

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS**

**DETERMINACION DE LAS AREAS ACTUALMENTE REGADAS Y POTENCIALMENTE REGABLES,  
CON FINES DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO EN LA CUENCA DEL RÍO ITZAPA,  
SAN ANDRES ITZAPA, CHIMALTENANGO.**

**PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA  
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**POR**

**FREDY ROLANDO ROMERO ORELLANA**

**En el acto de investidura como**

**INGENIERO AGRONOMO**

**EN**

**SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA**

**EN EL GRADO ACADEMICO**

**DE LICENCIADO**

**Guatemala, mayo de 1998.**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA**

**RECTOR**

**Dr. JAFETH ERNESTO CABRERA FRANCO**

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA**

**DECANO**

**Ing: Agr. JOSE ROLANDO LARA ALECIO**

**VOCAL I**

**Ing. Agr. JUAN JOSE CASTILLO MONT**

**VOCAL II**

**Ing. Agr. WILLIAN ROBERTO ESCOBAR LOPEZ**

**VOCAL III**

**Ing. Agr. ALEJANDRO ARNOLDO HERNANDEZ FIGUEROA**

**VOCAL IV**

**Br. ESTUARDO LIRA PRERA**

**VOCAL V**

**P. Agr: EDGAR DANILO JUAREZ QUIM**

**SECRETARIO**

**Ing. Agr. GUILLERMO EDILBERTO MENDEZ BETETA**

Guatemala, mayo de 1998.

Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Distinguidos miembros:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado:

**DETERMINACION DE LAS AREAS ACTUALMENTE REGADAS Y POTENCIALMENTE REGABLES,  
CON FINES DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO EN LA CUENCA DEL RÍO ITZAPA,  
SAN ANDRES ITZAPA, CHIMALTENANGO.**

Presentado como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

En espera de su aprobación, me despido de ustedes.

Atentamente,



FREDY ROLANDO ROMERO ORELLANA

## ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS: Por permitirme llegar hasta este momento **tan especial**

MIS PADRES: Celso Rolando Romero González y  
Josefina Orellana de Romero  
Como una pequeña recompensa a sus **múltiples esfuerzos.**

MIS HERMANOS: Maria Beatriz, Edgar Leonel, Xiomara **Nineth** y Enrique  
Bladimir.

MIS SOBRINOS: Edgar Josué y Edgar Leonel.

MI NOVIA: Wendy Ordoñez, por su amor, apoyo y **comprensión** en todo  
momento

LA FAMILIA: Argueta Sánchez, por sus consejos, **amistad, confianza** y  
apoyo.

MI CUÑADA

MIS TIOS

MIS PRIMOS

## TESIS QUE DEDICO

A:

Escuela Nacional Urbana Mixta "La Libertad", Joyabaj Quiché.

Escuela de Formación Agrícola Sololá,

Escuela Nacional Central de Agricultura, Barcena, Villa Nueva.

Universidad de San Carlos de Guatemala.

Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Compañeros de los cursos especializados.

Mis compañeros y amigos universitarios.

## AGRADECIMIENTOS

Sinceros agradecimientos a:

Ing. Agr. MSc. Victor Manuel Cabrera Cruz, por su asesoría y consejos durante la realización de este trabajo de tesis.

Ing. Agr. MSc. Hugo Tobias e Ing. Agr. MSc. Maxdelio Herrera, por la oportunidad que me dieron de trabajar con ellos en los proyectos de investigación.

A los compañeros del proyecto: Amilcar Sánchez, Carlos López, Guillermo Santos, Eduardo Moreira y Ronald Gómez, por su colaboración y apoyo.

A mis amigos Christian Mora, Ernesto España, Luis Echeverría, José Cifuentes, Carlos Ixcot, Rafael Tellez, Rony Ixcot, Efrain Molina, Juan Herrera, Marco Antonio Yon, Hector González y Beatriz Anleu, por su amistad sincera.

## CONTENIDO GENERAL

Resumen	vi
1. INTRODUCCION	1
2. DEFINICION DEL PROBLEMA	2
3. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION	3
4. MARCO TEORICO	4
4.1 Marco conceptual	4
4.1.1 Concepto de riego agrícola	4
4.1.2 Obtención de cosechas bajo sistemas de regadío	4
4.1.2.1 Experiencias sobre irrigación en el altiplano	5
4.1.3 Factores para el planeamiento	5
4.1.3.1 El levantamiento topográfico	5
4.1.4 Relación suelo-agua-planta	6
4.1.5 Uso del agua por los cultivos	6
4.1.6 Calidad del agua de riego	7
4.1.6.1 Clasificación del agua de riego de acuerdo a su calidad	8
4.1.6.2 Diagrama de clasificación del agua	8
4.1.7 Infiltración	8
4.1.7.1 Factores que afectan el proceso de infiltración	8
4.1.7.2 Medición de la infiltración	9
4.1.8 Descripción general y partes básicas de un sistema de riego por aspersión	9
4.1.8.1 Fuente de abastecimiento de agua	9
4.1.8.2 Unidad de bombeo	9
4.1.8.3 Tubería principal y sub-principal	10
4.1.8.4 Tubería lateral	10
4.1.8.5 Aspersores	10
4.1.8.6 Accesorios	10
4.1.9 Análisis de factibilidad del proyecto	10
4.2 Marco Referencial	11
4.2.1 Características generales de la cuenca	11
4.2.1.1 Localización	11
4.2.1.2 Área de la cuenca	11
4.2.1.3 Clima y zonas de vida	11
4.2.1.4 Geología	12
4.2.1.5 Tierras	12
4.2.1.6 Génesis de suelos	12
4.2.1.7 Clasificación taxonómica de suelos	12

4.2.1.8	Uso de la tierra	13
4.2.2	Estudio socioeconómico de la cuenca	13
4.2.2.1	Población total	13
4.2.2.2	Datos generales de los productores	13
4.2.2.3	Características socioeconómicas de la población	13
4.2.2.4	Tenencia y uso de la tierra	14
4.2.2.5	Áreas actualmente regadas	14
5.	OBJETIVOS	15
5.1	General	15
5.2	Específicos	15
6.	METODOLOGIA	16
6.1	Determinación de las áreas actuales de riego	16
6.2	Determinación de las áreas potenciales de riego	16
6.3	Estudio topográfico	16
6.4	Estudio climático	16
6.5	Estudio edafológico	16
6.5.1	Muestreo de suelos	16
6.5.2	Análisis físico-químico de suelos	16
6.5.3	Determinación de constantes de humedad	17
6.5.4	Pruebas de infiltración y determinación de infiltración básica	17
6.5.5	Determinación de cultivos a regar	17
6.6	Estudios hidrológicos	17
6.6.1	Demanda y disponibilidad de agua	17
6.6.2	Calidad de agua	17
6.6.3	Determinación del consumo de agua o evapotranspiración	18
6.6.4	Cálculo del requerimiento de riego	18
6.6.5	Cálculo de la lámina de agua disponible	19
6.6.6	Cálculo de la lámina de agua a aplicar	19
6.6.7	Determinación del calendario de riego	19
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
7.1	Áreas actuales de riego	20
7.2	Áreas potenciales para riego	20
7.3	Estudio topográfico	20
7.4	Estudio climático	20
7.5	Estudios edafológicos	21
7.5.1	Determinación de constantes de humedad	21
7.5.2	Cultivos a regar	22

7.6 Estudios hidrológicos	22
7.6.1 Demanda y disponibilidad de agua	22
7.6.2 Calidad de agua	23
7.6.3 Determinación del consumo de agua o evapotranspiración	25
7.6.4 Cálculo del requerimiento de riego	26
7.6.5 Cálculo de la lámina disponible	27
7.6.6 Cálculo de la lámina a aplicar	27
7.6.7 Determinación del calendario de riego	27
7.7 Diseño	29
7.7.1 Selección del método de riego	29
7.7.2 Captación	30
7.7.3 Selección de aspersores	30
7.7.4 Tipo de aspersores	31
7.7.5 Distribución de líneas de conducción y distribución	32
7.7.6 Diseño de la línea de conducción	33
7.7.6.1 Diámetro de la tubería de conducción	33
7.7.7 Diseño de la línea de distribución	33
7.7.7.1 Diámetro de la tubería lateral	33
7.7.7.2 Carga requerida a la entrada del lateral	35
7.7.7.3 Carga hidráulica disponible	35
7.7.7.4 Estimación de costos	35
7.7.8 Especificaciones del sistema	37
7.8 Análisis Económico Financiero	38
7.8.1 Parámetros para el análisis económico	38
7.8.2 Inversiones	39
7.8.3 Costos	39
7.8.3.1 Costos de producción agrícola	39
7.8.4 Costos financieros	40
7.8.4.1 Estimación de servicios de la deuda	40
7.8.4.2 Resumen de costos, ingresos y beneficios	41
7.8.4.3 Flujo de fondos	42
7.8.5 Evaluación financiera	43
7.8.6 Análisis de sensibilidad	43
7.9 Organización de usuarios del riego	44
7.9.1 Selección de los usuarios del riego	44
7.9.2 Asistencia Técnica	44
7.10 Normas para la operación y mantenimiento del sistema de riego diseñado	45

7.10.1 Reglamento	46
7.10.1.1 Derechos	46
7.10.1.2 Obligaciones	46
7.11 Evaluación de impacto	46
7.11.1 Evaluación de los componentes socioeconómicos	46
7.11.2 Evaluación de componentes institucionales	47
7.11.3 Evaluación de componentes ambientales	47
7.11.4 Parámetros para medición de impacto	47
7.11.5 Generación de empleo	48
7.11.6 Tenencia de la tierra	48
8. CONCLUSIONES	49
9. RECOMENDACIONES	50
10. BIBLIOGRAFIA	51
11. APENDICES	53

#### INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Datos climáticos de la estación ALAMEDA - ICTA desde 1981 a 1996.	20
Cuadro 2. Resultados de laboratorio de la unidad de suelo representativa del área potencial de riego.	21
Cuadro 3. Aforos realizados en diferentes puntos en época de estiaje en el río Itzapa.	23
Cuadro 4. Resultados del análisis de calidad de agua para riego hecho en el río Itzapa.	24
Cuadro 5. Resultados de laboratorio del análisis microbiológico del agua	24
Cuadro 6. Determinación de la evapotranspiración para el cultivo del Chile pimiento de febrero a abril.	25
Cuadro 7. Determinación de la evapotranspiración para el cultivo del Maíz de mayo a octubre.	25
Cuadro 8. Determinación de la evapotranspiración para el cultivo del Chile pimiento de noviembre a enero.	26
Cuadro 9. Cálculo del requerimiento de riego para la cuenca del río Itzapa, utilizando Chile pimiento y Maíz.	26
Cuadro 10. Determinación de la lámina de agua disponible.	27
Cuadro 11. Datos utilizados en la calendarización de riego de noviembre a enero	27
Cuadro 12. Datos utilizados en la calendarización de riego de febrero a abril	28
Cuadro 13. Separación entre aspersores y entre laterales de acuerdo a la velocidad del viento.	32
Cuadro 14. Pérdidas por fricción en la tubería principal.	33
Cuadro 15. Cálculo de las pérdidas por fricción en la tubería lateral.	35

Cuadro 16. Estimación de costos del proyecto de riego para el área potencialmente regable de la cuenca del río Itzapa	36
Cuadro 17. Costos de producción por hectárea para diferentes cultivos	39
Cuadro 18. Estimación de servicios de la deuda	40
Cuadro 19. Resumen de costos, ingresos y beneficios agrícolas	41
Cuadro 20. Flujo de fondos (en Quetzales)	42
Cuadro 21. Análisis de sensibilidad.	43
Cuadro 22A. Factor (F) para calcular pérdidas por fricción en tuberías con salidas Múltiples	54
Cuadro 23A. Áreas actualmente regadas en la cuenca del río Itzapa.	60
Cuadro 24A. Áreas potencialmente regables en la cuenca del río Itzapa.	61
Cuadro 25A. Área de diseño.	63

### INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva de infiltración de los suelos en el área de diseño	22
Figura 2. Calendario de riego de noviembre a enero, para Chile pimiento ( <i>Capsicum annum</i> )	28
Figura 3. Calendario de riego de febrero a abril, para Chile pimiento ( <i>Capsicum annum</i> )	29
Figura 4A. Diagrama para la clasificación de las aguas de río	55
Figura 5A. Ubicación de la cuenca del río Itzapa a nivel nacional y dentro de la cuenca del río Achiguate.	56
Figura 6A. Mapa de clasificación taxonómica de los suelos de la cuenca del río Itzapa.	57
Figura 7A. Diseño de la presa de captación	58
Figura 8A. Diseño del desarenador	59
Figura 9A. Diseño de las válvulas de aire y de drenaje.	64
Figura 10A. Planos	

### INDICE DE PLANOS

Plano 1. Áreas potencialmente regables	Hoja 1/4
Plano 2. Áreas actualmente regables	Hoja 2/4
Plano 3. Área de diseño del proyecto Gravedad-Aspersión	Hoja 3/4
Plano 4. Perfil del terreno y planta de la tubería de PVC	Hoja 4/4

**DETERMINACION DE LAS AREAS ACTUALMENTE REGADAS Y POTENCIALMENTE REGABLES, CON FINES DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO EN LA CUENCA DEL RIO ITZAPA, SAN ANDRES ITZAPA, CHIMALTENANGO.**

**DETERMINATION OF THE ACTUAL AND POTENTIAL WATERING AREAS , WITH THE PURPOSE OF A WATERING SISTEM DESIGN IN THE ITZAPA RIVER BASIN, SAN ANDRES ITZAPA, CHIMALTENANGO.**

**RESUMEN**

A pesar de los adelantos tecnológicos en la actualidad el hombre aún tiene el problema de producir una cantidad suficiente de alimentos, lo cual va acompañado del alto crecimiento demográfico y el agotamiento gradual de los recursos naturales. Disponer de agua se esta convirtiendo cada día en un reto para desarrollar una agricultura bajo riego e incorporar a la producción áreas actualmente improductivas. Existe pues la necesidad de realizar proyectos de riego mediante un enfoque conjunto de estudios de ingeniería agrícola aplicada al beneficio social y económico en el área rural.

Con el presente trabajo se pretende contribuir, mediante la habilitación de tierras con características adecuadas para ser implementadas con riego en la cuenca del río Itzapa mediante el estudio y diseño de un sistema de riego para optimizar el uso de los recursos hídricos existentes y potenciales.

Para poder diseñar el sistema de riego se determinó el área que actualmente es regada y las áreas que de acuerdo a sus características presentan la posibilidad de desarrollar una agricultura bajo riego. Al área que se determinó como potencial, se le realizó un estudio edafológico, para lo cual se hizo un análisis físico-químico de las unidades de suelo que abarcan el área. Se realizó un estudio climático, cuyos datos se obtuvieron de la estación meteorológica de la Alameda. Se realizaron pruebas de infiltración en las diferentes unidades de suelo para determinar la infiltración básica de los suelos. En cuanto a los estudios hidrológicos se determinó la demanda y disponibilidad de agua, así como la calidad del agua. Para la determinación de la evapotranspiración se utilizó el cultivo de Chile pimiento (*Capsicum annum L.*) Por ser mas exigente en agua con respecto a los demás. El método utilizado fue el de Blanney y Criddle modificado. Por cuestiones culturales el riego se diseñó para obtener dos cosechas de ciclo corto (tres meses) de noviembre a abril y Maíz (*Zea mais L.*) de mayo a octubre (época lluviosa). Para el calculo del requerimiento de riego se utilizó el método de la precipitación efectiva.

Para poder observar la factibilidad del proyecto, se hizo un análisis económico financiero, para lo cual se utilizaron los parámetros de valor presente neto (VPN), Relación beneficio costo (B/C) y la Tasa interna de retorno (TIR).

Para garantizar el funcionamiento del sistema se contempla la organización de usuarios, así como las normas de operación y mantenimiento.

Entre los resultados obtenidos se tiene que actualmente 38.48 hectáreas son regadas con agua proveniente del río, mientras que 201.27 hectáreas presentan la potencialidad de desarrollar una agricultura bajo riego. Los suelos del área de diseño tienen una infiltración básica de 23 cm/hr. Su alta permeabilidad se debe a la gran profundidad efectiva de sus suelos, y a la textura franca-arenosa a arenosa que poseen. La demanda total de agua es de 0.14 metros cúbicos por segundo, el río que es la fuente principal de abastecimiento aporta 0.01494 m<sup>3</sup>/seg, de los cuales únicamente 0.007 m<sup>3</sup>/seg se pueden utilizar para riego, ya que si se utilizara toda el agua, se dejaría a los agricultores que actualmente riegan sin agua para sus cultivos. Con el caudal disponible, únicamente se pueden regar 7.96 hectáreas, siendo necesario perforar cualquiera de las siguientes opciones: 11 pozos con un caudal de 0.0126 m<sup>3</sup>/seg cada uno, 7 pozos con un caudal de 0.0189 m<sup>3</sup>/seg ó 5 pozos con 0.0252 m<sup>3</sup>/seg, distanciados a unos 500 m cada uno.

En cuanto a la calidad del agua, químicamente es apta para riego, pero biológicamente no, ya que se encontró la presencia de *Escherichia coli* por arriba del nivel permitido, por lo que el agua no se recomienda para regar cultivos de consumo fresco, que no pasen por ningún proceso de lavado antes de su consumo. La lámina de agua disponible en el suelo es de 9.17 cm y la lámina de agua a aplicar es de 4.59 cm. El método de riego mas adecuado es el Gravedad-aspersión debido a la gran permeabilidad de los suelos y al poco caudal disponible. El aspersor seleccionado tiene las siguientes características de operación: Espaciamiento de 18 m, boquilla de 5.5 por 3.8 mm, presión de operación de 44 PSI (libras por pulgada cuadrada) o sea 3 atmósferas, diámetro de mojado de 32 m y un caudal de 2.59 m<sup>3</sup>/hr. La tubería de conducción es de PVC de 5 pulgadas, mientras que la lateral es de aluminio de 2 ½ pulgadas, con un distanciamiento de 18.30 m. El costo del sistema de riego para las 7.96 hectáreas es de Q 237,302.05.

En lo que respecta al análisis económico, se obtuvo un valor presente neto de Q2,115,411.10, una relación beneficio costo de 7.14 y una tasa interna de retorno de 173%.

Dentro de la organización de usuarios, se propone la creación de una Asociación, la cual debe velar por el cumplimiento del reglamento interno.

## 1. INTRODUCCION

El desarrollo de una agricultura bajo riego, tiene actualmente gran importancia, porque mediante técnicas se puede incorporar a la producción, algunas áreas que actualmente no pueden ser aprovechadas de una forma continua e intensiva, ya que están condicionadas a la estación lluviosa para ser aprovechadas con cultivos como maíz y frijol, ya sea para autoconsumo o en muy raros casos para la venta. Este es el caso de la mayoría de terrenos ubicados dentro de la cuenca del río Itzapa, en donde sus dueños se caracterizan por su bajo poder adquisitivo como para rehacerse de tecnología de moderna.

El presente trabajo es producto de una serie de investigaciones que durante varios años se han estado realizando dentro de la cuenca del río Itzapa por parte de la Universidad de San Carlos de Guatemala, con el objeto de poder formular un plan de manejo integral de los recursos naturales con que se cuentan dentro de la misma, y poder de esa manera explotarlos de una forma racional y eficiente.

De esta forma, en el presente trabajo, primeramente se determinaron las áreas que están siendo utilizadas con riego, luego las áreas que presentan la potencialidad de ser explotadas bajo éste régimen de producción. Esta determinación se hizo a través de estudios edafológicos, climáticos e hidrológicos. Una vez determinada el área potencial se formuló un proyecto de riego, el cual está diseñado para regar una pequeña parte del total del área potencialmente regable, utilizando para esto, los recursos hídricos existentes en el río Itzapa. Se pretende que este proyecto de riego sirva de piloto para poder abarcar la totalidad del área potencial utilizando recursos hídricos potenciales, como el caso del agua subterránea, a través de la perforación de pozos. En este proyecto se establecieron las condiciones de operación del sistema de riego para 7.96 hectáreas. Como parte fundamental dentro de todo diseño de un sistema de riego en este trabajo también se incluye un análisis económico financiero para determinar la factibilidad del mismo y las normas de operación del sistema de riego dentro de una organización de usuarios. Las cuales pueden ser generalizadas para toda el área potencialmente regable dentro de la cuenca.

## 2. DEFINICION DEL PROBLEMA

Durante los últimos años, la Universidad de San Carlos de Guatemala, a través de la Dirección General de Investigación (DIGI) y del Instituto de Investigaciones Agronómicas de la Facultad de Agronomía (IIA), ha realizado una serie de estudios en la cuenca del Río Itzapa con el objetivo de generar información que sirva de base para proponer proyectos de desarrollo para la región.

Como resultado de estos estudios, se sabe que dentro de la cuenca, la mayoría de sus habitantes poseen terrenos, los cuales dedican a una agricultura tradicional de subsistencia, lo cual se debe al poco poder adquisitivo de sus propietarios, lo que al mismo tiempo hace que durante algunas épocas del año éstos se vean obligados a vender su mano de obra en empresas que en la mayoría de casos no tienen ninguna relación con la agricultura. Otro factor determinante en el poco aprovechamiento del recurso suelo es la falta de agua para poder utilizar estos terrenos en época seca. Por otro lado, también existen algunos productores que tienen terrenos, principalmente a la orilla del río, y que los explotan regándolos con agua que extraen del mismo.

Para poder utilizar los terrenos que son explotados únicamente en época lluviosa, durante todo el año, es necesario formular un proyecto de riego, en el cual se pueda aprovechar las fuentes de agua disponibles, como el caso del río Itzapa, o bien las aguas subterráneas como lo hacen algunas empresas privadas que operan dentro de la cuenca. Actualmente no se encuentran definidas las áreas que están siendo regadas, y las que de acuerdo a sus características físicas y químicas presentan la posibilidad de ser explotadas con riego, las cuales pueden ser objeto de diseño.

### 3. JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

Con el presente trabajo se llevaron a cabo los estudios necesarios para poder obtener la información que sirvió de base para la formulación de un proyecto de riego, con el cual se contribuya a mejorar el aprovechamiento de los recursos y el nivel de vida de los agricultores que poseen sus terrenos dentro de la cuenca ya que en la mayoría de los casos son de escasos recursos económicos.

En este sentido se diseñó un sistema de riego piloto, utilizando únicamente el caudal disponible en el río, sin perjudicar a los agricultores que extraen agua del mismo para regar sus parcelas; Dicho sistema puede ser utilizado, de base para regar el resto del área que sea determinada como potencial, utilizando agua subterránea, por medio de la perforación de pozos. Para poder lograr esto fue necesario definir qué áreas están siendo regadas, y posteriormente las áreas que de acuerdo a sus características físicas y químicas pueden ser explotadas bajo este régimen de explotación.

Al mismo tiempo con este trabajo se generó información básica que sirva para otras investigaciones que se lleven a cabo dentro de la cuenca, con la cual se pueda generar en el futuro un proyecto de manejo integral de los recursos existentes dentro del área de estudio.

## 4. MARCO TEORICO

### 4.1 MARCO CONCEPTUAL:

#### 4.1.1 Concepto del riego agrícola:

El agricultor de riego debe formularse cuatro preguntas fundamentales; las respuestas permiten el uso eficiente y racional del agua, estas preguntas son:(9)

1) Por qué regar, o sea cual es el beneficio que se espera obtener incorporando riego al suelo de seco.

2) Cuándo regar, o sea con qué frecuencia se debe repetir riegos consecutivos y cuál es el criterio para determinar esa frecuencia.

3) Cuánto regar, o sea durante cuánto tiempo o con cuánta agua debe regarse a una superficie agrícola.

4) Cómo regar, o sea de qué forma aplicar el agua al suelo, lo que constituye el método de riego.

Los principales problemas que pueden surgir de un riego deficiente son:(9)

- Pérdidas de agua, o sea una baja eficiencia en el aprovechamiento del recurso. Pueden deberse a dos procesos fundamentales:(9) pérdidas por escurrimiento superficial al final del área que se riega, o por el proceso de percolación profunda bajo las raíces de las plantas.

- Lavado de nutrimentos bajo la zona donde se desarrollan raíces, derivado principalmente de problemas de percolación profunda.

- Bajos rendimientos de los cultivos, por falta o exceso de agua en diferentes lugares de un mismo paño o unidad de riego.

Los problemas anteriormente mencionados se presentan frecuentemente en la agricultura bajo riego, (9)

El aumento en la eficiencia en el uso del agua de riego debe basarse en la aplicación de principios racionales y modernos al suelo que se está regando. El riego agrícola puede definirse como una técnica o práctica de producción: "El riego es la aplicación oportuna y uniforme de agua a un perfil del suelo para reponer en éste el agua consumida por los cultivos entre dos riegos consecutivos". (9)

#### 4.1.2 Obtención de cosechas bajo sistemas de regadío:

Cuando las condiciones imperantes de clima ofrecen el adecuado crecimiento a las plantas, por sus necesidades de agua, el riego viene a constituir la forma de obtener cosechas en épocas de una carencia total, o bien supliendo déficits de la temporada lluviosa. El agua es el factor que recibe mayor atención general, que cualquier otro que concierne a la producción de cultivos. Es así como extensas regiones desérticas se han convertido en terrenos de alta productividad. (1)

En un estudio hecho por CEPAL, se hace un análisis de las necesidades globales de productos agropecuarios que requerirá el país, en base a proyecciones hasta 1990; tomando como fuente de

información la proporcionada por FAO, así como otros factores incidentes. Así mismo, cita varios estudios realizados sobre éste particular concluyendo que, Guatemala necesita ampliar su frontera agrícola en 103,000 hectáreas para 1980 y 65,000 hectáreas adicionales para 1985. De lo contrario, el país tendrá que recurrir a las importaciones de productos para compensar los déficits. Se recomienda en el mismo estudio como alternativa, aprovechar al máximo el recurso agua, habilitando las condiciones de suelo mediante el riego. (1)

#### 4.1.2.1 Experiencias sobre irrigación en el altiplano:

Según expertos de la unidad de estudios y proyectos (UEP), consideran mínimo, el avance logrado en lo que concierne a la incorporación de áreas bajo riego en las tierras altas de la república, pudiendo aseverarse de que es prácticamente nula. Se ha hecho palpable el aislamiento cuando se ha tratado de formular proyectos de irrigación por medio de sectores especializados del Ministerio de Agricultura, salvando éste total aislamiento dos únicos proyectos en funcionamiento y un en construcción, ambos irrigados por gravedad en surcos; por un lado Canillá en el departamento de Quiché, que inició sus operaciones en abril de 1975 y Xibalbá en Sololá en marzo de 1978, ambos con una capacidad total de 500 hectáreas. El proyecto Sacapulas en el departamento del Quiché, se prevé tendrá una capacidad para 300 hectáreas. Como es de observar poco se ha contribuido al desarrollo de ésta región, la que ha permanecido al margen de la economía de mercado. (1)

Otras formas de riego han venido tomando importancia en los últimos años. Tal los sistemas de riego aéreo; si bien en Guatemala ya ha habido un desarrollo satisfactorio en la utilización de éste sistema, ha sido manifiesto preponderantemente por su incorporación en grandes fincas de la costa Sur y el Oriente del país. En el altiplano consecuentemente viene siendo utilizado en cultivos de flores y almácigos de café en la zona central. (1)

#### 4.1.3 Factores para el planeamiento:

##### 4.1.3.1 El levantamiento topográfico:

Una vez que los suelos regables han sido identificados y separados y se han fijado los métodos posibles de riego, el levantamiento puede empezar. La precisión, la escala y los intervalos entre las curvas a nivel, dependerán de la finalidad y de la topografía de la zona. (23)

Un requisito primordial y simple para todas las investigaciones preliminares, así como para la planeación son las fotografías aéreas. Estas fotografías constituyen la forma más económica y rápida para obtener topografías excelentes y son especialmente valiosas para terrenos escabrosos. (23)

El topógrafo debe adjuntar un croquis del área nivelada al plano de la topografía. En ese croquis debe describir todas las características locales especiales que observe y marcará todos los puntos notables del terreno para su orientación. (23)

#### 4.1.4 Relación agua-suelo-planta:

Una de las principales vías que llevan el agua del suelo a la atmósfera, es la cubierta vegetal. Como todos los procesos de la vida, tienen lugar en un medio acuoso, el agua del suelo juega un papel vital en el crecimiento de las plantas y otros organismos vivos. (4)

La importancia del efecto del agua en la respuesta de las plantas, justifica la consideración especial dentro de este tema. El perfil del suelo, modula el ciclo hidrológico por su efecto en la filtración, el drenaje y por medio de su capacidad de almacenamiento. La cubierta general del suelo juega un papel de igual importancia. (4)

El sistema de raíces de las plantas, presenta menor resistencia al movimiento de agua que la superficie del suelo en estado de desecación. Las plantas tienen poca capacidad de almacenamiento del agua que pasa por ellas todos los días, pero sirven de conexión hidráulica entre el suelo y la atmósfera, con una acción reguladora colectiva apropiada a sus fines evolutivos. (4)

Muy pocas plantas pueden soportar una falta de agua durante un largo periodo, en el que se encuentran en un estado de reposo vegetativo, pero la vuelta a su vida activa, sólo se puede realizar en presencia de agua. (5)

El vegetal es, en la naturaleza, un organismo poco favorecido, en el sentido de que es tributario del lugar sobre el cual está fijado, no puede, como los animales, desplazarse donde necesita para buscar el agua y el alimento; como máximo puede dirigir su sistema radicular a la búsqueda del agua contenida en los horizontes del suelo más húmedo y más rico en minerales. (5)

Para vivir, la planta debe desde luego absorber el agua que sirve para disolver las sales minerales y las materias orgánicas del suelo y después llevarlas al lugar de su asimilación. Una parte del agua absorbida del suelo queda fijada a la planta con las sales minerales que transporta, el resto es transpirada por su sistema foliar. El completo desarrollo solo se alcanza si el vegetal dispone permanentemente de toda el agua que necesita. La finalidad del riego es, evitar una falta momentánea o permanente de agua, lo cual implica un perfecto conocimiento de las relaciones existentes entre la planta y el agua. (5)

La disposición de los horizontes en el perfil, espesor y características texturales y estructurales de los mismos, permite en unión a los datos de velocidad de agotamiento de agua dependiente de factores agroclimáticos, obtener la información que se requiere para preparar el plan de riego en el predio que comprende: lámina de agua a aplicar, turno o intervalo de riego y tiempo o duración del riego. La presencia o no de sales en el suelo es un factor adicional a considerar. (13)

#### 4.1.5 Uso del agua por los cultivos:

El uso-consumo se define como la cantidad de agua usada por cada cultivo o vegetación natural y que se utiliza en la formación de tejidos, se pierde por las hojas y se reintegra a la atmósfera debido a la intercepción de la lluvia o del sistema conductor del agua de riego. (9)

El conocimiento del índice de consumo de agua por los cultivos y características de retención del agua es fundamental para diseñar el sistema de suministro del agua y programar el proyecto de riego. El patrón de

uso de agua por los cultivos, dejando amplísimo margen para las precipitaciones pluviales y las pérdidas operacionales, determina alternativamente las capacidades de los canales, las tuberías, el almacenamiento y el bombeo del sistema si así lo requiere. (22)

La evaporación de una unidad de plantas y suelo, comprende la evaporación de la superficie de suelo y la transpiración de la planta, a través de las hojas. Si el cultivo cubre por completo la superficie del terreno, la evaporación tiene lugar totalmente a partir de las plantas y si las raíces pueden absorber agua a un ritmo suficientemente elevado, la transferencia de vapor estará controlada por el clima. Este índice de humedad se denomina Índice de Evaporación Potencial y es una función de la energía disponible para vaporizar el agua, junto con el índice de dispersión del vapor de las superficies de las hojas. Los valores típicos de evaporación potencial son de 1 a 3 mm de agua al día para los climas templados, y de 5 a 8 mm/día en trópicos húmedos y de 10 a 12 mm/día en regiones muy áridas. (22)

La evaporación es el proceso mediante el cual, se produce el cambio de estado de agua, líquido a vapor. La evaporación requiere energía para cambiar de estado físico del agua de líquido a vapor; disponibilidad de agua en el suelo y un mecanismo de transmisión de agua, desde el suelo a la atmósfera. La radiación solar provee la fuente de energía, la precipitación pluvial y/o riego artificial, la periódica reposición de agua al suelo; y las diferencias de potencia creadas en diferentes partes del sistema suelo-planta la circulación de agua hacia la superficie evaporante. (6)

Los principales métodos directos para la determinación del uso-consumo son:

1. Tanques lisímetros.
2. Estudios de humedad del suelo.
3. Método de integración.
4. Método del balance de agua.
5. Método de equilibrio de energía.
6. Método aerodinámico o de flujo de vapor. (9)

#### 4.1.6 Calidad del agua de riego:

La calidad del agua para riego se determina por la composición y concentración de los constituyentes que pueda contener en solución o suspensión, adquiridos durante su transporte desde los puntos de precipitación e infiltración hasta donde es utilizada. Esa calidad es determinante en el comportamiento de los suelos y los cultivos en los aspectos relacionados a la salinización, y la dispersión o destrucción de la estructura, la deposición de sedimentos y la diseminación de plagas y enfermedades fungosas. (9)

Las características que determinan la calidad del agua de riego son:

1. La concentración total de sólidos en suspensión (sedimentos de origen erosivo).
2. La concentración total de sales solubles.
3. La concentración relativa de sodio con relación a otros cationes.
4. La concentración de boro u otros elementos tóxicos.

5. La dureza del agua, o sea la concentración de bicarbonatos con relación a los cationes divalentes.

6. La presencia de semillas de malezas, esporas de hongos patógenos y huevos o larvas de insectos. (9)

#### 4.1.6.1 Clasificación del agua de riego de acuerdo a su calidad:

Al clasificar las aguas para riego se supone que van a usarse bajo condiciones medias con respecto a la textura del suelo, la velocidad de infiltración, el drenaje, la cantidad de agua usada, el clima y la tolerancia del cultivo a las sales. Desviaciones considerables del valor medio de cualesquiera de estas variables pueden hacer inseguro el uso del agua que en condiciones medias sería de muy buena calidad o al contrario pueden inducir a considerar el agua como buena cuando bajo condiciones medias sería de dudosa calidad. (9)

#### 4.1.6.2 Diagrama de clasificación del agua:

El diagrama de clasificación del agua para riego se muestra en el apéndice y está basado en la conductividad eléctrica en micromhos por centímetro y en la relación de adsorción de sodio.(9)

##### a) conductividad:

a.1 Agua de baja salinidad (C1).

a.2 Agua de salinidad media (C2).

a.3 Agua altamente salina (C3).

a.4 Agua muy altamente salina (C4).

##### b) Sodio:

b.1 Agua baja en sodio (S1).

b.2 Agua media en sodio (S2).

b.3 Agua alta en sodio (S3).

b.4 Agua muy alta en sodio (S4). (9)

#### 4.1.7 Infiltración:

La capacidad de infiltración es el flujo que el perfil del suelo puede absorber a través de su superficie cuando es mantenido en contacto con el agua a la presión atmosférica. Mientras la velocidad de aporte de agua a la superficie del suelo sea menor que la infiltrabilidad, el agua se infiltra tan rápidamente como es aportada y la velocidad de aporte determina la velocidad de infiltración. (9)

##### 4.1.7.1 Factores que afectan el proceso de infiltración:

Los factores que afectan la velocidad de infiltración son aquellos que afectan las propiedades físicas del suelo, y en caso del riego por aspersión, el tipo de cobertura vegetal. Dentro de los factores están:

1. Sellamiento superficial.
2. Compactación del suelo.
3. Partículas o grietas del suelo.
4. Preparación del suelo.
5. Materia orgánica y rotación de cultivos.
6. Sales del suelo y del agua.
7. Sedimentos en el agua de riego.
8. Perfil del suelo. (9)

#### 4.1.7.2 Medición de la infiltración:

Para medir la velocidad de infiltración se utilizan varios métodos; se trata siempre de usar alguno aproximado al método de riego que se ha de emplear en la zona o cultivo que se esté trabajando. (9)

#### Método del infiltrómetro de doble cilindro:

Este método es considerado como el más versátil y el más adecuado para diseñar, operar y evaluar sistemas de riego de inundación total y aspersión. (19)

#### 4.1.8 Descripción general y partes básicas de un sistema de riego por aspersión:

Este sistema se basa en la conducción del agua a presión a través de tuberías, hasta un sistema de tuberías de riego portátiles, ligeras, de rápido acoplamiento, con aspersores colocados a intervalos regulares. Por medio de una adecuada selección de aspersores diseñados para operar a diversas presiones, espaciamientos y tamaños se puede obtener varias formas de distribución y diversas características de flujo que hacen que este sistema de riego, sea adaptable a una amplia gama de condiciones. Con este método de riego se logra una lluvia artificial, la cual puede controlarse tanto en el tiempo como en su intensidad. (18)

En la actualidad es posible diseñar sistemas de riego por aspersión para una gran cantidad de condiciones y para casi todos los cultivos. Las principales partes que componen un sistema son:(18)

##### 4.1.8.1 Fuente de abastecimiento de agua:

La fuente puede ser pozo, canal de riego, embalse, etc. de la cual se obtiene el agua a usar.

##### 4.1.8.2 Unidad de bombeo:

La unidad de bombeo está constituida por la bomba y su respectivo motor. El objetivo del motor es dar presión al sistema, pudiendo ser sustituido por carga hidrostática obtenida por diferencia de altura entre la fuente y los aspersores.

#### 4.1.8.3 Tubería principal y sub-principal:

La finalidad de estas tuberías es conducir el agua de la fuente de abastecimiento hacia la tubería lateral. El material de que generalmente se construyen es PVC o aluminio.

#### 4.1.8.4 Tubería lateral:

Esta tubería es generalmente de menor diámetro que la principal y la sub-principal, en ésta tubería van colocados los aspersores. El material de que está construida es principalmente aluminio pero también puede ser PVC o poliducto.

#### 4.1.8.5 Aspersores:

Los aspersores están constituidos por boquillas y cuerpo del aspersor o mariposa. Su selección es clave para que el sistema funcione adecuadamente, trabajan con presiones desde 0.35 kg/cm<sup>2</sup> hasta 8.4 kg/cm<sup>2</sup>.

#### 4.1.8.6 Accesorios:

Los accesorios necesarios son codos, válvulas, manómetros, hidrantes, tees, tubos elevadores, tapones hidráulicos, niples, coplas, etc.(18)

#### 4.1.9 Análisis de factibilidad económica del proyecto:

Para juzgar la factibilidad económica de un proyecto de riego deben determinarse: 1) los costos iniciales, 2) costos anuales del sistema, los cuales se dividen en costos fijos y costos variables, 3) costo de producción del cultivo, 4) Ingresos estimados, 5) debe hacerse una proyección de costos e ingresos durante la vida útil del proyecto. (16)

Con todos los criterios anteriores y a través de distintos criterios de evaluación, se analizan los datos del estudio y se calculan los parámetros o indicadores que permiten determinar la factibilidad económica del proyecto. (19).

Para realizar un análisis económico, se toman en cuenta tres parámetros para determinar si es factible la ejecución de un proyecto desde el punto de vista financiero..(2)

Los parámetros que se toman en cuenta son:

- Valor presente neto (VPN).
- Relación beneficio-costos (B/C).
- Tasa interna de retorno (TIR).

a. Valor presente neto (VPN): Es el valor que tienen hoy los ingresos futuros de un proyecto, a la tasa de oportunidades del capital, en un período de tiempo determinado de años.(2)

$$VPN = Td \times C$$

Donde: VPN = Valor presente Neto

Td = Tasa de descuento

C = Capital

b. Relación beneficio-costo (B/C): Es la relación que existe entre los beneficios brutos del proyecto y los costos totales del proyecto actualizando al costo de oportunidad del capital de un período de años determinado. (2)

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

c. Tasa 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.(2)

## 4.2 MARCO REFERENCIAL:

### 4.2.1 Características generales de la cuenca:

#### 4.2.1.1 Localización:

La cuenca del río Itzapa se encuentra localizada en las coordenadas 90°52'13" y 90°49'18" Longitud Oeste, 14°34'40" y 14°38'55" Latitud Norte. Toda el área de la cuenca se encuentra en jurisdicción del municipio de San Andrés Itzapa, del departamento de Chimaltenango. (21)

Dentro de la cuenca del río Itzapa se ubican las aldeas de Chicazanga, El Aguacate y parcialmente la cabecera municipal de San Andrés Itzapa.

#### 4.2.1.2 Area de la cuenca:

La cuenca hidrográfica objeto de estudio, tiene una superficie total hasta el punto de salida ubicado en la estación hidrométrica "Puente San Andrés", de 26.10 kilómetros cuadrados, la cual representa un 1.8% del área total de la cuenca del río Achiguate, que es la macrocuenca a la cuál pertenece la cuenca del río Itzapa. (21)

#### 4.2.1.3 Clima y zonas de vida:

La altura máxima de la cuenca se encuentra en los 2,688 msnm y la altura mínima en los 1,740 msnm. La precipitación media anual es de 1,202.85 mm distribuidos en los meses de mayo a octubre. La temperatura

media anual es de 23.1 °C. La humedad relativa es del 70 a 75 % y la velocidad media del viento es de 3 kilómetros por hora en dirección Oeste. (21)

Dentro de la cuenca se ubican dos zonas de vida: Bosque Húmedo Montano bajo y Bosque Muy Húmedo Montano bajo. La primera abarca la mayor parte del área, localizándose en las elevaciones medias a inferiores. La segunda se localiza en las elevaciones altas y se caracteriza por su gran altitud y clima frío. (21)

#### 4.2.1.4 Geología:

La cuenca del río Itzapa está comprendida en la provincia fisiográfica denominada Tierras Altas Volcánicas. La mayor parte de los materiales geológicos del área de estudio pertenecen al período terciario, representado por rocas volcánicas sin dividir, incluye tobas coladas de lava, material lahárico y sedimentos volcánicos. También existen formaciones cuaternarias tales como el valle central de San Andrés Itzapa. (11)

#### 4.2.1.5 Tierras:

Según Véliz Zepeda, (21) en la cuenca, las clases de capacidad de uso de la tierra (por medio de la metodología USDA), van de la II a la VIII. La parte media se caracteriza por poseer suelos de la clase IV, con limitaciones por riesgo de erosión.

Las clases de capacidad de uso de la tierra que se presentan van de la II a la VII (metodología USDA), con limitaciones por erosión y escurrimiento superficial. La mayoría son tierras de fuerte pendiente y erosión muy severa, en consecuencia pueden ser adecuados para cultivos perennes, pues requieren prácticas intensivas de conservación de suelos y tierras. (11)

#### 4.2.1.6 Génesis de suelos:

Se identifican claramente tres clases genéticas de suelos, las cuales se citan a continuación:

A. Suelos desarrollados sobre cenizas volcánicas, con minerales de naturaleza ferromagnesiana, de grano grueso; se encuentran en las mayores altitudes de la cuenca y corresponde al área de menores temperaturas.

B. Suelos desarrollados sobre cenizas volcánicas riolíticas y en parte sobre toba riolítica.

C. Suelos desarrollados a partir de materiales fluviovolcánicos transportados (cenizas volcánicas), se encuentran en la parte baja de la cuenca. (21)

#### 4.2.1.7 Clasificación taxonómica de suelos:

Los suelos han sido clasificados por Taxonomía de suelos (1975) en el orden de los Inceptisoles; identificándose dentro de los grandes grupos Vitrandepts y Eutrandepts. (11)

La mayor parte de los suelos de la cuenca del río Itzapa pertenecen al orden de los Andisoles, los cuales representan un 67.54% del área, más un 10.29% del área en donde se encuentra Andisoles en asociaciones con suelos del orden Inceptisol. (21)

Ordenes de suelos como los Alfisoles se encuentran en un 4.99% del área, en tanto que 12.91% está conformada por Entisoles. (21)

#### 4.2.1.8 *Uso de la tierra:*

Según Véliz Zepeda (21), el uso agrícola de la parte media de la cuenca está ocupada por cultivos anuales - hortalizas y bosque de coníferas abierto.

### 4.2.2 Estudio socioeconómico de la cuenca:

#### 4.2.2.1 *Población total:*

Con base a encuestas de opinión calificada y mediante el conteo de viviendas, se determinó que la parte baja de la cuenca del Río Itzapa, es decir, el cantón Santísima Trinidad y San Cristóbal, cuenta con un total de 1552 familias que representan una población de 7760 habitantes. En la parte alta la aldea Chicazanga, cuenta con un total de 68 familias que representan una población de 340 habitantes. La población total de la cuenca es de 8100 habitantes para 1996. (15)

#### 4.2.2.2 *Datos generales de los productores:*

La población activa para los trabajos en la parte alta de la cuenca se inicia con personas de aproximadamente 7 años de edad. El 67.5 % son casados, unidos de hecho el 7.5 %, solteros el 25.0%. El 100% de los habitantes son del grupo étnico Maya Cakchiquel, bilingües (lengua nativa y castellano). Respecto a la parte baja la población activa se inicia con personas de aproximadamente 8 años. El 80.24% son casados, unidos de hecho 10.15%, solteros 7.73% y viudos el 1.88%. El 79.78% de los habitantes son del grupo étnico Maya Cakchiquel, bilingües (lengua nativa y castellano). (15)

En promedio, las familias están integradas por 5 miembros, con un máximo de 10 y un mínimo de 2. En el 75% en la parte alta de la cuenca y el 70% en la parte baja de la cuenca, solamente un miembro de la familia se dedica a labores agrícolas, siendo éste generalmente el padre de familia. (15)

#### 4.2.2.3 *Características socioeconómicas de la población:*

En la parte alta, la tasa de analfabetismo masculino es del 30% y femenino del 67.50%; mientras que en la parte baja, la tasa de analfabetismo masculino es del 47.685 y femenino 85.10%. (15)

En la parte alta de la cuenca el 92.50% de los productores utiliza únicamente leña como fuente de energía y un 5.0% utiliza gas propano, mientras que un 2.5% utiliza los dos combustibles, respecto a la parte baja de la cuenca, el 82.12% utiliza leña, el 5.71% utiliza gas propano y 12.17% utiliza los dos combustibles. (20)

En la parte alta de la cuenca el 95% de los habitantes han estado en la aldea desde su nacimiento, el 2.5% tiene dos años de vivir en la aldea y el 2.5% 5 años. Respecto a la parte baja de la cuenca el 7.32% tiene menos de 5 años de vivir en la localidad, el 33.81% entre 5 y 10 años, el 41.12% entre 11 y 20 años, el 12.43% entre 21 y 30 años y 5.32% más de 30 años. (20)

#### 4.2.2.4 Tenencia y uso de la tierra:

En la parte alta, el 7.5% de los productores poseen tierras en propiedad por compra, el 12.5% las poseen en propiedad heredada y el 30% las poseen en arrendamiento, el 10.0% han comprado y heredado tierras: el 37.50% han comprado y están arrendando tierras, el 2.50% poseen tierras bajo ninguna forma de posesión. En la parte baja el 28.77% de los productores poseen tierras en propiedad por compra, el 30.75% las poseen en propiedad heredada y el 38.17% en arrendamiento, el 2.31% no poseen tierras bajo ninguna forma de posesión. (20)

#### 4.2.2.5 Áreas actualmente regadas:

Dentro de los usos del agua del río el principal es para riego agrícola, pudiéndose encontrar 3 tipos de riego principalmente, los cuales son **goteo** con un total de 7.33 ha, **aspersión** con 28.45 ha e **inundación** con 2.61 ha.(17)

## 5. OBJETIVOS

### 5.1 GENERAL

Contribuir al desarrollo de la región mediante el estudio y diseño de un proyecto de riego, utilizando los recursos hídricos disponibles en el río Itzapa, el cual pueda servir de base para la incorporación de toda el área potencial a una agricultura bajo riego, mediante la utilización de recursos potenciales, como el caso de las aguas subterráneas.

### 5.2 ESPECIFICOS:

- Determinar las áreas actualmente regadas con recursos hídricos extraídos del río Itzapa.
- Determinar el área que de acuerdo a sus características de suelo, presente la posibilidad de desarrollar e implementar agricultura bajo riego.
- Diseñar un sistema de riego para el aprovechamiento racional del agua y suelos de la cuenca del río Itzapa, según la disponibilidad de agua superficial.
- Determinación de los requerimientos de equipo y materiales necesarios, así como los costos de implementación del sistema de riego.
- Formular las normas y reglas de operación dentro de una organización de usuarios.

## 6. METODOLOGIA

### 6.1 DETERMINACION DE AREAS ACTUALES DE RIEGO:

Las áreas actuales de riego se determinaron por medio de fotointerpretación y corroborando los datos con caminamientos por el área. Posteriormente se realizó un levantamiento topográfico por medio del cual se pudo ubicar las parcelas en un plano y cuantificar el área.

### 6.2 DETERMINACION DE AREAS POTENCIALES DE RIEGO:

Se definieron, delimitando las áreas potenciales en la fotografía aérea y luego comprobando en el campo por inspección directa en el campo. Las áreas ubicadas en la fotografía aérea, fueron sujetas de una serie de estudio edafológicos para determinar su potencialidad para el riego. Una vez bien determinadas estas áreas, se realizó un levantamiento topográfico, para ilustrar a escala la ubicación de las mismas.

### 6.3 ESTUDIO TOPOGRAFICO:

Para el estudio topográfico, se delimitó el área de riego con ayuda de fotografía aérea y por medio de caminamientos en el área. Una vez delimitada el área, se procedió a efectuar un levantamiento plani-altimétrico para obtener el relieve. Una vez obtenida la información del levantamiento se elaboraron los planos en los cuales se ilustran las áreas actualmente regadas y potencialmente regables.

### 6.4 ESTUDIO CLIMATICO:

Para este estudio se consultó los registros climatológicos de la estación meteorológica de La Alameda" (Tipo A). Los datos consultados son a partir de 1981.

### 6.5 ESTUDIOS EDAFOLOGICOS:

#### 6.5.1 Muestreo de suelos:

Para el muestreo de suelos, se determinaron los puntos de muestreo, consultando el mapa de clasificación taxonómica de suelos de la cuenca del río Itzapa.

Para efectuar el estudio de suelos, se construyeron calicatas (trincheras) en los lugares representativos que se determinaron. En los perfiles se estudiaron características básicas tales como textura, estructura, color, profundidad por estrato, consistencia. Estas lecturas se hicieron directamente en el campo.

De cada estrato encontrado, se tomaron muestras de suelos, las cuales se enviaron al laboratorio de suelos Ing. Salvador Castillo, de la Facultad de Agronomía de la USAO para su análisis Físico y Químico.

#### 6.5.2 Análisis físico-químico de suelos:

- En el análisis Físico se determinó el porcentaje de arena, limo y arcilla que posee cada estrato del suelo.

- En el análisis Químico se determinó el porcentaje de Materia orgánica, Carbono orgánico, CIC, pH, los elementos fósforo, potasio, calcio, magnesio, sodio, hierro, y el porcentaje de saturación de bases.

#### 6.5.3 Determinación de constantes de humedad:

Para determinar las constantes de humedad, capacidad de campo y punto de marchitez permanente, se tomaron muestras de los distintos horizontes de los perfiles del suelo y se enviaron al laboratorio de suelos de la FAUSAC para determinar los porcentajes de humedad a 1/3 y 15 atmósferas de presión, con estas muestras también se determinó la densidad aparente.

#### 6.5.4 Pruebas de infiltración y determinación de la infiltración básica:

Para determinar la velocidad de infiltración se realizaron pruebas de infiltración por el método del infiltrómetro de doble cilindro. Los puntos donde se hicieron las pruebas estaban distribuidos en los diferentes suelos según el mapa de clasificación de suelos de la cuenca del río Itzapa.

Para el diseño se utilizaron los resultados obtenidos en la prueba de infiltración realizada en la unidad de suelo que se encuentra en el área de diseño, se utilizó el modelo de Kostiakov.

#### 6.5.5 Determinación de cultivos a regar:

El proyecto se diseñó para cultivos rentables y que se producen en la región

### **6.6 ESTUDIOS HIDROLOGICOS:**

#### 6.6.1 Demanda y disponibilidad de agua:

Para determinar la demanda total de agua en la cuenca, se utilizo la ecuación siguiente:

$$A \times Lb = Q \times T$$

Donde: A = área en m<sup>2</sup>.

Lb = Lámina neta de diseño en m.

Q = Caudal en m<sup>3</sup>/seg.

T = Tiempo en seg.

El tiempo esta determinado por la frecuencia de riego y las horas de riego por día.

Para determinar el caudal que tiene el río Itzapa o sea la disponibilidad de agua, se utilizaron datos de las estaciones hidrométricas que existen en la cuenca sobre el mismo río. Al mismo tiempo se hicieron aforos en puntos estratégicos de donde se puede captar el agua. Los aforos hechos se hicieron por el método del flotador.

#### 6.6.2 Calidad de agua:

Para evaluar la calidad de agua de riego se tomaron muestras en diferentes puntos a lo largo del río en donde pudieran construirse obras de captación de agua.

Para asegurar la calidad microbiológica del agua se realizó el conteo de todas las bacterias que se encontraban vivas en la misma, recuento de coliformes totales, coliformes fecales y recuento de Escherichia coli. Las muestras se enviaron al laboratorio de la Facultad de Farmacia de la USAC, para su análisis Biológico. También se enviaron muestras al laboratorio de suelos de la FAUSAC Para determinar la calidad del agua para riego. Se establecieron dos métodos de clasificación química del agua:

- Método del manual 60 del USDA.
- Método de la Universidad de Chapingo México.

### 6.6.3 Determinación del consumo de agua o evapotranspiración:

Para la determinación de la cantidad de agua que consumen los cultivos, se determinó primeramente qué se siembra en el área, de éstos cultivos se determinó que el Chile Pimiento es el cultivo que más consume agua en comparación a los demás.(2)

Para el cálculo de la evapotranspiración se utilizó el método de Blanney y Criddle modificado, partiendo de:(6)

$$Et = K \times F$$

donde: Et = evapotranspiración real del cultivo, expresada en lámina de agua en mm o cm.

K = coeficiente que depende del cultivo (ciclo vegetativo).

F = suma de factores mensuales de uso consuntivo en mm o cm.

La suma de factores mensuales de uso consuntivo se expresa: (6)

$$F = f$$

$$F = (t + 17.8) / 21.8 (P/100)$$

donde: t = temperatura media mensual en grados centígrados.

P = porcentaje de insolación para la latitud de 14 grados.

Como la evapotranspiración global es menor que la evapotranspiración calculada, se encontró el ajuste necesario.(6)

$$Et = K \times F$$

$$K = et/F$$

factor de corrección K/K'

### 6.6.4 Cálculo del requerimiento de riego:

Una vez determinada la evapotranspiración real de los cultivos para distintas épocas de desarrollo durante el año y utilizando los valores de precipitación media, se determinó el requerimiento de riego mediante la siguiente expresión:

$$Et' - P \quad \text{con requerimientos de riego (meses secos).}$$

Donde:  $E_t'$  = Evapotranspiración en mm.

$P$  = Precipitación efectiva en mm.

#### 6.6.5 Cálculo de la lámina de agua disponible:

La disponibilidad de agua en el suelo está determinada por los límites entre capacidad de campo (CC) y el punto de marchitez permanente (PMP), obteniéndose de la siguiente forma:(19)

$$L = (CC - PMP)/100 \times Da \times H$$

Donde:  $L$  = Lámina de agua disponible o útil (cm).

CC = Porcentaje de humedad a capacidad de campo.

PMP = Porcentaje de humedad a punto de marchitez permanente..

$Da$  = Densidad aparente de cada horizonte ( $gr/cm^3$ ).

$H$  = Profundidad de cada horizonte (cm).

#### 6.6.6 Cálculo de la lámina a aplicar:

En base al cultivo, la lámina neta no debe agotarse mas del 35%, utilizando un 65% de la lámina de agua aprovechable.

Para el cálculo de la lámina neta se utilizó la siguiente ecuación:

$$L_n = L_t \times U_r$$

Donde:  $L_n$  = Lámina neta (cm)

$L_t$  = Lámina total o útil (cm).

$U_r$  = Umbral de riego (depende del cultivo). (0.35)(12)

Para el cálculo de la lámina bruta se utilizó la siguiente ecuación:

$$L_b = L_n / E_{fa}$$

Donde:  $L_b$  = Lámina bruta (cm).

$L_n$  = Lámina neta (cm).

$E_{fa}$  = Eficiencia de aplicación (0.70). (12)

#### 6.6.7 Determinación del calendario de riego:

Se determinó tomando como base los requerimientos de riego acumulado, la lámina neta de riego, en función del tiempo correspondiente al ciclo vegetativo del cultivo.(13)

Esto se determinó por el método gráfico, en el cual en un eje coordinado se plotearon los requerimientos de riego acumulado (Y-Y) con respecto a cada mes (X-X), obteniéndose una curva, se interceptaron los valores de cada lámina neta de riego con la curva anterior y se proyectó perpendicularmente al eje de (X-X) el número y frecuencias de riegos.

## 7. RESULTADOS Y DISCUSION

### 7.1 AREAS ACTUALES DE RIEGO:

El área que actualmente se encuentra regada es de 38.48 ha.

### 7.2 AREAS POTENCIALES PARA RIEGO

Las áreas potenciales de riego ocupan un área de 201.27 ha.

### 7.3 ESTUDIO TOPOGRAFICO:

Como resultado del levantamiento topográfico se obtuvo el juego de planos que aparece al final del documento, en el que se ilustran las áreas actualmente regadas, las potencialmente regadas, el área de diseño y la planta-perfil de la tubería del diseño.

### 7.4 ESTUDIO CLIMATICO

CUADRO 1. Datos climáticos de la estación ALAMEDA - ICTA desde 1981 a 1996.

#### DATOS CLIMATICOS

Estación : ALAMEDA - ICTA

Departamento: Chimaltenango

Municipio: Chimaltenango

Latitud: 14° 48' 02".

Longitud: 90° 48' 12".

Altitud: 1766 msnm

Años de registro: 16

MES	PRECIPITACION		TEMPERATURA °C.			EVAPORACION mm.	VIENTO km./hr
	días	mm	máxima	Mínima	Media		
ENERO	0.73	1.76	24.4	4.01	14.2	3.65	5.13
FEBRERO	1.36	7.39	25.5	4.76	15.1	4.45	5.86
MARZO	1.63	16	27	5.21	16.1	5.58	5.54
ABRIL	3.6	26.2	27.5	7.51	17.5	5.6	4.93
MAYO	11.9	128	26.8	9.89	18.3	5.19	5.08
JUNIO	18.8	199	25.7	11.5	18.6	4.70	3.67
JULIO	15.5	147	24.2	11.4	17.8	4.28	3.77
AGOSTO	15.4	158	24.1	10.4	17.2	3.88	3.82
SEPTIEMBRE	18.6	185	24.1	11.2	17.7	3.77	3.58
OCTUBRE	11	113	23.7	9.54	16.6	3.51	3.5
NOVIEMBRE	3.69	14.1	24.3	6.76	15.5	3.04	4.15
DICIEMBRE	1.56	8.88	23.4	5.58	14.4	3.2	4.51
<b>ANUAL</b>	<b>103.77</b>	<b>1004.3</b>	<b>25.05</b>	<b>8.14</b>	<b>16.583</b>	<b>4.24</b>	<b>4.46</b>

Los datos del cuadro 1 nos muestran los registros climáticos de los últimos 16 años de la estación La Alameda Chimaltenango. Estos datos fueron la base para los cálculos de la evapotranspiración, precipitación efectiva y requerimiento de riego.

## 7.5 ESTUDIOS EDAFOLOGICOS:

Para fines de diseño se tomó la siguiente unidad de suelo por ser la que ocupa la mayor parte del área potencial, para la cual se diseñará el sistema de riego.

CUADRO 2. Resultados de laboratorio de la unidad de suelo que ocupa el área potencial de riego

CLASIFICACION:		ANALISIS FISICO							
Thaptic Udivitrands		Clase por tamaño de Partícula. 2 mm.			Base seca Porcentaje	Densidad gr./cc			
Profundidad cm	Horizonte	Arcilla	Limo	Arena		Humedad porcentaje		Densidad	
					1 / 3 Atm	15 Atm	Aparente	Partícula	
0-25 cm	Ap	18.33	26.44	55.23	98.00	19.71	9.81	1.29	2.11
25-45 cm	AC	15.03	16.00	68.97	99.50	21.14	11.61	1.27	2.08
>45 cm	2Bw	28.23	33.42	38.35	95.50	30.69	18.33	1.15	2.06

## ANALISIS QUIMICO

Profundidad cm	Horizonte	Porcentaje carbono orgánico	Porcentaje de materia orgánica	Bases Cambiables Meq/100 gr de suelo					Porcentaje de saturación de bases	p.H		ppm meq/100 gr		
				Ca	Mg	Na	K	Capacidad de intercambio catiónico		Agua	Fluoruro de Sodio	P	K	Ca
0-25 cm	Ap	2.46	4.24	4.32	1.01	0.15	0.23	18.48	67.36	6.30	8.20	5.83		
25-45 cm	AC	1.22	2.10	6.44	1.88	0.17	0.34	13.87	63.67	6.70	4.89	4.17		
>45 cm	2Bw	1.15	1.98	8.94	3.07	0.27	0.51	17.69	72.29	6.30	8.46	3.33		

Fuente: Laboratorio de suelos Ing. Salvador Castillo, Facultad de Agronomía, USAC.

Como puede verse en los resultados del laboratorio, son suelos bastante arenosos, profundos, con contenidos aceptables de materia orgánica y con una capacidad de intercambio catiónico alta. Son suelos con una fertilidad natural aceptable y un pH casi neutro, con lo cual son aptos para la producción de casi cualquier cultivo.

### 7.5.1 Determinación de constantes de humedad:

De la prueba de infiltración realizada, en la unidad de suelo representativa del área potencial, numéricamente se obtuvo los siguientes resultados: n y K.

$$I = K \times t^n \quad I = 86.497 t^{-0.26}$$

Donde: I = Infiltración básica (cm/hr)

t = Tiempo en minutos

n = Pendiente de la función

K = Ordenada en el origen.

Aplicando los parámetros de Kostlakov, se obtuvo una infiltración básica ( $I_b$ ) de 23.27 cm/hr. En la gráfica 1 se puede ver el comportamiento de la infiltración a través del tiempo.

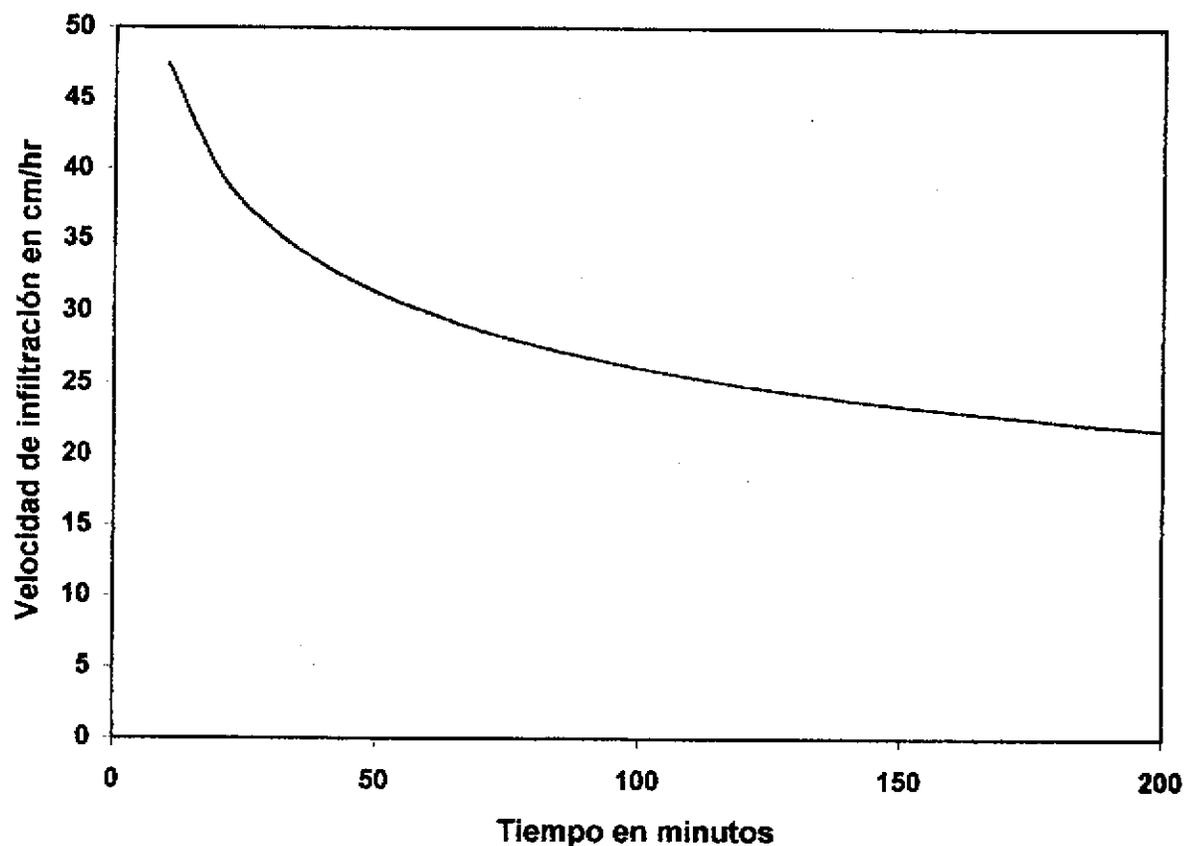


FIGURA 1. Curva de infiltración de los suelos en el área de diseño.

#### 7.5.2 Cultivos a regar:

El proyecto se diseñó para cultivos rentables y que se producen en la región. Los cultivos tomados en cuenta son: Tomate (*Lycopersicum esculentum* L.), Ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.), Chile pimiento (*Capsicum annum* L.), Suchini (*Cucurbita pepo* var. *Succhini* L.), Arveja (*Pisum sativum* L.) y algunos otras hortalizas. En el caso de las berries, no se puede utilizar el agua del río para regarlas, por los problemas de contaminación biológica, ya que éstas para la exportación no son lavadas ni sometidas a ningún tratamiento.

### 7.6 ESTUDIOS HIDROLOGICOS:

#### 7.6.1 Demanda y disponibilidad de agua:

La demanda total de agua para poder regar toda el área potencial que existe en la cuenca es de 0.14 metros cúbicos por segundo, lo cual se obtuvo de la siguiente operación:

$$Q = \frac{2,012,700 \text{ m}^2 \times 0.0357 \text{ m}}{8 \text{ días} \times 18/24 \times 86,400 \text{ seg/día}}$$

La principal fuente de abastecimiento de agua la constituye el río Itzapa, el cual aporta en época de estiaje los caudales que aparecen en el cuadro 3.

CUADRO 3. Aforos realizados en diferentes puntos en época de estiaje en el río Itzapa.

LUGAR	Caudal en lt/seg	Caudal en m <sup>3</sup> /seg
Aldea el Aguacate	14.94	0.01494
Estación Xipacay	8.00	0.008
Nacimiento de Xipacay	30.00	0.03

A la altura de la aldea El Aguacate se puede aprovechar la diferencia de altura existente entre el río y el área de riego, siendo posible hacer funcionar el sistema sin necesidad de bombear agua. El caudal a derivar es de 7 LPS (0.007 m<sup>3</sup>/seg), ya que el resto también es utilizado por otros agricultores para regar parcelas que tienen a las orillas del río. Por el área que ellos riegan, el caudal que queda en el río, más el caudal del nacimiento de Xipacay, es suficiente para cubrir toda el área actualmente regada.

Aparte de esta fuente de agua, está el agua subterránea, que según datos recabados con empresas que tienen pozos, aportan caudales desde 0.0126 hasta 0.0252 m<sup>3</sup>/seg dependiendo de la profundidad a que sean excavados, lo cual es otra buena fuente de agua para las áreas que no puedan ser regadas con el agua con que se dispone en el río. En este sentido se necesitan, cualquiera de los siguientes casos: 11 pozos que aporten un caudal de 0.0126 m<sup>3</sup>/seg, 7 pozos que aporten un caudal de 0.0189 m<sup>3</sup>/seg, o bien 5 pozos que aporten un caudal de 0.0252 m<sup>3</sup>/seg. Con esto se podrían llenar los requerimientos de agua que hacen falta para poder incorporar en su totalidad el área potencial a una agricultura bajo riego. La ubicación de los pozos estaría determinada por una separación de unos 500 m, entre cada uno de ellos y operarían con la misma clase de equipo y accesorios calculado para el área que se diseñó, ya que las condiciones de suelo son muy similares en toda la parte potencial.

#### 7.6.2 Calidad de agua:

Los resultados de los análisis de agua aparecen en los siguientes cuadros, en los cuales se determinan si éstas son aptas o no para el riego:

CUADRO 4. Resultados del análisis de calidad de agua para riego hecho en el río Itzapa.

## ANÁLISIS DE AGUAS

Lugar de muestreo	p.H	mmhos/cm	meq /litro				ppm				suma
		Conductividad eléctrica	Ca	Mg	Na	K	Cu	Zn	Fe	Mn	cationes
Aldea El Aguacate	7.3	173.80	0.75	0.72	0.39	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	1.97
Nacimiento Xipacay	7.2	168.40	0.62	0.64	0.43	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	1.78

De acuerdo al primer método (Manual 60 del USDA) el agua analizada es de clase C1-S1, con lo cual es de buena calidad para fines de riego.(1)

Con respecto al método de la Universidad de Chapingo, el uso del agua no está condicionada por ningún elemento, con lo cual se concluye que es de buena calidad y si se recomienda para riego.(1)

CUADRO 5. Resultados de laboratorio del análisis microbiológico del agua.

Procedencia de la muestra	Coliformes totales UFC*/100 ml	Coliformes fecales UFC/100 ml
Aldea El Aguacate	350	200
Nacimiento Xipacay	300	200

\* UFC significa : concentración de unidades fecales por sus siglas en inglés.

Desde el punto de vista microbiológico las muestras presentan conteos elevados de coliformes totales y fecales que están por encima del límite aceptado. Escherichia coli está sobre el límite que es menor de 2 UFC/100 ml, especificado para agua destinada para consumo humano. Sin embargo, no hay ninguna norma específica en el país para agua de río.

Tomando en cuenta de que esta agua es utilizada para riego, y que el tipo de riego predominante en la región es por Aspersión, no se recomienda la misma para utilizarla en cultivos de consumo en fresco, (en el caso de los cultivos considerados en el diseño, éstos son sometidos regularmente a un proceso de lavado antes de su consumo) o para cultivos de exportación como la mora, ya que esto podría traer consecuencias serias tanto para la salud, como para la exportación. Para cultivos de consumo humano, así como para hortalizas y bayas (mora, frambuesa, fresa, etc.) se ha recomendado que la calidad microbiológica del agua de aspersión, que entra en contacto con los frutos, sea la misma que la del agua potable.

De acuerdo a los resultados del laboratorio biológico, el agua potable, según la norma COGUANOR NGO 29-001, es aquella que por sus características químicas, físicas y bacteriológicas es adecuada para el consumo humano.

### 7.6.3 Determinación del consumo de agua o evapotranspiración

Tomando en cuenta que por cuestiones culturales la mayoría de agricultores de la región siembran Maíz en la época lluviosa (mayo a octubre). El riego se diseñó para obtener dos cosechas de cultivos de ciclo corto o sea de 3 meses con lo cual se aprovechará de noviembre a abril que son los meses en que no se aprovechan los terrenos, aunque no se descarta que los agricultores puedan combinar en este período maiz-frijol y los cultivos proyectados. En los cuadros 6, 7 y 8 se muestra la evapotranspiración de los cultivos considerados durante los diferentes meses del año.

CUADRO 6. Determinación de la evapotranspiración para el cultivo del Chile pimiento de febrero a abril.

CULTIVO: CHILE PIMIENTO

Mes	Duración en meses	Temperatura en °C.	$\frac{(T_i + 17.8)}{21.8}$	Insolación en Porcentaje	F <sup>2</sup> cm	Kt <sup>3</sup>	F * Kt	Kc <sup>4</sup>	Etc <sup>5</sup> cm	E <sup>6</sup> cm	E <sup>6</sup> Acumulada cm
FEBRERO	1	15.1	1.50	7.38	11.14	0.71	7.90	0.65	5.13	6.14	6.14
MARZO	1	16.1	1.55	8.43	13.11	0.74	9.71	0.43	4.25	5.08	11.26
ABRIL	1	17.5	1.61	8.44	13.67	0.78	10.72	0.9	9.65	11.53	22.75
					37.91 cm				19.04 cm	22.76 cm	

<sup>1</sup> T<sub>i</sub>: Temperatura media mensual en grados centígrados.

<sup>2</sup> F: Factores mensuales de uso consuntivo

<sup>3</sup> Kt: Coeficiente de crecimiento

<sup>4</sup> Kc: Coeficiente que depende del cultivo

<sup>5</sup> Etc: Evapotranspiración global

<sup>6</sup> E<sup>6</sup>: Evapotranspiración corregida

CUADRO 7. Determinación de la evapotranspiración del cultivo de Maíz de mayo a octubre.

CULTIVO: MAIZ

MES	Duración en meses	Temperatura en °C.	$\frac{(T_i + 17.8)}{21.8}$	Insolación en Porcentaje	F <sup>2</sup> cm	Kt <sup>3</sup>	F * Kt	Kc <sup>4</sup>	Etc <sup>5</sup> cm	E <sup>6</sup> cm	E <sup>6</sup> Acumulada cm
MAYO	1	18.3	1.65	8.93	14.79	0.81	11.97	0.46	5.60	6.40	6.40
JUNIO	1	18.6	1.67	8.82	14.73	0.82	12.06	0.64	7.71	8.81	15.21
JULIO	1	17.8	1.63	9.02	14.73	0.79	11.7	0.94	10.99	12.55	27.77
AGOSTO	1	17.2	1.60	8.8	14.13	0.78	10.95	1.07	11.79	13.46	41.23
SEPTIEMBRE	1	17.7	1.62	8.28	13.48	0.79	10.66	1.02	10.88	12.42	53.65
OCTUBRE	1	16.6	1.57	8.27	13.05	0.76	9.87	0.89	8.78	10.04	63.68
					84.91 cm				55.76 cm	63.68 cm	

<sup>1</sup> T<sub>i</sub>: Temperatura media mensual en grados centígrados.

<sup>2</sup> F: Factores mensuales de uso consuntivo

<sup>3</sup> Kt: Coeficiente de crecimiento

<sup>4</sup> Kc: Coeficiente que depende del cultivo

<sup>5</sup> Etc: Evapotranspiración global

<sup>6</sup> Et': Evapotranspiración corregida

CUADRO 8. Determinación de la evapotranspiración del cultivo de Chile pimiento de noviembre a enero.

CULTIVO: CHILE PIMIENTO.

MES	Duración en meses	Temperatura °C.	$(T_i + 17.8)$ 21.8	Insolación Porcentaje	F <sup>2</sup> cm	Kt <sup>3</sup>	F * Kt	Kc <sup>4</sup>	Etc. <sup>5</sup> cm	Et' <sup>6</sup> cm	Et' Acumulada cm
NOVIEMBRE	1	15.5	1.52	7.8	11.91	0.72	8.61	0.67	5.77	5.74	5.75
DICIEMBRE	1	14.4	1.47	7.99	11.8	0.69	8.12	1.05	8.53	8.50	14.25
ENERO	1	14.2	1.46	7.31	10.73	0.68	7.32	0.88	6.44	6.41	20.67
					34.45 cm				20.73 cm	20.67 cm	

<sup>1</sup> T<sub>i</sub>: Temperatura media mensual en grados centígrados.

<sup>2</sup> F: Factores mensuales de uso consuntivo

<sup>3</sup> Kt: Coeficiente de crecimiento

<sup>4</sup> Kc: Coeficiente que depende del cultivo

<sup>5</sup> Etc: Evapotranspiración global

<sup>6</sup> Et': Evapotranspiración corregida

#### 7.6.4 Cálculo del requerimiento de riego

En el cuadro 9 se puede observar la necesidad de riego, tomando en cuenta la evapotranspiración mensual y la precipitación efectiva en cada uno de los meses.

CUADRO 9. Cálculo del requerimiento de riego para la cuenca del río Itzapa, utilizando Chile pimiento y Maíz.

MES	PRECIPITACION mm	Coeficiente de aprovechamiento	Precipitación efectiva mm	Evapotranspiración mm	Requerimiento de riego mm
ENERO	1.76	0.95	1.67	64.2	62.5
FEBRERO	7.39	0.95	7.02	61.4	54.4
MARZO	16	0.95	15.2	50.8	35.6
ABRIL	26.2	.95, .90	24.83	115.3	90.5
MAYO	128	.95, .90, .82, .65, .45, .25	95	64	0
JUNIO	199	.95, .90, .82, .65, .45, .25, .05	102.95	88.1	0
JULIO	147	.95, .90, .82, .65, .45, .25	99.75	125.5	25.8
AGOSTO	158	.95, .90, .82, .65, .45, .25, .05	100.9	134.6	33.7
SEPTIEMBRE	185	.95, .90, .82, .65, .45, .25, .05	102.25	124.2	22
OCTUBRE	113	.95, .90, .82, .65, .45	88.85	100.4	11.6
NOVIEMBRE	14.1	0.95	13.39	57.5	44.1
DICIEMBRE	8.88	0.95	8.44	85	76.6

Como se puede observar en el cuadro 9, el riego se hace necesario en casi todo el año, siendo únicamente mayo y junio, los meses en los que la lluvia es suficiente para llenar los requerimientos de agua, por lo que durante el resto de los meses de la época lluviosa es necesario hacer algunos riegos complementarios.

#### 7.6.5 Cálculo de la lámina de agua disponible:

En el cuadro 10 se observa la lámina de agua disponible por estrato y total, para la unidad de suelo considerada en el diseño.

CUADRO 10. Determinación de la lámina de agua disponible.

Profundidad del suelo	Profundidad en cm	Humedad equivalente		Densidad aparente gr/cm <sup>3</sup>	Lámina disponible cm
		1/3 de atm	15 atm		
0-25 cm	25	19.71	9.81	1.29	3.19
25-45 cm	20	21.14	11.61	1.27	2.42
>45 cm	25	30.69	18.33	1.15	3.55
Lámina total					<b>9.17 cm</b>

En este cuadro podemos ver que a pesar de lo arenoso de los suelos, logran mantener una cantidad aceptable de agua, lo cual nos ayuda a que las frecuencias de riego no sean tan seguidas como se esperaría.

#### 7.6.6 Cálculo de la lámina a aplicar:

En éste caso la lámina bruta es 4.59 cm, tomando en cuenta el déficit permitido de manejo del Chile Pimiento y una lámina neta de 3.21 cm, en el caso del riego por aspersión.

#### 7.6.7 Determinación del calendario de riego:

En los cuadros 11 y 12 se muestran los requerimientos de riego a través de l ciclo del cultivo. También se ilustran en las figuras 2 y 3 el número de riegos por ciclo y las días de aplicación de la lámina de agua.

CUADRO 11. Datos utilizados en la calendarización de riego de noviembre a enero.

Mes	Evapotranspiración en mm	Precipitación efectiva en mm	Requerimiento de riego en mm	Requerimiento de riego acumulado en mm	Días/mes	Días acumulados
Noviembre	57.5	13.40	44.1	44.1	30	30
Diciembre	85.0	8.44	76.6	120.7	31	61
Enero	64.2	1.67	62.5	183.2	31	92

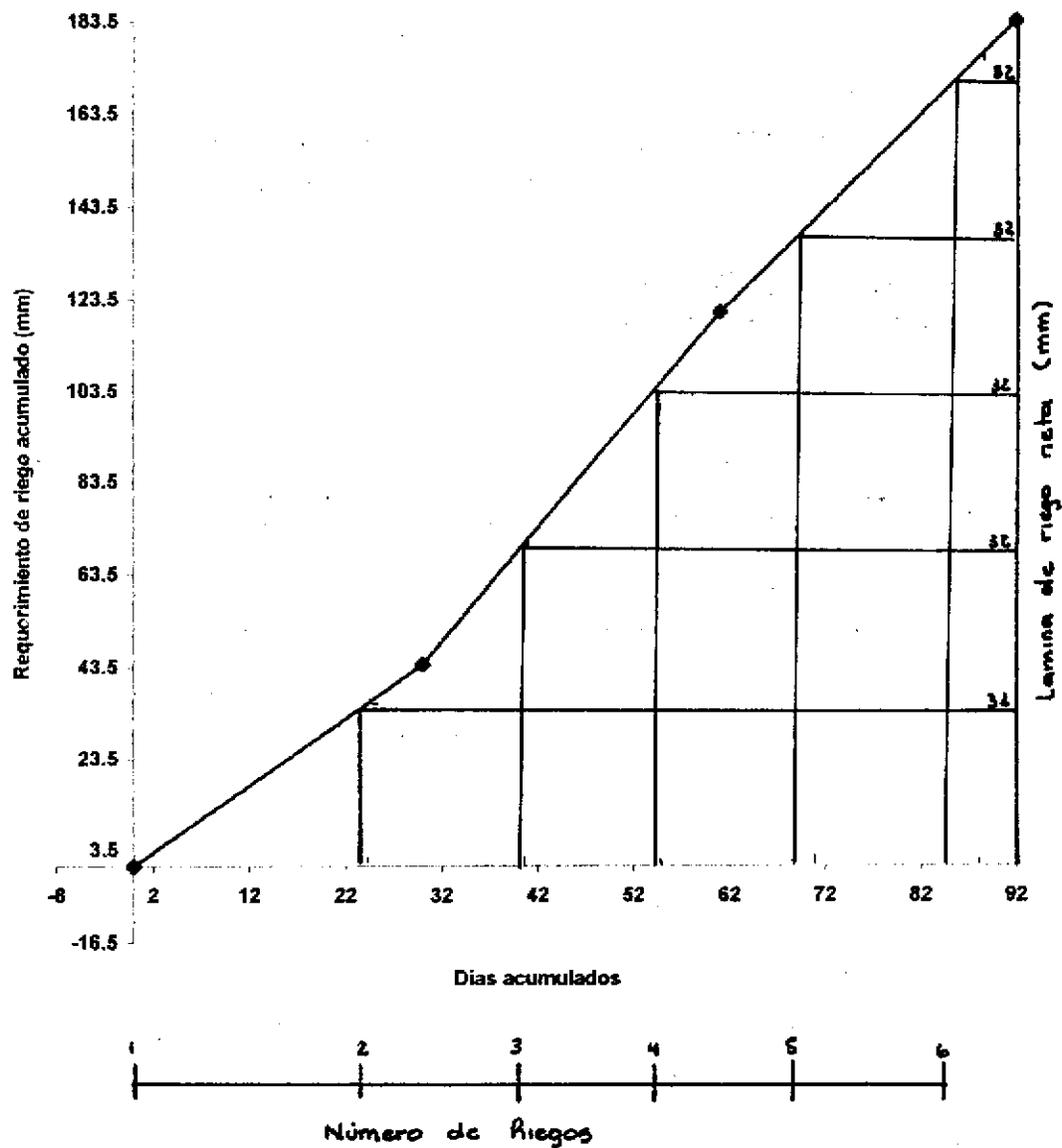


FIGURA 2. Calendario de riego de noviembre a enero, para Chile pimiento (*Capsicum annum* L.).

CUADRO 12. Datos utilizados para la calendarización de riego de febrero a abril.

Mes	Evapotranspiración en mm	Precipitación efectiva en mm	Requerimiento de riego en mm	Requerimiento de riego acumulado en mm	Días/mes	Días Acumulados
FEBRERO	61.4	7.02	54.4	54.4	28	28
MARZO	50.8	15.2	35.6	90.0	31	59
ABRIL	115.3	24.8	90.5	180.5	30	89

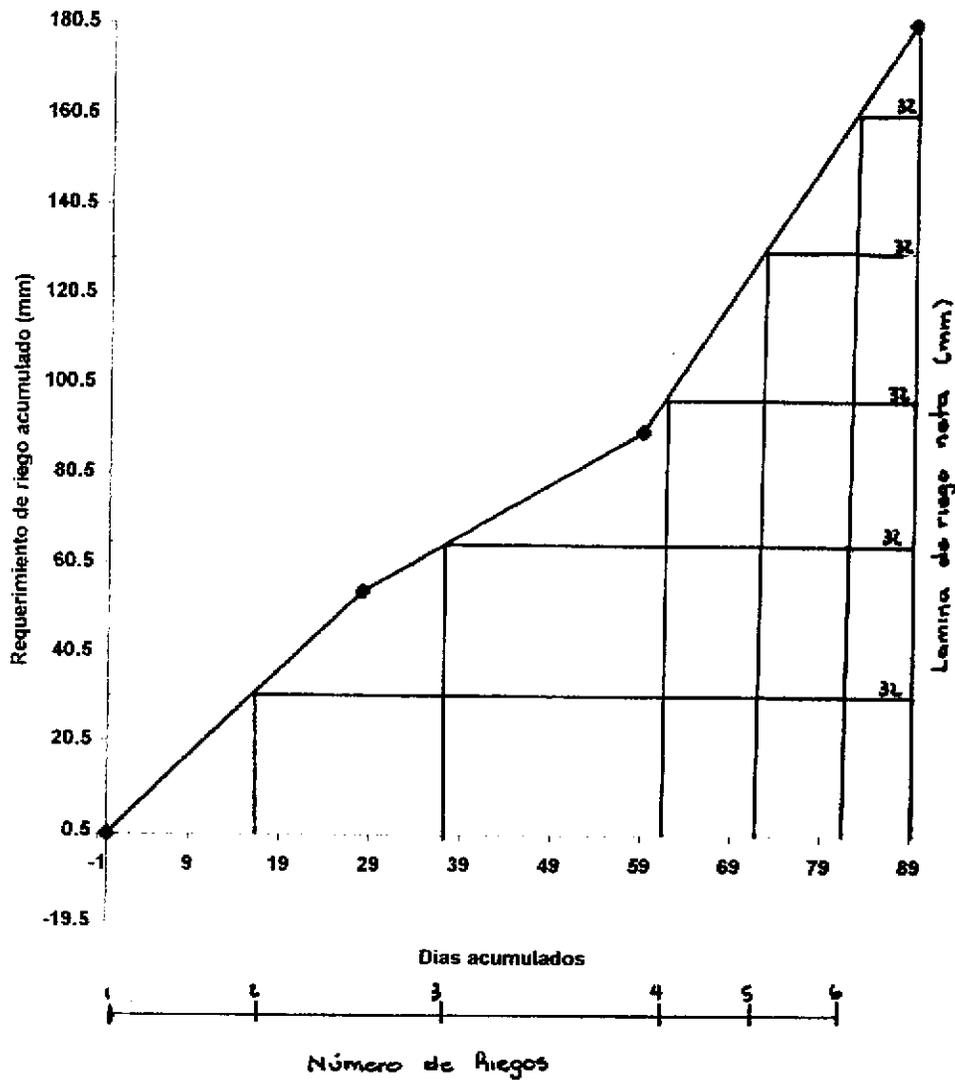


FIGURA 3. Calendario para riego de febrero a abril, para Chile pimiento (*Capsicum annum* L.).

## 7.7 DISEÑO:

### 7.7.1 Selección del método de riego:

Tomando en cuenta las condiciones existentes, se estableció que el sistema de riego más adecuado para el área potencial es el riego por aspersión, ya que el caudal es muy poco como para usar un sistema de riego por gravedad (inundación). Además, los suelos son bastante permeables con lo que no se podría abarcar gran área. En el caso del riego por goteo, sería una buena opción, pero se presentarían problemas por cuestiones culturales como la rotación de cultivos que los agricultores hacen durante el año, con lo que los distanciamientos de siembra varían de un cultivo a otro, en el caso particular del riego por goteo se adapta mejor a cultivos perennes. En el caso del riego por aspersión nos proporciona mayores ventajas ya que con el caudal disponible se puede regar un área considerable, manejando intervalos de riego para contrarrestar la gran permeabilidad de los suelos.

### 7.7.2 Captación:

Para determinar el lugar apropiado de la captación se tomó aspectos de accesibilidad y condiciones adecuadas del cauce del río. Además, se eligió un lugar en el cual se aprovechara la diferencia de nivel con respecto al área de riego para evitar utilizar una fuente de energía adicional a la fuerza de gravedad para operar el sistema. En el lugar elegido, se contempló la posibilidad de construir una presa de concreto, con el objeto de elevar el tirante hidráulico.

Como se determinó que el cauce del río no es suficiente para regar toda el área, se definieron los puntos en los cuales será necesario construir pozos para extraer agua subterránea los cuales estarán ubicados a cada 500 m y de esta manera poder llenar los requerimientos de agua que se necesitan para incorporar toda el área potencial al riego.

### 7.7.3 Selección de aspersores:

La selección de los aspersores se basó en datos obtenidos de los estudios previos, dentro de la información básica que se usó está:

- a.) Infiltración básica. 23.27 cm/hr
  - b.) Lámina bruta de reposición (Lbr). 4.59 cm.
  - c.) Intervalo de riego crítico (Irc).
- $$Irc = Ln / (Et / \text{día.mes})$$

Donde: Irc = Intervalo de riego crítico (días).

Ln = Lámina de riego neta (cm).

Et = Evapotranspiración para el mes de mayor consumo de agua (cm).

De esa ecuación obtenemos un Irc de 8 días.

d.) El Tiempo de riego por día (Trd), se estableció en 21 hrs, a manera de cubrir el área a regar y de aprovechar al máximo el equipo y el recurso hídrico disponible, o sea una máxima eficiencia de uso.

e.) Tiempo de riego por turno (Trt), el tiempo de riego por turno se escogió de tal manera que al aplicar la Lámina de riego neta, se obtenga una intensidad de riego Ir que no sobrepase la Infiltración básica del suelo. 6 hrs.

f.) Intensidad de riego (Ir) el cual se calculó con la siguiente ecuación:

$$Ir = Lb / Trt$$

Donde: Ir = Intensidad de riego (cm/hr).

Lb = Lámina bruta (cm).

Trt = Tiempo de riego por turno (hr).

En este caso la Intensidad de riego es de 0.765 cm/hr que es menor que la infiltración básica, con lo cual no habrá encharcamiento a irrigarse.

g.) Separación entre aspersores y laterales: Para calcular el espaciamiento entre laterales y entre aspersores se tomó en cuenta principalmente dos condiciones:

1- El número de laterales debe ser suficiente para cubrir el área total durante el intervalo de riego, haciendo al día el número de cambios en las posiciones del lateral que se deseen.

2- El espaciamiento entre laterales y aspersores debe ser tal que permita una tasa de aplicación del agua menor que la infiltración básica del suelo.

En este sentido se hicieron cálculos tomando como base tablas de clasificación de rociadores y su adaptabilidad. Para el caso de laterales se probó con diferentes distanciamientos tomando como base la longitud de la tubería que comúnmente se encuentra en el mercado, dependiendo del material. Esto para evitar cortar tubería.

Luego de los cálculos entre distintos espaciamientos tanto entre aspersores como laterales se determinó cual era mas adecuado que para este caso es de 60 pies por 60 pies (18.30m por 18.30 m).

Una vez que se eligió el distanciamiento entre aspersores y laterales se calcularon las condiciones de operación para lo cual se siguió la siguiente secuencia de ecuaciones:

a. Área regada por un lateral = Espacio entre laterales x longitud del terreno a un lado de la principal.

Con lo cual se obtuvo un área de 2,928 m<sup>2</sup> / lateral.

b. Área de riego/turno = Área total/número de turnos.

El área total es de 79,617 m<sup>2</sup> y el número de turnos es de 24 con lo cual se tiene 3,317.4 m<sup>2</sup> por turno.

c. Número de laterales/turno =  $\frac{\text{Área de riego /turno}}{\text{Área de riego/lateral}}$

de la ecuación anterior se obtiene 1 lateral / turno

d. Número de aspersores/lateral =  $\frac{(\text{Long. terreno a un lado de la principal})}{\text{Espacio entre aspersores}}$

con lo cual se necesitan 9 aspersores / lateral.

h.) Caudal por aspersor: Se determinó por medio de la siguiente ecuación:

$$Q_a = (E_a \times E_l \times I_r) / 1000$$

Donde: Q<sub>a</sub> = Caudal por aspersor (m<sup>3</sup>/hr).

E<sub>a</sub> = espaciamiento entre aspersores (m).

E<sub>l</sub> = espaciamiento entre laterales (m).

I<sub>r</sub> = Intensidad de riego (mm/hr).

1000 = Constante para convertir los mm/hr a m/hr.

El caudal por aspersor debe ser de 2.56 m<sup>3</sup>/ hr.

#### 7.7.4 Tipo de aspersor:

Se determinó consultando catálogos de aspersores para seleccionar el que cumpla con las condiciones establecidas.

Aquí se consideró el efecto del viento para ver si el espaciamiento elegido estaba de acuerdo al porcentaje de los entrecruzamientos entre el diámetro de cobertura de un aspersor y otro.

CUADRO 13. Separación entre aspersores y entre laterales de acuerdo a la velocidad del viento.

Velocidad del viento	Separación entre Aspersores y laterales		
	En cuadro	En rectángulo	
Sin viento	65%*		
6.0 Km/Hr	60%	50%	65%
12 Km/Hr	50%	40%	60%
15 Km/Hr	40%	40%	50%
Más de 15 Km/Hr	30%	30%	40%

FUENTE: Sandoval Illescas 1989.(16)

\* porcentaje del diámetro de cobertura.

El aspersor seleccionado es el siguiente:

Espaciamiento: 18 m  
 Boquilla: 5.5 mm x 3.8 mm  
 7/32 " x 0.15 "  
 Presión: 3 atm. (44 PSI)  
 Caudal: 2.59 m<sup>3</sup>/hr  
 Diámetro: 32 m

El diámetro de mojado (Dm) del aspersor es:

$$Dm = \text{Espacio entre aspersores} / \text{porcentaje del diámetro de cobertura}$$

o bien

$$Dm = \text{Espacio entre laterales} / \text{porcentaje del diámetro de cobertura}$$

El Dm es de 28.15 m

#### 7.7.5 Distribución de líneas de conducción y distribución:

Según recomendaciones de diseño se trató que la tubería de conducción quedara hasta donde fuera posible en el sentido de la pendiente del terreno, además, la tubería de distribución o lateral se colocó formando ángulo recto con la tubería principal de conducción. También se trató que la tubería lateral quedara perpendicular a la tubería de distribución.

### 7.7.6 Diseño de la línea de conducción:

#### 7.7.6.1. Diámetro de la tubería de conducción:

Para efectuar este cálculo no existen porcentajes de pérdidas o de carga ya establecidas, lo que se hizo fue efectuar tanteos con diferentes diámetros de tuberías y ver que pérdidas de carga se tenían, para luego compararlas con las pérdidas de carga que para diseño se aceptan que son aproximadamente de 3 metros en sistemas pequeños y 12 metros en sistemas grandes.

Se consideraron los factores económicos en cuanto a costos de tuberías de diferentes diámetros.

Para el cálculo de las pérdidas de carga se utilizó la fórmula de Hazen-Williams:(22)

$$H_f = 1.131 \times 10^9 \{Q/C\}^{1.852} D^{-4.872} \times L$$

Donde:  $H_f$  = Pérdidas de carga en tuberías sin salidas.

Q = Caudal en m<sup>3</sup>/hr.

D = diámetro interior del tubo en mm.

C = coeficiente de fricción de acuerdo al material del tubo.

L = Longitud de la tubería en m

CUADRO 14. Pérdidas por fricción en la tubería principal.

Diámetro en mm	Q en m <sup>3</sup> /hr	C para PVC	Longitud en m	Hf en m
25.4	25.2	150	3960	23631.19
50.8	25.2	150	3960	807.55
76.2	25.2	150	3960	112.05
101.6	25.2	150	3960	27.60
127	25.2	150	3960	9.31

En el cuadro 14 se muestran las pérdidas por fricción con diferentes diámetro de tubería siendo el mejor diámetro el de 5 pulgadas (127 mm) ya que con él perdemos la menor carga por fricción, tomando en cuenta que la carga total de que se dispone es poca.

### 7.7.7 Diseño de la línea de distribución:

#### 7.7.7.1 Diámetro de la tubería lateral:

El criterio para diseñar la tubería lateral es el siguiente: "La diferencia máxima de presión entre el primero y el último aspersor en la lateral es de 20% de la presión de operación de los aspersores (ho)". Esto significa un máximo de 10% de variación entre el caudal del primero y el último aspersor.(22)

Para el efecto se calculó la pérdida por fricción, carga de elevación, diámetro del lateral y carga requerida a la entrada del lateral.

Para conocer la diferencia de altura entre el primero y el último aspersor se buscó por medio del plano de curvas a nivel la posición crítica del lateral, es decir, el lugar en donde la diferencia de nivel fuera máxima hacia arriba, luego se leyeron las alturas por medio de las curvas a nivel. Aplicando el principio de Bernoulli entre la entrada (1) y final del lateral (2). (1)

$$\begin{aligned} \text{Energía 1} &= \text{Energía 2} + hf_{1-2} \\ Z_1 + P_1 / W &= Z_2 + P_2 / W + hf_{1-2} \end{aligned}$$

despejando

$$hf_{1-2} = (P_1 / W - P_2 / W) + (Z_1 - Z_2)$$

Como la diferencia de presión entre el último y el primer aspersor no debe de ser mayor al 20% de la presión de operación del aspersor; y además, si al primer aspersor se le da la presión de operación  $h_o$  (o sea  $P_1/W = h_o$ ), entonces:

$$P_2 / W = 0.8 P_1 / W = 0.8h_o$$

sustituyendo:

$$hf_{1-2} = (h_o - 0.8h_o) + (Z_1 - Z_2)$$

simplificando:

$$hf_{1-2} = 0.2h_o + (Z_1 - Z_2)$$

Donde:  $hf_{1-2}$  = Pérdida permisible por fricción en el lateral (m).

$h_o$  = Presión de operación del aspersor (m). (30.8m)

$Z_1$  = Altura en el primer aspersor del lateral (m).

$Z_2$  = Altura en el último aspersor del lateral (m).

De esa ecuación se obtiene un  $hf_{1-2}$  de 6.66 m

De ésta manera se seleccionó un diámetro de tubería que diera una pérdida de carga por fricción menor que  $hf_{1-2}$ .

Para calcular las pérdidas de carga por fricción se utilizó la fórmula de Hazen-Williams.

Como la tubería lateral tiene salidas (en cada aspersor) entonces la  $H_f$  se multiplicó por un factor  $F$  obtenido del cuadro 22°, como se muestra en el cuadro 15. (23)

$$hf = H_f \times F$$

Esta  $hf$  debe ser menor a la  $hf_{1-2}$ .

CUADRO 15. Cálculo de las pérdidas por fricción en la tubería lateral.

Diámetro en mm	Longitud en m	C* para aluminio	Q en m <sup>3</sup> /hr	Pérdidas por fricción en sistemas cerrados en m	Factor de salidas múltiples	Pérdidas por fricción en m en la lateral
50.4	155.5	130	25.2	41.3	0.402	16.60
63.5	155.5	130	25.2	13.2	0.402	5.60
76.2	155.5	130	25.2	5.73	0.402	2.30
101.6	155.5	130	25.2	1.41	0.402	0.57

\* C: coeficiente de fricción.

En éste caso la tubería de 2 ½ pulgadas (63.5 mm) es una buena opción por las pocas pérdidas de carga y por su precio con relación a las demás.

#### 7.7.7.2 Carga requerida en la entrada del lateral:

Esta se determinó de la siguiente manera:

$$h_e = h_o + 3/4 h_f + AZ + H_e + h_m$$

Donde:  $h_e$  = Carga requerida a la entrada del lateral.

$h_o$  = Presión de operación del aspersor seleccionado. (30.8 m)

$h_f$  = pérdidas de carga por fricción de la tubería lateral. (5.60 m)

AZ = Diferencia de altura entre la entrada del lateral y el final del lateral (+ 0.5 m)

$H_e$  = Altura del elevador. (1.50)

$h_m$  = Pérdidas de cargas menores (10% de  $h_f$ ).

La carga requerida a la entrada del lateral es de 37.56 m.

#### 7.7.7.3 Carga hidráulica disponible:

Carga hidráulica total	+ 70.69 m
Pérdidas de carga/fricción en la tubería de conducción	- 9.31 m
Pérdidas locales/ accesorios	- 0.93 m
Carga hidráulica disponible	+ 60.45 m

60.45 m es mayor que 37.56 m con lo cual el agua llega sin ningún problema hasta el área de riego y sin necesidad de bombear el agua.

#### 7.7.7.4 Estimación de costos:

Una vez determinados todos los requerimientos de materiales y equipo, se elaboró una estimación de costos, la cual se desglosa de la siguiente manera:

- Costo de construcciones.
- Línea de conducción.
- Línea de distribución.
- Equipo de riego
- Accesorios
- Imprevistos.

CUADRO 16. Estimación de costos del proyecto de riego para el área potencialmente regable de la cuenca del río Itzapa.

DESCRIPCION	MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>CONSTRUCCIONES</b>				
Caja de captación y caja desarenadora	u	1	7224.13	7224.13
Caja de válvula de drenaje	u	3	620.00	1860.00
Caja de válvula de aire	u	3	620.00	1860.00
<b>LINEA DE CONDUCCION</b>				
Tubería PVC de 20' de 5" de 80 PSI	ml	3315	266.54/tubo	144849.20
Tubería PVC de 20' de 5" de 100 PSI	ml	150	330.26/tubo	8121.15
Tubería PVC de 20' de 5" de 125 PSI	ml	495	413.77/tubo	33576.42
Válvula de aire	u	3	340.00	1020.00
Válvula de drenaje	u	3	250.00	750.00
Válvula de compuerta	u	2	325.00	650.00
<b>LINEA DE DISTRIBUCION</b>				
Tubería de aluminio de 10' de 2 ½ "	ml	155.5	255.65/tubo	13038.15
<b>EQUIPO DE RIEGO</b>				
Elevadores PVC de 1 ½ "	ml.	9	64.08/tubo de 20'	128.17
Aspersores 5.5 X 3.8 mm, 44 PSI	u	9	69.50	625.5
<b>ACCESORIOS</b>				
Reductores de 2 ½ " a 1 ½ "	u	18	21.81	392.58
Reductores de 1 ½ " a ¾ "	u	9	4.00	36.00
Cemento solvente	Galón	4	399.46	1597.84
<b>IMPREVISTOS 10 %</b>				21572.91
<b>TOTAL</b>				<b>237302.05</b>

Del cuadro 16, se obtiene un costo por hectárea para la implementación del sistema de riego es de Q 29,811.82. Estos cálculos fueron realizados con costos vigentes durante el primer trimestre del año 1998.

#### 7.7.8 ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA:

##### DEL CULTIVO:

Cultivo:	Hortalizas (Chile pimiento)
Ciclo vegetativo:	90 días
Siembra:	1 de febrero
Cosecha:	1 de mayo
Profundidad radicular:	0.7 m
Altura media:	1 m
Evapotranspiración/ciclo:	22.7 cm

##### DE RIEGO:

Lámina de riego neta:	3.21 cm
Lámina de riego bruta:	4.59 cm
Intervalo de riego crítico:	8 días
Mes crítico:	abril
Número de riegos/ciclo:	6
Tiempo de riego diario:	21 hr
Número de turnos/día:	3 turnos
Tiempo de riego/turno:	6 hr
Tiempo para cambio de posiciones:	1 hr
Infiltración básica:	23.27 cm/hr
Intensidad de riego:	7.7 cm/hr

##### ASPERSORES:

Presión:	44 PSI (3 Atm)
Boquillas:	5.5 mm x 3.8 mm 7/32 " x 0.15 "
Caudal:	2.59 m <sup>3</sup> /hr
Diámetro de cobertura:	32 m
Traslape entre aspersores:	65 %
Separación entre aspersores:	18.30 m

**LATERALES:**

Diámetro de tubería:	2 ½ pulgadas(0.0635 m)
Material:	Aluminio
Separación /laterales:	18.30 m
Longitud:	155.5 m
Área/ lateral:	2,928 m <sup>2</sup>

**PRINCIPAL:**

Diámetro:	5 pulgadas (0.127 m)
Material:	PVC
Longitud:	3,960 m

**DE OPERACIÓN:**

Área total de riego:	7.96 hectáreas
Área de riego/día:	0.99 hectáreas
Área de riego/turno:	0.33 hectáreas
Número de laterales/turno:	1
Número de aspersores/turno:	9
Caudal por lateral:	25.2 m <sup>3</sup> /hr
Caudal a derivar:	25.2 m <sup>3</sup> /hr
Carga requerida a la entrada del lateral:	37.56 m
Carga hidráulica disponible:	60.45 m

**7.8 ANALISIS ECONOMICO FINANCIERO:**

Un análisis razonable y preciso de la totalidad de la empresa agrícola en las condiciones existentes u originales, es esencial. La información correspondiente a la actividad o actividades implicadas, puede ser adecuada para evaluar los resultados del riego suplementario valiéndose para ello de un análisis económico financiero. (2)

**7.8.1 Parámetros para el análisis económico:**

Para realizar este análisis económico, se tomaron en cuenta tres parámetros para determinar si es factible la ejecución del proyecto desde el punto de vista financiero.

Los parámetros que se tomaron en cuenta son:

- Valor presente neto (VPN).
- Relación beneficio-costo (B/C).
- Tasa interna de retorno (TIR).

### 7.8.2 Inversiones:

Se calculó la inversión total por hectárea y está basada en:

- Costo de construcciones.
- Línea de conducción.
- Línea de distribución.
- Equipo de riego
- Accesorios
- Imprevistos.

### 7.8.3 Costos:

#### 7.8.3.1 Costos de producción agrícola:

De acuerdo a las condiciones del área sin riego se determinó el número de cosechas por año y los cultivos que se cosechan. También se determinó cuantas cosechas y cultivos se puedan obtener con riego para que el proyecto pueda ser rentable y pague la inversión inicial. Para este efecto se tomaron cultivos rentables con que se trabajan en el área y de ciclo corto.

Los costos de producción por hectárea se hicieron con cultivos rentables con riego, comparándolos con maíz y frijol sin riego, los cuales son los cultivos tradicionales en las áreas sin riego.

CUADRO 17. Costos de producción por ciclo por hectárea para diferentes cultivos.

ACTIVIDAD	CULTIVO					
	CON RIEGO				SIN RIEGO	RIEGO
	ARVEJA	CHILE	TOMATE	EJOTE FRANCES	MAIZ	FRIJOL
<b>1. costos directos</b>						
Costo de tierra	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	800.00	800.00
Mano de obra	3,790.00	8,000.00	8,000.00	3,450.00	3,350.00	2,250.00
Infraestructura	250.00	220.00	220.00	100.00	150.00	000.00
Semilla	1,600.00	2,500.00	2,800.00	1,425.00	50.00	270.00
Insumos	8,900.00	5,000.00	5,000.00	4,500.00	400.00	350.00
Transporte	400.00	1,500.00	2,600.00	450.00	100.00	40.00
Total de C. Directos	15,940.00	18,220.00	19,620.00	10,725.00	4,850.00	3,710.00
<b>2. Costos indirectos</b>						
Gastos Admón. 6%	956.40	1,093.20	1,177.20	655.50	291.00	222.60
Total de C. Indirectos	956.40	1,093.20	1,177.20	655.50	291.00	222.60
<b>3. Costos totales</b>	16,896.40	19,313.20	20,797.20	11,580.50	5,141.00	3,932.60

#### 7.8.4 Costos Financieros:

##### 7.8.4.1 Estimación de servicios de la deuda:

Para el cálculo de la amortización de capital e intereses se elaboró el siguiente cuadro en el cual aparece la forma de pago a través de la vida útil del proyecto. La vida útil del proyecto se calculó para 20 años.

El proyecto se calculó para una vida útil de 20 años, con un año de gracia para empezar a pagar la deuda, y a un porcentaje de intereses del 24 %.

Para estimar los servicios de la deuda se utilizó el método de la amortización con cuota nivelada.

CUADRO 18. Estimación de servicios de la deuda

AÑO	AMORTIZACIÓN	INTERESES	CUOTA NIVELADA	SALDO
		Q. 56,952.49	Q. 56,952.49	Q. 237,302.05
1	Q. 781.63	Q. 56,952.49	Q. 57,734.12	Q. 236,520.42
2	Q. 969.22	Q. 56,764.90	Q. 57,734.12	Q. 235,551.20
3	Q. 1,201.83	Q. 56,532.29	Q. 57,734.12	Q. 234,349.37
4	Q. 1,490.27	Q. 56,243.85	Q. 57,734.12	Q. 232,859.10
5	Q. 1,847.94	Q. 55,886.18	Q. 57,734.12	Q. 231,011.17
6	Q. 2,291.44	Q. 55,442.68	Q. 57,734.12	Q. 228,719.73
7	Q. 2,841.39	Q. 54,892.73	Q. 57,734.12	Q. 225,878.34
8	Q. 3,523.32	Q. 54,210.80	Q. 57,734.12	Q. 222,355.02
9	Q. 4,368.91	Q. 53,365.21	Q. 57,734.12	Q. 217,986.11
10	Q. 5,417.45	Q. 52,316.67	Q. 57,734.12	Q. 212,568.65
11	Q. 6,717.64	Q. 51,016.48	Q. 57,734.12	Q. 205,851.01
12	Q. 8,329.88	Q. 49,404.24	Q. 57,734.12	Q. 197,521.13
13	Q. 10,329.05	Q. 47,405.07	Q. 57,734.12	Q. 187,192.08
14	Q. 12,808.02	Q. 44,926.10	Q. 57,734.12	Q. 174,384.06
15	Q. 15,881.95	Q. 41,852.17	Q. 57,734.12	Q. 158,502.12
16	Q. 19,693.61	Q. 38,040.51	Q. 57,734.12	Q. 138,808.50
17	Q. 24,420.08	Q. 33,314.04	Q. 57,734.12	Q. 114,388.42
18	Q. 30,280.90	Q. 27,453.22	Q. 57,734.12	Q. 84,107.52
19	Q. 37,548.31	Q. 20,185.81	Q. 57,734.12	Q. 46,559.21
20	Q. 46,559.91	Q. 11,174.21	Q. 57,734.12	-Q. 0.70
	Q. 237,302.75			

## 7.8.4.2 Resumen de costos, ingresos y beneficios:

Se elaboró el siguiente cuadro en el cual se detallan los cultivos con y sin riego.

CUADRO 19. Resumen de costos, ingresos y beneficios agrícolas por el área de diseño.

## SITUACIÓN SIN PROYECTO

AREA POTENCIAL DE RIEGO. CUENCA DEL RIO ITZAPA.  
ESTRUCTURA DE LA PRODUCCIÓN, PRECIOS, RENDIMIENTOS POR CULTIVO, COSTOS E INGRESOS TOTALES.

CULTIVO	COSECHAS	PRECIO POR qq	HECTAREAS	PRODUCCION POR HECTAREA	PRODUCCION ANUAL	INGRESOS	COSTOS POR HECTAREA	COSTOS TOTALES	INGRESO NETO
MAIZ	1	100	3.98	80.18	239.52	23,951.64	5141	20,461.16	3,490.48
FRIJOL	1	300	3.98	8.94	35.58	10,674.36	3932.8	15,951.75	-4,977.39
	0	0	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
	0	0	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
<b>TOTALES</b>			<b>7.96</b>			<b>Q.34,626.00</b>		<b>Q.36,112.93</b>	<b>(Q.1,486.93)</b>

Observaciones: Los datos reportados en este cuadro corresponden a las 15 familias beneficiadas del proyecto.

## SITUACIÓN CON PROYECTO

AREA POTENCIAL DE RIEGO. CUENCA DEL RIO ITZAPA.  
ESTRUCTURA DE LA PRODUCCIÓN, PRECIOS, RENDIMIENTOS POR CULTIVO, COSTOS E INGRESOS TOTALES.

CULTIVO	COSECHAS	PRECIO POR qq	HECTAREAS	PRODUCCION POR HECTAREA	PRODUCCION ANUAL	INGRESOS	COSTOS POR HECTAREA	COSTOS TOTALES	INGRESO NETO
MAIZ	1	100	1.13	60.18	68.00	6,800.34	5141	5,809.33	991.01
FRIJOL	1	300	1.13	8.94	10.10	3,030.66	3932.8	4,443.84	-1,413.18
ARVEJA*	2	2.5	1.42	11018.25	31291.83	78,229.56	18996.4	47,985.78	30,243.80
CHILE PIMIENTO**	2	70	1.43	1300.00	3718.00	260,260.00	19313.2	65,235.75	205,024.25
TOMATE**	3	70	1.42	1000.00	4280.00	298,200.00	20797.2	66,598.07	209,603.93
EJOTE FRANCES	3	250	1.43	247.80	1063.06	265,765.50	11580.5	49,680.35	218,085.15
	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00
<b>TOTALES</b>			<b>7.96</b>			<b>Q.912,286.06</b>		<b>Q.251,751.11</b>	<b>Q.660,534.95</b>

Observaciones: El área contemplada en el proyecto (7.96 hectáreas) corresponde a arveja, chile, tomate y ejote frances de este cuadro.  
(\* ) Precios y Rendimientos libras.  
(\*\* ) Precios y Rendimientos en cajas de 45 lbs.

## 7.8.4.3 Flujo de fondos:

Esto representa los flujos netos del proyecto. Los beneficios brutos resultan de la diferencia entre los beneficios netos agrícolas con el proyecto y los beneficios agrícolas sin proyectos.

Los costos totales comprenden los costos de inversión con operación y mantenimiento, servicios de deuda y costo de diseño.

CUADRO 20. Flujo de fondos (en Quetzales)

PROYECTO DE MINIRIEGO CUENCA DEL RIO ITZAPA SAN ANDRES ITZAPA, CHIMALTENANGO INDICADORES DE RENTABILIDAD					
Año	Beneficios del Proyecto	Costos de Operación y servicios de la deuda	Beneficios Netos	Factor de Descuento	Flujos Netos Descontados
0	(287,302.05)	56,952.49	(344,254.54)	1.000	(344,254.54)
1	662,021.89	65,952.49	596,069.40	0.806	480,701.13
2	662,021.89	65,764.90	596,256.99	0.650	387,784.20
3	662,021.89	65,532.29	596,489.60	0.524	312,851.20
4	662,021.89	65,243.85	596,778.04	0.423	252,421.35
5	662,021.89	64,886.18	597,135.71	0.341	203,687.61
6	662,021.89	64,442.68	597,579.21	0.275	164,386.20
7	662,021.89	63,892.73	598,129.16	0.222	132,691.52
8	662,021.89	63,210.80	598,811.09	0.179	107,131.29
9	662,021.89	62,365.21	599,656.68	0.144	86,518.21
10	662,021.89	61,316.67	600,705.22	0.116	69,894.75
11	662,021.89	60,016.48	602,005.41	0.094	56,488.74
12	662,021.89	58,404.24	603,617.65	0.076	45,677.43
13	662,021.89	56,405.07	605,616.82	0.061	36,958.64
14	662,021.89	53,926.10	608,095.79	0.049	29,927.36
15	662,021.89	50,852.17	611,169.72	0.040	24,256.97
16	662,021.89	47,040.51	614,981.38	0.032	19,664.07
17	662,021.89	42,314.04	619,707.85	0.026	15,996.26
18	662,021.89	36,453.22	625,568.67	0.021	13,022.21
19	662,021.89	29,185.81	632,836.08	0.017	10,623.78
20	662,021.89	20,174.21	641,847.68	0.014	8,962.70
				<b>VAN</b>	<b>2,115,411.10</b>
				<b>TIR</b>	<b>17.9%</b>
				<b>Relación B/C</b>	<b>7.14</b>
				TIR = VALOR DE "I" QUE HACE QUE EL VAN=0	
				VAN = VALOR EN LA ACTUALIDAD DE LA	
				SUMA DE LOS FLUJOS NETOS DESCONTADOS	
				EN EL PERIODO DE TIEMPO	

### 7.8.5 Evaluación financiera:

a. Valor presente neto (VPN): Es el valor que tienen hoy los ingresos futuros de un proyecto, a la tasa de oportunidades del capital, en un período de tiempo determinado de años. Para el presente caso se utilizó una tasa de oportunidad del 24% y un período de 20 años, con lo cual dio un VPN de Q2,115,411.10.

$$VPN = Td \times C$$

Donde: VPN = Valor presente neto

Td = Tasa de descuento

C = Capital

b. Relación Beneficio-costo (B/C): Es la relación que existe entre los beneficios brutos del proyecto y los costos totales del proyecto actualizando al costo de oportunidad del capital de un período de años determinado. La relación que se obtuvo es de 7.14, lo que indica que el proyecto es financieramente factible.

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

c. Tasa 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. El valor que se obtuvo es de 173% indicándonos una alta rentabilidad del proyecto desde el punto de vista financiero, esto debido a la alta rentabilidad de los cultivos que se analizaron.

### 7.8.6 Análisis de sensibilidad:

Este análisis se refiere al riesgo que tiene el capital invertido, por lo cual, los parámetros evaluativos, que se consideran en el proyecto se les aplicó un incremento de 10% en los costos totales del proyecto y un decremento de 10% de los beneficios como se observa en el cuadro 21. Los resultados que se obtuvieron indican si es factible el proyecto.

CUADRO 21. ANALISIS DE SENSIBILIDAD.

INDICADOR	VALOR ESPERADO	INCREMENTO	DECREMENTOS
		10% COSTOS	10% BENEFICIOS
B/C	7.14	6.43	6.36
VPN (Q)	Q 2,115,411.10	Q 2,057,117.03	Q 1,845,348.63
TIR	173 %	156 %	154 %

## 7.9 ORGANIZACION DE LOS USUARIOS DEL RIEGO:

Es importante considerar las características de la organización de usuarios en la formulación de un proyecto de riego, ya que de esto depende el éxito o fracaso del proyecto propuesto. La organización de los usuarios en el manejo de los recursos se presenta como un factor limitante en proyectos de esta naturaleza, principalmente en la toma de decisiones para el manejo de éstos, tales como: uso de la tierra, control eficiente del uso del agua, manejo financiero, motivación organizacional y preservación de los recursos naturales energéticos. (16)

Actualmente los agricultores que tienen acceso a riego, lo hacen tomando agua directamente del río, para lo cual únicamente instalan su motor a la orilla del mismo y bombean agua hacia sus parcelas, con lo que no existe ninguna organización de los usuarios del agua del río. Muchos de los agricultores que tienen parcelas dentro de las áreas potenciales de riego están familiarizados con el riego por aspersion ya que la mayoría han trabajado en las empresas que se encuentran en el territorio del municipio y que utilizan este sistema de riego en sus plantaciones. Se sugiere organizar a los productores en un comité de Mini-Riego, el cual se debe adoptar como "Asociación de usuarios de la unidad de Riego San Andrés Itzapa", para que de esta manera ellos puedan administrarse.

### 7.9.1 Selección de los usuarios del riego:

Para la selección de las personas que consideran dentro del diseño del sistema de riego, primeramente se realizó una consulta con los mismos propietarios sobre su aceptación o rechazo al mismo, encontrándose de que en un alto porcentaje estaban de acuerdo con la instalación de un sistema de riego, ya que lo veían como una posible solución a la problemática agrícola que afrontan. La mayoría de productores se caracterizan por ser propietarios de los terrenos, los cuales han obtenido en la mayoría de los casos a través de herencias, y en un menor número al haberlos comprado. Los productores dedican el tiempo a las labores de campo solo cuando es necesario, ya que el resto del tiempo lo aprovechan vendiendo su mano de obra en otros lados o realizando otras actividades ajenas a la agricultura, como el comercio. La selección final del área de diseño se hizo en base al área que era suficiente para regar con el caudal disponible, a la cercanía del área al punto de distribución del agua y a la disposición de los agricultores a implementar el sistema de riego. El número de beneficiarios del sistema de riego piloto es de 15.

### 7.9.2 Asistencia Técnica:

Según datos proporcionados por los mismos agricultores no existe ninguna asistencia técnica por parte de alguna institución. Únicamente algunas empresas agroexportadoras asesoran a pequeños productores que les venden sus cosechas.

La asistencia técnica debe establecerse en el proyecto de una manera permanente y consistente, para que el proyecto inicie con buenas posibilidades a futuro, principalmente en el mantenimiento de las obras hidráulicas, mantenimiento conjunto del proyecto, frecuencia de aplicación del agua, tiempo de riego, respeto en el uso del agua entre usuarios y diversificación de cultivos.

Por lo anteriormente considerado, la asistencia técnica es primordial en el desarrollo del proyecto así como para la consolidación de la organización. A continuación se plantean algunos tópicos que debe de considerar la asistencia técnica:

- a) Identificar inicialmente los problemas socioeconómicos y proponer programas de desarrollo organizativo, de promoción, de motivación y de participación social de los asociados.
- b) Supervisar el uso adecuado de las obras hidráulicas establecidas.
- c) Capacitación en la operación y mantenimiento del proyecto en su conjunto.
- d) Coordinar con los usuarios la distribución del agua.
- e) Establecer según el tipo de suelo característico, el tiempo de riego y la frecuencia de aplicación del agua de acuerdo a la demanda del cultivo propuesto.
- f) Estimular la participación de los usuarios y formular sistemas de capacitación según la demanda de los agricultores.
- g) Coordinar en forma conjunta la conservación de los bosques productores de agua, para conservar el recurso hídrico disponible a largo plazo.
- h) Formular programas de capacitación con fines de diversificación de cultivos, investigación aplicada, mercado de productos, control y uso de pesticidas y manejo postcosecha.

#### **7.10 NORMAS PARA LA OPERACION Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO DISEÑADO:**

Para el desarrollo y buen funcionamiento del proyecto, será necesario contar con personal que lleve el control para los requerimientos de agua, calidad, cantidad y mantenimiento de las instalaciones en condiciones que no permitan que el sistema deje de operar, para cumplir con los objetivos del proyecto.

Para la operación y mantenimiento anual del sistema, la Asociación de usuarios del proyecto de mini-riego, aprobarán anualmente los planes de trabajo en lo que respecta a operación, mantenimiento y desarrollo agrícola. Estos planes definirán las metas en cuanto a superficies a regar, volúmenes de producción a alcanzar, los recursos para la distribución del agua, la conservación de las obras para mantenerlas en óptimas condiciones, la capacitación y asistencia técnica para los programas de producción. Los planes tienen que ser elaborados y aprobados con suficiente tiempo de anticipación para que entren a funcionar en noviembre que es cuando se inicia el riego.

Para la operación y mantenimiento del sistema, se elaboró un reglamento interno específico, en el cual aparecen los derechos y obligaciones de los usuarios. La autoridad encargada de velar porque este reglamento se cumpla será la "Asociación de usuarios de la unidad de riego San Andrés Itzapa".

### 7.10.1 REGLAMENTO:

#### 7.10.1.1 DERECHOS:

1. Tener acceso al agua de riego para irrigar los cultivos que se encuentren dentro de los terrenos de los productores usuarios de la unidad de riego
2. Todos los usuarios tienen derecho a participar en la elección de los representantes de la "Asociación de usuarios de la unidad de riego San Andrés Itzapa".
3. Los usuarios pueden ser electos como representantes de la "Asociación de usuarios de la unidad de riego San Andrés Itzapa".
4. Todos los usuarios tienen derecho a opinar y votar en asuntos de la "Asociación de usuarios de la unidad de riego San Andrés Itzapa".

#### 7.10.1.2 OBLIGACIONES

1. Respetar los horarios y cuotas que la directiva de la asociación fije para el funcionamiento de la unidad de riego.
2. Utilizar el agua de riego exclusivamente en los cultivos de las parcelas dentro de la unidad de riego.
3. Utilizar exclusivamente el equipo de riego que se propone en el diseño para optimizar el uso del agua.
4. Asistir a las reuniones que la directiva de la "Asociación de usuarios de la unidad de riego San Andrés Itzapa" convoque.
5. Cumplir con las obligaciones económicas que fije la Asociación.

## 7.11 **EVALUACION DE IMPACTO**

### 7.11.1 EVALUACION DE COMPONENTES SOCIOECONOMICOS

#### 1. Ingreso mensual:

El ingreso familiar estimado para los pobladores de la región es de Q 325.00 mensuales

#### 2. Cobertura de servicios:

Dentro de los servicios con que cuentan los pobladores de San Andrés Itzapa está el agua potable, escuela primaria, letrinas, puesto de salud, energía eléctrica.

#### 3. Calidad de vivienda:

Las viviendas son principalmente de paredes de adobe y techo de lámina, existe un hacinamiento de 4 personas por cuarto.

#### 4. Daños observados en la comunidad:

Algunos de los índices importantes de la población son los siguientes: Analfabetismo masculino 47 %, existe un Analfabetismo femenino del 85 %, una Tasa de mortalidad infantil de 52.75 x 1000 n.v. y una Tasa de mortalidad general 5.11 x 1000 h.

#### 5. Características del lugar poblado:

San Andrés Itzapa está catalogado dentro de la categoría de Pueblo, sus calles son de tierra y veredas de tierra, aunque algunas de ellas son de adoquín y empedradas. La ocupación predominante de sus pobladores es la Agricultura.

#### 7.11.2 EVALUACION DE COMPONENTES INSTITUCIONALES

##### 1. Sostenibilidad del proyecto:

Está garantizada por el comité de mini-riego de San Andrés Itzapa, el cual se sugiere optar en "Asociación de usuarios de la unidad de riego San Andrés Itzapa". Se fijará una tarifa mensual por cuerda de 40 x 40 varas por lado para cubrir los gastos de operación y mantenimiento del sistema. Además, se contará con el apoyo de la Universidad de San Carlos de Guatemala para la asistencia técnica del proyecto.

#### 7.11.3 EVALUACION DE COMPONENTES AMBIENTALES:

##### 1. Impactos ambientales negativos ocasionados por el proyecto

Con la ejecución del proyecto se prevé una contaminación de agua superficial o subterránea, una disminución de la cobertura vegetal por remoción de la misma, erosión de suelos, producción de basuras y otros desechos por la adopción de una agricultura intensiva.

##### 2. Medidas de mitigación y otras medidas consideradas como parte del proyecto

Para poder contrarrestar los efectos negativos del proyecto se deben de poner en acción planes de educación sanitaria, capacitaciones en uso y operación del sistema, acondicionamiento y recolección de basuras, manejo de flora y fauna, control y vigilancia constante de la calidad del agua, reforestación de áreas críticas como fuentes de agua y terrenos con gran pendiente, además, es necesario hacer conciencia en los agricultores de la importancia de la conservación de suelos.

##### 3. Impacto de la infraestructura sobre el ambiente:

El diseño propuesto del proyecto fue planeado bajo el criterio del menor daño al ambiente, sin alterar el paisaje, con la utilización de obras pequeñas que no ocupan grandes espacios. Para la construcción del proyecto, no será necesaria la tala de árboles, porque el área tiene encaminamientos que permiten que la tubería pase sin ningún problema. El movimiento de tierra será mínimo, porque las zanjas para la instalación de tuberías se llenarán con la misma tierra que se extraiga. Dentro del proyecto se contempló accesorios para el control de presiones y energía, asegurando que el agua llegue a todas partes.

#### 7.11.4 PARAMETROS PARA MEDICION DE IMPACTO

Con el proyecto se pretende reducir el fenómeno migratorio (interno y externo), evitando de que los pobladores se vean en la necesidad de vender su mano de obra en otras actividades y en otras localidades a causa de los bajos ingresos que obtienen de la agricultura de subsistencia que practican.

También se pretende aumentar la productividad del factor tierra, traducido en la diversificación de cultivos y la eliminación de la estacionalidad de los mismos.

#### 7.11.5 GENERACION DE EMPLEO

Se generará empleo tanto para mano de obra calificada como técnicos y profesionales, como para mano de obra no calificada.

#### 7.11.6 TENENCIA DE LA TIERRA

En este sentido se puede decir de que el 100% de los beneficiarios del proyecto de riego, son propietarios de los terrenos, quienes cuentan con los documentos legales que los acreditan como tales.

## 8. CONCLUSIONES

1. Las áreas actualmente regadas hacen un total de 38.48 ha y están ubicadas principalmente a los lados del cauce del río Itzapa, con lo que el agua es extraída y bombeada hacia los terrenos utilizando motores de diferentes potencias.
2. El área que de acuerdo a sus características presentan posibilidad de desarrollar e implementar agricultura bajo riego hace un total de 201.27 ha. Estos terrenos tienen suelos bastante profundos, permeables y con poca pendiente, poseen características físicas y químicas adecuadas para la producción de hortalizas.
3. Como técnicamente es posible la introducción de agua hasta el área potencial de riego, aprovechando al máximo la carga hidráulica y una parte del caudal del río disponible.
4. Se debe de perforar pozos para la extracción de agua, para poder regar el resto del área potencialmente regable, para lo cual se pueden utilizar las condiciones de operación del sistema de riego que se propone en el presente documento.
5. En cuanto a los requerimientos de equipo y materiales necesarios para la implementación del sistema de riego por aspersión, se detallan en la sección 7.7.7.4.
6. Según el análisis realizado, el costo inicial del sistema es de Q237,302.05 y un costo por hectárea de Q 29,811.82. En base a la evaluación financiera del proyecto, éste es considerado rentable, pues se obtuvo una relación B/C de 7.14 lo que se interpreta que por cada quetzal invertido se obtienen 6.14 de ganancia, esto debido a la alta rentabilidad de los cultivos considerados como opción de siembra dentro del área de diseño.
7. No existe ninguna organización de los beneficiarios del proyecto.

## 9. RECOMENDACIONES

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

1. Proporcionar asistencia técnica a los agricultores que tienen terrenos bajo riego a las orillas del río, a manera de mejorar las eficiencias de riego y de evitar problemas de contaminación por utilizar aguas servidas.
2. La implementación del sistema de riego por aspersión para las 7.96 ha, ya que de acuerdo a la evaluación económica efectuada, las utilidades durante la vida útil del proyecto bajo el régimen de explotación considerado, son bastante aceptables, con lo cual se garantiza el éxito del mismo.
3. Realizar los estudios necesarios a fin de lograr incorporar la totalidad del área potencial, utilizando el agua subterránea disponible.
4. Utilizar el equipo considerado en el diseño, a fin de garantizar el funcionamiento adecuado del mismo.
5. Sembrar los cultivos analizados, ya que de acuerdo a la investigación realizada, son los que mejores posibilidades de mercadeo tienen en la actualidad.
6. Se propone crear una Asociación de usuarios para administrar el proyecto.
7. Promover la organización de usuarios de riego, con el objeto de propiciar las condiciones necesarias para el adecuado funcionamiento del proyecto.
8. Realizar investigación principalmente en el aspecto riego, a fin de lograr una mayor eficiencia en el uso del agua.

## 10. BIBLOGRAFIA

1. ALVAREZ CISNEROS, E.A. 1981. Estudio y diseño para la introducción de riego por aspersión en la aldea Patzaj. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 74 p.
2. CABRERA CRUZ, R.O. 1984. Estudio y diseño para la implementación de riego por aspersión en la aldea los Tecomates, Palencia, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 64 p.
3. CABRERA CRUZ, V.M. 1997. Evaluación de proyectos de miniriego. Guatemala, Fondo de Inversión Social. s.p.
4. GARDNER, W.H. *et al.* 1973. Física de suelos. México, Unión Tipográfica Editorial Hispano-Americana. 529 p.
5. GOMEZ CRUZ, C.A. 1983. Estudio de introducción y diseño de riego por aspersión para la aldea Marajuma, Morazán, El Progreso. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 89 p.
6. GRASSI, C.J. 1975. Estimación de los usos consuntivos y requerimientos de riego con fines de formulación y diseño de proyectos. Mérida, Venezuela, CIDIAT. 88 p.
7. ————. 1978. métodos de riego. Mérida, Venezuela, CIDIAT. 265 p.
8. GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR. 1983. Mapa topográfico de la república de Guatemala, hoja cartográfica Chimaltenango no. 2059-IV. Guatemala. Esc. 1:50,000, Color.
9. GUROVICH, L.A. 1985. Fundamentos y diseño de sistemas de riego. San José, Costa Rica, IICA. 433 p.
10. HERRERA DE LEON, E.M. 1980. Estudio de introducción de riego y diseño del sistema factible para la finca Bulbuxyá de la Facultad de Agronomía, USAC. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 80 p.
11. HERRERA, I.R. 1984. Levantamiento semidetallado de los suelos de la cuenca del río Achiguate (fase I). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 199 p.
12. HURT, C.J. 1974. Guía para el riego por aspersión. México, AID. 89 p.
13. ISRAELSEN, D.; HANSEN, V. 1975. Principios y aplicaciones del riego. 2 ed. Madrid, Reverté. 396 p.
14. MAZARIEGOS, F. 1997. Indices de evaluación financiera en proyectos de miniriego. Guatemala, Fondo de Inversión Social. s.p.
15. LÓPEZ BÚCARO, C. 1996. Diagnostico agrosocioeconómico de las comunidades de la parte baja de la cuenca del río Itzapa, San Andrés Itzapa Chimaltenango. Diagnostico EPS. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 51 p.
16. PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO; IICA. 1993. Proyecto de desarrollo rural sostenible de zonas de fragilidad ecológica en la región del Trifinio. Anexo I. Guatemala. 117 p.
17. ROMERO ORELLANA, F.R. 1997. Inventario de extracciones del río Itzapa. Diagnostico EPS. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 31 p.

18. SANDOVAL ILLESCAS, J.E. 1977. Diseño de dos sistemas riego (aspersión y goteo) para el campo experimental de la Facultad de Agronomía. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 72 p.
19. ————. 1989. Principios de riego y drenaje. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 345 p.
20. UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA. FACULTAD DE AGRONOMIA; DIRECCION GENERAL DE INVESTIGACION. 1997. Proyecto para la investigación básica para la planificación del manejo de la cuenca experimental del río Itzapa. Informe anual 1996. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 40 p.
21. TOBIAS, H.; VELIZ, R. 1986. Clasificación de suelos y tierras de la cuenca del río Itzapa. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, DIGI. 13 p.
22. WITHERS, B.; VIPOND, S. 1978. El riego. diseño y práctica. México, Diana. 350 p.
23. ZIMMERMAN, J.D. 1970. El riego. Trad. Guillermo Fernández. México, Continental. 604 p.

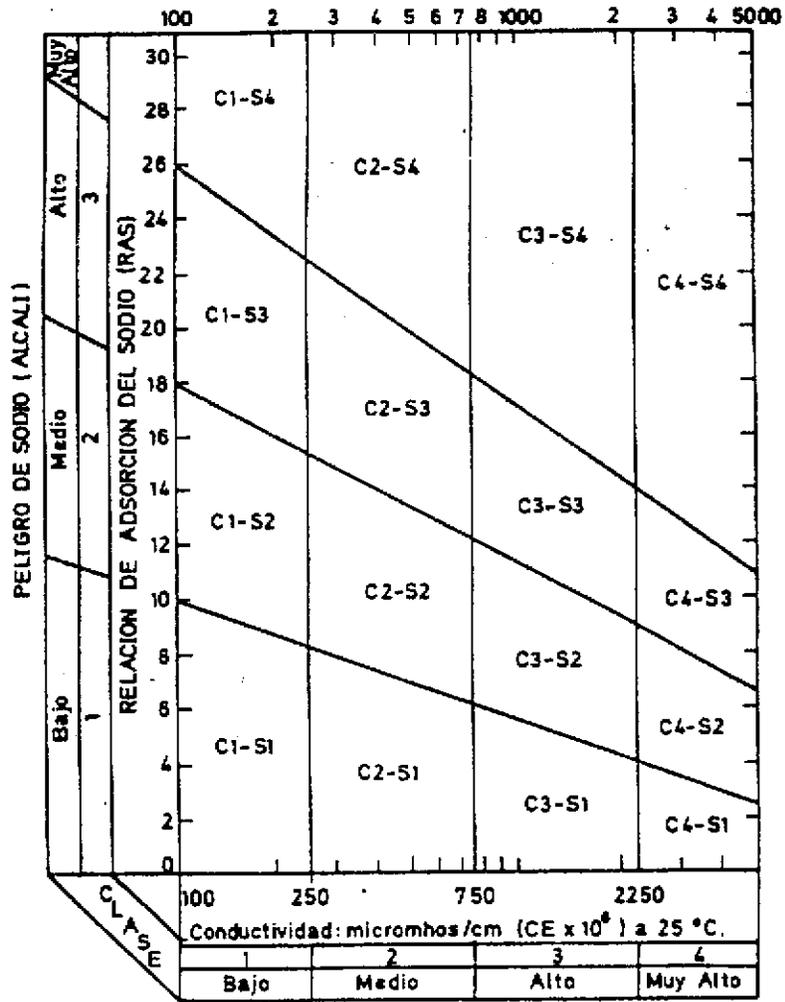
*10. 100.*  
Petrucci



**11. APENDICES**

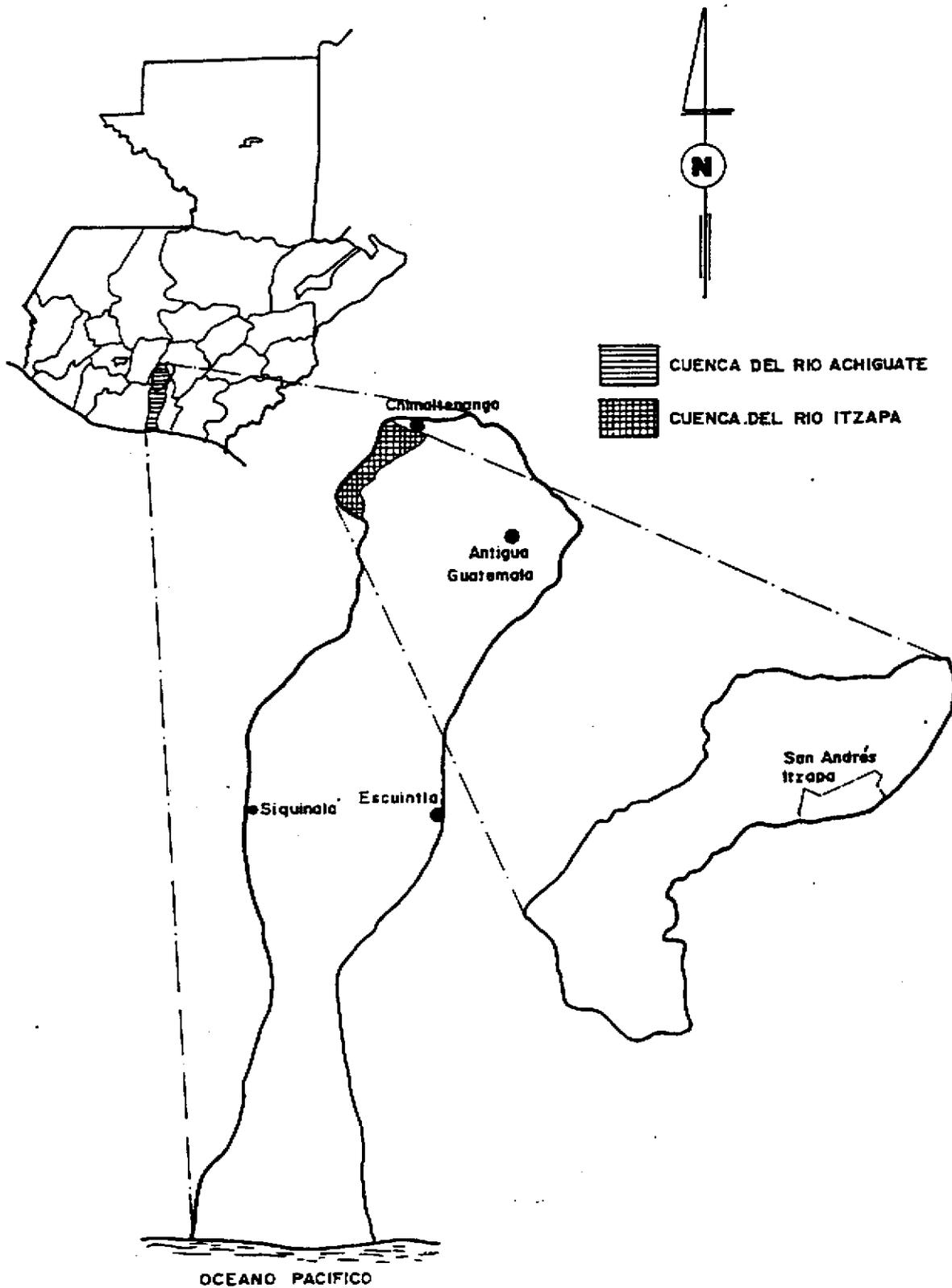
CUADRO 22A. Factor (F) para calcular perdidas por fricción en tubería con salidas múltiples.

No. De salidas	Valor de F.	No. De salidas	Valor de F.
1	1.000	19	0.372
2	0.634	20	0.370
3	0.528	21	0.369
4	0.480	22	0.368
5	0.451	23	0.367
6	0.433	24	0.366
7	0.419	25	0.365
8	0.410	26	0.364
9	0.402	27	0.364
10	0.396	28	0.363
11	0.392	29	0.363
12	0.388	30	0.362
13	0.384	35	0.359
14	0.381	40	0.357
15	0.379	50	0.55
16	0.377		
17	0.375		
18	0.373		



**PELIGRO DE SALINIDAD**

**Fig. 4A** Diagrama para la clasificación de las aguas de riego.



**FIG. 5A** Ubicación de la Cuenca del río Itzapa a nivel nacional y dentro de la cuenca del río Achiguate.

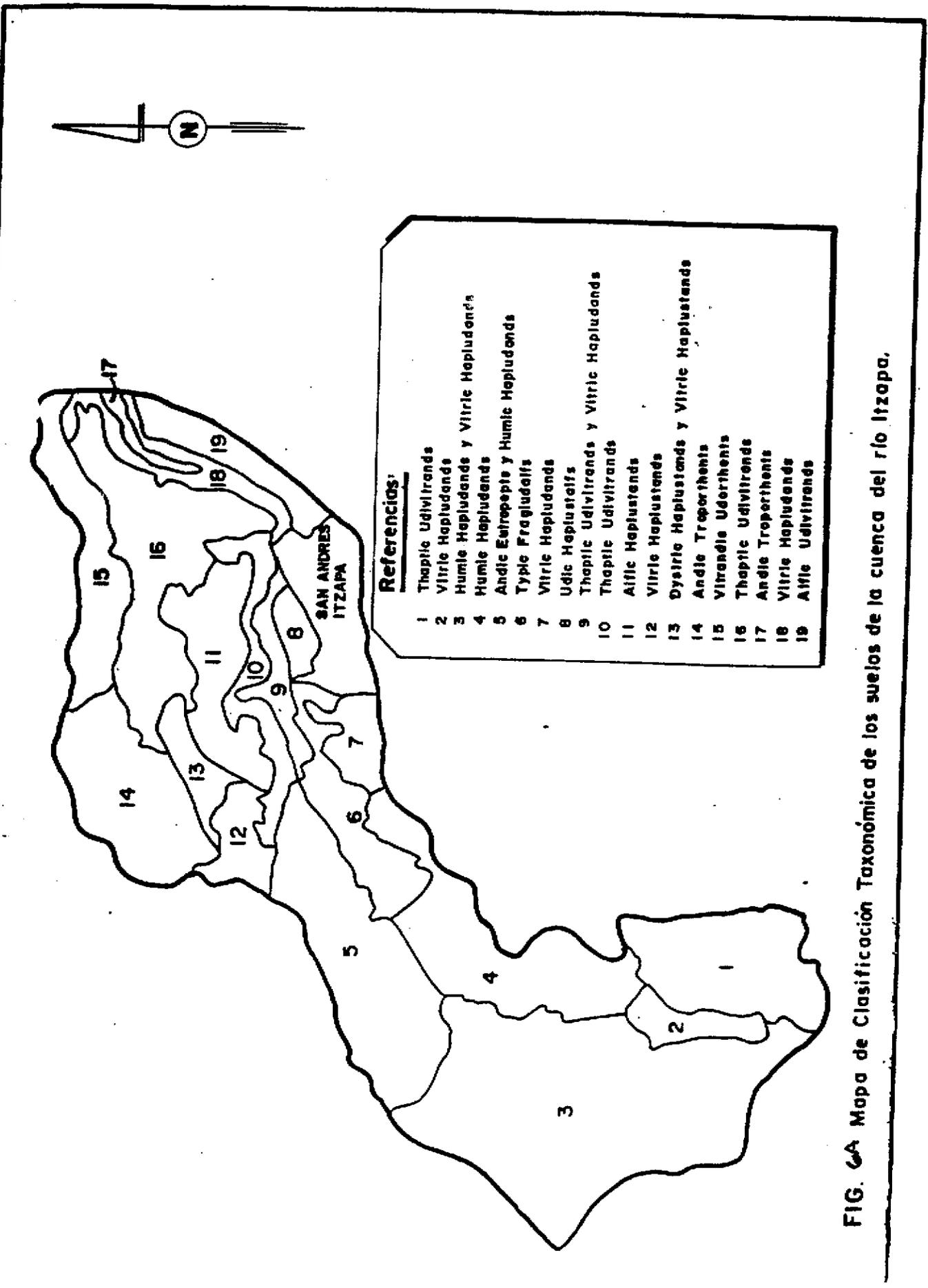
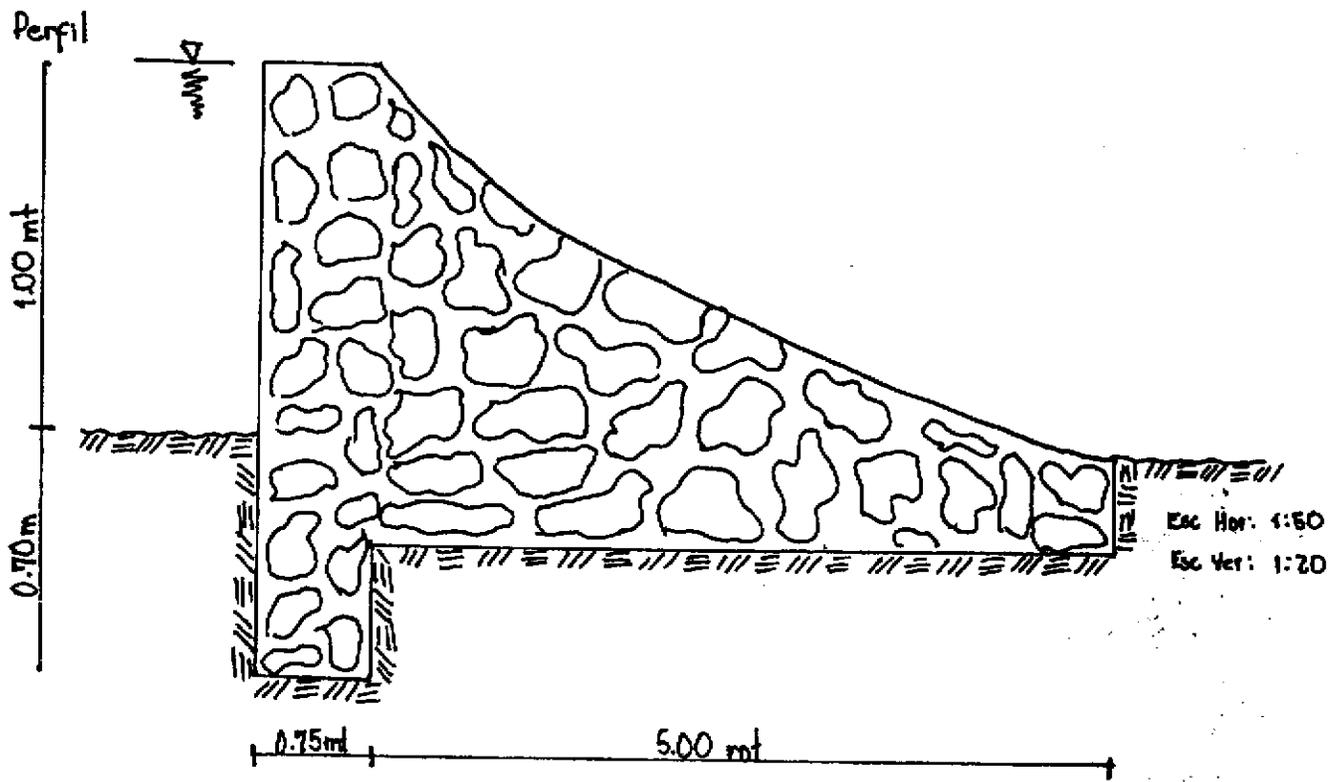


FIG. 6A Mapa de Clasificación Taxonómica de los suelos de la cuenca del río Itzapa.



Vista frontal

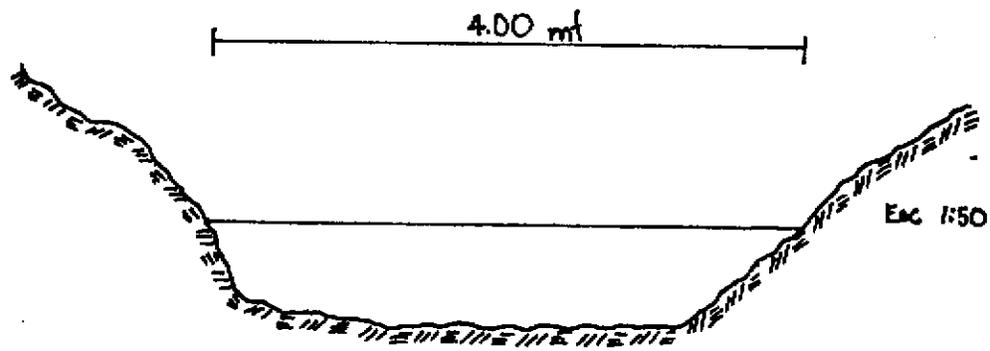


Figura 7A Presa de Captación.



Cuadro 23A. AREAS ACTUALMENTE REGADADAS

PARCELA	Area en m cuadrados	Area en hectáreas	Area en cuerdas*
1	2591.00	0.26	2.30
2	2126.00	0.21	1.88
3	6292.00	0.63	5.57
4	7227.00	0.72	6.40
5	7113.00	0.71	6.30
6	1218.00	0.12	1.08
7	3759.00	0.38	3.33
8	2731.00	0.27	2.42
9	3308.00	0.33	2.93
10	2170.00	0.22	1.92
11	1012.00	0.10	0.90
12	8617.00	0.86	7.63
13	13754.00	1.38	12.18
14	13942.00	1.39	12.35
15	20779.00	2.08	18.41
16	16009.00	1.60	14.18
17	62761.00	6.28	55.59
18	14023.00	1.40	12.42
19	22491.00	2.25	19.92
20	10531.00	1.05	9.33
21	9997.00	1.00	8.86
22	20300.00	2.03	17.98
23	34982.00	3.50	30.99
24	18267.00	1.83	16.18
26	19761.00	1.98	17.50
25	11225.00	1.12	9.94
27	21906.00	2.19	19.40
28	2418.00	0.24	2.14
29	9967.00	1.00	8.83
30	13528.00	1.35	11.98
	<b>384805</b>	<b>38.4805</b>	<b>340.85</b>

PARCELA	Area en m cuadrados	Area en hectáreas	Area en cuerdas*
1	3176	0.32	2.81
2	6806	0.68	6.03
3	6487	0.65	5.75
4	2835	0.28	2.51
5	18967	1.90	16.80
7	9226	0.92	8.17
8	5339	0.53	4.73
9	7360	0.74	6.52
10	6800	0.68	6.02
11	6839	0.68	6.06
12	10348	1.03	9.17
13	12659	1.27	11.21
14	4940	0.49	4.38
15	16463	1.65	14.58
16	6213	0.62	5.50
17	2467	0.25	2.19
18	22704	2.27	20.11
19	14443	1.44	12.79
20	21800	2.18	19.31
21	34141	3.41	30.24
22	58723	5.87	52.02
23	13551	1.36	12.00
24	5486	0.55	4.86
25	4589	0.46	4.06
26	11663	1.17	10.33
27	9106	0.91	8.07
28	9673	0.97	8.57
29	7668	0.77	6.79
30	12953	1.30	11.47
31	16304	1.63	14.44
32	3685	0.37	3.26
33	12496	1.25	11.07
34	10691	1.07	9.47
35	4817	0.48	4.27
36	14997	1.50	13.28
37	5121	0.51	4.54
38	8020	0.80	7.10
39	10976	1.10	9.72
40	3494	0.35	3.09
41	1824	0.18	1.62
42	20502	2.05	18.16
43	11832	1.18	10.48
44	21424	2.14	18.98
45	31681	3.17	28.06
46	24366	2.44	21.58
47	7898	0.79	7.00
48	9146	0.91	8.10
49	7337	0.73	6.50
50	71151	7.12	63.02
51	30242	3.02	26.79
52	71092	7.11	62.9
53	14581	1.46	12.92
54	18810	1.88	16.66
55	16266	1.63	14.41
56	9367	0.94	8.30
57	22130	2.21	19.60
58	29559	2.96	26.18
59	13142	1.31	11.64

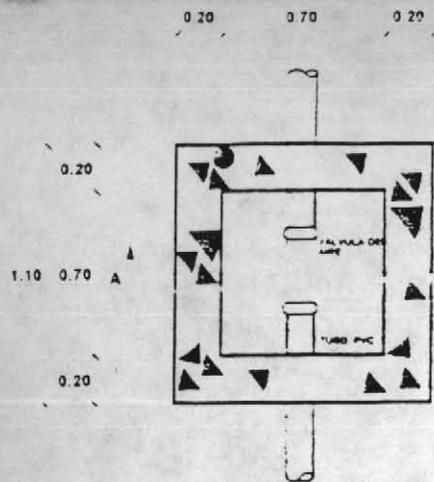
60	2110	0.21	1.87
61	2077	0.21	1.84
62	23587	2.36	20.89
63	1282	0.13	1.14
64	3580	0.36	3.17
65	3605	0.36	3.19
66	4008	0.40	3.55
67	6974	0.70	6.18
68	1120	0.11	0.99
69	5445	0.54	4.82
70	4143	0.41	3.67
71	2916	0.29	2.58
72	2657	0.27	2.35
73	985	0.10	0.87
74	17509	1.75	15.51
75	19836	1.98	17.57
76	24568	2.46	21.76
77	15128	1.51	13.40
78	20286	2.03	17.97
79	1856	0.19	1.64
80	10553	1.06	9.35
81	27538	2.75	24.39
82	19860	1.99	17.59
83	8116	0.81	7.19
84	9790	0.98	8.67
85	13359	1.34	11.83
86	10019	1.00	8.87
87	343122	34.31	303.93
88	364390	36.44	322.77
89	22581	2.26	20.00
90	25872	2.59	22.92
91	5240	0.52	4.64
92	39431	3.94	34.93
93	14326	1.43	12.69
94	4766	0.48	4.22
95	21333	2.13	18.90
96	2929	0.29	2.59
97	2906	0.29	2.57
98	2749	0.27	2.43
99	2894	0.29	2.56
100	105	0.01	0.09
101	4710	0.47	4.17
102	2601	0.26	2.30
103	6756	0.68	5.98
104	6686	0.67	5.92
	<b>2012680</b>	<b>201.27</b>	<b>1782.77</b>

\* Las cuerdas son de 40 por 40 varas

Cuadro 25A. Area de diseño

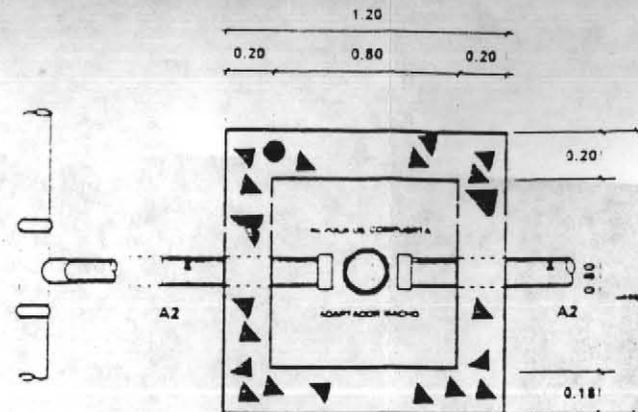
PARCELA	Area en m cuadrados	Area en hectáreas	Area en cuerdas*
1	23587	2.36	20.86
2	2110	0.21	1.87
3	1282	0.13	1.14
4	3605	0.36	3.19
5	4008	0.4	3.55
6	3580	0.36	3.17
7	2077	0.21	1.84
8	1120	0.11	0.99
9	6974	0.7	6.18
10	5445	0.54	4.82
11	985	0.1	0.87
12	2657	0.27	2.35
13	4143	0.41	3.67
14	2916	0.29	2.58
15	15218	1.51	13.4

\* Las cuerdas son de 40 por 40 varas



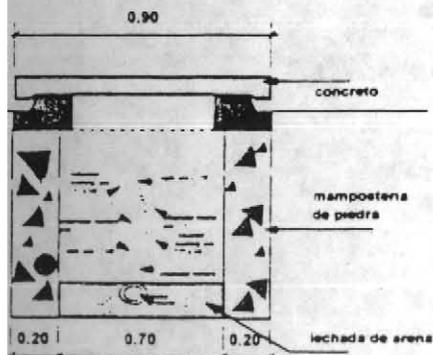
PLANTA VALVULA DE AIRE

ESC: 1/20



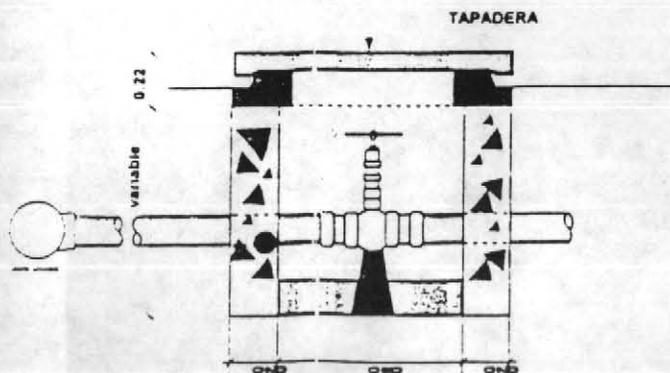
PLANTA VALVULA DE DRENAJE

ESC: 1/20



SECCION A-A  
VALVULA DE AIRE

ESC: 1/20



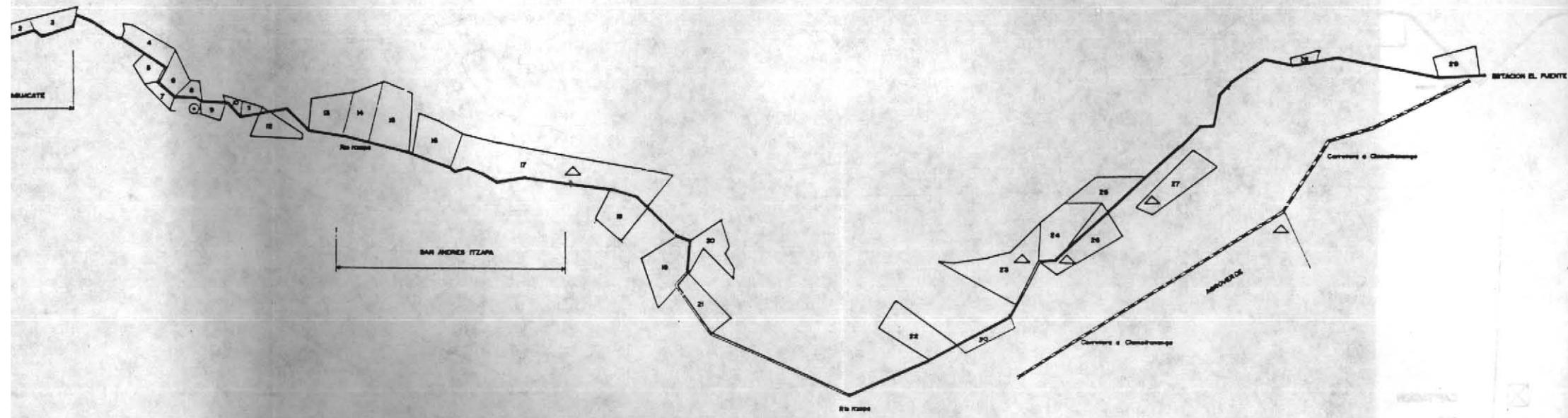
SECCION A2-A2  
VALVULA DE DRENAJE

ESC: 1/20

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
DIRECCION GENERAL DE INVESTIGACION -DIGI-  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS -IIA-

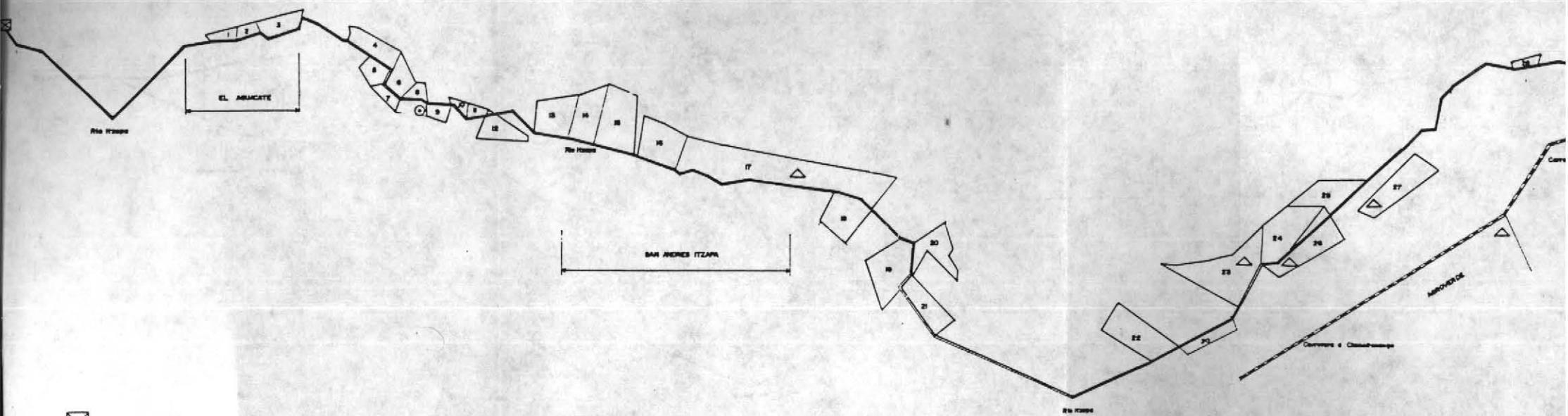
levanto y calculo: <b>FREDY ROMERO</b>	Proyecto: "INVESTIGACION PARA LA PLANIFICACION DE LA CUENCA DEL RIO ITZAPA"	esc: 1/20
dibujo: <b>ARTURO RODRIGUEZ</b>		fecha: <b>FEBRERO '98</b>
Reviso y Sup. Ing. <b>VICTOR CABRERA</b>	Contiene: DETALLES CONSTRUCTIVOS DE LA EDIFICACION DE UNA VALVULA DE AIRE Y OTRA DE DRENAJE	hoja: 1/1

*Handwritten signature and date:*  
1/1 FEB 98



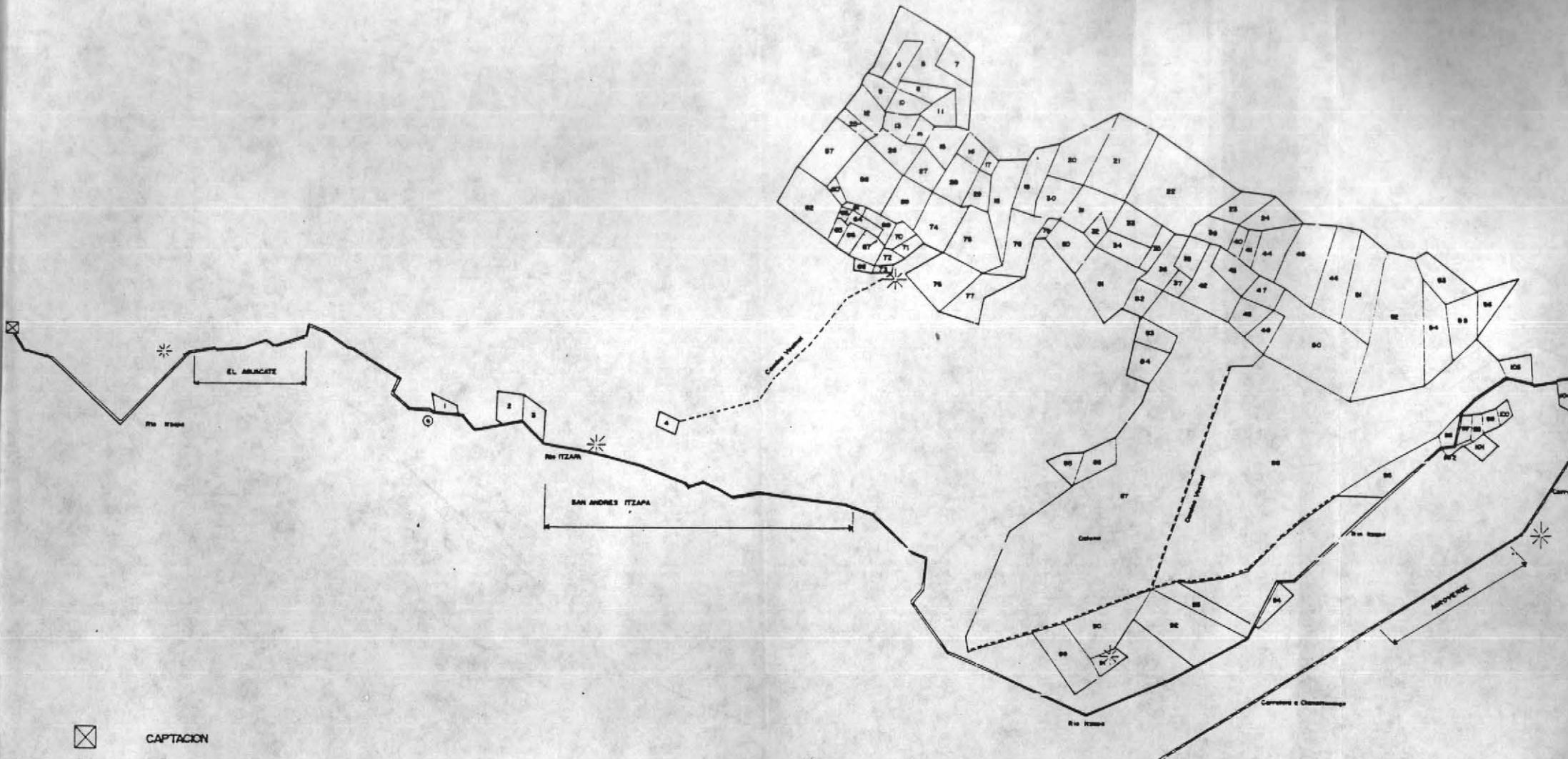
A CHIMALTENANGO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
FACULTAD DE AGRONOMIA		
DIRECCION GENERAL DE INVESTIGACION "DGI"		
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS "IIA"		
Autor y autoría: <b>FREDY ROMERO</b> Diseñó: <b>JANE DE LEON</b> Revisó y mapó: <b>Ing. Victor Colares</b> Área: <b>38.48 Ha.</b>	Proyecto: <b>"INVESTIGACION PARA LA PLANIFICACION DE LA CUENCA DEL RIO ITZAPA"</b> Continúa: <b>AREAS ACTUALMENTE REGADAS</b>	Escala: <b>1/7500</b> Fecha: <b>SEP '97</b> Hoja: <b>2 / 4</b>



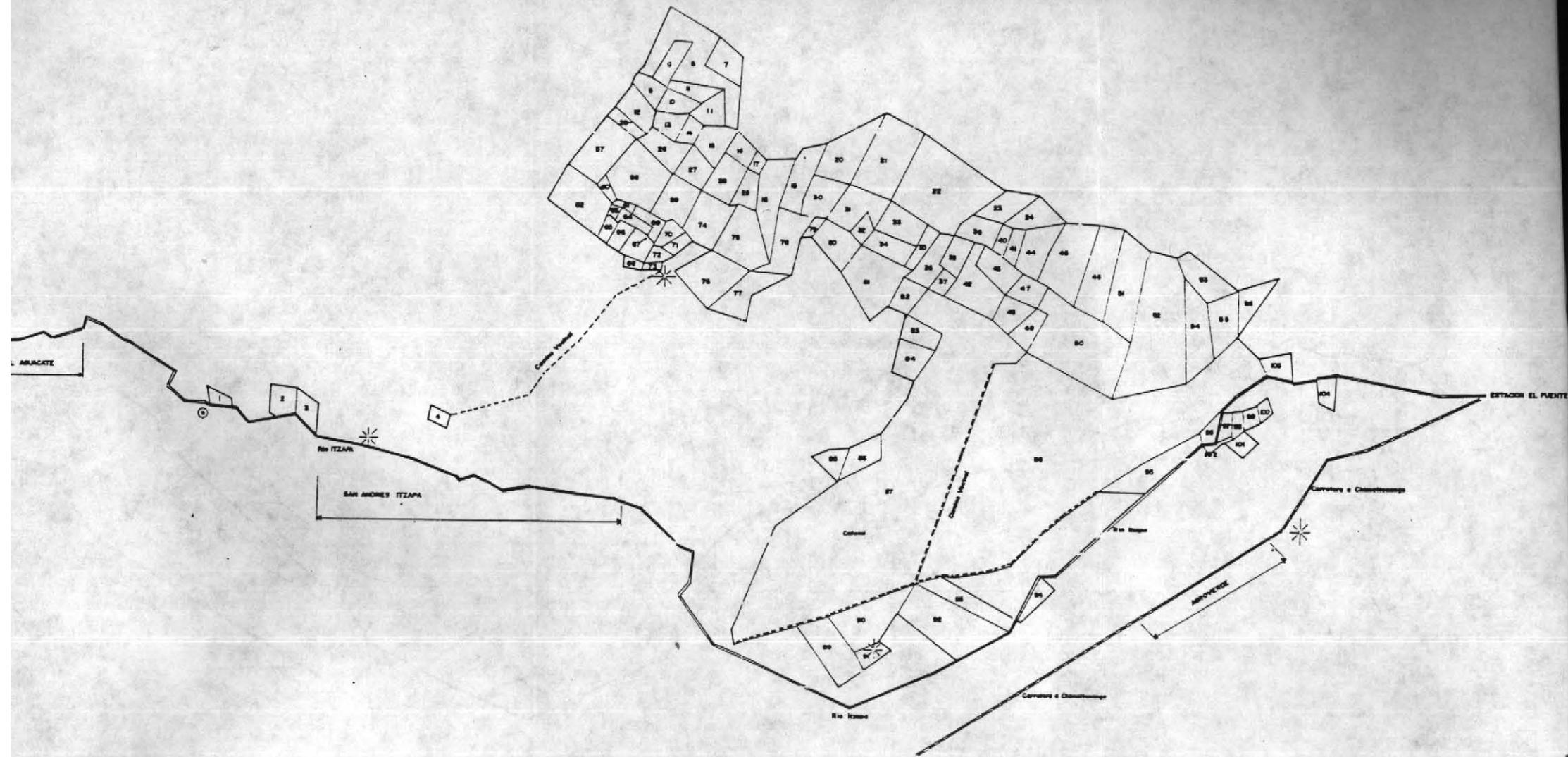
- ☒ CAPTACION
- RIO
- CARRERA MPAL. A CHIMALTENANGO
- - - CAMINO VECINAL
- △ POZOS
- NACIMIENTO XIPACAY

<b>UNIVERSIDAD DE S</b> <b>FACULTAD DE S</b> DIRECCION GENERAL INSTITUTO DE INVESTIGACION	
Laboratorio y profesor <b>FREDY ROMERO</b> Diseñador <b>JAMIE DE LEON</b> Revisor y mapa Ing. Victor Cabrera Area: 38.48 Ha.	Proyecto <b>"INVESTIGACION DE LA CUENCA DE LA CUENCA"</b> Contenido: <b>AREAS ACTUALES</b>  <i>[Signature]</i>



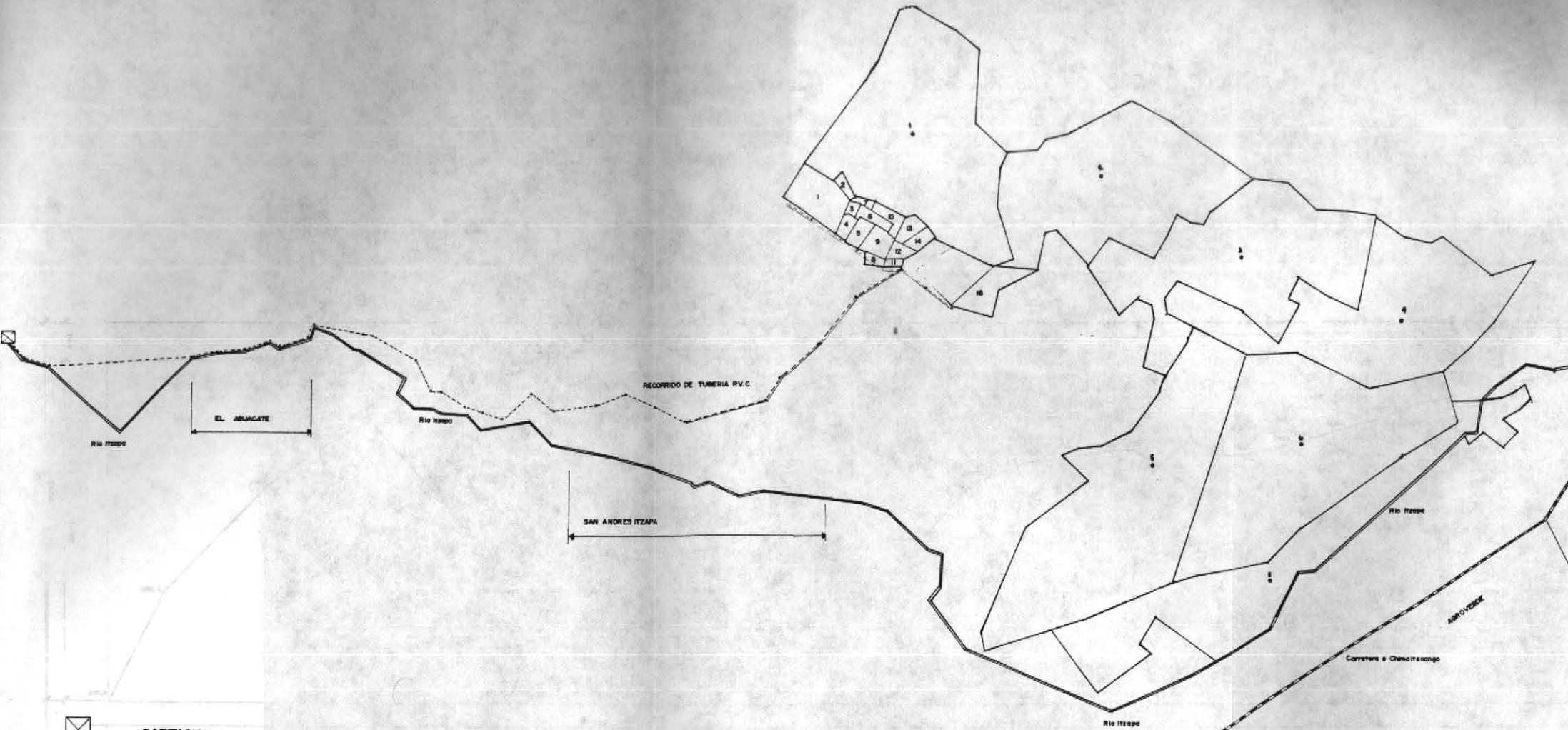
- ☒ CAPTACION
- ▬ RIO
- ▬ CARRETERA MPAL. A CHIMALTENANGO
- - - CAMINO VECINAL
- ✳ PRUEBAS DE INFILTRACION
- ⊙ NACIMIENTO XIPACAY

<b>UNIVERSIDAD DE</b> <b>FACULTAD DE</b> DIRECCION GENERAL DE INSTITUTO DE INVESTIGACION	
Laboratorio y Oficina PREZT ROMERO DISEÑO JARME DE LEON	INVESTIGACION DE LA CONSTRUCCION DE LA CONSTRUCCION DE LA AREAS REGAB
Revisado y aprobado Ing. VICTOR CABRERA Aprobado	201.27 No.

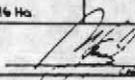


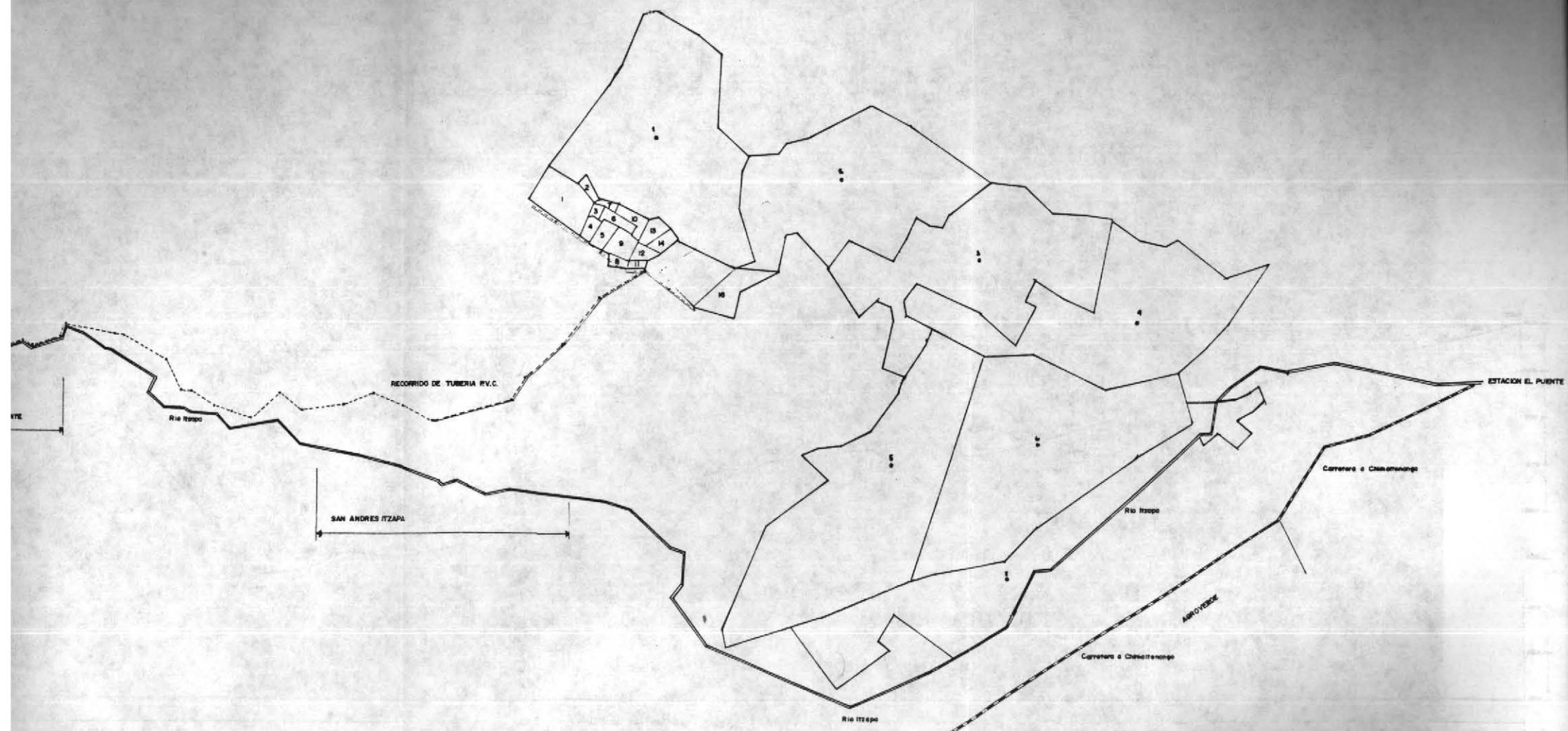
AL A CHIMALTENANGO  
 FILTRACION  
 ACAY

<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> <b>FACULTAD DE AGRONOMIA</b> DIRECCION GENERAL DE INVESTIGACION "DGI" INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS - IIA -		
Autor FREDY ROMERO	Tema "INVESTIGACION PARA LA PLANIFICACION DE LA CUENCA DEL RIO ITZAPA"	Escala 1/7500
Dibujo JAIQUE DE LEON	Contenido AREAS POTENCIALMENTE REGABLES	Fecha SEP '97
Revisó y aprobó ING VICTOR CABRERA	Área 201.27 Ha	Hoja 1/4



- ☒ CAPTACION
- ══ RIO
- ══ CARRETERA
- - - - TRAMO TUBERIA P.V.C
- POSIBLE UBICACION DE POZOS

UNIVERSIDAD DE FACULTAD DIRECCION DE INSTITUTO DE P	
Laborante y número:	Proyecto:
FREDY ROMERO	INVESTIGA DE LA
Creador:	Creador:
JAME DE LEON	AREA DE I REGIO 6
Revisor y número:	Área:
ING. VICTOR CASERIN	9,96 Ha.
Fecha:	
	 JUN 25



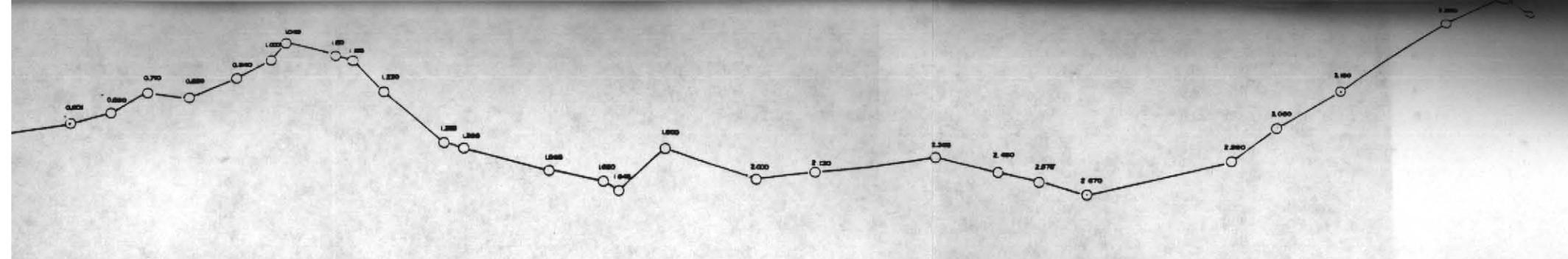
PVC  
ON DE POZOS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
FACULTAD DE AGRONOMIA		
DIRECCION GENERAL DE INVESTIGACIONES - DGI		
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS - IIA		
Autor y editor: <b>FREDY ROMERO</b>	Proyecto: <b>"INVESTIGACION PARA LA PLANIFICACION DE LA CUENCA DEL RIO ITZAPA"</b>	Escala: <b>1/7500</b>
Ciudad: <b>JAMINE DE LEON</b>	Contenido: <b>AREA DE DISEÑO DEL PROYECTO DE RIEGO GRAVEDAD-PRESION</b>	Fecha: <b>SER '97</b>
Revisor y aprob. <b>Ing. VICTOR CABRERA</b>	Aprobado: <b>Ing. VICTOR CABRERA</b>	Hoja: <b>3/4</b>
Aprobado: <b>Ing. VICTOR CABRERA</b>	Aprobado: <b>Ing. VICTOR CABRERA</b>	
Fecha Hoja: <b>7/96 Ho.</b>		



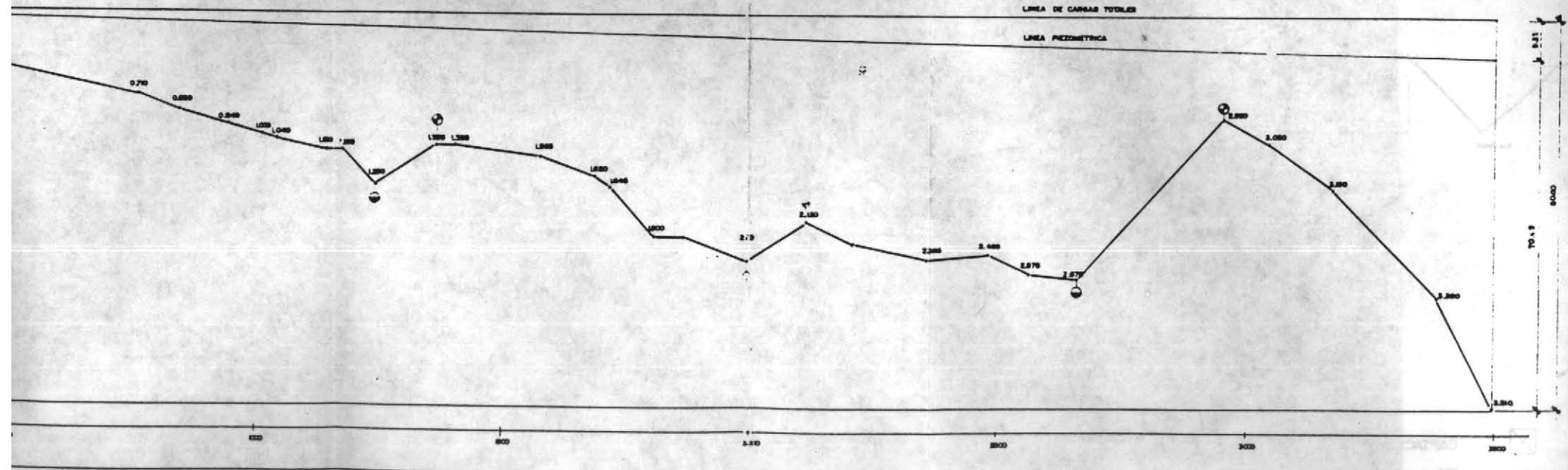
PLANTA DE TRAMO DE TUBERIA P.V.C.

ESCALA 1/500



LINIA DE CARRAS TOTALES

LINIA PIEZOMETRICA



PERFIL DEL TERRENO

ESCALA 1/500

TUBERIA PVC 6" DE 80 PSI

80 PSI 80 PSI

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE AGRONOMIA  
 DIRECCION GENERAL DE INVESTIGACION "DGI"  
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS "IIA"

Lavado y asesor <b>FREDY ROMERO</b> Diseñador <b>JOSÉ DE LEÓN</b>	Proyecto "INVESTIGACION PARA LA PLANIFICACION DE LA CUENCA DEL RIO ITZAPAL" 1/500	Escala 1/500 Fecha
--	--	--------------------------



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE AGRONOMIA  
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
 AGRONOMICAS

Ref. Sem. 020-98

LA TESIS TITULADA: "DETERMINACION DE LAS AREAS ACTUALMENTE REGADAS Y POTENCIALMENTE REGABLES, CON FINES DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO EN LA CUENCA DEL RIO ITZAPA, SAN ANDRES ITZAPA, CHIMALTENANGO".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: FREDY ROLANDO ROMERO ORELLANA

CARNET No: 9316347

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Víctor Manuel Alvarez Cajas  
 Ing. Agr. Edgar Amílcar Martínez Tambito

El Asesor y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ing. M.Sc. Víctor Manuel Cabrera Cruz  
 ASESOR

Ing. Agr. Fernando Romero  
 Director



I M P R I M A S E

Ing. Agr. Rolando Lara A.  
 DECANO



c.c. Control Académico  
 Archivo

APARTADO POSTAL 1545 • 01091 GUATEMALA, C. A.

TELEFONO: 76 794 • FAX: (5022) 76 770