

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

ESTUDIO DE INTRODUCCION Y DISEÑO DE RIEGO POR ASPERSION

PARA LA ALDEA MARAJUMA, MORAZAN, EL PROGRESO



CESAR AUGUSTO GOMEZ CRUZ

Al conferirsele el título de

INGENIERO AGRONOMO

En el Grado Académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, Noviembre de 1983

D.L.
01
T(751)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

RECTOR

DR. EDUARDO MEYER MALDONADO.

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL

EXAMEN GENERAL PRIVADO.

DECANO	Dr. Antonio Sandoval S.
EXAMINADOR	Ing. Agr. Rolando Aguilera
EXAMINADOR	Ing. Agr. Felipe de Jesus Jerónimo
EXAMINADOR	Ing. Agr. Victor Aragón C.
SECRETARIO	Ing. Agr. Carlos Fernández



Referencia

Asunto

FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Guatemala, 10 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.

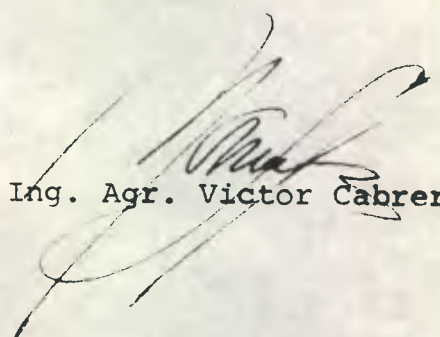
Distinguido señor Decano:


Atentamente nos dirigimos a usted para informarle que de acuerdo a la designación emanada de esa Decanatura, hemos procedido a asesorar y revisar el trabajo de tesis titulado: "ESTUDIO DE INTRODUCCION Y DISEÑO DE RIEGO POR ASPERSION PARA LA ALDEA MARAJUMA, MORAZAN, EL PROGRESO", que fue realizada por el Perito Agrónomo César Augusto Gómez Cruz, como requisito previo a optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Sobre el particular, nos permitimos indicarle que encontramos el trabajo enteramente satisfactorio y que llena los requisitos académicos para ser aprobado como tesis de grado.

Nos suscribimos de usted atentamente.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Agr. Víctor Cabrera.


Ing. Agr. César Cisneros.

Guatemala, 10 de noviembre de 1983


HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

De conformidad con las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de Tesis Titulado:

"ESTUDIO DE INTRODUCCION Y DISEÑO DE RIEGO POR ASPERSION
PARA LA ALDEA MARAJUMA, MORAZAN, EL PROGRESO"

Como requisito previo para optar el Titulo de Ingeniero Agrónomo, en el grado Académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente,


César Augusto Gómez Cruz

ACTO QUE DEDICO

AL SUPREMO CREADOR

A MIS PADRES:

Victor Manuel Gómez (Q.E.P.D.)
Lucy Cruz de Gómez

A MI ESPOSA:

Astrid Verónica Girón S.

A MI HIJA:

Mónica Michelle

A MIS HERMANOS:

Carmen, Amparo, Luvia, Ruth,
Aura, Liliana, Carlos, Victor,
Edgar

A MIS SOBRINOS Y FAMILIARES

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS

RECONOCIMIENTO

Mi agradecimiento sincero al Ingeniero Agrónomo MSc. CESAR CISNEROS A. y al Ingeniero Agrónomo MSc. VICTOR MANUEL CABRERA, por la orientación, asesoría y revisión del presente trabajo de Tesis.

A la REGION "V" de DIGESA, en especial al Proyecto de MINIRIEGO, por la colaboración en la realización de la fase de campo.

A Liliana, Aury Gómez y Verónica Girón, por la valiosa colaboración en el trabajo mecanográfico.

Al Licenciado en Economía MARCO ANTONIO RAMOS, por su colaboración en el Análisis Económico del presente trabajo.

A las Familias Gómez Girón y Girón Santizo.

CONTENIDO

Página.

Indice de Cuadros y Gráficas	1
Indice del Apendice	1
Resumen	1
I. Introduccion	3
II. Objetivos	4
III. Hipótesis	5
IV. Revisión de Literatura	5
4.1 Fuente de Agua	7
4.2 Consumo de Agua por las plantas	7
4.3 Evaporación	8
4.4. Evapotranspiración	8
4.4.1 Procedimiento para estimar la evapotranspiración	9
4.5. Calendario de riego	9
4.6 Descripción general del sistema de riego por aspersión	9
4.6.1 Consideraciones Generales	11
4.6.2 Selección de Aspersores	12
4.6.3 Diseño de laterales	13
4.6.4 Partes que integran una planta de bombeo	13
V. Generalidades del Area	16
5.2 Antecedentes	16
5.2 Ubicación	16
5.3 Vías de acceso	16
5.4 Colindancias	18
5.5. Aspectos Físicos	18
5.5.1 Aspectos ecológicos	18
5.5.2 Climatología	18
5.5.3 Vegetación	18
5.5.4 Uso de tierra	18
5.6. Aspectos Socio-económicos	18
VI. Estudios Previos	20
6.1 Estudios hidrológicos	20
6.2 Estudio topográfico	23
6.3 Estudios de suelos	23
6.4 Cultivos a regarse	28
6.5 Determinación del consumo de agua ó evapotranspiración	28
6.6. Determinación de los requerimientos de riego	31
6.6.1 Cálculo de la precipitación efectiva	34
6.6.2 Cálculo de láminas de riego	34
6.7 Determinación del Calendario de riego	36
VII. Diseño	39
7.1 Captación	39
7.2 Criterios para la selección de tubería	39
7.3 Selección de Aspersores	41
7.4 Operación del sistema	41
7.4.1 Determinación de la longitud y número de late- rales.	43

	Página	
7.5	Diseño de laterales	43
7.6	Diseño de tubería principal	46
	7.6.1 Procedimiento general de diseño	46
	7.6.2 Ajuste de diámetros de la tubería del sistema	54
7.7.	Requerimiento de potencia	58
	7.7.1 Carga dinámica total	58
	7.7.2 Potencia requerida	58
7.8	Especificaciones del sistema	59
	7.8.1 Especificaciones técnicas para las condiciones de diseño.	59
7.9	Costos totales	61
VIII..	Análisis económico financiero	62
	8.1 Parámetros para el análisis económico	62
	8.2 Fuente financiamiento	62
	8.3 Inversión de funcionamiento	62
	8.4 Costo Agrícola	65
	8.5 Costos financieros	65
	8.5.1 Estimación de servicios de la deuda	66
	8.5.2 Resumen de costos, ingresos y beneficios	66
	8.5.3 Flujo de fondos	67
	8.6 Flujo actualizado de fondos	68
	8.6.1 Evaluación financiera	68
	8.7 Análisis de sensibilidad	70
IX.	Conclusiones	71
X.	Recomendaciones	73
XI.	Bibliografía	75
XII.	Apéndice	77

INDICE DE CUADROS

Cuadro:	Página
1-	Análisis químico del Agua 20
2-	Análisis Físico del Suelo 25
3-	Análisis químico del Suelo 26
4-	Determinación de constantes de humedad del suelo 27
5-	Infiltración 29
6-	Determinación de la Evapotranspiración real para el tabaco. 32
7-	Datos Climáticos 33
8-	Cálculo de la precipitación efectiva 31
9-	Valores de los requerimientos de riego 34
10-	Valores de lámina de humedad aprovechable 35
11-	Datos para calcular el calendario de riego 36
12-	Resumen del calendario gráfico de riego 36
13-	Turnos y horas para el riego 40
14-	Condiciones de viento para un traslape adecuado 41
15-	Distribución de laterales por sectores y parcelas 42
16-	Pérdidas por fricción en línea según diámetro del tubo 44
17-	Carga a la entrada de los laterales 46
18-	Costos fijos de la tubería 47
19-	Análisis económico de la tubería principal 48
20-	Consumo de BHP para diferentes tipos de combustible 49
21-	Valores de hf para tubería de diferentes diámetros y caudales en cada diámetro. 51
22-	Valores de caudales en base a hf y BHP 52

Cuadro:

INDICE DE CUADROS.

Página.

23-	Diámetros de cada sección de la tubería principal.	54
24-	Análisis de tramos y diámetros resultantes	57
25-	Tarifa establecida por el INDE para trabajos agrícolas.	63
26-	Costos de producción por hectárea para 1,983	65
27-	Estimación de servicios de la deuda	66
28-	Resumen de costos, ingresos y beneficios	67
29-	Flujo de fondos	67
30-	Flujo actualizado de fondos	69
31-	Análisis de sensibilidad	70

INDICE DE FIGURAS

Figura:		Página
1.-	Ubicación del área	17
2.-	Diagrama para la clasificación de las aguas para riego.	24
3.-	Plano general del área	24 a.
4.-	Perfil general del área	24 b.
5.-	Representación gráfica de la velocidad de infiltración.	30
6.-	Representación de la velocidad de infiltración instantánea y acumulada para la obtención de los parámetros de Kostiakou en papel log.	30
7.-	Calendario de riego	37
8.-	Sectorización del área	42 a.
9.-	Pérdida de carga en función de caudal y caudal equivalente para varios diámetros.	51 a.
10.-	Secciones de diámetros de tubería en relación al caudal del tramo.	53

INDICE DEL APENDICE

<u>CUADRO</u>		<u>PAGINA</u>
1.	Cálculo de aforo	78
2.	Cálculo de evapotranspiración chili pimiento	79
3.	Cálculo de evapotranspiración maíz	79
4.	Cálculo de evapotranspiración frijol	79
5.	Coefficiente global de cultivos	80
6.	Coefficiente Kc de cultivo	80
7.	Características de aspersores	81
8.	Pérdidas por fricción en tubería con salidas múltiples	82
9.	Factor de recuperación del capital al 20%	82
ANEXO:		
	Figura No. 1, Curva de eficiencia de bomba	83

RESUMEN

En el año de 1979, a través del proyecto de Mini-Riego y Conservación de Suelos de la Región "V" de DIGESA, se detectó en la Aldea Marajuma, jurisdicción municipal de Morazán, departamento de El Progreso, un área potencial de ser incorporada a la agricultura intensiva mediante la introducción de riego. Se planteó esta posibilidad a los agricultores, haciéndoles ver que con éste Proyecto se estaría solucionando en parte sus problemas socio-económicos, ya que la agricultura constituye la única fuente de trabajo en el área.

Se realizaron los estudios preliminares necesarios y se determinó que técnicamente si es factible la introducción de riego para 49 hectáreas, tomando en cuenta solo áreas que no tengan una pendiente mayor del 5%. El método de riego seleccionado fue el de aspersión, debido principalmente a las condiciones topográficas y edáficas existentes en el área, la fuente de agua es el río Morazán, el cual reúne las condiciones adecuadas en cuanto a disponibilidad y calidad de las aguas. La única alternativa existente, es la de bombear el agua por medio de dos motores eléctricos de 50 Hp. cada uno, colocados en paralelo, los cuales deben vencer una carga dinámica total de 104.31 m. y suministrar un caudal de 27.5 litros por segundo.

El sistema será semi-fijo, siendo la conducción fija con tubería de PVC (cloruro de polivinilo), y la distribución será móvil con tubería de aluminio. El intervalo de riego crítico es de diez días y la lámina neta a aplicar es de 5.36 cm.

El costo total del proyecto asciende a la cantidad de Q. 70,000.00, siendo el costo anual por hectárea de Q. 1,428.57. El análisis económico -

financiero realizado da una rentabilidad de 124%, y la relación beneficio-costo es de 2.24, por lo cual se deduce que la construcción del proyecto - financieramente si es factible.

I. INTRODUCCION

A pesar de los grandes adelantos tecnológicos, el hombre tiene aún que resolver el problema de producir la cantidad necesaria de alimentos para su subsistencia. Problema que debe resolverse a la par del alto crecimiento demográfico y del agotamiento gradual de los recursos naturales, tales como el agua disponible para la agricultura en las próximas décadas.

Desde la más remota antigüedad, el hombre conoce primordialmente papel que desempeña el agua en las relaciones entre las plantas, el clima y el suelo y - por medio del riego siempre se ha querido solucionar las dificultades provisionales o permanentes que pueden derivarse de la sequía, pero únicamente los terrenos llanos y bien situados podrían hasta entonces regarse por gravedad.

Disponer de agua para poder regar mayores superficies, se está convirtiendo - cada día, en forma más acentuada, en un reto para la técnica, que ha puesto bastante énfasis en el logro de mejores métodos de conservación y aprovechamiento más eficientes de las fuentes disponibles.

El desarrollo de la agricultura bajo riego, tiene actualmente gran importancia, porque mediante técnicas se puede incorporar a la producción, algunas áreas que, dadas las deficiencias del recurso natural de 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.

El riego constituye una alternativa que puede contribuir significativamente a elevar el nivel de vida de la población de un país, ya sea desarrollado o en vías de alcanzarlo, ya que através del riego, se plantea la posibilidad - de introducir una agricultura intensiva en áreas limitadas por el deficitario aporte de humedad debido a las lluvias.

La planificación del sistema de riego y la selección del método de riego para un área determinada, son los primeros pasos necesarios para lograr la meta final de aplicar agua de riego cuando el cultivo le necesite y sin pérdidas excesivas.

Se considera que el desarrollo de la agricultura de regadío que intente mejorar el nivel de vida de los agricultores, es solamente posible através de - una integración, con los factores agrícolas, sociales y económicos.

Durante los últimos, Guatemala ha puesto un énfasis mayor en el desarrollo de varias actividades agrícolas, entre las cuales se incluye el riego, el cual tiene que concebirse como parte de una transformación general de la sociedad rural, si se requiere asegurar la obtención de frutos de un método rápido y

eficiente, de acuerdo con los programas que en materia de riego se emprendan.

El Ministerio de Agricultura, através de la Dirección General de Servicios Agrícolas (DIGESA), está promoviendo un programa de incorporar agua de riego a aquellas áreas que son susceptibles de cultivarse todo el año, en este programa se han logrado avances muy significativos lo cual ha redundado en un beneficio tanto económico, como social de los agricultores participantes.

Por lo anterior, se considera de suma necesidad la introducción de agua para riego en la aldea "Marajuma", municipio de Morazán, El Progreso, ya que siendo un área favorecida por la presencia de una fuente de agua, como lo es el río Morazán, el cual es bastante caudaloso, lo que permite suministrar las cantidades necesarias de este recurso para regar el área de la aldea. Además se cuenta con la ventaja que se puede disponer de todo su caudal, ya que en las partes más bajas no es aprovechada por ninguna comunidad y va a desembocar el río Motagua.

II. OBJETIVOS

2.1 Generales

Contribuir a mejorar el nivel del pequeño agricultor de la comunidad, mediante el aumento de la productividad de la tierra por medio del abastecimiento de agua en época seca.

2.2 Específicos

- Aprovechamiento racional del agua y suelo, mediante la aplicación de riego por aspersión.
- Determinación de los requerimientos de equipo y materiales necesarios, así como normas de operación y costos del sistema.
- Diversificación de cultivos en el área de riego.

3. HIPOTESIS

De acuerdo a la calidad del agua, condiciones del suelo y plantas, es factible realizar riego en la zona de "Marajuma".

IV. REVISION DE LITERATURA

4.1 Fuente de agua

Salovitz M. (1944) dice que el agua circula continuamente en el globo terrestre y su atmósfera. a través del interminable ciclo hidrológico que se presenta en las fases de precipitación o lluvia, escurrimiento, infiltración, retención o almacenamiento, evaporación y así sucesivamente.

Américan Water Association (1968), define como fuente de abastecimiento de agua "aquel punto o fase del ciclo hidrológico del cual se desvía o aparta temporalmente para ser usada, regresando a la naturaleza". Las fuentes de agua necesarias pueden encontrarse bien en las reservas naturales; ríos, arroyos, pozos, o bien en las reservas artificiales: lagunas, embalses. Se debe siempre tomar en cuenta para los proyectos, los caudales de estiaje, para no exponerse a déficit en la época de mayor demanda de agua.

4.1.1 Calidad de aguas de riego.

De la Peña I. (1976). dice que la calidad del agua desde el punto de vista agrícola, es un término que se emplea para indicar la conveniencia o limitación de su empleo para fines de riego. La determinación favorable o desfavorable de su utilización requiere no solamente tener presente las condiciones de carácter químico que presente el agua al momento de analizarse, sino también las características fisicoquímicas de los suelos, así como la susceptibilidad o resistencia de las plantas de cultivo que se vaya a regar. En la clasificación y uso de las aguas para fines de riego, se debe tomar en cuenta las características siguientes:

a) Características Químicas

La calidad depende de los constituyentes salino-sódicos y elementos tóxicos. De acuerdo a esto se clasifican las aguas que se utilizan en riego bajo tres factores principales:

- Contenido de Solubles:

Según Sánchez, Ortega, Chena (1954), dicen que el laboratorio de Salinidad de Estados Unidos, ha propuesto la siguiente clasificación:

CLASIFICACION	INDICE mm/cm.	CLASE
Agua de baja salinidad	100 - 250	C ₁
Agua de salinidad media	250 - 750	C ₂
Agua altamente salina	750 - 2250	C ₃
Agua muy altamente salina	superior a 2250	C ₄

- Concentración relativa del sodio con respecto a otros cationes y su efecto en las características físicas del suelo. (peligro de acumulación de sodio en el suelo).
- Concentración de iones tóxicos y su efecto en las plantas - de cultivo.

b) Condiciones agronómicas

De acuerdo a los datos a obtener en el laboratorio de las características químicas del agua para riego, la aplicación de be estar sujeta a la susceptibilidad o daño que puedan ocasionar los contenidos salinos en los cultivos.

c) Condiciones edafológicas

Cuando las aguas de riego presentan contenido de sales solubles, el efecto nocivo de éstos se debe a que producen presiones osmóticas en la solución del suelo que está en contacto con las raíces de las plantas, las cuales al pasar de ciertos valores ocasionan disminución en los rendimientos o pérdida total de las cosechas. Estos efectos son diferentes para distintos cultivos y etapas de desarrollo.

4.1.2 Sólidos en suspensión

No existe ninguna clasificación, en la cual se puedan determinar los límites entre los que se puede predecir si ésta agua es buena o no de acuerdo a la cantidad de sólidos en suspensión, pero definitivamente lo que si influirá ostensiblemente la elección de la calidad del agua, va a ser el tipo de aspersor a usar y la boquilla que este usará, ya que entre más reducido es el diámetro de la boquilla, existirá mayor problema al usar el agua con elevada cantidad de sólidos en suspensión, por lo cual se recomienda usar aguas con bajo contenido en partes por millón de sólidos.

4.2 Consumo de agua por las plantas

Aoorenbos J. y Kassan (1979), dice que las plantas, como todos los organismos vivientes, tienen necesidad de agua para vivir y desarrollarse, el agua forma lo esencial de sus tejidos y representa el único medio de nutrición. Para vivir, la planta debe desde luego absorber el agua que ha servido para disolver las sales minerales y las materias orgánicas - del suelo y después llevarla al lugar de su asimilación. Una parte de - agua absorbida del suelo queda fijada a la planta con las sales minerales que transporta, el resto es transpirada.

4.2.1 Capacidad de almacenaje de agua en el suelo

Según Grassi (1975), la capacidad de almacenaje de agua en el - suelo y su disponibilidad para la planta, está comprendida entre el contenido hídrico que comprende la capacidad de campo (CC) y el punto de marchitez permanente (Pmp).

4.2.1.1 Capacidad de campo

Dice Grassi (1975), que representa la capacidad capilar de - un suelo, la que a su vez está relacionada con el tamaño de sus partículas, ella depende fundamentalmente de la textura. Con relación a los valores de energía de retención de agua, está dentro del orden de 1/10 bares de succión matriz en el suelo arenoso, 1/3 bares en suelo franco y 1/2 bares en suelo arcilloso.

4.2.1.2 Punto de marchitez permanente

Grassi (1975), afirma que representa el límite inferior de aprovechamiento de agua del suelo por las plantas. Algunas fuentes de error se presentan en su determinación, ya que el Pmp al igual que el CC, es un término dinámico, que debe ser considerado como una región de contenido de humedad; sin embargo, se acepta comúnmente las 15 bares de succión matriz, como límite inferior de disponibilidad de agua para los cultivos.

4.3 Evaporación

Búcaro (1973), dice que el fenómeno físico de la evaporación no es más que el paso del agua al estado de vapor a la temperatura ambiente.

Le Costumer (1970), afirma que la evaporación en términos globales, depende de la energía calorífica recibida del sol, de la temperatura, de la humedad del ambiente, de la velocidad del viento y su dirección, de

la constitución química del agua, de la presión barométrica del agua. El efecto de la radiación y como una consecuencia de la misma, la temperatura es la de activar las moléculas del agua proporcionándole energía cinética que facilita el desprendimiento de pequeñas moléculas de la masa de agua.

4.4 Evapotranspiración potencial

La Organización de Naciones Unidas FAO (1975) dice que la evapotranspiración potencial, es la cantidad de agua evaporada y transpirada por una cobertura de pequeñas plantas verdes, en estado activo de crecimiento y con una provisión adecuada y continua de humedad.

Dice Grassi (1975) que para el caso de una vegetación de escasa altura en activo crecimiento, que cubre integralmente el terreno y sin restricciones de humedad edáfica, la evapotranspiración potencial, depende fundamentalmente de las condiciones climáticas existentes, dadas por las características físicas de la atmósfera vecina al suelo.

4.4.1 Procedimiento para estimar la evapotranspiración

Grassi (1975) describe los métodos con que se cuenta para estimar la evapotranspiración, se basan en sólidos principios físicos como el de la transferencia del vapor acuoso de Thornthwaite-Holzman o del balance de energía; o en la medida directa de evapotranspiración de una superficie libre de agua. Lisímetros y evapotranspirómetros, o del agua depositada en esferas de porcelana porosa; o en fórmulas basadas en datos meteorológicos, fácilmente disponibles o sea ecuaciones de Penman, Thornthwaite, Penman y Schofield; Blaney-Criddle, Hargreaves.

El método de Blaney-Criddle (1950) fue desarrollado para las condiciones del oeste de los Estados Unidos, relacionado valores reales (actuales) de uso consultivo, con la temperatura media mensual, y el porcentaje mensual de horas anuales del brillo solar. Además toma en cuenta el coeficiente de cultivo, el cual es variable con la especie en la explotación. Dado que aún para terreno completamente cubierto por la vegetación, caso de la alfalfa y de las gramíneas perennes, la fórmula de Blaney-Criddle requiere un coeficiente de cultivo variable a lo largo de la estación de crecimiento; el servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos introdujo un factor de correlación de coeficiente de cultivo en función de la temperatura media del mes para lograr resultados más exactos. Este método tiene la ventaja de haber sido desarrollado en base a datos obtenidos en experiencias de riego, en condiciones de aridez y semi-aridez.

4.5 Calendario de riego

Grassi (1966) dice que el calendario programa de riegos proporciona la información sobre el número de riegos que se le van a aplicar al cultivo, los intervalos entre riegos, las láminas de requerimiento de riego y las láminas netas de riego. En el programa de riego se combinan las características de retención de agua por los suelos, y los de requerimiento de agua por los cultivos. El primer riego se aplica para tener un contenido de humedad igual a la capacidad de campo en toda la profundidad radicular, suponiendo que la humedad inicial es el porcentaje de marchitamiento permanente, los riegos subsecuentes se aplican cuando el nivel de humedad aprovechable llega al punto crítico.

Existen dos métodos para el cálculo del programa de riego: método analítico y método gráfico, Chávez (1977).

4.5.1 Método Analítico

Este método consiste en contabilizar las entradas que son los riegos y las salidas que son los requerimientos de riego y cambio de almacenamiento de agua en el suelo a la profundidad radicular del cultivo.

4.5.2 Método Gráfico

Para el cálculo del programa de riego utilizando este método se hace una gráfica en la que estarán en las abscisas el tiempo de duración del ciclo vegetativo en días y en las ordenadas los valores del requerimiento de riego acumulado del cultivo.

4.6 Descripción general de un sistema de riego por aspersión

Según la Misión OEA-Israel, Perú (1973) describe la aspersión, la cual consiste en aplicar el riego en forma de una llovizna, controlada en tiempo e intensidad. El principio básico de operación es el de conducir agua a presión dentro de las tuberías, las que pueden ser ligeras y portátiles de rápido acoplamiento; con aspersores colocados a intervalos, accesorios básicos encargados de distribuir el agua en la forma más perfecta posible dando un patrón de mojado uniforme, las que vienen diseñadas para operar a diversas presiones, espaciamientos y tamaños; la distribución se puede realizar en una amplia gama de condiciones y diversas características de flujo. La aspersión es totalmente independiente de suelo y del relieve, permite regar terrenos muy difíciles, evitando además todas las degradaciones debidas a las escorrentías, ya que el agua es aportada al mismo nivel de la planta puede dosificarse perfectamente permitiendo añadir eventualmente y como complemento las materias fertilizantes.

4.6.1 Consideraciones Generales

Gundersen, W. (1979) dice que para realizar un buen diseño se requiere la combinación de conocimientos de principios de ingeniería y de

agricultura, ya que cada caso en particular presenta sus características propias que obligan a un diseño específico. En términos generales el diseño debe tomar en cuenta la operación del sistema que tiene que diseñarse para que:

- a) El sistema aplique el máximo requerimiento de riego de cualquier cultivo y aplique la cantidad deseada de agua en un tiempo determinado.
- b) La aplicación del riego no cause pérdidas por escorrentía o percolación profunda. Sin embargo debe mantenerse por encima de 0.5 cm.² por hora (especialmente en climas cálido-seco) para reducir las pérdidas por evapotranspiración o evaporación.
- c) La presión en la tubería y el espaciamiento de los aspersores sea tal que permita la distribución uniforme de agua. Puesto que el objeto es producir en el punto máximo-económico, el agua debe aplicarse bajo este concepto. En consecuencia, los datos para proceder al diseño y que pueden constituirse en factores limitantes son:
 - Las características de la zona radical (distribución y profundidad).
 - Uso consuntivo o evapotranspiración.
 - Características y requerimientos propios del cultivo y prácticas culturales.
 - Capacidad de infiltración del suelo que determina la descarga del sistema para que no se produzcan pérdidas por escorrentía.
 - Capacidad de almacenamiento o retención del agua del suelo (capacidad de campo) y la humedad aprovechable deseada que fijan la cantidad y frecuencia de riego.
 - Cantidad y calidad del agua (basura, sedimento, arena, sales) disponible y su localización con respecto al área a ser regada.
 - Tamaño y forma del área a regar, su topografía (ondulada, partes altas y bajas) y el tipo de suelo.
 - Arreglos propios del sistema para su operación que fija el espaciamiento.
 - Costo inicial que es directamente proporcional al equipo fijo que se diseñó.

- Presión deseada en el sistema, viento prevaleciente en el área, las pérdidas por fricción.

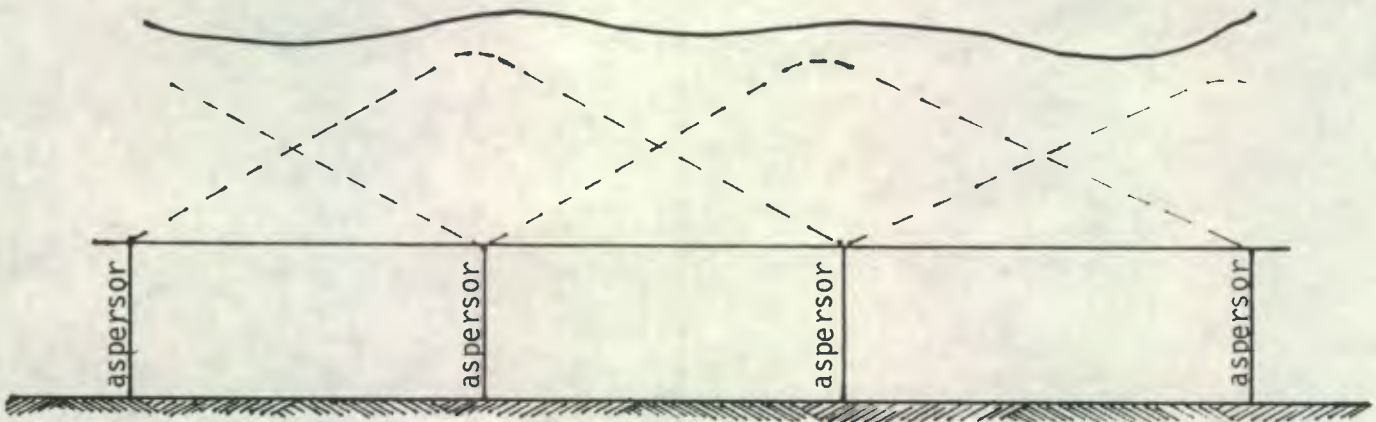
4.6.2 Selección de aspersores

Gundersen (1979), afirma que la consideración en el diseño de cualquier sistema de riego por aspersión lo constituyen los requisitos de humedad del cultivo y la capacidad de los suelos para absorber y retener el agua. Los rociadores llamados también aspersores son la clave, ya que son sus características de operación conforme a presiones óptimas, las que habrán de precisar de que manera encajan en el sistema. Los aspersores se diseñan por rociadores que son capaces de descargar de 1-600 gpm, con lo cual puede cubrirse grandes áreas dependiendo de la presión, tamaño de rociador y velocidad de rotación (lenta o rápida), siendo más común el tipo lento que tiene un ángulo bajo (70°), para situaciones en las que el chorro debe mantenerse pegado al suelo tanto como sea posible. La presión es importante en la operación del sistema porque define la descarga del mismo. Comercialmente hay varios tipos y tamaños de rociadores que se adaptan a prácticamente todas las situaciones existentes.

Ortega, V. (1981) dice que el patrón de distribución de la aspersión está en función de los factores siguientes: diámetro de boquilla, presión de operación y velocidad del viento, y para cada combinación de éstos existe determinado patrón de distribución. Por lo tanto, para poder aplicar una lámina uniforme al suelo, es necesario tomar en cuenta dichos factores, para ello en primer lugar es conveniente que los patrones de mojado se traslapen una cierta cantidad; como puede observarse en la gráfica No. 1

GRAFICA No. 1

Perfil de distribución de un aspersor individual y la distribución de láminas aplicadas considerando traslape.



4.6.3 Diseño de laterales

Según Rojas, R. (1980) El diseño de laterales depende de una serie de factores técnicos, económicos y humanos que hace esta fase una de las más difíciles en el diseño de riego por aspersión. Los factores más importantes que deben tomarse en consideración.

- a) Rata de aplicación máxima, basada en la infiltración básica.
- b) Tiempo de riego en base a lo anterior y a la lámina a aplicar.
- c) Topografía del área.
- d) Frecuencia o intervalo de riego.
- e) Características de la fuente
 - ubicación
 - forma de entrega
 - caudal
- f) Tipo del sistema
 - fijo
 - semi fijo
 - móvil
 - autopropulsado
- g) Factor climático
- h) Factores de operación y mantenimiento
 - técnicos
 - humanos
- i) Energía utilizada
- j) Factores económicos

Para el caso de utilización de tuberías móviles de aluminio, el diseño de laterales móviles consta de varias fases que se describen seguidamente:

1. Escogencia de la dirección de movimientos
2. Escogencia del espaciamiento entre posiciones
3. Determinación de la rata de aplicación
4. Determinación de la longitud y número de laterales
5. Escogencia de los aspersores y de la presión de trabajo
6. Dimensionamiento de la tubería
7. Trazado del sistema de laterales

4.6.3.1 Disposición y movimiento de laterales

Rojas R. (1980) dice que es norma general que los laterales sean colocados paralelos a las curvas a nivel, a fin de evitar diferencias de presión debidas a cambios de elevación, sin embargo en terrenos planos este factor no tiene mucha importancia, ya que estas diferencias son muy pequeñas. Entre los factores que hay que tomar en cuenta para decidir sobre la dirección del movimiento están los siguientes:

- a) Topografía general
- b) Pendiente del terreno
- c) Dirección y velocidad del viento
- d) Parcelamiento existente
- e) Forma de movimiento de laterales
- f) Ubicación de la fuente de agua

Cuando los vientos son fuertes, se recomienda colocar los laterales de manera de formar un ángulo de 45° y 90° con relación a la dirección predominante de los vientos, al hacerlo así, se compensa el efecto del viento y se logra una mejor distribución.

El parcelamiento existente, la división de los campos de cultivo y la existencia de obras como terrazas, muros de contención o cercas de piedra, limita la colocación de los laterales. En estos casos el diseño tiene que adecuarse forzosamente a esas condiciones.

4.6.4 Partes que integran una planta de bombeo

Según Velasco Sánchez (1974) las partes que en general integran una planta de bombeo con fines de riego, se clasifican:

- Captación y obra de toma:

Esta puede consistir desde un simple tajo en la margen de un río, hasta una presa de almacenamiento, de aquí se toma el agua requerida.

- Obra de succión o cárcamo

Es la estructura vertical en donde descarga el conducto de la toma y se instalan las bombas para elevar el agua al nivel deseado. En su diseño se toma en cuenta la facilidad que se debe tener para su instalación y limpieza periódica.

- Equipo de bombeo

Lo constituyen todas las unidades (bomba y motor) de bombeo, así como los accesorios de control y protección (válvulas) antes de iniciarse la descarga común y los dispositivos de arranque y parada.

- Descarga

Comprende todos los elementos e instalaciones que se requieren para conducir el agua, desde la salida de la bomba hasta donde se inicia su distribución.

- Caseta de controles

Se construye para alojar los controles eléctricos que operan las bombas, como son arrancadores, estación de botones. Se localiza de tal manera que el acceso a ella sea rápida y fácil, sus dimensiones dependerán de los artefactos que aloja, dotándose de una buena ventilación.

- Sub-estación eléctrica

En los casos en que se emplea la energía eléctrica para mover las bombas, es necesario instalar una subestación eléctrica, la cual tiene por objeto cambiar las características de la energía aprovechada (generalmente de alto y bajo voltaje) y suministrar lo requerido por el equipo de bombeo. Escencialmente una instalación de este tipo consta de las siguientes partes:

- Transformador
- Seccionador
- Cuchillas fusibles
- Aparta rayos
- equipo de medición

- Protección de las instalaciones

Se debe de proteger los elementos de una planta de bombeo a los animales, personas ociosas y del agua de lluvia; colocándolos en una caseta la cual debe diseñarse a manera que sea posible realizar maniobras al mover las máquinas, ya sea para reparaciones, darles servicio de mantenimiento o cualquier otra eventualidad, además se proveerá de una buena ventilación.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE RIEGO POR ASPERSION

VENTAJAS: Según Misión OEA-PERU (1973)

- Se distribuye mas eficientemente el volumen de agua en la superficie del suelo.
- Se consigue una alta eficiencia de riego (85%) permitiendo ahorro de agua.
- No es necesario hacer nivelaciones precisas que generalmente son costosas y a veces críticas, ya que la capa de terreno buena puede ser lograda, bajando de esta manera su fertilidad por muchos años.
- Se puede regar eficientemente suelos de cualquier textura, incluso los más arenosos y con alta velocidad de infiltración.
- En cada riego, permite aplicar la cantidad de agua con bastante exactitud de acuerdo a las necesidades de las plantas y hasta la profundidad de raíces.
- Puede regarse de noche lográndose altas eficiencias

- Es posible aplicar fertilizantes en el agua de riego.
- Se ahorra mano de obra.
- Evita la formación de costras y grietas al secarse el suelo de textura fina.

DESVENTAJAS: Según la Secretaría de Recursos Hidráulicos (1979)

- El diseño debe ser cuidadoso, para dar 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 mas 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 de operación y mantenimiento de operación es elevado.
- Necesita aguas limpias y sin sales.
- Resulta mayor problema con enfermedades fungosas de la parte aérea de la planta.

5. GENERALIDADES DEL AREA

5.1 Antecedentes

Desde tiempo atrás, la Aldea Marajuma ha tenido el problema de la escasez de agua para el riego de las áreas aptas para cultivo, sólo algunas áreas ubicadas en las partes bajas y a orilla de la quebrada Marajuma, son los que actualmente se riegan por gravedad en forma bastante rústica. Además este problema se ha hecho más marcado actualmente, ya que el agua de dicha quebrada se ha ido escaseando paulatinamente, agravando más la situación de los agricultores.

El fenómeno de la escasa pluviosidad en el área, se debe a que forma parte del valle de la Fragua. Dicho valle se encuentra rodeado por montañas y el resultado de la influencia que ejercen las condiciones orográficas es una pluviosidad escasa y mal distribuida, ya que los vientos provenientes del mar Caribe conducen las nubes a las partes montañosas donde se concentra la precipitación.

Es por ésta razón que los agricultores de la zona, concientes de la necesidad de obtener agua para riego de sus cultivos, iniciaron sus gestiones ante la Dirección General de Servicios Agrícolas (DIGESA), a fin de lograr que esta Institución estatal realizara un estudio de factibilidad para el establecimiento de un sistema de riego. En esta forma se logró la realización del presente estudio, esperando que contribuya al desarrollo tanto económico como social de los habitantes de la aldea.

5.2 Ubicación

El área para la introducción de riego, se encuentra ubicada en la aldea Marajuma, perteneciendo al municipio de Morazán, departamento de El Progreso. Se encuentra comprendido entre la latitud $14^{\circ}55'43''$ y una longitud de $90^{\circ}06'07''$ (ver figura No. 1). La altura aproximada sobre el nivel del mar es de 360 m.

5.3 Vías de acceso

Se encuentra distante de la ciudad capital, sobre la carretera que conduce a los departamentos de Alta y Baja Verapaz en el Km 94.5 sobre carretera asfaltada, se desvía de la misma 3 km para llegar a dicha aldea; existe otro acceso por el municipio de Morazán, distando 5 km, ambos accesos son de terracería transitables todo el año.

5.4 Colindancias

La aldea Marajuma colinda al norte con la aldea La Laguna y la Sierra de Chuacús; al sur con el río Motagua y la aldea Palo montonado; al este con las aldeas Pasasagua y Tulumajillo; y al oeste con la Aldea los Aristondos y Morazán.

UBICACION DEL AREA



5.5 Aspectos Físicos

5.5.1 Aspectos Ecológicos

Holdridge dice que de acuerdo a la clasificación de las zonas de vida vegetal elaborado, se encuentra la aldea dentro de la región tropical muy seca (ahora subtropical muy seca), la cual abarca un porcentaje bajo 1.5% del total del área de la república y se encuentra ubicada en su mayor parte en los alrededores del Rfo Motagua.

5.5.2 Climatología

La aldea se encuentra dentro de las partes más secas y calurosas del departamento y de la república. Los datos que definen este clima son los siguientes:

Precipitación pluvial, es bastante escasa y mal distribuida alcanzando un promedio anual de 205 mm. La temperatura media anual es de 27.3° C y una máxima promedio de 34.2°C. La humedad relativa presenta un promedio anual de 61.6% con un mínimo de 19.6% y un máximo de 99%. Los vientos en algunos meses alcanzan velocidades de hasta 13.5 Km/hora con dirección Nor-noreste; pero el promedio anual de vientos es de 10.2 Km/hora. La evapotranspiración potencial se considera de 1600 mm anuales.

5.5.3 Vegetación

Antiguamente la mayoría de dicha aldea estuvo bajo bosque, pero actualmente se ha eliminado casi por completo por causa de la necesidad de habilitar nuevas áreas para cultivos. La vegetación actual es de arbustos, en su mayoría xerófitica, siendo comunes las especies de cactus.

5.5.4 Uso de la tierra

La agricultura es la principal actividad en el uso de la tierra, encontrándose cultivos como el maíz, frijol, tabaco, maní y hortalizas de clima cálido.

En la parte elevada de la aldea, por su topografía la cual es muy irregular en su mayoría se encuentra con bosques de pino, principalmente y especies del género quercus.

5.6 Aspectos Socio-económicos

En 1981, por consultas con personas residentes en el lugar, se obtuvieron los siguientes datos. Existe un número de 2,000 personas, las cuales en su mayoría se encuentran en caseríos de la aldea. Cuentan en la actualidad con una escuela tipo rural mixta en la cual se imparten los seis grados de enseñanza primaria, tienen sistema de agua potable, no en forma domiciliaria, sino con sistema de llena-cántaros. Existe instalación de energía eléctrica monofásica.

Actualmente se considera que un 60% de la población es económicamente activa, ocupándose la mayoría en labores agrícolas. Se observa migración por la carencia de fuentes de trabajo, especialmente en la época de verano hacia la capital y lugares circunvecinos que cuentan con riego para sus cultivos.

6. ESTUDIOS PREVIOS

6.1 Estudios Hidrológicos

6.1.1 Fuente

La fuente más cercana al área de riego y en la cual su caudal es suficiente en época de estiaje, es el río Morazán, el cual es afluente del río Motagua. Se encuentra alimentado (el río Morazán) por las quebradas siguientes: El Rosario, Obraje, Morazán, Honda, El Chupadero, Los Leones, San Juan, El Sitio y los riachuelos de San Clemente y el Jícaro.

6.1.2 Aforo

Para la determinación del caudal de agua del río Morazán, se usó un medidor de corriente llamado también Molinete, éstos son usados cuando el aforo por método directo no es factible. Para llegar a determinar el caudal se utiliza la ecuación:

$$Q = A \times V \dots\dots\dots \text{ec } 1$$

La cual toma en cuenta la medición de distancias horizontales a cada metro y para calcular las lecturas se toman a una profundidad de 0.60 metros y así se presenta la velocidad media. La suma de todos los caudales de cada sección, corresponde al caudal total de río. El procedimiento de cálculo se observa en el cuadro No. 1 del apéndice. Los aforos se realizaron durante los meses críticos o sea, de enero a abril, el caudal mínimo observado fue de 183 lt/seg. Estos datos corresponden solo para un año de aforo.

6.1.3 Calidad de las aguas

Se tomaron muestras para hacer el análisis químico del agua para riego del río Morazán, que corre de oeste a sur de la aldea. Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Suelos de la Dirección de Recursos Renovables (DIRENARE), obteniéndose los datos siguientes:

CUADRO No. 1

ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA

CATIONES	CONCENTRACION Meq/Lt	ANIONES	CONCENTRACION Meq/Lt
Ca ⁺⁺	0.80	CO ₃ ⁼	0.00
Mg ⁺⁺	0.70	CHO ₃	1.67
Na ⁺	0.22	Cl ⁻	0.45
K ⁺	0.09	NO ₃	0.00
		SO ₄ ⁼	0.06
TOTAL	1.81	TOTAL	2.18

Conductividad eléctrica $C_e \times 10^{-6}$ a 25°C	=	160
% sodio soluble	=	12.15
Na_2CO_3 residual	=	0.17
PH	=	8.05
Sólidos en suspensión	=	97.5 ppm

En base a los datos anteriores, se realizó la clasificación del agua para determinar sus características químicas y poder así saber si es apta para riego o no, a sabiendas que el agua que se usa para riego no solo se toman en cuenta estas características, sino que se toma en cuenta otras como lo son: el suelo, las condiciones climáticas, el drenaje, los métodos de riego y las prácticas de manejo.

La clasificación química del agua para riego se hizo en base a dos métodos: el de la Universidad de Riverside y el de la Universidad de Chapingo. Ambos métodos consideran los valores del análisis del agua (según cuadro No. 1) para obtener los resultados correspondientes.

A: Método de la Universidad de Riverside

Se usó el diagrama para la clasificación de las aguas de riego por su $C_e \times 10^{-6}$ y su RAS

El valor de RAS, se determina de acuerdo a la fórmula:

$$\text{RAS} = \frac{\text{Na} + \dots\dots\dots\text{ec. 2}}{\text{Ca}^{++} + \frac{\text{Mg}^{++}}{2}}$$

De donde:

RAS	=	Relación de adsorción de sodio
Na^+	=	Concentración de sodio
Ca^+	=	Concentración de calcio
Mg^{++}	=	Concentración de magnesio
RAS	=	0.25

A partir de $\text{RAS} = 0.25$ y de $C_e \times 10^{-6}$ micromhos/cm a $25^\circ\text{C} = 160$. Observando el diagrama (figura No. 2) se obtiene que el agua corresponde a la clase $C_1 S_1$, lo cual indica que es buena para riego.

B: Método de la Universidad de Chapingo

El método de la Universidad de Chapingo toma en cuenta tres criterios:

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

Procedimiento:

a) Contenido de sales solubles (PCB)

a.1 Se calcula el porcentaje de $(\text{CO}_3 + \text{HCO}_3)$ respecto de la suma de aniones.

$$PCB = \frac{CO + HCO_3}{\text{suma de aniones}} \times 100 \dots \dots \dots \text{ec } 3$$

Entonces; el valor de PCB depende de sustituir los valores del análisis a la ecuación número 3, y da 117.6% por lo tanto se utilizaron los índices recomendables para aguas con más de 20% de CO_3 y HCO_3 .

a.2 Salinidad efectiva (SE)

El cálculo depende de una serie de ecuaciones químicas de las cuales se obtiene la ecuación Número 4.

$$SE = \text{suma de cationes o aniones} - (Ca + Mg) \dots \dots \text{ec } 4$$

Donde:

$$SE = 0.68 \text{ meq/Lt.}$$

Para el presente caso se toma la suma de aniones, porque la misma es mayor que la suma de cationes.

a.3 Salinidad potencial (SP)

Para su determinación se utiliza la ecuación.

$$SP = CL + 1/2 SO_4 \dots \dots \dots \text{ec } 5$$

Después de sustituir las concentraciones correspondientes de CL y SO_4 , se obtiene un valor de $S_p = 0.48 \text{ meq/Lt.}$

a.3.1) Efecto probable del sodio en las características físicas del suelo.

a.3.1.1) Carbonato de sodio residual (CSR)

Para el cálculo se emplea la fórmula:

$$CSR = (CO_3 + HCO_3) - (Ca + Mg) \dots \dots \text{ec } 6$$

a.3.2) Efectos de Iones Tóxicos

Para éste criterio se toman en cuenta principalmente el contenido de Boro y Cloruros en las aguas, debido a que en los laboratorios no definen contenido de Boro, únicamente se toma en cuenta el contenido de cloruros.

RESUMEN

Agua con 20% de $\text{CO}_3 + \text{HCO}_3$	
Ce x 10^{-6} a 25°	= 160 micromhos/cm.
SE	= 0.68 meq/Lt.
SP	= 0.48 meq/Lt.
CSR	= 0.17 mrq/Lt.

Conclusión: el agua es de buena calidad para riego

6.2 Estudio Topográfico

Para determinar el área factible de riego, se procedió de la siguiente manera.

- Se hizo el levantamiento en el terreno para el método de conservación de Azimutz, utilizando Teodolito, Estadía y Cinta. Se efectuaron radiaciones donde fue necesario.
- Se determinó el área en gabinete por el método de Pensilvania, ver figura No. 3. Adicionalmente se obtuvo un perfil de todo el terreno, ver figura No. 4, sobre el cual, supuestamente irá toda la tubería, - también se determinaron todas las cotas de puntos críticos en cada parcela, lo anterior se hizo por el método de nivelación taquimétrica, utilizando teodolito y estadía.

6.3 Estudios de suelos

Para la realización de éste estudio, por la topografía existente en área, se dividió en dos partes. La parte baja que se encuentra a orillas de la quebrada y Río Morazán, se denominó suelo A, y la restante por ubicarse en la parte alta de la aldea se denominó suelo B.

Para llegar a determinar las características de éstos suelos, se realizaron calicatas en cada lugar, con el objeto de sacar muestras a diferentes profundidades.

6.3.1 Descripción del Perfil de los Suelos.

Perfil "A"

Horizonte

De 0 - 30 Cm. franco arenoso, color café (10 YR 5/3) en seco y gris parduzco muy oscuro (10 YR 3/2) en húmedo; estructura masiva con fragmentos de grava, consistencia ligeramente plástica y adherente, abundantes raíces, límite marcado y plano.

De 30 - 60 cm. franco arenoso, café (10 YR 5/3) en seco y gris parduzco muy oscuro (10 YR 3/2) en húmedo, estructura masiva, con consistencia ligeramente plástica y adherente, abundantes raíces lí-

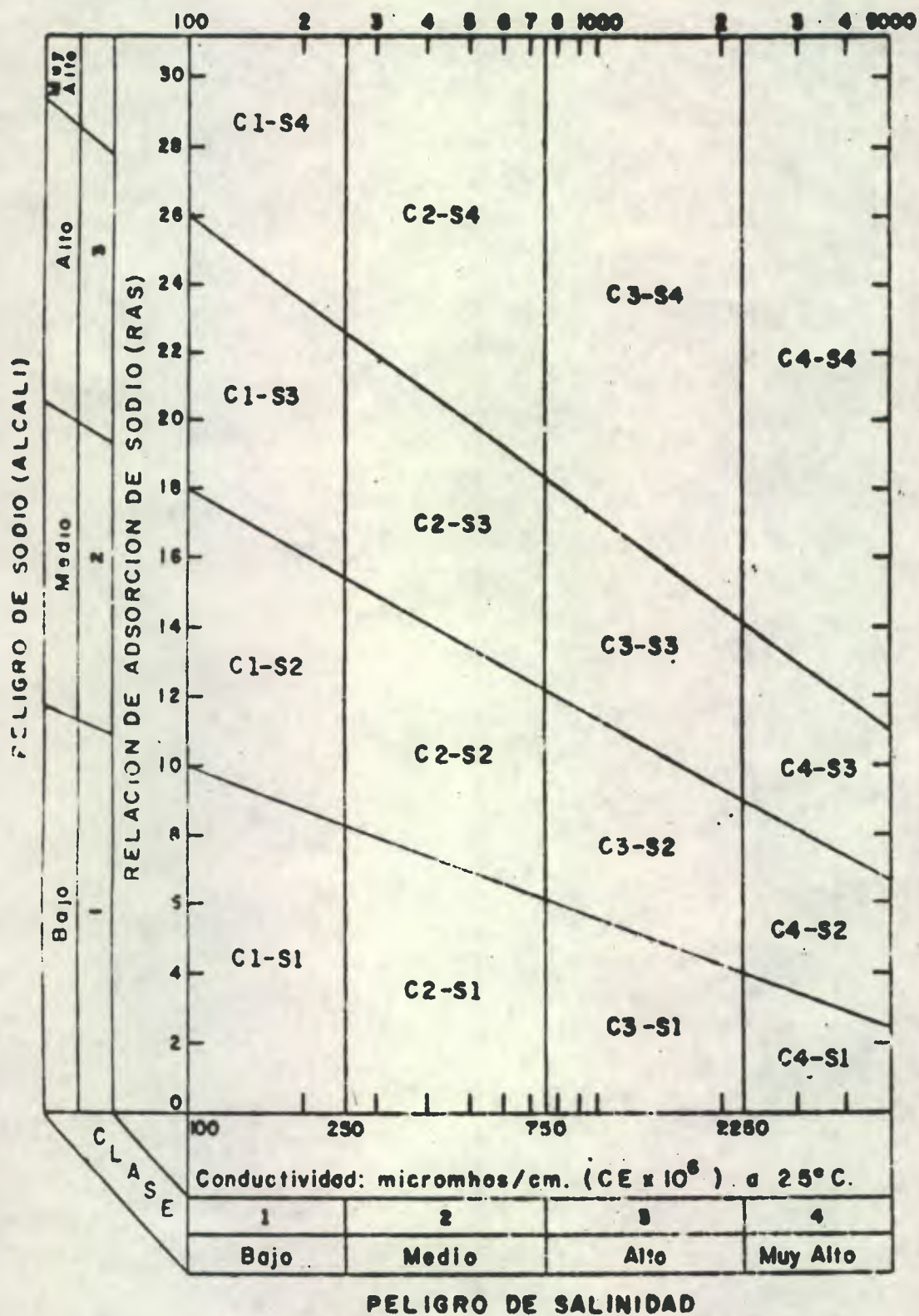


FIGURA -2.-Diagrama para la clasificación de las aguas para riego.

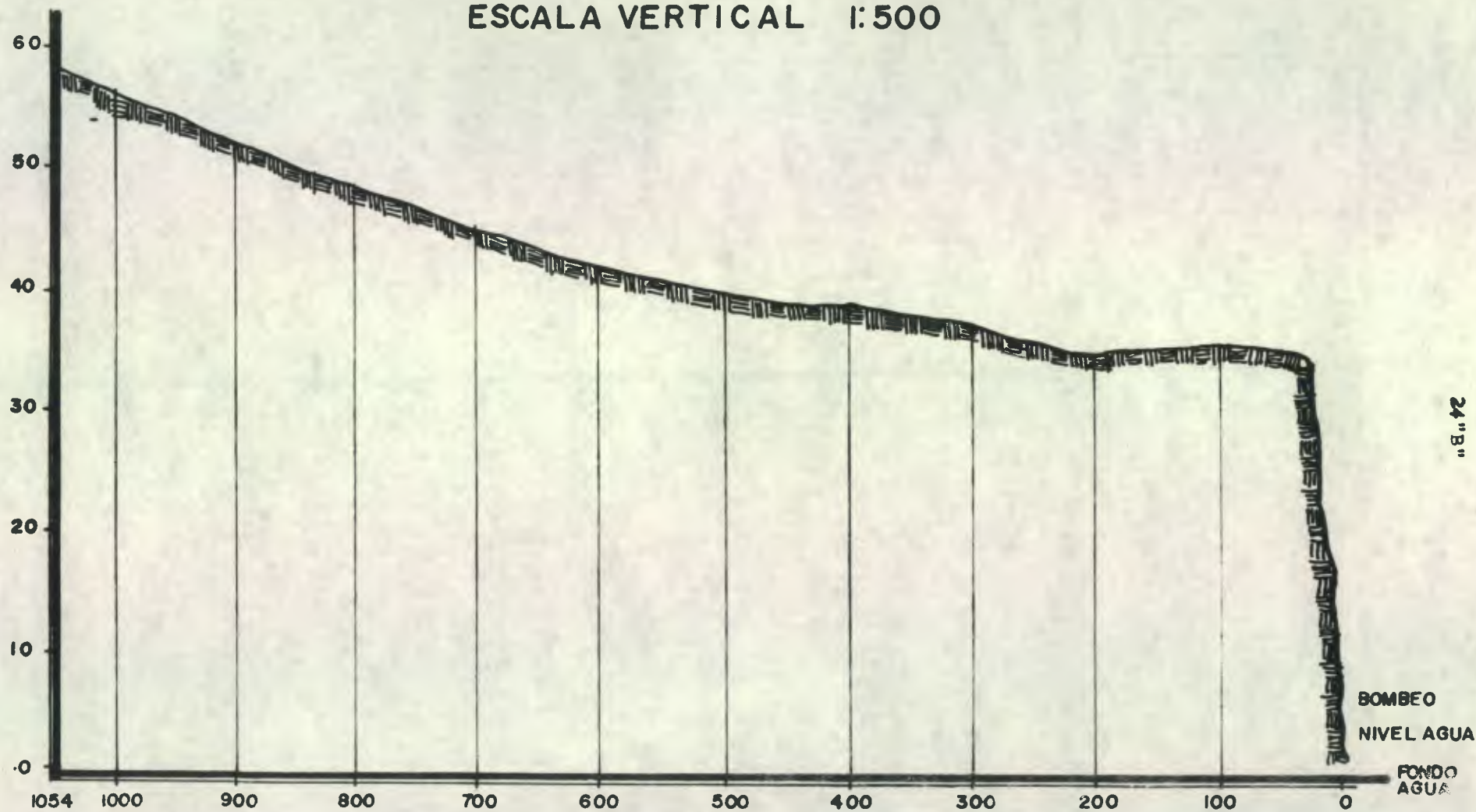


PLANTA



ESCALA HORIZONTAL 1:5000

ESCALA VERTICAL 1:500



PERFIL.

FIGURA No 4

mite levemente marcado, plano.

De 60 - 120 Cm. franco arenoso, café (10 YR 5/3) en seco y gris parduzco muy oscuro (10 YR 3/2), estructura masiva, sin raíces.

Perfil "B"

Horizonte

De 0 - 30 Cm. franco arenoso, café grisáceo (10 YR 5/2) en seco y café oscuro (10 YR 3/3) en húmedo. Estructura fina a mediana, - bien definida. consistencia medianamente adherible. Límite brusco y plano.

De 30 - 60 Cm franco, café (10 YR 5/3) en seco y gris parduzco muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo consistencia granular media.

De 60 - 120 Cm franco, café (10 YR 5/3) en seco y café oscuro (10 YR 3/3) en húmedo, consistencia granular media.

De acuerdo a la clasificación de reconocimiento de los suelos de Guatemala por Holdridge, la aldea Marajuma está comprendida en - la División Fisiográfica de los Suelos de Salamá.

El suelo A, corresponde a Suelos Aluviales, que se han desarrollado a partir de depósitos aluviales recientes de la quebrada Morazán y el río Morazán.

El suelo B, corresponde a la serie de suelos Salamá.

6.3.2 Análisis Físico y Químico

Para realizar éstos análisis se tomaron muestras de cada horizonte en las calicatas, Los resultados de los análisis físicos se muestran en el cuadro No.2

CUADRO No. 2

ANÁLISIS FÍSICO DEL SUELO

S U E L O	PROFUNDIDAD		% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	CLASE TEXTURA
	Cms					
A	00	- 30	66.7	23.24	9.85	Franco Arenoso
	30	- 60	55.74	29.99	14.27	Franco Arenoso
	60	- 90	70.25	16.53	13.22	Franco Arenoso
	90	- 120	62.44	23.53	14.03	Franco Arenoso
B	00	- 30	53.82	31.96	14.22	Franco Arenoso
	30	- 60	49.53	34.25	16.22	Franco
	60	- 90	46.80	34.31	18.89	Franco
	90	- 120	55.08	28.46	16.46	Franco Arenoso

Análisis efectuado en el Laboratorio de Suelos de DIRENARE DIGESA.

CUADRO No. 3
ANALISIS QUIMICO DE SUELO

S U E L O	PROFUNDIDAD cm	meq/100 gramos de suelo								
		CIC	Ca	Mg	Na	K	H	PSB%	p ^H	CATIONES
A	0 - 30	9.72	8.36	3.38	0.18	0.17	0.00	100	7.64	12.09
	30 - 60	14.19	10.32	5.67	0.21	0.18	0.00	100	7.99	16.38
	60 - 90	12.53	10.31	6.11	0.23	0.13	0.00	100	8.24	16.78
	90 -110	13.38	10.30	5.82	0.24	0.18	0.00	100	7.99	11.69
B	0 - 30	9.54	6.00	4.69	0.23	0.77	0.00	100	7.11	14.02
	30 - 60	14.92	7.22	5.83	0.26	0.71	0.90	93.97	7.07	20.52
	60 - 90	21.87	9.41	10.35	0.28	0.48	1.35	93.83	7.40	16.11
	90 -120	17.52	5.58	9.72	0.34	0.47	1.41	91.95	7.34	

Analisis efectuado en el Laboratorio de Suelos de DIRENARE - DIGESA.

6.3.3 Determinación de las Constantes de Humedad del Suelo.

Para determinar las constantes de humedad del suelo, se procedió a tomar muestras del suelo a cada 30 Cm. de profundidad, hasta - 120 Cm. de calicatas construidas en los lugares representativos del área.

Los resultados se presentan en el cuadro No. 4. Dichos análisis se efectuaron los métodos de la Olla de Presión (1/3 atmósfera), y membrana de presión (15 atmósferas).

CUADRO No. 4

DETERMINACION DE CONSTANTES DE HUMEDAD DEL SUELO

MUESTRA	PROF. Cm.	ATMOSFERA DE PRESION		DENSIDAD APARENTE
		1/3	15	
A ₁	0 - 30	14.22	4.83	1.3192
	30 - 60	19.63	6.88	1.3076
	60 - 90	19.68	7.00	1.3243
	90 - 120	20.43	6.74	1.3833
B ₂	0 - 30	17.74	10.17	0.9222
	30 - 60	21.23	11.01	0.9730
	60 - 90	27.82	14.39	0.9511
	90 - 120	23.24	12.45	0.9649

Análisis efectuados en el laboratorio de suelos de DIRENARE.

6.3.4 Pruebas de infiltración y determinación de la infiltración básica.

Para efectuar estas pruebas de infiltración, se determinaron previamente dos lugares del área representativa de riego, tomando en cuenta la ubicación de esas áreas y las condiciones del suelo.

El método usado fue el de infiltración de doble cilindro, los resultados se muestran en el cuadro No. 5.

En base a los datos anteriores se obtuvieron los parámetros de Kostiakov Lewis que es:

$$I = 150.6 t^{-0.48} \dots \dots \dots \text{ec } 7$$

Para la infiltración básica (Ib), la ecuación se obtiene derivando dI respecto a dt, considerando que Ib se da cuando los incrementos de I son al 10%.

$$Ib = K (-10b)^m \dots \dots \dots \text{ec } 9$$

EN RESUMEN:

- I = 150.6 cm/hr.
- Ib = 9.94 cm/hr.
- tr = 4.8 hrs. = 288 minutos

6.4 Cultivos a regarse

Para la elección de los cultivos en la zona de estudio, dadas las condiciones climáticas, agronómicas y sociales, la siembra de cultivos como hortalizas de clima cálido (tomate, chile pimiento, sandía, melón, pepino), así como tabaco, maíz, frijol, maní, piña, es aconsejable.

Se tomó el cultivo del tabaco como base para realizar el diseño del sistema, ya que es el que presenta mayor demanda de agua de riego entre los cultivos que se analizaron (ver cuadros Nos. 2 al 4 del apéndice), y además tiene una alta rentabilidad en la zona.

6.5 Determinación del consumo de agua o evapotranspiración.

La evapotranspiración se determinó por el método de Blaney-Cliddle, modificado por Phelan, el cual usa datos climáticos para su estimación los cuales son, la temperatura y porcentaje de insolación mensual con respecto al total anual para la latitud 14° ver cuadro No.7. El procedimiento de cálculo es el siguiente:

La fórmula de Blaney-Cliddle

$$Et = Kg \cdot x \cdot F \dots \dots \dots \text{ec } 10$$

Donde: Et = evapotranspiración real total del cultivo

Kg = coeficiente global para la estación de crecimiento o ciclo vegetativo. Según cuadro No. 5 del apéndice Kg de tabaco es igual a 0.8.

CUADRO No. 5
INFILTRACION

Hr Min	Intervalo Muerto	Intervalo Min	Tiempo Acumulado	Lectura Cms	Diferencia Lect.(Cms)	Infiltración Cm/Hr	Infiltración acumulada Cm
10.00							
10.01		1	1	2.8	2.8	168.0	4.84
10.02		1	2	4.6	1.8	108.0	6.94
10.03		1	3	6.0	1.4	84.0	8.57
10.04		1	4	7.1	1.1	66.0	9.95
10.05	1		5				
10.08		3	8	2.6	2.6	52.0	14.27
10.11		3	11	4.9	2.3	46.0	16.84
10.16		5	16	7.3	3.5	42.0	20.46
10.17	1		17				
10.22		5	22	3.0	3.0	36.0	24.15
10.27		5	27	5.8	2.8	26.6	26.86
10.37		10	37	10.7	4.9	29.4	31.65
10.39	2		39				
10.49		10	49	4.2	4.2	25.2	36.62
10.59		10	59	8.2	4.0	24.0	40.34
11.02	3		62				
11.17		15	77	5.9	5.9	23.6	46.33
11.32		15	92	11.0	5.1	20.4	50.82
11.35	3		95				
11.50		15	110	4.1	4.1	16.4	55.77
12.20		30	140	10.9	6.8	13.6	63.22
12.22	2		142				
12.52		30	172	4.2	4.2	8.4	70.36
13.22		30	202	8.4	4.2	8.4	76.49

REPRESENTACION GRAFICA DE LA VELOCIDAD DE INFILTRACION

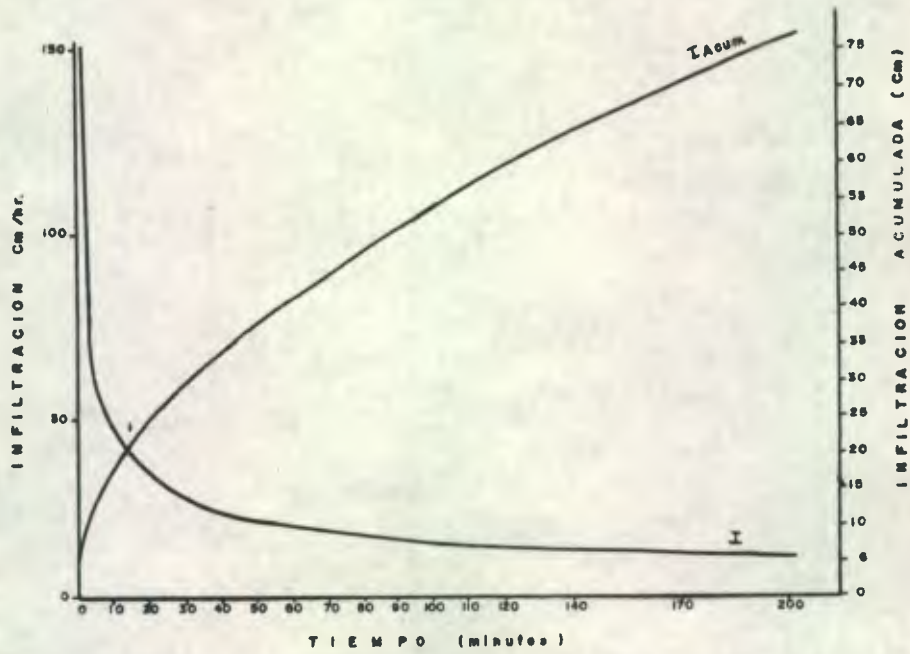
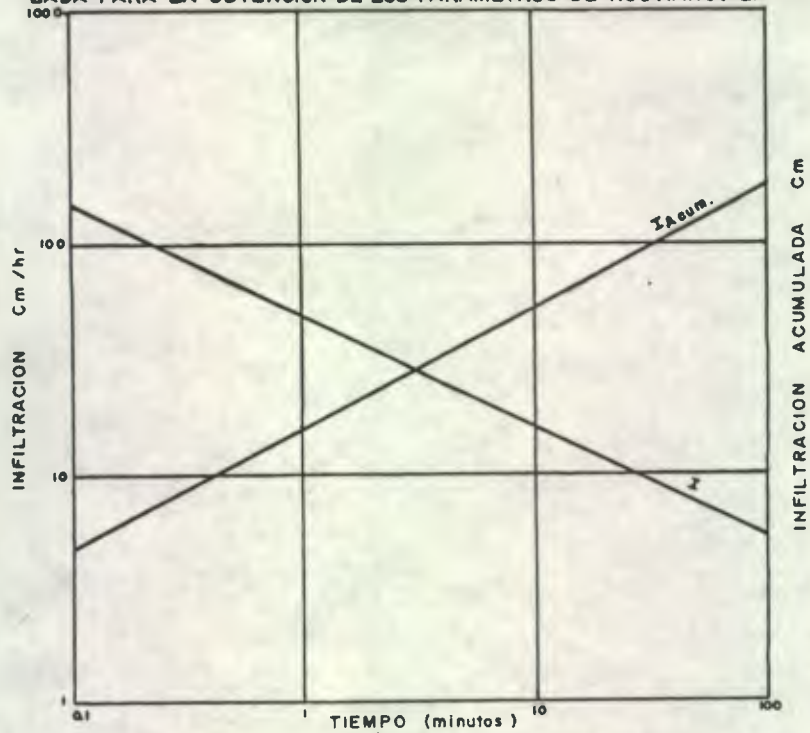


FIGURA No. 6
 REPRESENTACION DE LA VELOCIDAD DE INFILTRACION INSTANTANEA Y ACUMULADA PARA LA OBTENCION DE LOS PARAMETROS DE KOSTIAKOV EN PAPEL LOG.



F= Suma de los factores mensuales de uso consuntivo (Et) o sea:

$$F = \sum_{i=1}^n f_i \dots\dots\dots ec \ 11$$

n = número de meses del ciclo del cultivo.

Tomando en cuenta que los promedios de temperatura se expresan en grados centígrados (°C), el valor de F se determina de acuerdo a la fórmula:

$$f_i = (0.457 T + 8.13) P_i \dots\dots\dots ec \ 12$$

De donde: t = temperatura media usual en °C

P = % de insolación para latitud 14° para el mes i

f = Factor mensual en mm.

El coeficiente global de los cultivos Kg. está afectado por la temperatura y por el crecimiento de las plantas. Para determinar el coeficiente debido a la temperatura Kt. se utiliza la ecuación.

$$K_t = 0.24 + 0.0320 t^{\circ}C \dots\dots\dots ec \ 13$$

Para el coeficiente debido al crecimiento de las plantas Kc, los valores se determinan de acuerdo al cuadro No. 6 del apéndice, tomando en cuenta los cultivos a sembrarse.

6.6. Determinación de los requerimientos de riego (Rr)

El requerimiento de riego durante un período determinado de un cultivo, resulta de restar la Et de la Pe, o sea:

$$R_r = E_t - P_e \dots\dots\dots ec \ 14$$

Como se aclaró anteriormente que no se tomarían en cuenta los valores de Pe por ser mínimos, entonces la ecuación para determinar Rr queda:

$$E_r = E_t \dots\dots\dots ec \ 15$$

CUADRO No. 9
VALORES DE LOS REQUERIMIENTOS DE RIEGO

MES	Et (Cm.)	Rr (Cm.)	Rr acumulado (cm.)
Enero	7.46	7.46	7.46
Febrero	13.38	13.38	20.84
Marzo	16.48	16.48	37.32
Abril	15.08	15.08	52.40

CUADRO No. 6

DETERMINACION DE LA EVAPOTRANSPIRACION REAL PARA TABACO (*Nicotina Tabacum*)

M E S	TEM °C	T + 17.8	P%	F	Kt	F x Kt	Kc	Etc	Et'	Et' Acum
		21.8		Qms				Cms	Cms	Cms
Enero	25.2	1.972	7,08	13.962	1.026	14.325	0.635	9.092	7.455	7.455
Febrero	26.0	2.009	7.39	14.847	1.051	15.604	1.050	16.321	13.383	20.838
Marzo	28.7	2.133	8.43	17.981	1.035	18.610	1.080	20.098	16.401	37.319
Abri1	29.5	2.170	8.44	<u>18.312</u>	1.160	21.242	0.860	<u>18.302</u>	<u>15.008</u>	52.327
				65.102				63.813	52.327	

Como la evapotranspiración global es menor que la evapotranspiración calculada, se debe encontrar un factor de corrección para obtener la evapotranspiración corregida (Et').

El factor de corrección se realizó de la siguiente manera:

$$Et = K \times f = 0.8 \times 65102 = 52.082$$

$$Etc = 63.813 \text{ donde: } Et \quad Etc \text{ porque } 52.327 \quad 63.813$$

F = factor de ajuste = k/k'; donde: K = 0.8 (U.S. Soil Conservation Service, 1970).

$$K' = Et/f = 63.813/65.169 = 0.98$$

$$F = \frac{0.8}{0.98}$$

$$F = 0.816$$

ESTACION No. 12.3.1
 LATITUD: 14°56'
 LONGITUD: 90°09'

CUADRO No. 7
 DATOS CLIMATICOS
 AÑOS DE REGISTRO = 7

NOMBRE: MORAZAN PHC
 MUNICIPIO: MORAZAN EL PROGRESO
 ALTITUD: 360 M.S.N.M.

MESES	TEMPERATURA °C			PRECIPITACION		HUMEDAD RELATIVA %			REGIMEN DE VIENTOS	
	MAXIMA	MINIMA	MEDIA	TOTAL mm:	DIAS	MAXIMA	MINIMA	MEDIA	VELOCIDAD (Km/hora)	DIRECCION
Enero	32.8	17.2	25.2	4.76	2	96.25	28.13	60.5	11.0	NNE
Febrero	33.9	17.6	26.0	1.03	2	95.0	24.0	55.5	11.8	NNE/SSW
Marzo	36.3	20.1	28.7	9.23	1	93.4	22.3	51.6	12.5	NNE/SSW
Abril	27.0	21.0	29.5	12.11	3	91.5	20.7	51.2	13.5	NNE
Mayo	36.2	21.5	29.5	112.6	10	95.7	28.9	57.6	11.5	NNE
Junio	33.3	21.4	27.9	125.2	16	96.7	40.3	68.0	12.5	NNE
Julio	34.0	20.6	27.6	73.2	12	94.4	38.0	65.5	11.5	NNE/SSW
Agosto	34.5	20.8	28.0	76.1	14	97.5	37.3	64.6	8.5	NNE
Sep.	33.6	21.0	27.4	132.2	16	98.0	39.7	69.0	7.0	NNE
Oct.	32.8	20.2	26.7	99.9	13	96.9	40.9	69.6	8.5	NNE
Nov.	33.0	19.01	26.3	22.7	7	96.2	36.0	65.3	8.8	NNE/SSW
Dic.	32.7	17.0	25.4	6.7	3	97.0	33.2	62.3	9.1	NNE
ANUAL	34.2	19.8	27.3	805.5	103	99.3	19.6	61.6	10.2	NNE

* NNE = Norte - Noreste

NNE/SSW = Norte - Noreste - Sur-Suroeste

6.6.1 Cálculo de la precipitación efectiva:

Para determinar la precipitación (P_e) en el área de estudio se tomó como referencia los datos de precipitación pluvial (p_p) media mensual, durante un período de 7 años, de la estación meteorológica de Morazán (cuadro No. 7), por ser la más cercana con los registros de precipitación, temperatura y humedad.

La precipitación efectiva se estimó por el método de Blaney-Cridle, el cual consiste en aplicar coeficientes por cada 25 mm. de incremento en el total de lluvia mensual. Los datos se observaron en el cuadro No. 8

CUADRO No. 8
CALCULO DE LA PRECIPITACIÓN EFECTIVA

MES	P_p (mm)	Coefficiente de aprovechamiento	P_e (mm)	P_e (cm.)
Enero	4.76	0.95	4.52	0.452
Febrero	1.03	0.95	0.98	0.098
Marzo	9.23	0.95	8.77	0.877
Abril	12.11	0.95	11.50	1.150

De acuerdo a los datos obtenidos, se observa que los valores de la precipitación efectiva (P_e) son mínimos, por lo cual se consideró no tomarla en cuenta para el cálculo de los requerimientos de riego.

6.6.2 Cálculo de láminas de riego:

Lámina de humedad aprovechable (L_{ha}). Es la lámina de agua que el suelo puede retener entre los límites de capacidad de campo y punto de marchitez permanente, la ecuación para el cálculo es el siguiente:

$$L_{ha} = \frac{(C_c - P_{mp})}{100} \times D_a \times Z \dots\dots\dots ec 16$$

Donde:

L_{ha} = Lámina de humedad aprovechable (cm)

C_c = Capacidad de campo (%)

D_a = Densidad aparente relativa (adimensional)

Z = Profundidad de raíces (cm)

En el Cuadro No. 10, se observan datos de cálculo.

CUADRO No. 10

VALORES DE LAMINA DE HUMEDAD APROVECHABLE

PROFUNDIDAD Cm*	Cc	Pmp%	Da	Lámina Cm
0 - 30	14.22	4.83	1.3192	2.72
0 - 60	19.63	6.38	1.3076	5.20
			TOTAL	8.92

* Se tomó la profundidad radicular hasta 60 cms. porque para el cultivo de tabaco según Aorembos J. y Kassam, A. (1979), en los primeros 60 cm. de profundidad radicular se consume el 90% del total de agua.

6.6.3 Lámina neta de reposición (Lnr)

Es aquella lámina de agua que es necesaria aplicar al cultivo en cada riego para mantener la humedad del suelo en tensiones adecuadas y que el cultivo pueda aprovecharla sin resentirse, la ecuación a usar para determinarla es:

$$Lnr = Y \times (Lha \text{ total}) \dots \dots \dots \text{ec } 17$$

Donde:

Y = porcentaje de lámina aprovechable dentro del sistema radicular que puede ser usado por el cultivo sin que éste se resienta, según recomendación de Aorembos y Kassam, A. (1979) a nivel de proyectos regularmente se usa de 50 - 60% de umbral de riego se usará el 60% o sea que cuando se haya consumido esa cantidad de agua se volverá a aplicar nuevamente el riego.

6.6.4 Lámina bruta de reposición (Lbr)

Esta es la lámina de agua que hay que aplicar al suelo. Según Pair (1975), las eficiencias de aplicación en riego por aspersión varían de 0.7 en regiones áridas, a 0.8 en regiones frías; tomando una eficiencia de aplicación de 0.75, la ecuación a usar es:

$$Lbr = \frac{Lnr}{\% \text{ eficiencia aplicación}} \dots \dots \text{ec } 18$$

$$Lbr = 7.13 \text{ cm.}$$

En resumen, la lámina que se aplicará cuando el suelo esté a Pmp es de 8.92 cm. netos y 11.89 cm. brutos. La lámina que se aplicará cuando la humedad aprovechable baje hasta un 40%, es decir cuando se consuma el 60%, es de 5.35 cm. netos y 7.13 cm. brutos.

6.65 Determinación del Calendario de Riego

Determinando los valores de requerimiento de riego, lámina de riego neta y bruta y tomando los días correspondientes al ciclo vegetativo del tabaco (120 días), se procede al cálculo del calendario de riego, se utilizó el método gráfico, usando los datos que se observan en el cuadro No. 11

CUADRO No. 11

DATOS PARA CALCULAR EL CALENDARIO DE RIEGO

Mes	Rr cm.	Rr acum. cm.	Días	Dias acum.
Enero	7.47	7.46	31	31
Febrero	13.38	20.84	28	59
Marzo	16.48	37.32	31	90
Abril	15.08	52.40	30	120

Considerando que se iniciarán los riegos a partir del día 10. de enero y asumiendo que en ese momento el suelo está a Pmp., calcula el calendario, según puede apreciarse en la figura No. 7 y cuyo resumen se presenta en el cuadro No. 12.

CUADRO No. 12

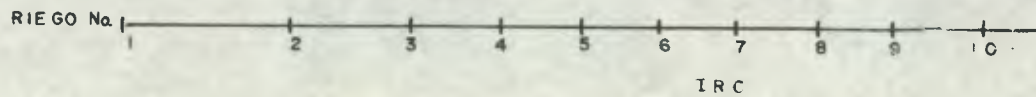
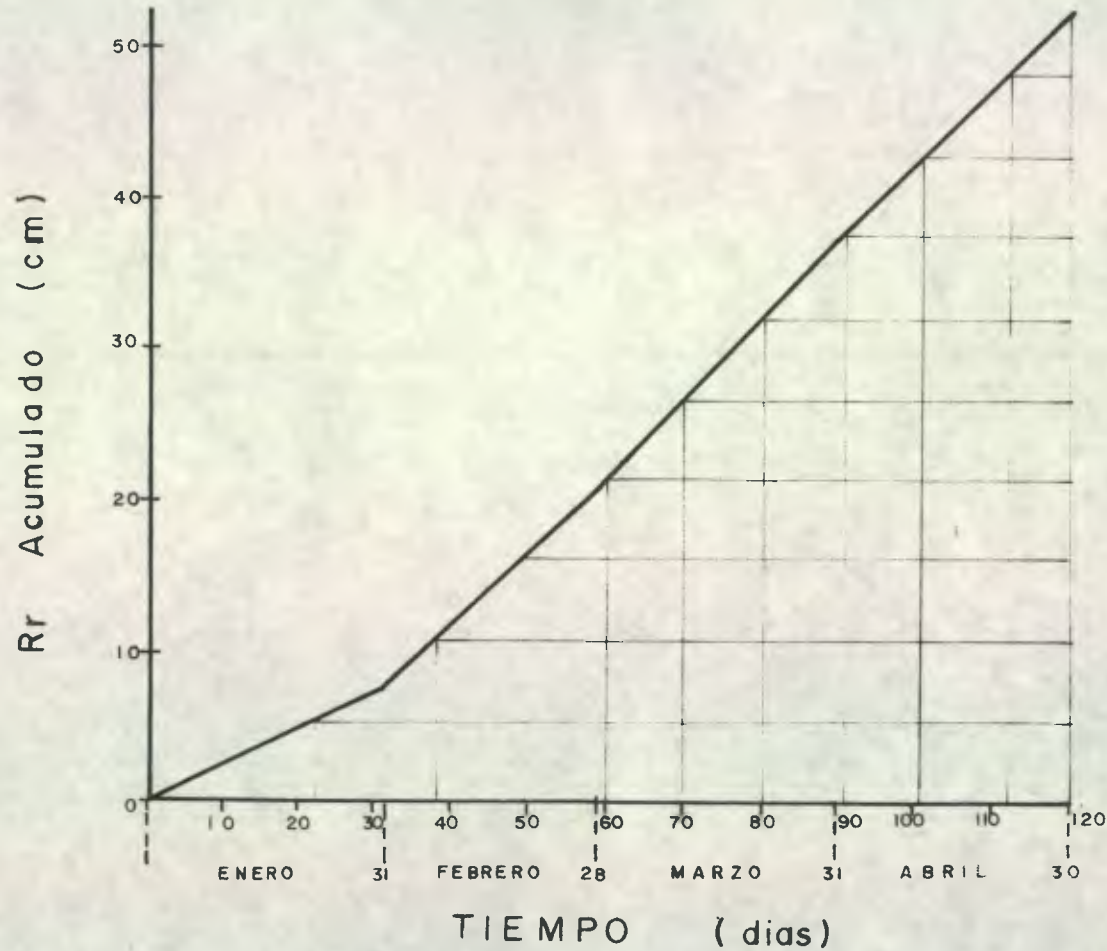
RESUMEN DEL CALENDARIO GRAFICO DE RIEGO

No. de Riego	Fecha	Intervalo días
1	10. de enero	-
2	22 de enero	22*
3	7 de Febrero	16
4	19 de febrero	12
5	10. de marzo	10**
6	11 de marzo	10
7	21 de marzo	10
8	10. de Abril	11
9	12 de abril	11
10	24 de abril	12

FIGURA No. 7

CALENDARIO DE RIEGO

METODO GRAFICO



ESCALA VERTICAL 1:50
HORIZONTAL 1:100

- * Este intervalo es bastante largo y como la planta en ese momento está muy pequeña, la lámina de aguas se aplicará en dos turnos, es decir que a los 11 días se aplicará la mitad de la lámina bruta de reposición y la otra mitad se aplicará a los 11 días restantes.
- ** Intervalo de riego crítico.

VII DISEÑO

7.1 Captación

Para llegar a determinar el lugar apropiado de la captación, se tomaron en cuenta aspectos de accesibilidad, cercanía al área de riego y condiciones adecuadas del cauce del río. En el lugar escogido, se contempla la posibilidad de la construcción de una presa de concreto, con el objeto de elevar el tirante hidráulico, a fin de que la bomba quede en condiciones adecuadas de trabajo.

7.2 Criterios para la Selección de tubería

7.2.1 Conducción

Se seleccionó para toda la conducción del proyecto, tubería P.V.C. (cloruro de polivinilo), ya que posee características que la hacen más recomendable con respecto a otros materiales, para condiciones como las del presente estudio. Dentro de estas características se tienen las siguientes:

- a) bajo costo en relación a otros materiales
- b) duración del material en buenas condiciones hasta 30 años
- c) el coeficiente de fricción bastante bajo
- d) mayor versatilidad

7.2.2 Laterales

Debido a que el sistema será no permanente, es decir se transportará el equipo constantemente de un lugar a otro. El tipo de tubería más recomendable es el de aluminio por su facilidad en el manejo y resistencia.

7.3 Selección de Aspersores

Para la selección de aspersores es necesario conocer cierta información que es básica para la misma, entre ésta tenemos:

- a) Infiltración básica = 9.87 cm/hr (ver numeral 6.3.4)
- b) Lámina bruta de reposición (Lrb) = 7.13 cm umbral de riego al bajar la humedad aprovechable un 60%. La humedad aprovechable y considerando 75% de eficiencia de aplicación, en el riego por aspersión de acuerdo a lo señalado en el numeral 6.6.4.
- c) Intervalo de riego mínimo o crítico (Irc) = 10 días. En el mes de marzo, según el calendario de riego calculado anteriormente.
- d) Tiempo de riego por día (Trd)
Tomando en cuenta poder regar preferentemente de día por las ventajas que trae consigo, se consideró un horario desde las 4 a.m. hasta 24 p.m. tomando en cuenta que el tiempo por turno es de 6 horas y se consideró la hora para el cambio de posiciones del equipo.
Ver cuadro No. 13.

CUADRO No. 13

TURNOS Y HORAS PARA EL RIEGO

TURNO	HORAS DE CADA TURNO	HORARIO DE CADA RIEGO HRS.	HORAS CAMBIO DE POSICIONES
1	6	4 - 10	
2	6	11 - 17	1
3	6	18 - 24	1

e) Tiempo de riego por turno (Trt) = 6 horas, considerando 3 turnos diarios y dejando una hora para el cambio de posiciones.

f) Intensidad de riego (Ir)

$$Ir = \frac{Lrb}{Trt} \dots\dots\dots ec 19$$

$$Ir = 1.19 \text{ mm/hr (o.47 pulg/hr)}$$

g) Tipo de aspersor a usar será del tipo de mediana presión 30-80 libras por pulgada cuadrada (PSI) de acuerdo al cuadro No. 7 del apéndice.

h) Para el espaciamiento entre aspersores y entre laterales se efectuaron cálculos con diferentes separaciones entre aspersores y laterales, determinándose el espaciamiento de 18.30 m (60 pies) tanto entre laterales como entre aspersores, debido al tamaño de la tubería de aluminio existente en el mercado, la cual es de 9.15 (30 pies) (cualquier separación que no sea múltiple de 30 pies implica corte de tubería, lo cual encarece el costo de la misma por los accesorios extras que son necesarios).

i) Caudal por aspersor (Qa)

Se determina con la fórmula:

$$Qa = \frac{Ir \times Sa \times S1}{1000} \dots\dots\dots ec 20$$

Donde:

- Qa = Caudal del aspersor en m³/hr
- Ir = Intensidad de riego en mm/hr
- Sa = Separación entre aspersores (m)
- S1 = Separación entre laterales (m)
- 1000 = Constante para convertir los mm/hr a m³/hr
- Qa = 3.98 m³/hr

Para determinar el caudal del aspersor en galones por minuto (gpm) se multiplica los m³/hr por el factor 4.4.

$$Qa = 3.98 \text{ m}^3/\text{hr} \times 4.4 = 17.51 \text{ gpm}$$

MARCA	RAIN - BIRD	PRESION DE TRABAJO	55 PSI
Modelo	30 PSH ó 30 EPSH	diámetro de mojado	115 pies
Caudal	17.00 gpm	boquillas	1/4" x 1/8"

Para lograr el traslape que proporcione una lámina uniforme, es necesario determinar los espaciamientos adecuados entre aspersores, para ésto se toma en cuenta en el Cuadro No. 14

CUADRO No. 14
CONDICIONES DE VIENTO PARA UN TRASLAPE ADECUADO

Condición de viento * (Km/hr)	Separación máxima de laterales
Ausencia de vientos	65% del diámetro de mojado
Hasta 8 Km/hr	60% del diámetro de mojado
De 8 a 16 Km/hr	50% del diámetro de mojado
Mayor de 16 Km/hr	22 a 30% del diámetro de mojado

*/ Según Ortega H. Vicente (1981)

Según datos de la estación de Morazán, la velocidad máxima de los vientos es de 13.5 Km/hr, siendo la velocidad media anual de 10.2 Km/hr, por lo cual deberá utilizarse un traslape de 50%, según se observa en el cuadro No. 14.

Con el aspersor elegido tenemos que:

115 pies x 0.50% = 57.50 pies, que es menor que la separación entre laterales que es de 60 pies, que se considera adecuada por ser mínima la diferencia existente (2.5 pies) y por los problemas económicos que ocasionaría el corte de tubería.

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

$$I_r = \frac{Q_a \times 1000}{S_a \times S_l} \dots\dots\dots ec \ 21$$

$I_r = 11.54 \text{ mm/hr}$ que no difiere significativamente de la I_r de 11.89 mm/hr calculada anteriormente y que es menor que la infiltración básica (98.7 mm/hr)

7.4 Operación del Sistema:

Por lo irregular que es el área de riego, el área total se subdividió en cuatro sectores, los cuales van a estar operando simultáneamente, logrando con ésto una economía en los diámetros de tubería a utilizar en cada sub-principal, ya que el caudal a conducir en cada uno de éstos va a ser un cuarta parte del total del caudal del sistema.

En la figura No. 8 se observa como están distribuidos los sectores. Además en el cuadro No. 15 se observa la distribución de los laterales por cada parcela.

CUADRO No. 15
DISTRIBUCION DE LATERALES POR SECTORES Y PARCELAS

SECTOR	PARCELA	No. total de Posiciones	No. de posiciones /dia/lat.	Tiempo para cubrir el area horas netas
1	1-1	48	3	24.0
	1-2	95	3	47.5
	1-3	77	3	38.5
	1-4	76	3	38.0
	1-5	26	2	13.0
	1-6	30	3	15.0
2	2-1	240	3	120.0
	2.2	56	3	28.0
3	3.1	350	3	175
4	4.1	16	1.25	7.5
	4.2	32	3	18
	4.3	5	0.42	6
	4.4	29	2.42	14.5
	4.5	221	3	110.5
	4.6	30	3	15.0

- NOTA: 1) El número de laterales funcionando simultáneamente, es variable, ya que por lo irregular de las parcelas, no permite estandarizar las posiciones de los laterales.
- 2) En cada sector estarán funcionando simultáneamente 12 aspersores por turno.
- 3) Las horas netas trabajadas por día es de 18.

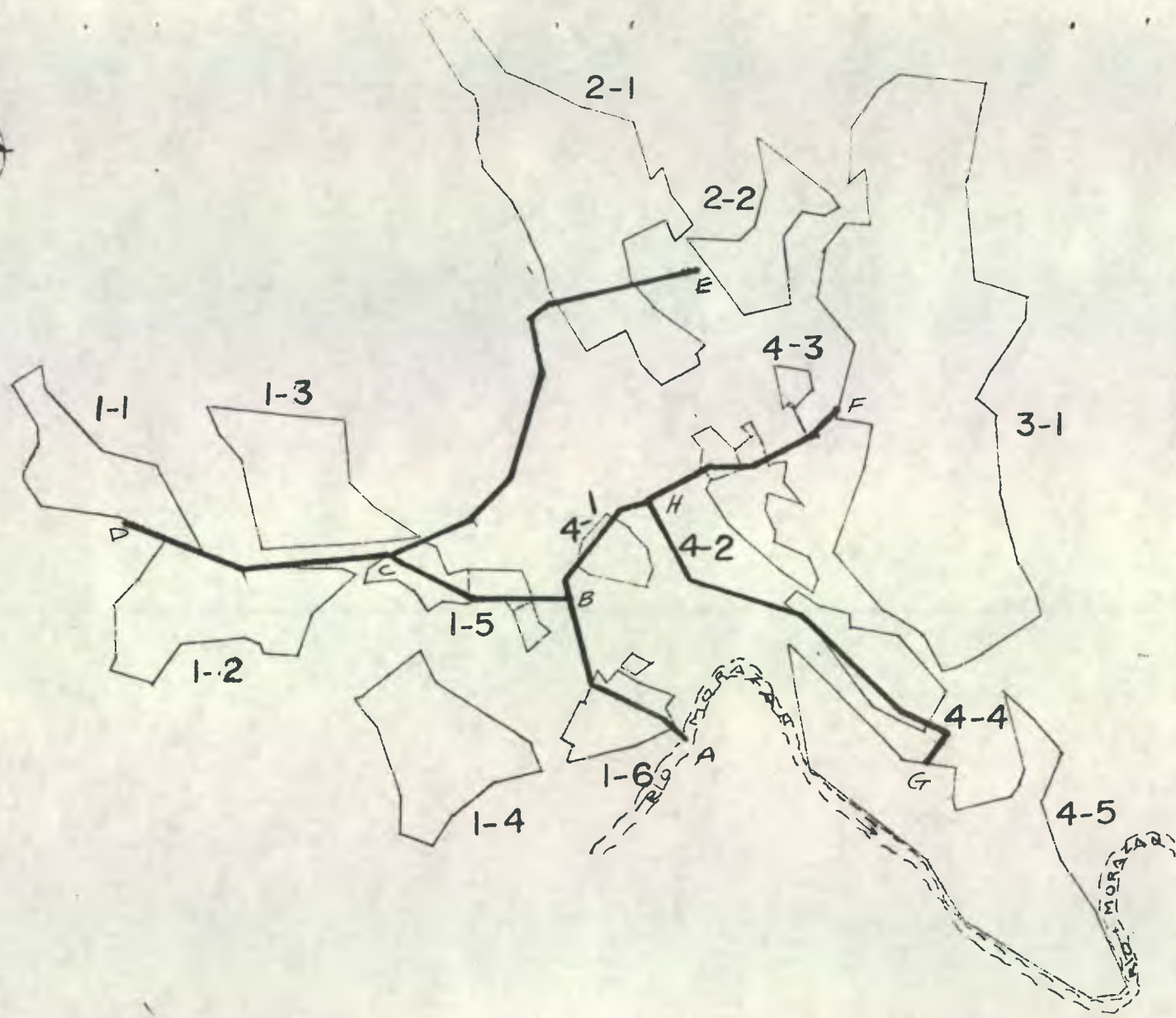


FIGURA No. 8

PLANTA

ESCALA GRAFICA

42 A

7.4.1 Determinación de la longitud y número de laterales

El número de laterales va a depender del espaciamiento entre posiciones, la longitud del subprincipal, el tiempo de riego y la frecuencia de riego. El primer cálculo a realizar es la determinación del número de posiciones totales lo cual se logra con la realización.

$$\text{N.P.} = \frac{L_p \times n}{E_l} \dots\dots\dots \text{ec 22}$$

Donde: N.P. = No. de posiciones
 L_p = Longitud del subprincipal
 E_l = Espaciamiento entre posiciones
 n = Número de lados a regar. (Si el subprincipal riega un solo lado, $n=1$, si el subprincipal está en el centro del campo y riego dos partes.
 $n = 2$

El número de laterales será entonces:

$$\text{No. laterales} = \frac{\text{No. posiciones}}{\text{FR} \times \text{No. posic./día/lateral}} \dots\dots\dots \text{ec 23}$$

$$\text{Donde: No. posic./día/lateral} = \frac{\text{No. horas trabajo/día}}{\text{Tiempo de riego} + \text{tiempo de cambio.}} \dots\dots\dots \text{ec 24}$$

FR = frecuencia de riego

No.posic/día/lateral = Número de posiciones por día para cada lateral, el cual se escoge de acuerdo al tiempo de riego y conveniencia del agricultor.

En el cuadro No. 15 se observa para cada parcela el número de laterales y posiciones.

7.5.1.1 Diseño de laterales

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

7.5.1.2 Cálculo de pérdidas por fricción o rozamiento

Se utilizó la fórmula de Hazen Williams para el cálculo de las pérdidas por fricción.

Según Hazen Williams

$$J = \frac{Y}{L} = \frac{1.131 \times 10^9 (Q/C)^{1.852}}{D^{4.872}} \quad \text{ec 25}$$

Donde:

- J = gradiente de pérdida (m/m)
- Q = caudal en la tubería (m³/hr)
- D = diámetro interior del tubo (mm)
- C = coeficiente de fricción de acuerdo al material del tubo (cuadro No. 8 del apéndice)
- L = Longitud de la tubería (m)
- Y = Pérdida de carga por fricción de tubería sin aspersores (m).

Después:

$$Y_f = Y \times F$$

Donde:

- F = factor para tubería con salidas múltiples (cuadro No. 9 del apéndice).

Aplicando la fórmula para diferentes diámetros de tubería con los datos necesarios de (Q) igual a 46.33 m³ hr, longitud del lateral igual a 106 m, un coeficiente C de 130 para aluminio y F factor de corrección de salidas múltiples, se observan los resultados del cuadro No. 16.

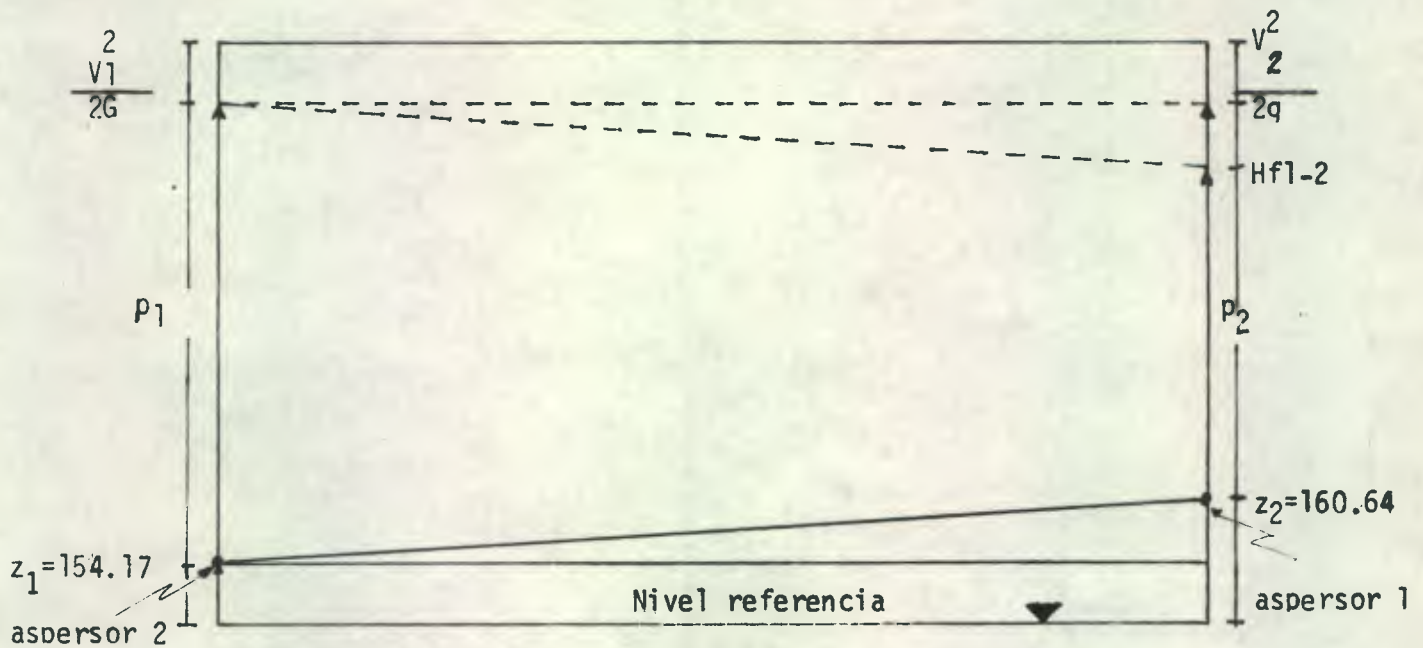
CUADRO No. 16

PERDIDAS POR FRICCIÓN EN LINEA SEGUN EL DIAMETRO DEL TUBO

Diámetro	J (m/m)	L (m)	Y (m)	F	Hf (m)
54.59	0.576	106	61.06	0.388	23.69
80.42	0.087	106	9.22	0.388	3.58
103.43	0.026	106	2.76	0.388	1.07
127.84	0.009	106	0.95	0.388	0.37

- 7.5.1.3 Cálculo de pérdida permisible para elección del diámetro del lateral. Para llegar al diámetro adecuado del lateral, se consideró la posición más crítica del mismo, es decir el lugar donde la diferencia del nivel sea máxima hacia arriba. En el dibujo que se presenta a continuación, se muestra la situación del lateral crítico.

LINEA DE ENERGIA TOTAL



Aplicando el principio de Bernoulli

$$Z + P_1 = Z_2 + P_2 + H_f \text{ 1-2} \quad \dots\dots\dots \text{ ec 26}$$

Despejando

$$H_f \text{ 1-2} = Z_1 - Z_2 - P_2$$

Donde:

- Z_1 = altura en 1 (primer aspersor) = 160.64
- Z_2 = altura en 2 (último aspersor) = 154.17
- P_1 = presión de operación del primer aspersor = 55 PSI
- P_2 = presión en el último aspersor del lateral

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

$$P_1 = 55 \text{ PSI} = 38.75 \text{ mts.}$$

Despejando el valor de $H_f \text{ 1-2}$

Este valor se compara con los obtenidos en el cuadro No. 16 y es allí donde se determina el diámetro de la tubería que satisfaga esta condición (máxima pérdida permisible en la línea). En este caso el diámetro que cumple dicha condición, es el de tres pulgadas, por lo cual ese es el que se eligió para la tubería del sistema de laterales. Para laterales que tengan pendiente ascendente (que es la condición crítica para diseño), la presión requerida a la entrada del lateral (P_p) se calcula con la siguiente expresión.

$$P_p = p_a + 3/4 H_f + P_e + H_e + 0.1 (H_f) \dots\dots\dots ec 27$$

Donde:

P_a = presión de operación del aspersor = 38.75 m

H_f = Pérdida de carga por fricción en el lateral 1.47 m, carga requerida para vencer la diferencia de altura entre el primer y último aspersor 6.47 m .

H_e = altura del elevador = 0.60 m

$0.1 H_f$ = pérdida de carga por accesorios (asumiendo un 10% de pérdida por fricción) = 0.15 m

No. de aspersores = 12 m

longitud del lateral = 212 m

$$p_p = 38.75 \text{ m} + 3/4 (1.47 + 6.47) \text{ m} + 0.60 \text{ m} + 0.15 \text{ m}$$

$$P_p = 45.46 \text{ m}$$

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

En el cuadro No. 17 se observan las presiones requeridas a la entrada de los laterales.

CUADRO No. 17

CARGA A LA ENTRADA DE LOS LATERALES

NUDO	CARGA REQUERIDA m
D	45.46
E	45.38
F	45.76
G	45.56

7.6 Diseño de Tubería Principal

El principal problema de diseño es elegir los diámetros de la tubería con los cuales la operación resulte económica. El diseño de tuberías principales, sub-principales y secundarias, requieren de un análisis de todo el sistema para determinar las necesidades máximas de capacidad y presión.

7.6.1 Procedimiento general de diseño

La pérdida de carga causada por la fricción es la principal consideración en el diseño de cualquier sistema de tuberías donde la presión requerida para el funcionamiento por aspersión proviene de bombeo, el

problema consiste en seleccionar los diámetros y materiales de la tubería principal que darán como resultado un equilibrio razonable entre los costos anuales de bombeo y el costo de la tubería. El objetivo que se persigue es el diseño de menor costo.

El análisis económico a utilizar es el Método Simplificado o de las Diferencias, Rojas R. (1979), el cual consiste en analizar las diferencias de costos fijos anuales entre los diámetros considerados y determinar el caudal límite en el cual los costos de potencia, debidos a la mayor fricción en la tubería de menor diámetro, son iguales a la diferencia de costos fijos, el mayor costo de la tubería de mayor diámetro.

El análisis de los costos fijos de tubería se hace en base a una longitud de 100 metros de tubería, tomando diferentes diámetros. Los costos consignados son tomados del listado de precios de contrato abierto que tiene el Gobierno de Guatemala y el fabricante de tubería.

Datos para el cálculo:

Tiempo anual de riego (TAR)	= 4104 hr (18 hr netas de riego diario durante 8 meses)
Eficiencias de la bomba	= 80% (ver figura No. 2 apéndice)
Costo de energía	= 0.0796 Q/Kw (según datos del INDE)
Vida útil de la bomba	= 16 años
Interés compuesto anual	= 2%
Período para el pago del capital	= 20 años
Tubería a usar	= P.V.C.

CUADRO No. 18

COSTOS FIJOS DE LA TUBERIA

Diámetro pulgadas	Costo en Quetzales por cada tubo	Costo Q./100 m tubería
2 1/2"	8.16	138.72
3"	12.18	207.06
4"	20.07	341.19
6"	43.59	741.03
8"	75.56	1,225.62
10"	110.85	1,884.45
12"	158.85	2,700.45

1/para el tramo de 100 mt se tomaron 17 tubos, ya que cada uno mide 6.10 mt .

El análisis económico de la tubería se realizó en el cuadro No. 19 en éste se encuentran consignados todos los datos requeridos.

ANALISIS ECONOMICO DE LA TUBERIA PRINCIPAL

	DIAMETRO EN PULGADAS						
	2 1/2	3	4	6	8	10	12
a) Costos iniciales(Q/100 m tubería)	138.72	207.06	341.19	741.03	1,255.66	1,884.45	2,700.45
b) Costos fijos anuales/100 m tubería ¹	8.48	12.66	20.87	45.32	76.79	115.25	165.15
c) Diferencia de costos fijos/año ²	4.18	8.21	24.45	31.47	38.47	49.90	
d) BHP equivalente (para compensar diferencia costos tubería) ³	0.012	0.024	0.072	0.092	0.113	0.147	
e) hf equivalente ⁴	0.016	0.032	0.098	0.125	0.154	0.20	
f) Caudal q (m ³ /hr) para hf equivalente (caudal límite) ⁵	1.48	3.20	9.5		35	79	218

1/ Costos fijos anuales = Costo inicial x factor de recuperación de inversión (cuadro No. 8 del apéndice).

$$\text{Costos fijos anuales} = \text{costo inicial} \times 0.061157$$

2/ Diferencia costos fijos/año = Diferencia de costos fijos anuales de dos diámetros de tubería considerados.

Incisos 3, 4, 5 se explican en las hojas siguientes.

3/ Para determinar los caballos de fuerza (BHP), se tendrá que determinar el costo unitario de potencia (CUP) al año, esto no es más que estimar la potencia producida por la unidad de bombeo por Kw/hr de energía eléctrica; en el cuadro No. 20 se observa el consumo en BHP para diferentes tipos de combustible.

$$\text{Costo unitario} = \frac{\text{costo Kw energía eléctrica} \times \text{TAR}}{1.2 \text{ BHP} - \text{hr/kw}} \dots\dots\dots \text{ec 28}$$

Donde:

TAR = tiempo anual de riego que es de 4104 hr

Costo de consumo en BHP - hr/Kw para Guatemala es de 0.0.0796 Kw

$$\text{Costo unitario} = \frac{0.0796 \text{ Q/ Kw} \times 4104 \text{ hr/año}}{1.2 \text{ BHP-hr/kw}}$$

$$\text{Costo unitario} = 272.23 \text{ Q/BHP} - \text{año}$$

$$\text{Costo unitario en } \frac{\text{Q/BHP-año}}{\text{ef}} = \frac{272.23}{0.80} = 340.29 \text{ Q/BHP-año}$$

Donde:

ef = eficiencia de trabajo de la bomba (figura No. 1 del apéndice)

CUADRO No. 20

CONSUMO DE BHP PARA DIFERENTES TIPOS DE COMBUSTIBLES

COMBUSTIBLE	PROMEDIO	RANGO	MAXIMO POSIBLE
Diesel *	11.2	15.2 - 6.1	15.2
Gasolina *	6.9	9.4 - 6.0	11.2
Gas propano *	5.7	7.6 - 3.9	8.7
Gas natural **	5.4	5.7 - 5.2	8.3
Electricidad ***	0.9	1.15 - 0.55	1.2

- * BHP - hr/galón
- ** BHP - hr/100 pies cúbicos de gas
- *** BHP - hr/kw

Los BHP equivalentes; es el número de BHP que pueden ser utilizados con la diferencia de costos obtenidos en el inciso "c" del Cuadro 19 de análisis económico de tubería.

Donde:

$$\text{BHP equivalente} = \text{Diferencia Costos Fijos} \dots\dots\dots \text{ec 29}$$

De donde para el primer caso tenemos:

$$\text{BHP equiv} = \frac{4.18}{240.29} = 0.012$$

- 4/ Las pérdidas por fricción equivalente ($H_f \text{ equiv}$) = pérdida de carga por fricción equivalentes por cada 100 m, se obtiene de la fórmula siguiente:

$$\text{BHP} = \frac{H_f \text{ equiv} \times Q_s}{270}$$

$$H_f \text{ equiv} = \frac{\text{BHP} \times 270}{Q_s}$$

Donde:

Q_s = caudal en m^3/hr del sistema, para el caso es de $198 \text{ m}^3/\text{hr}$.

270 = constante que transforma Kg-m/hora a BHP

De donde para el primer caso tenemos:

$$H_f \text{ equiv} = \frac{0.012 \times 270}{198} = 0.016$$

- 5/ Para el cálculo del caudal q (m^3/hr), se utiliza la figura No. 7 en la cual se toma en cuenta la h_f equivalente en el eje de las abscisas y se toma en el eje de las ordenadas el caudal, en el cual se toma en forma arbitraria para realizar las líneas. Para realizar las líneas de la figura se toma en cuenta, para las líneas continuas la pérdida por fricción real en base a un caudal cualquiera (datos del cuadro No. 21) y se plotean, y para las líneas discontinuas se toma la diferencia de pérdida por fricción entre dos diámetros con el mismo caudal y se plotean (Ver cuadro No. 21).

Se determinan los valores de caudal en base a la h_f equivalente (datos del cuadro No. 19) y en base a los BHP. Para el cálculo del caudal en base a BHP, se obtienen a partir de:

$$\text{BHP} = \frac{Q_s \times h_f}{270}$$

Se despeja el valor de BHP, asumiendo un caudal cualquiera, pero para simplificar operaciones asumimos que $Q_s = 270 \text{ m}^3/\text{hr}$ por lo cual la expresión queda así:

$$\text{BHP} = \frac{270 \times h_f}{270}$$

Entonces el valor de BHP es igual h_f , tomando los valores del BHP del cuadro No. 19 se plotean en la figura No. 9 y al hacer intersección en la línea discontinua, se lee en el eje de las abscisas (caudal) el valor del caudal para los BHP. En el cuadro No. 22 se observan los datos de caudal y el valor de $\text{BHP} = h_f$.

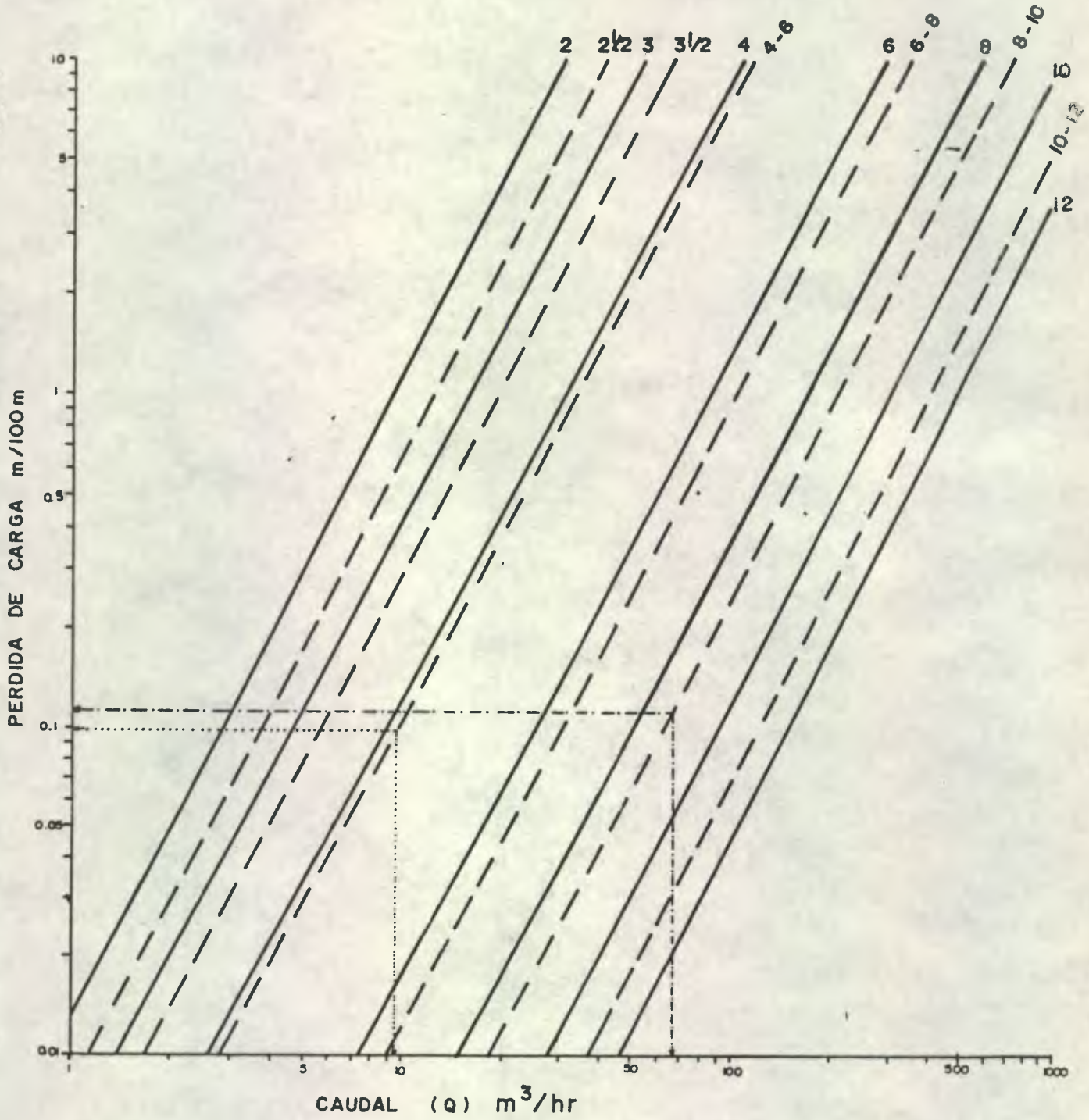
CUADRO No. 21

VALORES DE hf PARA TUBERIA DE DIFERENTES DIAMETROS Y CAUDALES VARIABLES EN CADA DIAMETRO

DIAMETRO		CAUDALES m^3/hr								
		4.5	10	50	82	100	150	204	544	710
2 1/2"	hf	0.23	1.07	20.19						
	Dif - hf		0.67	12.42						
3"	hf		0.40	7.77	19.27					
	Dif - hf		0.28	5.49	13.60					
4"	hf		0.12	2.28	5.67	8.23	16.94			
	Dif - hf			1.94	4.81	6.93	14.36			
6"	hf			0.34	0.86	1.25	2.58	4.71		
	Dif - hf				0.62	0.91	1.87	3.41		
8"	hf				0.24	0.34	0.71	1.30	8.02	
	Dif - hf				0.16	0.23	0.47	0.86	5.26	
10"	hf				0.08	0.11	0.24	0.44	2.76	4.42
	Dif - hf				0.05	0.06	0.14	0.25	1.57	2.50
12"	hf				0.03	0.05	0.10	0.19	1.19	1.92

FIGURA No. 9

PERDIDA DE CARGA EN FUNCION DE CAUDAL (—) Y CAUDAL EQUIVALENTE(----) PARA VARIOS DIAMETROS



CUADRO No. 22

VALORES DE CAUDALES EN BASE hf Y BHP

	diámetro en pulgadas						
	2 1/2	3	4	6	8	10	12
hf	0.012	0.024	0.072	0.092	0.113	0.147	
q _{equiv} (Q _s = 198 m ³ /hr)	1.48	3.20	9.5	35	79	178	
q _{BHP} m ³ /hr=270 m ³ /hr)	1.25	2.7	8.2	29.5	67	150	

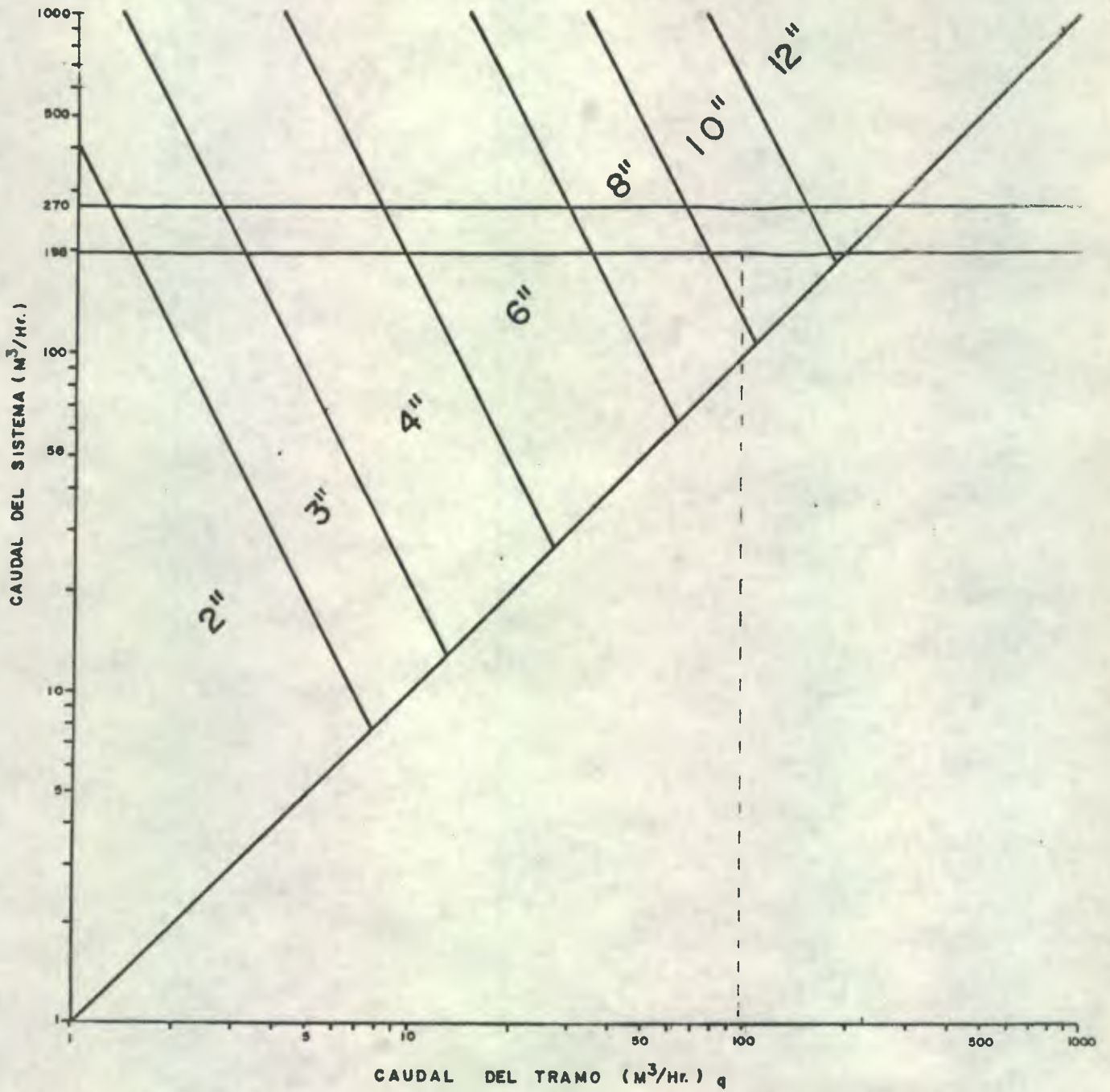
Para realizar la figura No. 10 se coloca en el eje de la abscisas el caudal del tramo y en el eje de las ordenadas el caudal del sistema, en la intersección de ambos se traza una línea recta de 45°, la cual se utiliza para delimitar las regiones de los diámetros de tubería, utilizando la parte superior de la misma. Para la elaboración de las líneas que demarcan cada región de diámetro de tubería, se plotea el valor del caudal real (198 m³/hr) en el eje de las ordenadas (caudal del sistema) y se traza una línea paralela al eje de las abscisas, seguidamente se plotean las abscisas, el caudal que da la hf equiv al interceptarse con la línea trazada del caudal real, éste es el primer punto de referencia seguidamente se traza el siguiente en la misma forma, tomando en el eje de las ordenadas el valor del caudal asumido de 270 m³/hr caudal asumido en ec 30 y se plotea el caudal del valor de BHP y en la intersección da el siguiente punto, seguidamente se traza una línea recta entre esos dos puntos y se forma la primera región de diámetro 2 1/2". En la misma forma se plotean todos los valores hasta obtener todas las regiones de la figura.

La selección del diámetro económico de cada tramo de tubería principal, se obtiene en la intersección de la línea del caudal del sistema (198 m³/hr) y el caudal de cada tramo de tubería, ver ejemplo en la gráfica.

En el cuadro No. 23 se observan los valores de los diámetros correspondientes a cada tramo.

FIGURA No. 10

Secciones de diámetros de tubería en relación
al caudal del tramo



CUADRO No. 23

DIAMETROS DE CADA SECCION DE LA TUBERIA PRINCIPAL

SECCION	CAUDAL m ³ /hr	DIAMETRO pulg	LONGITUD m
A - B	198	12	237.00
B - C	99	10	232.00
C - D	49.5	8	464.00
C - E	49.5	8	803.50
B - H	99	10	171.00
H - F	49.5	8	730.00
H - G	49.5	8	968.00

7.6.2 Ajuste de los diámetros de la tubería del sistema

La tubería principal no está constituida de un solo sub-principal, si no de varios, por lo cual será necesario realizar la determinación de la presión en cada unión del principal con los sub-principales. Si ésta presión es mayor que la requerida para el sub-principal, tendrá que hacerse ajustes a éste, de manera que la presión sea la misma. Para un buen funcionamiento de los aspersores. En el plano general del área se observa la distribución de la tubería principal y sub-principal figura No. 8

7.6.2.1 Procedimiento a emplear

- a) Seleccionar la tubería por el método simplificado (ya efectuado).
- b) Determinar el ramal principal
Se determinó que es el ramal que va de ABCD, ya que en éste requiere de más potencia para el funcionamiento del sistema.
- c) Determinar la carga dinámica total requerida en cada unión del sub-principal.
- d) Determinar la pérdida de carga permisible en cada sub-principal, que dependerá de la presión disponible en el punto de unión con el ramal principal..
- e) Seleccionar la tubería del sub-principal, repartiendo proporcionalmente la pérdida de carga permisible.

ANÁLISIS DE TRAMOS

Tramo D - C - E

Lo que se trata en éste análisis es que la presión (p) sea igual en los puntos a considerar, por lo tanto

$$P_d = P_c = P_e$$

Donde:

El análisis de la situación se basa en el teorema de Bernoulli,

$$H_a = - A \text{ elev} + hf + P$$

Donde:

H_a = carga requerida en un punto (m)

P = presión de entrada en cada lateral (m)

$A \text{ elev}$ = Diferencia de altura entre dos puntos considerados; de donde es positivo, si la diferencia es hacia arriba y negativa, si es hacia abajo (m)

$hf = \frac{hf (1/100)}{100}$; pérdida de carga de todo el tramo (m)

TRAMO = C - D

$A \text{ elev} = - 9.75 \text{ m}$

longitud tramo = 464.00 m

diámetro seleccionado = 8" (según cuadro No.21)

$hf = 0.09 \text{ m}/100 \text{ m} = 0.42 \text{ m}/464 \text{ m}$

caudal = 49.5 m³/hr

$$P_c = - A \text{ elev} + hf_{c-d} + P_d$$

$$P_c = - 9.75 + 0.42 + P_d$$

$$P_c = - 9.33 + P_d$$

TRAMO C - E

Análisis de pérdida de carga permisible en sub-principal

A elev = 12.75 m

Longitud tramo = 803.50 m

Caudal = 49.5 m³/hr

$$P_c = A \text{ elev} + hf_{c-e} + P_e$$

$$hf_{c-e} = P_c + A \text{ elev} - P_e$$

Sustituyendo el valor de P_c encontrando en el análisis del tramo C - D.

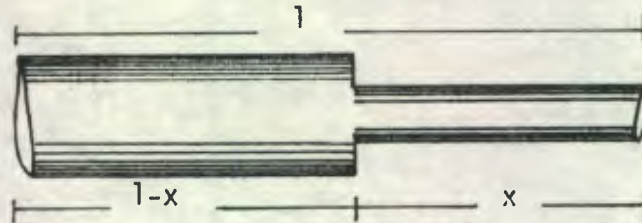
$$hf_{c-e} = 9.33 + P_d + 12.75 \text{ m} - P_d$$

$$hf_{c-e} = 3.42$$

Espresso en porcentaje

$$\frac{hf_{c-e} \times 100}{\text{longitud tramo}} = \frac{3.42 \times 100}{803.50} = 0.462 \text{ m}/100 \text{ m}$$

Repartiendo la carga proporcionalmente a la longitud de la tubería.



Utilizando la ecuación:

$$(1 - x) hf + (x) hf = hd \dots \dots \dots \text{ ec 31}$$

Donde:

hd = carga disponible (valor de hf_{c-d} del tramo c-d expresado en porcentaje).

hf = pérdida de carga por fricción

x = tubería de menor diámetro

$(1 - x)$ = tubería mayor diámetro

Para éste análisis se toma en cuenta, el diámetro que dió el análisis simplificado que es de 8" y uno menor, o sea 6"

Para diámetro de 8" corresponde $hf = 0.09 \text{ m}/100 \text{ m}$
 diámetro de 6" corresponde $hf = 0.34 \text{ m}/100 \text{ m}$

Despejando el valor de x:

$$(1 - x) 0.09 + (x) 0.34 = 0.426$$

$$x = 1.344$$

Como se observa, el valor de x es igual a 1.344. lo cual no puede ser factible, ya que el tramo que se está analizando, se igualó a uno, por lo cual el valor de x tiene que dar menor que la unidad, así se puede determinar los diámetros que correspondan a cada sección del tramo. Para lograr que el valor de x sea menor que uno, se efectúa en análisis tomando diámetros menores, es decir que se realiza todo el análisis tomando diámetros menores, es decir que se realiza todo el análisis nuevamente, pero se consideran diámetros de 6" y 4" respectivamente. en ésta forma el valor de x da 0.65, este valor se multiplica por la longitud del tramo por la longitud del tramo y da la longitud que hay que usar de 4" y la diferencia será longitud de diámetro de 6".

En el cuadro No. 24 se observa los diferentes tramos y el diámetro correspondiente de acuerdo a éste análisis.

CUADRO No. 24
ANALISIS DE TRAMOS Y DIAMETROS RESULTANTES

TRAMO	Longitud	diametro en pulgadas			hf m/sección
		4	6	8	
A - B	237.00			237.00	3.20
B - C	232.00		232.00		2.90
C - D	464.00	140.40	323.60		4.30
C - E	803.50	522.28	281.22		12.86
C - H	171.00		171.00		8.71
H - F	730.00				2.48
H - G	868.00				22.73

7.7 Requerimiento de potencia

7.7.1 Carga dinámica total (CDT)

Se determinó en base a la ecuación siguiente:

$$CDT = P_p + hf_p + 0.1 hf_p + Ph + S + hfs \dots\dots\dots ec 32$$

Donde:

P_p = presión entrada lateral

ph = diferencia de cotas entre punto mas bajo y mas elevado del área.

hfp = pérdida de carga por fricción en todo el principal (m)

$0.1 hfp$ = pérdida de carga por accesorios y válvulas (m)

S = altura de la succión, según condiciones topográficas (m)

hfs = pérdida de carga por fricción en la succión (m)

$$CDT = 45.46 + 10.40 + 1.04 + 43.78 + 3 + 0.63$$

$$CDT = 104.31 \text{ m}$$

7.7.2 Potencia Requerida:

Para el cálculo de los caballos de fuerza requeridos, para la utilización del sistema, se utiliza la fórmula:

$$Hp = \frac{Q \times \gamma \times CDT}{76 \times Ef} \dots\dots\dots 33$$

Donde:

H_o = caballos de fuerza del motor

Q = caudal del sistema en m^3/hr *

γ = peso específico del agua ($1000 \text{ kg}/m^3$)

Ef = eficiencia de la bomba (ver figura No. 2 apéndice)

76 = constante para m^3/seg

$$Hp = \frac{0.0275 \text{ m}^3/seg \times 1000 \text{ Kg}/m^3 \times 104.31 \text{ m}}{76 \times 0.80}$$

$$Hp = 47.23$$

*

Se instalarán dos motores de 50 hp c/u y bombas en paralelo, las cuales tendrán la misma capacidad de bombeo, es decir un caudal de 27.5 Lt/seg y la carga dinámica total será la misma para las dos bombas (104.31 m). Se hace en esta forma previendo que en un momento dado no toda el área va a estar cultivada, por lo cual existe la posibilidad (dependiendo

del área cultivada) a utilizar solo un equipo de bombeo, en un momento dado.

Los motores son eléctrico trifásico, ya que existe disponibilidad de energía eléctrica. Se tomarán en cuenta también para esta escoqencia su bajo costo y el mantenimiento que es mínimo.

7.8 Especificaciones del Sistema

7.8.1 Especificaciones técnicas para las condiciones del diseño

7.8.1.1 De cultivo

Cultivo	tabaco
Ciclo vegetativo	4 meses (120 días)
Siembra	1 de enero
Cosecha	30 de abril
Profundidad radicular (mayor absorción de agua)	60 cms
Altura media	1.50 m.
Lámina de evapotranspiración durante el ciclo	48.83 cm

7.8.2 De riego

7.8.2.1 Generales:

Lámina de riego neta	5.36 cm
Lámina de riego bruta	7.13 cm
Intervalo de riego crítico	10 días
Mes crítico	marzo
Número de riegos por ciclo	10
Tiempo de riego diario	18 horas
Número de turnos diarios	3
Tiempo de riego por turno	6 hrs
Tiempo para cambio de posiciones del lateral	2 Hrs
Total horas trabajadas por año	4,104 hr

7.8.2.2 Aspersores

Boquilla	1/4" x 1/8"
Caudal	17 gpm
Presión	55 psi
Diámetro de cobertura	115 pies
Traslape entre aspersores	50%
Separación entre aspersores	18 m
Modelo recomendado	30 EPS ó 5201-2 x

7.8.2.3 Laterales

Diámetro	3 pulgadas
Material	aluminio
Separación	18 m

7.8.2.4 Principal

Diámetros	8, 6, 4 pulgadas
Material	P.V.C.

7.8.2.5 Bombeo

Carga dinámica total	104.31 m.
Unidades de bombeo a utilizar	2
Potencia de cada bombeo	50 Hp

7.8.2.6 Especificaciones de Operación y Manejo

Area total de riego	49 ha
Area de riego por día	4.9 ha
Area de riego por turno	1.63 ha
Area de riego máximo por lateral	2106 m ²
Número de laterales por turno	8
Número de aspersores por lateral	6
Caudal por lateral	102 gpm

7.8.3 Costo y Especificaciones

7.8.3.1 Bombeo

2. Bombas centrífugas, modelo 3" x 4" x 9, serie "E", acoplada directamente a motor eléctrico de 50 Hp. 230-460 voltios, trifásico a 3.500 RPM, rendimiento 435 GPM, a 104.31 m de carga dinámica total.

7.8.3.2 Accesorios Eléctricos

1. Tablero para controles
2. Swith de cuchillas de 3 x 200
6. Cartuchos de 200 amp
2. Arrancadores magnéticos
4. Pararrayos
2. Protectores de líneas
2. Botoneras

7.8.3.3 Succión

2. Adaptadores de 4" x 5"
2. Unión
2. Codo de 5"
2. Tubo de 5" x 30' aluminio
2. Válvulas de pie de 5"

7.8.3.4 Descarga

4. Niples de 3" x 8"
2. Tees de 3"

- 2. Tapones macho de 3"
- 2. Manómetros de 0-100 PSI
- 2. Reductor campana de 3" x 4"
- 8. Niples de 4" x 8"
- 2. Válvulas cheque de 4"
- 2. Unión universal de 4"
- 2. Válvula compuertas de 4"
- 2. Reductor de 4" x 8"

7.8.3.5 Distribución

- 59. Válvulas compuerta de 2"
- 59. Adaptadores de 2" x 3"
- 1. Tee final de 3"
- 90. Tubos de aluminio de 3 x 30'
- 90. Copias de 3"
- 90. Aro y gancho de 3"
- 50. Tapones machos de 1" HG
- 8. Codos de 3"
- 4. Tees de 3"
- 4. Aspersores modelo 30 EPS/ 1/8" x 1/4 (S201-2X)
- 40. Niples de 1.20 m x 1"
- 40. Reducciones campana de 1" x 3/4"
Instalaciones de bomba y controles

7.9 Costos totales

El costo total asciende a la cantidad de Q. 70,000.00, el cual se desglosa de la siguiente manera:

Equipo de bombeo (2 unidades)	Q. 15,000.00
Accesorios (tubería de aluminio, succión, descarga)	Q. 20,000.00
Tubería y accesorios de P.V.C.	Q. 20,000.00
Introducción de energía eléctrica	Q. 8,000.00
Construcción de presa	Q. 3,000.00
Imprevistos 6%	Q. 4,000.00
COSTO TOTAL..	<u>Q. 70,000.00</u>
	=====

8. ANALISIS ECONOMICO FINANCIERO

Para establecer las prioridades de construcción en los proyectos de riego es necesario tener un concepto de los beneficios económicos y sociales que pueden esperarse; se reconoce que un mejoramiento económico combinado con un mejoramiento social ofrece las mejores perspectivas para el mejor desarrollo general de un país. Por lo general, la búsqueda de una solución hacia un balance adecuado de inversiones económicas y de inversiones sociales, es más difícil mientras más limitados son los recursos de un país. En estos casos es conveniente dar prioridad a aquellos programas que combinan los aspectos económicos y sociales, o sea programas de características económicas con metas sociales y que al mismo tiempo tengan características sociales, con más metas económicas.

Un programa que reúne las características anteriores, es el de suministrar agua por medio de riego, ya que el mismo tiempo que establece condiciones favorables para el desarrollo económico tiene una marcada significación social.

8.1 Parámetros para el Análisis Económico

Para realizar este análisis económico, se toman en cuenta tres parámetros para determinar si es factible la ejecución del proyecto desde el punto de vista financiero. Los parámetros que se toman en cuenta son; el valor presente neto (VPN), la relación beneficio-costos (B/C) y la tasa interna de retorno (TIR). Este análisis se realizó para el costo total de una hectárea.

8.2 Fuente de Financiamiento

El financiamiento será otorgado por la Agencia Internacional de Desarrollo (AID); las condiciones son de interés de 2%, un período de gracia de hasta 5 años y para el pago del capital 20 años.

8.3 Inversiones

La inversión total del proyecto asciende a Q. 70,000.00

8.3.1 Inversión por hectárea

La inversión total del proyecto por hectárea asciende a Q. 1,428.57 el cual se distribuye de la siguiente manera:

Equipo de bombeo	Q. 306.12
Tubería de distribución succión y descarga	Q. 408.16
Tubería de PVC y accesorios	Q. 408.16
Introducción de energía eléctrica	Q. 163.27
Construcción de presa	Q. 61.23
Imprevistos	Q. 81.63
INVERSIÓN INICIAL TOTAL:	<u>Q. 1,428.57</u>
	=====

8.3.2 Costos de Operación y Mantenimiento:

Son los gastos necesarios que se tienen que realizar para lograr un buen funcionamiento del Proyecto. Éstos se distribuyen así:

8.3.2.1 Costos de energía eléctrica

Los motores a usar son dos, cada uno de 50 Hp los cuales van a estar colocados en paralelo. Para determinar el total de kilowatt (Kw) consumidos por 100 Hp, se realiza así:

$$\begin{aligned} 1 \text{ Hp} &= 0.746 \text{ Kw} \\ 100 \text{ Hp} &= 74.60 \text{ Kw} \end{aligned}$$

De acuerdo a la tarifa establecida por el Instituto Nacional de Electrificación INDE, considera un consumo por demanda y ésta la calcula en base a la potencia de los motores, o sea que para éste caso la demanda total asciende a 74.60 Kw, por ser 100 Hp de potencia.

a) Consumo mensual de Kw

Este se calcula en base a:

Consumo Kw/hr de los motores x horas trabajo/día x días trabajados/mes.

O sea:

$$74.6 \text{ Kw/hr} \times 18 \text{ hr/día} \times 28.5 \text{ días/mes}$$

$$38.269.8 \text{ Kw/mes}$$

b) Costo mensual de energía eléctrica

Para determinar el costo por energía eléctrica, se utiliza la tarifa que tiene establecida el INDE para trabajos agrícolas, la cual se encuentra en el cuadro No. 25

CUADRO No. 25

TARIFA ESTABLECIDA POR EL INDE PARA TRABAJOS AGRICOLAS

CARGO POR DEMANDA		CARGO POR CONSUMO	
50 Kw o menos	0. 170.00	10,000 Kw iniciales o	
Kw adicional	3.40	menos	Q. 751.00
		10,000 Kw siguientes	
		c/u.....	Q. 0.075
		Restantes Kw c/u	Q. 0.066

Para determinar el costo mensual, éste se desglosa así:

CARGO POR DEMANDA		
Primeros 50 Kw	Q. 170.00	
restantes 24.60 Kw	Q. 83.64	Q. 253.64
CARGO POR CONSUMO		
Primeros 10,000 Kw	Q. 751.00	
Siguientes 10,000 Kw	750.00	
Restantes 18,269,8 Kw	Q. 1205.81	<u>Q. 2706.81</u>
COSTO TOTAL :		<u>Q. 2960.45</u> =====

c) Costo anual por consumo de energía eléctrica

Se ha determinado previamente que el sistema trabajará durante 8 meses al año, por lo cual el costo se hará en base a este tiempo.

Costo anual de energía = meses trabajados x costo mensual de energía

Costo anual de energía = Q. 23,683.60

d) Costo anual por consumo de energía eléctrica por hectárea.

Costo por Ha/año = $\frac{\text{costo total energía eléctrica/año}}{\text{Total Ha}}$

Costo por ha/año = Q. 483.34

8.3.2.2 Costo de Mantenimiento y Reparaciones

Se considera el 2% del total de la inversión del proyecto según S. C.S. (1976). Para determinar el costo anual por hectárea, se divide el costo de mantenimiento entre el número de hectáreas.

Costo mantenimiento y reparaciones/ha = Q. 28.57

8.3.2.3 Costo de servicios Personales (CSP)

Es necesario que dos personas laboren en el manejo y cuidados de los equipos de bombeo. El salario pagado en el área del proyecto es de 0.3.00 diarios, o sea el costo por hora es de Q.0.375 por lo cual el costo total anual por hectárea de servicios personales es :

CSP = $\frac{\text{Hr trabajo/año} \times \text{hr diarias jornal} \times \text{costo jornal} \times \text{No. de personas.}}{\text{No. Ha}}$

CSP = Q. 68.82/ha

Costo total de operación y mantenimiento por año por ha energía eléctrica	Q. 483.34
Reparación y mantenimiento	Q. 28.57
Servicios personales	Q. 62.82

TOTAL : Q. 574.73
=====

8.4 COSTOS

8.4.1 Costos de Producción Agrícola

De acuerdo a las condiciones climáticas del área, actualmente sin el proyecto de riego, solo es factible lograr una cosecha de maíz al año pero al entrar a funcionar el riego, se pretende obtener por lo menos tres cosechas al año, para que en esta forma el proyecto pueda ser rentable y pague la inversión inicial que es relativamente alta. Para efecto de este analisis se toman en cuenta solamente cultivos de tabaco, chile pimiento y frijol bajo riego, ya que tienen un ciclo vegetativo bastante similar o sea de cuatro meses cada uno, por lo cual el área puede ser cultivada todo el año.

Los costos de producción por hectárea en el área, aparecen en el cuadro No. 26, tomando los cultivos de tabaco, chile pimiento y frijol con riego y el maíz sin riego.

CUADRO No. 26

COSTOS DE PRODUCCION POR HECTAREA PARA 1983
(En quetzales)

CONCEPTO	CON RIEGO			SIN RIEGO
	TABACO	CHILE PIMIENTO	FRIJOL	MAIZ
Arrendamiento	300.00	75.00	70.00	72.00
Preparación de terreno	86.00	150.00	74.00	75.00
Arado, rastreado, desinfectación 1/				
Almácigo	96.00	70.00		
Control plagas 2/	76.00	89.00	13.00	73.00
Siembra	91.00	67.00	74.00	45.00
Limpias	137.00	137.00	68.00	46.00
Control enfermedades 3/	31.00	18.00	14.00	28.00
Fertilización 4/	509.00	483.00		
Cosecha				
Costo recolección	508.00	170.00	57.00	80.00
Costo transporte	150.00	150.00	22.00	32.00
TOTAL :	1,984.00	1,409.00	392.00	461.00
1/ incluye costo del desinfectante y su aplicación 2/ incluye costo del insecticida y su aplicación 3/ incluye el costo de los fungicidas y su aplicación 4/ incluye el costo de fertilizantes y su aplicación				

FUENTE: estadísticas de la Unidad de Riego El Rancho-Jicaro, Ministerio de Agricultura.

8.5 Costos Financieros

8.5.1 Estimación de servicios de la deuda

Para el cálculo de la amortización de capital é intereses, se elaboró el cuadro No. 27, en el cual aparece la forma de pago por hectárea, a través de una vida útil del proyecto de 20 años.

CUADRO No. 27

ESTIMACION DE SERVICIO DE LA DEUDA
(En quetzales)

AÑO	SALDO	AMORTIZACION	INTERES	CUOTA NIVELADA
1	1,428.57	---	28.57	28.57
2	1,428.57	---	28.57	28.57
3	1,428.57	66.72	28.57	95.29
4	1,361.85	68.05	27.24	95.29
5	1,293.80	69.41	25.88	95.29
6	1,224.39	70.80	24.49	95.29
7	1,153.59	72.22	23.07	95.29
8	1,081.37	73.66	21.63	95.29
9	1,007.71	75.14	20.15	95.29
10	932.57	76.64	18.65	95.29
11	855.93	78.17	17.16	95.29
12	777.76	79.74	15.55	95.29
13	698.03	81.33	13.96	95.29
14	616.70	82.96	12.33	95.29
15	533.74	84.62	10.67	95.29
16	449.13	86.31	8.98	95.29
17	362.82	88.03	7.26	95.29
18	274.80	89.79	5.50	95.29
19	185.00	91.59	3.70	95.29
20	93.41	93.40	1.87	95.29

8.5.2 Resumen de Costos, Ingresos y Beneficios

Estos datos se encuentran en el Cuadro No. 28, se detallan para los cultivos de maíz, sin riego y tabaco, chile pimiento y frijol, con riego.

CUADRO No. 28
RESUMEN DE COSTOS, INGRESOS Y BENEFICIOS

CULTIVO	Produccion promedio qq	Precio por qq en Q.	Beneficios brutos Q.	Costos de produccion Q.	Beneficios Netos Q.
Maiz	52	11.00	572.00	461.00	111.00
Tabaco	40	75.00	3,000.00	1,984.00	1,016.00
Chile pimiento	130	18.00	2,340.00	1,409.00	931.00
Friol	26	22.00	572.00	392.00	180.00
			5,912.00		2,127.00

8.5.3 Flujo de Fondos

Esto representa los beneficios netos del proyecto. En el cuadro No. 29 se analiza los beneficios con y sin riego y los costos con riego. Los beneficios brutos del proyecto resultan de la diferencia entre los beneficios netos agrícolas con el proyecto y los beneficios netos agrícolas sin el proyecto.

Los costos totales comprenden los costos de inversión con operación y mantenimiento y servicios de la deuda.

Los beneficios incrementales o flujo de caja del proyecto, resultan de los beneficios brutos menos los costos totales, Cuadro No. 29. Estos beneficios incrementales pueden considerarse como beneficios netos del proyecto, los que en este caso son considerables debido a que anteriormente se tomó en cuenta solo el maíz que es el cultivo tradicional, en relación a los otros cultivos propuestos que son bastante rentables.

CUADRO No. 29

FLUJO DE FONDOS (En quetzales)

AÑO	con riego	sin riego	brutos	inversión	Op.yMant.	Serv.de deuda	TOTAL	Beneficio incremental
1	111.00	111.00	- 0 -	1,428.57	* ---	28.57	1,428.57	(1457.14)
2	2127.00	111.00	2016.00	-----	574.73	28.57	603.30	1412.70
3-15	2127.00	111.00	2016.00	-----	574.73	19.95	594.68	1421.32
16	2127.00	111.00	2016.00	***102.04	574.73	8.98	685.75	1330.25
17.20	2127.00	111.00	2016.00	-----	574.73	4.58	579.31	1436.69

- * La operación y mantenimiento del primer año es cero, porque se encuentra en la fase de construcción el proyecto.
- ** Los valores que se encuentran entre paréntesis indican que son negativos.
- *** Existe inversión porque a los 16 años. se considera que termina la vida - útil de la bomba, HURD (1974). El costo considerado de cada bomba es de Q. 2,500.00

8.6 Flujo actualizado de fondos.

8.6.1 Evaluación financiera

a) 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 de años. Para el presente caso se utilizó una tasa de oportunidad del capital del 15%, en un período de 20 años, dando como resultado un valor de Q. 6,381.94, el cual es en beneficio total del proyecto por hectárea.

b) Relación beneficio-costo (B/C)

Es la relación existente entre los beneficios brutos del proyecto y los costos totales del proyecto actualizado al costo de oportunidad del capital en un período de años determinado. Aplicando este parámetro al proyecto, la relación beneficio-costo resultó igual a 2.24. Esta relación indica que el proyecto es financieramente factible.

c) Tasa de interna de retorno (TIR)

Es la tasa de actualización que iguala a cero, el beneficio neto incremental o flujo de caja del proyecto, o lo que equivale a decir que iguala el valor actual de los beneficios incrementales al valor actual de los costos incrementales. En este proyecto la tasa interna de retorno resultó ser de 97.31%, lo que indica que en un proyecto altamente rentable, por lo que es factible su ejecución desde el punto de vista financiero. Ver cuadro No. 29

Los proyectos financiados por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), solo aceptan una tasa interna de retorno no mayor del 40%, ya que al ser mayor se considera que se está alterando demaciado la relación beneficio-costo, pero en este caso resultó alta porque no se tomó en cuenta dentro de los costos la construcción y el estudio y diseño del proyecto.

CUADRO No. 30
FLUJO ACTUALIZADO DE FONDOS

A Ñ O	Beneficios brutos	Beneficios brutos actualizados	Costos Totales	Costos Totales actualizados	Beneficios Incrementales	VPN al 15%	VPN al 95%	VPN al 99%
1	--	--	1.457.14	1.267.08	(1,457.14)	(1,267.08)	(747.25)	(732.23)
2	2,016.00	1,524.39	603.30	456.18	1,412.70	1,068.20	371.52	356.73
3-15	2,016.00	8,510.87	670.02	2,828.60	1,421.32	6,000.33	393.39	362.49
16	2,016.00	215.44	772.06	82.51	1,330.25	142.16	0.04	0.02
17-20	2,016.00	615.07	670.02	204.32	1,436.69	438.33	0.04	0.02
T O T A L E S		10,865.77		4,838.79		6,381.94	17.74	13.01

- Para determinar la tasa de descuento para un año $= \frac{1}{(1+i)^n}$

donde:

i = interés

n = número de años

Quando se desea calcular la tasa de descuento para varios años $= \frac{1}{i} - \frac{1}{i(1+i)^n}$

- Cálculo de valor presente neto VPN = Tasa de descuento x capital

- Tasa interna de retorno:

TIR = Tasa actualización anterior + diferencia entre tasas

$\frac{\text{VPN a la tasa inferior}}{\text{suma absoluta entre valores de VPN a la tasa inferior + VPN a la tasa superior.}}$

- TIR = $95 + (99-95) \frac{17.74}{17.74 + 13.01} = 97.31$

Los parámetros utilizados para la evaluación de este proyecto, experimentan valores altos especialmente la tasa interna de retorno, debido a que en los costos del proyecto, no se incluyeron los costos del estudio y diseño, ya que éstos están subvencionados por el Gobierno; además el costo de la mano de obra para la construcción no se toma en cuenta, ya que dentro de las condiciones del préstamo otorgado por la Agencia Internacional para el Desarrollo AID expresa claramente que otorga el préstamo con destino a compra de materiales y no al pago de mano de obra.

8.7 Análisis de sensibilidad

Este análisis se refiere al riesgo que tiene el capital invertido, por lo cual los parámetros evaluativos, considerados en el proyecto se aplican un incremento de 10% en los costos totales del proyecto y un decremento del 10% de los beneficios por hectárea, los resultados obtenidos indican que el proyecto es factible cuadro No. 31.

CUADRO No. 31

ANALISIS DE SENSIBILIDAD

INDICADOR	VALOR ESPERADO	INCREMENTO 10% COSTOS	DECREMENTO 10% BENEFICIOS
RELación B/C	2.24	1:83	2.02
V. P. N. (Quetzales)	6,381.94	5,933.55	5,103.51
T I R	97.31	84.71	83.50
Rentabilidad	124%	83%	102%

Para el cálculo de rentabilidad se utiliza la siguiente fórmula= $(B/C-1) 100$

9. CONCLUSIONES

De acuerdo al estudio realizado se concluye lo siguiente.

- 9.1 Técnicamente es factible la introducción de agua de riego a la aldea Marajuma, utilizando un bombeo accionado con energía eléctrica.
- 9.2 El diseño se realizó para un área total de 49 has. (70 Mz.); tomándose solo áreas con pendiente menor del 5%.
- 9.3 Las investigaciones realizadas en cuanto a disponibilidad y calidad de agua en el río Morazán, son adecuados para el uso de riego del proyecto.
- 9.4 En el estudio de suelos efectuados, se determinó que no existe ninguna limitante, ya que a una profundidad de 1.20 mt., no existen capas impermeables. Las condiciones físicas y químicas de los suelos se consideran adecuadas para la producción de tabaco, maíz, frijol y hortalizas de clima cálido.
- 9.5 Como cultivo base para el diseño del sistema, se tomó el tabaco, por ser el que mayor cantidad de agua de riego demanda, en los meses de enero-abril. La lámina neta de riego a aplicar es de 5.36 Cm. con un intervalo de riego de 10 días en la época más crítica.
- 9.6 La operación y manejo del sistema deberá efectuarse según las especificaciones establecidas en el numeral 7.8.2.
- 9.7 El costo inicial total del sistema es de 0. 70,000.00, siendo el costo unitario por hectárea de 0. 1,428.57.

9.8 De acuerdo a la evaluación financiera se concluye que a pesar que el costo inicial es elevado la realización del proyecto tiene una rentabilidad alta que es 124%, y la relación beneficio-costo es de 2.24 o sea que por cada quetzal invertido, se obtiene 1.24 quetzales de ganancia.

10. RECOMENDACIONES

De acuerdo al estudio realizado y a las conclusiones obtenidas se recomienda:

- 10.1 La construcción del sistema, ya que de acuerdo a la evaluación económica efectuada, se observa que las proyecciones de ingresos y egresos provenientes de las actividades del proyecto durante su vida útil y bajo el régimen de explotación considerado, permiten proveer márgenes de utilidad bastante aceptables, por lo cual se recomienda agilizar los trámites para lograr el financiamiento.
- 10.2 Promover la organización de los usuarios de riego, con el objeto de propiciar las condiciones necesarias para el adecuado funcionamiento del proyecto.
- 10.3 Proporcionar asistencia técnica, crediticia y social adecuada permanentemente, con el objeto que la realización de este proyecto constituya realmente una alternativa de desarrollo para la comunidad.
- 10.4 Realizar estudios para el establecimiento de cultivos que puedan ser exportables, ya que en el lugar donde está ubicado el proyecto las vías de comunicación son adecuadas y la distancia hacia el puerto más cercano es relativamente corto.
- 10.5 Realizar estudio de mercadeo y comercialización para los productos agrícolas del área a fin de proporcionar al agricultor mejores perspectivas económicas.

- 10.6 Realizar investigación principalmente en el aspecto de riego, tales como frecuencias óptimas, a fin de lograr una mayor eficiencia en el uso del agua, introducción de nuevos cultivos, fertilización y control de plagas y enfermedades.

B I B L I O G R A F I A

1. ALVAREZ, E. Estudio y diseño para la introducción de riego por aspersión en la aldea Patzaj. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Facultad de Agronomía, USAC., 1981. 74 p.
2. AMERICAN WORKS ASSOCIATION. Curso de adiestramiento en la distribución del agua. Trad. por Centro Regional de -- Ayuda Técnica. México, AID, 1968. 167 p.
3. AOORENBOS, J. y KASSAM, A. H. Efectos del agua sobre el -- rendimiento de los cultivos. Roma, FAO, 1979. 212 p.
4. BUCARO, G. A. Determinación de la evapotranspiración potencial y balance hídrico en base a datos climáticos de los distritos de riego San Jerónimo, Asunción Mita, Laguna del Hoyo, Cararina, y la Fragua. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, 1973. 85 p.
5. GRASSI, C. J. Estimación de los usos consuntivos de agua - y requerimientos de riegos con fines de formulación y - diseño del proyecto. Mérida, Venezuela, Centro Internacional de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras, 1975. pp 39-41.
6. GUNDERSEN, L. W. Riego y manejo del agua. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1974. -- 353 p.
7. HURD, C. J. Guía para riego por aspersión. México, Centro Regional de Ayuda Técnica/AID, 1974. 90 p.
8. ISRAELSEN, D. y HANSEN, V. Principios y aplicaciones de -- riego. 2a. ed. Madrid, España, Reverté, 1979. 315 p.
9. LE COSTUMER, G. Métodos para la estimación de evapotranspiración potencial. Barbados, 1970. 18 p. Documento presentado al 24 Seminario Regional sobre Meteorología con referencia a las Zonas Tropicales de América Latina.
10. MANUAL DE riego por aspersión. Arequipa, Perú, Ministerio de Agricultura/Misión OEA-ISRAEL, 1973. 45 p.
11. ORTEGA H, J. V. Riego por aspersión. México, Universidad Autónoma de Chapingo, Departamento de Irrigación, 1981. 99 p. (Boletín técnico No. 23).

12. PAIR, C. H. Sprinkle irrigación. 4th. ed. USA, the Irrigation Association, 1975. 615 p.
13. PARKERT, H. Riego y drenaje. Roma, FAO, 1975. 96 p.
14. PEÑA, I. DE LA. Calidad del agua de riego, Distrito de riego No. 41, México, Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1976. 197 p.
15. ROJAS, R. A. Manual de riego por aspersión. Mérida, Venezuela, Centro Internacional de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras, 1980. 300 p. (Serie Riego y Drenaje RD 28).
16. SALLOVITZ, M. Tratado de ingeniería sanitaria. 4a ed. -- Buenos Aires, El Ateneo, 1944. 450 p.
17. SIMMONS, C., TARAMO, J. M. y PINTO, J. H. Clasificación de reconocimiento de suelos de la república de Guatemala. Guatemala, José Pineda Ibarra, 1959. pp 86-104.
18. VELASCO S., O. Proyecto de plantas de bombeo modelo No. 7. México D.F., Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1974. 206 p.

16/02/80
Clay Family



XII. APENDICE

CUADRO No. 1

CALCULO DE AFORO

Distancia del Punto.	Profund. Total	Profund. de Obs.	No. de Revol.	Tiempo Segs.	Revol. por seg.	Vel en el pto.	Vel Med de tramo	ANCHO	Profundidad.	AREA	GASTO	OBS.
0.00												
							0.1214	1.00	0.06	0.06	0.0072	
1.00	0.12	0.04	100	58.33	1.743	0.2428						
							0.2764	1.00	0.195	0.195	0.0538	
2.00	0.27	0.10	150	67.23	2.2311	0.3100						
							0.3071	1.00	0.31	0.31	0.0952	
3.00	0.35	0.14	150	68.58	2.1872	0.3043						
							0.1521	1.00	0.175	0.175	0.0266	
4.00												

No. Aforo: 4

Fecha: 20 de abril de 1982.

AREA TOTAL: 0.74 M²

Estación: "MARAJUMA"

Molinete: A. OTTI. 96.36

VEL. MEDIA: 0.2470 M/s.

Corriente: ARENA

Principio: 9 h 00 Min.

GASTO TOTAL: 0.1828 M³/s.

Localización: CONS. PRESA DE CAPTACION.

Terminó: 9 h 30 Min.

CUADRO NO. 2

CULTIVO CHILE PIMIENTO.

MESES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCTB.	NOV.	DICIEMBRE.
Et'.	3.78	9.79	14.41	11.22	6.18	13.36	15.22	11.36	5.26	12.05	12.62	9.22
Precipitación (Cm.)					11.26	12.52	7.32	7.61	13.22	9.99	2.27	
Precipitación Efectiva					8.87	9.43	6.53	6.75	9.60	8.30	2.16	
Requerimiento Riego	3.78	9.79	14.41	11.22		3.93	8.69	4.61		3.78	10.46	9.22

79.89

CULTIVO MAIZ.

CUADRO No. 3

MESES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DICIEMBRE
Et'.	5.21	9.96	16.03	14.43	8.98	13.29	16.86	14.55	7.39	12.32	14.23	12.10
Precipitación Efectiva					8.87	9.43	6.53	6.75	9.6	8.30	2.16	
Requerimiento Riego	5.21	9.96	16.03	14.43		3.86	10.33	7.80		4.02	12.07	12.10

95.81

CULTIVO FRIJOL.

CUADRO No. 4

MESES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPT.	OCT.	NOV.	DICIEMBRE
Et'.	6.25	12.62	16.25	13.51	10.58	16.65	14.07	7.99	8.97	17.30	19.65	5.24
Precipitación Efectiva					8.87	9.43	6.53	6.75	9.60	8.30	2.16	
Requerimiento Riego	6.25	12.62	16.25	13.51	1.71	7.22	7.54	1.24		7.70	17.49	5.24

96.77

CUADRO No. 5-6

Coeficiente de cultivo (kc)

CULTIVO	Fases de desarrollo del cultivo					Periodo vegetativo total
	Inicial	Desarrollo del cultivo	Mediados del periodo	Finales del periodo	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
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
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
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
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
Pimentero, 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

: Con humedad elevada (RHmin > 70%) y poco viento (U < 5 m/seg).

: Con humedad reducida (RHmin < 20%) y fuerte viento (> 5 m/seg).

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

PERFORMANCE FOR 30PSH

Highest point of stream is 9' above nozzle

P.S.I. at Nozzle	Nozzle 1 1/2" x 1/2"		Nozzle 2" x 1/2"		Nozzle 2 1/2" x 1/2"		Nozzle 3" x 1/2"	
	Flow Rate (GPM)	Flow Rate (GPM)	Flow Rate (GPM)	Flow Rate (GPM)	Flow Rate (GPM)	Flow Rate (GPM)	Flow Rate (GPM)	Flow Rate (GPM)
25	84	8.30	98	8.28	98	8.28	100	8.9
30	91	8.16	104	8.20	102	8.17	104	8.4
35	97	8.04	107	8.16	107	8.16	108	8.5
40	103	7.92	107	8.10	107	8.10	108	8.5
45	108	7.80	104	8.00	104	8.00	110	8.4
50	113	7.68	104	7.90	109	7.9	113	8.2
55	118	7.56	104	7.80	111	7.8	115	8.1
60	123	7.44	104	7.70	112	7.7	116	8.0
65	128	7.32	104	7.60	112	7.6	117	7.9
70	133	7.20	104	7.50	112	7.5	117	7.9
75	138	7.08	104	7.40	112	7.4	117	7.9
80	143	6.96	104	7.30	112	7.3	117	7.9
85	148	6.84	104	7.20	112	7.2	117	7.9
90	153	6.72	104	7.10	112	7.1	117	7.9
95	158	6.60	104	7.00	112	7.0	117	7.9
100	163	6.48	104	6.90	112	6.9	117	7.9

PERFORMANCE FOR 30EPSH

Highest point of stream is 10' above nozzle

P.S.I. at Nozzle	Nozzle 1 1/2" x 1/2"		Nozzle 2" x 1/2"		Nozzle 2 1/2" x 1/2"		Nozzle 3" x 1/2"	
	Flow Rate (GPM)	Flow Rate (GPM)	Flow Rate (GPM)	Flow Rate (GPM)	Flow Rate (GPM)	Flow Rate (GPM)	Flow Rate (GPM)	Flow Rate (GPM)
25	84	8.30	98	8.28	98	8.28	100	8.9
30	91	8.16	104	8.20	102	8.17	104	8.4
35	97	8.04	107	8.16	107	8.16	108	8.5
40	103	7.92	107	8.10	107	8.10	108	8.5
45	108	7.80	104	8.00	104	8.00	110	8.4
50	113	7.68	104	7.90	109	7.9	113	8.2
55	118	7.56	104	7.80	111	7.8	115	8.1
60	123	7.44	104	7.70	112	7.7	116	8.0
65	128	7.32	104	7.60	112	7.6	117	7.9
70	133	7.20	104	7.50	112	7.5	117	7.9
75	138	7.08	104	7.40	112	7.4	117	7.9
80	143	6.96	104	7.30	112	7.3	117	7.9
85	148	6.84	104	7.20	112	7.2	117	7.9
90	153	6.72	104	7.10	112	7.1	117	7.9
95	158	6.60	104	7.00	112	7.0	117	7.9
100	163	6.48	104	6.90	112	6.9	117	7.9

PERFORMANCE FOR 30WPSH

Highest point of stream is 9' above nozzle

P.S.I. at Nozzle	Nozzle 1 1/2" x 1/2"		Nozzle 2" x 1/2"		Nozzle 2 1/2" x 1/2"		Nozzle 3" x 1/2"	
	Flow Rate (GPM)	Flow Rate (GPM)	Flow Rate (GPM)	Flow Rate (GPM)	Flow Rate (GPM)	Flow Rate (GPM)	Flow Rate (GPM)	Flow Rate (GPM)
25	85	8.89	98	8.83	91	8.7	93	8.9
30	91	8.75	98	8.75	98	8.7	101	8.9
35	97	8.61	100	8.70	100	8.7	104	8.6
40	103	8.47	102	8.70	102	8.7	108	8.4
45	108	8.33	104	8.70	107	8.6	110	8.3
50	113	8.19	105	8.88	109	8.6	113	8.2
55	118	8.05	107	8.88	111	8.6	115	8.1
60	123	7.91	108	8.88	112	8.6	116	8.0
65	128	7.77	109	8.88	113	8.6	117	7.9
70	133	7.63	110	8.88	114	8.6	117	7.9
75	138	7.49	111	8.88	115	8.6	117	7.9
80	143	7.35	112	8.88	116	8.6	117	7.9
85	148	7.21	113	8.88	117	8.6	117	7.9
90	153	7.07	114	8.88	118	8.6	117	7.9
95	158	6.93	115	8.88	119	8.6	117	7.9
100	163	6.79	116	8.88	120	8.6	117	7.9

PERFORMANCE FOR 30EWPSH

Highest point of stream is 10' above nozzle

P.S.I. at Nozzle	Nozzle 1 1/2" x 1/2"		Nozzle 2" x 1/2"		Nozzle 2 1/2" x 1/2"		Nozzle 3" x 1/2"	
	Flow Rate (GPM)	Flow Rate (GPM)	Flow Rate (GPM)	Flow Rate (GPM)	Flow Rate (GPM)	Flow Rate (GPM)	Flow Rate (GPM)	Flow Rate (GPM)
25	84	8.89	98	8.83	98	8.7	100	8.9
30	91	8.75	100	8.75	102	8.7	104	8.8
35	97	8.61	104	8.70	105	8.7	108	8.6
40	103	8.47	106	8.70	109	8.6	112	8.4
45	108	8.33	108	8.70	111	8.6	114	8.2
50	113	8.19	110	8.75	113	8.6	116	8.1
55	118	8.05	112	8.80	115	8.6	118	8.0
60	123	7.91	114	8.80	117	8.6	120	7.9
65	128	7.77	116	8.80	119	8.6	122	7.8
70	133	7.63	118	8.80	121	8.6	124	7.7
75	138	7.49	120	8.80	123	8.6	126	7.6
80	143	7.35	122	8.80	125	8.6	128	7.5
85	148	7.21	124	8.80	127	8.6	130	7.4
90	153	7.07	126	8.80	129	8.6	132	7.3
95	158	6.93	128	8.80	131	8.6	134	7.2
100	163	6.79	130	8.80	133	8.6	136	7.1

30PSH/30EPSH Series

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

30PSH

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

30EPSH

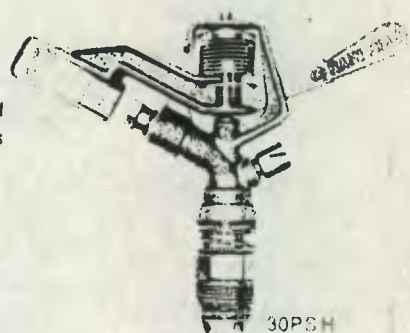
Higher precipitation rates because this model has two nozzles. Wide range of flow rates available. Diameter of throw increased substantially under extremely windy conditions because this model has a non-clog valve.

30WPSH

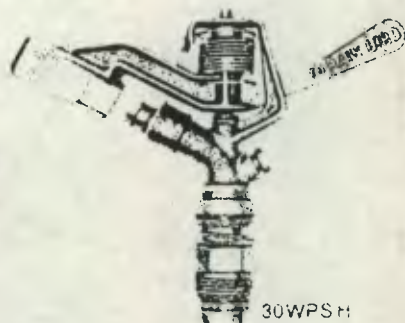
Lower precipitation rates and better performance in wind because of single nozzle. May be converted to two nozzle sprinkler by replacing plug with spreader nozzle.

30EWPSH

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



30PSH



30WPSH

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

CUADRO No. 8
 PERDIDAS POR FRICCIÓN EN TUBERÍA CON SALIDAS MÚLTIPLES

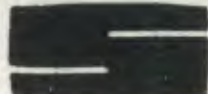
NUMERO DE SALIDAS	VALOR DE hf	NUMERO DE SALIDAS	VALOR DE hf
1	1.000	17	.375
2	.634	18	.373
3	.528	19	.372
4	.480	20	.370
5	.451	21	.369
6	.433	22	.368
7	.419	23	.367
8	.410	24	.366
9	.402	25	.365
10	.396	26	.364
11	.392	27	.364
12	.388	28	.363
13	.384	29	.363
14	.381	30	.362
15	.379	35	.359
16	.377	40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

CUADRO No. 9

FACTOR DE RECUPERACION DE CAPITAL AL 2%

AÑO	RECUPERACION DE CAPITAL	AÑO	FACTOR RECUPERACION CAPITAL
1	1.020000	11	0.102178
2	0.515050	12	0.094560
3	0.346755	13	0.088118
4	0.262624	14	0.082602
5	0.212158	15	0.077825
6	0.178526	16	0.073650
7	0.154512	17	0.069970
8	0.136510	18	0.066702
9	0.122515	19	0.063782
10	0.111327	20	0.061157

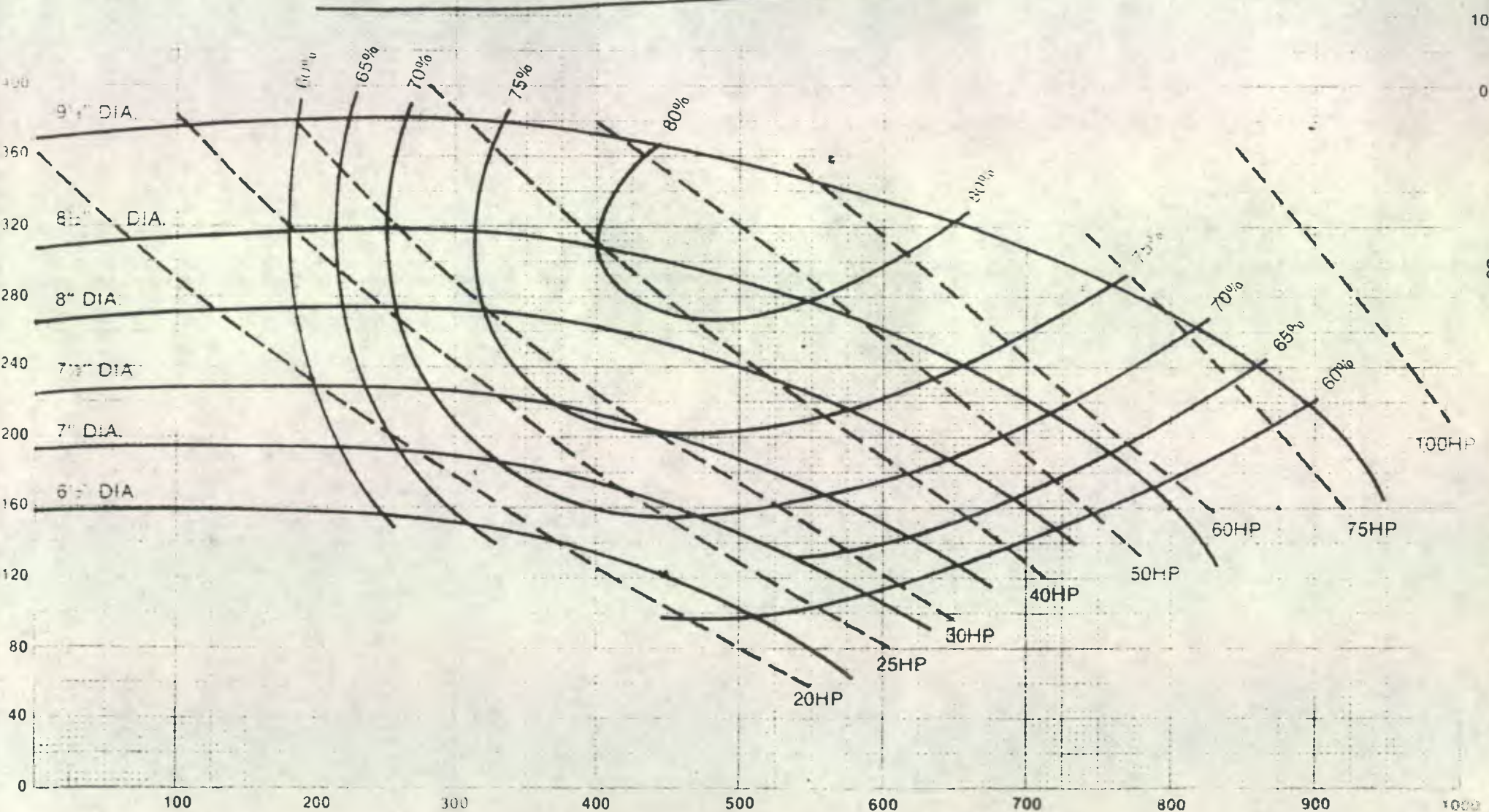
3x4x9



STA-RITE

"E" SERIES—3500 RPM

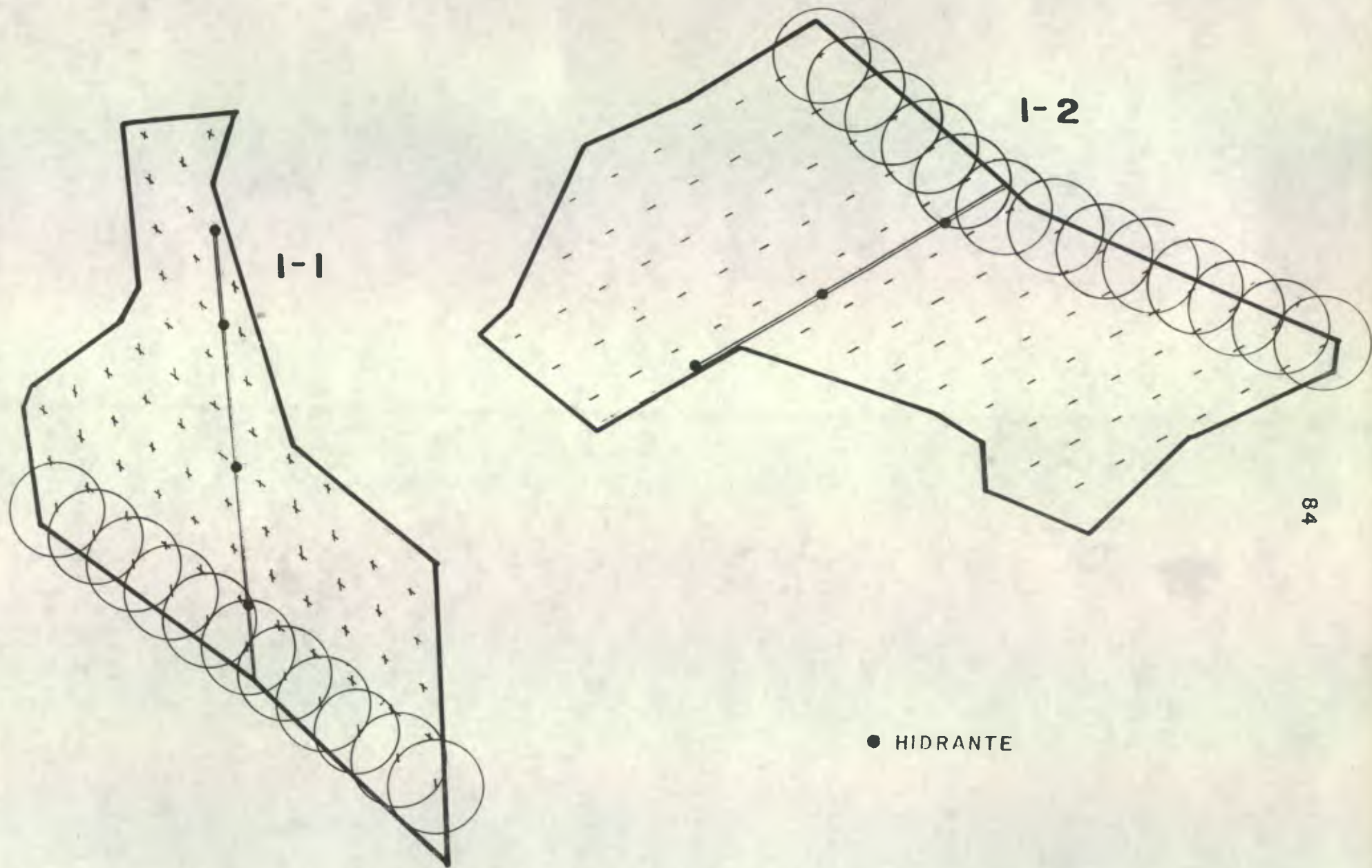
TDH—FT



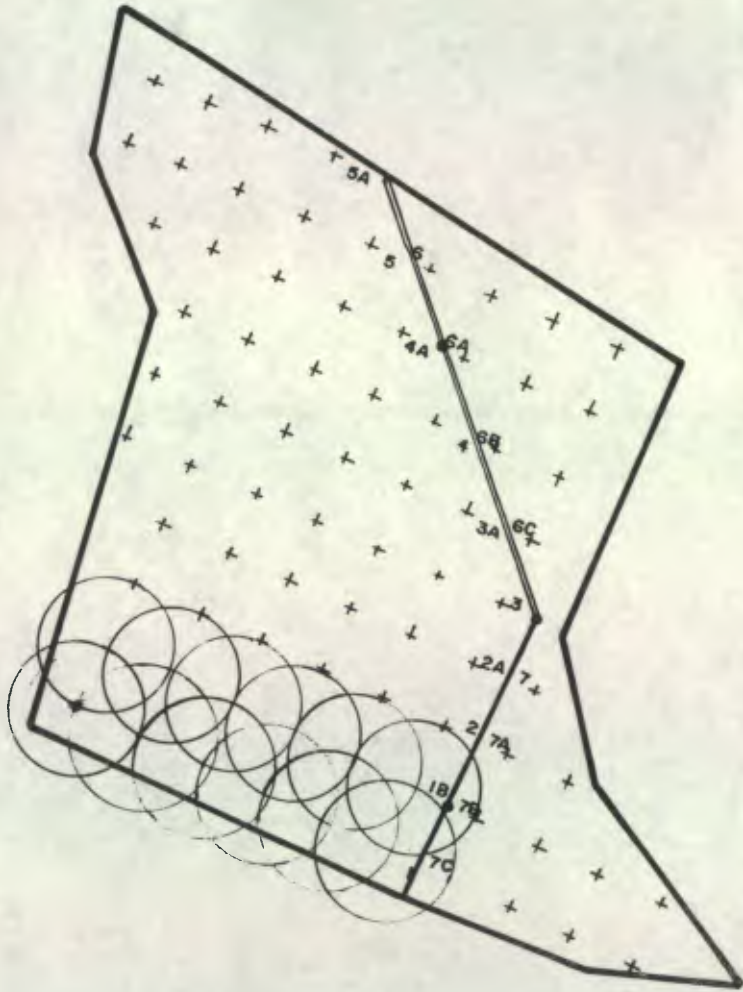
CAPACITY—U.S.G.P.M.—3x4x9—3500 RPM

STA-RITE

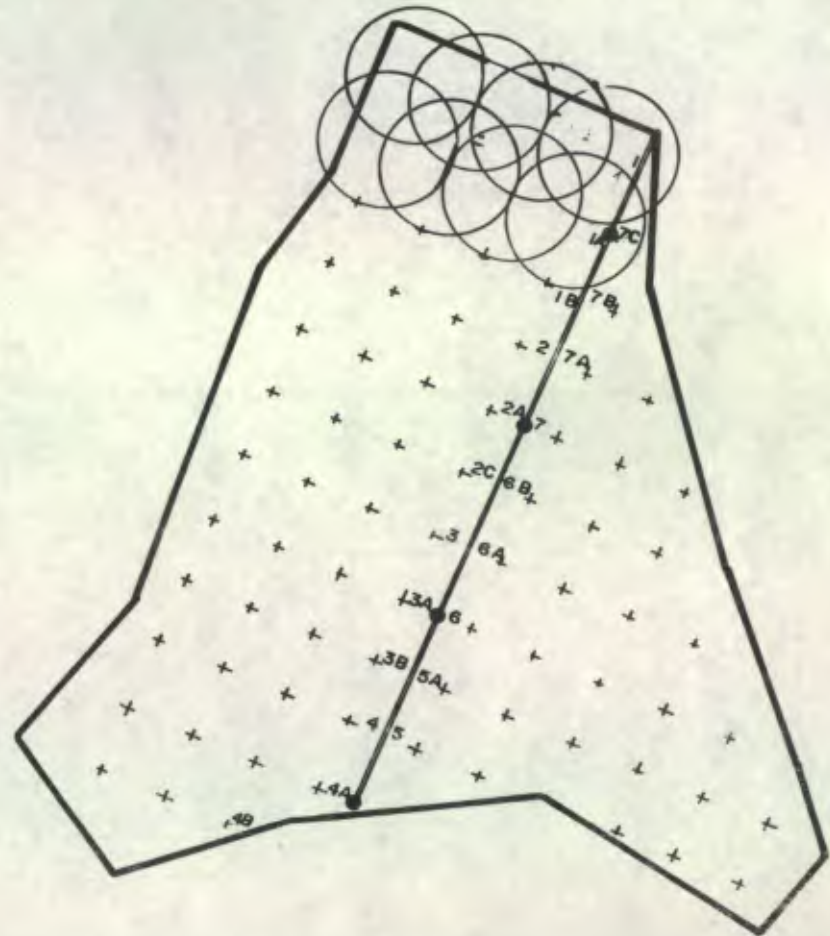
DISTRIBUCION DE ASPERSORES POR PARCELA



I-3



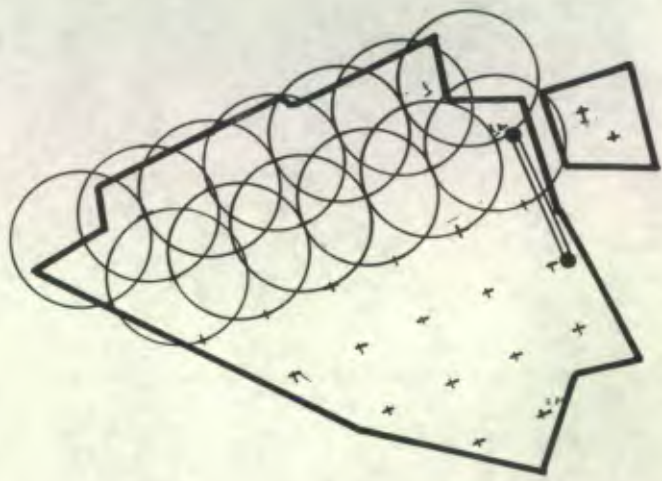
I-4

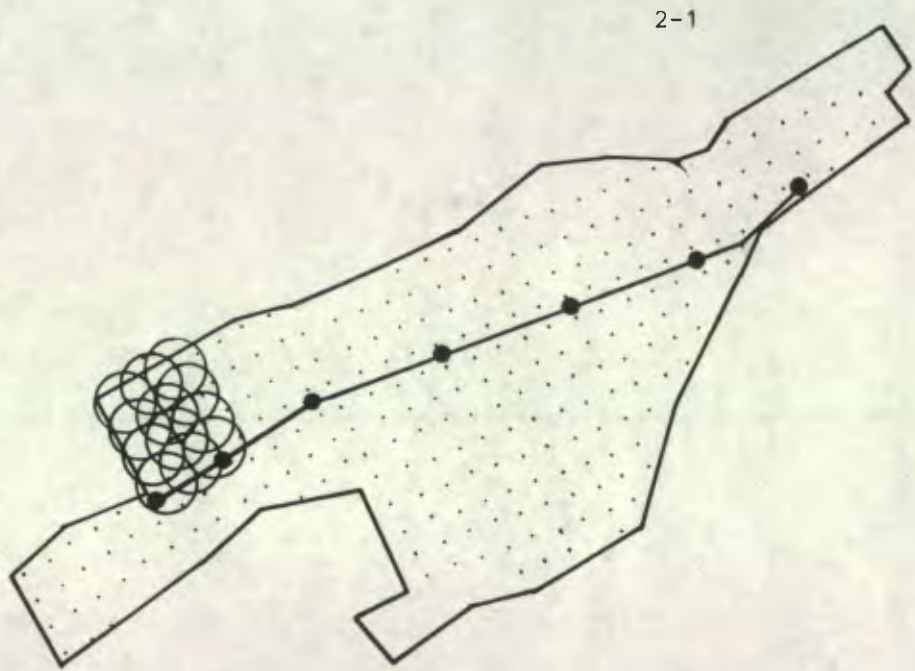
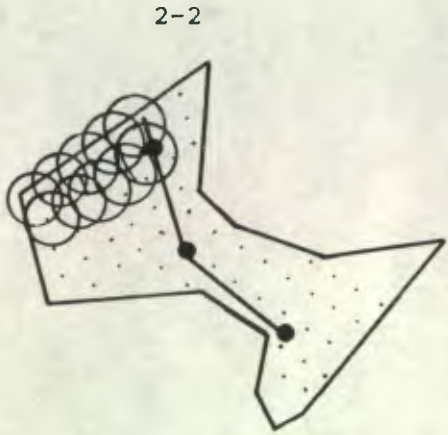


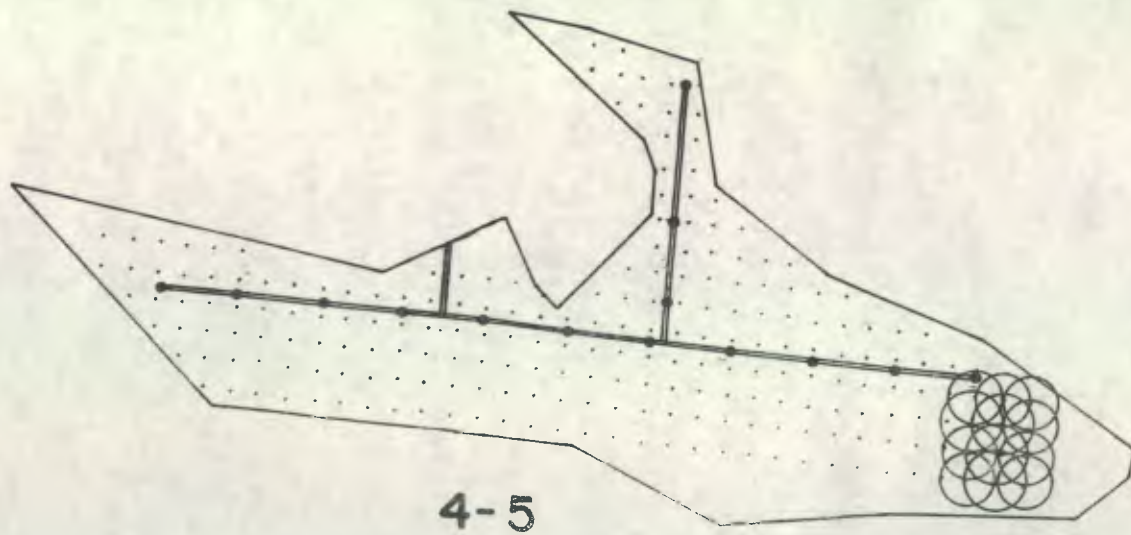
1-5

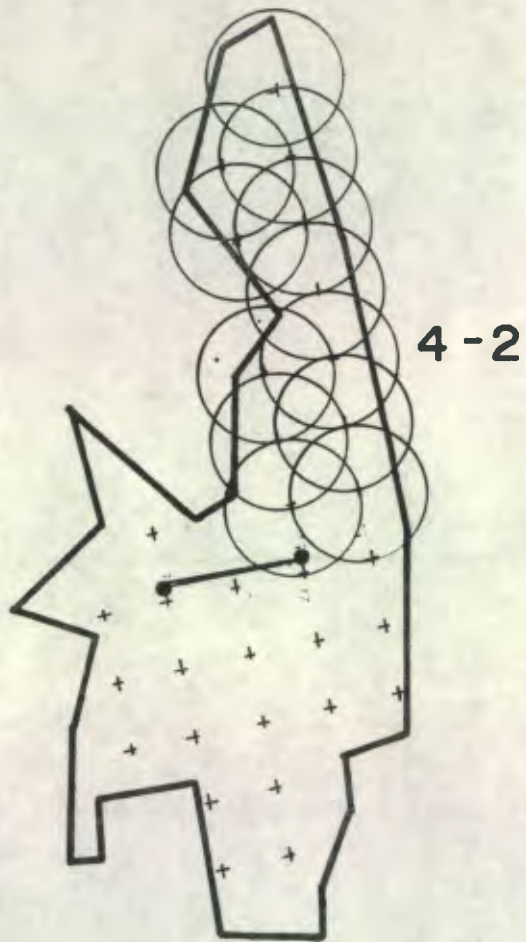
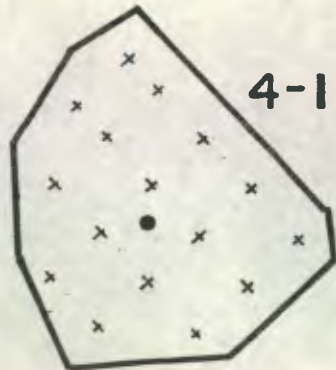
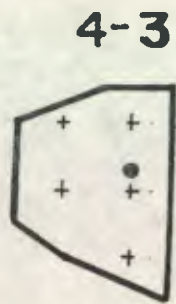
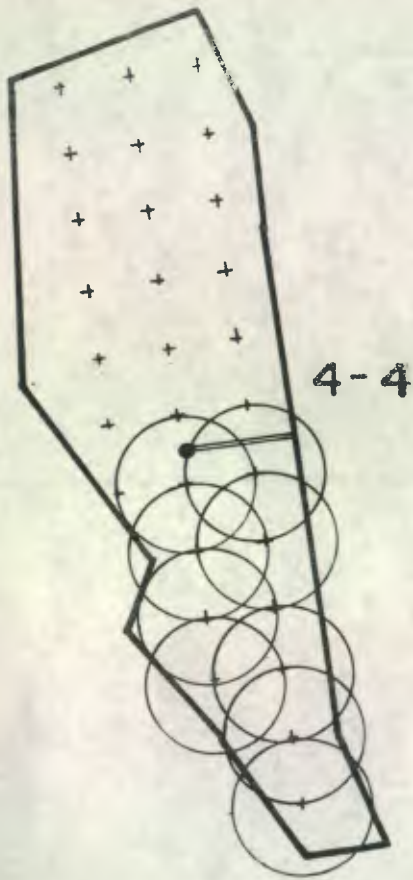


1-6











FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia

Asunto

"IMPRIMASE"

A handwritten signature in dark ink is written over 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. CASTANEDA S.
DECANO