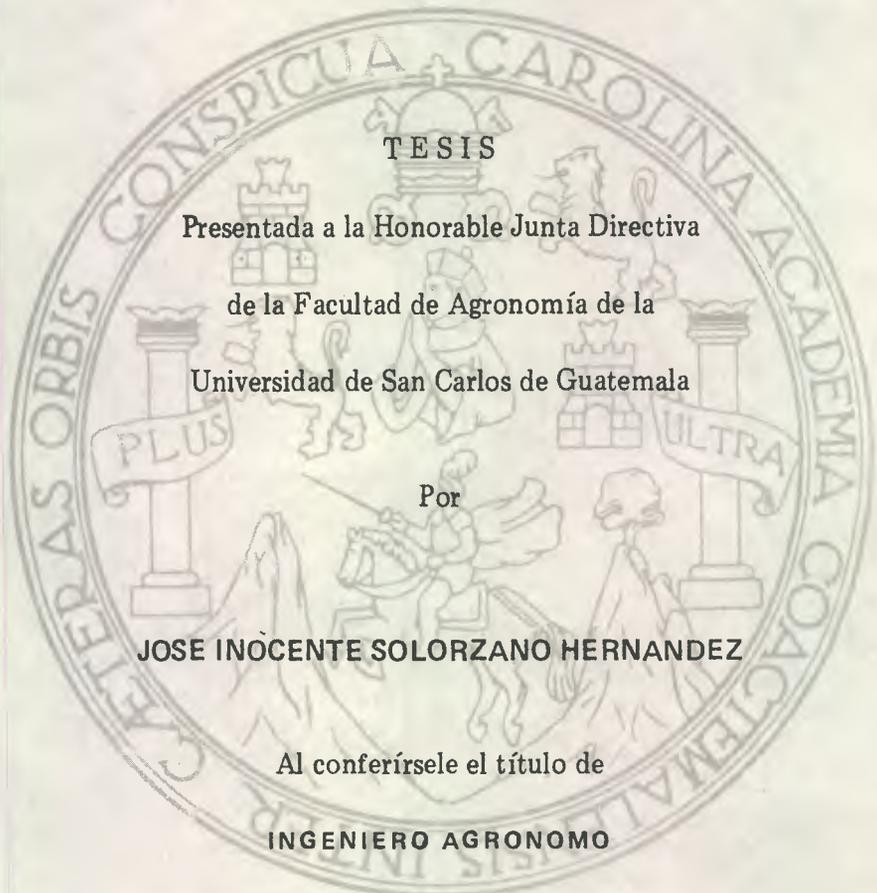


Biblioteca General  
PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA INTRODUCCION  
DE RIEGO EN EL VALLE CHUYA



TESIS

Presentada a la Honorable Junta Directiva  
de la Facultad de Agronomía de la  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Por

JOSE INOCENTE SOLORZANO HERNANDEZ

Al conferírsele el título de

INGENIERO AGRONOMO

En el Grado Académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, noviembre de 1983

D. 2.  
01  
T(542)  
C. 3

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**RECTOR**

**Dr. EDUARDO MEYER MALDONADO**

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA**

<b>DECANO:</b>	<b>Ing. Agr. Cesar Castañeda</b>
<b>VOCAL I:</b>	<b>Ing. Agr. Oscar René Leiva</b>
<b>VOCAL II:</b>	<b>Ing. Agr. Gustavo Méndez</b>
<b>VOCAL III:</b>	<b>Ing. Agr. Rolando Lara A.</b>
<b>VOCAL IV:</b>	<b>Prof. Heber Arana</b>
<b>VOCAL V:</b>	<b>Prof. Francisco Muñoz N.</b>
<b>SECRETARIO:</b>	<b>Ing. Agr. Rodolfo Albizúrez</b>

**TRIBUNAL QUE PRACTICO  
EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

<b>DECANO:</b>	<b>Ing. Agr. Rodolfo Estrada G.</b>
<b>EXAMINADOR:</b>	<b>Ing. Agr. Héctor Rojas</b>
<b>EXAMINADOR:</b>	<b>Ing. Agr. Carlos Aguirre</b>
<b>EXAMINADOR:</b>	<b>Ing. Agr. Rolando Aguilera</b>
<b>SECRETARIO:</b>	<b>Ing. Agr. Leonel Coronado C.</b>

Guatemala, 9 de noviembre de 1983.

Señor:  
Ing. Agr. César Castañeda,  
Decano Facultad de Agronomía,  
Universidad de San Carlos de Guatemala,  
P r e s e n t e .

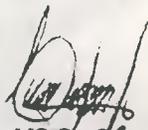
Señor Decano:

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 FACTIBILIDAD PARA LA INTRODUCCION DE RIEGO EN EL VALLE CHUYA", desarrollado por el estudiante JOSE INOCENTE SOLORZANO HERNANDEZ.

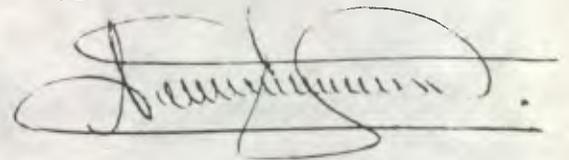
Consideramos que dicho trabajo cumple con los requisitos para ser presentado como TESIS para optar el título de INGENIERO AGRONOMO, y constituye además un aporte para el desarrollo de la Agricultura bajo riego en Guatemala.

Atentamente.,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Ing. Agr. MSc César E. Cisneros  
ASESOR



Ing. Agr. Jorge Méndez M.  
ASESOR

Honorable Junta Directiva

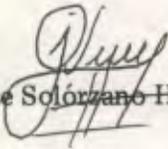
Honorable Tribunal Examinador

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, EXONGO al criterio de ustedes el trabajo de TESIS titulado;

**"ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA INTRODUCCION  
DE RIEGO EN EL VALLE CHUYA"**

Esperando contar con la aprobación del mismo.

Respetuosamente.

  
José Inocente Solórzano Hernández

ACTO QUE DEDICO

A: DIOS

A: MIS PADRES

RAYMUNDO SOLORZANO (Q.E.P.D.)  
MARIA E. HERNANDEZ (Q.E.P.D.)

A: MI ESPOSA

LILIAN VILLATORO DE SOLORZANO

A: MIS HIJOS

CLAUDIA VIVIANA  
ERICK ESTUARDO

A: MIS HERMANOS

RENE ANTONIO  
AURA ALICIA  
ANGELA DEL ROSARIO  
HECTOR ENRIQUE  
CARLOS HUMBERTO

A: MI TIA

RAYMUNDA A. vda. de FORTUNI (Q.E.P.D.)

A: MIS FAMILIARES Y AMIGOS

ESPECIALMENTE A LA SRA. FRANCISCA  
VDA. DE VILLATORO

## RECONOCIMIENTOS

Expreso mi agradecimiento sincero al Ing. MSC. CESAR E. CISNEROS y al Ing. Agr. JORGE MENDEZ MERIDA, por la orientación y asesoría en la elaboración del presente trabajo de TESIS.

A la Región "V" de DIGESA, especialmente al Proyecto de Miniriego, por su apoyo en la realización del presente trabajo.

A GLORIA E. HERNANDEZ M., por su valiosa ayuda en la realización del trabajo mecanográfico.

Al Departamento Socioeconómico de la Dirección de Riego y Avenamiento por su colaboración en la realización del Estudio Económico Financiero, en especial al Lic. en Economía MARCO ANTONIO RAMOS.

## CONTENIDO

## PAGINAS

Indice de Cuadros y Figuras

Indice del Apéndice

Resumen

I.	INTRODUCCION .....	1
II.	OBJETIVOS .....	2
2.1	Generales .....	2
2.2	Específicos .....	2
III.	REVISION BIBLIOGRAFICA .....	3
3.1	Fuente de Agua .....	3
3.2	Calidad de Agua para Riego .....	4
3.3	Como absorben el Agua las plantas .....	4
3.4	Aspectos climatológicos .....	5
3.5	Aspectos Edafológicos .....	6
3.6	Constantes de humedad del suelo .....	7
3.7	Aspectos topográficos .....	9
3.8	Aspectos Socio-Económicos .....	9
3.9	Descripción de un Sistema de riego por aspersión .....	10
3.10	Ventajas y desventajas del riego por aspersión .....	12
IV.	GENERALIDADES .....	14
4.1	Antecedentes .....	14
4.2	Localización del Area .....	14
4.3	Características Climáticas .....	14
4.4	Vías de Acceso .....	14
4.5	Situación Socio-Económica .....	14
V.	ESTUDIOS PREVIOS .....	16
5.1	Estudio de agua .....	16
5.2	Estudio Topográfico .....	17
5.3	Estudio Climatológico .....	17
5.4	Cálculo de vapotranspiración .....	21
5.5	Estudio de Suelos .....	23

VI.	<b>METODOLOGIA DEL CALCULO Y DISEÑO</b> .....	26
6.1	<b>Agua que se aplica en cada riego</b> .....	26
6.1.1	Profundidad de extracción de humedad .....	26
6.1.2	Cálculo de Lámina de riego .....	26
6.1.3	Calendario de riego .....	27
6.2	<b>Diseño del Sistema</b> .....	28
6.2.1	Captación .....	28
6.2.2	Selección de Aspersores .....	28
6.2.3	Operación del Sistema .....	31
6.2.4	Cálculo Hidráulico .....	38
6.2.5	Selección de bombas y unidad de potencia .....	43
VII.	<b>DESCRIPCION DEL SISTEMA</b> .....	45
71.	<b>Datos Técnicos</b> .....	45
7.1.1	Del cultivo .....	45
7.1.2	Del Diseño .....	45
7.1.3	Datos de Operación .....	46
VIII.	<b>ESTIMACION DE COSTOS</b> .....	47
8.1	Costos de tubería y accesorios .....	47
8.2	Costos de equipo de bombeo y accesorios .....	47
8.3	Introducción de energía eléctrica .....	48
8.4	Construcciones .....	48
8.5	Imprevistos .....	48
IX.	<b>ANALISIS ECONOMICO FINANCIERO</b> .....	49
9.1	Parámetros y criterios de Análisis .....	49
9.2	Costos .....	49
9.2.1	Costos de Producción .....	49
9.2.2	Inversiones .....	50
9.2.3	Costos de operación y mantenimiento .....	51
9.2.4	Costos financieros .....	53
9.2.4.1	Estimación del Servicio de la deuda .....	53
9.3	Flujo de fondos .....	55
9.4	Evaluación financiera .....	56
9.4.1	Valor presente neto .....	56
9.4.2	Relación beneficio-costo .....	56
9.4.3	Tasa interna de retorno .....	57
9.4.4	Análisis de Sensibilidad .....	59
X.	<b>CONCLUSIONES</b> .....	60
XI.	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	61
XII.	<b>APENDICE</b> .....	62
XIII.	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	71

## INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

CUADROS		PAGINA
1.	Características químicas del agua . . . . .	16
2.	Datos Climatológicos . . . . .	18
3.	Cálculo de Evapotranspiración . . . . .	22
4.	Constantes físicas del suelo . . . . .	24
5.	Prueba de infiltración . . . . .	25
6.	Cálculo de lámina de riego . . . . .	26
7.	Requerimiento de riego en época crítica . . . . .	27
8.	Datos para hacer calendario gráfico de riego . . . . .	28
9.	Sectorización del sistema . . . . .	36
10.	Cálculo hidráulico de tubería principal y ramales . . . . .	41
11.	Costos de producción por hectárea para el año 1983 . . . . .	50
12.	Estimación del servicio de la deuda . . . . .	54
13.	Resumen de costos, ingresos y beneficios agrícolas . . . . .	55
14.	Flujo de fondos . . . . .	56
15.	Flujo actualizado de fondos . . . . .	58
16.	Análisis de sensibilidad . . . . .	59

FIGURAS		PAGINA
1.	Sistema de riego en planta . . . . .	19
2.	Sistema de riego en perfil . . . . .	20
3.	Calendario de riegos . . . . .	29
4.	Parcela tipo "A" . . . . .	32
5.	Parcela tipo "B" . . . . .	33

## INDICE DE APENDICE

FIGURA	FIGURA	PAGINA
1.	Diagrama para la clasificación de agua para riego .....	63
2.	Curva característica de la bomba .....	64
3.	Presa de captación .....	65

TABLAS	PAGINA	
1.	Porcentaje de horas luz al mes con respecto al total anual .....	66
2.	Coefficiente de cultivo (Kc) .....	67
3.	Características del aspersor .....	68
4.	Pérdidas por fricción para tubería de PVC .....	69
5.	Pérdidas por fricción para tubería de PVC .....	70

## RESUMEN

El año de 1,978 comenzó a funcionar el Proyecto de Mini - Riego y Conservación de suelos en Guatemala, iniciando el desarrollo de riego en el área central y occidental del país, teniendo a la fecha afectos expansivos en los departamentos de Chimaltenango y Sacatepéquez. En el Valle Chuyá, Santo Domingo Xenacoj, Sacatepéquez, agricultores conscientes de la necesidad de incrementar la productividad de sus tierras en épocas secas, solicitaron un estudio tendiente a introducir riego al citado valle.

El principal objetivo para la realización del estudio es el aumento de producción mediante la introducción del riego; específicamente obtener mayor número de cosechas al año, lograr mayor producción por cosechas y realizar un diseño adecuado con normas de operación y especificación de costos.

Al efectuarse los estudios preliminares necesarios, se determinó que es técnicamente factible la introducción de riego en 28 hectáreas. En base a los estudios topográficos y edáficos se seleccionó el método de riego por aspersión como el más adecuado a las condiciones existentes en el valle. De acuerdo al análisis químico del agua y mediación de caudal, el río Xaltaya es adecuado como fuente de agua para el proyecto.

Se realizó el cálculo y diseño del sistema de riego por aspersión para la época crítica, con las respectivas especificaciones en cuanto a operación, mantenimiento y conservación del mismo; así mismo se calculó el equipo y materiales necesarios.

Se calcularon los costos iniciales totales, los cuales ascienden a Q. 66,000.00 con un costo por hectárea de Q. 2,357.14. El análisis económico realizado dió como resultado una relación beneficio-costo 2.24, esto indica que por cada quetzal invertido se estaría ganando Q. 1.24; siendo los márgenes de utilidad aceptables se considera atractiva la realización del proyecto, pues estaría impulsando el desarrollo económico y social de la comunidad.

## I. INTRODUCCION

Antes de la conquista, las tribus indigenas regaban sus tierras en pequeña escala, de lo cual es posible encontrar vestigios en los municipios de Rabinal y Cubulco, Baja Verapaz, en donde los padres Dominicos construyeron obras de cubrían aproximadamente 2,000 ha., posteriormente se introdujo riego a Zacapa y El Pogreso, usando aguas que bajan de la Sierra de Las Minas. Los riegos de esa epoca se limitaban en su mayoría a zonas semi-deserticas y grandes fincas ubicadas principalmente en la costa Sur e Izabal.

En forma general el desarrollo de la irrigacion en Guatemala ha sido lenta, debido a la relativa poca atención que se le ha dado a la produccion de cultivos bajo riego, especialmente en la zona occidental del país, habitada por productores minifundistas, quienes son los encargados de proveer al mercado la mayor parte de los productos de consumo interno.

En la zona Centro-Occidental del país, las lluvias se distribuyen de mayo a octubre, siendo poco significativo el aporte de humedad el resto del año, lo cual limita la utilización del suelo en el período seco. Por lo anterior, se propone la realizacion del presente estudio encaminado a proveer a La Comunidad de Santo Domingo Xenacoj, Sacatepéquez, los medios necesarios para la aplicación de riego en verano y riegos de auxilio en invierno.

Con la introducción de riego se plantea la posibilidad de lograr una agricultura dinámica donde se conjúgue la diversificación de cultivos, nuevas técnicas de producción y mejoramiento en la calidad de los productos obteniendo así mayor ingreso en cada cosecha y también mayor número de cosechas

Los cultivos que actualmente se están exportando con éxito son: arveja china, brocoli, col de bruselas y coliflor que pueden ser buenas alternativas para la diversificación del Valle Chuyá.

Debido a condiciones topográficas y edáficas del área es conveniente utilizar el riego por aspersión.

## II. OBJETIVOS

### 2.1 Generales

2.1.1 Incremento de la producción Agrícola del Valle Chuya mediante la introducción de agua para riego.

### 2.2 Específicos:

2.2.1 Obtener mayor número de cosechas al año.

2.2.2 Lograr mayor producción por cosecha.

2.2.3 Diseño del sistema más adecuado así como normas de operación y especificaciones de costo.

### III. REVISION BIBLIOGRAFICA

#### 3.1 Fuente de Agua:

Según American Water Works Association (1), se entiende por fuente de abastecimiento de agua, aquel punto o fase del ciclo hidrológico del cual se desvía o aparta temporalmente el agua para ser usada.

Mientras tanto Gundersen (10), manifiesta que, además del agua de riego introducida por el hombre, que pueden tener origen en las aguas superficiales o en las aguas subterráneas, deben considerarse como fuentes de agua para los cultivos siguientes:

- Precipitación pluvial, que es clásica conocida
- Las condiciones atmosféricas que reducen la necesidad de agua de las plantas, tales como la neblina, el rocío y la alta humedad relativa del medio ambiente.
- Las inundaciones, aún cuando no están bajo control del hombre.
- En algunos países la nieve.

Asimismo el memorandum técnico No. 17 (9), considera que toda agua expuesta puede ser usada con fines de riego; la de un río, manantial, pozo, embalse e incluso aguas servidas, previo tratamiento de limpieza y oxidación, como medidas profilácticas para evitar el taponamiento y deterioro de los aspersores.

En relación al tema el S.C.S. (6) precisa que, el agua necesaria para los cultivos que van a atenderse debe estar disponible cuando éstos lo requieren. La provisión de agua es, con frecuencia, el factor básico en la posibilidad de emplear el riego, y en la extensión de terreno que puede irrigarse. Conviene hacer un estudio del volumen de agua adecuado y disponible antes de planear labores. Investigar las posibles fuentes de abastecimiento, su potencialidad, calidad y cantidad para cada predio, determinarse también las variantes en el abasto del líquido durante las diferentes estaciones del año, así como las del período vegetativo. Quizá sea necesario estudiar la provisión de agua por meses o períodos más cortos en relación con los diferentes cultivos.

De igual manera Grassi (8) sugiere hacer un análisis hidrológico de tipo probabilístico, que permita determinar con una garantía mayor el área a regar. Cultivos de alto valor económico requieren contar con un caudal que no sea inferior al que resulta para una probabilidad del 80%.

### **3.2 Calidad de Agua para riego:**

El memorandum Técnico No 17 (DIRENARE) (9), menciona, que en general existen tres criterios principales para la conveniencia o limitación del empleo del agua con fines de riego en cultivos agrícolas. Estos criterios son:

- Contenido de sales solubles.
- El efecto probable del sodio sobre las características físicas de los suelos.
- Contenido de elementos tóxicos para las plantas.

Otros criterios de importancia desde el punto de vista de la conservación de canales y estructuras hidráulicas, así como para la operación de tuberías, equipos de aspersión y de riego por goteo, pueden ser el contenido de sólidos en suspensión y agentes corrosivos. Asimismo, la presencia de herbicidas y trazas de algunos elementos como cadmio, molibdeno, selenio y otros que pueden presentar problemas al desarrollo normal de los cultivos.

### **3.3 Como absorben el agua las plantas**

Grassi, C. J. (7), manifiesta; la mayoría de las plantas tienen una gran superficie de absorción en su raíz. Cerca del extremo de crecimiento en cada raíz o raicilla existen muchos pelos que están en contacto directo con las partículas del suelo y con los espacios de aire donde obtienen oxígeno. Mediante la fuerza osmótica los pelos de la raíz, extraen la humedad de la película acuosa que envuelve cada partícula de suelo.

Dos fenómenos explican como la planta obtiene la enorme cantidad de agua que consume y transpira: 1) por el movimiento del agua hacia la raíz de la planta. 2) Por el crecimiento de la raíz en la tierra húmeda.

Asimismo Luque, J. A (18) sostiene que la mayoría de explotaciones desde el punto de vista agronómico debe actuar dinámicamente en lo que concierne al riego, pues un contenido de humedad relativamente alto, es decir que su tensión de succión o esfuerzo de humedad de las plantas en el suelo por el contrario será bajo, no sobrepasando cierto umbral crítico de succión o de trabajo, el cual debe situarse por ejemplo entre 1, 1.5 a 2 atmosferas.

Con relación al tema el SCS (6) sugiere; la cantidad neta de humedad que debe ser reabastecida en cada riego, está representada por la que el suelo puede retener entre su máxi-

ma capacidad y el nivel de humedad inicial. Si éste se fija al 60 % el cultivo puede usar hasta el 40% de la humedad disponible en la zona de raíz antes de aplicar el agua de riego.

Entonces; se le hace necesario añadir una cantidad igual a dicho 40% de la humedad disponible que el suelo puede retener, con el fin de que la zona de raíz, llegue al nivel de capacidad del terreno. Por ejemplo, si un suelo retiene 20 centímetros disponibles en el plan de profundidad de extracción de humedad y sí el riego se inicia a un nivel del 60 %, la cantidad neta que debe agregarse al suelo en cada aplicación sería igual al 40% de los 20 centímetros o sea; 8,128 centímetros.

### 3.4 Aspectos Climatológicos:

Wiener (24) expone, hablando de condiciones climatológicas como base para la planificación de área de riego, debe darse prioridad a aquellas áreas sin posibilidad o escasa lluvia, también en aquellas que prevalece un estado de minifundio y en las cuales las condiciones pluviométricas son favorables, debe empezarse por desarrollar plenamente el potencial de producción sin riego y llevar la economía de la agricultura a un nivel satisfactoriamente alto.

Respecto a la precipitación pluvial Bishop, A.A. (3) expone; cuando ocurre una lluvia parte del agua se evapora a medida que cae, otra parte es interceptada por la cubierta vegetal y se evapora allí mismo. El agua que llega a la superficie del suelo puede infiltrarse, escurrirse, evaporarse o quedar almacenada en las depresiones para mas tarde infiltrarse o evaporarse. El agua infiltrada puede almacenarse en el suelo para luego ser transpirada por los cultivos o ir más allá de la zona radicular y alimentar los recursos acuíferos. Del sistema hidrológico puede deducirse que la única parte útil de la precipitación, en cuanto a cultivos se refiere, es la que ésta transpira.

Asimismo Grassi (7), declara que, a pesar de que continuamente existe un intercambio de moléculas de agua hacia y desde la atmósfera, la definición hidrológica de evaporación está restringida a la taza neta de transportes de vapor hacia la atmósfera; este cambio necesita calor que es suministrado por radiación y conducción de la capa de aire en contacto o a costa de energía almacenada por debajo de la superficie.

El mismo autor aduce que, del agua absorvida por las raíces de las plantas solo una porción minúscula permanece en los tejidos de la misma; virtualmente, toda el agua retorna a la atmósfera en forma de vapor, a esto se le denomina transpiración.

Al respecto Lassen, L., Lull, W y Fran, B. (17) manifiestan; las velocidades de evaporación dependen de la temperatura, del movimiento del viento y del grado de presión de vapor. Ya que los tres elementos se afectan por el tipo y densidad de la vegetación,

cualesquiera factores de cultivos o naturales, que modifiquen las características de la vegetación, también afecta la velocidad de la evaporación.

Con relación a la evapotranspiración, Heras (13) precisa; existen varias formulas empíricas para el cálculo de evapotranspiración a partir de datos climáticos, pero la más usada en nuestro medio es la de Blaney Criddle, pues, requiere solamente datos de temperatura y porcentajes de insolación mensuales que fácilmente se encuentran en cualquier estación meteorológica.

Asimismo Minera (19) menciona otros métodos para determinar la evapotranspiración: Penman, Turc, Coutagne, Thornthwaite, Lowry — Johnson, Jensen y Haise, Bouchet, Grassi — Christiansen, Hargreaves, Christiansen.

### 3.5 Aspectos Edafológicos

Según el S.C.S. (6); El suelo es un almacén de elementos nutritivos para las plantas, un medio ambiente para las bacterias, un adecuado asidero para la propia planta y un depósito del agua que la misma requiere para su desarrollo. La cantidad de agua disponible en el suelo para el consumo de la planta se determina por sus propiedades físicas. Dicha cantidad es determinante para la vida de la planta, sin considerar agua adicionada que es básica para establecer tanto el volumen como la frecuencia del riego requerido para asegurar el desarrollo continuo del cultivo.

El mismo autor sostiene que, cada tipo de suelo se caracteriza:

- a) Por la forma en que se encuentran distribuidas las partículas que lo compone.
- b) Por la facilidad con que el agua puede penetrar y ser retenida.
- c) Por la mayor o menor facilidad con que deja de absorber el agua que contiene.

Asimismo la determinación de estos tres caracteres lleva aparejado el conocimiento de los elementos siguientes para cada tipo de suelo:

- a) Granulometría
- b) Su estructura
- c) Su permeabilidad
- d) Su capacidad de Retención

Cuando estos elementos sean conocidos, entonces se podrá determinar el perfil hídrico del suelo necesario para el riego, de donde se calcularán las reservas de agua que

contiene, así como las cantidades que es capaz de admitir, a partir de estos datos se definen las dosis de riego y la periodicidad de los mismos

### 3.6 Constantes de Humedad del Suelo:

Hargreaves, G. y Salazar, L. (12), manifiestan; la capacidad de campo es la cantidad de agua que puede tener un suelo bien drenado por gravedad; es decir la máxima humedad que el suelo puede retener contra la fuerza de gravedad, de 1/10 a 1/3 de atmósfera.

Punto de marchitez, permanente es la humedad del suelo al punto en que la planta es incapaz de sobrevivir por falta de agua. El Punto en que las plantas se marchitarían y no recuperarían su estado vital sin agregación del agua. Este punto se encuentra entre 10 y 20 atmósferas.

Reservorio de humedad del Suelo es la capacidad de un suelo para retener el agua contra la fuerza de gravedad, depende del tamaño de las partículas en el suelo (textura), la manera en que las partículas están colocadas (estructura), la materia orgánica y la profundidad del suelo.

Al respecto Gundersen (10), precisa; La capacidad de almacenamiento de agua de un suelo en la zona radical efectiva de una planta dada, se determina multiplicando la zona radical por las constantes físicas del suelo. Esto queda expresado en la siguiente fórmula:

$$d = \frac{CC - PMP}{100} \times DA \times Zr$$

en donde:

d: Lámina de agua a ser aplicado en Cm.

CC: Capacidad de campo del suelo, en porcentaje.

PMP: Punto de Marchitez permanente del suelo, en porcentaje.

DA: Gravedad específica aparente relativa del suelo.

Zr: Profundidad efectiva del sistema radical del cultivo considerado en cm

El mismo autor manifiesta; conforme la humedad aprovechable va siendo utilizada por los cultivos, habría que reponerse humedad del suelo gastada. En vista de que la utilización alcanza una expresión máxima de 0.3 pulgadas por día y que sería antieconómico hacer la reposición del agua gastada diariamente, se encuentran dos problemas típicos del riego, que es necesario resolver. Estos problemas son:

¿Qué cantidad de agua se debe aplicar?

¿Cuándo o con qué frecuencia se debe regar?

El tiempo que debe transcurrir entre la aplicación de una lámina de agua y la siguiente, dependen del uso consuntivo del cultivo, el caudal disponible para regar y la capacidad del almacenamiento del suelo, en la zona radical. El uso consuntivo varía con el clima y el estado de desarrollo de las plantas, de modo que la frecuencia de riego es variable y debe aplicarse cuando las plantas lo requieran. Esto es, cuando la humedad del suelo se aproxima a punto de marchitez permanente.

Para conocer cuando ocurre este nivel de humedad en el suelo, existen varios métodos que permiten predecir cuando regar como ejemplo está el método gravimétrico, tensiometros y sonda de neutrones.

En forma aproximada, se determina la frecuencia de riego, (Fr), dividiendo el volumen de agua almacenada en las raíces (d) por el uso consuntivo diario de las plantas, (UC) según la siguiente expresión:

$$Fr = \frac{d}{UC}$$

SCS (5), declara; se entiende por calendarización de riego o período de riego el número de días necesarios para la aplicación de riego en un área determinada durante el período de máximo consumo. Esta es la base para calcular la capacidad de equipo y su diseño.

En vista de que este período, de máximo consumo es, por lo general, el lapso crítico en el ciclo de cultivo y en el que un faltante de humedad durante el mismo afectaría seriamente los rendimientos, todo sistema que no proporcione un suministro de agua para cubrir todo el terreno en los días calculados para completar el riego, no puede ser satisfactorio. Si el aplicador sacrifica un alto rendimiento por un costo inicial menor, sus percepciones serán mucho menores, a pesar del riego.

### 3.7 Aspectos topográficos:

Grassi (8), manifiesta; los levantamientos plani-altimétricos, suministran la información para:

- a) Proyectar la red de riego y drenaje del predio
- b) Subdividir la propiedad en diferentes parcelas
- c) Seleccionar y proyectar los métodos de riego
- d) Acondicionar las tierras para riego

El mismo autor explica; el aspecto planimétrico del estudio topográfico, debe fijar claramente los límites de propiedad y las parcelas existentes. También muy especialmente la ubicación y trazado del sistema general de riego que abastece el predio.

El aspecto altimétrico del estudio topográfico, debe garantizar una correcta representación del relieve del campo, que permita la sub-división del mismo, seleccionar los métodos de riego a emplear y planear el desarrollo físico de las tierras.

### 3.8 Aspectos Socio-Económicos:

Chup Lim (4) Expone: pese a las cuantiosas inversiones en materia de riego en el mundo en los últimos años, a menudo los beneficios obtenidos se han quedado cortos respecto a las previsiones. Ello según el autor, se debe a varias razones, siendo una muy importante, la falta de conciencia de la necesidad de integrar las actividades de ingeniería con las prácticas agrícolas que es esencial para lograr un rendimiento económico, rápido y elevado de un proyecto puesto en funcionamiento.

Una de las recomendaciones emanadas del Seminario Internacional sobre planificación integrada de proyectos de irrigación celebrada en Berlín en 1970 (22), enfatiza la necesidad de que las instituciones y organismos encargados del desarrollo de la agricultura de riego, tengan idea clara y que estén plenamente conscientes de cuales son los objetivos que se persiguen, los problemas que se pretenden resolver, los recursos disponibles, las posibles alternativas y los efectos que puedan derivarse de la adopción de una alternativa.

También Chup Lim (4), declara; que el problema de la productividad generalmente baja de los agricultores de países en vía de desarrollo es complejo, ya que un proyecto de riego bien concebido y convenientemente ejecutado, no es, sino la base de la que

depende el éxito de la agricultura de riego, siempre y cuando el agricultor se decida a aprovechar plenamente tal circunstancia.

Por otro lado el mismo autor, indica que es un problema serio tratar de vencer la tradición y los hábitos culturales de los agricultores de un Proyecto y que por ello es de vital importancia un buen trabajo de extensión, ya que de lo contrario, el agricultor continuará utilizando el insumo agua, con otros insumos, como el caso de semillas de bajo rendimiento, con lo cual no puede esperarse un aumento de producción.

En relación a lo económico Tello (23) expone, cada alternativa técnica implica una alternativa económica. Para determinar la factibilidad económica del Proyecto, se adoptan cualquiera o todos los coeficientes de evaluación siguientes: relación beneficio-costos, tasa interna de rendimiento y exceso de beneficios sobre costos.

### 3.9 Descripción de un sistema de riego por aspersión

Rojas (21) manifiesta, el riego por aspersión consiste en la aplicación de agua a semejanza de la lluvia.

Dicho autor precisa, que un sistema de riego por aspersión debe disponer de una serie de componentes básicos:

- a) Fuente de agua
- b) Fuente de energía
- c) Sistema de distribución de agua
- d) Rociadores
- e) Accesorios.

El mismo autor refiere, el riego por aspersión, para ser económicamente factible, requiere de un caudal continuo el cual puede provenir de una fuente superficial, subterránea o combinada. La fuente de agua tiene gran influencia en el diseño y operación del sistema. Las características más influyentes son: Ubicación, calidad de agua, costo del agua y caudal.

Respecto a la fuente de energía Hansen e Israelsen (11), consideran que la energía para la utilización en riego se puede obtener de dos formas: a) Energía de posición o sea la energía potencial que posee un líquido al situarse por sobre una cota de referencia. b) Energía de movimiento o sea, la energía cinética que se le acondiciona a un líquido, situado bajo una cota de referencia, por medio de una bomba.

El objetivo en ambos casos es disponer de una presión adecuada, requerida para operar satisfactoriamente un sistema.

Para determinación de la carga en bombas centrífugas Laor (16) asevera: se necesita calcular la carga dinámica total, tomando en cuenta tanto la succión como la descarga de la bomba.

Asimismo Fairbanks Morse (15) expone; el cálculo de la carga dinámica total se realiza de la siguiente manera:

$$H = h_d + h_s + f_d + f_s + \frac{V_d^2}{2g}$$

donde:

H = Carga dinámica total en pies

$h_d$  = Carga estática en pies, es la distancia vertical entre el centro del eje de la bomba y la superficie del líquido en la descarga.

$h_s$  = Altura estática en succión, en pies, distancia vertical entre la superficie del agua en la succión y el centro del eje de la bomba.

$f_d$  = Carga por fricción en la descarga, en pies; la carga requerida para vencer la fricción en la tubería, válvulas, accesorios etc. en el sistema de descarga.

$f_s$  = Carga por fricción en la succión, en pies, la carga requerida para vencer la fricción en el sistema de succión.

$\frac{V_d^2}{2g}$  = Carga por velocidad en pies, en la boquilla de descarga de la bomba. La carga por velocidad puede ser definida como la carga requerida para causar la velocidad alcanzada por el agua.

Respecto al sistema de distribución Hurd (14) expone: en interés de la economía y facilidad de manejo debe escogerse el diámetro de la tubería mínimo que sea congruente para un buen funcionamiento del sistema. A nivel parcelario una diferencia de pérdidas por fricción del 20% en línea de aspersión significa alrededor de una diferencia del 10% en la descarga de la última boquilla. Esta variación en la presión entre el primero y el último rociador de una tubería lateral, es la variación máxima que se acepta generalmente en todo el mundo como un criterio de diseño aceptable.

Asimismo Grassi, (8) expone: las tuberías de un sistema de aspersión la integran los conductos circulares que conducen el agua desde la bomba a los aspersores. Dichas tuberías pueden ser todas fijas, en cuyo caso el equipo es fijo y van enterradas; pueden ser semifijas, equipo semi-fijo, con parte de tubería fija y parte móvil, y pueden ser móviles, equipo móvil con todas las tuberías transportables.

Las tuberías fijas son comunmente metalicas, de plástico, de asbesto cemento o de concreto reforzado con junta especial. Las tuberías móviles en cambio, son de aluminio o de acero zincado a fuego. Se caracterizan por su reducido peso a fin de que se puedan trasladar con facilidad y con el mínimo de esfuerzo; y se integran por tramos de 6.10, 9.15 ó 12.20 m. de largo y diámetro variable de 2 a 8 pulgadas.

Al final del sistema de distribución se encuentran los aspersores, al respecto, Rain Bird Sprinkler MFG. Corp (20), menciona; las partes principales de que consta un aspersor, son, la boquilla y el cuerpo del mismo. El aspersor es una de las partes del sistema más importante y de una adecuada selección depende en mucho el éxito del diseño del sistema. Los clasifican por presión, diámetro de boquilla, diámetro de mojado y descarga. El diseñador debe siempre basarse en las especificaciones dadas por las compañías distribuidoras para que éstos trabajen adecuadamente, o sea distribución satisfactoria de agua.

De igual manera el manual de AMES (2) clasifica los aspersores en los tipos siguientes:

- a) Aspersores de baja presión, entre 1 y 2 atmósferas. Especialmente diseñados para riego de los árboles frutales debajo de la copa, para cultivos anuales o perennes en casos en que se cuenta con presión reducida. Estos aspersores tienen un limitado radio de influencia.
- b) Aspersores de presión intermedia, entre 2 y 4 atmósferas. Comunmente se diseñan con una o dos toberas y se adaptan a todos los tipos de suelo y cultivos. El diámetro del círculo humedecido entre 21 y 29 m.
- c) Aspersores de alta presión, entre 4 y 7 atmósferas. Aspersores gigantes, especialmente adaptados para cultivos de elevado tamaño tales como maíz y caña de azúcar. El diámetro del círculo humedecido varía entre 60 y 150 m.

### **3.10 Ventajas y desventajas del riego por aspersión:**

Rojas (21) expone que el riego por aspersión presenta las siguientes ventajas:

- a) Factibilidad de regar tierras que por sus características físicas y topográficas no pueden ser irrigadas con riego por superficie.

- b) No hay necesidad de nivelación de tierras
- c) Prevención de escorrentía y consecuentemente la erosión
- d) Ahorro de agua
- e) Se pueden utilizar pequeños caudales
- f) Mejorar superficie disponible al no construirse canales
- g) Ahorro de mano de obra
- h) Mejor aplicación de fertilizantes
- i) Control de malas hierbas
- j) Mejor control de la humedad del suelo
- k) Factibilidad de automatización
- l) Reutilización del equipo en caso de problemas con el uso de la tierra.
- m) Control de temperatura de los cultivos
- n) Menor tiempo para implementación.

El mencionado autor, señala las siguientes desventajas:

- a) Elevado costo inicial.
- b) Alto requerimiento de energía.
- c) Inconveniente cuando el caudal no es continuo.
- d) La movilización del equipo en terrenos humedecidos es problemático.
- e) El viento afecta la distribución y eficiencia en la aplicación del agua.
- f) Dependencia de equipos mecánicos.
- g) Problemas con la calidad de agua.
- h) Problemas con el suministro de repuestos.
- i) No es aplicable a suelos con baja velocidad de infiltración.

## IV. GENERALIDADES

### 4.1 Antecedentes:

Desde épocas anteriores en Chuyá, se han cultivado las tierras solamente en invierno, pues en verano no es factible por la dificultad que representa la conducción del agua desde el río Xaltayá, que es la fuente más cercana que puede utilizarse con fines de riego, por esta razón las tierras se mantienen parte del año en desuso.

Fue así como los agricultores del área con afán de incrementar la productividad de sus suelos, solicitaron al Proyecto de Mini-riego de DIGESA la realización de un estudio tendiente a la introducción de riego al área en mención.

### 4.2 Localización del Area:

El Valle Chuyá se encuentra localizado en el municipio de Santo Domingo Xenacoj, departamento de Sacatepéquez, a 40 kilómetros de distancia de la ciudad capital en la carretera interamericana. Está a una altura de 2,200 m.s.n.m. latitud  $14^{\circ}38'02''$ , Longitud  $90^{\circ}48'12''$ .

### 4.3 Características Climáticas:

El clima del área es templado húmedo, la temperatura varía entre  $12^{\circ}$  y  $16^{\circ}$  C., la humedad relativa promedio de 80%, la precipitación pluvial ocurre de mayo a octubre con valor medio anual de 900 milímetros.

### 4.4 Vías de Acceso:

Existen 2 vías principales: La primera con entrada en el kilómetro 40 de la carretera interamericana y la segunda 8 kilómetros entrando por San Pedro Sacatepéquez; las dos vías son transitables durante todo el año.

### 4.5 Situación socioeconómica:

El municipio de Santo Domingo Xenacoj, tiene aproximadamente 20 kilómetros cuadrados de extensión, de la cual se desea regar 1.4% del área total, que equivale a 28 ha.

Según el Censo de 1980, el número de habitantes era de 3,602, siendo 1,786 hombres y 1,816 mujeres, quienes son descendientes de la raza cakchiquel, hablando dicha lengua y a su vez el español, el porcentaje de analfabetismo se aproxima al 40% . Se dedican principalmente a la agricultura, en segundo plano a la fabricación de telas típicas bien cotizadas en el mercado, siendo éstos los renglones en que fundamenta la economía la población.

Los cultivos que actualmente siembran son: Maíz, repollo, güicoy y frijol, logrando hasta 2 cosechas al año, pero la segunda bastante deficiente debido a problemas de sequías o heladas. La comercialización de sus productos la hacen directamente al mercado de la terminal obteniendo la mayoría de las veces pobres ganancias debido a la oscilación de precios y el actual incremento de intermediarios.

En cuanto a tenencia de la tierra, todos los beneficiarios del proyecto son propietarios, esto es una condición favorable pues el banco asegura de esta manera el reintegro del préstamo, que por sus características, largo plazo y tipo fiduciario sería arriesgado otorgar a arrendatarios.

## V. ESTUDIOS PREVIOS

### 5.1 Estudio de Agua:

Se realizó una inspección preliminar con el fin de conocer el área que se desea regar con todos sus accidentes. Uno de los aspectos principales a conocer es la cantidad y calidad del agua a utilizarse, para lo cual se hizo aforo en épocas de estiaje los meses de marzo y abril por el método de flotador, obteniendo caudal que oscilan entre 135 y 150 litros por segundo. En cuanto a la calidad del agua, se tomaron muestras de agua para ser analizadas en el laboratorio.

Los resultados del análisis del agua son los siguientes:

CUADRO No. 1

#### CARACTERISTICAS QUIMICAS DE AGUA MUESTREADA

CATIONES	(Meq/lit)	ANIONES	(meq/lts)
Ca <sup>++</sup>	0.67	CO <sup>=</sup>	0.00
Mg <sup>++</sup>	0.09	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1.54
Na <sup>+</sup>	0.46	CL <sup>-</sup>	0.04
K <sup>+</sup>	0.20	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.00
SUMA	1.42	SUMA	1.73
% Sodio soluble	32.39	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.78
RAS	0.75	Clase	C <sub>1</sub> S <sub>1</sub>
PH		8.3	
C.E. x 10 <sup>6</sup> a 25°C		150	
Sólidos en suspensión		280 Ppm	

De acuerdo con datos reportados por el laboratorio la muestra fue químicamente clasificada, según diagrama establecido por la Universidad de Riverside, (Ver fig. No. 1 apéndice) como  $C_1 S_1$  es decir agua de buena calidad para riego, se tomó en cuenta para la clasificación del agua los valores de la relación de absorción de sodio (RAS) y la conductividad eléctrica (CE).

## 5.2 Estudio Topográfico:

Inicialmente se localizó en un mapa cartográfico de escala 1:50,000 el área potencial de riego, la fuente de agua y niveles de referencia.

El levantamiento se inició en un punto localizado en la orilla izquierda de la fuente de agua (Ver Fig. No. 1), la cual sirvió de apoyo vertical y horizontal; dicho punto se seleccionó por ser el lugar adecuado para la construcción de la obra de captación debido a que es un paso angosto del río y cuyos bordes rocosos se considera están bien cimentados para que la presa quede sobre bases sólidas, asimismo evitar riesgo de daños del equipo de bombeo que se instalará debido a aumento de caudal del río en invierno.

La medición se hizo con teodolito de precisión (kern—Ks1), realizando el levantamiento planimétrico y altimétrico por el método de deflexiones.

En cada punto del caminamiento se tomaron valores de distancia, ángulo vertical, ángulo de deflexión, derecha o izquierda, según la dirección seguida en el levantamiento; esto se hizo tanto en el ramal principal como en los secundarios. Siempre referidas a la línea del caminamiento se hicieron radiaciones hacia las esquinas de las parcelas, anotando las distancias y deflexiones se logró la ubicación y trazado del sistema general del riego que abastecerá el predio y con las radiaciones se fijaron los límites de propiedad. En el levantamiento altimétrico con la distancia y el ángulo vertical se obtienen todos los accidentes del campo en relieve, así como la altura de varios puntos de las parcelas relacionados con cualquier punto del caminamiento.

Con los datos recopilados en el campo se hizo un perfil que muestra la configuración altimétrica del terreno, así como las diferentes alturas a que se encuentran las parcelas; (ver figura No. 2) además se hizo un plano en planta de todo el recorrido ubicando las parcelas dispersas a lo largo del caminamiento; ver figura No. 1.

## 5.3 Estudio Climatológico

Con objeto del estudio se eligió la estación meteorológica “La Suiza contenta”, ubicada en San Lucas Sacatepéquez, a 3 kilómetros de distancia del área regable,

siendo esta la estación mas cercana y con condiciones meteorologicas similares.  
Ver Cuadro No. 2

Los datos recopilados son: temperatura media mensual y precipitación pluvial,  
que sirvieron para el cálculo de evapotranspiración y calendario de riego, ver cua-  
dros Nos. 3 y 8.

CUADRO No. 2

DATOS CLIMATOLÓGICOS

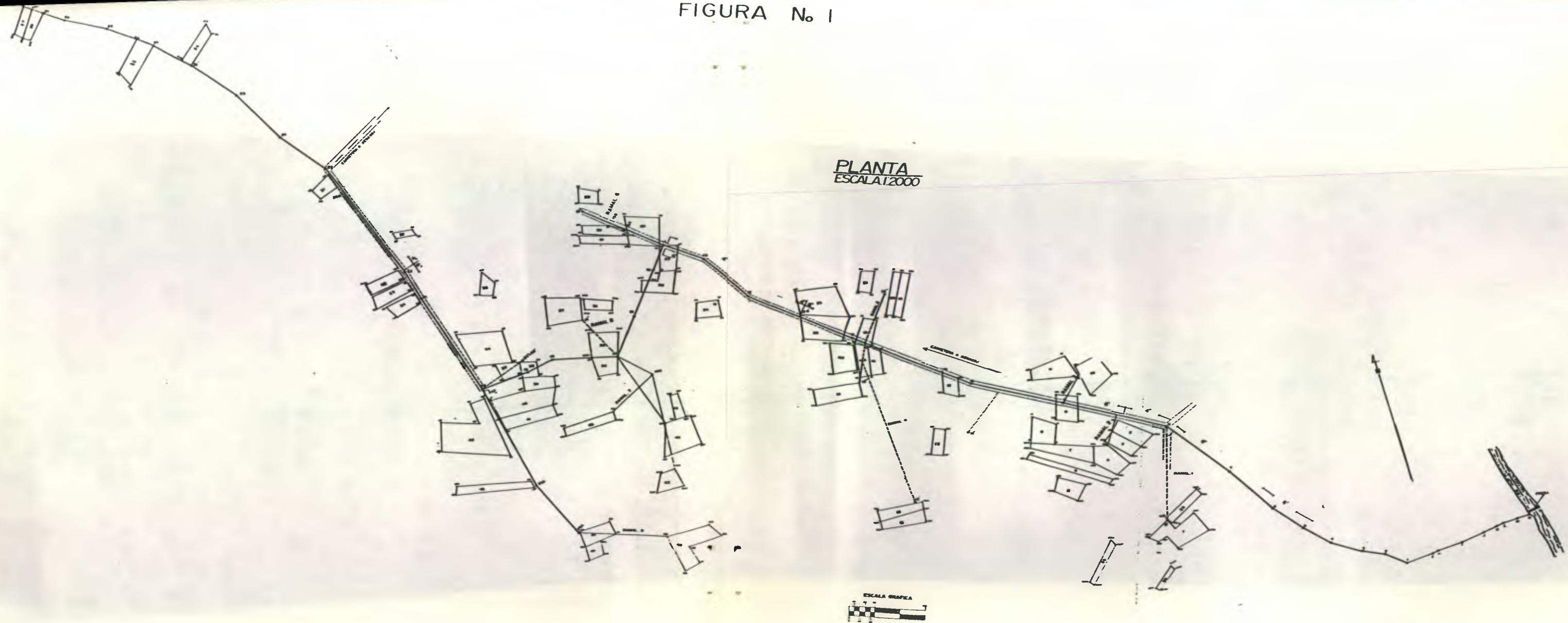
AÑOS DE REGISTRO = 7 AÑOS

Datos obtenidos de estación tipo "B"

Nombre:	La Suiza Contenta	Latitud: 14°38'
Departamento:	Sacatepéquez	Longitud: 90°48'
Municipio	Santiago Sacatepequez	Elevación: 1776 Mts.

M E S	Temperatura media °C	Precipitación pluvial m.m.
ENERO	14.83	5.74
FEBRERO	12.21	0.40
MARZO	13.78	12.30
ABRIL	14.74	31.66
MAYO	14.91	75.58
JUNIO	14.34	211.16
JULIO	14.70	152.68
AGOSTO	14.60	173.62
SEPTIEMBRE	15.07	171.02
OCTUBRE	14.32	62.38
NOVIEMBRE	13.75	19.82
DICIEMBRE	12.51	13.24

FIGURA N° 1



PLANTA  
ESCALA 1:2000



PROYECTO: CHUYA	FECHA: 1982
SANTO DOMINGO	PROYECTO: 1000
XENACUJ	FECHA: 1982

FIGURA 2

ESCALA HORIZONTAL 1:2000  
ESCALA VERTICAL 1:200.



**PERFIL.**



CALCULO JOSE SOLORIZANO	PROYECTO: <b>CHUYA SANTO</b> <b>DOMINGO XENACQJ</b>	ESCALAS INDICADAS
DISENO: JOSE SOLORIZANO		FECHA MARZO/88
DIBUJO JOSE SOLORIZANO		
LEVANTO JOSE SOLORIZANO		

#### 5.4 Cálculo de evapotranspiración:

La evapotranspiración se determinó por el método de Blaney Criddle modificado por Phelam, utilizando los valores de temperatura y porcentaje de insolación mensual con respecto al total anual

Se calculó la evapotranspiración para los cultivos repollo, arveja y coliflor, de los cuales se seleccionó el que reportó evapotranspiración más alta como la de diseño para asegurar provisión de agua en caso de periodos críticos.

Cálculos:

$$Et = F \cdot Kc$$

donde

Et = Evapotranspiración real del cultivo (en m.m.)

Kc = Coeficiente global del cultivo (tabla 2 apéndice)

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

$$f_i = (0.457 t + 8.13) p_i$$

t<sub>i</sub> = Temperatura en °C para el mes i.

p<sub>i</sub> = Porcentaje de hora luz al mes i con respecto al total anual (tabla No. 1 apéndice).

n = No. de meses del ciclo del cultivo.

CUADRO No. 3

CALCULO DE EVAPOTRANSPIRACION

MES	TC	P	f	Kt	Kc	Et	Fc	ET (mm)	Cultivo
ENERO	14.83	7.08	105.5	0.70	0.45	33.23	1.388	46.12	COL
FEBRERO	12.21	7.39	101.2	0.62	0.75	47.10	1.388	65.37	COL
MARZO	13.78	8.43	121.6	0.67	1.025	83.50	1.388	115.89	COL
ABRIL	14.78	8.44	125.6	0.70	1.00	87.85	1.388	121.93	COL
			fi	453.9					
ENERO	14.83	7.08	105.5	0.70	0.45	33.23	1.483	49.28	Arveja
FEBRERO	12.21	7.39	101.3	0.62	0.775	48.67	1.483	72.17	Arveja
MARZO	13.78	8.43	121.6	0.67	1.125	91.65	1.483	136.91	Arveja
ABRIL	14.74	8.44	125.5	0.70	1.075	94.43	1.483	140.39	Arveja
			fi	453.9					

Kc. = Coeficiente de evapotranspiración del cultivo variando de acuerdo al ciclo vegetativo tabla No. 2. Apéndice

Kt = Coeficiente de temperatura, se calcula por la formula

$$Kt = 0.24 + 0.0312 t \text{ } ^\circ\text{C}$$

Calculada la evapotranspiración real del cultivo se procede a calcular la evaporación real total del cultivo introduciendo el factor de corrección, así:

$$ET = Et \times Fc$$

donde:

ET = Evapotranspiración real total del cultivo (en mm )

Et = Evapotranspiración real calculada del cultivo (en mm)

Fc = Factor de corrección

$$Fc = \frac{K}{K'}$$

donde:

$K'$  = Coeficiente de evapotranspiración del cultivo durante el ciclo en función del factor de uso consuntivo durante el ciclo

$$K' = \frac{\text{Sumatoria de Et}}{\text{Sumatoria de F}}$$

### 5.5 Estudio de Suelos:

Para este estudio se tomó muestras de suelo en 4 parcelas diferentes distantes 500 metros aproximadamente una de la otra, observándose características similares en cuanto a textura y estructura; las profundidades que se tomó muestra son: de 0 cm a 20 cm, de 20 cm a 40 cm y de 40 cm a 60 cm, se tomaron estas profundidades, pues se considera es la zona donde se encuentra el mayor número de raíces de los cultivos adaptables al área regable. Dichas muestras se enviaron al laboratorio para el análisis correspondiente. Los resultados se presentan en el cuadro No. 4.

Textura:

Se determinó en laboratorio por el método Boyoucos, los resultados se presentan en el cuadro No. 4.

Constantes físicas del Suelo:

Se determinaron en el laboratorio, la Capacidad de Campo por el método de la olla de presión y el Punto de Marchitez Permanente por el método de la membrana de presión, los valores encontrados se presentan en el cuadro No. 4

Densidad Aparente:

Se determinó en el laboratorio por el método del cilindro, los valores se muestran en el cuadro No. 4.

Los análisis anteriores fueron realizados en el laboratorio de la Dirección de Riego y Avenamiento (DIRYA).

CUADRO No. 4

CONSTANTES FISICAS DEL SUELO

PROFUNDIDAD (Cm)	TEXTURA	DENSIDAD APARENTE (gr/cm <sup>3</sup> )	CAPACIDAD DE CAMPO (%)	PUNTO MARCHITEZ PERMANENTE (%)
0 - 20	Franco arenoso	1.2385	31.32	18.18
20 - 40	Franco	1.2610	32.34	18.67
40 - 60	Franco	1.1669	35.78	28.88

Infiltración

Se hizo 3 pruebas de infiltración en diferentes parcelas del área regable, seleccionándose la prueba que reportó valores más bajos de infiltración, con fines de diseño ya que es la condición crítica para seleccionar los aspersores y evitar encharcamientos en el momento de riego. Los datos de campo se muestran en el cuadro No. 5.

Cálculos:

$$I = K t^n$$

donde:

I = Velocidad de infiltración (cm/hora)

K = Es un coeficiente, el cual representa la velocidad de infiltración en cm/hora

t = Tiempo de infiltración en min. o en horas

n = Es un exponente adimensional siempre negativo con valores que varían entre 0 y -1.0

CUADRO No. 5

PRUEBA DE INFILTRACION

Hora y minuto	Tiempo Acumulado	Intervalo de minutos	Lectura en cm	Diferencia de lecturas	Infiltracion cm/hora
12:00					
12:01	1	1	1.4	1.4	84.0
12:02	2	1	2.3	0.9	54.0
12:03	3	1	3.0	0.7	42.0
12:05	5	2	4.3	1.3	39.0
12:10	10	5	6.6	2.3	27.6
12:15	15	5	9.0	2.4	28.8
12:20	20	5	11.2	2.2	26.4
12:55	35	15	17.0	5.8	23.2
12:50	50	15	22.4	5.4	21.6
13:05	65	15	27.5	5.1	20.4
13:35	95	30	35.8	8.4	16.8
14:05	125	30	43.9	8.0	18.0
14:35	155	30	51.4	7.6	15.0
15:05	215	60	64.8	13.4	13.4

Para el cálculo de infiltración en cm/hora:

$$I = Kt^n$$

$$I = 62.99 t^{-0.283}$$

Para los diferentes valores de tiempo (t) acumulado.

Cálculo de infiltración básica (I<sub>b</sub>)

$$I_b = (-10n) t^n$$

$$I_b = 0.62 \text{ cm/hora}$$

## VI. METODOLOGIA DE CALCULO Y DISEÑO

### 6.1 Agua que se aplica en cada riego:

#### 6.1.1 Profundidad de extracción de humedad

Se calcula 60 centímetros de acuerdo a la profundidad de raíces de los cultivos.

#### 6.1.2 Cálculo de lámina de riego

CUADRO No. 6

### CALCULO DE LAMINA DE RIEGO

Profundidad en cm	d (cm)
0 - 20	3.254
20 - 40	3.447
40 - 60	3.477
Lámina total	10.18

Para el cálculo de lámina total de agua

$d_i$  = Lámina de agua, para el estrato  $i$  ( en cm. )

$cci$  = Capacidad de campo para el estrato  $i$  ( en % )

$PMP_i$  = Punto de marchitez permanente, para el estrato  $i$  ( en % )

$D_{ai}$  = Densidad aparente ( en  $gr/cm^3$  )

$Z_r$  = Zona de raíces ( en cm )

$$D = \sum d_i$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

n = Número de estratos

Para el cálculo de la lámina de riego o de reposición (ln)

Humedad total disponible para las plantas, 10.18 cm, reponiendo en cada riego el 40% de la humedad total disponible, según (6) se tiene que:  $10.18 \times 0.40 = 4.07$  cm.

Según Hurd (14) en riego por aspersión se calcula generalmente 70% de eficiencia de aplicación entonces:

$$\text{Lamina bruta (lb)} = L_n / 0.7$$

$$L_b = 5.81 \text{ cm.}$$

### 6.1.3 Calendario de Riego:

Se determina la época crítica de acuerdo a la evapotranspiración calculada durante todo el año, para ubicarse en el punto de máximo requerimiento de riego (Rr), además se eliminó la precipitación efectiva por ser poco significativa y para lograr regar los cultivos con el menor riesgo posible en períodos críticos de verano.

CUADRO No. 7

#### REQUERIMIENTO DE RIEGO EN EPOCA CRITICA

MES:	ET (cm)	Rr (cm)	Rr Acum (cm)	días	Días Acum.
ENERO	4.93	4.93	4.93	31	31
FEBRERO	7.22	7.22	12.15	28	59
MARZO	13.59	13.59	25.74	31	90
ABRIL	14.04	14.04	39.78	30	120

Para hacer el calendario de riego se necesitan los datos determinados anteriormente como lo son: requerimiento de riego, lámina neta, lámina bruta, ciclo vegetativo del cultivo representativo, en este caso la arveja, con duración de 120 días. Teniendo estos datos se procede a hacer el calendario de riego. Ver cuadro No. 8 y Fig. No. 3

### CUADRO No. 8

#### DATOS PARA HACER CALENDARIO GRAFICO DE RIEGO

No. de riegos	Fecha	Intervalo (día)
1	10. de Enero	
2	25 de Enero	25
3	12 de febrero	18
4	28 de febrero	16
5	9 de Marzo	9
6	18 de Marzo	9
7	27 de Marzo	9
8	5 de Abril	9
9	14 de Abril	9
10	23 de Abril	9

En conclusión el intervalo de riego crítico es de 9 días

## 6.2 Diseño del Sistema

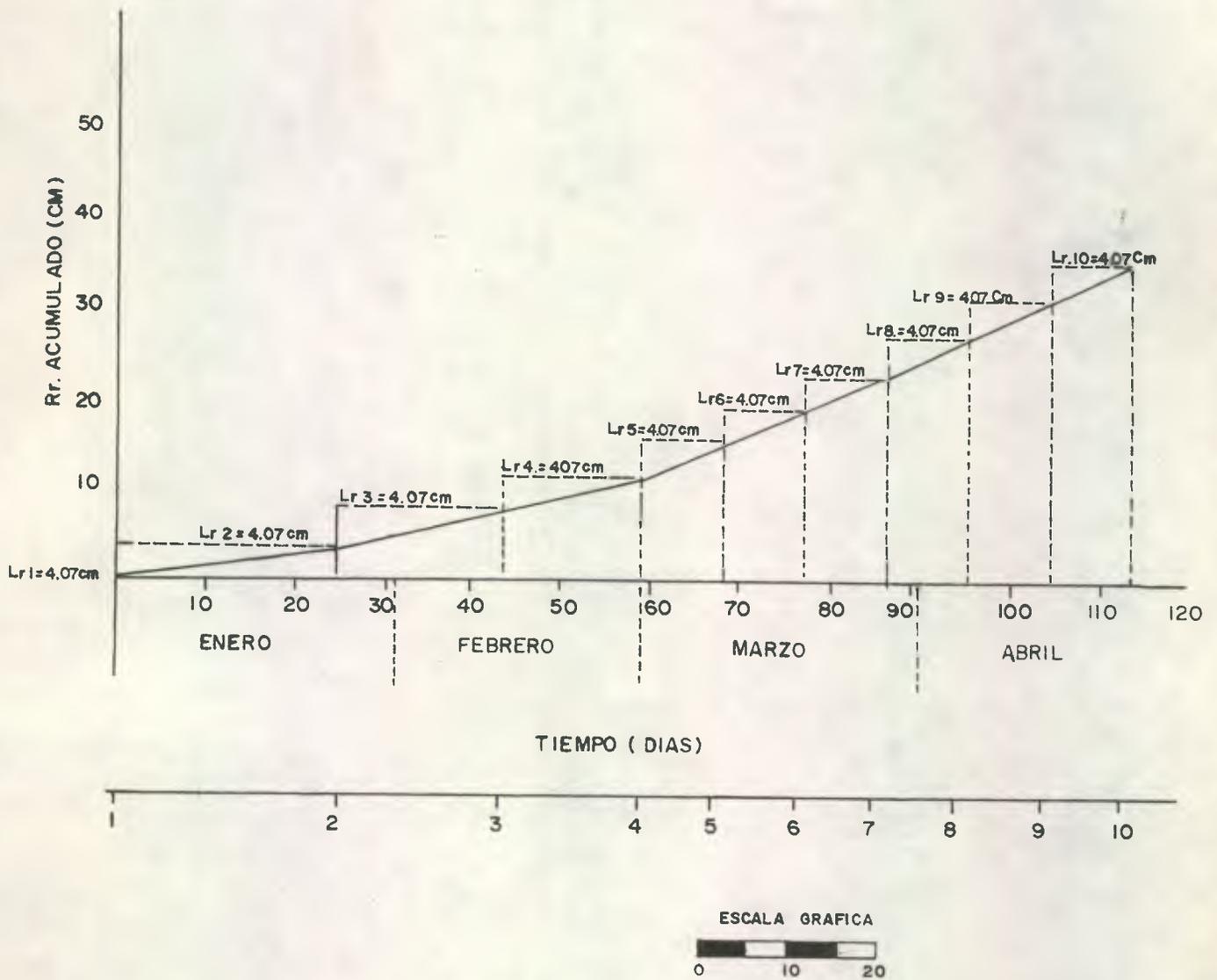
### 6.2.1 Captación

Se hizo un caminamiento del río, lo más cercano posible del área regable, encontrándose un punto angosto y con terreno firme para construcción de presa de captación y colocación del equipo libre de riesgo por crecidas.

### 6.2.2 Selección de Aspersores:

- a) Lámina de riego neta: 4.07 cm
- b) Lámina de riego bruta: 5.8 cm
- c) Intervalo de riego crítico: 9 días

# CALENDARIO DE RIEGOS ( METODO GRAFICO ) FIGURA N° 3



- d) intervalo de riego neto (IRN) es de 8 días dejando un día sin regar; tiempo que utilizará para mantenimiento y reparación del equipo.
- e) Tiempo de riego por día: 20 Horas.

Se calcularon 20 horas de riego por día para aprovechar al máximo el equipo; asimismo las parcelas se regarán en 2 turnos de 10 horas cada turno y 2 horas para cambio de posición de aspersores.

- f) Tiempo de riego por turno: 10 horas.
- g) Intensidad de riego:

$$Ir = \frac{Lb}{Trt} = \frac{5.81}{10 \text{ horas}} = 0.581 \text{ cm/hora}$$

donde: Ir = Intensidad de riego (cm/hora)

Lb = Lámina bruta (cm)

Trt = Tiempo de riego por turno

- h) Caudal por Aspersor:

$$Qa = \frac{Ir \times Sa \times Sl}{360}$$

donde:

Qa = Caudal por aspersor (Lt/seg)

Ir = Intensidad de riego (cm/hora)

Sa = Separación entre aspersores (m)

Sl = Separación entre Laterales (m)

$$Qa = \frac{0.581 \text{ cm/hora} \times 16 \text{ m} \times 16 \text{ m}}{360}$$

$$Qa = 0.4131 \text{ Lt/seg} = 6.4 \text{ gpm}$$

Se seleccionó el distanciamiento de 16 m. debido a que el tamaño más común de las parcelas encontradas en el área de riego es de una cuerda o múltiplos de cuerda (40 x 40 varas), lográndose cubrir dicha área con 4 aspersores con distribución adecuada de riego, como lo muestran las figuras 4 y 5 que son un ejemplo de forma y tamaño de parcelas del Valle.

De acuerdo al caudal requerido por aspersor, presión de aspersión y distancia entre aspersores se consultaron catálogos de fabricantes y se seleccionó el aspersor con las siguientes características. Tabla No. 3,

apéndice.

Marca:	Nelson
Modelo:	F-30
Caudal:	6.4 gpm
presión:	40 psi
Diámetro mojado:	97 pies = 30 m
boquilla:	3/16 pulg.

Comprobación para constatar si el aspersor seleccionado es adecuado al diseño:

$$I_r = \frac{Q_a \times 360}{S_a \times S_l}$$

$$I_r = \frac{0.41 \text{ lt/seg} \times 360}{16 \text{ m} \times 16 \text{ m}}$$

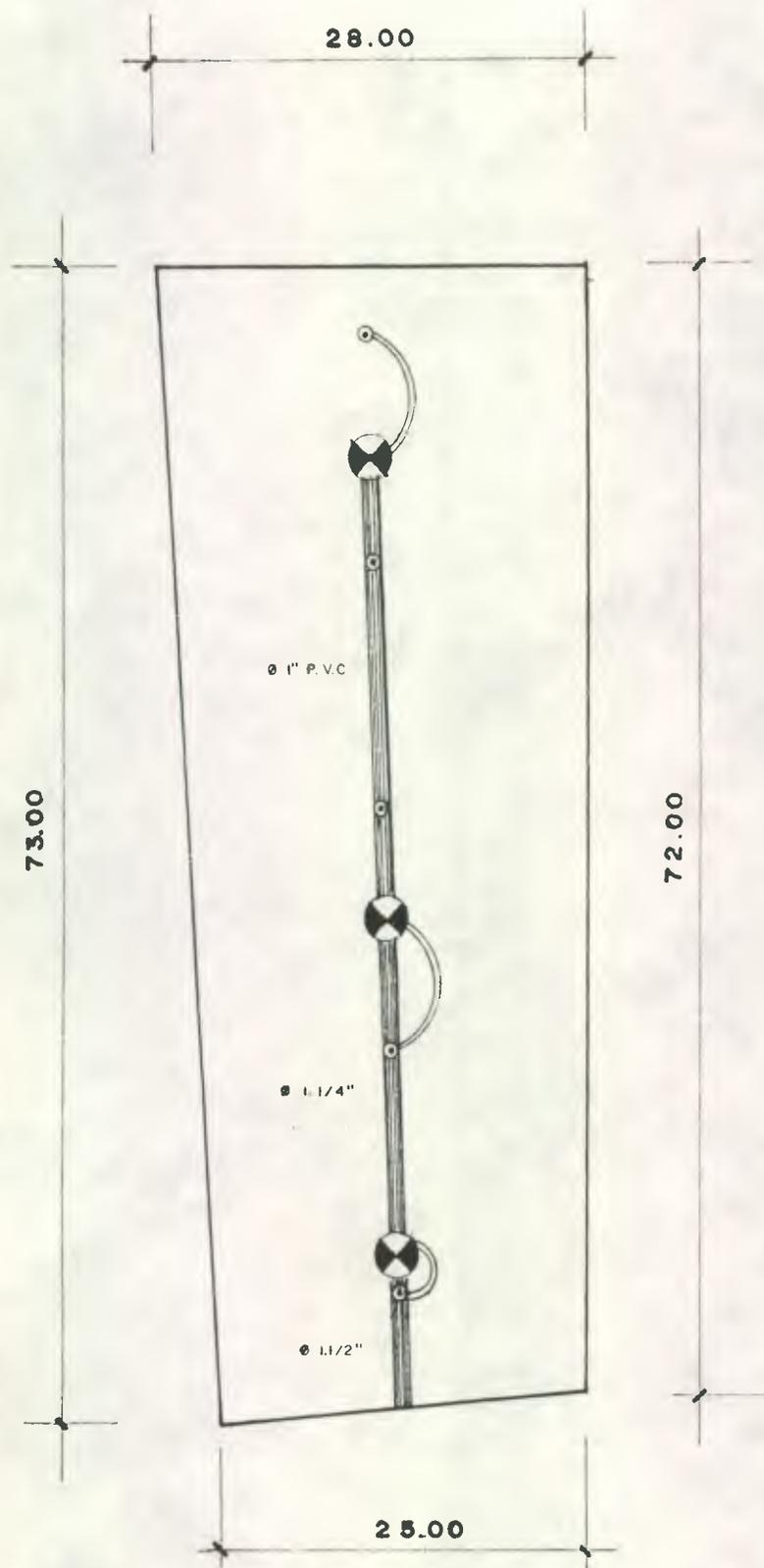
$$I_r = 0.58 \text{ cm/hora.}$$

Siendo la infiltración básica del suelo de 0.62 cm/hora por lo tanto no va haber problema con encharcamiento del suelo.

### 6.2.3 Operación del sistema:

- Area a regar (A) = 28 ha
- Area a regar por día (Ard)

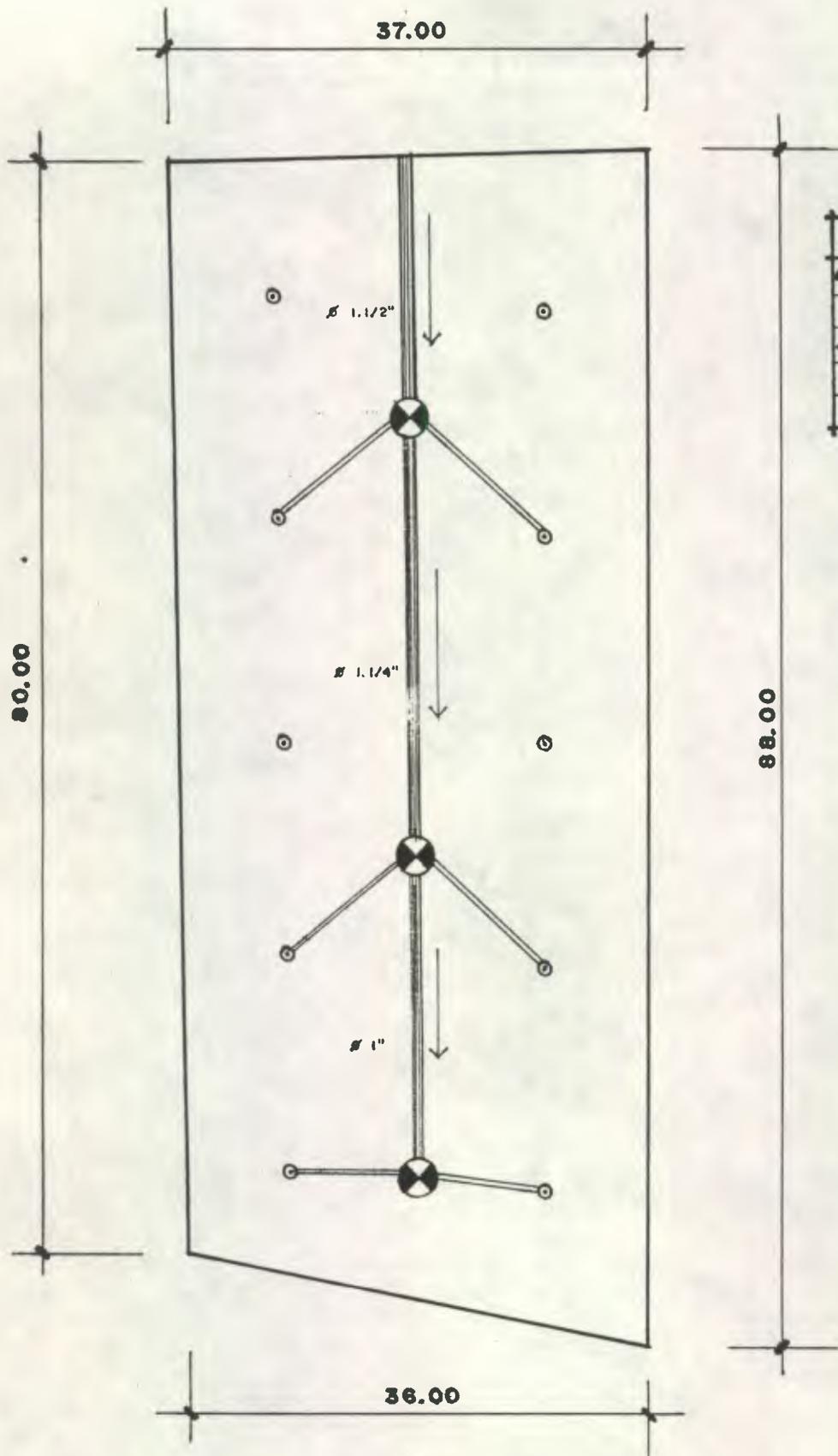
$$Ard = A / I_{rn} = 28 \text{ ha} / 8 \text{ días} = 3.5 \text{ ha/día.}$$



REFERENCIA	
	TUBERIA DE P.V.C Ø 1"
	PENDIENTE
	MANGUERA DE ASPERSOR
	LLAVE DE PASO
	ASPERSOR

**PARCELA TIPO "A"**

FIGURA 4



REFERENCIA	
	TUBERIA DE P.V.C. Ø
	PENDIENTE
	MANGUERA DE ASPERSOR
	LLAVE DE PASO
	ASPERSOR

**PARCELA TIPO "B"**

FIGURA No 5

donde:

$I_{rn}$  = intervalo de riego neto.

d) Área a regar por turno ( $A_{rt}$ )

$$A_{rt} = A_{rd} / N_t$$

$$A_{rt} = 3.5 \text{ ha} / 2 \text{ turnos} = 1.75 \text{ ha/turno.}$$

donde:

$N_t$  = número de turnos

d) Número de aspersores ( $N_a$ )

De acuerdo al distanciamiento usado entre aspersores, se colocarán 36 aspersores por hectárea, equivalente a 4 aspersores por cuerda de 40 x 40 varas. Ver figuras 4 y 5 parcelas tipo que muestran distribución de llaves de chorro y aspersores colocados en la punta de mangueras de 15 m.

$$N_a = A_h \times N_h$$

Donde:

$N_a$  = Número de aspersores por turno, es decir funcionando a la vez en todo sistema.

$A_h$  = Número de aspersores por ha.

$N_h$  = Número de hectareas regadas por turno.

$$N_a = 36 \text{ aspersores} \times 1.75 \text{ ha.}$$

$N_a$  = aspersores funcionando a la vez.

Se aproximan a 64 aspersores para poder regar 16 parcelas por turno de riego como máximo.

e) Caudal total ( $Q_t$ )

$$Q_t = N_a \times Q_a$$

Donde:

$N_a$  = Número de aspersores por turno

$Q_a$  = Caudal por aspersor (gpm)

$Q_t$  = 64 aspersores x 6.4 gpm

$Q_t$  = 410 gpm.

Con el objeto de dar lineamientos para la operación del sistema se dividió el área total del proyecto en 5 sectores que son los que se pueden regar actualmente, pudiendo ampliarse la unidad a 8 sectores como máximo para cobertura del área potencial del proyecto.

El criterio para elegir los sectores está en función de la distribución de las parcelas en el campo y el número de parcelas que pueden regarse simultáneamente de acuerdo al total de aspersores por día.

En cada posición de los aspersores se regará la mitad del sector, cambiándolos de posición a las 10 horas de funcionamiento, para cubrir así la totalidad del sector en un día; realizar la misma operación los días subsiguientes, hasta cerrar el ciclo completo de riego.

CUADRO No. 9

SECTORIZACION DEL SISTEMA

Parcela No.	Area (m <sup>2</sup> )	No. de aspersores	Caudal por turno (gpm)
SECTOR No. 1			
1	4004	7	47
2	2252	4	26
3	1612	3	20
4	2268	4	26
5	2144	4	26
6	1692	3	20
7	2916	5	33
8	2356	4	26
9	2260	4	26
10	3133	6	39
11	2696	5	33
12	1264	2	13
13	1524	3	20
58	1306	2	13
59	1120	2	13
60	528	2	6.4
<b>TOTAL = 16</b>	<b>33073 = 3.3 ha</b>	<b>59</b>	<b>386.4</b>
Parcela No.	Area (m <sup>2</sup> )	No. de aspersores	Caudal por turno (gpm)
SECTOR No. 2			
14	1656	3	20
15	1888	3	20
16	1388	2	13
16 A	1608	3	20
17	3084	6	39
18	1792	3	20
19	1496	3	20
20	1436	3	20
21	1220	2	13
22	4528	8	52
23	4872	9	59
24	4940	3	20
25	1868	3	20
49	2673	5	33
50	2133	4	26
<b>TOTAL 15</b>	<b>33582</b>	<b>60</b>	<b>395</b>

Parcela No.	Area (m <sup>2</sup> )	No. de aspersores	Caudal por turno (gpm)
SECTOR No 3			
26	1840	3	20
27	3772	7	46
28	3644	7	46
29	1308	2	13
30	1020	2	13
36	6088	11	72
37	1304	2	13
44	4420	8	52
45	956	2	13
51	1220	2	13
52	2973	5	33
61	1520	3	20
62	1626	3	20
63	1640	3	30
<b>TOTAL 14</b>	<b>29353</b>	<b>60</b>	<b>394</b>

Parcela No.	Area (m <sup>2</sup> )	No. de aspersores	Caudal por turno (gpm)
SECTOR No. 4			
35	992	2	13
38	1148	2	13
39	1764	3	20
40	4516	8	52
41	2828	5	33
42	9360	17	110
43	2800	5	33
46	2208	4	26
47	868	2	13
48	4204	8	52
<b>TOTAL 10</b>	<b>30638</b>	<b>56</b>	<b>365</b>

Parcela No	Area (m <sup>2</sup> )	No. de aspersores	Caudal por turno (gpm)
SECTOR No. 5			
31	1264	2	13
32	636	1	6.4
33	2456	4	26
34	1696	3	20
53	1766	3	20
54	1946	3	20
55	3040	5	33
56	1333	2	13
57	1153	2	13
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>15290</b>	<b>25</b>
			<b>164.4</b>

#### 6.2.4 Cálculo Hidráulico:

Terminando el diseño inicial, se calcula los diámetros de tubería a nivel parcelario lateral y principal; para esto es pertinente hacer el cálculo hidráulico con objeto de colocar tubería que proporcione economía y satisfaga las necesidades de presión y caudal a lo largo de la línea de conducción.

Un dato importante para realizar el cálculo hidráulico es el conocimiento de la presión requerida en la entrada de las parcelas la cual se calcula:

$$\text{Presión requerida en la entrada de parcela: } p_{asp} + 0.20 p_{asp} + H_{fm}$$

$$P_{asp} = \text{Presión de aspersión (m)}$$

$$0.20 P_{asp} = 20\% \text{ de la presión de aspersión (m)}$$

Se considera que no debe perder más del 20% de la presión de aspersión desde el primero hasta el último aspersor, para mantener descarga y presiones estables en toda la parcela.

$H_{fm}$  = pérdida por fricción en manguera de 15.28 m de longitud y 5/8 de pulgada de diámetro (m), calculado con la fórmula de Hazen Williams.

Presión requerida en la entrada de parcela = 28.26 m + 5.64 m + 6 m

Presión requerida en la entrada de parcela = 39.80 m

Procedimiento de cálculo hidráulico:

- a) Se inicia el cálculo de la última parcela a la fuente de agua.
- b) Se asume un diámetro de tubo
- c) Se supone que el caudal del sistema pasa a través de toda la longitud de la tubería (se considera que en la parte final de la unidad en un futuro se incrementará el número de parcelas).
- d) Se determina la pérdida de carga por fricción por medio de la fórmula de Hazen Williams.

$$H_f = \frac{1.131 \times 10^9 \left( \frac{Q}{C} \right)^{1.852}}{D^{4.872}} \times 100$$

Donde:

$H_f$  = Pérdida de carga por fricción en m/100 m

$Q$  = Caudal del sistema en  $m^3$ /hora

$D$  = Diámetro de tubería en mm

$c$  = Coeficiente de rugosidad (ver tabla No. 4 y 5 del apéndice) para PVC  
( $C = 150$ )

Los resultados se encuentran en la tabla No. 4 y 5 del apéndice.

Para escoger el diámetro de tubería se utilizó el criterio citado por Rojas (1979) que dice:

El método de porcentaje indica que los diámetros de tubería principal se seleccionan de tal manera que las pérdidas de carga no sobrepasen un 20% de la presión de operación de los aspersores; para el presente caso siendo la presión de operación de los aspersores de 28.16m (40 PSI) la pérdida permisible es de 5.64 m/100 m.

Se tomará como ejemplo los tramos 30-29, 29-28.

Datos:

Caudal = 410 gpm

C = 150

Presión del aspersor = 28.26m

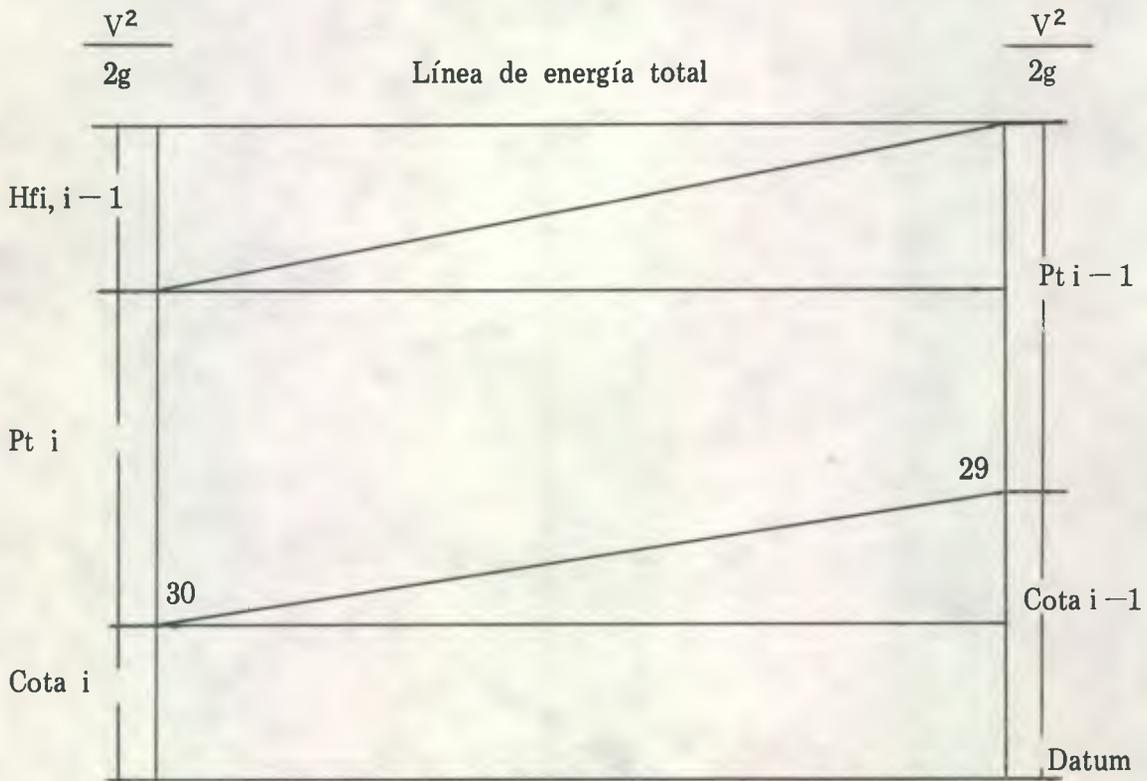
Longitud del tramo = 47.29 m

Asumiendo diámetro = 4"

Se tiene según Hazen Williams,  $H_f = 7.20 \text{ m}/100\text{m}$  que es mayor que la  $H_f$  permisible (5.64m), por lo tanto se asume el diámetro comercial inmediato superior que es de 6" cuya  $H_f$  es de 1.09m/100m.

$$\text{entonces: } H_{ft} = \frac{H_f}{100} D = H_{ft} = \frac{1.09 \text{ m}}{100 \text{ m}} \times 47.29\text{m} = 0.52$$

Se tiene lo siguiente (ver cuadro No. 10)



$$H_{f_{i-1}} + P_{ti} + cota_i = P_{ti-1} + cota_{i-1}$$

$$P_{ti-1} = cota_i + P_{ti} + H_{fi, i-1} - cota_{i-1}$$

Para el ejemplo:

$$P_{t_{29}} = Cota_{30} + P_{t_{30}} + H_{f_{29-30}} - Cota_{29}$$

$$P_{t_{29}} = 47.96m + 39.80m + 0.52m - 50.07m$$

$$P_{t_{29}} = 38.21m$$

### CUADRO No. 10

#### CALCULO HIDRAULICO DE TUBERIA PRINCIPAL Y RAMALES

EST	Dsitancia (m)	Diámetro (Pulg)	Caudal (gpm)	Hf/100m	Hft = Hf x D 100	Pa (m)	Cota (m)	Pt (m)
30						87.76	47.96	38.90
29	47.29	6	410	1.09	0.52	88.28	50.07	38.21
28	89.80	6	410	1.09	0.98	89.26	54.28	34.98
27	101.83	4	410	7.20	7.33	96.59	58.53	38.06
26	78.98	6	410	1.09	0.86	97.45	59.72	37.73
23	243.94	6	410	1.09	3.74	101.19	62.68	38.51
22	516.89	6	410	1.09	2.36	103.55	68.93	34.62
21	62.20	4	410	7.20	4.47	108.02	72.33	35.69
20	227.85	4	410	7.20	16.41	124.42	67.16	57.26
19	97.22	6	410	1.09	1.06	125.47	75.94	49.53
17	184.81	6	410	1.09	2.01	127.48	89.30	38.18
15	192.97	6	410	1.09	2.10	129.58	87.56	42.02
14	56.24	4	410	7.20	4.05	133.63	90.30	43.35
12A	296.97	6	410	1.09	3.24	136.86	96.18	40.68
11A	246.46	4	410	7.20	17.75	154.61	108.33	46.28
10	100.00	4	410	7.20	7.20	161.81	109.75	52.06
9	288.64	6	410	1.09	3.15	164.95	119.12	45.83
8	120.00	6	410	1.09	1.31	166.26	122.59	43.67
5	444.02	6	410	1.09	4.83	171.09	136.95	34.14
N	517.49	6	410	1.09	5.64	176.73	00.00	176.73

EST.	Distancia	Diámetro	Caudal	Hf/100m	$\frac{Hf-Hf}{100} \times D$	Pa' m)	Cota (m)	Pt (m)
RAMAL No. 1								
8						166.25	122.59	43.67
8"	202.58	4	130	0.85	1.72	164.54	129.94	34.60
R 37	110.50	2	25	0.91	1.00	163.54	129.79	33.75
RAMAL No. 2								
8'						165.74	121.30	44.44
R-197	14	2 1/2	100	4.69	0.66	165.08	125.47	39.61
R-198	32	2 1/2	80	3.10	0.99	164.09	126.48	37.61
R-188	30	2	50	3.30	0.99	163.10	123.66	39.44
RAMAL No. 3								
9						164.95	119.12	45.83
R-2	92	3	130	2.92	2.68	162.97	118.88	43.39
R-182	70	2 1/2	80	3.10	2.17	160.10	121.45	38.65
RAMAL No. 4								
11A						154.61	108.33	46.28
12'	83.00	4	130	0.85	0.71	153.90	106.58	47.32
12"	272.00	3	80	1.19	3.24	150.66	112.12	38.54
RAMAL No. 5								
11A						154.61	108.33	46.28
12"	106.87	2"	60	4.62	4.94	149.67	104.48	45.19
RAMAL No. 6								
14						133.63	90.30	43.35
15A	81.87	3	100	1.80	1.47	132.16	93.01	39.15
16A	94.92	2 1/2	50	1.30	1.23	130.92	90.48	40.44

EST.	Distancia	Diámetro	Caudal	Hf/100m	$\frac{Hf-Hf}{100} \times D$	Pa ' m)	Cota (m)	Pt (m)
RAMAL No. 7								
17						127.48	89.30	38.18
18C	77.55	4	90	0.43	0.33	127.15	93.17	33.98
19C	199.90	3	60	0.69	1.37	125.78	88.68	37.10
RAMAL No. 8								
17						127.48	89.30	38.18
16"	104.50	2 1/2	80	3.10	3.24	124.24	85.13	39.11
RAMAL No. 9								
20						124.42	67.16	57.26
25A	236.31	6	300	0.61	1.44	123.18	79.62	43.56
26A	127.89	4	100	0.52	0.66	122.52	75.37	47.15
R-115	174.50	3	60	0.69	1.20	121.32	84.02	37.30

### 6.2.5 Selección de bombas y unidad de Potencia:

Para seleccionar el equipo de bombeo se tomó en cuenta:

- a) Que satisfagan condiciones de operación
- b) Costos más favorables, para lo cual se hizo comparación de costos de diferentes equipos.
- c) Que haya servicio de mantenimiento y repuestos.

Cálculo:

$$CDT = C_e + H_f + 0.1H_f + P_t$$

Donde:

$$CDT = \text{Carga dinámica total (m)}$$

$$C_e = \text{Carga Estática (m)}$$

$$H_f = \text{Pérdidas por fricción en la tubería (m)}$$

$$0.1 H_f = \text{10\% de las pérdidas por fricción totales, estimadas por pérdidas en accesorios (m)}$$

$$P_t = \text{Presión de trabajo en la entrada de las parcelas (m)}$$

$$CDT = 136.95 \text{ m} + 5.64 \text{ m} + 8.90 \text{ m} + 39.80 \text{ m}$$

$$CDT = 191.29 \text{ m}$$

$$H_p = \frac{Q \cdot CDT}{3960 \cdot E_f}$$

Donde:

Hp = Caballos de fuerza

Q = Capacidad del sistema (gpm)

CDT = Carga dinámica total (pies)

Ef = Eficiencia de la bomba ( % )

$$Hp = \frac{410 \text{ gpm} \times 310.84 \text{ pies}}{3960 \times 0.67}$$

Hp = 48.03 Hp.

Con los valores de caudal y carga dinámica total se consultaron catálogos de bombas y observando las curvas se seleccionaron 2 motobombas de 50 Hp (fig. No.2, apéndice), las cuales se colocaran en serie (ver fig. No. 2).

Existían dos alternativas para la selección del equipo de bombeo:

Alternativa No. 1: Colocar una sola motobomba

Alternativa No. 2: Colocar 2 motobombas en serie

De estas alternativas se seleccionó la segunda, pues, debido a que la CDT es alta (191.29 m) con una sola bomba sería necesario colocar en la descarga tubería de acero, lo cual vendría a aumentar el costo del proyecto.

## VII. DESCRIPCION DEL SISTEMA

### 7.1 Datos Técnicos

#### 7.1.1 Del Cultivo

Cultivo:	Hortalizas
Ciclo Vegetativo:	120 días
Profundidad de raíces:	60 cm.
Evapotranspiración durante el ciclo:	39.77 cm.
Meses críticos:	Marzo y Abril
Número de riegos por ciclo:	10 riegos

#### 7.1.2 Del Diseño:

##### a) Cálculos Preliminares

Lámina neta:	4.07 cms.
Lámina bruta:	5.81 cms.
Intervalo de riego bruto	9 días.
Intervalo de riego neto	8 días.
Intervalo de mantenimiento y reparación	1 día
Tiempo de riego diario	20 horas
Tiempo de riego por turno	10 horas
Número de turnos diarios	2 turnos
Tiempo de cambio de posición de mangueras	2 horas

##### b) Selección de Aspersores (Tabla No. 3 apéndice)

Aspersores Modelo	F-30
Marca:	Nelson

Caudal	6.4 gpm
Presión	40 psi
Diámetro de mojado:	97 pies
Boquillas	3/16 pulg
Traslape en las 2 direcciones	50%
Separación entre aspersores:	16 m al cuadro

c) Selección de Tubería:

— Principal:

Diámetro	4 y 6 pulgs
Material	P.V.C.
Longitud:	3860.41 m

— Secundaria:

Diámetro	4,3,2 1/2 y 1 1/2 pulg
Material	P.V.C.
Longitud	1734.71 m.

A Nivel Parcelario

Diámetro	2,1 1/6, 1 1/4 y 1 pulg.
Material	P.V.C.

d) Bombeo (figura No. 2, apéndice)

Carga dinámica total	191.29 m
Carga dinámica primer bombeo	95.65 m
Carga dinámica segundo bombeo	95.65 m
Potencia requerida en cada bombeo	50 Hp.

7.1.3 Datos de Operación

Area total de riego	254 cuerdas
Area de riego por día	28 hectáreas
Número de aspersores por cuerda	4 aspersores
Número de aspersores por hectárea	36 aspersores
Caudal por cuerda	26 gpm
Caudal por hectárea	234 gpm
Presión a la entrada de la parcela	60 psi

## VIII. ESTIMACION DE COSTOS:

### 8.1 Costos de tubería y accesorios:

Tubería de P.V.C.

30 tubos de 6" x      psi

483 tubos de 6" x 100 psi

162 tubos de 4" x 100 psi

180 tubos de 3" x 125 psi

98 tubos de 2 1/2"

200 tubos de 2"

200 tubos de 1 1/2"

200 tubos de 1 1/4"

246 tubos de 1"

Accesorios PVC

TOTAL ..... Q. 23,629.65

### 8.2 Costo equipo de bombeo y accesorios:

- 2 Motores eléctricos marca Brush, trifásicos, de 50 Hp., 230/400 voltios a 1,750 RPM., con arrancador estrella triangulo.
- 2 4x3x12 bombas centrífugas marca Crane Deming, modelo 4"x3"x12", a 2,300 RPM., acopladas con faja y poleas
- 2 Polea en V tipo C de 9.0"x6 ranuras con bushing.
- 2 Poleas en V tipo C de 12.0"x6 ranuras con bushing.
- 12 Fajas en V tipo C
- 2 Bases de acero estructural  
Succión de 5"
- 2 Adaptadores en bomba cónicos de 4" x 5"
- 2 SFC-5 Uniones dresser de 5"
- 2 SFE-95 codos de 5" x 90°
- 2 ARR-5"x30' Tubos de aluminio de 5" x 9 metros
- 2 SFV-5 Válvulas de pie con colador de 5"
- DESCARGA:
- 2 Flanges de 3" x 4", con niples y rosca en 4"

2	Tees de 4" con tapón y manivela	
4	Flanges de 4", con niple y rosca	
2	41-4 Válvulas oblicuas con flanges de 4"	
2	Válvulas de retención de 4", con brida y eje prolongado	
2	H.G. Reductores campana de 6" x 4", de hierro galvanizado	
128	F-30 Aspersores marca Nelson, modelo F-30 con boquilla 3/16"	
56	Válvulas de compuesta de 1"	
128	mangueras de alta presión de 50 pies x 5/8"	
277	Llaves de chorro de 3/4"	
3	Cajas 3 x 200 amperios, 460 voltios, incluyendo cable de conducción eléctrica.	
2	Arrancadores estrella triángulo para 50 Hp., 460 voltios.	
3	fusibles 200 amperios	
1	Guardanivel para tanque bajo con electrodos de acero inoxidable.	
	Accesorios para conexión eléctrica.	
	Instalación eléctrica	
	precio total	Q. 19,469.60
<b>8.3</b>	<b>Introducción de energía eléctrica</b>	<b>Q. 14,656.00</b>
<b>8.4</b>	<b>Construcciones</b>	
	Presa de captación	Q. 1,800.00
	Caseta para bombeo	Q. 445.35
<b>8.5</b>	<b>10 % de imprevistos</b>	<b>Q. 6,000.00</b>

## IX. ANALISIS ECONOMICO FINANCIERO

### 9.1 Parámetro y Criterio de Análisis

El Proyecto Chuyá se ha evaluado en base a los parámetros relación beneficio-costo, valor presente neto y tasa interna de retorno.

Los valores han sido actualizados a una tasa del 15% anual considerando a éste como el costo de oportunidad del capital.

El analisis de la evaluación económica, se ha proyectado a 20 años, período que incluye un año de ejecución de la obra.

### 9.2 Costos:

#### 9.2.1 Costos de Producción Agrícola:

Debido a condiciones climáticas del area, solamente es factible producir una cosecha al año generalmente de cultivos tradicionales; pero con la introducción de riego se pretende producir tres cosechas por año con cultivos más rentables.

Para efectos del análisis económico se toman en cuenta los cultivos, arveja china, coliflor y repollo con riego, siendo maíz el cultivo tradicional sin riego.

Los tres cultivos antes mencionados tienen un ciclo vegetativo similar de 4 meses, por lo tanto se considera que el área estaría cultivada durante todo el año mientras que el maíz con ciclo vegetativo de 8 meses solo es factible cultivarlo una vez al año en época de invierno.

CUADRO No. 11

COSTO DE PRODUCCION POR HECTAREA PARA 1983  
(EN QUETZALES)

CONCEPTO	SIN RIEGO		CON RIEGO	
	Maiz	Arveja China	Coliflor	Repollo
ARRENDAMIENTO	50.00	225.00	225.00	225.00
PREPARACION DEL TERRENO	45.00	180.00	162.00	162.00
DESINFESTACION		58.50		
ALMACIGO			93.15	112.50
CONTROL DE PLAGAS	35.00	446.40	73.80	73.80
SIEMBRA	22.00	216.00	72.00	72.00
LIMPIAS	45.00	144.00	108.00	108.00
CONTROL DE ENFERMEDADES		423.00	45.00	45.00
FERTILIZACION	100.00	351.00	336.15	306.00
TUTOREADO		1,674.00		
RECOLECCION	50.00	288.00	144.00	144.00
TRANSPORTE	60.00	54.00	54.00	378.00
<b>COSTOS TOTALES</b>	<b>407.00</b>	<b>4,032.90</b>	<b>1,311.10</b>	<b>1,626.30</b>

9.2.2 Inversiones:

La inversión total para la construcción del proyecto es de Q. 66,000.00, la cual se desglosa así:

a) Costo de tubería y accesorios P.V.C.	Q. 23,629.65
b) Costo de equipo de bombeo y accesorios	Q. 19,469.60
c) Introducción de energía eléctrica	Q. 14,656.00
d) Construcciones	Q. 2,245.00
e) 10% de imprevistos	Q. 6,000.00

---

Inversión total Q. 66,000.00

Inversión por hectárea Q. 2,357.14

---

### 9.2.3 Costos de Operación y Mantenimiento

Incluye todos los gastos que se hacen para operar y mantener el sistema en condiciones óptimas

#### a) Costo de energía eléctrica:

El costo de energía eléctrica se calcula de acuerdo a la tarifa propuesta por el Instituto Nacional de Electrificación (INDE) así:

#### Tarifa Agrícola

Cargo por demanda:

Q. 170.00 por los primeros 50 Kw

Q. 3.40 por Kw adicional

Cargo por consumo:

Q. 751.00 por los primeros 10,000,00 Kw o menos

Q. 0.075 por Kw por el resto de Kwh

Se calcula los costos de energía para 2 motores eléctricos de 50 Hp colocados en serie. Se instalará un contador para medir demanda y consumo en cada estación de bombeo.

Cálculo:

Capacidad de motor = 50 Hp

1 Hp = 0.746 Kw

50 Hp = 37.3 Kw

Carga por Demanda:

Carga por demanda mensual por bombeo = Q. 170.00

Cargo total por demanda mensual = Q. 340.00

Cargo por Consumo:

Horas de operación por día = 20 horas

Días de operación por mes = 27 días

Horas de operación por mes = 540 horas

Consumo de energía por hora = 37.3 Kw

Consumo de energía por mes por bombeo = 540 horas x 37.3 = 20131 kwh

Costo de energía por mes:

Primeros 10,000 Kwh = Q. 751.00

Siguientes 10,000 Kwh = Q. 750.00

Resto 142 Kwh = Q. 9.37

---

Q. 1,510.37

Costo de Energía mensual por los dos motores = 1,510.37 x 2 motores =  
Q. 3,020.74.

Costo total por consumo de energía mensual = Q. 3,020.74

#### RESUMEN DE COSTO DE ENERGIA

DEMANDA Q. 340.00

CONSUMO Q. 3,020.74

---

COSTO TOTAL MENSUAL Q. 3,360.74

COSTO TOTAL ANUAL Q. 20,164.44

COSTO TOTAL POR HECTAREA Q. 720.16

b) Costo de reparación y mantenimiento de equipo de bombeo y accesorios:

Se estimó el 2% del costo inicial de equipo y accesorios (SCS 1,974)

Q. 19,469.60 x 0.02 = Q. 389.39

Costo de reparación y mantenimiento por hectárea:

Q. 389.39/28 ha. = Q. 13.91

c) Costo de servicios personales (CSP):

Número de horas de operación anual = 3,240 horas

Salario por jornal de 8 horas = Q. 3.00

Se considera un operador por cada estación de bombeo, por lo tanto serán 2 jornales cada 8 horas de operación.

El movimiento en la posición de los aspersores la hará cada agricultor en su parcela.

CPS = Horas de operación anual/horas por jornal x costo por jornal x número de personas.

CPS = Q. 2,430.00

Costo por servicios personales por hectárea por año

Q. 2,430.00/28 ha. = Q. 86.78

RESUMEN DE COSTO DE OPERACION Y MANTENIMIENTO POR HECTAREA POR AÑO:

a)	Energía eléctrica	Q. 720.16
b)	Reparación y mantenimiento	Q. 13.91
c)	Servicios personales	Q. 86.78
		<hr/>
	Costo de operación y mantenimiento	Q. 820.85

9.2.4 Costos financieros

9.2.4.1 Estimación del servicio de la deuda:

Para el cálculo de amortización e intereses de la deuda se elaboró el cuadro No 12 donde aparece la forma de pago durante la vida útil del proyecto.

CUADRO No. 12

ESTIMACION DEL SERVICIO DE LA DEUDA  
(EN QUETZALES)

AÑOS	SALDO	AMORTIZACIONES	INTERES	CUOTA NIVELADA
1	2,357.14		47.14	47.14
2	2,357.14		47.14	47.14
3	2,357.14	110.09	47.14	157.23
4	2,247.05	112.29	44.94	157.23
5	2,134.76	114.53	43.70	157.23
6	2,020.23	116.82	40.41	157.23
7	1,903.41	119.16	38.07	157.23
8	1,784.25	121.55	35.68	157.23
9	1,661.70	123.98	33.25	157.23
10	1,538.72	126.46	30.77	157.23
11	1,412.26	128.98	28.25	157.23
12	1,283.28	131.56	25.67	157.23
13	1,151.72	134.20	23.03	157.23
14	1,017.52	136.88	20.35	157.23
15	880.64	139.61	17.62	157.23
16	741.02	142.41	14.82	157.23
17	598.61	145.25	11.98	157.23
18	453.35	148.16	9.07	157.23
19	305.19	151.13	6.10	157.23
20	154.15	154.15	3.08	157.23
	2,357.14	567.28	567.28	2,924.42

CUADRO No. 13

RESUMEN DE COSTOS, INGRESOS Y BENEFICIOS AGRICOLAS  
(EN QUETZALES)

CULTIVO	Producción Promedio	Precio por Unidad	Beneficios Brutos	Costos de Producción	Beneficios Netos
MAIZ	60 qq	10.00	600.00	407.00	193.00
TOTAL SIN RIEGO/AÑO	60 qq	10.00	600.00	407.00	193.00
ARVEJA CHINA	100 qq	55.00	5,500.00	5,500.00	1,467.00
COLIFLOR	180 qq	12.00	2,160.00	1,211.10	884.90
REPOLLO	1530 blts.	1.50	2,295.00	1,626.30	668.70
TOTAL CON RIEGO AÑO			9,955.00	6,970.30	2,984.70

9.3 Flujo de fondos

Representan los beneficios netos del proyecto

En el cuadro No. 14 se analizan los costos y beneficios del Proyecto con riego y sin riego. Los beneficios brutos del Proyecto resultan de la diferencia entre los beneficios netos agrícola con proyecto y los beneficios netos sin proyecto de riego.

Los costos totales comprenden costos de inversión, operación y mantenimiento y servicio de la deuda, Ver Cuadro No. 14

Los beneficios incrementales o flujo de caja del proyecto resultan de beneficios brutos menos los costos totales, Cuadro No. 14.

Los beneficios incrementales, son los beneficios netos del proyecto que en este caso son considerables ya que anteriormente se sembraba solamente maíz que es el cultivo tradicional, con los ahora propuestos que son altamente rentables.

CUADRO No. 14

FLUJO DE FONDOS  
(EN QUETZALES)

AÑO	BENEFICIOS			COSTOS				Beneficio
	Con riego	Sin riego	Brutos	Inversión	Op. Mant.	Serv. de Deuda	Total	Incremental
1	193.00	193.00	0	2,357.14	*	47.14	2,404.28	(2,404.28)**
2	2,984.70	193.00	2,971.70	-----	820.00	47.14	867.99	1,923.71
3-15	2,984.70	193.00	2,971.70	-----	820.85	33.22	854.07	1,937.63
16	2,984.70	193.00	2,971.70	*** 125.00	820.85	14.82	960.67	1,831.03
17	2,984.70	193.00	2,971.70		820.85	7.56	828.41	1,963.29

\* La operación - y mantenimiento el primer año es cero, debido a que el proyecto está en fase de construcción.

\*\* Valores entre parentesis son negativos

\*\*\* Existe una segunda inversión porque 16 años se consideran la vida útil de la bomba es de Q. 1,750.00.

#### 9.4 Evaluación Financiera

##### 9.4.1 Valor Presente Neto (VPN)

Es el valor que tienen hoy los ingresos futuros de un proyecto a la tasa de oportunidad del capital, en un período determinado del año. En este proyecto se utiliza una tasa de oportunidad del capital del 15% en un período de 20 años, dando como resultado un valor de Q. 8,338.59, el cual es el beneficio total del proyecto por hectárea. Ver cuadro No. 16.

##### 9.4.2 Relación Beneficio-Costo (B/C)

Es la relación de los beneficios brutos del proyecto entre los costos totales actualizados a la tasa de oportunidad del capital en un período determinado de años.

Aplicando este parámetro al proyecto la relación beneficio-costo resultó igual a 2.24 lo que indica que el proyecto es financieramente factible. Ver cuadro No. 16.

#### 9.4.3 Tasa Interna de Retorno (TIR):

Es la tasa de actualización que iguala a cero el beneficio incremental del proyecto, lo que equivale decir que iguala el valor actual de los beneficios incrementales al valor actual de los costos incrementales.

En el proyecto de TIR es de 80.36% lo cual indica que el proyecto es altamente rentable, por lo que se considera atractiva la ejecución, Ver Cuadro No. 16.

Los parámetros utilizados para la evaluación del Proyecto Chuyá experimentaron valores altos especialmente la TIR, debido a que no se consideraron en el análisis, los costos de estudio y diseño pues éstos están subvencionados por el Gobierno, tampoco se consideraron los costos de mano de obra para la construcción por el motivo que una de las condiciones del préstamo que otorga la Agencia Internacional para el Desarrollo (AID), no considera mano de obra.

El banco Interamericano de Desarrollo (BID) considera factible un proyecto que tenga una tasa interna de retorno entre 21 y 30% .

CUADRO No. 15

FLUJO ACTUALIZADO DE FONDOS

AÑO	Beneficios Brutos	Beneficios Brutos Actualizados	Costos Totales	Costos Totales Actualizados	Beneficios Incrementales	VPN al 15%	VPN al 80%	VPN al 85%
1	0	0	2,404.28	2,090.68	( 2,404.28)	( 2,090.68)	( 1,225.71)	( 1,299.61)
2	2,791.70	2,110.93	867.99	656.33	1,293.71	1,464.60	593.74	562.08
3-15	2,791.70	11,785.61	854.07	3,605.59	1,937.63	8,180.01	747.18	665.8—
16	2,791.70	298.34	960.67	102.66	1,821.03	195.67	0.15	0.10
17-20	2,701.70	851.74	828.41	252.73	1,963.29	598.99	0.18	0.06
	15,046.62			6,708.00		8,338.59	5.54	71.54

Para actualizar los fondos a una tasa de interés y plazo determinado se hace multiplicando el valor que se desea actualizar por la tasa de descuento, la cual se calcula así:

$$\text{Tasa de descuento para un año} = (1 + i)^n$$

$$\text{Tasa de descuento para varios años} = \frac{(1)}{i} - \frac{1}{i((1+i)^n)}$$

donde:

i = interés

n = número de años

CALCULO DE RELACION BENEFICIO COSTO (B/C)

$$B/C = \frac{\text{Beneficios Brutos actualizados}}{\text{Costos totales actualizados}}$$

$$V/C = \frac{15046.62}{6708.00} = 2.24$$

Cálculo de tasa interna de Retorno (TIR)

TIR = Tasa de actualización inferior + diferencia entre 2 tasas

$$\left( \frac{\text{VPN de tasa inferior}}{\text{Suma de VPN de tasa inferior + suma de VPN de tasa superior}} \right)$$

$$TIR = 80 + 5 \left( \frac{5.54}{5.54 + 71.54} \right) = 80.36 \%$$

9.4.4 Análisis de Sensibilidad

Este análisis se hace para observar comportamiento de los parámetros de evaluación al introducir variaciones en los costos y beneficios, en los casos de no tener seguridad de que el proyecto sea rentable a largo plazo

A los parámetros evaluativos considerados en el Proyecto se aplica un incremento del 10% en costos totales y en otro caso un decremento del 10% en los beneficios por hectárea, los resultados obtenidos indican que el proyecto es rentable. Ver cuadro No. 16.

CUADRO No. 16  
ANALISIS DE SENSIBILIDAD  
(EN QUETZALES)

Indicador	Valores Esperados	10%de Incremento En costos totales	10% de decremento en Beneficios Brutos
B/C	2.24	2.04	2.02
VPN	8338.59	767.49	6844.94
TIR	80.36%	76.64%	68.38%

## X. CONCLUSIONES

De acuerdo al estudio realizado se concluyó lo siguiente:

- 10.1 **Es técnicamente factible la introducción de agua para la irrigación de 28 hectáreas en el valle Chuyá**
- 10.2 **De acuerdo al análisis químico del agua del río Xaltayá se determinó que es adecuada para su uso en irrigación.**
- 10.3 **Según aforos realizados en época de estiaje (135 lt/seg) se determinó que la cantidad de agua es suficiente para el abastecimiento del área de diseño.**
- 10.4 **En base al estudio de suelos efectuado, no existe ninguna limitante física y/o química que obstaculice la producción de cultivos adaptables al área bajo riego.**
- 10.5 **Como base para el diseño el sistema se tomó el cultivo de arveja china por ser el que requiere mayor cantidad de agua y tener mucha demanda en el mercado internacional. Según los cálculos es necesario aplicar una lamina neta de 4.07 cm y un intervalo de riego en época crítica de 9 días.**
- 10.6 **Debido a las condiciones topográficas edáficas e hidricas el método de aplicación del agua de riego más adecuado es el de aspersión.**
- 10.7 **El sistema será semiportátil como motor, bomba y líneas de conducción fija y laterales móviles dentro de cada parcela**
- 10.8 **En cuanto a operación del sistema se efectuará como se establece el numeral 6.2.3.**
- 10.9 **El listado de materiales y equipo a utilizarse para la construcción del proyecto se especifica en los numerales 8.1, 8.2, 8.3, 8.4 y 8.5.**
- 10.10 **De acuerdo con el análisis económico-financiero efectuado, el costo de inversión inicial total es de Q. 66,000.00 y el costo por hectárea es de Q. 2,357.14**
- 10.11 **En base a la evaluación financiera del proyecto se considera rentable, pues la relación beneficio-costos es de 2.24 lo que indica que por cada quetzal invertido se estará percibiendo Q. 1.24.**

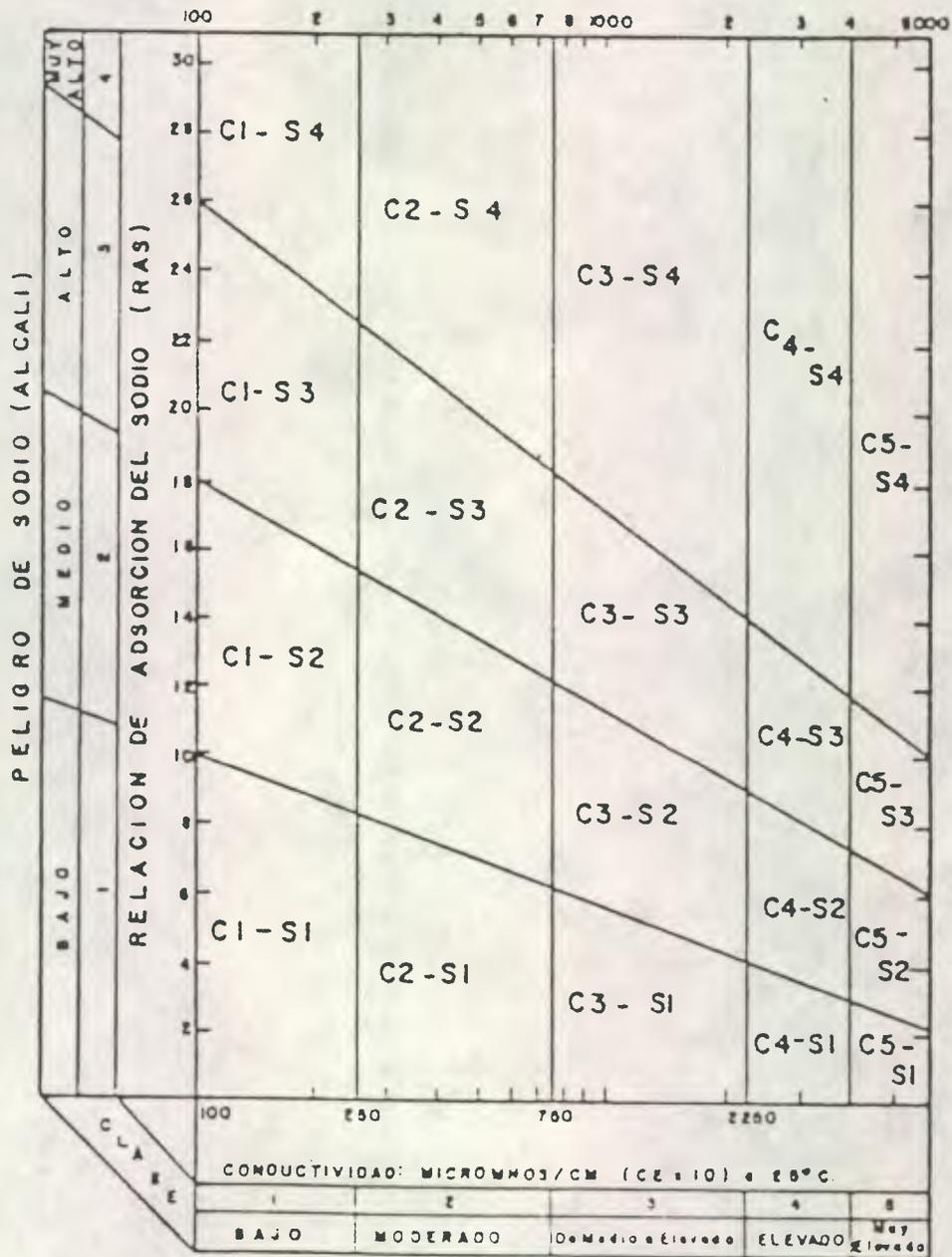
## XI. RECOMENDACIONES

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

- 11.1 Agilización de trámites pertinentes para lograr financiamiento para la construcción del sistema de riego pues de acuerdo a la evaluación económica efectuada, se observa que las proyecciones de ingresos y costos provenientes de las actividades agrícolas del proyecto durante la vida útil y bajo régimen de explotación considerado, permiten proveer márgenes de utilidad aceptables.
- 11.2 Darle el mayor énfasis posible a la organización de los usuarios del riego ya que de esto depende el buen funcionamiento o fracaso del sistema de riego.
- 11.3 Proporcionar asistencia técnica, crediticia y social adecuadas permanentemente para que el proyecto de riego constituya en el futuro una alternativa viable para el desarrollo de la comunidad.
- 11.4 Realizar investigación agrícola principalmente en el aspecto de riego tales como frecuencias óptimas a fin de lograr una mejor eficiencia en el uso del agua, introducción de nuevos cultivos, fertilización, control de plagas y enfermedades.

XII. APENDICE

FIGURA No. 1 (APENDICE)



PELIGRO DE SALINIDAD

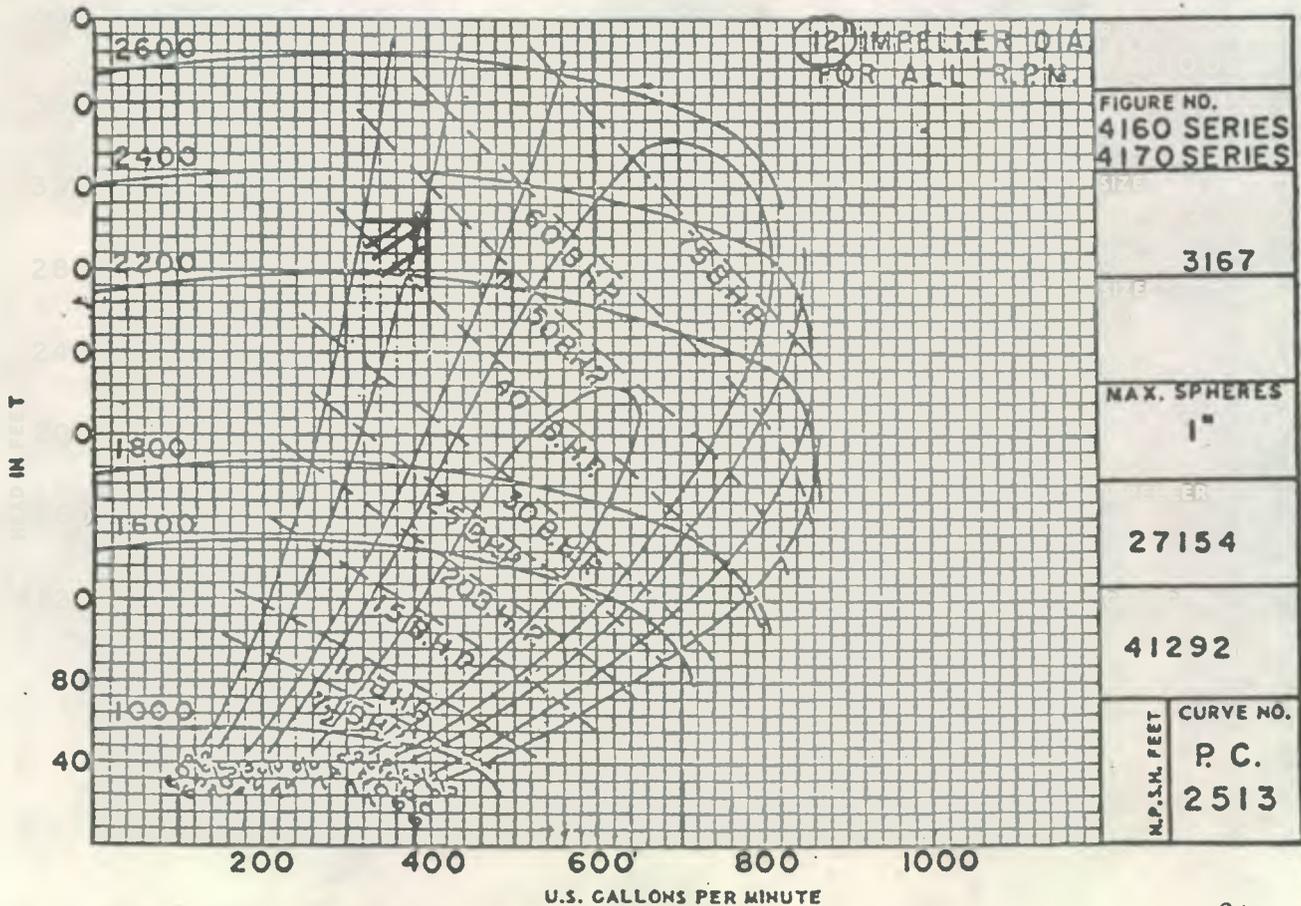
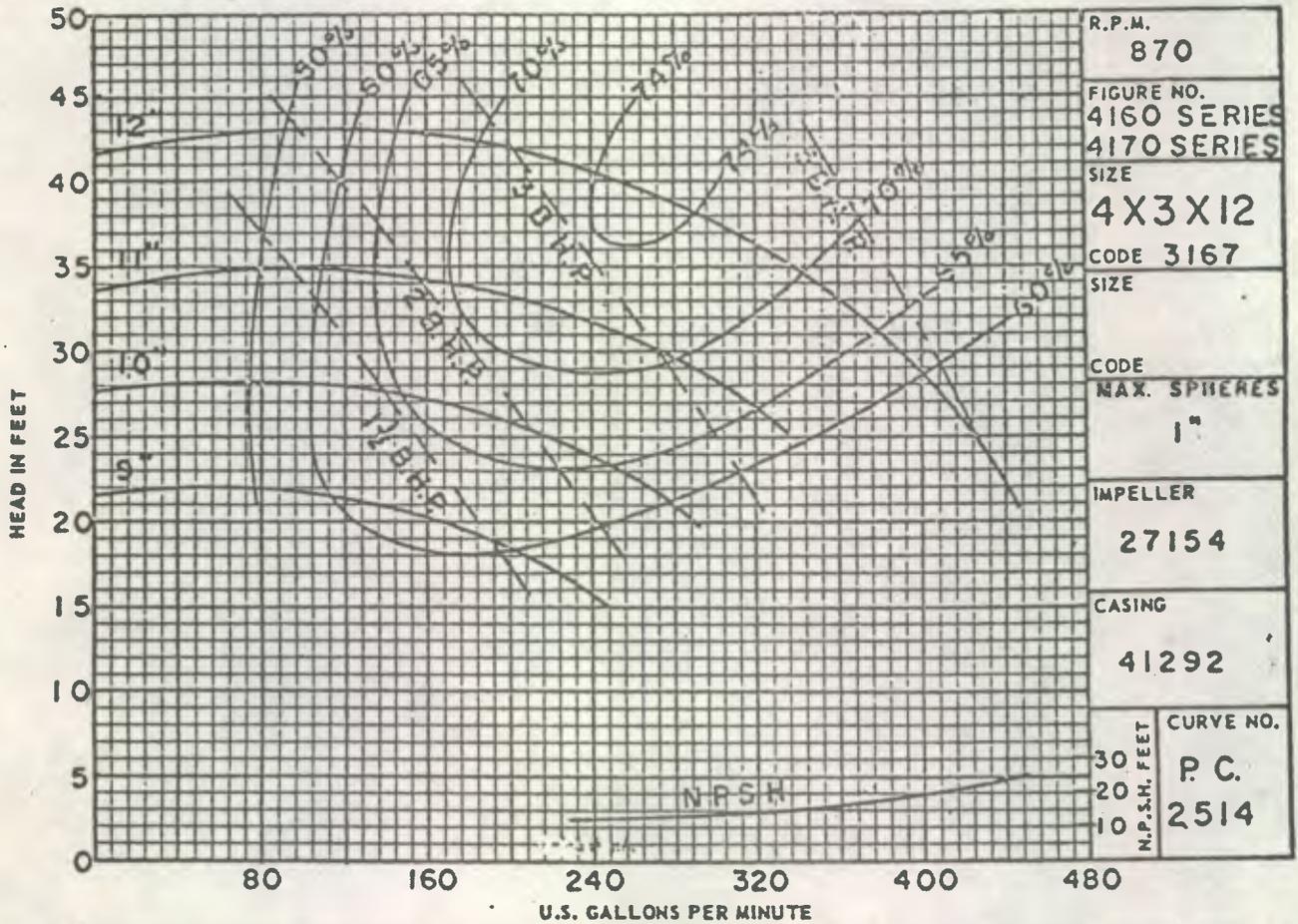
DIAGRAMA PARA LA CLASIFICACION DE LAS AGUAS PARA RIEGO

FIGURA No. 2 (APENDICE)

CURVE PAGE 33-B  
 APRIL 1, 1965

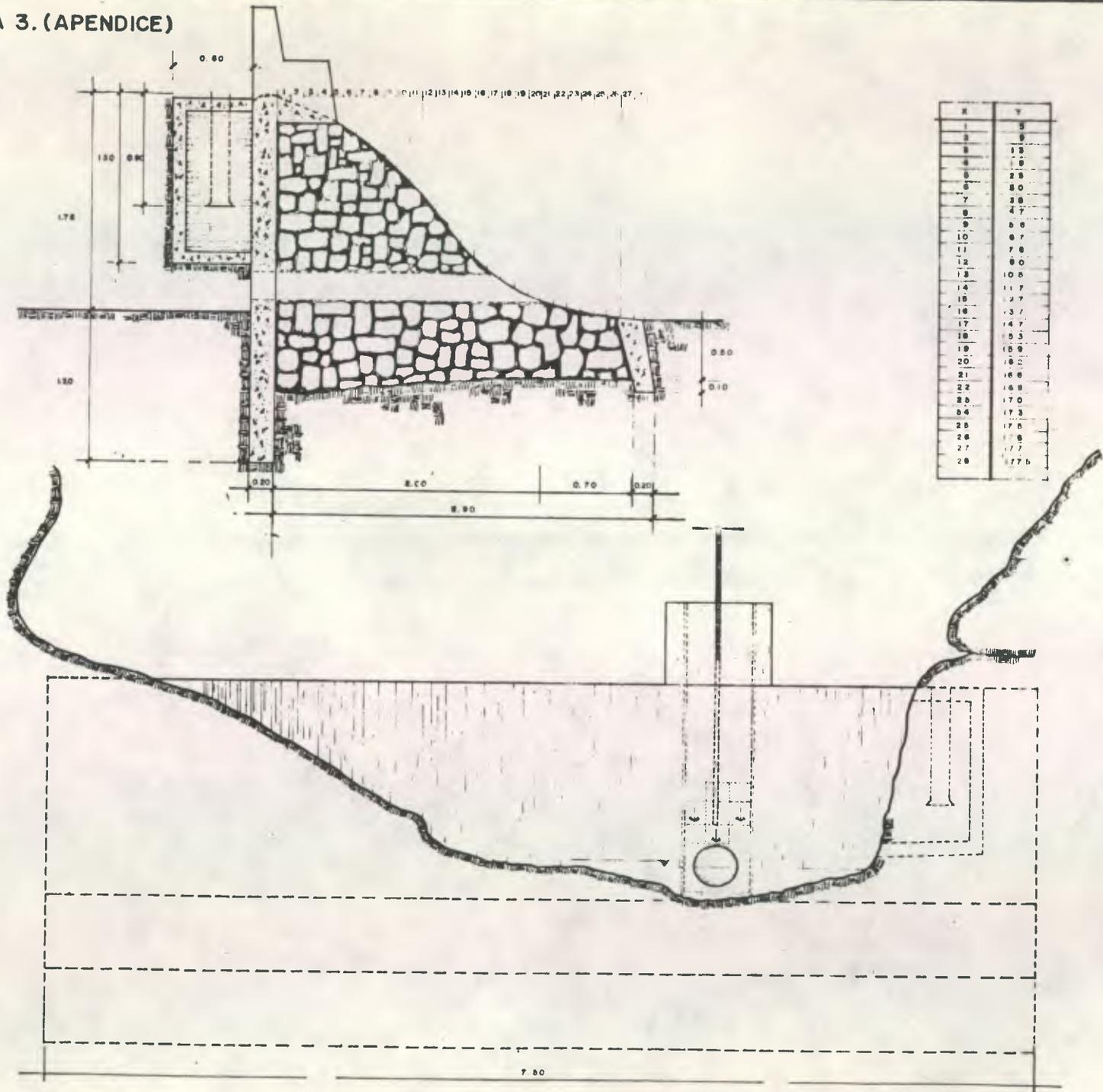
SECTION 15-B  
 END SUCTION CENTRIFUGAL PUMPS  
 ENCLOSED IMPELLER - BULLETINS 4160 & 4170

CRANE-DEMING PUMPS  
 CRANE CO.  
 SALEM, OHIO, U.S.A.



Customer \_\_\_\_\_ Pump Date \_\_\_\_\_  
 Cust. No. \_\_\_\_\_ Rolling \_\_\_\_\_  
 Crane-DEMING No. \_\_\_\_\_ Ft. \_\_\_\_\_ RPM Date \_\_\_\_\_

FIGURA 3. (APENDICE)



**TABLA I** Porcentaje mensual de horas en que hay luz solar durante el año  
 Para latitudes de 0 a 65° al norte del Ecuador

Latitud Norte	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
65°.....	3.45	5.14	7.90	9.92	12.65	14.12	13.66	11.25	8.55	6.60	4.12	2.64
64°.....	3.75	5.30	7.93	9.87	12.42	13.60	13.31	11.15	8.58	6.70	4.35	3.04
63°.....	4.01	5.40	7.95	9.83	12.22	13.22	13.02	11.04	8.60	6.79	4.55	3.37
62°.....	4.25	5.52	7.99	9.75	12.03	12.91	12.79	10.92	8.50	6.86	4.72	3.67
61°.....	4.46	5.61	8.01	9.71	11.88	12.63	12.55	10.84	8.55	6.94	4.89	3.93
60°.....	4.67	5.70	8.05	9.66	11.72	12.39	12.33	10.72	8.57	7.00	5.04	4.15
59°.....	4.81	5.78	8.05	9.60	11.61	12.23	12.21	10.60	8.56	7.07	5.09	4.31
58°.....	4.99	5.85	8.06	9.55	11.44	12.00	12.00	10.56	8.56	7.13	5.13	4.55
57°.....	5.14	5.93	8.07	9.51	11.32	11.77	11.87	10.47	8.54	7.19	5.27	4.69
56°.....	5.29	6.00	8.10	9.45	11.20	11.67	11.69	10.40	8.52	7.25	5.54	4.89
55°.....	5.39	6.06	8.12	9.41	11.11	11.53	11.59	10.32	8.51	7.30	5.62	5.01
54°.....	5.53	6.12	8.15	9.36	11.00	11.40	11.43	10.27	8.50	7.33	5.74	5.17
53°.....	5.64	6.19	8.16	9.32	10.88	11.31	11.34	10.19	8.52	7.38	5.83	5.31
52°.....	5.75	6.23	8.17	9.28	10.81	11.13	11.22	10.15	8.49	7.40	5.94	5.43
51°.....	5.87	6.25	8.21	9.26	10.76	11.07	11.13	10.05	8.48	7.41	5.97	5.46
50°.....	5.98	6.32	8.25	9.25	10.69	10.93	10.99	10.00	8.44	7.43	6.07	5.65
48°.....	6.13	6.42	8.22	9.15	10.50	10.72	10.83	9.92	8.45	7.56	6.24	5.86
46°.....	6.30	6.50	8.24	9.09	10.37	10.54	10.66	9.82	8.44	7.61	6.38	6.05
44°.....	6.45	6.59	8.25	9.04	10.22	10.38	10.50	9.73	8.43	7.67	6.51	6.23
42°.....	6.60	6.66	8.28	8.97	10.10	10.21	10.37	9.64	8.42	7.73	6.63	6.39
40°.....	6.73	6.73	8.30	8.92	9.99	10.08	10.34	9.56	8.41	7.78	6.73	6.53
38°.....	6.87	6.79	8.34	8.90	9.92	9.95	10.10	9.47	8.38	7.80	6.82	6.66
36°.....	6.99	6.86	8.35	8.85	9.31	9.83	9.99	9.40	8.36	7.85	6.92	6.79
34°.....	7.10	6.91	8.36	8.80	9.72	9.70	9.88	9.33	8.36	7.90	7.02	6.92
32°.....	7.20	6.97	8.37	8.72	9.63	9.60	9.77	9.28	8.34	7.93	7.11	7.05
30°.....	7.30	7.03	8.38	8.72	9.53	9.49	9.67	9.22	8.34	7.99	7.19	7.14
28°.....	7.40	7.02	8.39	8.68	9.46	9.38	9.58	9.16	8.32	8.02	7.27	7.27
26°.....	7.49	7.12	8.40	8.64	9.37	9.30	9.49	9.10	8.32	8.06	7.36	7.35
24°.....	7.58	7.17	8.40	8.60	9.30	9.19	9.41	9.05	8.31	8.10	7.43	7.46
22°.....	7.76	7.22	8.41	8.57	9.22	9.12	9.31	9.00	8.30	8.13	7.50	7.56
20°.....	7.73	7.26	8.20	8.52	9.14	9.02	9.25	8.95	8.30	8.19	7.58	7.88
18°.....	7.88	7.26	8.40	8.46	9.06	8.99	9.20	8.81	8.29	8.24	7.67	7.89
16°.....	7.94	7.30	8.42	8.45	8.98	8.98	9.07	8.80	8.28	8.24	7.72	7.90
14°.....	7.08	7.39	8.43	8.44	8.90	8.73	8.99	8.79	8.28	8.28	7.85	8.04
12°.....	8.08	7.04	8.44	8.43	8.84	8.64	8.90	8.78	8.27	8.28	7.85	8.05
10°.....	8.11	7.40	8.44	8.43	8.81	8.57	8.84	8.74	8.26	8.29	7.89	8.08
8°.....	8.13	7.41	8.45	8.39	8.75	8.51	8.77	8.70	8.25	8.31	7.89	8.11
6°.....	8.19	7.49	8.45	8.39	8.73	8.48	8.75	8.69	8.25	8.41	7.95	8.19
4°.....	8.20	7.58	8.46	8.33	8.65	8.40	8.67	8.63	8.21	8.43	7.95	8.20
2°.....	8.43	7.62	8.47	8.22	8.51	8.25	8.52	8.50	8.20	8.45	8.16	8.42
0°.....	8.49	7.67	8.49	8.22	8.49	8.22	8.49	8.49	8.19	8.49	8.22	8.49

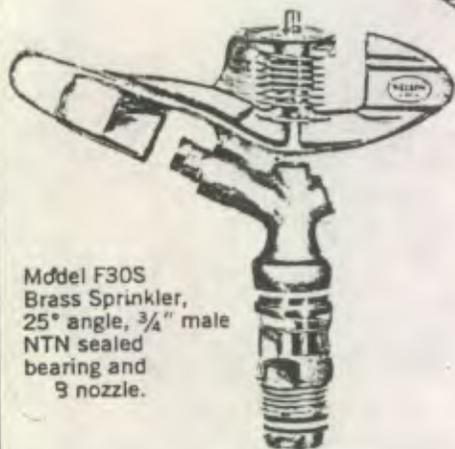
TABLA 2 Coeficiente de cultivo (kc)

CULTIVO	Fases de desarrollo del cultivo					Período vegetativo total
	Inicial	Desarrollo del cultivo	Mediados del período	Finales del período	Recolección	
Banana tropical	0,4-0,5	0,7-0,85	1,0 -1,1	0,9 -1,0	0,75-0,85	0,7 -0,8
Banana subtropical	0,5-0,65	0,8-0,9	1,0 -1,2	1,0 -1,15	1,0 -1,15	0,85-0,95
Frijol verde	0,3-0,4	0,65-0,75	0,95-1,05	0,9 -0,95	0,85-0,95	0,85-0,9
Frijol seco	0,3-0,4	0,7 -0,8	1,05-1,2	0,65-0,75	0,25-0,3	0,7 -0,8
Col	0,4-0,5	0,7 -0,8	0,95-1,1	0,9 -1,0	0,8 -0,95	0,7 -0,8
Algodón	0,4-0,5	0,7 -0,8	1,05-1,25	0,8 -0,9	0,65-0,7	0,8 -0,9
Vid	0,35-0,55	0,6 -0,8	0,7 -0,9	0,6 -0,8	0,55-0,7	0,55-0,75
Cacahuete	0,4 -0,5	0,7 -0,8	0,95-1,1	0,75-0,85	0,55-0,6	0,75-0,8
Maíz dulce	0,3 -0,5	0,7 -0,9	1,05-1,2	1,0 -1,15	0,95-1,1	0,8 -0,95
Maíz grano	0,3 -0,5*	0,7 -0,85*	1,05-1,2*	0,8 -0,95	0,55-0,6*	0,75-0,9*
Cebolla seca	0,4 -0,6	0,7 -0,8	0,95-1,1	0,85-0,9	0,75-0,85	0,8 -0,9
Cebolla verde	0,4 -0,6	0,6 -0,75	0,95-1,05	0,95-1,05	0,95-1,05	0,65-0,8
Guisante, fresco	0,4 -0,5	0,7 -0,85	1,05-1,2	1,0 -1,15	0,95-1,1	0,8 -0,95
Pimentón, fresco	0,3 -0,4	0,6 -0,75	0,95-1,1	0,85-1,0	0,8 -0,9	0,7 -0,8
Patata	0,4 -0,5	0,7 -0,8	1,05-1,2	0,85-0,95	0,7 -0,75	0,75-0,9
Arroz	1,1 -1,15	1,1 -1,5	1,1 -1,3	0,95-1,05	0,95-1,05	1,05-1,2
Cártamo	0,3 -0,4	0,7 -0,8	1,05-1,2	0,65-0,7	0,2 -0,25	0,65-0,7
Sorgo	0,3 -0,4	0,7 -0,75	1,0 -1,15	0,75-0,8	0,5 -0,55	0,75-0,85
Soja	0,3 -0,4	0,7 -0,8	1,0 -1,15	0,7 -0,8	0,4 -0,5	0,75-0,9
Remolacha azuc.	0,4 -0,5	0,75-0,85	1,05-1,2	0,9 -1,0	0,6 -0,7	0,8 -0,9
Cana de azúcar	0,4 -0,5	0,7 -1,0	1,0 -1,3	0,75-0,8	0,5 -0,6	0,85-1,05
Girasol	0,3 -0,4	0,7 -0,8	1,05-1,2	0,7 -0,8	0,35-0,45	0,75-0,85
Tabaco	0,3 -0,4	0,7 -0,8	1,0 -1,2	0,9 -1,0	0,75-0,85	0,85-0,95
Tomate	0,4 -0,5	0,7 -0,8	1,05-1,25	0,8 -0,95	0,6 -0,65	0,75-0,9
Sandía	0,4 -0,5	0,7 -0,8	0,95-1,05	0,8 -0,9	0,65-0,75	0,75-0,85
Trigo	0,3 -0,4	0,7 -0,8	1,05-1,2	0,65-0,75	0,2 -0,25	0,8 -0,9
Alfalfa	0,3 -0,4				1,05-1,2	0,85-1,05
Cítricos desyerbe total						0,65-0,75
sin control de malezas						0,85-0,9
Olivo						0,4 -0,6

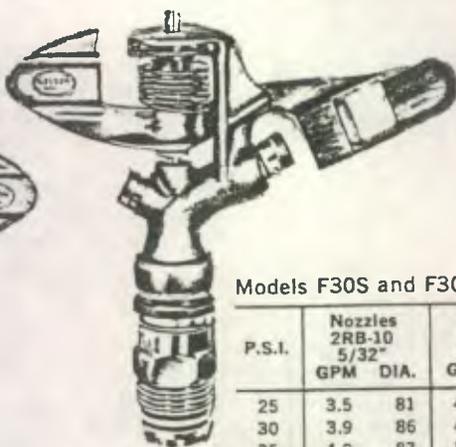
Primera figura: Con humedad elevada (RH<sub>min</sub> > 70%) y poco viento (U < 5 m/seg).

Segunda figura: Con humedad reducida (RH<sub>min</sub> < 20%) y fuerte viento (> 5 m/seg).

TABLE 3 FULL CIRCLE IMPACT HEADS



Model F30S  
Brass Sprinkler,  
25° angle, 3/4" male  
NTN sealed  
bearing and  
2 nozzle.



Model F30P  
Brass Sprinkler,  
25° angle,  
3/4" male NTN  
sealed bearing,  
2RB nozzle  
and 2PB plug.

Models F30S and F30P Performance

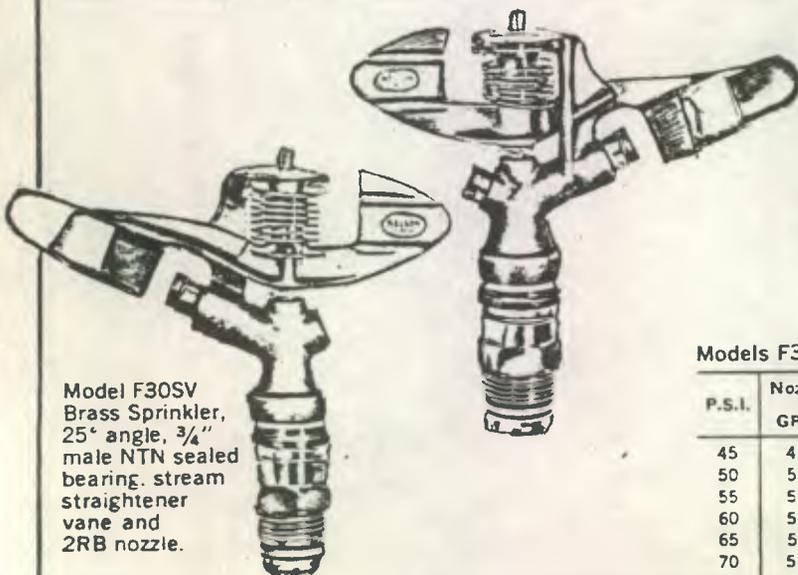
P.S.I.	Nozzles 2RB-10 5/32"		Nozzles 2RB-11 11/64"		*Nozzles 2RB-12 3/16"		Nozzles 2RB-13 13/64"		Nozzles 2RB-14 7/32"		Nozzles 2RB-16 1/4"	
	GPM	DIA.	GPM	DIA.	GPM	DIA.	GPM	DIA.	GPM	DIA.	GPM	DIA.
25	3.5	81	4.3	83	5.0	85	5.8	87	6.9	88	8.9	89
30	3.9	86	4.7	88	5.5	92	6.4	94	7.6	97	9.8	100
35	4.2	87	5.1	90	6.0	95	6.9	97	8.3	100	10.7	103
40	4.5	88	5.4	92	6.4	97	7.4	100	8.9	103	11.5	106
45	4.8	89	5.7	94	6.8	98	7.9	102	9.4	105	12.2	107
50	5.1	90	6.0	95	7.2	100	8.4	103	9.9	106	12.8	108
55	5.3	91	6.3	96	7.5	101	8.8	104	10.3	107	13.4	111
60	5.5	92	6.5	97	7.8	102	9.2	105	10.7	108	14.0	111



Model F30 Brass Sprinkler, 25° angle,  
3/4" male NTN sealed bearing, 2RB  
range nozzle and 1RB spreader nozzle.

Model F30 Performance

P.S.I.	Nozzles 2RB-10 5/32" 1RB-6 3/32"		*Nozzles 2RB-11 11/64" 1RB-6 3/32"		Nozzles 2RB-12 3/16" 1RB-6 3/32"		Nozzles 2RB-13 13/64" 1RB-8 1/8"		Nozzles 2RB-14 7/32" 1RB-8 1/8"		Nozzles 2RB-16 1/4" 1RB-8 1/8"	
	GPM	DIA.	GPM	DIA.	GPM	DIA.	GPM	DIA.	GPM	DIA.	GPM	DIA.
25	4.8	81	5.5	83	6.2	85	8.1	87	9.2	88	11.0	89
30	5.3	86	6.0	88	6.9	92	9.0	94	10.1	97	12.1	100
35	5.7	87	6.5	90	7.6	95	9.8	97	10.9	100	13.2	103
40	6.1	88	7.0	91	8.1	97	10.5	100	11.7	103	14.2	106
45	6.5	89	7.5	94	8.7	98	11.2	102	12.4	105	15.1	107
50	6.9	90	7.9	95	9.2	100	11.8	103	13.0	106	16.0	108
55	7.2	91	8.3	96	9.6	101	12.3	104	13.6	107	16.8	109
60	7.5	92	8.6	97	10.0	102	12.8	105	14.1	108	17.5	111



Model F30SV  
Brass Sprinkler,  
25° angle, 3/4" male NTN sealed  
bearing, stream  
straightener  
vane and  
2RB nozzle.

Model F30PV  
Brass Sprinkler,  
25° angle 3/4" male NTN  
sealed bearing,  
stream straightener  
vane, 2RB nozzle  
and 2PB plug.

Models F30SV and F30PV Performance

P.S.I.	Noz. 2RB-10 5/32"		Noz. 2RB-11 11/64"		*Noz. 2RB-12 3/16"		Noz. 2RB-13 13/64"		Noz. 2RB-14 7/32"		Noz. 2RB-16 1/4"	
	GPM	DIA.	GPM	DIA.	GPM	DIA.	GPM	DIA.	GPM	DIA.	GPM	DIA.
45	4.8	101	5.7	105	6.6	108	8.0	111	9.4	116	12.1	123
50	5.1	102	6.0	106	7.2	109	8.5	113	9.9	119	12.8	126
55	5.3	103	6.3	107	7.5	110	8.9	115	10.3	121	13.4	128
60	5.5	104	6.6	108	7.8	111	9.2	116	10.7	123	14.0	130
65	5.7	105	6.9	109	8.2	112	9.5	117	11.0	124	14.5	132
70	5.9	106	7.1	110	8.5	113	9.8	118	11.3	125	15.0	134
75	6.1	107	7.3	111	8.8	114	10.2	119	11.7	126	15.5	136
80	6.3	108	7.6	112	9.1	115	10.5	120	12.1	127	16.0	138

\*Indicates standard nozzle size. Shaded areas in charts indicate recommended working pressure for best distribution.

**TABLA 4 Pérdida de carga por fricción en tubo semirrigido de plástico utilizado para riego y fabricado con compuestos de cloruro de polivinilo o de asbesto (Relación normal de dimensiones = 21)<sup>1</sup>**

		Pérdida en la carga por fricción expresada en pies por cada cien pies*								
Litros/ segundo	Galones/ minuto	1 pulgada 1.189 DL	1 1/4 pulgada 1.502 DL	1 1/2 pulgada 1.720 DL	2 pulgadas 2.149 DL	2 1/2 pulgadas 2.601 DL	3 pulgadas 3.166 DL	3 1/2 pulgadas 3.620 DL		
.126	2	.15	.04	.02						
.252	4	.54	.17	.09	.03	.01				
.378	6	1.15	.37	.19	.06	.02				
.503	8	1.97	.63	.32	.11	.04	.01			
.631	10	2.98	.95	.49	.16	.06	.02	.01		
.946	15	6.32	2.03	1.04	.35	.14	.05	.02		
1.26	20	10.79	3.46	1.78	.60	.23	.09	.04		
1.58	25	16.30	5.22	2.70	.91	.36	.13	.07		
1.89	30	22.86	7.32	3.78	1.27	.50	.19	.10		
2.21	35		9.75	5.03	1.70	.67	.25	.13		
2.52	40		12.46	6.46	2.18	.86	.32	.17		
2.84	45		15.51	8.02	2.71	1.07	.40	.21		
3.15	50		18.87	9.75	3.30	1.30	.49	.25		
3.47	55		22.48	11.64	3.94	1.54	.59	.30		
3.79	60			13.64	4.62	1.81	.69	.36		
4.10	65			15.85	5.36	2.10	.80	.41		
4.42	70			18.19	6.14	2.42	.92	.47		
4.73	75			20.65	6.99	2.75	1.06	.55		
5.05	80			23.28	7.86	3.10	1.19	.62		
5.36	85				8.81	3.47	1.33	.69		
5.68	90				9.79	3.85	1.48	.77		
5.99	95				10.82	4.25	1.64	.85		
6.31	100				11.89	4.69	1.80	.93		
6.94	110				14.21	5.59	2.14	1.11		
7.57	120				16.69	6.56	2.52	1.31		
8.20	130	Tabla basada en la ecuación de			19.35	7.63	2.92	1.53		
8.83	140	Hazen-Williams — C <sub>1</sub> = 150			22.21	8.73	3.36	1.75		
9.46	150					9.94	3.82	1.99		
10.10	160					11.20	4.29	2.24		
10.73	170	<sup>1</sup> Para calcular la pérdida de carga por fricción en tubos de cloruro de polivinilo o de asbesto que tengan relación normal de dimensiones diferentes de 21, deben multiplicarse los valores de la tabla por el factor de conversión apropiado entre los que a continuación se indican:				12.51	4.80	2.50		
11.36	180							13.90	5.35	2.79
11.99	190							15.39	5.92	3.08
12.62	200							16.91	6.50	3.38
13.88	220							20.19	7.77	4.04
15.14	240							23.73	9.12	4.76
16.41	260								10.57	5.51
17.67	280								12.11	6.32
18.93	300								13.78	7.18
20.19	320								15.52	8.10
21.45	340	Relación normal de Dimensiones				17.37	9.07			
22.72	360	Núm.		Factor de conversión		19.27	10.08			
23.98	380					21.33	11.13			
25.24	400					23.45	12.22			
26.50	420	13.5		1.35			13.40			
27.76	440	17		1.13			14.59			
29.03	460	21		1.00			15.86			
30.29	480	26		.91			17.15			
31.55	500	32.5		.84			18.50			

\* Para convertir a pérdidas por fricción en metros por cada 100 metros, multiplíquese por 1.0.

**TABLA 5 Pérdida de carga por fricción en tubo semirrigido de plástico utilizado para riego y fabricado con compuestos de cloruro de polivinilo o de asbesto (Relación normal de dimensiones = 21)<sup>1</sup>**

Flujo		Pérdida en la carga por fricción expresada en pies por cada cien pies <sup>2</sup>					
Litros/ segundo	Galones/ minuto	4 pulgadas 4.072 DI	5 pulgadas 5.033 DI	6 pulgadas 5.993 DI	8 pulgadas 7.805 DI	10 pulgadas 9.728 DI	12 pulgadas 11.538 DI
.946	15	.01					
1.26	20	.02					
1.58	25	.04	.01				
1.89	30	.05	.02				
2.21	35	.07	.02	.01			
2.52	40	.09	.03	.01			
2.84	45	.12	.04	.01			
3.15	50	.14	.05	.02			
3.47	55	.17	.06	.02			
3.79	60	.20	.07	.03			
4.10	65	.23	.08	.03	.01		
4.42	70	.27	.09	.04	.01		
4.73	75	.31	.11	.04	.01		
5.05	80	.35	.12	.05	.01		
5.36	85	.39	.14	.05	.01		
5.68	90	.43	.15	.06	.01		
5.99	95	.48	.17	.07	.02		
6.31	100	.52	.19	.07	.02		
6.84	110	.63	.22	.09	.02		
7.57	120	.74	.26	.10	.03	.01	
8.20	130	.85	.30	.12	.03	.01	
8.83	140	.98	.35	.14	.04	.01	
9.46	150	1.11	.40	.16	.05	.01	
10.10	160	1.26	.44	.19	.05	.01	
10.73	170	1.41	.49	.21	.06	.02	
11.36	180	1.57	.55	.24	.07	.02	.01
11.99	190	1.73	.61	.26	.07	.02	.01
12.62	200	1.90	.67	.29	.08	.02	.01
13.88	220	2.28	.81	.34	.09	.03	.01
15.14	240	2.67	.95	.40	.10	.03	.01
16.41	260	3.10	1.10	.46	.12	.04	.02
17.67	280	3.56	1.26	.54	.14	.05	.02
18.93	300	4.04	1.43	.61	.17	.05	.02
20.19	320	4.56	1.62	.69	.19	.06	.03
21.45	340	5.10	1.82	.77	.21	.07	.03
22.72	360	5.67	2.02	.86	.24	.08	.03
23.98	380	6.26	2.22	.95	.26	.09	.04
25.24	400	6.90	2.45	1.04	.28	.10	.04
26.50	420	7.55	2.69	1.14	.31	.10	.05
27.76	440	8.23	2.92	1.25	.34	.11	.05
29.03	460	8.94	3.18	1.35	.37	.12	.06
30.29	480	9.67	3.44	1.46	.41	.14	.06
31.55	500	10.42	3.70	1.58	.43	.15	.06
34.70	550	12.44	4.42	1.89	.52	.18	.07
37.86	600	14.61	5.21	2.22	.61	.21	.09

<sup>1</sup> Para convertir a pérdidas por fricción en metros por cada 100 metros, multiplíquese por 1.0.

### XIII. BIBLIOGRAFIA

1. AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, Curso de adiestramiento en la distribución del agua. Trad. por Centro Regional de Ayuda Técnica, México AID/RTAC, 1,967. 167.p.
2. AMES IRRIGATION HANDBOOK, W. R. Ames Company Milpitas California, 1,974. 90 p.
3. BISHOP, A. A. Manual del curso de programación de riego. Utah, E.U.A., Universidad del Estado de Utah, Centro Internacional de Irrigacion, 1,981. s.p.
4. CHUP LIM, CHEONG. Ordenación integrada de las aguas en la agricultura. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, 1,974. 30 p. (Estudio sobre riego y Avenamiento No. 10)
5. ESTADOS UNIDOS, DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA, SERVICIOS DE CONSERVACION DE SUELOS, Planeamiento de sistemas de riego para granjas. México, Diana, 1,972. 126 p.
6. ESTADOS UNIDOS, DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA, SERVICIOS DE CONSERVACION DE SUELOS. Relación entre suelo-planta agua. México, Diana, 1,972. 99 p.
7. GRASSI, C. J. Estimación de los usos consuntivos y requerimientos de riego con fines de formulación y diseño de proyectos. Mérida, Venezuela, Centro Internacional de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras, 1,976. 90 p.
8. GRASSI C. J. Métodos de riego. Merida, Venezuela, Centro Internacional de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras, 1,978. 265 p.
9. GUATEMALA DIRECCION DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES. Instructivo para el muestreo y registros de datos e interpretación de calidad del agua para riego agrícola, 1,978. 67 p. (Memorándum Técnico No. 17).
10. GUNDERSEN, W. Riego y manejo del agua. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1,974. 353 p.

11. HANSEN, E. ISRAELSEN, V. Principios y aplicación de riego. 2a. Ed. Madrid, España, Editorial Reverté, 1,975. 396 p.
12. HARGREAVES, G. Y SALAZAR, L. Manual del curso de programación. Utah, Universidad del Estado de Utah, Centro Internacional de Irrigación, 1,981. s p.
13. HERAS, R. Método práctico para el estudio hidrológico de una cuenca. Madrid, España, Centro de Estudios Hidrográficos, 1,974. 550 p.
14. HURD, C. J. Guía para el riego por aspersión. México, Centro Regional de Ayuda Técnica, Agencia para el Desarrollo Internacional, 1,974. 90 p.
15. HIDRAULIC HANDBOOK. Colt Industries. Kansas City, Fairbanks Morse Pumps Division, 1,979. 248 p.
16. LAOR, J. Estaciones de bombeo en el riego por aspersión, Proyecto Integral de Desarrollo La Joya. Perú, Misión O.E.A./Israel, 1,975. 31 p.
17. LASSEN, L., LULL, W. Y FRANK B. Algunas relaciones entre planta, suelo y agua en el manejo de cuencas. México, CRAT AID, 1,965. 67 p. (circular No 910).
18. LUQUE, J. A., Cursos sobre operación, conservación y desarrollo de sistemas de riego. Lima, Perú, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Zona Andina, 1,974. 120 p.
19. MINERA BARILLAS, A. L. Comparación de métodos para pronosticar evapotranspiración en Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1,974. 88 p.
20. RAIN BIRD SPRINKLER MFG. 1,979-1,980 irrigation equipment. U.S.A. 1,979. 88 p.
21. ROJAS, R. Manual de riego por aspersión. Mérida, Venezuela, Centro Internacional de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras, 1,976. 10 p.
22. SEMINARIO INTERNACIONAL sobre planificación de proyectos de irrigación. Berlín Tegel, Alemania, Fundación Alemana para el Desarrollo Internacional, 1,970. 15 p.

23. TELLO, C. E. Lineamientos generales para la identificación, selección y planificación de áreas de riego. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, 1,981. 50 p.
24. WIENER, A. La situación de la alimentación en el mundo y los proyectos de riego. México, Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1,976. 31 p. (Memorandum técnico No. 349).

*Partially*



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia .....

Asunto .....

"IMPRIMASE"

A handwritten signature in black ink, followed by a circular stamp. The stamp contains the text "UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA" around the perimeter and "FACULTAD DE AGRONOMIA" and "DECANO" in the center.

ING. AGR. CESAR A. CASTAÑEDA S.  
D E C A N O