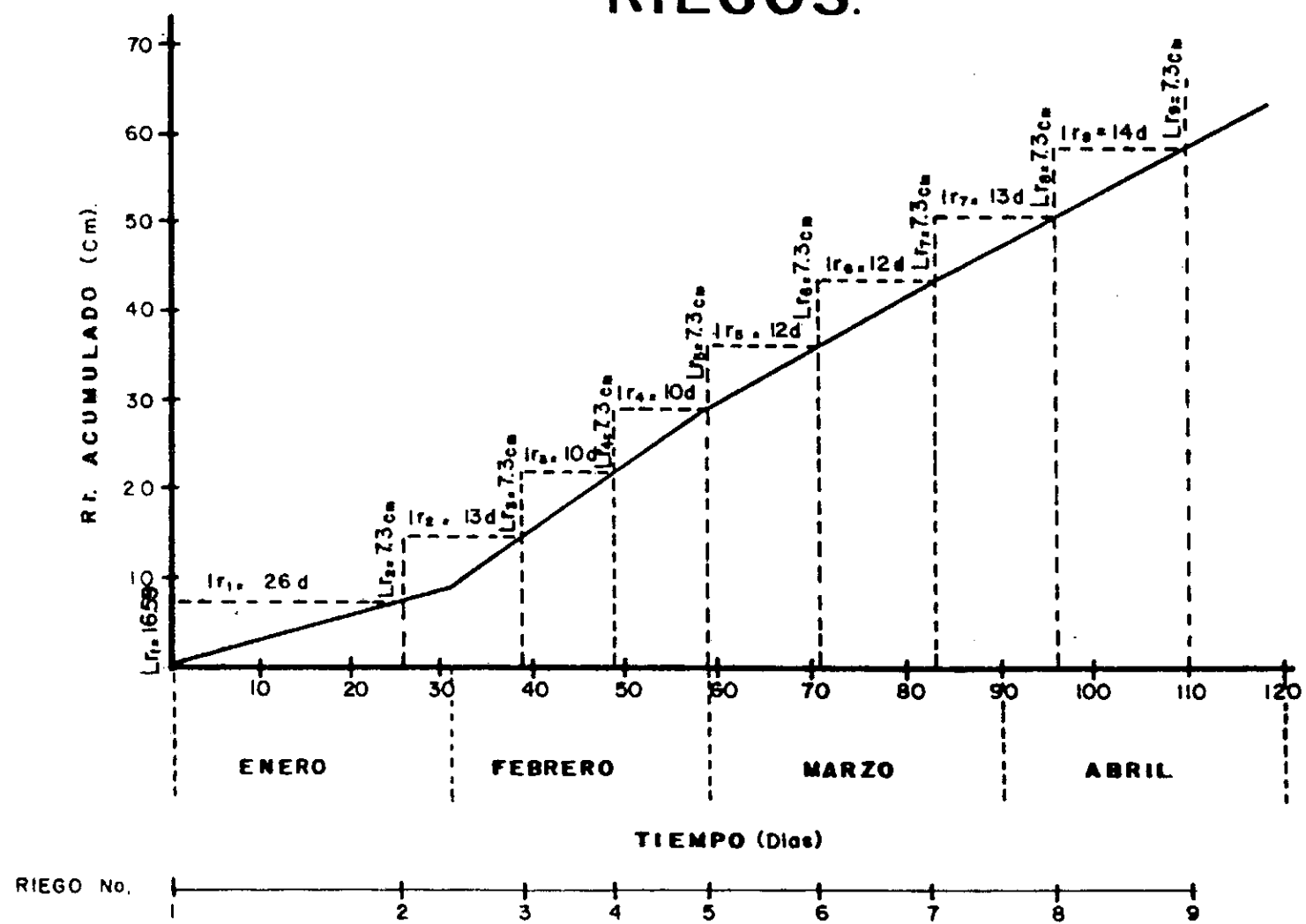
Considerando iniciar los riegos el día 1o. de enero y asumiendo que en ese momento el suelo está a PMP, se calculó el calendario, según puede apreciarse en la Gráfica No. 1 y cuyo resumen se presenta en el cuadro No. 11.

## CUADRO No. 11

## RESUMEN DEL CALENDARIO GRAFICO DE RIEGO

No. de Riego	Fecha	Intervalo
1	1/enero	-
2	26/enero	26
3	8/febrero	13
4	18/febrero	10
5	28/febrero	10
6	12/marzo	12
7	24/marzo	12
8	6/abril	13
9	20/abril	14

# CALENDARIO GRAFICO DE RIEGOS.



## 6. DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO

### 6.1 Captación

Se consideró un punto seleccionado por los agricultores, por ser el que se encuentra más cercano al área a regar y que mantiene un tirante hidráulico casi constante durante todo el año. Además, el sitio seleccionado presenta condiciones adecuadas para proteger el equipo de bombeo de probables corrientes fuertes, por ser una parte de roca sólida en la orilla del río Motagua. La diferencia de nivel que existe entre el terreno y este punto es de 134.6 metros, con una distancia de 1,613 metros hasta la entrada del mismo. Ver gráfica No. 5.

### 6.2 Selección de aspersores

- a. Infiltración básica = 1.02 cm/hora (0.40 pulg./hora), dato obtenido de la Tabla No. 1 del apéndice.
- b. Lámina de riego bruta (LB) = 10.0 cm. Al bajar un 60% la humedad aprovechable y considerando un 73% de eficiencia de aplicación, de acuerdo a lo señalado en el numeral 5.10.
- c. Intervalo de riego mínimo o crítico (Irc) = 10 días. En el mes de febrero, según el calendario de riego calculado anteriormente.
- d. Tiempo de riego por día (Trd) = 20 horas. Debe trabajarse todo el día y parte de la noche para que el total del área a regar, quede cubierta en 10 días, que es el intervalo de riego crítico.
- e. Tiempo de riego por turno (Trt) = 10 horas. Considerando dos turnos diarios y dejando 2 horas para cambio de posiciones entre cada uno de ellos.
- f. Intensidad de riego (Ir)
 
$$Ir = \frac{LB}{Trt} = \frac{100 \text{ mm}}{10 \text{ horas}} = 10.0 \text{ mm/hora} \left(0.39 \frac{\text{pulg.}}{\text{hora}}\right)$$
- g. Tipo de aspersor a usar será del tipo de mediana presión (30 - 60 PSI), de acuerdo a la Tabla No. 3 del apéndice.
- h. Para determinar la separación entre aspersores y entre laterales, se efectuaron cálculos con diferentes separaciones entre aspersores y laterales, determinándose el espa-

ciamiento de 45 pies (13.7 m) entre aspersores y 60 pies (18.3 m) entre laterales, como el más adecuado. Esto debido a que puede cubrirse el área a regar en el tiempo estipulado y con un mínimo de laterales, al usar aspersores de mediana presión.

i. Caudal por aspersor ( $Q^a$ )

$$Q^a = \frac{S_a \times S_l \times I_r}{96.3}$$

Donde:

$S_a$  = separación entre aspersores (pies)

$S_l$  = separación entre laterales (pies)

$I_r$  = intensidad de riego (pulg/hora)

$$Q^a = \frac{45 \times 60 \times 0.39}{96.3} = 10.93 \text{ GPM}$$

Habiéndose determinado los distanciamientos adecuados, así como el caudal requerido por aspersor, se consultó en catálogos de aspersores para seleccionar aquel cuya boquilla, presión, caudal y diámetro de mojado, cumpliera con dichas condiciones. En esa forma se seleccionó el siguiente:

MARCA	Rain Bird	PRESION	50 PSI
MODELO	30 WPSH	DIAMETRO DE MOJADO	109 pies
CAUDAL	11.1 gpm	BOQUILLA	15/64"

De acuerdo a la Tabla No. 4 del apéndice, para aspersiones de presión intermedia, el espaciamiento a lo largo de las líneas laterales, no deberá exceder del 40% y entre laterales a lo largo de la línea principal de 60%. Esto para velocidades del viento hasta 12 km/hora.

Con el aspersor elegido tenemos que:

$109 \text{ pies} \times 0.60 = 65.4$  que es menor que la separación entre laterales que es de 60 pies. Por lo que se considera adecuado el traslape obtenido con el aspersor.

Un chequeo para determinar si los espaciamientos entre aspersores y entre laterales, así como el tipo de aspersor escogido, son correctos, se efectuó en la forma siguiente:

$$I_r = \frac{Q^a \times 96.3}{S_a \times S_l}$$

$$I_r = \frac{11.1 \times 96.3}{45 \times 60} = 0.39 \text{ menor que } 0.40 \text{ pulg/hora}$$

De acuerdo a lo anterior, el riego por aspersión se considera posible de establecer, ya que la intensidad de riego ( $I_r$ ) es menor que la infiltración básica ( $I_b$ ), por lo que no habrá encharcamiento. Asimismo, el tipo de aspersor, se considera adecuado.

### 6.3 Arreglo de líneas de distribución y entrega en el terreno

La posición o arreglo de las tuberías de distribución y entrega en el sistema, se determinó básicamente tomando en cuenta la ubicación más conveniente en el terreno, en función de la topografía, el tamaño y conformación de las parcelas que podían establecerse en el área a regar. Se tomó muy en cuenta el número de laterales necesarios en función del área que podría cubrirse por lateral, y el número de laterales por turno necesarios para cubrir toda el área a regar.

En la gráfica No. 3 puede apreciarse el arreglo que se determinó como el más conveniente, en la cual aparece también el cuadro de operación del sistema.

### 6.4 Cálculos generales y básicos de operación

$$6.4.1 \text{ Área a regar} = 16.1 \text{ ha} = 161,000 \text{ m}^2$$

$$6.4.2 \text{ Área a regar por día (Ard)}$$

$$\text{Ard} = A/I_{rc}$$

Donde:  $A$  = área a regar

$I_{rc}$  = intervalo de riego crítico

$$\text{Ard} = 161,000 \text{ m}^2/10 \text{ días}$$

$$\text{Ard} = 16,100 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$6.4.3 \text{ Área de riego por turno (Art)}$$

$$\text{Art} = \text{Ard}/N_t$$

Donde:  $N_t$  = número de turnos por día

$$\text{Art} = 16,100 \text{ m}^2/2 \text{ turnos}$$

$$\text{Art} = 8,050 \text{ m}^2/\text{turno}$$

$$6.4.4 \text{ Área cubierta por lateral (Al)}$$

$$\text{Al} = S_l \times L$$

Donde:  $S_l$  = separación entre laterales

$L$  = longitud del lateral

$$A_l = 18 \text{ m} \times 165 \text{ m}$$

$$A_l = 2,970 \text{ m}^2$$

#### 6.4.5 Número de laterales por turno (NI)

$$NI = A_{rt}/A_l$$

$$NI = 8,050 \text{ m}^2 / 2,970 \text{ m}^2$$

$$NI = 3 \text{ laterales/turno}$$

#### 6.4.6 Número de aspersores por lateral (Na)

$$N_a = L/S_a$$

Donde:  $S_a$  = separación entre aspersores

$$N_a = 165 \text{ m} / 13.7 \text{ m}$$

$$N_a = 12 \text{ aspersores/lateral}$$

#### 6.4.7 Caudal por lateral (Ql) y por turno (Qt)

$$Q_l = N_a \times Q_a$$

Donde:  $Q_a$  = caudal por aspersor

$$Q_l = 12 \times 11.1 \text{ gpm}$$

$$Q_l = 133.2 \text{ gpm} \quad 30.27 \text{ m}^3/\text{hora} \quad 8.42 \text{ lps}$$

$$Q_t = Q_l \times NI$$

$$Q_t = 133.2 \times 3$$

$$Q_t = 400 \text{ gpm} = 90.9 \text{ m}^3/\text{hora} = 25.25 \text{ lps}$$

### 6.5 Diseño de laterales

Los laterales lo conforman tubería portátil de aluminio, material que se escogió por su versatilidad. Para su diseño se utilizó el criterio de mínima variación de presión, es decir, que se tomó en cuenta que la variación total de carga de presión en línea, debida a la elevación y a las pérdidas por rozamiento, no exceda en 20% la presión de operación proyectada de los aspersores. Para el efecto se calculó la pérdida por fricción, carga de elevación, diámetro del lateral y carga requerida a la entrada del lateral.

#### 6.5.1 Cálculo de pérdidas por fricción o rozamiento

Es recomendable para riego por aspersión, utilizar la fórmula de Hazen Williams para el cálculo de pérdidas por fricción o rozamiento (Correu, 1978).

Según Hazen - Williams:

$$J = \frac{Y}{L} = \frac{1.31 \times 10^9 (Q/C)^{1.852}}{D^{4.872}}$$

Donde:

J = gradiente de pérdida (m/m)

Q = caudal en la tubería (m<sup>3</sup>/hora)

D = diámetro interior del tubo (mm)

C = coeficiente de fricción de acuerdo al material del tubo. (Tabla No. 5 del apéndice)

L = longitud de la tubería (m)

Y = pérdida de carga por fricción de tubería sin aspersores (m)

Luego:

$$Y_f = Y \times F$$

Donde:

Y<sub>f</sub> = pérdida de carga por fricción en tubería con aspersores (m)

F = factor para tubería con salidas múltiples (Tabla No. 6 del apéndice)

Aplicando la fórmula para diferentes diámetros de tubería, tomando los datos necesarios de caudal (Q) igual a 30.27 m<sup>3</sup>/hora, longitud del lateral (L) igual a 165 metros y un coeficiente C de 130 para aluminio (Tabla No. 5 del apéndice), se obtienen los resultados que se muestran en el cuadro No. 12.

CUADRO No. 12

PERDIDAS POR FRICCIÓN EN LINEA LATERAL  
SEGUN EL DIAMETRO DEL TUBO

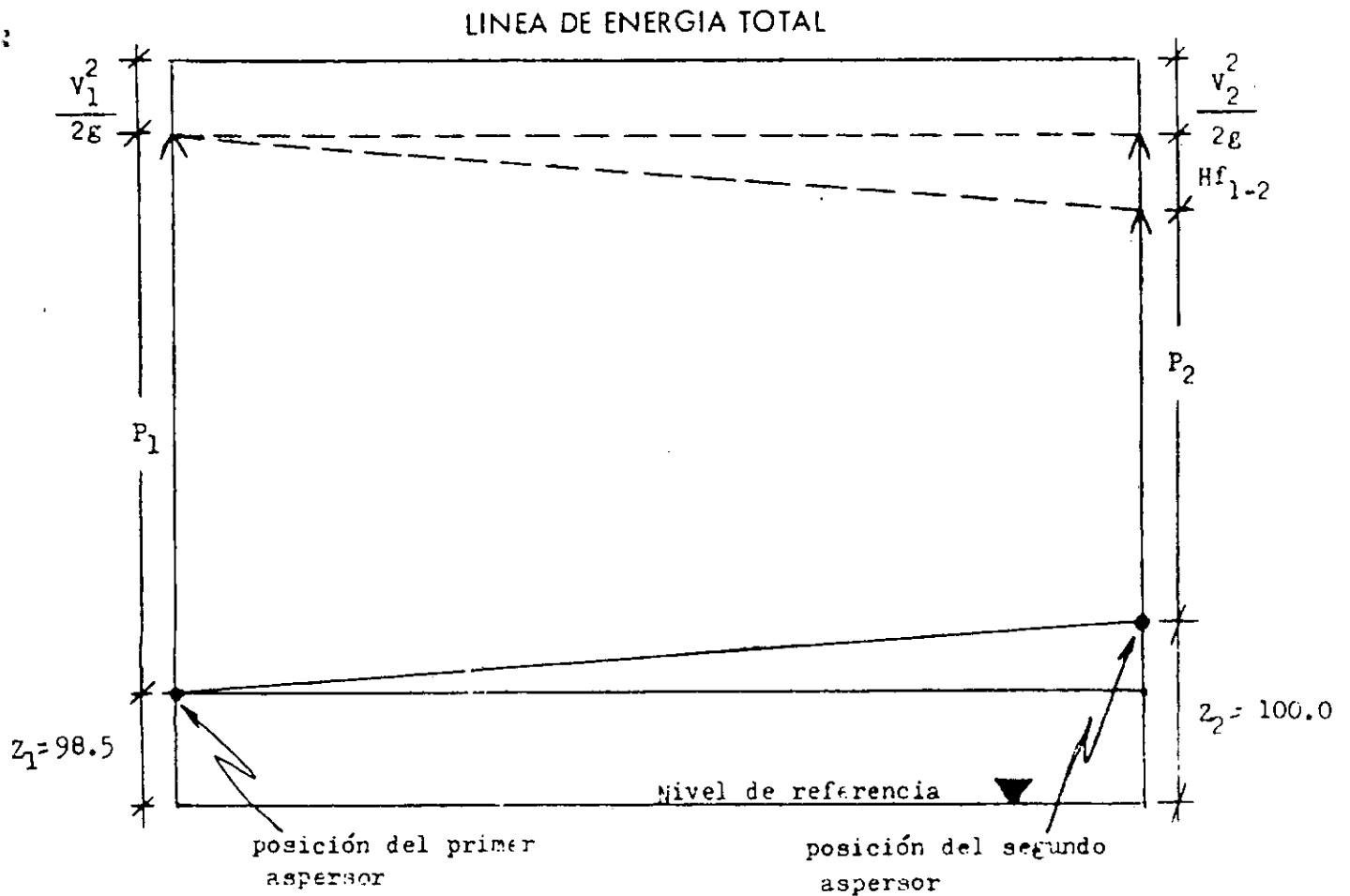
DIAMETRO (mm)	J (m/m)	L (m)	Y (m)	F	Y <sub>f</sub> (m)
50.8	0.3718	165	61.35	0.388	23.80
76.2	0.0516	165	8.51	0.388	3.30
101.6	0.0127	165	2.09	0.388	0.81
127.0	0.0043	165	0.71	0.388	0.28



### 6.5.2 Cálculo de pérdida permisible para elección del diámetro del lateral

Para determinar el diámetro adecuado de lateral, se consideró la posición más crítica del mismo, es decir, el lugar donde la diferencia de nivel sea máxima hacia arriba. Ver gráfica No. 2

En el dibujo que se presenta a continuación, se muestra la situación del lateral crítico.



Aplicando el principio de Bernoulli:

$$Z_1 + P_1 = Z_2 + P_2 + H_{f_{1-2}}$$

Despejando:

$$H_{f_{1-2}} = Z_1 + P_1 - Z_2 - P_2$$

Donde:

$$Z_1 = \text{altura en 1 (primer aspersor)} = 98.5 \text{ m}$$

$$Z_2 = \text{altura en 2 (último aspersor)} = 100.0 \text{ m}$$

$$P_1 = \text{presión de operación del primer aspersor} = 50 \text{ PSI}$$

$$P_2 = \text{presión en el último aspersor del lateral}$$

Como la diferencia de cargas entre el último y el primer aspersor no debe ser mayor de un 20%, entonces:  $P_2 = 0.8 P_1$

Sustituyendo:

$$H_{f_{1-2}} = Z_1 + P_1 - Z_2 - (0.8 P_1)$$

Convirtiendo  $P_1$  a carga manométrica en metros:

$$P_1 = 50 \text{ PSI} \times 2.31 \text{ pies/PSI} = 115.5 \text{ pies}$$

$$P_1 = 115.5 \text{ pies} / 3.281 \text{ pies por metro} = 35.2 \text{ m}$$

Aplicando la fórmula para encontrar  $H_{f_{1-2}}$

$$H_{f_{1-2}} = 98.5 + 35.2 - 100 - (0.8 \times 35.2)$$

$$H_{f_{1-2}} = 5.54 \text{ m}$$

Este valor se busca en el cuadro No. 12 para determinar el diámetro de tubería que satisfaga esa condición (máxima pérdida permisible en la línea).

Para este caso, el diámetro que cumple dicha condición, es el de tres pulgadas, por lo que fue el diámetro elegido para la tubería lateral del sistema.

### 6.5.3 Carga requerida a la entrada del lateral

Se calculó mediante la siguiente expresión:

$$P_m = P_a + 3/4 H_f + P_e + H_e + H_{fe} + H_l$$

Donde:

$P_m$  = carga requerida en la principal a la entrada del lateral (m)

$P_a$  = carga requerida en el aspersor = 35.2 m

$H_f$  = pérdidas de carga por fricción = 3.3 m

$P_e$  = carga requerida para vencer la diferencia de altura entre el primer y último aspersor = 1.5 m

$H_e$  = carga por altura del elevador = 2.0 m

$H_{fe}$  = pérdidas de carga en el elevador. Se calculó un 20% de la carga por altura del elevador = 0.4 m

$H_l$  = pérdidas de carga locales. Se calculó un 10% de  $H_f$  = 0.35 m

$$P_m = 35.2 + 0.75(3.3) + 1.5 + 2.0 + 0.4 + 0.33$$

$$P_m = 41.9 \text{ m}$$

NOTA: se toman 3/4 de  $H_f$  debido a que en la primera mitad de la longitud del lateral se pierde 3/4 de  $H_f$  y en la segunda mitad se pierde 1/4 de  $H_f$ .

### 6.6 Diseño de la línea principal

La función de la línea principal, está definida como el transporte del agua requerida, a todas las partes del área de diseño, con la presión y caudal necesarios para la adecuada operación de los aspersores.

Las pérdidas de carga por fricción en la línea principal, fueron calculadas usando la fórmula de Hazen Williams, para una longitud de 2,645 metros (ver gráfica No. 3), un caudal de 90.9 m<sup>3</sup>/hora (caudal necesario por turno), un coeficiente C de 150 para PVC (Tabla No. 5 del apéndice) y diferentes diámetros comerciales de tubería. Los resultados pueden verse en el cuadro No. 13.

CUADRO No. 13  
 PERDIDAS POR FRICCION EN LINEA PRINCIPAL  
 SEGUN EL DIAMETRO DEL TUBO

DIAMETRO (mm)	J (m/m)	L (m)	Y (m)
76.2	0.3033	2,645	802.23
101.6	0.0747	2,645	197.58
152.4	0.0104	2,645	27.51
203.2	0.0025	2,645	6.61
254.0	0.0009	2,645	2.38
304.8	0.0004	2,645	1.06

Como puede apreciarse en el cuadro anterior, los valores obtenidos permiten determinar en forma anticipada, que los diámetros de tubería de 152.4 mm (6 pulg), 203.2 mm (8 pulg) y los subsiguientes, podrían ser adecuados. El diámetro más conveniente, se eligió en base a un análisis de costos, como se verá posteriormente.

## 6.7 Requerimientos de bombeo

### 6.7.1 Carga dinámica total

La carga dinámica total, se determinó en base a la siguiente ecuación:

$$CDT = P_m + H_{f_p} + 0.1 H_{f_p} + C_e$$

Donde:

- CDT = carga dinámica total (m)
- $P_m$  = carga requerida a la entrada del lateral (m)
- $H_{f_p}$  = pérdidas de carga por fricción en la tubería principal y subprincipal (m)
- $0.1 H_{f_p}$  = estimación de pérdidas en accesorios y válvulas de la principal y subprincipal
- $C_e$  = carga estática (diferencia de altura en metros, entre el nivel del agua y la posición crítica a la entrada del lateral)

La carga dinámica total (CDT), se calculó para diferentes diámetros de tubería, tomando en cuenta los diferentes valores de  $H_f$ , según el diámetro de la misma. Los resultados aparecen en el cuadro No. 14.

EJEMPLO: para tubería de 152.4 mm (6 pulgadas):

$$CDT = 41.9 + 27.51 + 2.75 + 134.6$$

$$CDT = 206.76 \text{ m}$$

### 6.7.2 Potencia requerida

Los caballos de fuerza requeridos para operar el sistema de aspersión, se calculó por:

$$H_p = \frac{Q \times \gamma \times CDT}{76 \times E_b}$$

Donde:

$H_p$  = caballos de fuerza requeridos para operar la bomba

$Q$  = capacidad del sistema ( $m^3/\text{seg}$ )

$CDT$  = carga dinámica total (m)

$E_b$  = eficiencia de la bomba (%/100)

$\gamma$  = peso específico del agua ( $1,000 \text{ Kg}/m^3$ )

Se tiene un caudal requerido ( $Q$ ) de  $90.91 \text{ m}^3/\text{hora}$ , es decir,  $0.025 \text{ m}^3/\text{seg.}$ , y considerando un 65% de eficiencia de la bomba, así como los valores de carga dinámica total, se obtienen los resultados que se muestran en el cuadro No. 14.

CUADRO No. 14

POTENCIA REQUERIDA EN EL BOMBEO UTILIZANDO  
DIFERENTES DIAMETROS DE TUBERIA PRINCIPAL

DIAMETRO (mm)	CARGA DINAMICA TOTAL (m)	$H_p$
101.6	393.84	199
152.4	206.76	105
203.2	183.77	93
254.0	179.12	91
304.8	177.67	90

Como puede observarse en el cuadro anterior, los diámetros de tubería desde 152.4 mm (6 pulg.) en adelante, son adecuados para el sistema, no así el de 101.6 mm (4 pulg.), en vista de que por el elevado valor de pérdidas de carga por fricción, el requerimiento de bombeo, es demasiado alto.

Para determinar el diámetro de tubería más conveniente, se efectuó un análisis de costos, en el que se incluyó el costo total de tubería y de equipo de bombeo, para cada uno de los diámetros. En dicho análisis, se concluyó que el diámetro de 152.4 mm (6 pulg.) es el más conveniente, ya que utilizando un mayor diámetro, la reducción en el requerimiento de bombeo no es significativa. Habiendo escogido el diámetro de tubería principal, se efectuó el Análisis Económico del sistema, el cual aparece en el capítulo No. 8.

Debido a que el requerimiento de bombeo para este diámetro de tubería principal es elevado, el costo de un solo equipo de bombeo, resulta también muy elevado; asimismo, la carga dinámica total para un solo bombeo obliga a utilizar en un buen tramo de la conducción, tubería de alta resistencia (mayor de 250 PSI), la cual en material de PVC no se encuentra disponible en el mercado local.

La alternativa que se consideró más adecuada, es la de distribuir la carga dinámica total en dos partes aproximadamente iguales, con el objeto de colocar dos equipos de bombeo, como se muestra en la gráfica No. 5.

El primer bombeo colocado a la altura del río, y el segundo a 940 metros del primero. Los requerimientos de potencia para los dos bombes considerados, tomando en cuenta una parte aproximadamente igual a la mitad del total de carga dinámica para cada uno, queda en la forma siguiente:

Primer bombeo:

$$Hp_b = \frac{0.025 \text{ m}^3/\text{seg} (1,000 \text{ kg/m}^3) \times 103.26}{76 \times 0.65} = 52.25$$

Segundo bombeo:

$$Hp_b = \frac{0.025 \text{ m}^3/\text{seg} (1,000 \text{ kg/m}^3) \times 103.5}{76 \times 0.65} = 52.38$$

Con estos requerimientos de potencia en las bombas y considerando un 90% de eficiencia para motores eléctricos, se estimó que era conveniente instalar motores de 60 Hp que son comercialmente disponibles y que satisfacen las demandas de potencia de los dos bombes.

## 7. ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA

### 7.1 Especificaciones Técnicas

#### 7.1.1 De cultivo

Cultivo	Tabaco
Ciclo vegetativo	4 meses (120 días)
Siembra*	1o. de enero
Cosecha*	30 de abril
Profundidad radicular (mayor absorción de agua)	60 cm
Altura media	1.50 m
Lámina de evapotranspiración durante el ciclo	63.91 cm

#### 7.1.2 De riego

##### a. Generales\*

Lámina de riego neta	7.30 cm
Lámina de riego bruto	10.00 cm
Intervalo de riego crítico	10 días
Mes crítico	febrero
Número de riegos por ciclo	9
Tiempo de riego diario	20 horas
Número de turnos diarios	2
Tiempo de riego por turno	10 horas
Tiempo para cambio de posiciones de laterales	2 horas

##### b. Aspersores

Boquillas	15/64"
Caudal	11.1 GPM
Presión	50 PSI
Diámetro de cobertura	109 pies

\* Con fines de diseño, es decir, en la condición crítica.

Traslape entre aspersores	41 %
Separación entre aspersores	13.7 m (45 pies)
Modelo recomendado	30 WPSH Rain Bird o su equivalente

#### c. Laterales

Diámetro	3 pulgadas
Material	Aluminio
Separación	18.3 m ( 60 pies)
Longitud por lateral	165 m ( 541 pies)

#### d. Principal

Diámetro	6 pulgadas
Material	PVC
Longitud	2,836 m (9,305 pies)

#### e. Bombeo

Carga Dinámica Total:	206.76 m (678.4 pies)
Carga Dinámica primer bombeo	103.26 m (338.8 pies)
Carga Dinámica segunda bombeo	103.5 m (339.6 pies)
Potencia requerida en el primer bombeo	52.25 Hp
Potencia requerida en el segundo bombeo	52.38 Hp

### 7.2 Especificaciones de Operación y Manejo\*

Area total de riego	16.1 ha (161,000 m <sup>2</sup> )
Area de riego por día	1.6 ha ( 16,100 m <sup>2</sup> )
Area de riego por turno	0.8 ha ( 8,050 m <sup>2</sup> )
Area de riego máxima por lateral	2,970 m <sup>2</sup>
Número de laterales por turno	Ver gráfica No. 3
Número de aspersores por lateral	12
Caudal por lateral	8.42 LPS (133.2 GPM)

\* Con fines de diseño, es decir, en la condición crítica.



Carga requerida a la entrada del lateral	41.9 m (137.5 pies)
Carga Total	206.76 m (678.4 pies)

El arreglo, identificación, movimiento y detalle de principal, subprincipal, laterales, elevadores y aspersores, así como los accesorios, puede observarse en las Gráficas Nos. 3 y 4.

De acuerdo al modelo de Operación que aparece en la Gráfica No. 3, el ciclo de riego se cumple en 8 días y medio, por lo que se satisface ampliamente el intervalo de riego en la época crítica, que es de 10 días. Lo anterior deja un buen margen que podría ser de utilidad para varios fines, como lo es el evitar los riegos el fin de semana o en el caso de pararse el sistema por cualquier motivo especial.

### 7.3 Especificaciones del Equipo y Materiales

#### 7.3.1 Bombeo

- 2 Motores eléctricos marca RELIANCE de 60 Hp 230/460 voltios a 1,780 rpm.
- 2 Bombas centrífugas marca CRANE DEMING de carcasa partida, modelo 4" x 3" x 17" a 1,780 rpm.
- 2 Acoples flexibles marca DODGE modelo px100
- 2 Bases de acero estructural.
- 2 Arrancadores estrella, triángulo automático para 220 voltios, trifásicos.
- 1 Guardanivel para 220 voltios, tanque bajo.
- 2 Switchs de cuchillas, caja de metal de 200 amperios con fusibles.
- 120 Metros de cable No. 2.
- 15 Metros de cable No. 3/0.
- 20 Metros de tubo polyducto 50 mm.
- Accesorios

#### 7.3.2 Succión

- 2 Adaptadores a bomba de 5" de H.G.
- 2 Uniones dresser de 5".
- 2 Codos de 5" a 90° de H.G.

- 2 Válvulas de pie con colador de 5".
- 2 Tubos de H.G. de 5" x 6 metros.

### 7.3.3 Descarga

- 2 Adaptadores especiales de 4" con su niple y válvula para cebar.
- 2 Válvulas de mariposa de 3", DOROT.
- 2 Válvulas de retención con brida y eje prolongado de 4".
- 2 Cuellos de cisne de 4" x 6" con flange en 4" y liso en 6".
- 2 Uniones especiales para PVC de hierro negro. Planificación e instalación.

### 7.3.4 Conducción

- 265 Tubos de 4" x 160 PSI de PVC
- 201 Tubos de 6" x 125 PSI de PVC
- 2 Tapones hembra de 6" de PVC
- 18 Galones de cemento solvente.
- Planificación e instalación.

### 7.3.5 Distribución y entrega

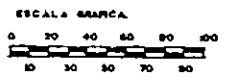
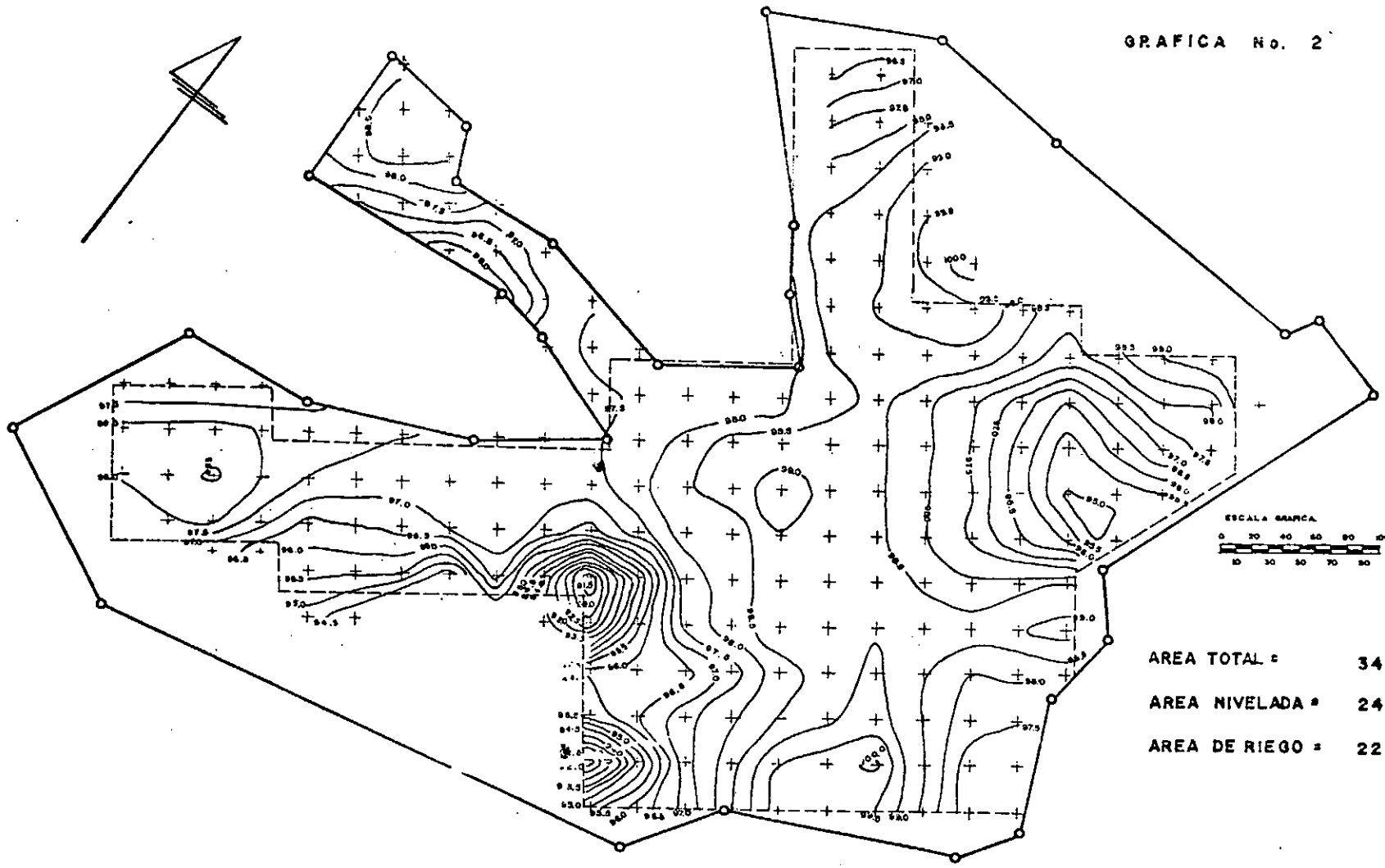
- 3 Tubos de 3" x 160 PSI de PVC
- 17 Tees de 6" de PVC
- 6 Codos de 6" a 90° de PVC
- 16 Bushing reductor de 6" x 4" de PVC
- 16 Bushing reductor de 4" x 3" de PVC
- 16 Adaptadores macho de 3" de PVC
- 2 Tubos de 4" x 160 PSI de PVC
- 2 Tubos de 6" x 160 PSI de PVC
- 94 Tubos de aluminio de 3" x 9 metros con refuerzo en los extremos.
- 88 Acoples dobles de 3" x 1" de aluminio.
- 3 Codos en línea de 3" x 90° de aluminio.
- 6 Tapones finales de 3" de aluminio.
- 3 Tees de 3" de aluminio.

- 16 Válvulas hidrantes de 3" de aluminio.
- 3 Válvulas desmontables hidrantes de 3" de aluminio.
- 52 Tapones de 1" de aluminio.
- 36 Niples de 1" x 4 pies de H.G.
- 36 Niples de 3/4" x 3 pies de H.G.
- 36 Reducidores campana de 1" x 3/4" de H.G.
- 36 Aspersores marca Rain Bird modelo 30 WPSH o su equivalente.

Planificación e Instalación.

NOTA: las marcas en el equipo y accesorios, se incluyen por haber sido propuestas por una de las casas comerciales donde se cotizó, para finalidad de este trabajo, sin embargo, estas podrían ser cambiadas por otras, previa cotización.

GRAFICA No. 2

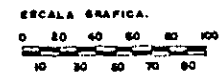
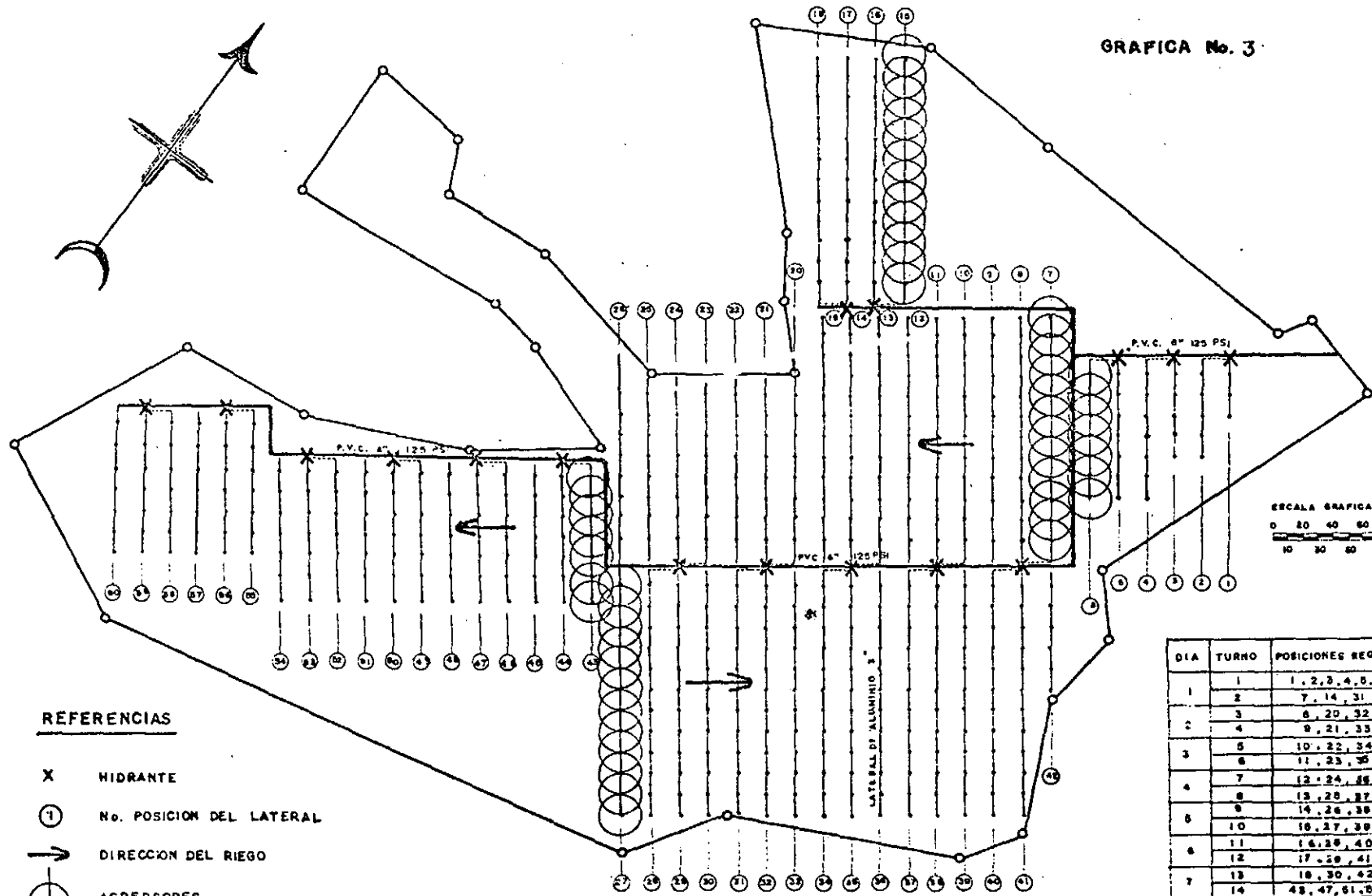


AREA TOTAL = 34.1 Mz.  
AREA NIVELADA = 24.4 Mz.  
AREA DE RIEGO = 22.7 Mz.


--- LIMITE DEL AREA DE RIEGO

PLANO DE CURVAS A NIVEL

GRAFICA No. 3

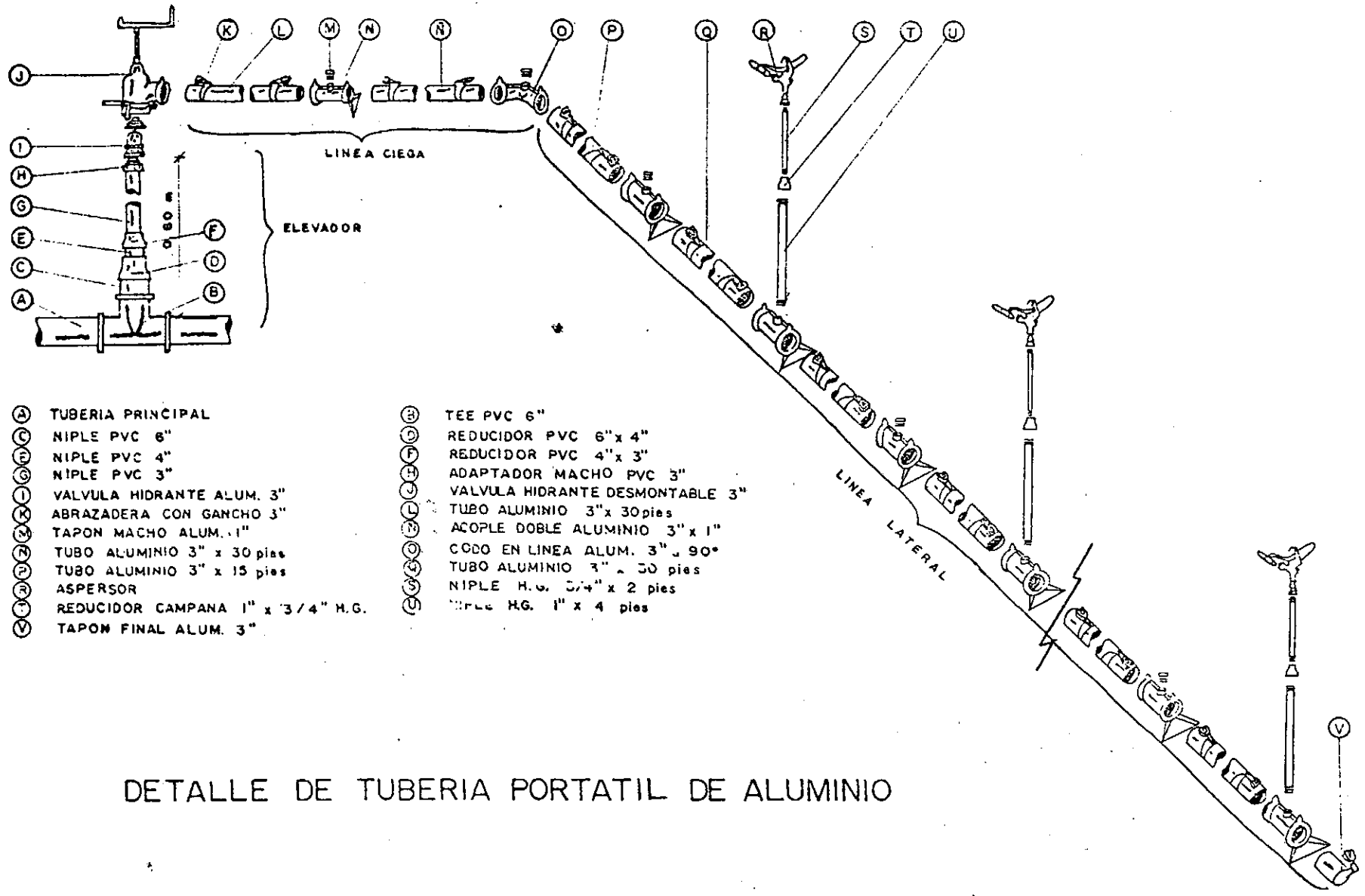


REFERENCIAS

- X HIDRANTE
- ① No. POSICION DEL LATERAL
- DIRECCION DEL RIEGO
-  ASPERSORES

DIA	TURNO	POSICIONES REGANDO
1	1	1, 2, 3, 4, 5, 6
	2	7, 14, 31
2	3	8, 20, 32
	4	9, 21, 33
3	5	10, 22, 34
	6	11, 23, 35
4	7	12, 24, 36
	8	13, 28, 37
5	9	14, 26, 38
	10	18, 27, 39
6	11	16, 38, 40
	12	17, 29, 41
7	13	18, 30, 42
	14	43, 47, 51, 55, 59
8	15	44, 48, 52, 56, 60
	16	45, 49, 53, 57
9	17	46, 50, 54, 58

OPERACION DEL PROYECTO



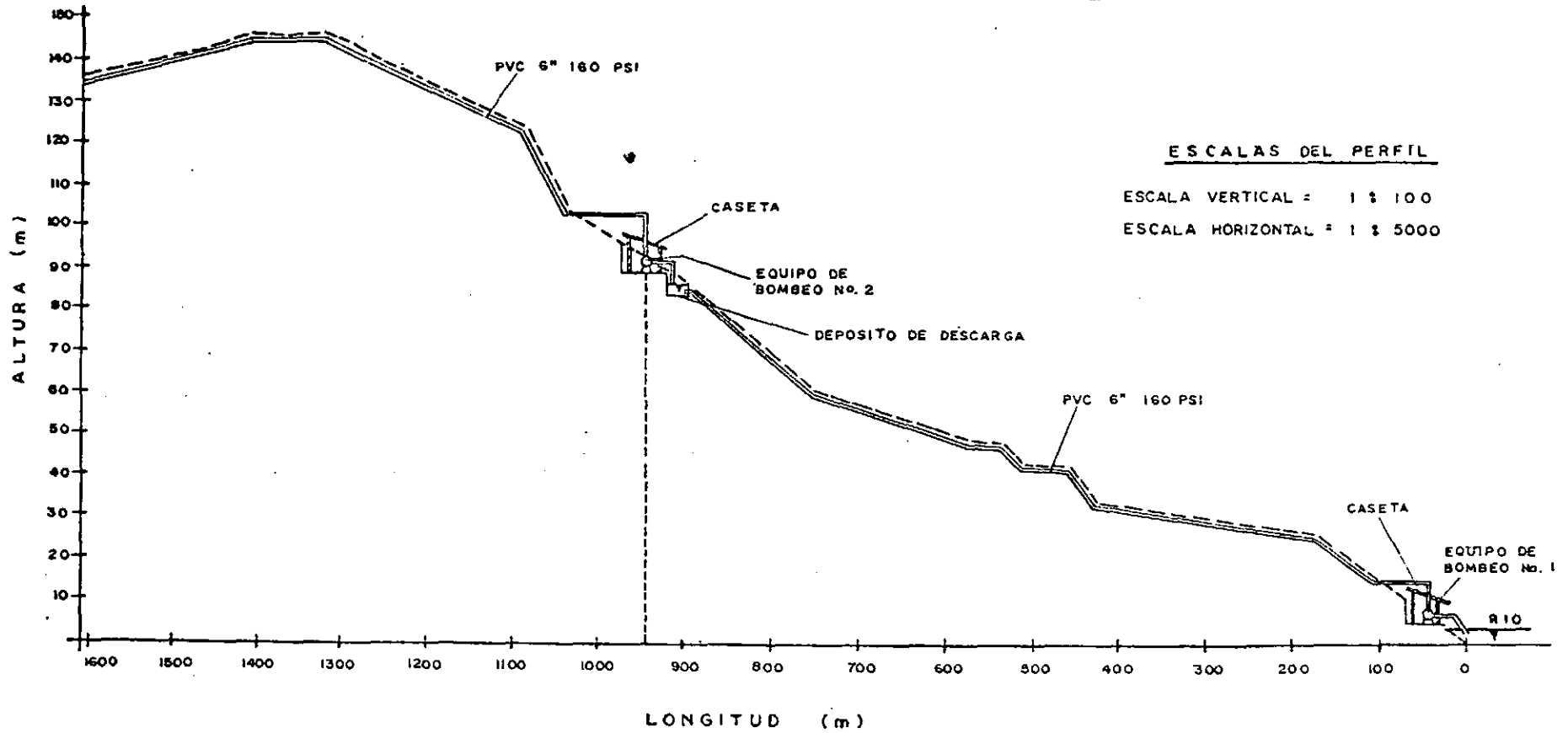
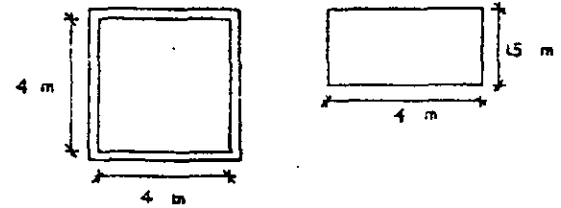
- (A) TUBERIA PRINCIPAL
- (B) NIPLE PVC 6"
- (C) NIPLE PVC 4"
- (D) NIPLE PVC 3"
- (E) VALVULA HIDRANTE ALUM. 3"
- (F) ABRAZADERA CON GANCHO 3"
- (G) TAPON MACHO ALUM. 1"
- (H) TUBO ALUMINIO 3" x 30 pies
- (I) TUBO ALUMINIO 3" x 15 pies
- (J) ASPERSOR
- (K) REDUCIDOR CAMPANA 1" x 3/4" H.G.
- (L) TAPON FINAL ALUM. 3"

- (M) TEE PVC 6"
- (N) REDUCIDOR PVC 6" x 4"
- (O) REDUCIDOR PVC 4" x 3"
- (P) ADAPTADOR MACHO PVC 3"
- (Q) VALVULA HIDRANTE DESMONTABLE 3"
- (R) TUBO ALUMINIO 3" x 30 pies
- (S) ACOPLE DOBLE ALUMINIO 3" x 1"
- (T) CODO EN LINEA ALUM. 3" 90°
- (U) TUBO ALUMINIO 3" x 30 pies
- (V) NIPLE H.G. 3/4" x 2 pies
- (W) NIPLE H.G. 1" x 4 pies

DETALLE DE TUBERIA PORTATIL DE ALUMINIO

# PERFIL DE LA LINEA DE CONDUCCION Y UBICACION DE BOMBEO

DETALLE DE DEPOSITO DE DESCARGA



## 8. ANALISIS ECONOMICO

### 8.1 Costos Iniciales

#### 8.1.1 Costo de Equipo y Materiales

El costo global del equipo y materiales consignados en el numeral 7.3 asciende a la cantidad de Q 50,000.00. Los precios unitarios no están consignados por haber sido proporcionados costos globales por parte de las casas comerciales donde se cotizó algunos de los materiales y equipo, y por corresponder a precios especiales por contrato abierto con el Gobierno de la República, en otros.

#### 8.1.2 Costo de readecuación de energía eléctrica

Para la instalación de los motores eléctricos, es necesario hacer una readecuación de la línea monofásica (19.9 Kv) que llega actualmente a la aldea Palo Amontonado, a línea trifásica (34.5 Kv) para lo cual debe aportarse Q 5,200.00 por km de alambrado y accesorios, más Q 5,800.00 por concepto de transformadores, cortacircuitos y pararrayos. La inversión total de la readecuación en 5 km que hay de distancia entre la línea de alta tensión y el sitio de bombeo, es de Q 31,800.00 de los cuales Q 5,000.00 pueden ser aportados por el INDE, restando un total de Q 26,800.00 para ser aportados por la comunidad.

#### 8.1.3 Costos Iniciales Totales

Costo total de equipo y materiales	Q 50,000.00
Costo de readecuación de 5 km de línea monofásica a trifásica	<u>26,800.00</u>
Sub-total	Q 76,800.00
Imprevistos (10%)	<u>7,700.00</u>
Costo inicial total	<u><u>Q 84,500.00</u></u>

#### 8.1.4 Costos iniciales por manzana

El costo inicial para cada una de las 23 manzanas que comprende el proyecto es igual a

$$Q 84,500.00 / 23 \text{ mz} = Q 3,674.00$$



## 8.2 Costos Anuales del sistema

### 8.2.1 Costos Fijos

#### a. Amortización de préstamo e intereses

Con fines de cálculo de amortización de capital e intereses, se elaboró el Cuadro No. 15 donde aparece la forma de pago por manzana a través de la vida útil del proyecto, que se estimó en 10 años. Tomando en cuenta que la totalidad de la inversión puede ser financiada con un préstamo del BID a través de un fideicomiso destinado a proyectos de esta naturaleza y que es manejado por el BANDESA, cobrando un interés de 8% anual sobre capital no reembolsado. Se contempló un año de gracia con el fin de que los agricultores obtengan fondos de capital al iniciar el proyecto, calculándose el reembolso de la inversión en los nueve años restantes.

#### CUADRO No. 15

#### AMORTIZACIÓN DEL PRESTAMO Y SERVICIOS DE INTERESES AL 8% SOBRE CAPITAL NO REEMBOLSADO (En Quetzales/Manzana)

AÑO	CAPITAL	AMORTIZACION	INTERESES	CUOTA ANUAL
1	3 674.00	----	293.92	293.92
2	3 674.00	408.22	293.92	702.14
3	3 265.78	408.22	261.26	669.48
4	2 857.56	408.22	228.60	636.82
5	2 449.34	408.22	195.95	604.17
6	2 041.12	408.22	163.29	571.51
7	1 632.90	408.22	130.63	538.85
8	1 224.68	408.22	97.97	506.19
9	816.46	408.22	65.32	473.54
10	408.24	408.24	32.66	440.90
	TOTAL	3 674.00	1 763.52	5 437.52

### b. Impuestos

Se consideró el 1% del costo inicial para cada año (19)

$$\text{Impuesto anual total} = Q 84,500.00 \times 0.01 = Q 845.00$$

$$\text{Impuesto anual por manzana} = Q 845.00 / 23 = Q 36.74$$

### c. Depreciaciones

Se calculó una vida útil promedio de 10 años para todo el equipo y materiales a utilizarse, por lo que la depreciación se calculó dividiendo el costo inicial de los mismos, entre la vida útil considerada.

Depreciación anual del sistema

$$Q 50,000.00 / 10 \text{ años} = Q 5,000.00$$

Depreciación anual por manzana

$$Q 5,000.00 / 23 \text{ manzanas} = Q 217.40$$

## 8.2.2 Costos Variables (de operación)

### a. Consumo de energía eléctrica

- Capacidad de los motores = 120 Hp

$$1 \text{ Hp} = 0.746 \text{ Kw}$$

$$120 \text{ Hp} = 89.52 \text{ Kw}$$

- Tiempo de operación diaria = 20 horas

- Consumo en Kwh diario =  $89.52 \text{ kw/h} \times 20 \text{ horas/día} = 1,790.4 \text{ Kwh/día}$

- Días de operación por mes:

$$3 \text{ ciclos de } 8.5 \text{ días c/u} = 25.5 \text{ días/mes}$$

- Consumo mensual =  $1,790.4 \times 25.5 = 45,655.20 \text{ Kwh}$

TARIFA ESTABLECIDA POR EL INDE

---

CARGO POR DEMANDA

Q 170.00 por los primeros 50 kw o menos  
3.40 por Kw adicional

CARGO POR CONSUMO

Q 751.00 por los primeros 10,000 Kwh o menos  
0.075 por Kwh por los siguientes 10,000 Kwh  
0.066 por Kwh por el resto de Kwh

---

Costo mensual por consumo de energía eléctrica:

Cargo por demanda

primeros 50 Kw de demanda	Q 170.00	
restantes 39.52 Kw de demanda	<u>134.37</u>	Q 304.37

Cargo por consumo

primeros 10,000 Kwh	Q 751.00	
segundos 10,000 Kwh	750.00	
restantes 25,655.2 Kwh	<u>1,693.24</u>	<u>" 3,194.24</u>

Costo mensual		<u><u>Q 3,498.61</u></u>
---------------	--	--------------------------

Costo anual por consumo de energía eléctrica:

Se sembrará tabaco cuyo ciclo de cultivo es de 4 meses de riego y chile serrano con iguales características, lo que da un total de 8 meses de cultivo bajo riego al año. El tercer cultivo a establecer es el de maíz, el cual será sembrado en época de temporal, ya que los dos cultivos anteriores no deben sembrarse en dicha época por inconvenientes agronómicos en el tabaco y de mercado en el chile serrano. Es decir, que se tendrán 8 meses de operación del sistema al año, por lo tanto:

$$\text{Costo anual energía eléctrica} = 8 \text{ meses} \times \text{Q } 3,498.61 = \text{Q } 27,988.88$$

$$\text{Costo mensual energía eléctrica} = \text{Q } 27,988.88 / 23 \text{ mz} = \text{Q } 1,216.91 \text{ por mz}$$

## b. Consumo de aceites y grasas

Para el caso de motores eléctricos se consideran insignificantes.

## c. Costo de mantenimiento y reparaciones

Se estimó un 2% del costo inicial del equipo y materiales (19)

$$Q 50,000.00 \times 0.02 = Q 1,000.00$$

Costo de mantenimiento y reparación por manzana:

$$Q 1,000.00 / 23 \text{ mz} = Q 43.50$$

## d. Costo de servicios del sistema (Cs)

Aquí se consideró que 3 agricultores estarán operando las líneas laterales en el terreno y una cuarta persona estará encargada de la operación de las motobombas.

- No. de horas de operación al año:

$$25 \text{ días/mes} \times 20 \text{ horas/día} \times 8 \text{ meses/año} = 4,000 \text{ horas/año}$$

- Salario: Q 2.50 por jornal de 8 horas (jornal pagado en el área)

- Costo de servicios (Cs):

$$Cs = \frac{\text{No. de horas de operación anuales}}{\text{operación anuales}} \times \frac{\text{Sueldo por hora}}{\text{hora}} \times \frac{\text{No. de personas}}{\text{personas}}$$

$$Cs = 4,000 \times 2.50/8 \times 4 = Q 5,000.00$$

Costo de servicio por manzana por año:

$$Q 5,000.00 / 23 \text{ mz} = Q 217.40$$

## 8.2.3 Costo total anual del sistema

El costo total anual del sistema es igual al costo total fijo, más el costo total variable (costo de operación).

Tomando en cuenta dentro del costo fijo anual únicamente los intereses del préstamo, los impuestos y las depreciaciones, se elaboró el cuadro No. 16, en el cual aparecen los costos totales anuales por manzana, del sistema de riego, durante los 10 años de su vida útil.

CUADRO No. 16  
 COSTOS TOTALES ANUALES POR MANZANA DEL SISTEMA DE RIEGO  
 (En Quetzales)

AÑO	COSTOS FIJOS	COSTOS VARIABLES	COSTO TOTAL ANUAL
1	548.06	1 477.81	2 025.87
2	548.06	1 477.81	2 025.87
3	515.40	1 477.81	1 993.21
4	482.74	1 477.81	1 960.55
5	450.09	1 477.81	1 927.90
6	417.43	1 477.81	1 895.24
7	384.77	1 477.81	1 862.58
8	352.11	1 477.81	1 829.92
9	319.46	1 477.81	1 797.27
10	286.80	1 477.81	1 764.61

NOTA: los costos fijos varían debido a que incluyen los intereses del préstamo, que al ser calculados sobre capital no reembolsado, disminuyen con el tiempo. Los costos variables permanecen fijos debido a que estos dependen básicamente del tiempo que se opere el sistema, el cual es muy difícil de estimar anticipadamente, por lo que con fines del análisis económico, se consideró constante para todos los años, dejando sabido que pueden aumentar o disminuir según se a el volumen de trabajo durante el año.

### 8.3 Costos de Producción

Debido a que la inversión inicial del sistema de riego es demasiado alta, se consideró que únicamente trabajando en una forma intensiva, obteniendo tres cosechas anuales en toda el área, puede lograrse una relación ventajosa entre los beneficios y los costos. Por esa razón y para efectos de este análisis, se consideró la siembra de tres cultivos que son: tabaco y chile serrano, por ser de los que han presentado una mayor rentabilidad en el área, y maíz, el que por sus características tradicionales arraigadas, sería muy difícil de convencer al agricultor que dejara de cultivarlo, por lo que puede aprovecharse la época de temporal para su co-

secha, ya que los otros cultivos mencionados anteriormente no pueden sembrarse en dicha época. Los tres cultivos considerados tienen ciclos similares, de 4 meses aproximadamente cada uno, por lo que el área podría ser cultivada totalmente durante todo el año. Los costos de producción de tabaco, chile serrano y maíz, estimados para 1982 aparecen en el Cuadro No. 17 y fueron calculados tomando un 10% de incremento por tasa de inflación sobre los costos promedios reportados por la Unidad de Riego El Rancho-Jícaro para el año 1981.

CUADRO No. 17  
COSTOS DE PRODUCCION ESTIMADOS PARA 1982, POR MANZANA  
(En Quetzales)

CONCEPTO	TABACO	CHILE SERRANO	MAIZ
Arrendamiento	128.00	65.00	35.00
Preparación del terreno			
Arado y rastreado	60.00	56.00	45.00
Desinfestación 1/	86.00	92.00	---
Almácigo	108.00	60.00	---
Control de plagas 2/	53.00	56.00	28.00
Siembra	42.00	35.00	20.00
Limpias	95.00	90.00	38.00
Control de enfermedades 3/	56.00	35.00	---
Fertilización 4/	318.00	200.00	62.00
Cosecha			
Costo de recolección	482.00	120.00	30.00
Costo de transporte	67.00	118.00	20.00
TOTAL	1 367.00	927.00	278.00

1/ Incluye costo del desinfestante y su aplicación.

2/ Incluye el costo de los insecticidas y su aplicación.

3/ Incluye el costo de los fungicidas y su aplicación.

4/ Incluye el costo de los fertilizantes y su aplicación.

FUENTE: Con base en estadísticas de la Unidad de Riego El Rancho-Jícaro del Ministerio de Agricultura.

#### 8.4 Ingresos estimados para 1982

Tomando las producciones promedio y los precios promedio reportados para los cultivos de tabaco, chile serrano y maíz en 1981 por la Unidad de Riego El Rancho-Jícaro, se determinaron los ingresos estimados para 1982, calculando un 10% de incremento sobre las producciones. Para la estimación de los ingresos por venta, se estimó un 10% de incremento sobre los precios del chile serrano y el maíz, no así para el tabaco por considerar que el precio de venta de este producto no está controlado por el productor. Estos datos aparecen en el cuadro No. 18.

CUADRO No. 18

PRODUCCION E INGRESOS ESTIMADOS  
PARA 1982, POR MANZANA

CULTIVO	PRODUCCION PROMEDIO	PRECIO POR UNIDAD	INGRESO
Tabaco	40 qq	Q 78.00	Q 3 120.00
Chile serrano	150 qq	18.50	2 775.00
Maíz	46 qq	11.24	517.00
		Ingreso Total	Q 6 412.00

#### 8.5 Proyección de costos e ingresos del proyecto

Con fines de la evaluación económica, se realizó una proyección de los ingresos y los costos del proyecto durante los 10 años de vida útil estimados. Para el efecto, se consideró un aumento del 10% anual por tasa de inflación sobre los costos. Para los ingresos por venta de los productos, se consideró un aumento del 10% anual para chile serrano y maíz, y un 10% cada dos años para tabaco. Esto debido a que el tabaco pertenece a un mercado monopolístico (donde hay muchos vendedores y un solo comprador), por lo que los precios están controlados exclusivamente por el comprador. Los datos aparecen en el cuadro No. 19.

## 8.6 Evaluación Económica

A través de distintos criterios de evaluación, se analizaron los datos económicos del estudio y se calcularon los parámetros que permiten determinar la factibilidad económica del proyecto. En el detalle siguiente se presentan los indicadores que demuestran la factibilidad del proyecto:

INDICADOR	AÑOS		
	1	5	10
1. Utilidad neta sobre ventas (UNV)	28 %	33 %	38 %
2. Utilidad neta sobre inversión total (UNIT)	39 %	50 %	61 %
3. Punto de equilibrio (PE)	52 %	39 %	
4. Tasa interna de retorno			68.99 %

La utilidad neta sobre ventas se calculó dividiendo la utilidad neta entre los ingresos. La utilidad neta sobre inversión total se calculó dividiendo la utilidad neta entre los costos totales anuales. El punto de equilibrio se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$PE = \frac{CF}{1 - CV/TV}$$

Donde: PE = punto de equilibrio

CF = costos fijos (se consideró el costo anual del riego)

CV = costos variables (se consideró los costos de producción)

TV = total de ventas (ingresos)

Los indicadores anteriores son elocuentes en cuanto a las ventajas que ofrece la futura inversión. El punto de equilibrio permite apreciar que aun cuando se dejara de percibir el 48 % de los ingresos previstos, la empresa no acusaría pérdida en el primer año y en el quinto año la situación es mucho más ventajosa.

Se hace notar que la tasa interna de retorno, que representa la rentabilidad de los recursos comprometidos en el proyecto durante la vida del mismo, se considera adecuada por ser mayor que el costo de oportunidad del Capital\*, el cual actualmente es del orden del 15 %.

\* Promedio ponderado de las tasas a las que se puede tomar fondos a préstamo y obtener un rendimiento aceptable para las acciones de capital. (4)



CUADRO No. 19

PROYECCION DE COSTOS E INGRESOS POR MANZANA  
 DURANTE LA VIDA UTIL DEL PROYECTO  
 (En Quetzales)

AÑO	COSTO ANUAL DEL RIEGO	COSTOS DE PRODUCCION ANUALES	COSTOS TOTALES ANUALES	INGRESOS ANUALES
1	2 025.87	2 829.20	4 855.07	6 741.20
2	2 025.87	3 112.12	5 137.99	7 415.32
3	1 993.21	3 423.33	5 416.54	7 813.65
4	1 960.55	3 765.67	5 726.22	8 595.01
5	1 927.90	4 142.23	6 070.13	9 076.99
6	1 895.24	4 556.45	6 451.69	9 984.70
7	1 862.92	5 012.10	6 875.02	10 567.90
8	1 829.92	5 513.31	7 343.02	11 624.68
9	1 797.27	6 064.64	7 861.91	12 330.35
10	1 764.61	6 671.11	8 435.72	13 563.38

Al incrementarse los costos totales en un 10% sin alterar los ingresos por ventas, la tasa interna de retorno bajó a 56.3% y en el segundo caso, o sea disminuyendo los ingresos en un 10% sin modificación de los costos, la tasa mencionada bajó a 50.57%, la cual de todas maneras se estima sumamente atractiva, porque supera en forma considerable la tasa de interés bancaria (15%). Ver cuadros Nos. 20, 21 y 22.

En resumen, el proyecto muestra una rentabilidad muy alta, a pesar de representar un costo inicial sumamente elevado en comparación con otros proyectos de esta naturaleza. Lo cual es causa de las condiciones críticas del área, especialmente su ubicación respecto a la única fuente de agua. Sin embargo, trabajando bajo un régimen de explotación intensivo, como el considerado, se obtiene una rentabilidad que hace al proyecto atractivo para su realización, determinándose de esa manera la Factibilidad Económica del mismo.

CUADRO No. 20

FLUJO DE FONDOS, COSTOS Y TASA INTERNA DE RETORNO POR MANZANA

(En Quetzales)

AÑO	INGRESOS	COSTOS TOTALES ANUALES	UTILIDAD NETA	DEPRECIACIONES	FLUJO NETO DE FONDOS	FLUJO ACTUALIZADO A LA TASA INTERNA DE RETORNO (68.99%)
0		3 674.00	- 3 674.00		- 3 674.00	- 3 674.00
1	6 741.20	4 855.07	1 886.13	217.40	2 103.53	1 245.29
2	7 415.32	5 137.99	2 277.33	217.40	2 494.73	873.65
3	7 813.65	5 416.54	2 397.11	217.40	2 614.51	541.73
4	8 595.01	5 726.22	2 868.79	217.40	3 086.19	379.60
5	9 076.99	6 070.13	3 006.86	217.40	3 224.26	235.37
6	9 984.70	6 451.69	3 533.01	217.40	3 750.41	161.27
7	10 567.90	6 875.02	3 692.88	217.40	3 910.28	99.32
8	11 624.68	7 343.23	4 218.45	217.40	4 498.85	67.48
9	12 330.35	7 861.91	4 468.44	217.40	4 685.84	41.71
10	13 563.38	8 435.72	5 127.66	217.40	5 345.06	28.33

CUADRO No. 21

ANALISIS DE SENSIBILIDAD CONSIDERANDO UN INCREMENTO  
DEL 10% EN LOS COSTOS TOTALES, POR MANZANA  
(En Quetzales)

AÑO	INGRESOS	COSTOS TOTALES	UTILIDAD NETA	DEPRECIACIONES	FLUJO NETO DE FONDOS	FLUJO ACTUALIZADO A LA TASA INTERNA DE RETORNO (56.3%)
0		3 674.00	- 3 674.00		- 3 674.00	- 3 674.00
1	6 741.20	5 340.58	1 400.62	217.40	1 618.02	1 035.53
2	7 415.32	5 651.79	1 763.53	217.40	1 980.93	810.79
3	7 813.65	5 958.20	1 855.45	217.40	2 072.85	543.09
4	8 595.01	6 298.83	2 296.18	217.40	2 513.58	421.28
5	9 076.99	6 677.14	2 399.85	217.40	2 617.25	280.57
6	9 984.70	7 096.94	2 887.76	217.40	3 105.16	213.01
7	10 567.90	7 562.15	3 005.75	217.40	3 223.15	141.82
8	11 624.68	8 077.55	3 547.13	217.40	3 764.53	105.78
9	12 330.35	8 648.11	3 682.24	217.40	3 899.64	69.80
10	13 563.38	9 279.29	4 284.09	217.40	4 501.49	51.77

CUADRO No. 22

ANALISIS DE SENSIBILIDAD CONSIDERANDO UN DECREMENTO  
DEL 10% EN LOS INGRESOS, POR MANZANA  
(En Quetzales)

AÑO	INGRESOS	COSTOS TOTALES ANUALES	UTILIDAD NETA	DEPRECIACIONES	FLUJO NETO DE FONDOS	FLUJO ACTUALIZADO A LA TASA INTERNA DE RETORNO (50.57%)
0		3 674.00	- 3 674.00		-3 674.00	- 3 674.00
1	6 067.08	4 855.07	1 212.01	217.40	1 429.41	949.41
2	6 673.79	5 137.99	1 535.80	217.40	1 753.20	773.34
3	7 032.28	5 416.54	1 615.74	217.40	1 833.14	537.11
4	7 735.51	5 726.22	2 009.29	217.40	2 226.69	434.20
5	8 169.29	6 070.13	2 099.16	217.40	2 316.56	299.30
6	8 986.23	6 451.69	2 534.54	217.40	2 751.94	236.67
7	9 511.11	6 875.02	2 636.09	217.40	2 853.49	162.65
8	10 462.21	7 343.23	3 118.98	217.40	3 336.38	126.78
9	11 097.81	7 861.91	3 235.40	217.40	3 452.80	86.67
10	12 207.04	8 435.72	3 771.32	217.40	3 988.72	67.81

## 9. CONCLUSIONES

De acuerdo al estudio realizado, se concluye lo siguiente:

- 9.1- Es técnicamente factible la introducción de riego en los terrenos comunales de El Rodeo, Palo Amontonado, El Progreso, utilizando un sistema de riego por aspersión.
- 9.2- En función de las condiciones topográficas del terreno, es posible introducir riego por aspersión en 17.0 ha (25.0 mz), de las cuales se realizó el diseño para regar 16.1 ha (22.7 mz) pudiéndose utilizar el resto del área para semilleros y para colocar las galeras de secado del tabaco.
- 9.3- De acuerdo a las investigaciones realizadas en cuanto a disponibilidad y cali-dad del agua, el río Motagua es adecuado como fuente de agua para el proyecto.
- 9.4- En base al estudio de suelos efectuado, se determinó que a pesar de encontrar-se algunas limitantes como la existencia de una capa poco permeable a 25 cm de profundidad en parte del área y la presencia de exceso de sales (Ca y Na) en el suelo, las condiciones generales físicas y químicas de los suelos se consi-deran adecuadas para la producción de tabaco, maíz y hortalizas.
- 9.5- El cultivo de tabaco se tomó como base para el diseño del sistema, por ser el que demanda mayor cantidad de agua de riego y bajo estas condiciones es necesario aplicar una lámina neta de riego de 7.30 cm con un intervalo de riego de 10 días en la época más crítica (enero-abril).
- 9.6- Las Especificaciones del Equipo y Materiales necesarios para el sistema de rie-go, se dan el numeral 7.3.
- 9.7- La operación y manejo del sistema deberá efectuarse según las especificaciones establecidas en el numeral 7.2..
- 9.8- Según el análisis económico efectuado, el costo inicial total del sistema es de Q 84 500.00 y el costo unitario de Q 3674.00 por manzana, los cuales preliminarmente se consideran elevados.

9.9- La evaluación económica de dicho análisis determina sin embargo, que a pesar de los costos iniciales elevados del sistema, las proyecciones de ingresos y gastos provenientes de las actividades del proyecto durante su vida útil y bajo el régimen de explotación considerado, permiten proveer márgenes de utilidad aceptables, de conformidad con los indicadores obtenidos. Lo anterior hace atractiva la realización del mismo, especialmente por la función social que significaría para la comunidad, determinándose de esa manera su factibilidad económica y su conveniencia social.

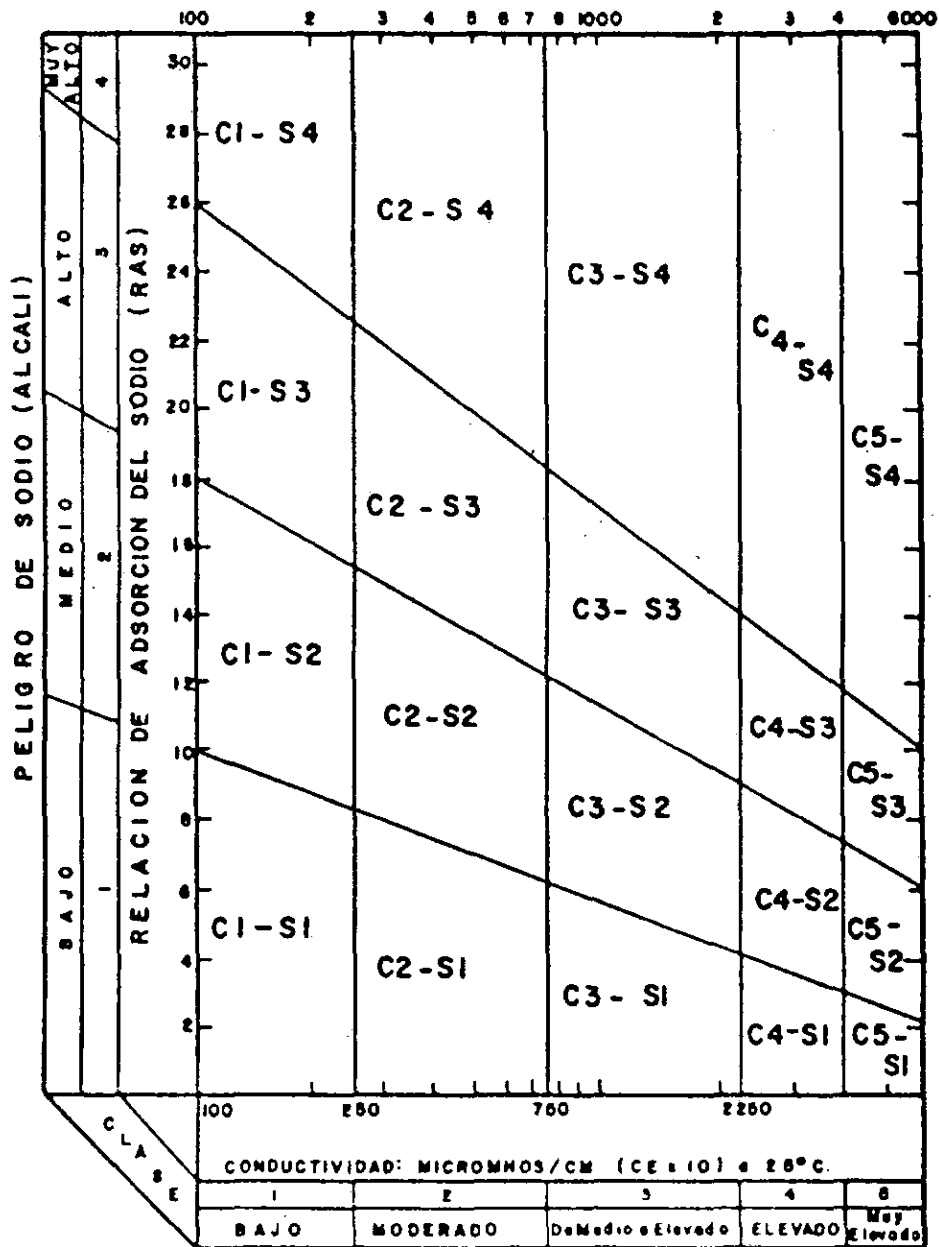
## 10. RECOMENDACIONES

En base al estudio realizado y a las conclusiones obtenidas, se recomienda:

- 10.1- La realización de los estudios definitivos del proyecto, con el objeto de que pueda ser llevado a cabo y complementar en esa forma los objetivos planteados en éste trabajo.
- 10.2- La consolidación de la propiedad del terreno, como requisito previo para dar inicio a dicho estudio, en vista de que últimamente la Municipalidad de El Progreso, cabecera reclama tener jurisdicción sobre dicho terreno.
- 10.3- Considerar en forma especial un análisis más profundo en cuanto al estudio de suelos, a fin de determinar en que medida las limitantes encontradas en el análisis físico-químico de los mismos, puedan corregirse y manejarse en una forma adecuada.
- 10.4- Efectuar nuevos trazos topográficos para tratar de encontrar una ruta más corta entre la fuente de agua y el terreno, con el fin de minimizar la longitud de la tubería de conducción, así como la diferencia de nivel.
- 10.5- Realizar un estudio complementario para determinar la factibilidad de utilizar un método de riego más eficiente como sería el de goteo con el objeto de compararlo con el propuesto, dado que bajo las condiciones consideradas, el sistema por aspersión representa un costo inicial elevado.
- 10.6- Determinar la factibilidad del establecimiento en el área de algunas hortalizas de clima cálido que son objeto de exportación.
- 10.7- Realizar las investigaciones y trámites tendientes a lograr un subsidio por parte del Gobierno de la República, específicamente en lo que se refiere a la readecuación del abastecimiento de energía eléctrica, la cual está incidiendo en una alta proporción en los costos iniciales del proyecto.
- 10.8- Promover la organización de los futuros usuarios con el fin de propiciar las condiciones necesarias para el adecuado funcionamiento del proyecto.
- 10.9- Que se proporcione la asistencia técnica, crediticia y social adecuadas y permanentes, con el objeto de que la realización de este proyecto constituya realmente una alternativa de desarrollo para la comunidad.



11. APENDICE



PELIGRO DE SALINIDAD

DIAGRAMA PARA LA CLASIFICACION DE LAS AGUAS PARA RIEGO

TASAS MAXIMAS DE APLICACION PARA RIEGO POR ASPERSION EN DIFERENTES SUELOS, PENDIENTES Y CONDICIONES DE COVERTURA

% Pendiente	Textura del suelo	INFILTRACION BASICA (pulg/hora)					
		Pesada	Moderad. pesada	Media	Moderad. ligera	Ligera	Muy ligera
0.0-0.4	sin covert.	0.1 -0.2	0.2 -0.4	0.3 -0.7	0.5 -1.0	0.7 -1.5	1.0 -2.0
	con covert.	0.15-0.3	0.3 -0.6	0.4 -1.0	0.7 -1.5	1.0 -2.5	1.5 -3.0
4.0-8.0	sin covert.	0.1 -0.15	0.15-0.25	0.2 -0.5	0.4 -0.7	0.5 -1.0	0.7 -1.5
	con covert.	0.15-0.2	0.2 -0.35	0.3 -0.7	0.6 -1.0	0.7 -1.5	1.0 -2.5
8.0 +	sin covert.	0.1	0.1 -0.15	0.15-0.3	0.3 -0.5	0.4 -0.7	0.5 -1.0
	con covert.	+ de 0.15	0.15-0.2	0.25-0.4	0.4 -0.7	0.6 -1.0	0.7 -1.5

FUENTE: (20).

TABLA No. 2

COEFICIENTES DE APROVECHAMIENTO DE LA LLUVIA

Lluvia observada (mm)	Coef. de aprovechamiento.	Lluvia efectiva Acum.
0 - 25	0.95	23.7
25 - 50	0.90	46.3
50 - 75	0.82	67.0
75 - 100	0.65	83.0
100 - 125	0.45	94.5
125 - 150	0.25	100.5
Más de 150	0.05	---

FUENTE: (12).

**TABLA No. 3**  
**CLASIFICACION DE ASPERSORES Y SU ADAPTABILIDAD**

Tipo de rociador	Presión baja 5-15 psi 35-1 kg/cm <sup>2</sup>	Presión moderada 15-30 psi 1-2 kg/cm <sup>2</sup>	Presión intermedia 30-60 psi 2-4 kg/cm <sup>2</sup>	Presión alta 50-100 psi 3.5-7 kg/cm <sup>2</sup>	Hidráulica 80-120 psi 5.6-8.4 kg/cm <sup>2</sup>	Por debajo de 10-50 psi 0.7-3.5 kg/cm <sup>2</sup>	De tubo perforado 4-20 psi 0.28-1.4 kg/cm <sup>2</sup>
Características generales	Resortes especiales de empuje o brazos del tipo reacción.	Usualmente diseño de boquilla sola oscilante o de boquilla doble en brazo largo.	Cualquiera de los dos diseños: Boquilla sola o dos boquillas.	Cualquiera de los dos diseños: De boquilla sola o de dos boquillas.	Una boquilla grande con boquillas complementarias más chicas para regar los huecos del riego principal. Una boquilla pequeña hace girar sobre su eje al rociador.	Diseñada para mantener las trayectorias del chorro por debajo de frutos y follaje al reducirse el ángulo que la boquilla forma con el terreno.	Tubería portátil de riego con líneas de agujeros pequeños en el tercio superior del perímetro del tubo.
Alcance de los diámetros húmedos.	6 a 15 m 20 a 50 pies	18 a 24 m 60 a 80 pies	22 a 37 m 75 a 120 pies	33 a 70 m 110 a 230 pies	60 a 120 m 200 a 400 pies	12 a 27 m 40 a 90 pies	Fajas rectangulares de 3 a 15 m (10 a 50 pies) de ancho.
Tasa mínima de aplicación que se recomienda.	1.0 cm/hr 0.40 pulg/hr	0.50 cm/hr 0.20 pulg/hr	0.62 cm/hr 0.25 pulg/hr	1.25 cm/hr 0.50 pulg/hr	1.6 cm/hr 0.65 pulg/hr	0.83 cm/hr 0.33 pulg/hr	1.25 cm/hr 0.50 pulg/hr
Características del chorro (se suponen relaciones apropiadas de presión con diámetro de boquilla.)	Las gotas de agua son gruesas debido a la presión baja.	Las gotas de agua son bastante uniformes.	Las gotas de agua están bien distribuidas en todo el diámetro húmedo.	Las gotas de agua se distribuyen bien en todo el diámetro húmedo.	Las gotas de agua se distribuyen extremadamente bien.	Las gotas de agua se distribuyen razonablemente bien.	Salen muy grandes las gotas de agua debido a la presión baja.
La figura de distribución de humedad (si se suponen espaciamiento y relaciones entre presión y diámetro de boquilla apropiados)	Aceptable	De aceptable a buena en los límites superiores del intervalo de presiones.	Muy buena.	Buena excepto cuando la velocidad del viento excede de 6 km/hr aproximadamente.	Aceptable cuando no hay aire pues éste la deforma mucho.	Razonablemente buena. Se recomienda la forma de diamante cuando la distancia entre las tuberías laterales sea mayor que las distancias entre árboles.	La figura buena es rectangular.
Adaptaciones y limitaciones	Superficies pequeñas. Se confina a suelos con tasas de absorción que excedan de 1.25 cm por hora así como a una buena capa de cobertura sobre suelos de textura media a gruesa.	Principalmente para rociado por debajo de las copas de los árboles en las huertas. Puede usarse para cultivos de campo abierto y legumbres.	Para todos los cultivos a campo abierto y para la mayoría de los suelos susceptibles de riego. Bien adaptada para rociar sobre árboles en huertas, arboledas y toldos para tabaco.	Lo mismo que para rociadores de presión intermedia excepto cuando el viento sea excesivo.	Adaptable a cultivos tupidos que suministran por sí mismos una buena capa de cobertura. Para empapar rápidamente y para regar superficies de formas extrañas. Se limita a suelos de altas tasas de absorción.	Para huertas o arboledas de cítricos. Ahí donde el viento tiende a deformar la forma del riego por encima de la copa de los árboles. Ahí donde la presión no sea suficiente para operar los rociadores por encima de las copas de los árboles.	Únicamente para cultivos de tamaño inferior al del arbusto. Se limita a suelos cuyas tasas de absorción sean relativamente altas. Es mejor para superficies pequeñas con cultivos carnos. La baja presión de operación permite usar la conducción por gravedad o por medio del servicio ordinario de abastecimiento de agua.

FUENTE: (9)

TABLA No. 4

SEPARACION ENTRE ASPERSORES Y ENTRE LATERALES  
DE ACUERDO A LA VELOCIDAD DEL VIENTO

Velocidad del viento.	Separacion entre aspersores y entre laterales (% del diámetro de cobertura)	
	EN CUADRO ea = el	EN RECTANGULO ea      el
Sin viento	65 %	
6.0 km/hr	60 %	50%    65%
12.0 km/hr	50%	40 %    60%
15.0 km/hr	40 %	40%    50%
más de 15.0 km/hr	30 %	30%    40%

FUENTE: (6)

TABLA No. 5

COEFICIENTE DE FRICCION SEGUN LAS CARACTERISTICAS  
DEL MATERIAL DEL TUBO

TUBO	C
Plástico (4 ó más pulgadas)	150
(2 y 3 pulgadas)	140
Asbesto cemento	140
Aluminio (con coplas cada 30 pies)	130
Hierro galvanizado	130
Hierro (nuevo)	130
(15 años de uso)	100

FUENTE: (11).

TABLA No. 6

FACTOR (F) PARA CALCULAR PERDIDAS POR FRICCIÓN  
EN TUBERÍA CON SALIDAS MÚLTIPLES

Número de salidas	Valor de F	Número de salidas	Valor de F
1.....	1.000	19.....	.372
2.....	.634	20.....	.370
3.....	.528	21.....	.369
4.....	.480	22.....	.368
5.....	.451	23.....	.367
6.....	.433	24.....	.366
7.....	.419	25.....	.365
8.....	.410	26.....	.364
9.....	.402	27.....	.364
10.....	.396	28.....	.363
11.....	.392	29.....	.363
12.....	.388	30.....	.362
13.....	.384		
14.....	.381	35.....	.359
15.....	.379		
16.....	.377	40.....	.357
17.....	.375		
18.....	.373	50.....	.355

FUENTE: (9).

# FULL CIRCLE IMPACT SPRINKLERS / 30 SERIES (cont'd.)

## PERFORMANCE FOR 30PSH

Highest point of stream is 9' above nozzle \*

P.S.I. @ Nozzle	Nozzle 1 3/64" x 1/8" - 20"		Nozzle 7/32" x 1/8" - 20"		Nozzle 15/64" x 1/8" - 20"		Nozzle 1/4" x 1/8" - 20"	
	Dia.	GPM	Dia.	GPM	Dia.	GPM	Dia.	GPM
45	101	11.30						
50	103	11.90	106	13.30	109	14.5		
55	104	12.50	107	13.90	111	15.3	115	17.0
60	105	13.00	108	14.40	112	16.0	116	17.7
65	106	13.50	109	14.90	113	16.6	118	18.4
70	107	14.00	110	15.40	115	17.2	119	19.1
75	108	14.50	111	15.90	117	17.8	121	19.8
80	109	15.00	112	16.40	118	18.4	122	20.5
85	110	15.43	113	16.81	119	18.9	123	21.2
90	111	15.87	114	17.25	121	19.3	125	22.0
95	112	16.29	115	17.67	123	19.8	127	22.7
100	113	16.71	116	18.08	124	20.2	128	23.4

## 30PSH/30EPSH Series

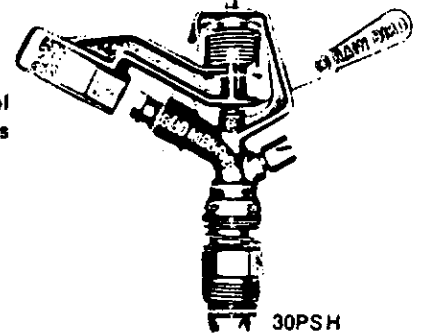


Designed especially for mechanical move systems. Ideal for center pivots due to performance with large range nozzles. Used in general field applications where large size nozzles are required; same excellent water distribution pattern. Application of this model series is extended because of the wide range of straight bore and special use nozzles. This sprinkler series has the all-new "H" bearing. 3/4" male bearing.

## 30PSH



Higher precipitation rates because of two nozzles. Wide range of flow rates available.



## 30EPSH



Higher precipitation rates because this model has two nozzles. Wide range of flow rates available. Diameter of throw increased substantially under extremely windy conditions because this model has a non-clog vane.

## PERFORMANCE FOR 30EPSH

Highest point of stream is 10' above nozzle. \*

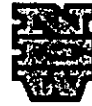
P.S.I. @ Nozzle	Nozzle 1 3/64" x 1/8" - 20"		Nozzle 7/32" x 1/8" - 20"		Nozzle 15/64" x 1/8" - 20"		Nozzle 1/4" x 1/8" - 20"	
	Dia.	GPM	Dia.	GPM	Dia.	GPM	Dia.	GPM
60	110	13.00						
65	112	13.50	116	14.90	119	16.6		
70	114	14.00	118	15.40	121	17.2	124	19.1
75	116	14.50	120	15.90	123	17.8	126	19.8
80	118	15.00	122	16.40	125	18.4	128	20.5
85	120	15.43	124	16.81	127	18.9	130	21.2
90	122	15.87	126	17.25	129	19.3	132	22.0
95	124	16.29	128	17.67	131	19.8	134	22.7
100	126	16.71	130	18.08	133	20.2	136	23.4

## PERFORMANCE FOR 30WPSH

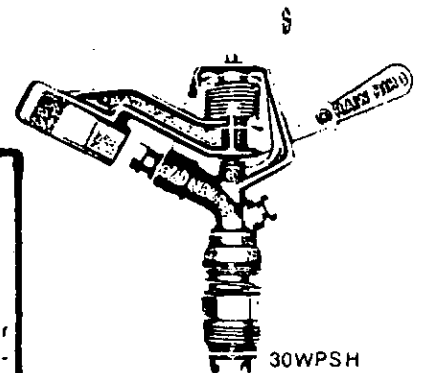
Highest point of stream is 9' above nozzle. \*

P.S.I. @ Nozzle	Nozzle 1 3/64"		Nozzle 7/32"		Nozzle 15/64"		Nozzle 1/4"	
	Dia.	GPM	Dia.	GPM	Dia.	GPM	Dia.	GPM
45	101	8.07						
50	103	8.49	106	9.88	109	11.1		
55	104	8.87	107	10.30	111	11.6	115	13.4
60	105	9.20	108	10.60	112	12.1	116	14.0
65	106	9.47	109	10.95	113	12.6	118	14.6
70	107	9.78	110	11.29	115	13.1	119	15.1
75	108	10.18	111	11.71	117	13.6	121	15.6
80	109	10.52	112	12.10	118	14.0	122	16.1
85	110	10.84	113	12.52	119	14.4	123	16.6
90	111	11.17	114	12.94	121	14.9	125	17.1
95	112	11.50	115	13.38	123	15.2	127	17.5
100	113	11.83	116	13.83	124	15.6	128	18.0

## 30WPSH



Lower precipitation rates and better performance in wind because of single nozzle. May be converted to two nozzle sprinkler by replacing plug with spreader nozzle.



## PERFORMANCE FOR 30EWPSH

Highest point of stream is 10' above nozzle. \*

P.S.I. @ Nozzle	Nozzle 1 3/64"		Nozzle 7/32"		Nozzle 15/64"		Nozzle 1/4"	
	Dia.	GPM	Dia.	GPM	Dia.	GPM	Dia.	GPM
60	110	9.20						
65	112	9.47	116	10.95	119	12.6		
70	114	9.78	118	11.29	121	13.1	124	15.1
75	116	10.18	120	11.71	123	13.6	126	15.6
80	118	10.52	122	12.10	125	14.0	128	16.1
85	120	10.84	124	12.52	127	14.4	130	16.6
90	122	11.17	126	12.94	129	14.8	132	17.1
95	124	11.50	128	13.38	131	15.2	134	17.5
100	126	11.83	130	13.83	133	15.6	136	18.0

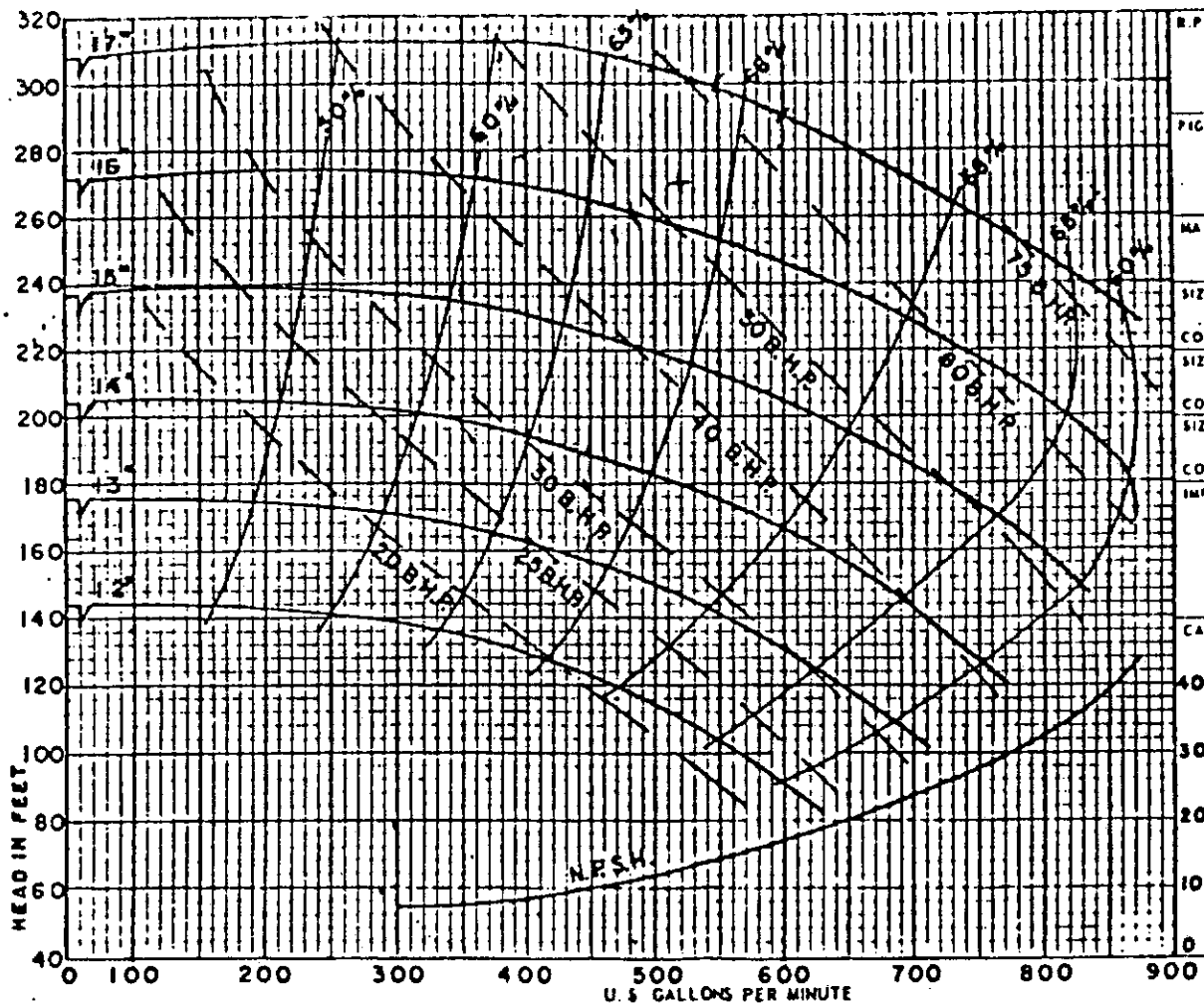
## 30EWPSH



Lower precipitation rates and better performance in wind because of single nozzle. May be converted to two nozzle sprinkler by replacing plug with spreader nozzle. Diameter of throw increased substantially under extremely windy conditions because this model uses a non-clog vane.

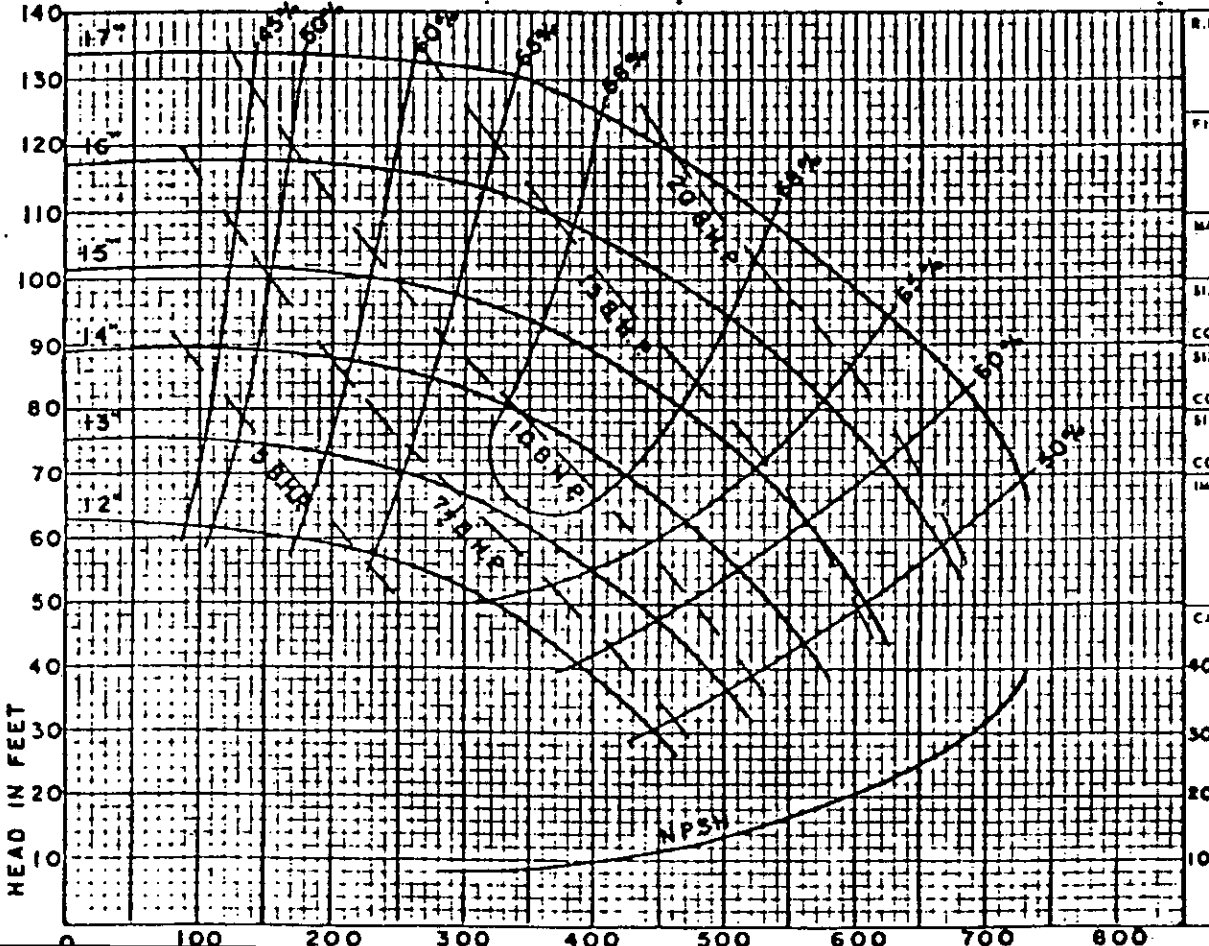
\*Standard nozzle. \*Shown for standard nozzle at normal operating pressure. NON-SHADED AREAS IN CHART RECOMMEND WORKING PRESSURE FOR BEST DISTRIBUTION

Crane-Deming No. \_\_\_\_\_  
Ft. \_\_\_\_\_ RPM Date \_\_\_\_\_  
Cust. No. \_\_\_\_\_  
Rating \_\_\_\_\_ GPM



R.P.M.	1750
FIGURE NO.	5062
MAX. SPHERES	7"
SIZE	4X3X17
CODE	3175
SIZE	
CODE	
SIZE	
CODE	
IMPELLER	33790
CASING	40 41411
CURVE NO.	P.C.
NSH IN FEET	2963

CURVES SHOW PERFORMANCE WITH LIQUID HAVING SPECIFIC GRAVITY - 1.0, VISCOSITY - 30 SSU



R.P.M.	1150
FIGURE NO.	5062
MAX. SPHERES	7"
SIZE	4X3X17
CODE	3175
SIZE	
CODE	
SIZE	
CODE	
IMPELLER	33790
CASING	40 41411
CURVE NO.	P.C.
NSH IN FEET	2962

Customer  
Pump Data



## 12. BIBLIOGRAFIA

1. AGUILERA CONTRERAS, M. Relaciones agua-suelo-planta-atmósfera. Tesis Ing. Agr. México, Universidad Autónoma de Chapingo, 1979. 311 p.
2. ALLISON, L.E. *et al.* Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Traducción del inglés por Nicolás Sánchez Durón. México, Limusa, 1977. 172 p.
3. ALVAREZ, E.A. Estudio y diseño para la introducción de riego por aspersión en la aldea Patzaj. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, 1981. 74 p.
4. AOOENBOS, J. y KASSAM, A.H. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Roma, FAO, 1979. 212 p.
5. BANCO INTERNACIONAL DE RECONSTRUCCION Y FOMENTO. INSTITUTO DE DESARROLLO ECONOMICO. Tablas financieras para preparar y evaluar proyectos. Guatemala, 1974. 145 p.
6. CISNEROS ARAGON, C.E. Apuntes del curso de Riegos y Drenajes I. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. s.p. (inédito).
7. CORREU CLEAVES, S. Riego por aspersión en el cultivo del cártamo en parcelas del ejido sataya y anexos en Culiacán, Sinaloa. Tesis Ing. Agr. México, Universidad Autónoma de Chapingo/Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1978. 97 p.
8. GONZALEZ HERNANDEZ, O.A. Estimación de requerimientos de riego en Guatemala. Tesis Mag. Riego y Drenaje. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de post-graduados, 1974. 101 p.
9. GRADIZ PEREIRA, R.S. Guía para la elaboración y determinación de factibilidad económica de proyectos de crianza y esquilmo de ganado bovino en solicitudes de préstamos bancarios. Tesis Lic. Eco. Guatemala, USAC, Facultad de Ciencias Económicas, 1971. 72 p.
10. HURD, C.J. Guía para el riego por aspersión. México, Centro Regional de Ayuda Técnica, Agencia para el Desarrollo Internacional, 1974. 90 p.
11. ISRAELSEN, D. y HANSEN, V. Principios y aplicaciones del riego. 2a. ed. Madrid, España, Reverté, 1979. 315 p.
12. KELLER, J. Sprinkle Irrigation. 2nd. ed. Utha, Usa, Soil Conservation Service, 1980. 344 p. (National Engineering Handbook).

13. PACHECO BONFIL, L. Precipitación efectiva. México, Universidad Autónoma de Chapingo. Boletín técnico No. 2, 1979. pp 8-9.
14. PAIR, C.H. Sprinkle Irrigation. 4th. ed. USA, The Irrigation Association, 1975. 615 p.
15. QUIÑONEZ DE LA CRUZ, O.L. Monografía de la Unidad de Riego de Palo Amontonado, El Progreso Guastatoya. Monografía EPSA. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, 1981. 44 p.
16. TELLO, C.E. Lineamientos generales para la identificación, selección y planificación de áreas de Riego. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, 1978. 154 p.
17. TOBAR ROMERO, L.A. Monografía de la Aldea Palo Amontonado, El Progreso, Guastatoya. Monografía EPSA. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, 1981. 50 p.
18. U.S. SOIL CONSERVATION SERVICE. Irrigation water requirements. Technical release No. 21. rev. 1970. p. 11.
19. \_\_\_\_\_. Riego por aspersión. México, Diana, 1972. 102 p.
20. \_\_\_\_\_. Plantas de bombeo para riego. México, Diana, 1976. 86 p.
21. ZIMMERMAN, J. D. Irrigation. New York, John Wiley, 1966. 516 p.



Vo B2.  
*[Handwritten signature]*

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1645

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia .....
Asunto .....
.....

"IMPRIMASE"



DR. ANTONIO A. SANDOVAL S.  
D E C A N O

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central  
Sección de Tesis