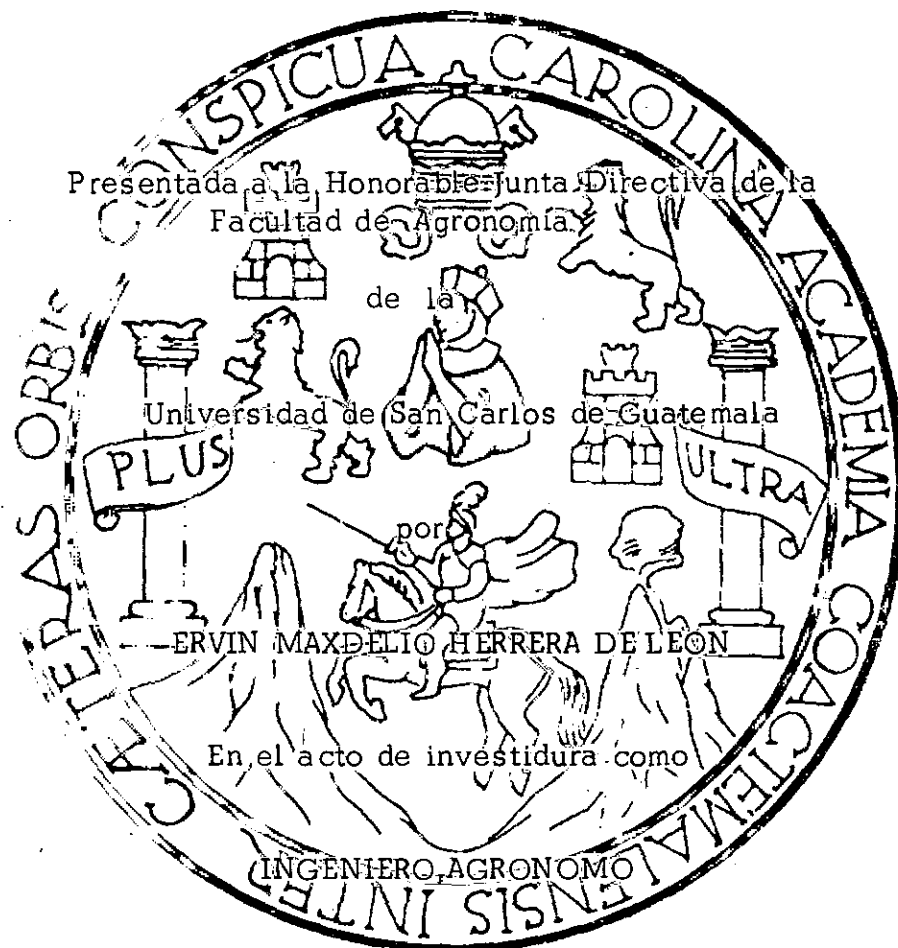


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA

"ESTUDIO DE INTRODUCCION DE RIEGO Y DISEÑO DEL SISTEMA  
FACTIBLE PARA LA FINCA BULBUXYA, DE LA FACULTAD DE  
AGRONOMIA, USAC".



En el grado académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, noviembre 1980

01  
T (451)

C.3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR EN FUNCIONES:

Lic. Leonel Carrillo Reeves

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA:

DECANO  
Vocal 1o.  
Vocal 2o.  
Vocal 3o.  
Vocal 4o.  
Vocal 5o.  
SECRETARIO

Dr. Antonio Sandoval  
Ing. Agr. Orlando Arjona  
Ing. Agr. Salvador Castillo  
Ing. Agr. Rudy Villatoro  
P. A. Efraín Medina  
Prof. Edgar Franco  
Ing. Agr. Carlos Salcedo

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

Decano a. i.  
Examinador  
Examinador  
Examinador  
Secretario a. i.

Ing. Agr. Rodolfo Estrada  
Ing. Agr. Oscar González H.  
Ing. Agr. Salvador Castillo  
Ing. Agr. Gustavo Méndez  
Ing. Agr. Oscar González H.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

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

21 de Noviembre de 1980

Doctor  
Antonio Sandoval  
Decano Fac. Agronomía  
PRESENTE

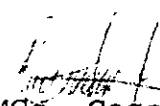
Señor Decano:

En atención al nombramiento hecho por esa decanatura, me permito informar a usted que he asesorado y revisado el trabajo de tesis "ESTUDIO DE INTRODUCCION DE RIEGO Y DISEÑO DEL SISTEMA FACTIBLE PARA LA FINCA BULBUXYA, DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA, USAC", efectuado por el Perito Agrónomo ERVIN MAXDELIO HERRERA DE LEON.

A mi criterio dicho trabajo, reúne todos los requisitos necesarios para ser presentado como tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo, constituyendo un trabajo pionero e indispensable para la investigación de la Facultad en la citada finca, a fin de lograr la superación del nivel académico de esta institución.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

  
Ing. Agr. MCs. Cesar Cisneros  
ASESOR

CC/ntdr



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apertado Postal No. 1546

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia.....

Asunto.....

21 de noviembre de 1980

Doctor  
Antonio Sandoval  
Decano Fac. Agronomía  
Presente

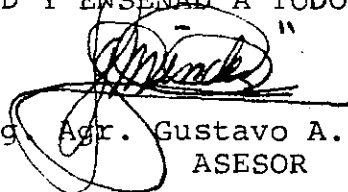
Señor Decano:

De acuerdo al nombramiento efectuado por esa Decanatura he procedido a asesorar y revisar el trabajo de tesis titulado: "ESTUDIO DE INTRODUCCION DE RIEGO Y DISEÑO DEL SISTEMA FACTIBLE PARA LA FINCA PULBUXYA, DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA"; elaborado por el estudiante ERVIN MAXDELIO HERRERA DE LEON.

He de manifestar a usted que dicho trabajo reúne los requisitos académicos exigidos por la Facultad, por lo que recomiendo sea aprobado como tesis de grado; al mismo tiempo considero que es una valiosa contribución al desarrollo académico de esta Facultad y al desarrollo integral de la finca BULBUXYA; por cuanto el estudiante podrá tener una relación teórico-práctica para su formación profesional.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAR A TODOS"

  
Ing. Agr. Gustavo A. Méndez G.  
ASESOR

Guatemala,  
noviembre de 1980.

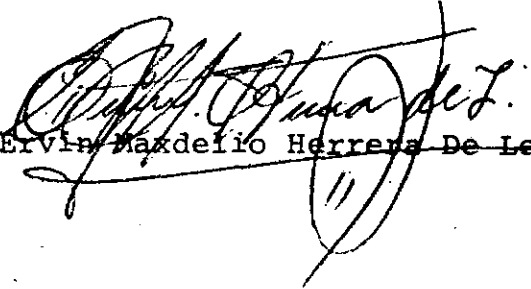
HONORABLE JUNTA DIRECTIVA  
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

De conformidad a lo que establece la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

"ESTUDIO DE INTRODUCCION DE RIEGO Y DISEÑO DEL SISTEMA FACTIBLE PARA LA FINCA BULBUXYA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA, USAC".

Presentándolo como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Deferentemente,

  
P. A. Ervin Mazdeño Herrerra De León

ACTO QUE DEDICO

A MIS PADRES:

Ranferí Herrera Palacios  
Olidia de León de Herrera

A MIS HERMANOS:

Arminda Floridalma  
Víctor Reynel

Amílcar Ranferí  
Olídfia Adelf  
Nohelia Doralicia  
José Robildo

A LAS FAMILIAS

Palacios Villatoro  
Villatoro Borrayo  
Mauricio Castañeda

A LA INVESTIGACION AGRICOLA  
A LA FACULTAD DE AGRONOMIA  
AL INSTITUTO TECNICO DE AGRICULTURA  
A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS

En especial a:

Víctor Hugo Méndez  
Max Myrol González Salan  
Oscar Castillo Pérez  
Carlos Alfonso Anzueto.

## AGRADECIMIENTO

A las autoridades de la Facultad de Agronomía y Personal del Instituto de Investigaciones Agronómicas, por su colaboración para hacer realidad el punto de investigación propuesto.

A mi asesor, Ingeniero Agrónomo, Master en Riego y Catedrático de la Facultad de Agronomía, César Cisneros, por su interés, dedicación y dinamismo en la asesoría, revisión y corrección del presente trabajo de tesis.

A mi asesor, Ingeniero Agrónomo y Catedrático de la Facultad de Agronomía, Gustavo Adolfo Méndez, por su asesoría, revisión, y corrección del presente trabajo de tesis.

A los Ingenieros Agrónomos, Catedráticos de la Facultad de Agronomía: Hugo Tobías y Salvador Castillo, por su colaboración en el estudio del suelo.

A los compañeros estudiantes que me prestaron su valiosa ayuda en los trabajos de campo y laboratorio.

Al Br. Alex González, por su decidida colaboración en la realización del presente trabajo de tesis.

A la Unidad de Estudios y Proyectos de la Dirección de Recursos Naturales Renovables ( DIRENARE ), por su colaboración en el análisis de laboratorio del agua y suelo.

## TABLA DE CONTENIDO

		Pág.
	INDICE DE CUADROS	i.
	INDICE DE FIGURAS	ii
	RESUMEN	iii
I.	INTRODUCCION	1
II.	OBJETIVOS	3
III.	JUSTIFICACION	5
IV.	HIPOTESIS	7
V.	REVISION BIBLIOGRAFICA	9
	5.1 Factores para el planeamiento	9
	5.1.1 Investigaciones de Suelo	9
	5.1.2 Recursos Hidráulicos	10
	5.1.3 Investigación Topográfica	10
	5.2 Métodos de Riego	12
	5.2.1 Riego por Sacos con Pendiente	13
	5.2.2 Riego por Aspersión	14
	5.3 Economía de los Sistemas de Bombeo	16
	5.3.1 Generalidades	16
	5.3.2 Costos de la Unidad de Bombeo	16
VI.	ESTUDIOS PREVIOS	17
	6.1 Estudios del Perfil del Suelo	17
	6.1.1 Descripción del Perfil No. 1	17
	6.2.1 Análisis Físico-Químico del Suelo Cultivado con caña de azúcar	18
	6.3 Determinación de los constantes de humedad del suelo en el área de estudio para riego	22
	6.4 Pruebas de Infiltración y determinación de la Infiltración básica en el área de riego	31
	6.5 Análisis Químico del agua para riego de la Finca "BULBUXYA", San Miguel Panan	36



6.6	Fuente de Abastecimiento de agua para riego del área cultivada con caña de azúcar en la Finca "BULBUXYA"	39
6.8	Estudio Geográfico	41
6.8.1	Ubicación	41
6.8.2	Extensión	41
6.8.3	Colindancia	
6.9	Estudio Climatológico	41
6.10	Determinación del consumo de agua para caña de azúcar en la Finca "BULBUXYA"	43
6.11	Determinación de la precipitación efectiva en la Finca "BULBUXYA"	46
6.12	Determinación de los requerimientos de riego para caña de azúcar	46
6.13	Determinación del colindario de riego	48
VII	DISEÑO DE RIEGO POR ASPERSION	53
7.1	Elección del método de riego en el área estudiada	53
7.2	Selección de aspersores	55
7.3	Distribución de laterales y líneas de distribución en el terreno	57
7.4	Cálculo general y básico de operación	57
7.5	Diseño de laterales	59
7.6	Diseño de Sub-Principales y principales	63
7.7	Requerimiento de la bomba	65
VIII.	ANALISIS ECONOMICO	67

8.1	Criterio económico (mínimo) para elegir el diámetro de la tubería	67
8.2	Costos	67
8.2.1	Costos iniciales del Sistema	67
8.2.2	Costos Fijos	68
8.2.3	Costos de Operación	69
8.2.4	Costo Total Anual	70
8.2.5	Costo total por millar de M <sup>3</sup>	70
8.2.6	Costo de operación por millar de M <sup>3</sup>	70
8.2.7	Costos iniciales por Mz	71
8.2.8	Costos anuales por Mz regada	71
IX.	ESPECIFICACIONES DE RIEGO POR ASPERSION	73
9.1	De cultivo.	73
9.2	De riego	73
9.3	De operación y manejo	74
X.	CONCLUSIONES	75
XI.	RECOMENDACIONES	77
XII.	BIBLIOGRAFIA	79

## INDICE DE CUADROS

CUADRO No. 1	Equidistancias de curvas a nivel según pendientes del terreno	11
CUADRO No. 2	Características de los Suelos. Físicas	19
CUADRO No. 3	Características de los Suelos. Químicas	20
CUADRO No. 4	Valores de presión en Atmósferas y o/o de humedad obtenidos de 0.30cm	25
CUADRO No. 5	Valores de presión en Atmósferas y o/o de humedad obtenidas de 30-60 cm	26
CUADRO No. 6	Valores de presión en Atmósferas 60-90 cm.	28
CUADRO No. 7	Valores de presión en Atmósferas y o/o de humedad obtenidos de 90-120 cm.	29
CUADRO No. 8	Pruebas de Infiltración No. 2	32
CUADRO No. 9	Valores de Infiltración calculados	34
CUADRO No. 10	Estación tipo C.	42
CUADRO No. 11	Determinación del uso consuntivo para caña de azúcar	45
CUADRO No. 12	Determinación del requerimiento de riego (Rr)	47
CUADRO No. 13	Datos del Suelo	49
CUADRO No. 14	Calendario de Riego para caña de azúcar (Sacharum Officinarum)	51
CUADRO No. 14	Clasificación comercial de los Aspersores	56
CUADRO No. 17	Pérdidas de cargas en laterales de diferente diámetro	60

CUADRO No. 15	Factor (F) para calcular la pérdida por fricción en una tubería con salidas múltiples...	64
CUADRO No. 16	Lista de Tubería	66

## INDICE DE GRAFICAS

	Página
Figura No. 1	21
Gráfica No. 1	30
Gráfica No. 2	35
Figura No. 2	40
Gráfica No. 3	50
Figura No. 3	54
Figura No. 4	58

## RESUMEN

En un área de la finca "BULBUXYA" ubicada en San Miguel Panan, Suchitopéquez, propiedad de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se efectuó un estudio de introducción de agua con fines de riego para actividades de investigación y docencia; se determinó que la mejor alternativa es la de bombear agua del río "Los Trozos" ubicado en la parte oeste del sector uno, el área de dicho sector es de 9.2 hectáreas equivalente a 13.14 manzanas; se seleccionó el cultivo de la caña de azúcar para el diseño debido que éste tiene altos requerimientos de agua por lo que el sistema es adaptable a diversos cultivos con menor demanda de la misma.

La lámina neta por aplicar debe ser de 8.2 centímetros con un intervalo crítico de riego de 20 días.

Se determinó que el método de riego que mejor se adapta a las condiciones del área estudiada, es el de "Aspersión".

El sistema en sí, es portátil, consta de un lateral móvil de 4 pulgadas de diámetro con 3 aspersores, una tubería sub-principal y una principal de 4 pulgadas de diámetro, con una bomba acoplada a un motor diesel de 30 HP. de potencia.

Los costos iniciales del sistema son de Q. 11,246.90 y los costos anuales totales son de Q. 3,517.54, el costo total anual por manzana regada es de Q. 262.50.

## I. INTRODUCCION

El desarrollo de la agricultura bajo riego, tiene actualmente gran importancia, porque mediante técnicas se puede incorporar a la producción, algunas áreas, que dadas la deficiencia del recurso natural agua, son actualmente improductivas. Por otra parte, en áreas que por la exigencia o alto requerimiento de agua por los cultivos, y una mala distribución del régimen de lluvia, se hace necesaria la suplementación de dicho recurso.

Los sistemas de riego bien planificados y utilizados en forma eficiente, pueden contribuir significativamente a elevar el nivel de vida de la población de cualquier país, ya sea desarrollado o en vías de alcanzarlo, ya que a través del riego, se plantea la posibilidad de introducir una agricultura intensiva, complementándola con una buena fertilidad y mejorando las prácticas culturales.

Esto será posible, a medida que las personas logren aplicar las distintas formas de riego con bases científicas para mejorar el requerimiento óptimo económico.

Las dificultades experimentadas en otros países, con el desarrollo agrícola, han llevado a la creencia actual de que la agricultura, por sí sola, no será capaz de resolver los problemas de alimentación del mundo. Por esta razón, hasta se ha realizado una amplia investigación, para intentar producir alimentos sintéticos.

A pesar de esto, es sin embargo dudoso, que el inmenso progreso científico y tecnológico en todos los otros campos, pueda alguna vez disminuir la importancia de la agricultura de riego, por el contrario, el riego se volverá más esencial para alimentar a la población del mundo en rápido aumento.

Por medio de una planeación con imaginación y previsión, la tierra puede ser utilizada a su capacidad máxima bajo condiciones variables, mientras que si únicamente se consideran las necesidades actuales, el progreso natural queda bloqueado.

El desarrollo actual de los sistemas de riego, se caracteriza por su rapidez. Con frecuencia este desarrollo se ejecuta con muy poca o inadecuada investigación previa. Sin embargo, este trabajo preliminar es necesario para la planeación, la decisión sobre los métodos más convenientes de riego y los sistemas por utilizar, o para decidir si una región o área determinada debe regarse o no.

Un proyecto mal concebido no sólo puede significar una pérdida financie-

ra, sino también originar la ruina de uno de los más preciados recursos naturales, como es el suelo, e impedir su utilización por las generaciones venideras.



## II OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo General:

- Estudios necesarios para la irrigación de una parte de la finca Bulbuxyá con fines de investigación y docencia.

### 2.2. Objetivos específicos:

- Diseño de él o los sistemas de riego más adecuados para el fin que se persigue.
- Determinación de los requerimientos de equipo y materiales necesarios, así como normas de operación y costos de los sistemas de riego.
- Proporcionar una metodología para futuros estudios similares.

### III JUSTIFICACION

La facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos, considerada como la principal generadora de profesionales con capacidad para elevar la productividad agrícola, y con esto, mejorar el nivel de vida de las grandes mayorías de la población, se ha empeñado en los últimos años a darle la importancia que la agricultura de riego tiene en Guatemala, en ese sentido, está enviando profesionales docentes, para que se especialicen en países desarrollados en donde las técnicas avanzadas de riego, han permitido proveer a la población de mejores y mayores productos agrícolas. Sin embargo, la Facultad de Agronomía, no cuenta con campos experimentales suficientes, para llevar a cabo el proceso de Enseñanza - Aprendizaje, que se hace cada día más necesarios, obedeciendo al desarrollo agrícola y la creciente afluencia de estudiantes que año con año, la facultad tiene que formar científica y técnicamente en el campo de Agronomía.

Es también de suma importancia, contar con parcelas dedicadas a la investigación durante todo el año, para lo cual se tiene que contar con una fuente de agua, para poder asegurar la secuencia de los experimentos montados en dichas parcelas.

En la finca "Bulbuxyá", propiedad de la Facultad de Agronomía, se plantea la posibilidad de implementar con riego, un área de más o menos 20 Has. Una parte cultivada con caña de azúcar y otra destinada para viveros de café y cacao.

La introducción de riego a la finca "Bulbuxyá", se considera de importancia para el cultivo de caña de azúcar, cuyos rendimientos bajan debido a una marcada falta de agua para llenar los requerimientos del cultivo en época seca, con lo cual, se estará contribuyendo al autofinanciamiento de la finca y a programas de investigación. Además, se tendrá la oportunidad de que el estudiante de las ciencias agronómicas conozca en forma práctica, la construcción, funcionamiento y operación de los sistemas de riego más adaptable a condiciones geográficas de la finca donde se establezca el sistema de riego, y a su extrapolación a otras áreas o regiones bajo condiciones similares.

#### IV HIPOTESIS

En base a las características del suelo y del agua. Es factible el riego en la finca Bulbuxyá de la Facultad de Agronomía.

## V. REVISION BIBLIOGRAFICA

### 5.1. Factores para el planeamiento.

Un diseño bien concebido para los sistemas de conservación del suelo, permite derivar el caudal adecuado de agua en toda la extensión del área que habrá de regarse en las debidas proporciones, sin causar daño a los suelos evitando desperdicios excesivos del agua.

Para poder planear un sistema de riego, debe conocerse los factores que afectan el diseño en la superficie que va a regarse, tales como: los suelos, la topografía, los cultivos específicos, el agua disponible, las instalaciones con que se cuenta, los equipos de construcción y labranza que están disponibles. ( 10 )

#### 5.1.1. Investigaciones de suelo.

Hay cuatro características básicas de las tierras apropiadas para la agricultura de riego:

- a) Terrenos que pueden regarse.
- b) Suelos potencialmente fértiles.
- c) Un clima en el que puedan desarrollar cultivos.
- d) Una fuente segura de agua de calidad constante. ( 23 )

La finalidad de una investigación de suelos es definir los tipos de suelo, las características de drenaje y el potencial agrícola de las tierras situadas en la zona del proyecto. ( 23 )

El potencial agrícola es una función del tipo de suelos y las características de drenaje con las limitaciones impuestas por la salinidad, la profundidad del suelo y la topografía. ( 23 )

El suelo es el cimiento sobre el cual habrá de construirse el sistema de riego. Para planear el riego es esencial hacer un reconocimiento edafológico. Es la base para determinar si éstos son regables, y sirve, además, para que el proyectista adopte el sistema más adecuado. La característica más importante de cualquier suelo es su capacidad de absorción y retención del agua.- Deben tomarse también en cuenta otras condiciones del suelo que influyen en la planeación del riego, tales como: capacidad de retención, restricciones para el desagüe, riesgos de erosión, capas duras, áreas compactas y un alto contenido

salino. ( 10 )

Desde el punto de vista de riego, los datos del suelo más importantes requeridos son: la textura y la fertilidad inherentes al suelo superficial, la permeabilidad del sub suelo y de los sub estratos, la profundidad del suelo, la erosionabilidad, el encostramiento, la salinidad, el drenaje y los peligros potenciales inherentes al lugar. ( 24 )

#### 5.1.2 Recursos Hidráulicos.

Se efectúa una investigación hidrológica para evaluar los recursos hidráulicos disponibles para el proyecto de riego. Para ello, se requieren registros a largo plazo de corrientes fluviales y calidad de las aguas. ( 23 )

En muchos casos, esos registros no existen y los datos históricos tienen que estimarse a partir de informaciones, tales como los registros de precipitaciones o registros de corrientes de ríos cercanos. ( 23 ) El agua necesaria para los cultivos, 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 en condiciones críticas antes de planear las labores agrícolas. Se debe investigar las posibilidades de abastecimiento, su potencialidad y calidad. ( 10 )

En muchos países se puede disponer de excelentes registros hidrológicos y climáticos de períodos amplios. Sin embargo, en regiones de riego de reciente desarrollo, estos registros en el mejor de los casos son bastante escasos y el investigador puede depender de informes muy generales de los pobladores locales. ( 10 )

#### 5.1.3 Investigación Topográfica:

Las investigaciones topográficas siguen normalmente a las de suelos ( edafológicas ) y, por ende se limitan principalmente a las zonas delimitadas de los terrenos que vayan a regarse. Cuando es necesario, se incluyen otras zonas adicionales, para ubicar los canales, los edificios, las carreteras y las estructuras hidráulicas. ( 24 )

Por razones económicas, el grado de precisión de las investigaciones, se adapta a las necesidades de cada trabajo dado. En la práctica, es preciso reflexionar cuidadosamente en este ejercicio, aparentemente simple. ( 23 )

Una vez que los suelos regales han sido identificados y separados

y se han fijado los métodos posibles para riego, el levantamiento topográfico puede empezar. La Precisión, la escala y los intervalos o equidistancias entre curvas de nivel, dependerá de la finalidad y de la topografía de la zona (principalmente de la pendiente). ( 24 )

Para la planeación preliminar o para orientación general puede ser suficiente un plano a escala 1:10,000 ( con equidistancias de curvas de nivel a 1.50 m ) para zonas con pendientes uniformes y bien definidas, de no menos del 1%. En los casos de que las pendientes sean menores de 1:5000, porque cualquier escala más pequeña sería más bien engañosa. La escala 1:5000 será todavía suficiente para los detalles complementarios de las áreas de riego. ( 24 )

La planeación real y la localización de las redes de conducción debe hacerse en un plano a la escala 1:25000, con curvas de nivel a equidistancias como las que indica en el cuadro No. 1

Cuadro No. 1

EQUIDISTANCIAS DE CURVAS A NIVEL SEGUN PENDIENTES DEL TERRENO

Pendientes	equidistancias de las curvas de nivel en mts.
0-1	0. 1-0. 2
1-2	0. 2-0. 25
2-5	0.25-0. 50
5-10	0.50-2. 0

Fuente ( 24 )

El levantamiento topográfico debe hacerse de acuerdo con la precisión exigida para un plano a la escala 1:2500. Siempre que escalas más pequeñas sean más convenientes para diferentes etapas y propósitos, los planos originales deben reducirse a la escala que se requiera. ( 24 )

Para cálculos de nivelación del terreno, la topografía inicial solamente puede servir como guía para precisar la dirección y densidad del estacado necesario para llevar a cabo la nivelación efectiva del terreno. Para este propósito, las estacas deben colocarse en la dirección diseñada del escurrimiento del riego y se marcarán en un plano a la escala 1:1000 ó menor según el trabajo.

Cada estaca debe ser cuidadosamente localizada y su elevación registrada en el plano.

La estaca debe marcarse con una equis ( X ) .

Otra forma es por medio de cuadrícula, cuando el área que se levante sea relativamente grande. El trabajo de topografía es caro, ya que a menudo se necesitarán varias clases de levantamientos. ( 24 )

Los perfiles para estudiar las líneas de un canal, tubería o alineamiento de una estructura de presa, deberán estacarse en el campo. Las lecturas deben tomarse a intervalos regulares de 10 a 30 m., en cualquier punto de cambio imprevisto de elevación. ( 24 )

#### 5.1.3.1 Prácticas de gabinete para los levantamientos topográficos y de perfiles.

El topógrafo debe adjuntar un croquis del área nivelada, al plano del terreno. En este croquis debe describirse todas las características locales especiales que observe, y marcará todos los puntos notables del terreno para orientación. Debe incluir un dibujo y la descripción de la forma geométrica y de la configuración del terreno; en relación con las curvas de nivel. ( 24 )

#### 5.2 Métodos de riego.

Se pueden distinguir cuatro formas básicas de aplicación del agua.

Superficial, Aérea, Subterránea y mixta.

La superficial se puede subdividir en: inundación total ( métodos por melgas, fajas y bordas ), e inundación parcial ( surcos y corrugaciones ).

La forma aérea, es básicamente por aspersores.

La forma subterránea, por subirrigación.

La forma mixta, por goteo y succión.

Bajo condiciones topográficas, climáticas, e hidrológicas de los terrenos de la costa sur, los métodos más factibles parecen ser, el de surcos y el de aspersión. ( 5 )

### 5.2.1 Riego por surcos con pendiente. ( 19 )

Los surcos con pendiente, son canales pequeños que tienen una pendiente continúa casi uniforme en la dirección del riego, se establecen entre cada dos líneas de plantas, salvo el caso de siembras hechas en camellones, en el que se encuentran a los lados de cada par de dos líneas de siembra.

El agua que escurre por los surcos tiene que cubrir dos propósitos, penetrar en el suelo y difundirse lateralmente para regar las áreas comprendidas entre ellos.

El tiempo que debe correr, dependerá de la cantidad de agua que se necesite para reponer la zona ocupada por las raíces, de la velocidad de infiltración en el suelo y de la rapidez con que se desplaza el agua lateralmente. En la mayor parte del caudal de riego inicial debe ser mucho mayor que el que corresponde a la velocidad de infiltración para lograr un avance rápido y cuando el agua se acerca al extremo de los surcos, debe recortarse el gasto o cortar el agua para evitar una pérdida excesiva por escurrimiento.

### 5.2.1 Adaptación del método de riego por surcos. ( 19 )

El método de riego a base de surcos con pendiente regulada, puede usarse para el riego de todos los terrenos sembrados en líneas que requieran es cardas. Debe usarse con gran precaución, cuando se trate de suelos que tengan una alta concentración de sales tóxicas en las áreas comprendidas entre los surcos.

El método se adapta mejor a los terrenos en que la pendiente de los surcos no exceda de 4 m por kilómetro.

#### 5.2.1.2 Ventajas.

Los surcos se pueden utilizar para evacuar rápidamente el escurrimiento producido por las lluvias.

Su costo inicial es bajo.

No necesita energía adicional.

Se puede usar agua con sedimentos.

Se disminuye las incidencias de enfermedades fungosas en las plantas.



Se puede aplicar fertilizante con el riego.

El viento no es limitante.

#### 5.2.1.3 Desventajas. ( 10 )

Necesita el doble del caudal que por aspersión.

Necesita nivelación y preparación del terreno.

No se recomienda para suelos de texturas ligeras.

No se recomienda en terrenos con pendientes mayores de 4%.

Suelos con niveles freáticos altos se anegan rápido.

#### 5.2.2 Riego por aspersión. ( 20 )

En el método de riego por aspersión, el agua se aplica sobre la superficie del suelo, de modo parecido a la lluvia. Dicha aspersión se obtiene al impulsar agua a presión a través de pequeños orificios o boquillas. Generalmente la presión se obtiene por bombeo, aunque puede lograrse por gravedad si la fuente de abastecimiento del agua, es bastante elevada, con relación al área regada.

El agua puede aplicarse uniformemente, a un gasto calculado según la capacidad de absorción del suelo, si se tiene cuidado. En relación del tamaño de las boquillas, de las alturas requeridas, de la presión necesaria y del espaciamiento de los aspersores, eliminando de esa manera el escurrimiento y el daño resultante al terreno y a las plantas.

##### 5.2.2.1 Adaptabilidad del método de riego por aspersión. ( 20 )

Se adapta al riego de la mayoría de las plantas. Una excepción es el arroz.

Es adaptable también a casi todos los suelos susceptibles al riego, debido a que existen aspersores en una amplia escala de capacidad de descarga. Con un espaciamiento apropiado, el agua puede aplicarse a cualquier gasto seleccionado superior a 0.5 cm/hora. En suelos de textura extremadamente fina, con bajos coeficientes de infiltración, se debe tener cuidado en el diseño a fin

de no causar problemas al suelo.

#### 5.2.2.2 Ventajas del riego por aspersión. ( 20 )

Es el que mejor se adapta en terrenos de características abruptas e irregulares.

Reduce o suprime el costo de nivelación de tierras y de su preparación.

Se puede lograr un buen control del agua, con una aplicación casi uniforme.

Puede regarse suelos de textura ligera sin problemas de erosión.

Pueden regarse suelos con capacidad de retención de agua muy baja.

Se ahorra mano de obra.

Permite aplicar la lámina de riego deseada sin elevar el nivel freático.

Evita la formación de costras y grietas al secarse el suelo de textura arcillosa.

#### 5.2.2.3 Desventajas del riego por aspersión. ( 20 )

El diseño debe ser cuidadoso, para dar una aplicación lo más uniforme posible de la lámina de agua.

No se adapta en regiones con vientos que puedan alterar el patrón de mojado.

Se pierde más agua por evaporación que con los métodos de riego superficial.

En algunos suelos la operación de cambiar de sitio las tuberías portátiles después de un riego puede ser problema.

El costo inicial es alto.

Necesita agua limpia sin sales.

Resulta mayor problema con enfermedades fungosas de la parte aérea de la planta.

5.3. Economía de los sistemas de bombeo. ( 5 )

5.3.1. Generalidades:

Muchas veces es necesario determinar los costos de diferentes tipos de unidades de bombeo. Los costos de bombeo deben incluir costos fijos y costos de operación y mantenimiento. Los costos fijos, incluyen los que se hacen como pago inicial o que demanden una cierta inversión de capital, incluyendo impuestos y seguros.

Los costos de mantenimiento y operación incluyen todos los costos necesarios para mantener el equipo en operación continua.

5.3.2. Costos de la unidad de bombeo. ( 5 )

- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| COSTOS FIJOS                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Intereses</li> <li>- Impuestos y seguros</li> <li>- Depreciación</li> </ul>  |
| COSTO DE OPERACION Y MANTENIMIENTO | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Combustibles ( diesel )</li> <li>- Aceites</li> <li>- Mantenimiento y reparación del motor</li> <li>- Mantenimiento y reparación de la bomba</li> <li>- Operaciones</li> </ul> |

COSTOS ANUALES TOTALES = Costos fijos + costos de operación + costos de mantenimiento.

$$\text{COSTOS POR MILLAR DE m}^3 = \frac{\text{Costos anuales totales}}{\text{Millar de m}^3 \text{ bombeados}}$$

$$\text{COSTOS POR MILLAR DE m}^3 \text{ Y POR m DE BOMBEO} = \frac{\text{Costo por millar de m}^3}{\text{m bombeados}}$$

$$\text{COSTOS DE OPERACIONES POR MILLAR DE m}^3 = \frac{\text{Costos de operaciones}}{\text{Millar de m}^3 \text{ bombeados}}$$

$$\text{COSTOS POR Ha.} = \frac{\text{Costos anuales totales}}{\text{Has. regadas.}}$$

## VI. ESTUDIOS PREVIOS

### 6.1. Estudios del perfil del suelo.

Dentro del área de estudio se encontraron dos series de suelos ( ver figura No. 1 ). Para efectuar el estudio del perfil del suelo, se construyeron - dos calicatas ( trincheras ) en lugares representativos de cada uno de los sue- los; en los perfiles se estudiaron características básicas tales como textura, es- tructura, color por cada horizonte detectado.

Se separó el área en los dos suelos bien definidos, denominándose - lote # 1 ( cultivado con caña de azúcar ) y el lote # 2 ( cultivado con maíz y pas- tos ).

#### 6.1.1. Descripción del perfil # 1

##### Horizonte.

- Ap De 0 - 35 cms. franco arenoso; café oscuro ( 10 y R3/3 ) en seco, y café muy oscuro ( 10 y R 2/2 ) en húmedo; estruc- tura en bloques subangulares finos, fuertemente definidos, consistencia ligeramente adherente y ligeramente plástica, raíces muy abundantes. Límite brusco y plano.
- B<sub>2</sub> De 35 a 92 Cms. Franco arenoso; café amarillento ( 10 y R 5/4 ) en seco, café oscuro amarillento ( 10 y R 3/4 ) en hu- medo; estructura masiva, consistencia ligeramente adheren- te y ligeramente plástica; abundantes raíces. Límite gra- dual plano.
- C Mayor que 92 cms. franco arenoso; café grisáceo claro ( 10 y R 6/4 ) en seco, de café a café oscuro ( 10 R 4/3 ) en húmedo; estructura masiva.

#### 6.1.2. Horizonte.

- A De 0 - 20 cms. arena franca, con algunos fragmentos pe- queños de grava; entre café y café oscuro ( 10 y R 4/3 ) en seco, café muy oscuro ( 10 y R 2/2 ) en húmedo; estructu- ra granular fina a media, medianamente definida; consisten- cia no adherible y no plástica; pocas raíces. Límite brus- co y plano.

- C Mayor que 20 cms. arena, con abundantes fragmentos de grava de medianos a grandes; café ( 10 y R 5/3 ) en seco, café oscuro ( 10 y R 3/3 ) en humedad; sin estructura ( grano suelto ) consistencia no adherente y no plástica, raíces muy escasas.

## 6.2 Clasificación de los suelos.

De acuerdo a la clasificación de reconocimiento de los suelos de Guatemala, la finca Bulbuxyá, está comprendida en la División Fisiográfica de los "Suelos del declive del pacífico". ( 22 )

Suelo No. 1: Después de haber caracterizado este suelo se ha encontrado que corresponde a suelos de la serie "CUTZAN" ( 22 )

Suelo No. 2: Corresponde a Suelos aluviales no diferenciados, considerando que se ha desarrollado a partir de depósitos aluviales recientes del río Nahualate. ( 22 )

### 6.2.1. Análisis Físico Químico del suelo cultivado con caña de azúcar ( suelo número 1 ) y el cultivado con maíz y pastos ( suelo No. 2 ).

Para realizar el análisis físico y químico, se tomaron muestras de cada horizonte obteniendo los resultados siguientes: ( cuadro 2 y 3 ).

CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS

CUADRO 2

FISICAS<sup>2</sup>:

Suelo No.	PROFUNDIDAD Cms.	% Arena	% Limo	% Arcilla	Clase Textural
1	00 - 35	79.64	11.48	8.88	Franco arenoso
1	35 - 92	79.64	5.48	14.88	Franco arenoso
1	92 - 132	67.28	21.84	10.88	Franco Arenoso
2	00 - 20	78.20	15.84	5.96	Arena franca
3	- 20	89.28	5.84	4.88	Arena

2/ Análisis efectuado en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la USAC.

CUADRO 3

QUIMICAS<sup>1</sup>

Suelo No.	Profundidad Cms.	meq / 100 gramos de suelo							PPM			meq/100 grs. suelo	
		CTI	Ca	Mg	Na	K	H	PSB	p <sup>H</sup>	P	K	Ca	Mg
1	0-35	34.31	6.10	2.05	0.27	0.34	25.55	25.53	6.4	2.55	160	7.60	1.60
1	35-92	33.27	7.30	1.75	0.40	0.18	23.64	28.95	6.8	2.55	60	6.70	1.15
1	92-132	27.10	7.50	1.75	0.47	0.45	16.93	37.53	6.8	2.25	220	6.70	1.30
2	0-20	26.35	2.60	0.50	0.17	0.35	22.73	13.77	6.1	9.00	160	3.40	0.45
2	-20	6.14	1.30	0.22	0.44	0.24	3.94	35.83	6.3	11.50	150	3.10	0.20

1 / Análisis efectuado por el Laboratorio de Suelos del ICTA, Sector Público Agrícola.



RIO NAHUALATE

RIO LOS  
TROZOS

LOTE No. 2

LOTE No. 1

ENTRADA AL  
CAÑAVERAL

CAMINO DE SAN  
MIGUEL PANAN

AL CASCO DE  
LA FINCA

FINCA GUADIELA

CROQUIS DEL AREA ESTUDIADA  
PARA LA INTRODUCCION DE RIE-  
GO, FINCA "BULBUXYA"

Figura No. 1



6.3 Determinación de las constantes de humedad del suelo en el área de estudio para riego.

Para determinar las constantes de humedad del suelo, se procedió a tomar muestras de suelo a cada 30 cms. de profundidad, hasta 1.20 m., en las calicatas o trincheras construídas en lugares representativos de cada lote.

Las muestras se identifican según el lote correspondiente, llamándole, lote No. 1, al cultivado con caña de azúcar y lote No. 2, al cultivado con maíz y pastos.

Los resultados se presentan en el cuadro No. 4, el análisis de humedad del suelo, se efectuó en el laboratorio de suelos de la Dirección de Recursos Naturales Renovables (DIRENARE).

CUADRO No. 4

MUESTRA No.	PROF. Cms.	ATMOSFERAS DE PRESION			
		1/3	2	10	15
1	0-30	49.25	38.66	34.28	25.93
1	30-60	51.95	37.70	29.43	29.12
1	60-90	51.67	37.00	26.73	25.17
1	90-120	43.35	29.51	21.05	20.27
2	0-30	16.18	11.04	7.86	7.74
2	>30	6.83	5.34	4.02	2.85

6.3.1 Determinación de las curvas de retención de humedad del suelo por estratos.

Ecuación Básica:

$$T = \frac{K}{p_s^n} + C$$

T = tensión del suelo en atmósfera.

Ps = % de humedad del suelo.

n = exponente que depende de las características físicas del suelo, adimensional.

K y C = constantes que dependen de las características físicas del suelo.

Según Palacios, (16)

$$C = 0.000014 (cc)^{2.7} + 0.3$$

Para mayor facilidad en el cálculo:

$$Ps = \left( \frac{K}{T-C} \right)^{1/n}$$

En forma logarítmica:

$$\log (T - C) = \log K - n \log Ps$$

$$n = \frac{\log (T_{pmp} - C) - \log (T_{cc} - C)}{\log Ps_{cc} - \log Ps_{pmp}}$$

$$\log K = \log (T_{pmp} - C) + n \log Ps_{pmp}$$

Ejemplo:

Muestra No. 1

Profundidad = 0.30 cm.

Suelo = franco arenoso.

cc = capacidad de campo

cc = 49.25

pmp = punto de marchitez permanente.

pmp = 25.93

PROCEDIMIENTO:

1o. Cálculo de C:

$$C = -0.000014 (49.25)^{2.7} + 0.3$$

$$C = -0.519547 + 0.3$$

$$C = -0.219547$$

2o. Cálculo de n:

$$n = \frac{\log(15 + 0.219547) - \log(1/3 + 0.219547)}{\log 49.25 - \log 25.93}$$

$$n = \frac{1.1824017 + 0.2573689}{1.6924062 - 1.4138025}$$

$$n = \frac{1.4397706}{0.2786037}$$

$$n = 5.168$$

3o. Cálculo de K:

$$\log K = \log(15 + 0.219547) + 5.168 \log 25.93$$

$$\log K = 1.1824017 + 5.168 (1.4138025)$$

$$\log K = 8.4889331 \text{ antilog.}$$

$$K = 3.08 \times 10^8$$

4o. La ecuación queda:

$$P_s = \left[ \frac{3.08 \times 10^8}{T - (0.219547)} \right]^{1/5.168}$$

$$P_s = \frac{3.08 \times 10^8}{T + 0.219547}^{1/5.168}$$

$$P_s = \frac{3.08 \times 10^8}{15 + 0.219547}^{1/5.168}$$

$$\underline{\underline{P_s = 25.93}}$$

CUADRO No. 4

VALORES DE PRESION EN ATMOSFERAS Y % DE HUMEDAD  
OBTENIDOS DE 0-30 cm.

T	Ps
15	25.93
12	27.01
10	28.00
8	29.21
6	30.83
4	33.23
2	37.63
1	42.25
0.5	46.79
0.4	48.17
0.3	49.84

Ver gráfica No. 1

MUESTRA No. 1

Profundidad = 30-60 cm

Suelo = Franco arenoso

cc = 51.95

pmp = 29.12

1o. Cálculo de C:

$$C = -0.000014 (cc)^{2.7} + 0.3$$

$$C = -0.3000798$$

2o. Cálculo de n:

$$n = \frac{\log (T_{pmp} - C) - \log (T_{cc} - C)}{\log P_{cc} - \log P_{pmp}}$$

$$n = \frac{\log (15 + 0.3000798) - \log (1/3 + 0.3000798)}{\log 51.95 - \log 29.12}$$

$$n = \frac{1.1846937 + 0.1983129}{1.4641914 - 1.7155856}$$

$$n = 5.501$$

3o. Cálculo de K:

$$\log K = \log(T_{pmp} - C) + n \log P_{spmp}$$

$$\log K = \frac{\log (15 + 0.3000798) + 5.501 (\log 29.12)}{1.1846937}$$

$$K = 1.73 \times 10^9$$

4o. Ecuación:

$$P_s = \left[ \frac{1.73 \times 10^9}{T + 0.3000798} \right]^{1/5.501}$$

$$P_s = \left[ \frac{1.73 \times 10^9}{15 + 0.3000798} \right]^{1/5.501}$$

$$P_s = 29.11$$

#### CUADRO No. 5

VALORES DE PRESION EN ATMOSFERAS Y % DE HUMEDAD OBTENIDOS DE 30-60 cm.

T	Ps
15	29.11
12	30.28
10	31.28
8	32.53
6	34.20
4	36.66
2	41.08
1	45.56
0.5	49.77
0.4	50.99
0.3	52.44

Ver gráfica No. 1

MUESTRA No. 1

Profundidad = 60- 90 cm.

Suelo = Franco arenoso

cc = 51.67

pmp = 25.17

1o. Cálculo de C:

$$C = -0.000014 (cc)^{2.7} + 0.3$$

$$C = -0.000014 (51.67)^{2.7} + 0.3$$

$$C = -0.2913871$$

2o. Cálculo de n:

$$n = \frac{\log (15 + 0.2913871) - \log (1/3 + 0.2913871)}{\log 51.67 - \log 25.17}$$

$$n = \frac{1.1844469 + 0.2043143}{1.7132385 - 1.4008832}$$

$$n = 4.446$$

3o. Cálculo de K:

$$\log K = \log (15 + 0.2913871) + 4.446 (\log 25.17)$$

$$\log K = 1.1844469 + 6.2283268$$

$$\log K = 7.4127737 \text{ antilog.}$$

$$K = 25,868,645$$

4o. Ecuación:

$$Ps = \left[ \frac{25,868,645}{T + 0.2913871} \right]^{1/4.446}$$

$$Ps = \left[ \frac{25,868,645}{15 + 0.2913871} \right]^{1/4.446}$$

$$Ps = 25.17$$

CUADRO No. 6

VALORES DE PRESION EN ATMOSFERAS 60-90 cm.

T	Ps
15	25.17
12	26.44
10	27.51
8	28.88
6	30.74
4	33.50
2	38.57
1	43.88
0.5	48.99
0.4	50.50
0.3	52.31

MUESTRA No. 1

Profundidad = 90-120 cm

Suelo = Franco arenoso

cc = 43.35

pmp = 20.27

1o. Cálculo de C:

$$C = -0.000014 (43.35)^{2.7} + 0.3$$

$$C = -0.0681278$$

2o. Cálculo de n:

$$n = \frac{\log (15 \times 0.0681278) - (1/3 + 0.0681278)}{\log 43.35 - \log 20.27}$$

$$n = \frac{1.1780593 + 0.3963565}{1.63369891 - 1.3068537}$$

$$n = 4.769$$

3o. Cálculo de K:

$$\log K = \log (15 + 0.0681278) + 4.769 (\log 20.27)$$

$$\log K = 1.1780593 + 6.2323855 \text{ antilog.}$$

$$K = 25730,299$$

4o. Ecuación:

$$P_s = \left[ \frac{25730,299}{T + 0.0681278} \right]^{1/4.769}$$

$$P_s = \left[ \frac{25730,299}{15 + 0.0681278} \right]^{1/4.769}$$

$$P_s = 20.27$$

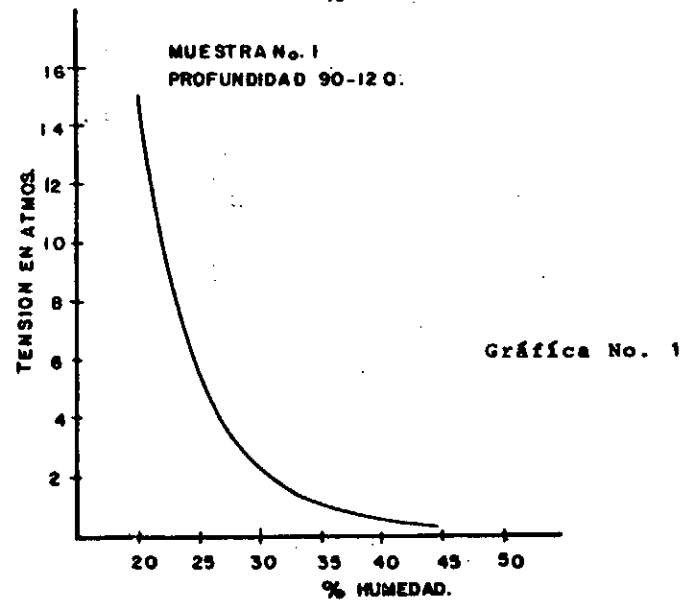
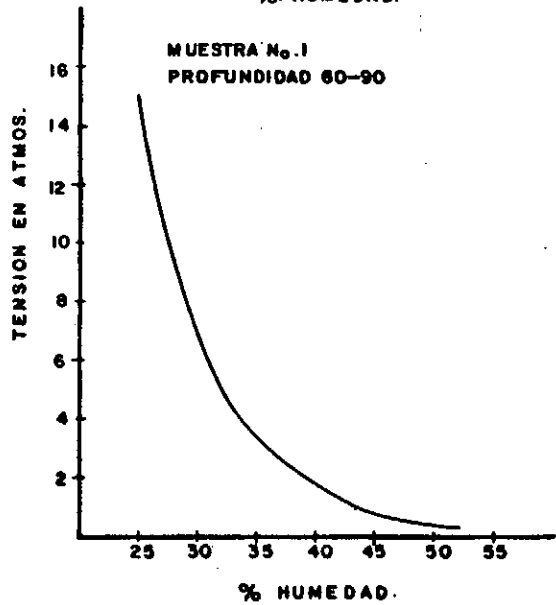
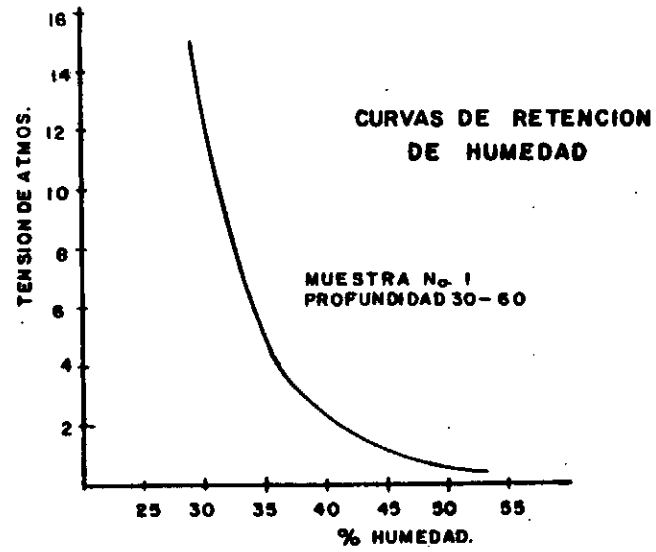
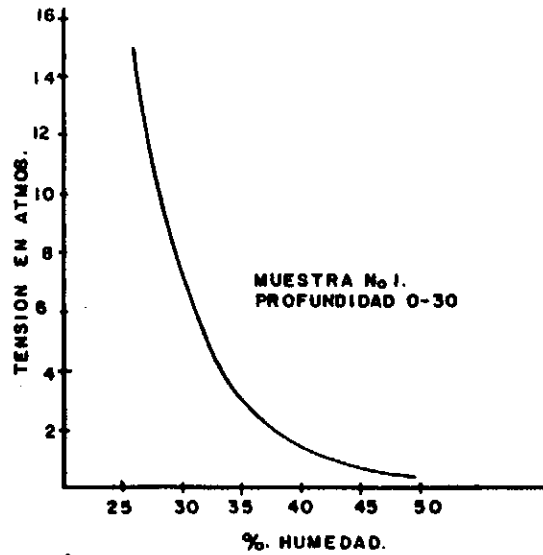
CUADRO No. 7

VALORES DE PRESION EN ATMOSFERAS Y % DE HUMEDAD OBTENIDOS DE 90-120 cm

T	Ps
15	20.27
12	21.24
10	22.06
8	23.11
6	24.53
4	26.67
2	30.74
1	35.31
0.5	40.31
0.4	41.98
0.3	44.16

Ver gráfica No. 1





6.4 Pruebas de infiltración y determinación de la infiltración básica en el área de riego.

Para efectuar las pruebas de infiltración, se escogieron lugares representativos del área en estudio, tomando en cuenta las normas generales y condiciones del suelo.

El método usado fue el del cilindro de infiltración. Los resultados se encuentran en el cuadro No. 8

CUADRO No.8

PRUEBA DE INFILTRACION No. 2 LOTE No. 1

UBICACION: FINCA BULBUXYA, SAN MIGUEL PANAN, SUCHITEPEQUEZ

FECHA: 28/3/80

Hora y Min.	Intervalo Muerto	Intervalo Min.	Tiempo acumulado.	Lectura en Cm.	Diferencia de Lecturas.	Infiltración en Cm/Hra.	Log. I	Log. t	Suma Log. I	Suma Log. t
14:20										
14:21		1'	1	2.7	2.7	162.0	2.209515	0.00		
14:22		1'	2	3.7	1.0	60.0	1.7781513	0.30103		
14:23		1'	3	4.5	0.8	48.0	1.6812412	0.4771213		
14:24		1'	4	5.2	0.7	42.0	1.6232493	0.60206		
14:27		3'	7	6.8	1.6	32.0	1.50515	0.845098		
14:30		3'	10	8.2	1.4	28.0	1.447158	1.000000		
14:33		3'	13	9.3	1.1	22.0	1.3424227	1.1139434		
14:35	2'		15	0.0						
14:40		5'	20	2.1	2.1	25.2	1.4014005	1.30103		
14:45		5'	25	3.9	1.8	21.6	1.3344538	1.39794	14.322742	7.0382227
14:50		5'	30	5.6	1.7	20.4	1.3096302	1.4771213		
14:55		5'	35	6.6	1.0	12.0	1.0791812	1.544068		
14:56	1'		36	0.0						
14:11		15'	51	3.8	3.8	15.2	1.1818436	1.7075702		
14:26		15'	66	7.1	3.3	13.2	1.1205739	1.8195439		
14:41		15'	81	9.7	2.6	10.4	1.0170333	1.908485		
14:42	1'		82	0.0						
15:12		30'	112	5.1	5.1	10.2	1.0086002	2.049218		
15:42		30'	142	9.6	4.5	9.0	0.9542425	2.1522883		
15:41	1'		143	0.0						
16:11		30'	173	4.2	4.2	8.4	0.9242793	2.2380461		
16:41		30'	203	8.4	4.2	8.4	0.9242793	2.307496	9.5184004	17.203837

CALCULO DE LOS PARAMETROS DE LA ECUACION DE INFILTRACION

Prueba No. 2

Lote No. 1

METODO DE LOS PROMEDIOS:

$$* (1) \quad 14.322742 = 9 \log K + n \cdot 7.0382227$$

$$** (2) \quad \frac{-95184004}{4.8043416} = \frac{9 \log K + -n \cdot 17.2038370}{-n \cdot 10.165614}$$

$$n = \frac{-4.8043416}{10.165614} = -0.475$$

$$\underline{\underline{n = -0.473}}$$

Sustituyendo en ecuación 1

$$14.322742 = 9 \log K + -n \cdot 7.0382227$$

$$9 \log K = 14.322742 + (0.473) (7.0382227)$$

$$\log K = \frac{17.651821}{9} = 1.9612124 \text{ antilog.}$$

$$\underline{\underline{K = 91.48}}$$

Ecuación de infiltración:

$$I = (91.48 t)^{-0.473}$$

---

\* Ecuación obtenida con la primera mitad de los datos de infiltración.

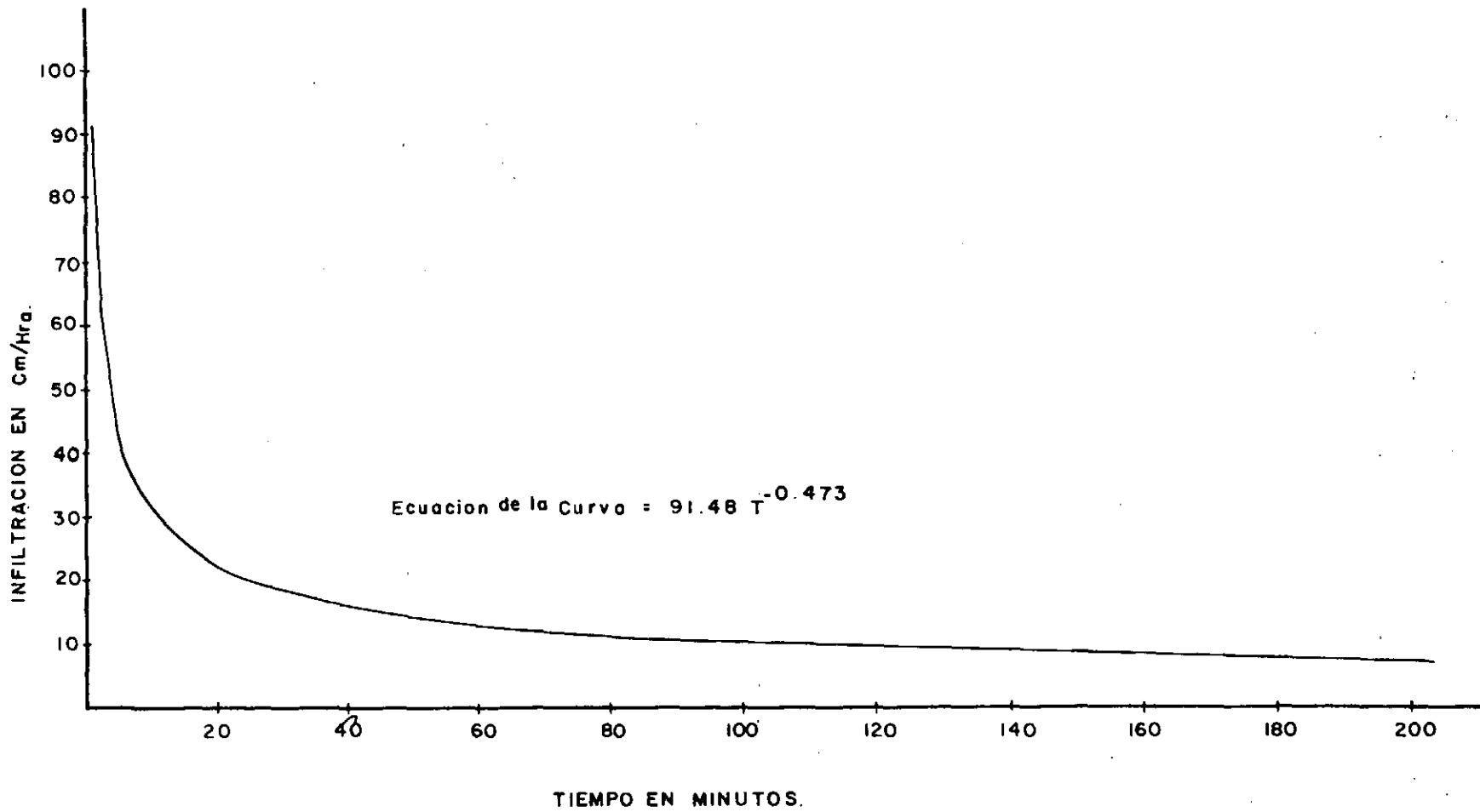
\*\* Ecuación obtenida con la segunda mitad de los datos de infiltración (ver cuadro No. 8)

CUADRO No. 9

VALORES DE INFILTRACION CALCULADOS

Tiempo acumulado	Infiltración en cm/Hra.
1	91.48
2	65.91
3	54.41
4	47.48
7	36.44
10	30.78
13	27.19
20	22.18
25	19.96
30	18.30
35	17.02
51	14.24
66	12.60
81	11.44
112	9.82
142	8.77
173	7.99
203	7.4

CURVAS DE VELOCIDAD  
DE INFILTRACION



Gráfica No. 2

6.5 Análisis químico del agua para riego de la finca "Bulbuxyá", San Miguel Panan.

Para efectuar el análisis químico del agua para riego de la finca Bulbuxyá, se tomaron muestras de agua del riachuelo "Los Trozos", que corre de norte a sur, por el lado oeste del área cultivada con caña de azúcar.

Las muestras de agua fueron analizadas en el laboratorio de suelos - de la Dirección de Recursos Naturales Renovables (DIRENARE) obteniendo los resultados siguientes:

Iones expresados en meq/lit

<u>CATIONES</u>	<u>ANIONES</u>
$Ca^{++} = 0.20$	$CO_3^{\bar{}} = 0.00$
$Mg^{++} = 0.20$	$HCO_3^{\bar{}} = 1.23$
$Na^+ = 0.33$	$Cl^- = 0.02$
$K^+ = 0.15$	$SO_4^{\bar{}} = 0.171$
<hr/>	<hr/>
Suma = 0.88	Suma = 1.42

$CE \times 10^6$  a  $25C^\circ = 105$   $Na_2$  y  $CO_3$  residuales = 0.83

% de sodio soluble = 37.50; pH = 7.1

RAS = 0.74

Con los datos anteriores se efectuó la clasificación del agua para determinar sus características químicas y poder así, recomendarla o no para riego, a sabiendas, que para poder usar el agua para riego, se toman en cuenta otras características como: El suelo, las condiciones climatológicas, los métodos del riego, el drenaje (externo e interno), las prácticas de manejo, etc. (4)

La clasificación química del agua se hizo por los dos métodos siguientes:

- 1o. Clasificación química del agua para riego de la Universidad de Riverside que toma en cuenta únicamente: La relación de adsorción de sodio (RAS), y la conductividad eléctrica (CE).

Para efectuar la clasificación del agua, se usó el diagrama para la clasificación de las aguas de riego por su  $CE \times 10^6$  y por su RAS. (1)

DATOS:

$$RAS = \frac{Na^+}{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}} = \frac{0.33}{\frac{0.40}{2}} = 0.74$$

$$CE \times 10^6 \text{ micromhos/cm a } 25^\circ C = 105$$

Resultado:

Agua de clase =  $C_1S_1$ ; con RAS bajo y  $CE \times 10^6$  bajo.

Se concluyó que el agua es buena para riego.

2o. Clasificación química del agua para riego de Chapingo, que toma en cuenta tres criterios: (16)

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

Procedimiento:

1o. Se calcula el porcentaje de  $(CO_3 + HCO_3)$  respecto de la suma de aniones.

$$\frac{CO_3 + HCO_3}{1.42} \times 100 = \frac{1.23}{1.42} \times 100 = 86.6\%$$

por tanto, se utilizarán los índices recomendables para aguas con más de 20% de  $(CO_3 + HCO_3)$ .

2o. Como  $CE \times 10^6$  250 micromhos, ya no se clasifica por RAS. El agua será buena para riego si: SE 3 meq/lit; SP 3 meq/lit CSR 1.25 meq/lit; Boro 0.3 PPM y cloro 1 meq/lit.



Como:

Ca (CO<sub>3</sub> + HCO<sub>3</sub>) pero (Ca + Mg) (CO<sub>3</sub> + HCO<sub>3</sub>)  
entonces: SE = Suma de cationes - (Ca + Mg).

\*Como suma de aniones es mayor que la suma de cationes, en  
tonces, utilizamos suma de aniones  
SE = (1.42 - 0.40) = 1.02 meq/lit 3 meq/lit; buena.

SALINIDAD POTENCIAL: (SP)

$$SP = Cl + 1/2 SO_4$$

$$SP = 0.02 + 1/2 (0.171)$$

$$SP = 0.1055 \quad 3 \text{ meq/lit; buena}$$

CARBONATO DE SODIO RESIDUAL (CSR)

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

$$CSR = 1.23 - 0.40 = 0.83 \text{ meq/lit} \quad 1.25 \text{ meq/lit; buena}$$

ION CLORO:

$$Cl^- = 0.02 \text{ meq/lit} \quad 1 \text{ meq/lit; buena}$$

RESUMEN:

Agua con 20% de (CO<sub>3</sub> + HCO<sub>3</sub>)

C<sub>1</sub>S<sub>1</sub>

$$SP = 0.1055 \text{ meq/lit}$$

$$CSR = 0.83 \text{ meq/lit}$$

$$Cl = 0.02 \text{ meq/lit}$$

Se concluye que el agua es de buena calidad para riego.

6.6 Fuente de abastecimiento de agua para riego del área cultivada con caña de azúcar en la finca Bulbuxyá.

El río "Los Trozos", se encuentra relativamente cerca y a una altura al terreno de 7 a 15 metros, se localiza al lado oeste de la finca Bulbuxyá y corre en forma casi paralela al río Nahualate, uniéndose a éste aguas abajo (ver Fig. 1).

Los aforos efectuados en el mes de estiaje, dieron un caudal crítico de 25 litros por segundo, el agua es limpia y cristalina.

El caudal crítico se puede incrementar con agua del río Panan, que se ubica aguas arriba; pero se debe efectuar el estudio técnico, para buscar la forma más fácil y económica, aprovechando la colaboración de los propietarios de la finca Guadiela, para que el canal de conducción del agua del río Panan, pase por terrenos de dicha finca.

En el presente estudio, se llegó a determinar que la alternativa más viable a corto plazo, debido a condiciones topográficas y a la distancia entre las fuentes de agua y el terreno es bombear del río "Los Trozos", el agua requerida para completar las necesidades de la caña de azúcar, en el presente, y asegurar el agua, para otros cultivos que se instalen en dicha área, tomando en cuenta que para diseño, los requerimientos de la caña de azúcar, son adecuados para dejar un buen margen a otros cultivos.

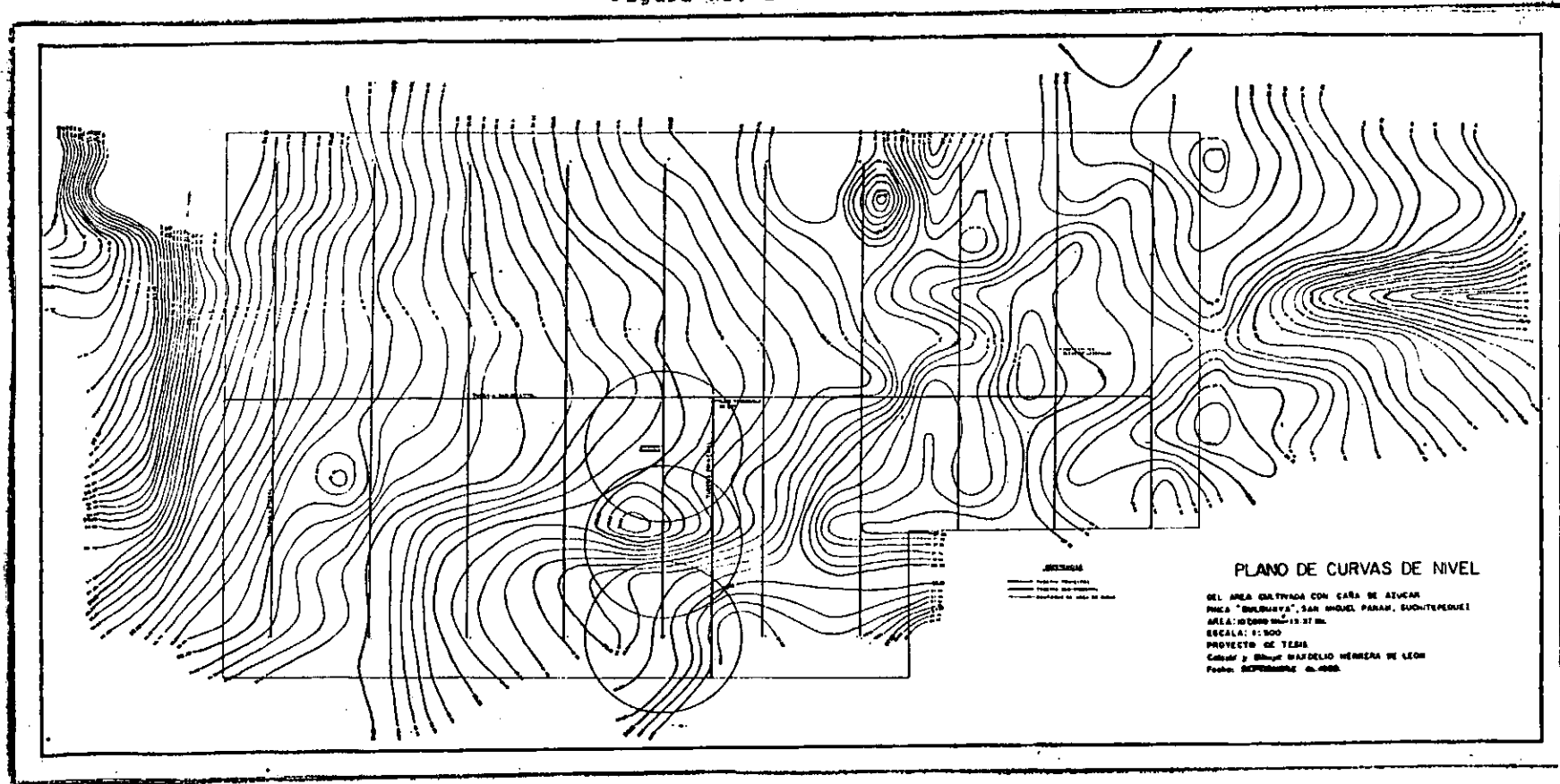
6.7 Estudio Topográfico:

Para realizar el diseño del sistema de riego factible en el área estudiada en la finca Bulbuxyá, se efectuó el levantamiento topográfico planialtimétrico del lote No. 1 (cultivo de caña), por considerarse apto para ser irrigado.

El levantamiento altimétrico se hizo por el método de cuadrícula con separaciones de 20 m entre estacas, se obtuvo un área nivelada de 15 Mz., de las cuales se delimitaron 13 Mz., para instalar el riego por aspersión que se propone.

Se elaboró el mapa de curvas de nivel con una equidistancia vertical entre curvas de 20 cm y a una escala horizontal 1:500. (Fig. No. 2)

Figura No. 2



## 6.8 Estudio geográfico.

### 6.8.1 Ubicación:

El área estudiada para la introducción de riego se encuentra ubicada en la finca Bulbuxyá, jurisdicción del municipio de San Miguel Panan, departamento de Suchitepéquez, sus coordenados son:

latitud: = 14° 39' 39"  
longitud = 91° 22'  
altura = sobre el nivel del mar = 350 m

### 6.8.2 Extensión:

La finca Bulbuxyá tiene una extensión de 85 Has, 78 As, 49.5 Ca., habiéndose efectuado el estudio en un área de 20 Has.

### 6.8.3 Colindancias:

La finca Bulbuxyá, colinda al norte con la finca Ponderosa y Guadiela, al sur con la finca Versalles, al este con la finca La Tranquilidad y Versalles, al poniente con el caserío Barrios I y II, río Nahualate de por medio.

El área estudiada para la introducción de riego está comprendida entre la finca Guadiela, al norte, y el río Nahualate, al oeste. ( Fig. No. 1 )

## 6.9 Estudio climatológico:

Para el estudio climatológico, se consultó el Registro climatológico de Guatemala ( INSIVUMEH ), encontrando que la estación metereológica más cercana a la finca Bulbuxyá, con los datos requeridos para efectuar el Balance hídrico es la estación tipo "C" de San Antonio Suchitepéquez. ( Cuadro No. 10 )

CUADRO No. 10

ESTACION: 20.8.4		NOMBRE: San Antonio Suchitep.		MUNICIPIO: San Antonio Such.			
LATITUD: 14° 3' 18"		LONGITUD: 91° 24' 56"		ALTITUD: 399 mts.			
AÑOS DE REGISTRO: 7							
MES	TEMPERATURAS ° C.					PRECIPITACION	
	Media	PROMEDIO DE		ABSOLUTAS		Total	Días
		Máxima	Mínima	Máxima	Mínima		
Enero	27.6	31.7	23.6	34.0	22.0	21.9	1
Febrero	28.0	32.2	23.8	35.0	22.0	27.7	2
Marzo	28.5	32.5	24.5	36.0	22.0	71.9	4
Abril	28.6	32.6	24.5	36.0	23.0	225.2	10
Mayo	28.2	32.0	24.4	35.0	23.0	387.1	15
Junio	27.6	31.2	23.9	35.0	22.0	544.0	21
Julio	27.5	30.9	24.1	34.0	22.0	539.4	20
Agosto	27.6	30.9	24.4	33.0	23.0	456.3	10
Septiembre	27.2	30.5	24.0	33.5	21.0	617.5	22
Octubre	27.1	30.5	23.8	33.0	21.0	566.8	20
Noviembre	27.1	30.8	23.8	35.0	22.0	229.3	8
Diciembre	27.4	31.2	23.6	33.0	22.0	63.7	4
ANUAL	27.7	31.5	24.0	36.0	21.0	3750.7	147

6.10 Determinación del consumo de agua para caña de azúcar en la finca Bulbuxyá, San Miguel Panan, Suchitepéquez.

Para determinar el uso consuntivo o consumo de agua para la caña de azúcar, se utilizó el método de Blaney y Criddle modificado por Phelan.

$$Et = K F$$

Donde:

et = Evapotranspiración real total del cultivo, expresado como lámina, cm

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

$$F = \sum_i^n f_i;$$

$$f = \frac{t \times p}{100} \quad (\text{los valores son mensuales, pulg.})$$

t = Temperatura media mensual, °F

P = Porcentaje de horas luz del mes con respecto al total anual, %.

Si los promedios mensuales de temperatura se expresan en °C la ecuación  $f = \frac{t \times p}{100}$ , se transforma en:

$$f = \left( \frac{t + 17.8}{21.8} \right) \frac{P}{100}$$

El cuadro No. 11, muestra la secuela de cálculo para la obtención de la Et'.

Como la evapotranspiración global, es menor que la evapotranspiración calculada, entonces se tiene que buscar el factor de ajuste para obtener la evapotranspiración calculada (Et').

$$Et = (0.75) 208.71 = 156.53$$

$$Et' \text{ en el cálculo} = 171.28$$

Como: 156.53 es menor que 171.28, entonces tenemos que buscar el factor de ajuste.

$$Et = K.F \quad K' = \frac{et}{F}$$

$$\text{Factor de ajuste} = \frac{K}{K'}$$

$$K = 0.75 \quad (\text{en tabla})$$

$$K' = \frac{Et}{F} = \frac{171.28}{208.71} = 0.82$$

$$\text{Factor de ajuste} = \frac{0.75}{0.82} = 0.9146$$

El factor de ajuste nos sirve para calcular  $Et'$

$$Et'i = 0.9146 (Eti)$$

$Et'i$  = Ecuación de la evapotranspiración calculada.

$Eti$  = Valores de la evapotranspiración obtenidos en el cálculo efectuado.

DETERMINACION DEL USO CONSUNTIVO PARA CAÑA DE AZUCAR (Sacharum officinarum)

Localización: Finca Bulbuxyá, San Miguel Panan, Suchitepequez

Latitud: 14°39'39"

Ciclo Vegetativo: 12 meses

Epoca de siembra: 1o. de Abril

Cuadro No. 11

MES	Duración mes	Temp. °C	$\frac{t+17.8}{21.8}$	P (%)	f Cm.	Kt	f.Kt	Kc	Et Cm.	Et' Cm.	Et' Acum.
Abril	1	28.6	2.128	8.435	17.95	1.130	20.28	0.30	6.08	5.56	5.56
Mayo	1	28.2	2.110	8.968	18.92	1.118	21.15	0.35	7.40	6.77	12.33
Junio	1	27.6	2.083	8.786	18.30	1.099	20.11	0.50	10.05	9.19	21.52
Julio	1	27.5	2.078	9.037	18.78	1.096	20.58	0.60	12.35	11.29	32.81
Agosto	1	27.6	2.083	8.822	18.38	1.099	20.20	0.77	15.55	11.22	47.03
Sep.	1	27.2	2.064	8.278	17.08	1.087	18.56	0.90	16.70	15.27	62.30
Oct.	1	27.1	2.060	8.209	16.91	1.084	18.33	0.98	17.96	16.43	78.73
Nov.	1	27.3	2.069	7.761	16.06	1.090	17.51	1.02	17.86	16.33	95.06
Dic.	1	27.4	2.073	7.895	16.37	1.093	17.89	1.02	18.25	16.69	111.75
Enero	1	27.6	2.083	7.953	16.57	1.099	18.21	0.98	17.85	16.33	128.08
Feb.	1	28.0	2.101	7.367	15.48	1.112	17.21	0.90	15.49	14.17	142.25
Marzo	1	28.5	2.124	8.431	17.91	1.127	20.18	0.78	15.74	14.40	156.65

208.75

230.21

171.28

156.65



6.11 Determinación de la precipitación efectiva en la finca Bulbuxyá, San Miguel Panan, Suchitepéquez.

Para determinar la precipitación efectiva en el área de estudio, se tomó como referencia los datos de precipitación media mensual de la estación meteorológica San Antonio Suchitepéquez, ( cuadro No. 10 ), por ser la más cercana al lugar, con los registros de precipitación. La precipitación efectiva, se estimó por el método de Ogrosky y Mockus, de la forma siguiente: ( 17 )

$$P_e = C_p \times P_p$$

Donde:

$P_e$  = Precipitación efectiva, cms.

$C_p$  = Coeficiente de efectividad de la lluvia, adimensional.

$P_p$  = Precipitación media mensual observada, cms.

El coeficiente de efectividad de la lluvia se obtiene por:

$$C_p = \frac{Et'/P_p}{1.35 + 0.8 (Et'/P_p)}$$

Donde:

$Et'/P_p$  = Coeficiente que relaciona la evapotranspiración calculada con la precipitación media mensual.

6.12 Determinación de los requerimientos de riego para la caña de azúcar.

Con los valores calculados de evapotranspiración media.

DETERMINACION DEL REQUERIMIENTO DE RIEGO. ( Rr.)

Para la caña de azúcar en la Finca Bulbuxyá, San Miguel Panan.

Cuadro No. 12

MES	Et'	PRECIPITACION (Cms.)	Et'/P	CP	PRECIPI-TACION. EFECTIVA	Rr.	Rr ACUMULA DA.
abril	5.56	22.52	-	-	-	-	-
mayo	6.77	38.71	-	-	-	-	-
junio	9.19	54.40	-	-	-	-	-
julio	11.29	53.94	-	-	-	-	-
agosto	14.22	45.63	-	-	-	-	-
septiembre	15.27	61.75	-	-	-	-	-
octubre	16.43	56.68	-	-	-	-	-
Noviembre	16.33	22.93	-	-	-	-	-
Diciembre	16.69	6.37	2.62	0.72	4.6	12.09	12.09
enero	16.33	2.19	-	-	-	16.33	28.42
febrero	14.17	2.77	5.1	0.91	2.5	11.67	40.09
marzo	14.40	7.19	2.0	0.64	4.6	9.80	49.89

DATOS TOMADOS DE LA ESTACION TIPO "C" DE

San Antonio Suchitepéquez

Altura 399 m. s.n.m.

( $E_t'$ ) y los valores de precipitación efectiva del área en estudio, se procede a estimar los requerimientos de riego con la ecuación siguiente:

$$R_r = E_t' + R_l - P_e$$

Donde:

$R_r$  = Requerimiento de riego, cm.

$E_t'$  = Evapotranspiración calculada, cm.

$R_l$  = Requerimiento de lavado, cm.

$P_e$  = Precipitación efectiva, cm.

En el presente estudio no se considera una lámina de lavado, quedando la ecuación para estimar el requerimiento de riego así:

$$E_r = E_t' - P_e$$

6.13 Determinación del calendario de riego con los datos obtenidos de requerimiento de riego acumulado, lámina auxiliar neta de riego y los días correspondientes al ciclo vegetativo, se procede a calcular el calendario de riego de la manera siguiente:

10. En un eje de coordenadas, se plotean los valores de requerimiento de riego acumulado, en el eje de las "Y", y los días de cada mes, correspondientes al ciclo vegetativo del cultivo, se plotean en forma acumulada en el eje de las "X", obtenéndose la gráfica de requerimiento de riego acumulado (gráfica No. 3)

CALENDARIO DE RIEGO PARA CAÑA DE AZUCAR (Sacharum officinarum)

Finca Bulbuxyá, San Miguel Panan, Suchitepéquez.

DATOS DEL SUELO:

CUADRO No. 13

Profundidad	CC	PMP	Da	Lámina
00 - 30 Cms.	44.85	29.98	1.35	6.06 Cms.
30 - 60 Cms	41.88	23.56	1.35	7.42 Cms.

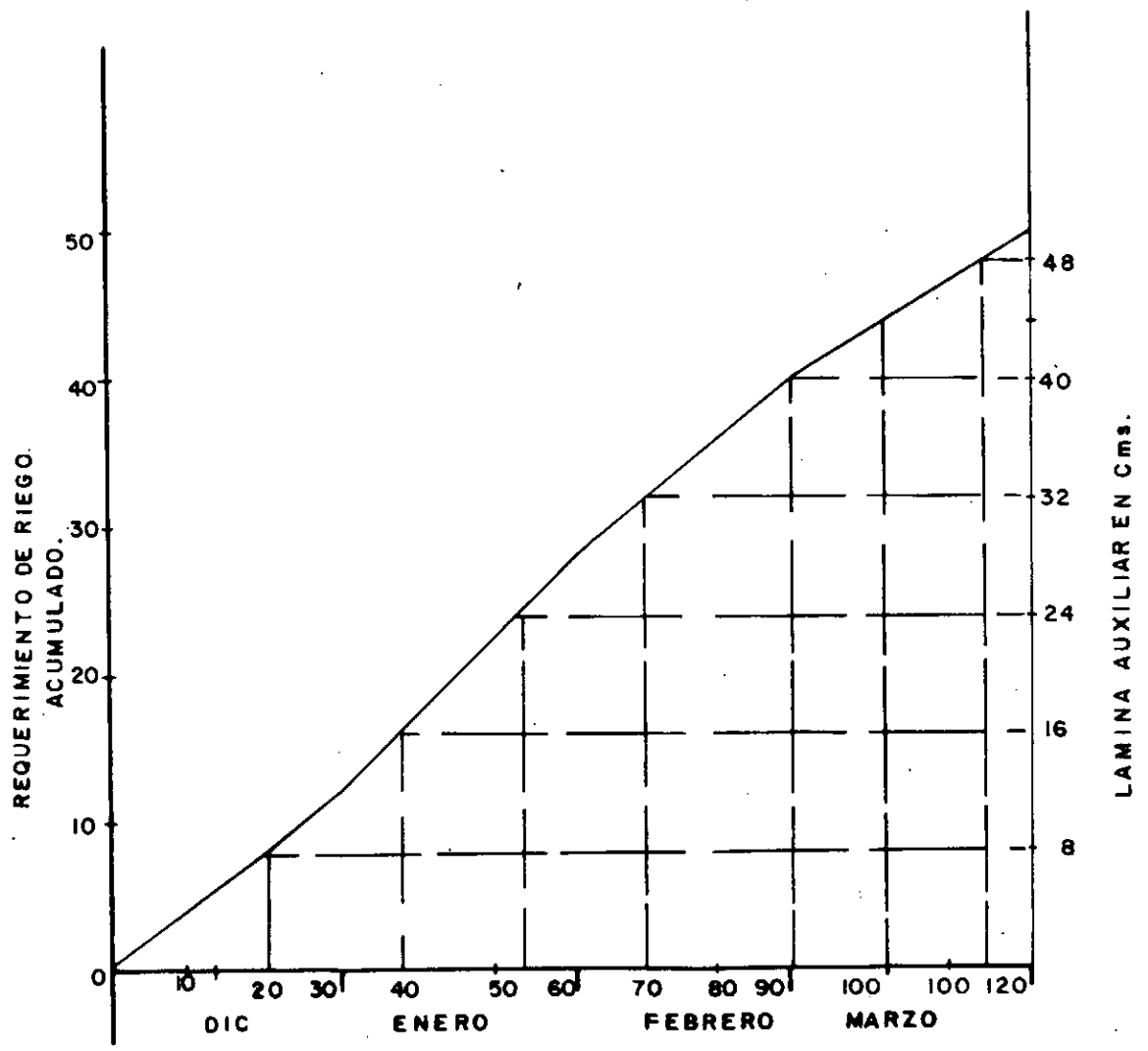
13.48 Cms.

Lámina que se aplicará cuando el suelo esté llegando a PMP = 13.48 Cms.

Lámina que se aplicará, cuando la humedad aprovechable baje hasta un 60%.

$$13.48 \times 0.6 = 8.0 \text{ Cms.}$$

GRAFICA PARA CALCULO DE  
CALENDARIO DE RIEGO



Gráfica No. 3

2o. Se plotean los valores de la lámina auxiliar neta de riego en el eje de las "Y", luego se procede a trazar líneas horizontales desde la lámina auxiliar de riego hasta la gráfica de requerimiento de riego acumulado y del punto de intersección, se bajan líneas paralelas al eje "Y" hasta intersectar el eje de las "X", estos puntos dan las fechas de cada riego, los días entre cada fecha de riego dan el intervalo de riego ( cuadro No. 14 ) al intervalo de riego más corto se le llama intervalo de riego crítico.

CALENDARIO DE RIEGO PARA CAÑA DE AZUCAR ( Sacharum officinarum )

CUADRO No. 14

No. RIEGO	INTERVALO	FECHA	L N ( cms )	L B ( Cms )
1	--	1o. Dic.	13.48	18.00
2	21	21 Dic.	8.00	10.8
3	23	13 Enero	8.00	10.8
4	20	20 Feb.	8.00	10.8
5	25	27 Feb.	8.00	10.8

L N = Lámina Neta

L B = Lámina Bruta

L B =  $\frac{L N}{\% \text{ eficiencia de aplicación}}$

% eficiencia de aplicación = 75%

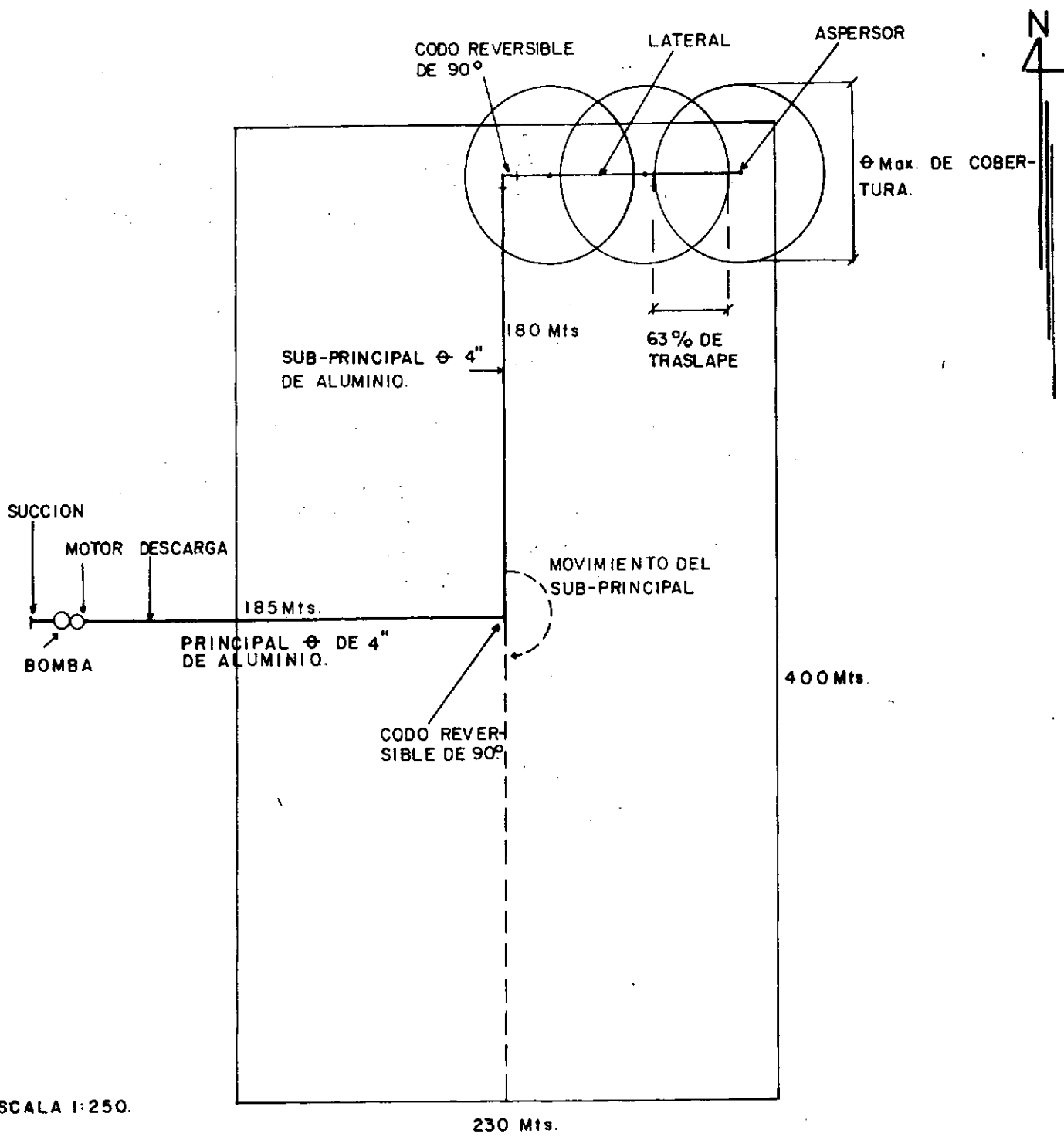
## VII. DISEÑO DE RIEGO POR ASPERSION:

### 7.1 Elección del método de riego en el área estudiada de la finca Bulbuxyá.

Constantemente hay repetidas discusiones sobre los pros y los contra de los diversos métodos de riego. Especialmente sujetos a polémicas están los argumentos relativos a la elección entre los métodos por gravedad, frente a los métodos por aspersión. Las opiniones, se basan con frecuencia en una experiencia local limitada.

El método por aspersión es, esencialmente aplicable a suelos delgados, rápidamente permeables, en donde la pendiente es muy fuerte, en donde la topografía es muy irregular para usar otros métodos.

En el área estudiada en la finca Bulbuxyá se delimitaron dos lotes con diferencias marcadas en cuanto a potencial de riego, debido a su profundidad, características físicas y químicas. ( Ver estudio del perfil del suelo ). Llegando a determinar el lote cultivado con caña de azúcar como factible para ser irrigado y el lote con maíz y pastos como no adecuado, principalmente por ser un suelo muy superficial y muy ligero, con marcada pedregocidad.



ESQUEMA DEL AREA DE RIEGO MOSTRANDO EL MOVIMIENTO DEL SUB-PRINCIPAL.

Figura No. 3



Se optó por irrigar el área cultivada con caña de azúcar por aspersión, principalmente atendiendo a la irregularidad de la superficie, la cual requería de nivelaciones fuertes, exponiendo el horizonte B<sub>3</sub>, también se encuentran rocas muy grandes en algunos lugares del terreno. Así también el caudal crítico, aforado en el mes de estiaje ( ver fuente de abastecimiento de agua para riego ), se considera insuficiente para regar por gravedad, ya que la introducción del agua se tendría que hacer a 1,250 m lo cual implicaría pérdidas en la conducción, reduciéndose así el caudal. El riego por surcos requiere el doble del caudal necesario por aspersión.

7.2 Selección de aspersores:

7.2.1 - Infiltración básica ( I<sub>b</sub> ) = 7.0 cm/hora

7.2.2 - Lámina de riego ( L<sub>r</sub> ) = 10.8 cm ( Al bajar un 60% la humedad aprovechable y considerando un 75% de eficiencia de aplicación ).

7.2.3 Tiempo de riego ( T<sub>r</sub> ) = 10 horas ( Tomando como criterio el máximo diario que el regante puede trabajar a la luz del sol ).

7.2.4 Intensidad de riego ( I<sub>r</sub> )

$$I_r = \frac{L_r}{T_r} = \frac{108 \text{ mm}}{10 \text{ Hrs.}} = 10.8 \text{ mm/hora}$$

Como la intensidad de riego es MENOR que la infiltración básica, entonces es factible el riego.

7.2.5 Intervalo de riego mínimo = 20 días.

7.2.6 Aspersores de alta presión ( 70 a 120 PSI )

( Según cuadro No. 14 )

7.2.7 Separación de aspersores de 45-60 m ( según cuadro No. 14 )

7.2.8 Caudal por aspersor en m<sup>3</sup>/hora ( q<sub>a</sub> )

$$q_a = \frac{S_a \times S_l}{1,000} \times I_r$$

S<sub>a</sub> = Separación entre aspersores = 40 m

S<sub>l</sub> = Separación entre laterales = 40 m

I<sub>r</sub> = Intensidad de riego en cm/hora.

CUADRO No. 14

CLASIFICACION COMERCIAL DE LOS ASPERORES

CONDICION DE PRESION	VALORES DE PRESSION Lbs/Pulg <sup>2</sup>	VALORES DE PRESSION Kg/cm <sup>2</sup>	RECOMEN-DACION.	SEPARACION EN m
BAJA	20-35	1.38-2.43	Cultivos de bajo follaje.	7-9
MEDIA	35.65	2.54-4.51	Cultivos anuales altos en surcos.	45-60
ALTA	70-120	4.86-8.33	Cultivos caña de azúcar.	45-60

Fuente ( 7 )

$$q_a = \frac{40 \times 40}{1,000} \times 10.8$$

$$q_a = 17.28 \text{ m}^3/\text{hora.}$$

Constante para pasar el caudal de m<sup>3</sup>/hora a galones por minuto ( GPM ) = 4.4

$$q_a = 17.28 \times 4.4 = 76 \text{ GPM ( caudal por aspersor )}$$

Sabiendo el caudal por aspersor, se consultan las tablas en los manuales de aspersores de las casas distribuidoras para obtener, el modelo, caudal, intensidad de riego, presión, cobertura de mojado y el tiempo de riego, seleccionando el que más se acerque a los requerimientos del diseño.

Para el presente trabajo se seleccionaron los siguientes aspersores.

( Según manual de la casa Rain-Bird )

Modelo	Caudal GPM	I mm/hora	Presión	Diametro de Cober tura.	Tiempo de riego.
80 EW-TNT ó 8 SE-PS	77.5	10.99	80 PSI	208' ( 69.5m )	9.82 Hrs.

### 7.3 Distribución de laterales y líneas de distribución en el terreno:

Se efectuó tomando en cuenta la ubicación más conveniente en el terreno en función de la topografía del mismo y la fuente de agua.

### 7.4 Cálculos generales y básicos de operación:

7.4.1 - Area a regar  $92,000 \text{ m}^2 = 9.2 \text{ Has} = 13.14 \text{ Mz}$

7.4.2 - Area de riego por día ( Ard )

$$\text{Ard} = \frac{A}{\text{Irc}} = \frac{92,000}{20} = 4,600 \text{ m}^2/\text{día} = 0.46 \text{ ha/día} \\ = 0.67 \text{ Mz/día}$$

A = área total

Irc = intervalo de riego crítico

7.4.3 - Area de riego por turno =  $4,600 \text{ m}^2/\text{turno}$ .

7.4.4 - Area cubierta por lateral ( Al )

$$\text{Al} = \text{El} \times \text{L} = 40 \times 115 = 4,600 \text{ m}^2.$$

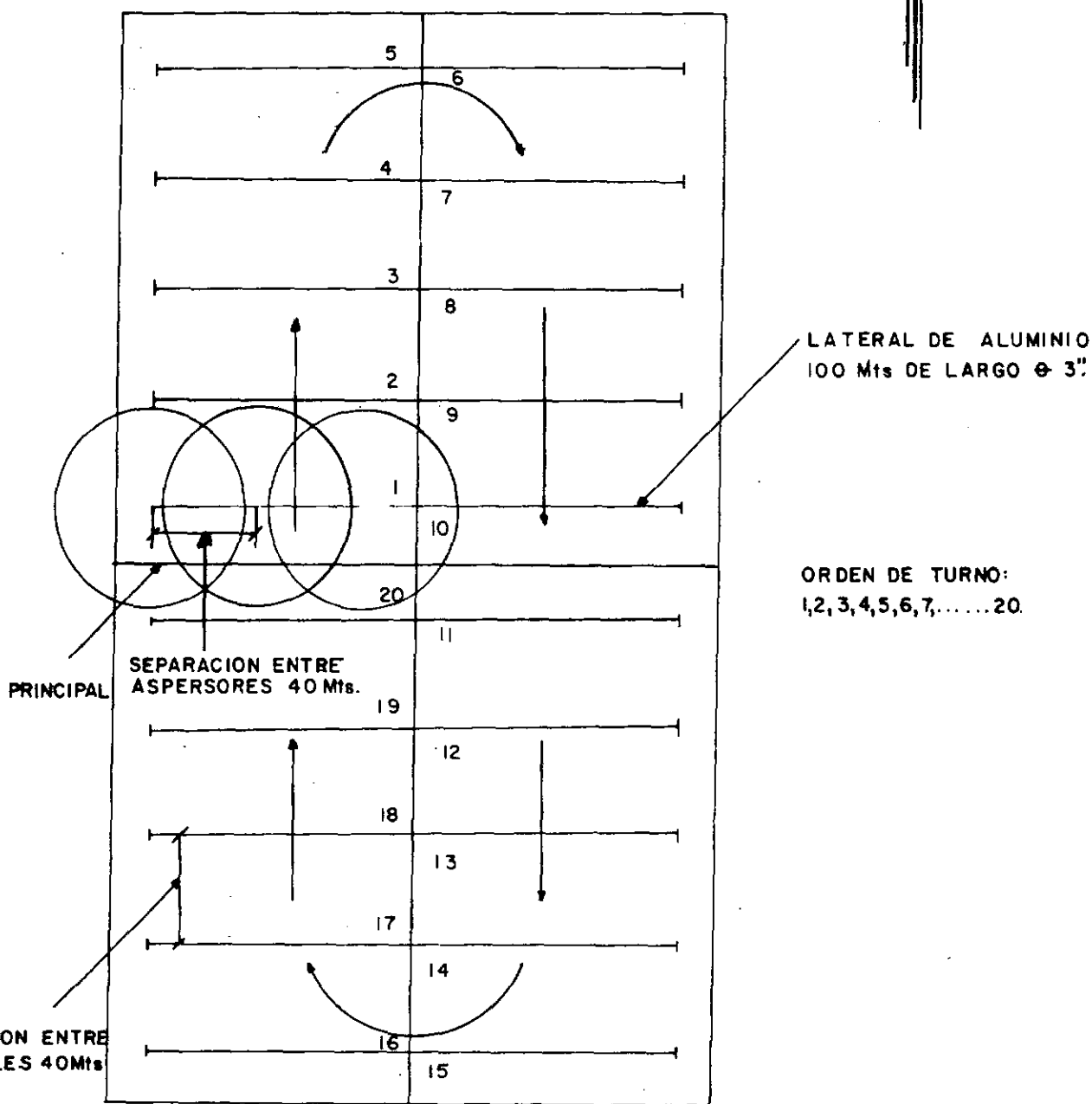
El = Espacio entre laterales

L = Longitud del lateral.

C = coeficiente de fricción de acuerdo al material del tubo ( ver cuadro No. 16 )

C = 120 para tubería de aluminio.

L = longitud real de laterales en mts.



ESQUEMA DEL AREA DE RIEGO MOSTRANDO EL MOVIMIENTO DEL LATERAL.

ESCALA 1:250.

Figura No. 4

7.4.5 - Número de laterales en función del área cubierta por el lateral y No. de turnos; se considera adecuado seleccionar 1 lateral.

7.4.6 - Número de aspersores  $N_a = \frac{L}{S_a}$ ,  $N_a = \frac{115}{40} = 2.82 = 3$

7.4.7 - Caudal por lateral =  $Q_l$

$$Q_l = \text{No. asp/lat.} \times Q/\text{asp.} \times \text{No. de lat.}$$

No. asp/lat = número de aspersores por lateral.

$Q/\text{asp.}$  = caudal por aspersor, en galones por minuto.

No. de lat. = número de laterales

$$Q_l = 3 \times 76 \times 1 = 228 \text{ GPM}$$

Pasando galones por minuto a metro cúbicos por hora:

$$\frac{228}{4.4} = 51.82 \text{ m}^3/\text{hora} = 14.39 \text{ LPS}$$

7.5 Diseño de laterales:

$$Y_f = Y \times F$$

$Y_f$  = pérdidas de carga del lateral con aspersores.

$Y$  = pérdida de carga del lateral sin aspersores.

$F$  = factor de corrección por salidas múltiples (ver cuadro No. 15)

$$J = \frac{Y_f}{L} = \frac{1.131 \times 10^9 \left( \frac{Q}{C} \right)^{1.582}}{D^{4.872}}$$

$J$  = gradiente en m/m

$Q$  = caudal ó gasto por lateral en  $\text{m}^3/\text{hora}$ .

$D$  = diámetro interior del tubo en mm

$C$  = coeficiente de fricción de acuerdo al material del tubo. (ver cuadro No. 16)

$C$  = 120 para tubería de aluminio.

$L$  = longitud real del lateral en m

CUADRO No. 17

PERDIDAS DE CARGAS EN LATERALES DE DIFERENTE DIAMETRO

Diam mm	J	F	Y	Yf
12.7	1000.770	0.528	100077.000	52840.656
25.4	34.176	"	3417.600	1804.493
50.8	1.167	"	116.710	61.623
76.2	0.162	"	16.190	8.548
101.4	0.039	"	3.985	2.104
152.4	0.006	"	0.553	0.292

L = 100 m

Calculando J para el primer diámetro de tubería:

$$J = \frac{1.131 \times 10^9 \left( \frac{51.82}{120} \right)^{1.852}}{(12.7)^{4.872}} = 1,000.77$$

Calculando Y:

$$J = \frac{Y}{L} \quad Y = J \times L$$

$$Y = 1,000.77 \times 100,077.0$$

Calculando Yf:

$$Yf = Y \times F = 100,077 \times 0.528 = 52840.656$$

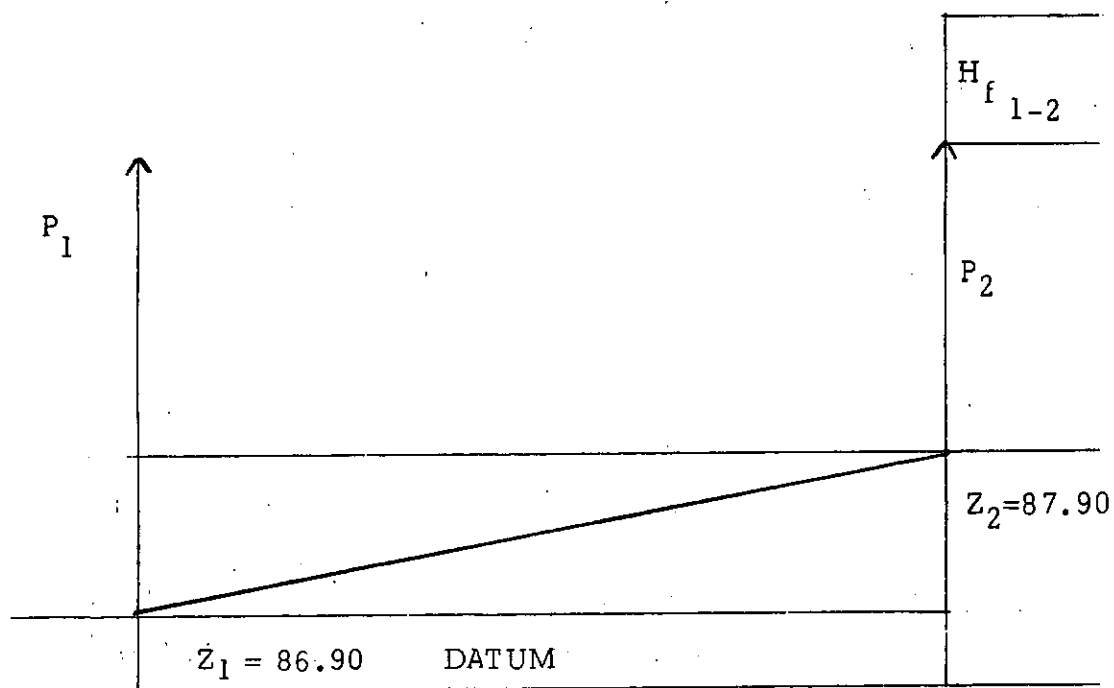
7.5.1 Cálculo de pérdidas por fricción:

Según (5), para riego por aspersion es recomendable utilizar la fórmula de Hazen William.

### 7.5.2 Elección del diámetro de laterales:

Para la elección del diámetro de laterales se busca sobre el mapa de curvas a nivel, ( Fig. No. 2 ) la posición crítica del lateral, es decir, el lugar en donde la diferencia de nivel sea máxima hacia arriba, luego se leen las cotas del terreno, en los puntos observados como críticos.

Con el auxilio de una gráfica, se trata de representar las alturas de las cotas y las presiones, a partir de UN DATUM imaginario.



$Z_1$  = cota del terreno al inicio del lateral

$Z_2$  = cota del terreno al final del lateral

$P_1$  = presión al inicio del lateral

$P_2$  = presión al final del lateral

$H_{f\ 1-2}$  = Pérdida de carga entre los dos puntos considerados ( incógnita )

Aplicando el principio de Bernoulli:

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

Condición de diseño: La diferencia de presiones entre el primero y el último aspersor no debe ser mayor del 20%.

$$P_2 = (0.8 P_1) \text{ condición mínima.}$$

Despejando Hf 1-2

$$Hf \text{ 1-2} = Z_1 + P_1 - Z_2 - P_2$$

Sustituyendo  $P_2$  :

$$Hf \text{ 1-2} = Z_1 + P_1 - Z_2 - 0.8 P_1$$

$$P_1 = 80 \text{ PSI}$$

Convirtiendo  $P_1$  a carga manométrica:

$$\frac{P_1}{w H_2O} = H$$

$$P_1 = \text{presión en Kg/m}^2$$

$$wH_2O = \text{peso específico del agua} = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

$$H = \text{carga manométrica o altura de presión en m}$$

$$80 \text{ Lbs./pulg}^2 \times \frac{1 \text{ Kg}}{2.2 \text{ Lbs.}} = 36.3636 \text{ Kg Pulg}^2$$

$$36.3636 \text{ Kg/Pulg}^2 \times \frac{1 \text{ Pulg}^2}{6.45 \text{ cm}^2} = 5.63777 \text{ Kg/cm}^2$$

$$5.63777 \text{ Kg cm}^2 \times \frac{10,000 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} = 56377.73 \text{ Kg/m}^2$$

$$H = \frac{56377.73 \text{ Kg/m}^2}{1,000 \text{ Kg/m}^3} = 56.38 \text{ m}$$

$$Hf \text{ 1-2} = 86.90 + 56.38 - 87.90 - 0.8 (56.38)$$

$$Hf \text{ 1-2} = 10.28 \text{ m}$$

Con el valor de Hf 1-2 (10.28 m), se busca en el cuadro No.17 el diámetro que satisfaga esta condición; como 10.28 es mayor que 8.548, enton-



ce's se puede escoger tubería de 76.2 mm (3") ó de 101.6 mm (4") , según a nálisis económico posterior.

### 7.5.3 Carga requerida a la entrada del lateral:

$$H_e = h_p + 3/4 h_f + h_e + h_{fe} + h_{fl}$$

$H_e$  = carga requerida a la entrada del lateral

$h_p$  = presión necesaria de aspersores

$$h_p = \text{pérdida de carga} = Y_f = 8.548 \text{ (Diám. 3")}$$

$$Y_f = \text{(Diám. 4")} = 2.104$$

$h_e$  = altura del elevador = 4m (debido a que se considera una al tura máxima de caña de 3.50 m).

$h_{fe}$  = pérdida de carga en el elevador, se calcula en 0.2 de la al- tura del elevador =  $0.2 \times 4 = 0.8$

$h_{fl}$  = pérdidas locales, son las pérdidas por accesorios, general- mente se calcula un 10% de las pérdidas en el lateral con as persores =  $0.1 \times 8.548 = 0.8548$  (3");  $0.1 \times 2.104$  (4")

$$H_e = 56.38 + 3/4 (8.548) + 4 + 0.8 + 0.8548$$

$$H_e = 68.45 \text{ (Diám. 3")},$$

$$H_e = \text{(Diám. 4")} = 62.97$$

Se toman 3/4 de las pérdidas de carga en el lateral con aspersores , debido a que en la primera mitad de la longitud del lateral se pierde 3/4 de  $h_f$  y en la segunda mitad 1/4 de  $h_f$ .

### 7.6 Diseño de sub-principales y principales:

Como se utiliza un solo lateral, se elige el mismo diámetro.

CUADRO No. 15

FACTOR ( F ), PARA CALCULAR LA PERDIDA POR FRICCION  
EN UNA TUBERIA CON SALIDAS MULTIPLES

Salidas ( número )	Valor de F	Salidas ( número )	Valor de F
1	1.000	16	0.377
2	0.634	17	0.375
3	0.528	18	0.373
4	0.480	19	0.372
5	0.451	20	0.370
6	0.433	21	0.369
7	0.419	22	0.368
8	0.410	23	0.367
9	0.402	24	0.366
10	0.396	25	0.365
11	0.396	25	0.364
12	0.388	26	0.364
13	0.384	28	0.363
14	0.381	29	0.363
15	0.379	25	0.362

Fuente ( 5 )

La selección del diámetro de sub-principales y principales se hará en base a las pérdidas de carga de laterales sin aspersores, para lo cual se convierte el gradiente en m/m ( J ) a gradiente en porcentaje ( J% ), luego se calcula Y:

$$J = \frac{Y}{L} \quad Y = J\% (L)$$

$$Y = \frac{16.20}{100} (180)$$

$$Y = 29.16$$

Tubería	Longitud	Caudal	Diámetro	J%	Y
Sub-principal.	180 m	51.82m <sup>3</sup> Hora.	76.2 mm 101.6 mm	16.20 3.985	29.16 7.173
Principal	185 m	51.82m <sup>3</sup> Hora.	76.2 mm 101.6mm	16.20 3.985	29.97 1.372

7.7	Requerimiento de la bomba:	Diámetros	
		3"	4"
	- Requerimiento a la entrada del lateral	68.45	62.97
	- Pérdidas en el sub-principal	29.16	7.17
	- Pérdidas en el principal	29.16	7.32
	- 10% de las pérdidas en el principal y el sub-principal	5.832	1.45
	- Diferencia de altura entre la entrada del sub-principal a la entrada del lateral en condición crítica	3.30	3.30
	- Diferencia de altura entre la fuente y el hidrante del principal que conecta al sub-principal	7.30	7.30
	- Carga manométrica de la bomba	143.20 m	89.5 m

$$H_p = \frac{Q \cdot w_{H_2O} \cdot H_b}{n \times 75}$$

$$H_p = \frac{0.01439 \text{ m}^3/\text{seg.} \times 100 \text{ Kg/m}^3 \times 143.20 \text{ m}}{0.70 \times 75}$$

$$H_p = (3") = 39.25$$

$$H_p = (4") = 24.5$$

Hp = caballos de fuerza de la bomba

Q = caudal requerido por lateral

w<sub>H<sub>2</sub>O</sub> = peso específico del agua

Hb = carga monométrica de la bomba

n = eficiencia de la bomba

75 = constante, 1Kg-m/seg = 75 Hp

NOTA: Como en el comercio no se encuentran las bombas con el Hp calculado, se eligen las que más se aproximan a los valores que son de 45 y 30 Hp para tuberías de 4" y 3" respectivamente.

CUADRO No. 16

Tubería nueva y lisa de hierro ( Williams y Hanzen, C = ..... 120 )
Tubería ordinaria de 15 años ( Williams y Hanzen, C = ..... 100 )
Tubería ordinaria de 25 años ( Williams y Hanzen, C = ..... 900 )
Tubería transportable de aluminio con acoplamiento ( Williams y Hanzen, C = ..... 120 ).

Fuente ( 15 )

## VIII. ANALISIS ECONOMICO:

### 8.1 Criterio económico ( mínimo ) para elegir el diámetro de la tubería.

Longitud:	465 m	465 m
Caudal:	51.82m <sup>3</sup> /horas	51.82m <sup>3</sup> /horas
Diámetro en mm.	76.20 mm(3pulg.)	101.6mm(4pulg.)
Gradiente:	16.2%	3.985%
Pérdidas de carga:	29.16	7.173
Carga requerida:	68.45	62.97
Diferencia de altura de fuente a sub-principal:	7.30	7.30
Carga total:	143.20	89.57
Potencia de motobomba :	45HP	30HP
Vida útil motobomba	10 años	10 años
Costo motobomba:	Q. 5,170.00	Q. 4,859.00
Costo anual motobomba:	Q. 517.00	Q. 485.90
Costo tubería de 9 m.:	Q. 52.75c/u.	Q. 66.60 c/u
Costo total tubería:	Q. 3,323.25	Q. 4,195.80
Vida útil tubería:	15 años	15 años
Costo anual tubería:	Q. 221.55	Q. 279.72
Consumo diesel/hrs. motobomba:	1 gal/hrs.	0.5 gal./hrs.
Costo consumo diesel/hrs	Q. 1.03	Q. 0.515
Costo diesel/día	Q. 10.30	Q. 5.15
Costo diesel en 4 meses operación:	Q. 1,236.00	Q. 618.00
Costo total anual de los sistemas:*	Q. 1,974.55	Q. 1,383.62

En base a los costos totales anuales, se elige el diámetro de la tubería de 4 pulgadas.

### 8.2 Costos

#### 8.2.1 Costos iniciales del sistema:

---

\* No incluye aceites, intereses e impuestos.

<u>Cantidad</u>	<u>Concepto</u>	<u>Costo Unidad</u>	<u>Costo Total</u>
1	Motobomba centrífuga modelo S2K 80/2, motor diesel 30 HP		Q. 4,859.00
1	Línea de succión completa		Q. 284.00
1	Mecanismo de cebado		Q. 53.00
63	Tubos de 4" de diámetro (9m)	Q.66.60	Q. 4,195.80
2	Codos reversibles 90° 4" de diámetro	77.55	Q. 155.10
1	Tapón final 4" Diámetro		26.00
3	Rociadores tipo cañón Mod. F100R	558.00	<u>1,674.00</u>
			<u>Q.11,246.90</u>

8.2.2 Costos fijos:

$$8.2.2.1 \text{ Interés: } = \frac{CI \times Ti}{2} = \frac{11246.90 \times 0.09}{2} = 506.11$$

CI = Costo inicial  
Ti = Tasa interés

8.2.2.2 Impuestos: (1% costo inicial)

$$\text{Impuesto} = 0.01 \times CI$$

$$\text{Impuesto} = 0.01 \times 11246.90 = 112.47$$

8.2.2.3 Depreciación:

$$8.2.2.3.1 \text{ Motobomba, } Dm = \frac{CI_m}{Vum}$$

Van....

618.58

Vienen...	618.58
Dm = Depreciación motobomba	
CIm = Costo inicial motobomba	
Vum = Vida útil motobomba	
Dm = $\frac{4859}{10}$	= 485.90

8.2.2.3.2 Tubería y accesorios.

Dta = $\frac{CIT}{Vu \text{ tubería}}$	
Dta = depreciación, tubería y accesorios.	
CIT = Costo inicial tubería y accesorios.	
Vuñ = Vida útil tubería y accesorios.	
Dm = $\frac{6387.90}{15}$	= 425.86
Costo total fijo	= <u>Q.1,530.34</u>

8.2.3 Costos de Operación:( variables )

8.2.3.1 Consumo de combustible ( c.c. )

c.c. = 0.5 gal/hora x Q1.03/gal x 1200 horas/temporada = 618.00

8.2.3.2 Consumo de aceites y grasas ( C.A. y C.G )

C.A = 1 gal/1000 Hp/hora

Costo aceite =  $\frac{1200hrs/temp. \cdot 30Hp \cdot Q7.00/gal}{1000}$  = 252.00

CG = horas trabajo x Q.05/hora

Costo grasa = 1200 x 0.05 = 60.00

Van..... 930.00

Vienen.... 930.00

8.2.3.3 Costos de mantenimiento de la motobomba y reparaciones ( CMM )

$$\begin{aligned} \text{CMM} &= \text{Costo Inicial} \times 0.02 \\ \text{CMM} &= 4859.90 \times 0.02 = 97.20 \end{aligned}$$

8.2.3.4 Costos de servicios ( Cs )

Cs = No. de horas x sueldo por hora x No. personas que operan el equipo

$$\text{Cs} = 1200 \times \frac{3.20}{8} \times 2 = 960.00$$

Total de costos operación Q 1.987.20

8.2.4 Costo total anual ( CTA )

CTA = Costo total fijo + costo total variable

$$\text{CTA} = 1530.34 + 1987.20 = \text{Q } 3.517.54$$

8.2.5 Costo total por millar de m<sup>3</sup> ( CTMM<sup>3</sup> )

$$\text{CTMM}^3 = \frac{\text{Costo total anual}}{\frac{\text{Lámina bruta} \times \text{No. Ha regadas} \times 10000}{1000}}$$

$$\text{CTMM}^3 = \frac{3517.54}{\frac{0.612 \times 9.2 \times 10000}{1000}} = \text{Q } 62.47$$

8.2.6 Costo de operación por millar de m<sup>3</sup> ( COMM<sup>3</sup> )

$$\text{COMM}^3 = \frac{\text{Costo total de operación}}{\frac{\text{Lámina bruta} \times \text{No. Ha regadas} \times 10,000}{1000}} =$$

$$\text{COMM}^3 = \frac{1987.20}{\frac{0.612 \times 9.2 \times 10000}{1000}} = \text{Q } 35.29$$



8.2.7 Costos iniciales por Mz regada ( CIM )

$$\text{CIM} = \frac{\text{Costo inicial}}{\text{Mz regadas}}$$

$$\text{CIM} = \frac{11246.90}{13.4} = \text{Q } 839.32$$

8.2.8 Costos anuales por Mz regadas ( CAM )

$$\text{CAM} = \frac{\text{Costos totales anuales}}{\text{Manzanas regadas}}$$

$$\text{CAM} = \frac{3517.54}{13.4} = \text{Q } 262.50$$

## IX. ESPECIFICACIONES DE RIEGO POR ASPERSION

9.1	De cultivo:	
	Cultivo	caña de azúcar
	Ciclo vegetativo	12 - 14 meses
	Siembra	1 de abril
	Cosecha	30 de marzo
	Profundidad radicular	60 cm
	Altura media	3.50 m
	Lámina evapotranspiradora	49.89 cm
9.2	De riego:	
9.2.1	Generales :	
	Lámina en intervalo crítico	10.8 cm
	Intervalo de riego crítico	20 días
	No. de riegos	5
	Tiempo de riego	10 horas
9.2.2	Aspersores:	
	Boquillas	9/16"
	Caudal	77.5 GPM
	Presión	80 PSI
	Radio de cobertura	104'
	Traslape entre aspersores	58%
	Separación entre aspersores	40 m
	Modelo	8 SE-PS
9.2.3	Laterales:	
	Diámetro	4 pulgadas.
	Material	aluminio
	Separación	40 m
	Longitud	100 m
9.2.4	Sub-principales:	
	Diámetro	4 pulgadas
	Material	Aluminio
	Longitud	180 m

9.2.5

Principales:

Diámetro	4 pulgadas
Material	Aluminio
Longitud	180 m

9.3

De operación y Manejo:

Area de riego	=	94,000 m <sup>2</sup> = 9.2 Has.
		13.14 Mz.

Area de riego por día	=	4,200 m <sup>2</sup> = 0.47 Has
		0.67 Mz.

Area de riego por turno	4,600 m <sup>2</sup>
No. de laterales	1
No. de aspersores por lateral	3
Gasto por lateral	51.83 m <sup>3</sup> /hrs = 14.4 lt/seg.

Carga requerida a la entrada del lateral	62.97 m
Carga total	89.50 m
No. de sub-principales	1
No. de posiciones	20
No. de posiciones por día	1
Potencia de la bomba	30 Hp.

## X. CONCLUSIONES

1. El balance hídrico efectuado, indica que es necesaria la aplicación de riego en los meses de sequía ( diciembre a marzo ), en la finca Bulbuxyá, - propiedad de la Facultad de Agronomía, de la Universidad de San Carlos.
2. Se propone como cultivo, a la caña de azúcar, debido a que el mismo, es uno de los que tienen mayores requerimientos de agua, dando margen para el riego a una cantidad considerable de cultivos propios de la región.
3. En base a los aforos efectuados y el análisis de calidad de agua, el río "Los Trozos", ubicado en la parte oeste del área en estudio, es adecuado como fuente de agua para riego.
4. De acuerdo al estudio de suelos efectuado, el lote No. 1 ( cultivado con caña de azúcar ), reúne buenas condiciones tanto físicas como químicas para la producción de caña de azúcar y otros cultivos.
5. En función del caudal crítico ( en época seca ), y condiciones topográficas, es posible bajo las presentes condiciones; introducir el riego en 9.2 Has.
6. Es necesaria la aplicación de una lámina neta de riego de 8.2 Cm. (3.3 pulgadas ), con un intervalo de riego crítico de 20 días.
7. Las características físicas, topográficas, de pedregosidad y de abastecimiento de la fuente de agua, nos indican que el método de riego más recomendable es el de aspersión.
8. Las especificaciones del equipo para el sistema de riego propuesto se dan en los incisos: 9.2.2, 9.2.3, 9.2.4, 9.2.5.
9. El sistema deberá operarse de acuerdo con las normas establecidas en el inciso 9.3.
10. De acuerdo al análisis económico efectuado, el costo inicial del sistema es de Q.11,246.90, el costo total anual del sistema es de Q.3,517.54; el costo total por millar de m<sup>3</sup> es de Q.62.47; el costo de operación por millar de m<sup>3</sup> es de Q.35.29; el costo inicial por Mz. regada es de Q839.32 y los costos anuales por Mz. regada es de Q.262.50.

## XI. RECOMENDACIONES:

1. Para la instalación del sistema de riego en la finca Bulbuxyá, se recomienda establecer un convenio legal con los posibles usuarios de la fuente de agua para riego, con el propósito de asegurar el caudal requerido en la época crítica. ( Diciembre a marzo ).
2. Se recomienda, efectuar las cotizaciones del equipo necesario para el sistema de riego propuesto, en las casas comerciales existentes en el país, a fin de obtener la condición más conveniente.
3. Para que a la vez que se esté aplicando riego a la caña de azúcar, se completen los elementos que inciden en la producción, se recomienda que dentro del plan de fertilización se incluyan los nutrientes: Nitrógeno y fósforo. E investigar la posible respuesta al Potasio.
4. Se recomienda, realizar los estudios necesarios para habilitar nuevas áreas con potencialidad de riego, dado que existe la posibilidad de incrementar los caudales disponibles aprovechando el recurso hídrico de los ríos Panan y Bujiyá.
5. Para la obtención de datos metereológicos más reales, indispensables en trabajos de investigación agrícola, se recomienda buscar la posibilidad de instalar una estación metereológica en la finca Bulbuxyá.

## XII BIBLIOGRAFIA

1. AGUILERA CONTRERAS, M. Relaciones agua - suelo - atmósfera Tesis Ing. Agr. México, Universidad Autónoma Chapingo, 1979. pp 18-75; 203-290; 298-302.
2. ALGUNOS ASPECTOS básicos sobre el riego por aspersión. México, Ames Tinsa, 1979. 8 p.
3. BOOHER, L. J. El riego superficial. Italia, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1974. pp 3-5; 9-12; 80-85; 118-138.
4. CISNEROS ARAGON, C. Copias del curso de riegos y drenajes I. Guatemala, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1980.
5. CORREU CLEAVES, S. Riego por aspersión en el cultivo del Cartamo en parcelas ejidales. México, Dirección General de Distritos de Riego. Memorandum Técnico No. 2 1978. pp. 22-27; 34-47.
6. CUEVAS RENAUD, B. Análisis y diseño de sistemas de riego por aspersión. Tesis Mag. Sic. Chapingo, México, Colegió de Postgraduados 1978. pp 5-18.
7. ELEMENTOS BASICOS del riego por aspersión. México, Ames Tinsa, 1979. 8 p.
8. ESTADOS UNIDOS. DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA, SERVICIO DE CONSERVACION DE SUELOS. Medición del agua de riego, México, Diana, 1972. 70 p.
9. \_\_\_\_\_. Nivelación de terrenos. México, Diana, 1972. 70 p.
10. \_\_\_\_\_. Planeamiento de sistemas de riego para granjas. México, Diana, 1978. 102 p.
11. \_\_\_\_\_. Riego por aspersión. México, Diana, 1972. 102 p.
12. FLORES, S. Manual de caña de azúcar, Guatemala, Instituto Técnico de Capacitación y Productividad, 1976. 171 p.
13. GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. Atlas hidrológico nacional. Guatemala, 1972. 64 p.

14. \_\_\_\_\_ . INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGIA VULCANOLOGIA, METEOROLOGIA E HIDROLOGIA. Registros climáticos. Guatemala, 1979. 138 p.
15. HANSEN, O e ISRAELSEN, V. Principios y aplicaciones del riego. 2a. ed. Madrid, España, Editorial Reverté, 1975. 396 p.
16. PALACIOS VELEZ, E. Cuánto, cuándo y cómo regar. México Dirección-General de Distritos de Riego. Memorandum Técnico No. 195, 1963. 138 p.
17. PACHECO BONDIL, L. Precipitación efectiva. México, Universidad Autónoma Chapingo. Boletín Técnico No. 2, 1979. pp 1-19.
18. PEÑA DE LA, I. Agua de riego, (Primera parte). México. Ingeniería de Riego y Drenaje. Boletín Técnico No. 8 1978. pp 11-14; 27-39; 61-78.
19. \_\_\_\_\_ . Agua de riego, (Segunda parte). México, Ingeniería de Riego y Drenaje. Boletín Técnico No. 8 1978. pp. 89-98; 134-155.
20. RIEGO POR aspersión, cómo, cuándo y dónde regar. México, Ames Tinsa, 1979. 8 p.
21. SANDOVAL ILLESCAS, J. E. Diseño de dos sistemas de riego (aspersión y goteo) para el campo experimental de la Facultad de Agronomía. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, 1977. 72 p.
22. SIMMONS, C., TARAMO, J. M. y PINTO, J. H. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, José de Pineda Ibarra, 1959. 1000 p.
23. WITHERS, B. y VIPOND, S. El riego; diseño y práctica. México, Diana, 1978. pp. 24-26; 55-64.
24. ZIMMERMAN, J. D. El riego. México, Compañía Editorial Continental, 1979. pp. 53-83; 139-167; 183-205.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



ACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

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

" IMPRIMASE "

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

