

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS

“ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE MINIRIEGO POR GOTEO DE LA COMUNIDAD EL ZARZAL, SHUPÁ,

CAMOTÁN”

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

TESIS
POR
RAÚL ANTONIO CALDERÓN DE LEÓN

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, JULIO DEL 2005

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

DL
01
T(2178)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. M.V. LUIS ALFONSO LEAL MONTERROSO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO

Dr. ARIEL ABDERRAMAN ORTIZ LÓPEZ

VOCAL I

Ing. Agr. ALFREDO ITZEP MANUEL

VOCAL II

Ing. Agr. MANUEL DE JESUS MARTINEZ OVALLE

VOCAL III

Ing. Agr. ERBERTO RAUL ALFARO ORTIZ

VOCAL IV

Maestro JUVENCIO CHOM CANIL

VOCAL V

Maestro BAYRON GEOVANY GONZALEZ CHAVAJAY

SECRETARIO

Ing. Agr. PEDRO PELAEZ REYES

Guatemala, Julio del 2005

Honorable Junta Directiva

Honorable Tribunal Examinador

Facultad de Agronomía

Universidad de San Carlos de Guatemala

Señores miembros:

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

**“ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE MINIRIEGO POR GOTEO DE LA COMUNIDAD EL ZARZAL, SHUPÁ,
CAMOTÁN”**

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

En espera de su aprobación, de ustedes,

Atentamente,

Raúl Antonio Calderón de León

ACTO QUE DEDICO

A:

MI MADRE Y PADRE

Doris de León Estrada de Calderón y Mario Raúl Calderón Melgar

Por su ayuda a lo largo de mis estudios universitarios y a lo largo de toda mi vida en
general

MIS HERMANAS - -

Doris Calderón de León y Massiel Calderón de León

Por el apoyo y cariño que me han brindado.

MI NOVIA

Ana Lucía García

MIS TIOS(AS) Y

Cristina Calderón, Alejandro López y Mi familia en general

PRIMOS (AS)

MIS AMIGOS Y

Nick Estrada, Rubén Zaldaña, Alfredo Suárez, Pablo Toledo, Henry Godinez y todos los

COMPAÑEROS:

compañeros del Censo Agropecuario, compañeros de VNU-USAC, compañeros de CONAP,

Pamela Lara, Sigrid y demás personal de la Facultad de Agronomía.

TESIS QUE DEDICO

A:

LA VIDA

MI MADRE Y PADRE

MIS HERMANAS

MI FAMILIA EN GENERAL

MI NOVIA

MIS AMIGOS Y AMIGAS

MIS COMPAÑEROS DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

GUATEMALA

LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

AGRADECIMIENTOS

A:

Mis asesores de tesis:

Ing. Agr. Rolando Lara, por compartir sus conocimientos profesionales.

Ing. Agr. Arturo López, por su cooperación.

Mis evaluadores de tesis:

Ing. Agr. David Juárez

Ing. Agr. Miguel Morales

Por su aporte profesional a la realización de este documento.

Mis amigos:

Ing. Agr. Nick Estrada

Ing. Agr. Rubén Zaldaña

Por su amistad, paciencia y colaboración para elaborar el presente trabajo.

El personal de la Facultad de Agronomía,

Todas las personas que de una u otra forma me han ayudado.

INDICE: CONTENIDO	Pág.
INDICE DE TABLAS	viii
INDICE DE GRAFICOS	ix
INDICE DE CUADROS	ix
RESUMEN	x
1. INTRODUCCIÓN	1
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
3. MARCO TEÓRICO	3
3.1. MARCO CONCEPTUAL	3
3.1.1. Relación Agua Suelo Planta	3
3.1.2. Uso del Agua por los Cultivos	4
3.1.3. Fuente de Agua	4
3.1.3.1. Calidad de Aguas de Riego	5
3.1.3.2. Sólidos en Suspensión	6
3.1.4. Consumo de Agua por las Plantas	6
3.1.5. Evaporación	6
3.1.6. Evapotranspiración potencial	7
3.1.7. Cálculo de la Evapotranspiración	7
3.1.8. Calendario de Riego	8
3.1.9. Aspectos Generales de Riego	9
3.1.10. Riego por Goteo	10
3.1.10.1. Componentes del Sistema de Riego por Goteo	10
3.1.10.1.1. Cabezal de Riego	10
3.1.10.1.2. Red de Distribución	10
3.1.10.1.3. Dispositivos de Control	11
3.1.10.1.4. Sistema de Filtrado	12
3.1.10.1.5. Gotero o Emisor	12
3.1.10.2. Mantenimiento del Sistema de Riego	13

3.1.10.2.1. Mantenimiento de Laterales de Riego con Gotero Incorporado	13
3.1.10.2.2. Mantenimiento de Tubería de Conducción Principal y de Distribución del Agua en las Parcelas	14
3.1.10.2.3. Mantenimiento de las Válvulas Hidráulicas Reguladoras de Presión y Caudal	14
3.1.10.2.4. Mantenimiento del Sistema Inicial de Filtrado de Grava	15
3.1.10.2.5. Mantenimiento del Sistema de Filtrado Secundario o de Anillos	15
3.1.11. Sistema de Mini riego Campesino Familiar	16
3.1.11.1. Ventajas - -	16
3.1.11.2. Desventajas	16
3.1.11.3. Historia de los Sistemas de Mini riego por Goteo	17
3.1.11.4. Riego por Goteo para Campesinos de Escasos Recursos	17
3.1.12. Análisis Financiero de Proyectos	18
3.1.12.1. Evaluación Económica de Proyectos	18
3.1.12.2. Costos	18
3.1.12.3. Rentabilidad	19
3.1.13. Estudio de Impacto Ambiental	19
3.1.13.1. Impacto Ambiental	19
3.1.13.2. Evaluación de Impacto Ambiental	19
3.2. MARCO REFERENCIAL	20
3.2.1. Localización	20
3.2.2. Condiciones Climáticas	20
3.2.3. Suelos	21
3.2.4. Fuentes de Agua	22
3.2.5. El acceso y uso del Agua para Riego	22
4. OBJETIVOS	23
5. METODOLOGÍA	24
5.1. Ubicación del Área	24
5.2. Estudios Hidrológicos	24
5.2.1. Fuente	24

5.2.2.	Aforo	24
5.2.3.	Calidad de Aguas	24
5.3.	Estudio Topográfico	25
5.3.1.	Perfil del Terreno	25
5.3.2.	Planta del Terreno	25
5.4.	Estudio de Suelos	25
5.4.1.	Muestreo de Suelos	25
5.4.2.	Análisis Físico Químico	26
5.4.3.	Constantes de Humedad	26
5.4.4.	Infiltración	26
5.5.	Estudio Climatológico	26
5.6.	Cultivos a Regar	26
5.7.	Diseño del Sistema	27
5.7.1.	Diseño Agronómico del Sistema	27
5.7.1.1.	Determinación del Consumo de Agua o Evapotranspiración	27
5.7.1.2.	Requerimiento de Riego	28
5.7.1.3.	Lamina de Agua Disponible a la profundidad radicular efectiva del cultivo	29
5.7.1.4.	Volumen de Agua Disponible a la profundidad radicular efectiva	29
5.7.1.5.	Lamina de Agua Aprovechable a la profundidad radicular efectiva	30
5.7.1.6.	Porcentaje del Área bajo riego PAR	31
5.7.1.7.	Precipitación Horaria del Sistema de Riego PHR	32
5.7.1.8.	Intervalo de Riego IR	33
5.7.1.9.	Ciclo de Riego CR	34
5.7.1.10.	Lamina de Riego Ajustada LR (AJ)	34
5.7.1.11.	Porcentaje de Agua Aprovechada Ajustado PA (AJ)	35
5.7.1.12.	Lamina Bruta LB	36
5.7.1.13.	Dosis de Riego Bruta DB	36
5.7.1.14.	Horas de Riego por Tumo HT	37
5.7.1.15.	Máximo Numero de Horas de Riego Diarias	38

5.7.1.16.	Numero de Turnos de Riego Diarios TD	38
5.7.1.17.	Horas de Riego por Día HD	39
5.7.1.18.	Horas de Riego por Ciclo HC	39
5.7.1.19.	Numero de Turnos por Ciclo TC	39
5.7.1.20.	Superficie Bajo Riego por Turno ST	40
5.7.1.21.	Dosis de Riego Bruta por Turno DBT	40
5.7.1.22.	Caudal Requerido QR	40
5.7.1.23.	Descarga Disponible en el Sistema de Riego QS	41
5.7.1.24.	Numero de Emisores por turno EMT	41
5.7.1.25.	Volumen Bruto por Ciclo de Riego VBC	42
5.7.1.26.	Caudal Especifico QE	42
5.7.2.	Diseño Hidráulico	43
5.7.2.1.	Tubería Lateral	43
5.7.2.2.	Longitud de Lateral	43
5.7.2.3.	Emisores por Lateral	43
5.7.2.4.	Diámetro del Lateral	43
5.7.2.5.	Carga en la Entrada de la Parcela	45
5.7.2.6.	Caudal de la Red de Tuberías	45
5.7.2.7.	Tubería Principal	45
5.7.2.8.	Sistema de Válvulas	46
5.7.2.9.	Obras Civiles	46
5.8.	Análisis de Mercadeo y Comercialización	47
5.9.	Análisis Económico Financiero	48
5.9.1.	Costos	48
5.9.1.1.	Costos de Producción Agrícola	48
5.9.1.2.	Costos de Ejecución del Proyecto	48
5.9.1.3.	Costos Financieros	48
1.	Estimación de costos, ingresos y beneficios agrícolas con proyecto y sin proyecto	48
2.	Flujo de Fondos	48

5.9.2.	Evaluación Financiera	49
5.9.2.1.	Valor Actual Neto	49
5.9.2.2.	Relación Beneficio Costo	49
5.9.2.3.	Tasa Interna de Retorno	50
5.9.2.4.	Análisis de Sensibilidad	50
5.10.	Evaluación Socioeconómica	51
5.11.	Evaluación de Impacto Ambiental	51
5.12.	Búsqueda de Financiamiento	51
6.	RESULTADOS	52
6.1.	Ubicación de la Comunidad	52
6.2.	Levantamiento Topográfico	52
6.3.	Estudio de Suelos	53
6.3.1.	Análisis Físico Químico	53
6.3.2.	Constantes de Humedad	54
6.3.3.	Infiltración	54
6.4.	Cultivos a ser Regados	54
6.5.	Estudios Hidrológicos	55
6.5.1.	Aforo	55
6.5.2.	Análisis de Laboratorio	55
6.6.	Diseño Agronómico	55
6.6.1.	Cálculo de Consumo de Agua	55
6.6.2.	Requerimiento de Agua	57
6.6.3.	Lámina de Agua Disponible a Profundidad Radicular Efectiva del Cultivo	58
6.6.4.	Volumen de Agua Disponible a la Profundidad Radicular Efectiva	58
6.6.5.	Lámina de Agua Aprovechable	58
6.6.6.	Porcentaje de área bajo riego	58
6.6.7.	Precipitación Horaria del Sistema de Riego	58
6.6.8.	Intervalo de Riego	58
6.6.9.	Ciclo de Riego	58

6.6.10. Lámina de Riego Ajustada	59
6.6.11. Porcentaje de Agua Aprovechada	59
6.6.12. Lámina Bruta	59
6.6.13. Dosis de Riego Bruta por área	59
6.6.14. Horas de Riego por Turno	59
6.6.15. Máximo Número de Horas de Riego Diarias	59
6.6.16. Máximo Número de Turnos de Riego Diarios	59
6.6.17. Horas de Riego por Día	59
6.6.18. Horas de Riego por Ciclo	59
6.6.19. Número de Turnos por Ciclo	60
6.6.20. Superficie Bajo Riego por Turno	60
6.6.21. Dosis de Riego Bruta por Turno	60
6.6.22. Caudal Requerido	60
6.6.23. Descarga Disponible en el Sistema de Riego	60
6.6.24. Número de Emisores por Turno	60
6.6.25. Volumen Bruto por Ciclo de Riego	60
6.6.26. Caudal Específico	60
Resumen Diseño Agronómico	60
6.6.27. Selección de Gotero	61
6.6.28. Operación del Sistema	62
6.7. Diseño Hidráulico	64
6.7.1. Carga en la Entrada de la Parcela	64
6.7.2. Tubería Lateral	65
6.7.3. Tuberías Subprincipal y Principal	65
6.7.4. Sistema de Válvulas	66
6.7.5. Obras Civiles	66
6.7.6. Especificaciones del Sistema	67
6.8. Análisis Económico Financiero	68
6.8.1. Costos	68

6.8.1.1. Costos de Producción	68
6.8.1.2. Costos de Ejecución del Proyecto	68
6.8.1.3. Costos Financieros	68
6.8.2. Evaluación Financiera	70
6.8.2.1. Análisis de Sensibilidad	70
6.9. Análisis de Mercado	70
6.9.1. Mercados Potenciales	70
6.9.2. Canales de Comercialización y/o Distribución	71
6.10. Evaluación Socioeconómica	71
6.11. Evaluación de Impacto Ambiental	72
6.11.1. Entorno Natural del área	72
6.11.2. Posibles Impactos del Proyecto	73
6.11.3. Medidas de Mejoramiento y Control Ambiental	73
6.12. Búsqueda de Financiamiento	75
7. CONCLUSIONES	76
8. RECOMENDACIONES	78
9. BIBLIOGRAFÍA	79
10. APÉNDICE	82
Graficas de Perfiles y Piezométricas	82
Detalle de Presupuesto del Proyecto	86
Manual de Sistema de Riego	103
Sección de Hoja Cartográfica	105
Mapa Municipal	106
Resultados de Análisis de Agua y Suelo	107
Planos	110

INDICE DE TABLAS:

Tabla No.	Contenido	Pág.
1	Contenido de Solubles en Agua (Calidad de Aguas)	5
2	Resultados de Análisis Físico	53
3	Resultados de Análisis Químico	53
4	Resultados de Constantes de Humedad	54
5	Resultados de Infiltración	54
6	Resultados de Análisis Químico de Aguas	55
7	Resultados de ETO por método Blaney Criddle FAO	55
8	Evapotranspiración de Tomate	56
9	Cálculo de Precipitación Efectiva por Blaney Criddle	57
10	Requerimiento de Riego para cultivos regables	57
11	Perdidas en Tubería	64
12	Costos Totales del Proyecto	68
13	Situación de los Cultivos Sin Proyecto	68
14	Situación de los Cultivos Con Proyecto	69
15	Amortización de la deuda del Proyecto	69
16	Flujo de Fondos para el Proyecto	69
17	Impacto Ambiental	74
18-24	Líneas Piezométricas	82

INDICE DE GRÁFICAS:

Gráfica No.	Contenido	Pág.
1	Kc (Tomate)	56
2	ETM y Precipitación Efectiva en Tomate	58
3-9	Gráficas Piezométricas	82

INDICE CUADROS

Cuadro No.	Contenido	Pág.
1	Máximos porcentajes de agua aprovechable Sugeridos de acuerdo a Eto y al cultivo	30
2	Porcentaje del área bajo riego recomendado para los diferentes sistemas de riego	33
3	Grupos de tumos de Riego	62
4	Detalle de Presupuesto	86

ESTUDIO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE MINIRIEGO POR GOTEO EN LA COMUNIDAD EL ZARZAL, SHUPA,
CAMOTAN

STUDY AND DESIGN OF A DRIP IRRIGATION SYSTEM AT EL ZARZAL VILLAGE, CAMOTÁN, CHIQUIMULA.

RESUMEN

La comunidad El-Zarzal ubicada en el municipio de Camotán, cuenta con pobladores que se dedican a labores netamente agrícolas. En la mayoría de los casos los agricultores de las áreas pobres de Guatemala como es el caso de la comunidad El Zarzal, desarrollan una agricultura de subsistencia, poco desarrollada y poco tecnificada, además de tener grandes obstáculos para su desarrollo como lo es la falta de capital de trabajo, la poca calidad de suelos y en el caso de la comunidad de El Zarzal la grave falta de agua para riego.

Gracias a que la comunidad de El Zarzal adquirió derechos de uso o beneficio sobre un manantial aguas arriba de la comunidad se pensó en el desarrollo de un proyecto de riego para ayudar al desarrollo de la agricultura comunal y a la vez ayudar al desarrollo de la economía familiar de cada uno de los pobladores.

El manantial sobre el cual se adquirieron los derechos de uso, cuenta con un caudal aproximado de 30 LPS el cual puede cubrir las demandas de riego, esto siempre y cuando se aproveche al máximo dicho caudal debido a la alta evapotranspiración del lugar, por ello se decidió la implementación de un sistema por goteo ya que con este se hace un mejor uso del recurso tan valioso como lo es el agua. Con el proyecto se beneficiarán 78 familias que habitan la comunidad. Según los estudios realizados se determinó que el punto de captación del agua se ubica aproximadamente a unos 3,069 m de distancia desde el punto donde se hará la distribución hacia todas las áreas de riego que en total sumarán 15.63 Ha.

A lo largo de los estudios y la realización del diseño se consideraron todos los aspectos necesarios como los son clima, suelos, topografía, aforo y análisis de agua, evapotranspiración, demandas de riego del cultivo diseño en este caso Tomate, diseño hidráulico del sistema, costos y beneficios del proyecto, etc. El análisis de todos estos aspectos permitió determinar las necesidades de riego y poder evaluar la factibilidad del proyecto.

Para implementar el sistema de riego se utilizarán tuberías PVC para la conducción del agua desde la toma hasta el punto de distribución; en los ramales secundarios de distribución también se utilizarán tuberías PVC de diferentes diámetros. A la entrada de cada una de las parcelas se conectarán los respectivos cabezales y laterales (cinta de riego) que se colocarán a 1.2 m de distancia entre surcos y que tendrán goteros a 0.30 m. Todo el sistema funcionará por gravedad lo cual favorece la factibilidad del proyecto.

Para el diseño-agronómico se consideró la relación agua - suelo - planta basándose en el cultivo de Tomate, la evapotranspiración máxima determinada fue de 7.6 mm diarios; el suelo predominante fue Arcillo Arenoso y se tendrá una frecuencia de riego diaria. La clase de agua es tipo C1S1, la cual es apta para riego. El sistema se operará 9.7 horas diarias las cuales se dividirán en 13 turnos de 0.75 horas cada uno aplicando 40.77 metros cúbicos de agua por turno, regando un área de 1.2 Ha / turno.

El costo total del proyecto asciende a Q 1,412,084.19 y luego de haber realizado un análisis financiero se determinó que se tendrá un Valor Actual Neto (VAN) de Q. 3,976,026.80 una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 35 % y una relación Beneficio Costo (B/C) de 1.47 por lo que se puede decir que el proyecto es económicamente factible.

Para la implementación del proyecto se hizo un análisis de impacto ambiental para determinar los posibles cambios a darse en el medio natural del área y así poder recomendar medidas de mitigación de los posibles efectos negativos que pueda traer tanto la construcción como el funcionamiento del sistema. Según la matriz del estudio de impacto ambiental se determinó que el proyecto no repercute de una manera drástica con el ambiente por lo que es factible desde el punto de vista ecológico.

1. INTRODUCCIÓN

La formulación e implementación de proyectos de riego por goteo en la mayoría de los casos tiende a beneficiar solamente a grandes productores que poseen la capacidad de producir técnicamente lo cual les permite recuperar los costos relativamente altos que tiene el riego por goteo.

Por otro lado ocurre que los proyectos, que van destinados a comunidades donde existen pequeños productores muchas veces se toman demasiado ambiciosos en cuanto a las grandes áreas objetivo de riego, lo cual a la larga termina en grandes inversiones que no se recuperan, debido a que no se ha tomado en cuenta que los productores de comunidades no tienen la capacidad de inversión ni el acceso a créditos para manejar grandes extensiones de cultivo; por ello la necesidad de formular proyectos factibles que lleven la tecnología y ventajas del riego por goteo a pequeños productores.

El proyecto de miniriego por goteo a nivel campesino familiar, que se presenta en este documento, es una alternativa que se pretende implementar en el caserío de El Zarzal de la aldea Shupá, Camotán, Chiquimula. Gracias a que la comunidad en cuestión cuenta con una fuente de agua, se debe de aprovechar eficientemente dicho recurso para el desarrollo de la agricultura del lugar.

Este proyecto tiene contemplada la implementación de huertos bajo riego en pequeñas parcelas en los cuales se cultivarán productos para su comercialización a pequeña escala y para autoconsumo. Entre los productos que se pretende establecer están el tomate, y cualquier otro que se adapte al clima de la región y que venga tanto a satisfacer las necesidades y demandas alimenticias de la comunidad como a dar una alternativa de fuente de ingresos por medio de la producción que se obtenga.

El proyecto incluye todos los estudios necesarios previos al diseño del sistema, entre estos están: estudios de suelo, topográficos, hidrológicos, de evapotranspiración, etc. Luego de hacer los estudios mencionados se realizó el diseño del sistema y se establecieron las parcelas a regar así como las áreas de las mismas. También se elaboró un análisis financiero, económico y de impacto ambiental del proyecto para determinar los beneficios que se obtendrán para la comunidad.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La Comunidad de El Zarzal se encuentra sumida en la pobreza por la falta de empleo y el poco desarrollo agrícola que existe en el área, los habitantes se ven en la necesidad de realizar cultivos de subsistencia para tener una fuente mínima de alimentos.

El problema se hace más complejo con la escasez de agua para riego de estos cultivos y aún peor en las épocas más secas del año, ya que en la región donde se ubica la comunidad se presentan largos períodos de sequía principalmente en los meses de marzo y abril, además de que los inviernos no son lo suficientemente copiosos por lo que los cultivos se ven afectados por la falta de agua y presentan producciones pobres. Ante esta situación la comunidad tomó la decisión de utilizar una de las quebradas ubicada en tierras ejidales para utilizarla como fuente de agua para riego ya que el caudal de la misma se considera suficiente, y por estar en la parte alta de la comunidad no se necesita equipo de bombeo para llevar el agua hasta las parcelas ya que esta puede llegar fácilmente por gravedad, ya que de lo contrario se le haría mucho más difícil a la comunidad gestionar un sistema de riego con sistema de bombeo, que resultaría en el aumento del presupuesto para ejecutar el proyecto.

A pesar de que en cierta forma el caudal cubre las demandas del proyecto, se contempló la implementación de un sistema por goteo debido a lo seco del lugar y la alta evapotranspiración que se da en el lugar, tomando en cuenta que los sistemas más eficientes en cuanto a eficiencia de aplicación y aprovechamiento del agua son los sistemas por goteo, fue entonces la mejor alternativa para el lugar.

Luego de que la comunidad gestionó los derechos de uso de la quebrada, se presentó el problema de la falta de recursos para llevar a cabo el proyecto por lo que se pensó en la elaboración de este documento para que con se facilitara la gestión de recursos para la ejecución del mismo. Para que el proyecto fuera factible se optó por diseñar un sistema de miniriego por goteo a nivel "campesino familiar", es decir destinado a pequeñas parcelas, ya que por el patrón de tenencia y distribución de tierras, el cual es del tipo minifundio, lo más recomendable para hacer factible el proyecto es diseñar un sistema en el cual se implementarán pequeñas parcelas o huertos de hortalizas principalmente para comercialización a pequeña escala y el autoconsumo de los productos obtenidos en dichas parcelas.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. MARCO CONCEPTUAL

3.1.1. 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 de vital importancia en el crecimiento de las plantas.

La importancia del agua en la vida de las plantas, justifica una consideración especial en la agricultura. El suelo interviene en el ciclo hidrológico por su efecto en la filtración, el drenaje y por su capacidad de almacenamiento.

El sistema de las raíces de las plantas, presenta menor resistencia al movimiento del agua que la superficie del suelo en estado de desecación. Las plantas tienen poca capacidad de almacenamiento del agua que pasa por ellas, pero sirven de conexión hidráulica entre el suelo y la atmósfera (GARDNER, W.H. 1973).

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

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 pueda encontrar agua y alimento, como máximo puede dirigir su sistema radicular hacia la búsqueda del agua contenida en los horizontes del suelo más húmedo y más rico en minerales.

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 sólo 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 (CABRERA CRUZ, R. O., 1,984).

3.1.2. Uso del Agua por los Cultivos

El conocimiento del índice de consumo de agua por los cultivos y las características de retención del agua por el suelo es fundamental para diseñar el sistema de suministro del agua y programar un 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 las tuberías, el almacenamiento y distribución del sistema (WITHERS, B Y VIPOND, S. 1978).

3.1.3. Fuente de Agua

El agua circula continuamente en el globo terrestre y la atmósfera, a través del interminable ciclo hidrológico que se presenta en las fases de precipitación, escurrimiento, infiltración, retención o almacenamiento, evaporación y así sucesivamente (GOMEZ CRUZ, C.A., 1983).

Una fuente de agua es el punto o fase del ciclo hidrológico del cual se desvía o aparta temporalmente para ser usada. Las fuentes de agua necesarias pueden encontrarse bien en las reservas naturales: ríos, arroyos, pozos o bien en reservas artificiales: lagunas, embalses, etc. Se deben de tomar en cuenta siempre para los proyectos el caudal de estiaje, para no exponerse a déficit en la época de mayor demanda de agua (GOMEZ CRUZ, C.A., 1983).

3.1.3.1. Calidad de Aguas de Riego

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

- A. **Características químicas:** La calidad depende de los constituyentes salino sódicos y elementos tóxicos. Según su salinidad las aguas se pueden clasificar como se describe en la tabla 1:

Tabla 1. Contenido de Sales: Según el laboratorio de Salinidad de Estados Unidos se tiene la siguiente clasificación.

CLASIFICACIÓN	INDICE umho / cm	CLASE
Baja Salinidad	100-250	C1
Salinidad Media	250-750	C2
Alta Salinidad	750-2250	C3
Salinidad Muy Alta	Más de 2250	C4

Fuente: GOMEZ CRUZ, C.A., 1983, (15).

Otros factores que influyen en la calidad del agua es la concentración relativa del sodio con respecto a otros cationes ya que afectan las características físicas del suelo. También la concentración de iones tóxicos, los cuales afectan las plantas.

- B. **Condiciones Agronómicas:** Según los resultados de laboratorio sabremos a que frecuencia se le aplicará el riego al cultivo ya que si el agua tiene cierta salinidad y nuestro cultivo es susceptible a la misma se tendrán que tomar ciertas consideraciones en el riego que se aplicará.

C. Condiciones Edafológicas: Cuando las aguas de riego presentan contenido de sales solubles, el efecto nocivo de esto se debe a que producen presiones osmóticas en la solución del suelo que está en contacto con las raíces de las plantas, las cuales al pasar ciertos valores ocasionan disminución en los rendimientos o pérdida total de las cosechas. Estos efectos son diferentes para distintos cultivos y etapas de desarrollo (GOMEZ CRUZ, C.A., 1983).

3.1.3.2. Sólidos en Suspensión

No existe ninguna clasificación, en la cual se puedan determinar los límites entre los que se puede predecir si el agua que utilizaremos es buena o no de acuerdo a la cantidad de sólidos en suspensión, pero definitivamente en lo que sí influirá es en el uso de filtros ya que el uso de aguas muy turbias afectara la salida del agua por los goteros, por lo que es recomendable el uso de aguas con bajo contenido de sólidos en suspensión (GOMEZ CRUZ, C.A., 1983).

3.1.4. Consumo de agua por las plantas

El agua es parte esencial de los tejidos de las plantas y representa el único medio de nutrición. Para vivir, la planta debe de absorber el agua que ha servido para disolver las sales minerales y las materias orgánicas del suelo y después llevarla al lugar de su asimilación. Una parte de agua absorbida del suelo queda fijada a la planta con las sales minerales que transporta, el resto es transpirada (DOORENBOS, J. y KASSAM, A.H. 1979).

3.1.5. Evaporación

Es el fenómeno físico en que el agua pasa de estado líquido a estado gaseoso a temperatura ambiente (BÚCARO, G.A. 1973).

En la naturaleza cabe distinguir dos casos:

- A. Evaporación de superficies libres de plantas.
- B. Evaporación de superficies de terreno cubierto de vegetación, en dicho caso se denomina evapotranspiración (GRASSI, C.J. 1975).

La Evaporación depende de la energía calorífica recibida por el sol, de la temperatura, de la humedad del ambiente, de la velocidad del viento y su dirección, de la constitución química del agua, de la presión barométrica del agua. La radiación y la temperatura activan las moléculas del agua proporcionándole energía cinética que facilita el desprendimiento de pequeñas moléculas de la masa del agua (GOMEZ CRUZ, C.A., 1983).

3.1.6. Evapotranspiración Potencial

La evapotranspiración potencial es la cantidad de agua evaporada y transpirada por una cobertura de pequeñas plantas verdes, en estado activo de crecimiento y con una provisión adecuada y continua de humedad (GOMEZ CRUZ, C.A., 1983).

En el caso de vegetación con escasa altura en activo crecimiento, que cubre íntegramente el terreno y sin restricción de humedad edáfica, la evapotranspiración potencial, depende fundamentalmente de las condiciones climáticas existentes, dadas por las características físicas de la atmósfera cercana al suelo (GRASSI, C.J. 1975).

3.1.7. Cálculo de la Evapotranspiración

Los métodos para el cálculo de la evapotranspiración se basan en los principios físicos de transferencia del vapor acuoso de Thomthwaite – Holzman o del balance de energía.

La evapotranspiración puede ser medida usando lisímetros y evapotranspirómetros, o a través de fórmulas basadas en datos meteorológicos, fácilmente disponibles o con las ecuaciones de Penman, Thomthwaite, Penman y Schofield; Blaney y Criddle y también Hargreaves (GRASSI, C.J. 1975).

El método de Blaney y Criddle está relacionado a los valores reales (actuales) de uso consuntivo, con la temperatura media mensual, y el porcentaje mensual de horas anuales del brillo solar. Además toma en cuenta el coeficiente del cultivo, el cual es variable con la especie. Dado que aún para terreno cubierto completamente como las gramíneas perennes, la fórmula de Blaney y Criddle requiere un coeficiente de cultivo variable a lo largo de la estación

de crecimiento, a este se le introduce un factor de correlación de coeficiente de cultivo en función de la temperatura media del mes para lograr resultados más exactos. Este método tiene la ventaja de haber sido desarrollado basándose en datos obtenidos en experiencias de riego, bajo condiciones de aridez y semi aridez (GOMEZ CRUZ, C.A., 1983).

3.1.8. Calendario de Riego

Este es el programa del número de riegos que se le van a aplicar al cultivo, los intervalos de riego, las láminas de requerimiento de riego y las láminas netas de riego. En este se toman en cuenta las características de retención de agua por los suelos, y los de requerimiento de agua por los cultivos. El primer riego se aplica para tener un contenido de humedad igual a la capacidad de campo en toda la profundidad radicular, suponiendo que la humedad inicial es el porcentaje de marchitamiento permanente, los riegos subsecuentes se aplican cuando el nivel de humedad aprovechable llega al punto crítico (GRASSI, C.J. 1975).

Existen dos métodos para elaborar el programa de riego:

- A. Método Analítico: En este se deben de contar las entradas o sea los riegos, las salidas que son los requerimientos de riego y el cambio de almacenamiento de agua en el suelo a la profundidad radicular del cultivo.
- B. Método Gráfico: Para este se hace una gráfica en la que estarán en las abscisas el tiempo de duración del ciclo vegetativo en días y en las ordenadas los valores del requerimiento de riego acumulado del cultivo (GOMEZ CRUZ, C.A., 1983).

3.1.9. Aspectos Generales del Riego

En el diseño de sistemas de riego se deben combinar aspectos de ingeniería y agricultura, ya que cada uno de ellos presenta características que obligan a un diseño específico. En términos generales el diseño debe tomar en cuenta la operación del sistema que tiene que diseñarse para que:

- A. El sistema aplique el máximo requerimiento de riego de cualquier cultivo y aplique la cantidad deseada de agua en un tiempo determinado.
- B. La aplicación del riego no cause pérdidas por escorrentía o percolación profunda. Sin embargo debe mantenerse por encima de ~ 0.5 cm por hora (en especial en climas cálido secos) para reducir las pérdidas por evapotranspiración o evaporación.
- C. La presión de la tubería y el espaciamiento de los goteros sea tal que permita la distribución uniforme de agua.

Puesto que el objeto es producir en el punto máximo económico, el agua debe de aplicarse bajo este concepto.

En consecuencia, los datos para proceder al diseño y que pueden constituirse en factores limitantes son:

- A. Las características de la zona radical (distribución y profundidad).
- B. Uso consuntivo o evapotranspiración.
- C. Características y requerimientos propios del cultivo y prácticas culturales.
- D. Capacidad de infiltración del suelo que determina la descarga del sistema para que no produzcan pérdidas por escorrentía.
- E. Capacidad de almacenamiento o retención del agua del suelo (Capacidad de Campo) y la humedad aprovechable deseada que fijan la cantidad y frecuencia de riego.
- F. Cantidad y calidad del agua (basura, sedimento, arena y sales) disponible y su localización con respecto al área a ser regada.
- G. Tamaño y forma del área a regar, su topografía (ondulada, partes altas y bajas) y el tipo de suelo.
- H. Arreglos propios del sistema para su operación y espaciamiento.
- I. Costo inicial que es directamente proporcional al equipo fijo que se diseñó.
- J. Presión deseada en el sistema y las pérdidas por fricción.

3.1.10. Riego por Goteo

Se llama riego localizado a la forma de aplicar el agua a los cultivos sin necesidad de mojar toda la superficie del suelo; el riego por goteo es un riego localizado en donde el agua se aplica al suelo gota a gota. Las características más importantes del riego por goteo son la localización del agua y la alta frecuencia de su aplicación; el agua se aplica en las proximidades de las plantas mojando un cierto volumen del suelo, que es donde se tiene que desarrollar una gran parte del sistema radical (FUENTES, J. 1990).

El riego por goteo es un método en el cual el agua es llevada a través de tuberías al punto donde penetra en el suelo; la descarga a la salida se controla por pequeños dispositivos rígidos llamados "goteros" que la depositan sobre el terreno gota a gota, durante todo el ciclo vegetativo de un cultivo, con riego por goteo se puede suministrar a la planta, el agua necesaria así como fertilizantes directamente en el punto donde está la planta; de manera que al distribuirse en el suelo, permanezca en condiciones óptimas de humedad (capacidad de campo) el volumen de suelo ocupado en cada etapa del desarrollo radical del cultivo (CENTRO NACIONAL DE MÉTODOS AVANZADOS DE RIEGO. 1987).

3.1.10.1. Componentes del Sistema de Riego por Goteo

3.1.10.1.1. Cabezal de Riego: Este comprende un conjunto de aparatos que sirven para tratar, medir y filtrar el agua, comprobar su presión e incorporar fertilizantes. Existe una gran variedad de cabezales, aunque los elementos básicos (equipo de tratamiento del agua, filtros, equipo de fertilización) son comunes a todos ellos y varían según la calidad del agua, grado de automatismo y características de los materiales.

3.1.10.1.2. Red de Distribución: Esta conduce el agua desde el cabezal hasta las plantas. A partir de la fuente de agua sale una tubería primaria (principal) de estas se derivan ramales o tuberías secundarias, en algunos casos se derivan tuberías terciarias hacia cada parcela de riego en cada una de las cuales se colocan tuberías de distribución con sus respectivos laterales donde se encuentran los goteros para cada planta. Se suelen colocar reguladores de presión en las sub-unidades de riego. Al conjunto de sub-unidades de riego que se riegan desde un mismo punto se denomina unidad de riego, en cuyo punto se suele instalar un aparato para controlar el caudal de agua.

Las tuberías primarias, secundarias y terciarias suelen ser de PVC (Cloruro de Polivinilo) o de PE (Poliétileno). Las primeras deben ir enterradas para evitar el deterioro ocasionado por la exposición a la radiación solar. Los laterales suelen ser de PE de baja densidad.

3.1.10.1.3. Dispositivos de Control: Son los elementos que permiten regular el funcionamiento de la instalación.

Estos elementos son: Contadores, manómetros, reguladores de presión o de caudal, etc.

- A. **Reguladores de Caudal y de Presión:** Estos absorben el exceso de energía de la red (creando una pérdida de carga adicional) para proporcionar un valor constante de presión o de caudal, los reguladores de caudal mantienen un caudal constante dentro de una determinada variación de presión de entrada. Estos reguladores provocan la pérdida de carga mediante la variación de la sección del paso del agua. El mecanismo puede ser una membrana elástica que se deforma más o menos según la presión de entrada, se instalan en la cabecera de subunidades y unidades de riego. Los reguladores de presión mantienen una constante presión de salida, dentro de una determinada variación de la presión de entrada, por lo general el mecanismo consiste en un pistón en donde la cara superior está sometida a la presión de entrada, y la cara inferior, a la presión de salida. Cuando se eleva la presión de salida, el pistón se mueve y actúa sobre un obturador que estrangula el paso del agua, provocando un aumento de la pérdida de carga y una reducción de la presión de salida.
- B. **Manómetro:** La medida de la presión en varios puntos de la red garantiza el correcto funcionamiento de la instalación y detecta las averías. Generalmente se efectúa mediante manómetros metálicos, en donde la presión del agua se comunica a un tubo flexible curvado, cuya deformación provocada por la presión se comunica a una aguja indicadora. Se suelen instalar tomas manométricas en punto estratégicos para conectar un manómetro portátil.
- C. **Rotámetro:** Es un aparato que mide el flujo que pasa a través de una tubería, consta de una cámara cilíndrica, colocada en posición vertical, en donde se encierra un balón que se desplaza hacia arriba con mayor o menor intensidad, según la magnitud del flujo.
- D. **Contadores:** Se utilizan para controlar el volumen de agua que se consume en el sistema.

3.1.10.1.4. Sistema de Filtrado

Los filtros son el componente más importante dentro del sistema, pues evitan o reducen el riesgo de taponamiento de las líneas regantes o goteros por partículas sólidas transportadas en el agua de riego; este taponamiento es uno de los problemas más serios que enfrenta todo sistema de riego por goteo, provocando en algunos casos la pérdida total de los emisores (ARMONI, S. 1984).

La selección del tamaño, número y clase de filtro depende principalmente de la calidad del agua que será utilizada (agua de pozo, río, estanque, etc.) así como de la cantidad o caudal de agua que será conducido hacia las parcelas de riego (ARMONI, S. 1984).

La calidad del agua así como el tipo de sólidos en suspensión que ésta contenga, definirán la clase de filtro que deberá de usarse, así sea este de hidrociclón (cuando las partículas en suspensión están constituidas principalmente de arenas finas) de grava o arena (cuando las partículas en suspensión sean limos, materias orgánicas o algas y otra clase de contaminantes), estas dos clases de filtros constituyen lo que se le denomina sistema de filtración primaria, y los filtros de malla o anillos, constituyen el sistema de filtrado secundario y siempre deben de colocarse después de cada sistema primario (ESTEVE, J. 1986).

3.1.10.1.5. Gotero o emisor

Actualmente en el mundo existe una gran variedad de tipo de goteros, que han evolucionado para mejorar la uniformidad y lograr alta eficiencia de aplicación de agua a los cultivos.

Los goteros o emisores son la parte fundamental en riego por goteo. Debido al diseño hidráulico la operación y mantenimiento de los sistemas dependen de las características de funcionamiento hidráulico de los goteros (CENTRO NACIONAL DE MÉTODOS AVANZADOS DE RIEGO. 1987).

Los emisores son una de las piezas que más atraen a los diseñadores de estos sistemas, conociéndose más de un centenar de modelos. El tipo de emisor y el caudal deberán ser adecuados al tipo de suelo, agua y cultivo de

que se trate. Se aconsejan emisores de 4 litros / hora en frutales y 2 litros / hora en horticultura, trabajando a 1 atmósfera de presión.

A un emisor se le debe pedir que tenga la calidad técnica necesaria en su fabricación para que resista en perfectas condiciones el tiempo que le ha calculado el fabricante y, especialmente, que la presión de trabajo del sistema tenga la salida de agua que se especifica en su fabricación, de modo que el reparto del agua sea uniforme (ESTEVE, J. 1986).

3.1.10.2. Mantenimiento del Sistema de Riego

La vida útil del sistema de riego por goteo depende básicamente del mantenimiento que se le dé al mismo, el cual siempre debe de ser de forma preventiva. El sistema consiste de diferentes componentes principales y cada uno requiere de distintas formas de programación para un mantenimiento adecuado, describiéndose a continuación los diferentes componentes que integran este sistema así como las principales recomendaciones para su adecuado manejo (AGRIFIN (Col.) 1985).

3.1.10.2.1. Mantenimiento de laterales de riego con gotero incorporado: Las mangueras de riego constan de goteros integrados; la vida útil de las mismas depende de la calidad del agua (contenido de carbonatos, bicarbonatos u otros elementos), así como de la cantidad y tamaño de las partículas en suspensión que esta contenga y que no sean atrapados por los sistemas de filtración y en ambos casos estos pueden causar un posible taponamiento y obstrucción del laberinto por donde pasa el agua hacia la salida del gotero. Para minimizar este posible taponamiento de los goteros es recomendable realizar el siguiente procedimiento (AGRIFIN (Col.) 1985).

- A. Lavar después de cada riego las líneas de manguera de goteo; esto se hace quitando el tapón final instalado en cada línea, dejando fluir el agua hasta que esta tenga un aspecto menos turbio.
- B. Si el problema es el contenido de carbonatos, bicarbonatos u otros elementos, se deben realizar lavados con frecuencias no mayores de 30 días utilizando para ello ácido sulfúrico (debido a su bajo costo y efectividad), con una dosis de 100 a 150 cc de ácido por cada metro cúbico de agua que pase por el sistema, el cual se determina a través de la válvula volumétrica. La calibración del equipo se realiza conociendo la capacidad de la bomba de

inyección en cuanto al volumen que esta pueda aplicar en un tiempo determinado, y el volumen de agua que pasa por el sistema en ese tiempo determinado.

- C. Se deben de realizar pruebas de caudal de gotero en la línea regante para determinar si existen variaciones de caudal entre la entrada del lateral y la salida del mismo, pues el porcentaje permisible no tiene una variación mayor del 5 %. Si esta variación fuese mayor, esta nos dará indicios de taponamiento en la línea por lo que deberá revisarse detenidamente; además, esta prueba de caudal nos indicará si la descarga del gotero a una presión determinada-cumple con las especificaciones establecidas por el fabricante. Esta prueba se realiza colocando un recipiente abajo del gotero y recolectando el agua en un tiempo determinado, para posteriormente medirlo en un recipiente tipo probeta la cual nos indicará el volumen de agua que emitió el gotero en el tiempo que se determinó la prueba (AGRIFIN (Col.) 1985).

3.1.10.2.2. Mantenimiento de tubería de conducción principal y de distribución del agua en las parcelas: Si la tubería que ha sido instalada en el sistema es de PVC también debe lavarse periódicamente con una frecuencia similar a lavado de laterales con ácido (30 días) debido a que cuando el sistema se deja de operar las partículas en suspensión que pudiera traer el agua principalmente arcillas, se puede sedimentar y formar una costra de sarro que eventualmente puede reducir considerablemente el diámetro de flujo de agua dentro de la tubería (AGRIFIN (Col.) 1985).

3.1.10.2.3. Mantenimiento de las válvulas hidráulicas reguladores de presión y caudal: Estas válvulas deben ser calibradas a la presión de operación de trabajo en cada riego que se efectúe, pues las mismas pueden descalibrarse debido a acumulaciones de sedimentos, rompimientos de empaques u oxidación de piezas y resortes; esta calibración se realiza por medio de un manómetro el cual se coloca a la salida de la válvula, para verificar si la misma esta trabajando a la presión deseada o bien hay que ajustarla, para evitar daños que puedan producirse por una sobre presión en las líneas de riego (AGRIFIN (Col.) 1985).

3.1.10.2.4. Mantenimiento del sistema inicial de filtrado de grava: La función principal de este filtrado es impedir el paso de materias orgánicas que se forman en aguas sin corrimiento (embalses), además de partículas

suspendidas cuya cantidad puede variar a lo largo de la temporada de riego; este fenómeno es importante conocerlo, ya que permite establecer el régimen de limpieza que debe de dársele a los filtros. Este régimen se puede realizar de dos maneras en la operación del sistema (AGRIFIN (Col.) 1985).

- A. Se puede realizar la limpieza por medio de tiempos previamente establecidos lo cual no es muy recomendable debido a que pueden suceder dos casos, siendo el primero que este se ensucie antes del tiempo establecido para realizar la limpieza o bien el segundo que se este efectuando limpieza sin que exista necesidad, en ambos casos se dan pérdidas de energía que reducen la eficiencia de operación del sistema.
- B. La otra manera y la más recomendable es hacerlo por diferencia de presión entre la entrada de los filtros y la salida de los mismos existiendo un gradiente permisible de pérdida de presión el cual se ha establecido en 5 PSI de diferencia, realizándose el lavado cuando la diferencia entre la entrada y la salida ya se hayan perdido 5 PSI.
- C. Se recomienda además revisar periódicamente el nivel óptimo de la grava dentro del filtro ya que al lavarlo hay una pequeña parte de la misma que se pierde.
- D. El rango óptimo de presión para una eficiente operación y limpieza de los filtros debe tener como mínimo 40 PSI y como máximo 80 PSI (QUINTO JAVIER, J.I. 1999).

3.1.10.2.5. Mantenimiento del sistema de filtración secundaria o de anillos: Este sistema de filtración regularmente se instala después del sistema de filtración primario y el sistema de inyección de fertilizantes, y su función principal es detener partículas que no hayan sido retenidas por los filtros primarios o bien residuos de fertilizaciones que no se hayan disuelto completamente (AGRIFIN (Col.) 1985).

El mesh o diámetro en milésimas en que se subdivide una pulgada lineal, este indica la capacidad o tamaño del orificio de filtración, así pues dependerá del tamaño de partículas o tamiz que se determina en tamaños desde 30 hasta 360 mesh, siendo el de mayor mesh el que filtre partículas más pequeñas, esto también dependerá del tamaño del laberinto del gotero, el tamaño que este permita circular y que no cause taponamiento (ARMONI, S. 1984).

3.1.11. Sistema de miniriego campesino familiar

Este sistema se ha desarrollado para satisfacer las demandas y necesidades de familias con pequeñas parcelas de tierra y que no cuentan con los recursos para comprar sistemas sofisticados de riego que requieren bombas, filtros y combustibles de alto costo. A pesar de que este sistema campesino familiar no es tan complejo, brinda las mismas ventajas que un sistema de riego sofisticado, además de que es un sistema manejable fácilmente y que permite una distribución más uniforme del agua en comparación con otros sistemas (SCHWARTZ, NAAMA. 1,999).

3.1.11.1. Ventajas

- A. Mayores cosechas.
- B. Mejor calidad de productos.
- C. Más eficiencia en el uso del agua.
- D. Mejor manejo de fertilizantes.
- E. Adaptable a campos abiertos, invernaderos y viveros.
- F. Simple instalación y mínimo mantenimiento.
- G. Gotero incorporado que no permite que este se desconecte.
- H. Mangueras para uso pesado y goteros con pasos de agua anchos que no permiten que estos se tapen (SCHWARTZ, NAAMA. 1,999).
- I. Es adaptable a las condiciones locales de topografía y agro climáticas.
- J. Los volúmenes de producción que se obtienen permiten asegurar una fuente de alimentos para el autoconsumo (ARANGO MALDONADO, J.M. 2,000).

3.1.11.2. Desventajas

- A. Se debe de utilizar en cultivos altamente remunerativos como hortalizas y frutales, debido a que en cierta manera el costo inicial es un poco alto.

- B. Debe dársele un mantenimiento continuo al equipo de filtración a manera de evitar el taponamiento de los goteros.
- C. Cuando se hace ferti-irrigación se deben utilizar fertilizantes altamente solubles a fin de evitar incrustaciones en tuberías y goteros.
- D. Se requiere de cierta capacitación a los usuarios del sistema en lo que respecta a la operación y mantenimiento del sistema (QUINTO JAVIER, J.I. 1999).

3.1.11.3. Historia de los Sistemas de mini-riego por Goteo

El desarrollo de los sistemas por goteo inició en tres diferentes países simultáneamente, pero en forma independiente. En Dinamarca Hansen utilizó un pequeño tubo plástico para el riego de flores. Por otro lado Blass utilizó un sistema similar para el riego de árboles en Israel y Richard Chapin también desarrolló un pequeño sistema de tubos para el riego de flores en los Estados Unidos (CHAPIN, R.D 1975).

Chapin introdujo riego por goteo en invernadero en 1,960 en Ohio. En ese tiempo se inició el cultivo con riego por goteo y con cubiertas de plástico. Posteriormente se fue propagando el uso de estos sistemas hacia los demás estados de Estados Unidos, utilizándose principalmente en tomate, chile y fresa. En la actualidad el uso de riego por goteo tiene una amplia gama de aplicaciones en todo tipo de cultivos (CHAPIN, R.D 1975).

Con el uso de riego por goteo, Chapin fue introduciendo nuevos estilos de sistemas entre los cuales se encontraba el riego en pequeña escala el cual se introdujo en el África ante la falta de alimentos frescos para las poblaciones más pobres. Al inicio este sistema consistía en un tanque de 50 galones colocado sobre un soporte de 2 a 2.5 m de altura sobre el suelo y a este se conectaban líneas de manguera para cada hilera del cultivo (CHAPIN, R.D 1975).

3.1.11.4. Riego por goteo para campesinos de escasos recursos

En los países subdesarrollados y con alto índice de pobreza se hace evidente la necesidad de introducir nuevas alternativas de riego para los campesinos con recursos muy bajos y que solo cuentan con una pequeña área

de cultivo. Además de que en las temporadas secas del año se hace muy importante el uso que se le da a cada gota del agua con que se cuente (CHAPIN, R.D 1975).

El riego con un equipo sencillo de mangueras está al alcance de los campesinos pobres por su bajo costo. Aunque se deben de agregar los filtros y conectores aún mantiene un costo bajo por ser equipo poco complejo. Con el uso de este sistema se es capaz de producir en pequeñas áreas y obtener suficientes alimentos para alimentar a una familia e incluso adquirir algunos recursos extras por la venta de los productos y así permitirle al campesino ir extendiendo su área de producción a largo plazo (CHAPIN, R.D 1975).

3.1.12. Análisis financiero del Proyecto

3.1.12.1. Evaluación económica de Proyectos

La economía se refiere a la elección óptima que se ha de hacer entre alternativas para la utilización de recursos. Por lo que la evaluación económica se refiere a la comparación entre beneficios y costos.

Debido a que los proyectos se implementan durante varios años, se esperan pocos beneficios al inicio que pueden ir aumentando después. Así mismo el valor del dinero cambia de acuerdo con el momento en que se materializa. Los proyectos no se pueden operar y mantener produciendo ganancias todo el tiempo.

La evaluación económica de proyectos, se refiere a realizar comparaciones de beneficios y costos, debiendo especificar cuales se consideran beneficios, los que son costos y cómo deben valorarse, lo cual depende aunque sea en parte de los resultados de los procesos de planificación entre otros estratos de la economía.

3.1.12.2. Costos

Los costos de un proyecto, pueden clasificarse de acuerdo con los siguientes conceptos:

- A. Inversiones iniciales: obras de construcción como presas, canales, tuberías, nivelación de tierras, tanques de almacenamiento, etc.

- B. Inversiones en amortizaciones: estas se necesitarán en el futuro, cuando los bienes de capital lleguen al final de su vida técnica o económica y tengan que reemplazarse.
- C. Pérdidas de propiedad existente.
- D. Costos periódicos para conservación, manejo y funcionamiento del sistema.
- E. Todos los costos asociados al incremento de la producción como: abonos, pesticidas, etc.

3.1.12.3. Rentabilidad

Todo proyecto con la finalidad de conocer si es viable o no, debe de tomarse como punto de partida la rentabilidad que va a tener el mismo o sea un parámetro indicador que de el porcentaje de utilidad que se obtendrá por cada Quetzal o unidad monetaria invertida (SAMAYOA, E. 1992).

3.1.13. Estudio de Impacto Ambiental

3.1.13.1. Impacto Ambiental: Debido a su manipulación, el ambiente puede alterarse y/o destruirse, contaminarse o agotarse. Al implementar un programa de desarrollo rural que incluya sistemas de irrigación, se producen efectos secundarios dentro del área del proyecto, aguas abajo y aguas arriba.

3.1.13.2. Evaluación de Impacto Ambiental: Es una herramienta para identificar opciones alternativas durante la fase de reconocimiento y/o viabilidad del ciclo del proyecto y para tasar el efecto ambiental de cada una de estas opciones. Es meramente una predicción de lo que puede suceder una vez el proyecto se haya implementado. El propósito de una evaluación de impacto ambiental (EIA), es asegurar que las acciones a desarrollar bajo consideración son de tipo ambiental, sostenible y que cualquier consecuencia ambiental pueda ser reconocida tempranamente en el ciclo del proyecto y considerarse en el diseño del mismo.

3.2. MARCO REFERENCIAL

3.2.1. Localización

El área en la que se implementará el proyecto se encuentra en el caserío El Zarzal, de la aldea Shupá, del municipio de Camotán, Chiquimula. De la cabecera municipal se sigue por la ruta nacional 21, a una distancia aproximada de 12 km se encuentra El Zarzal. Este se localiza a una altura de 500 msnm. En la Latitud Norte $14^{\circ}52'25.8''$ y Longitud Oeste $89^{\circ}16'47.4''$.

3.2.2. Condiciones climáticas

La conformación orográfica del área determina en gran medida la conformación del clima cálido y seco de la región, que según Tomtwaithe, se cataloga como cálido, seco con invierno benigno y estación seca bien definida, ya que las montañas de La Unión forman una segunda barrera, después de la Sierra de las Minas, a los vientos alisios que provienen del mar Caribe, lo que resulta en un reducido y errático régimen de lluvias que no se distribuye adecuadamente durante el año, además de que el inicio del período lluvioso varía considerablemente. De la misma manera la baja altitud del valle aluvial de Jocotán y Camotán (400-500 m.s.n.m) y su condición de sitio encerrado determina temperaturas calurosas de 25.7°C en promedio anual, que se reducen en tan sólo 1 a 2°C , en los meses de Diciembre y Febrero. La temperatura mínima sólo se alcanza en las madrugadas, pero no bajan de 18°C , en tanto que la máxima se eleva a 34.7°C , después de medio día durante los meses de Abril y Mayo, los más calurosos del año. La humedad relativa promedio anual de 70%, también es un reflejo del clima seco.

En las partes bajas, la zona de vida según Holdridge corresponde al bosque seco subtropical cálido; mientras que en las partes de montaña entre 800 y 1500 msnm el clima se toma más fresco y húmedo siendo la zona de vida de esta parte el bosque húmedo subtropical templado (DARY, C. , ELÍAS, S. y REYNA, V. 1998).

3.2.3. Suelos

Los suelos del área, según la clasificación elaborada por Simmons, Tárano y Pinto, se dividen en 3 grupos de acuerdo con su material originario (volcánico, metamórfico y misceláneo), que a su vez definen 13 series de suelo que se diferencian entre otras características por su profundidad, coloración, relieve y drenaje.

A. Suelos sobre materiales volcánicos:

- a. Suelos profundos sobre materiales de color claro. Series: Tahuainí, Altombrán.
- b. Suelos poco profundos sobre materiales de color claro. Series: Jalapa.
- c. Suelos sobre materiales mixtos o de color oscuro en relieve escarpado: Jilotepeque.

B. Suelos sobre materiales sedimentarios y metamórficos:

- a. Suelos poco profundos sobre esquistos. Series: Chol.
- b. Suelos poco profundos sobre caliza y esquistos arcillosos. Series: Oquén, Subinal y Takuezal.

Algunas de las características específicas de estos suelos son:

- A. Suelos Subinal: (Sub) Su material madre es la caliza o el mármol, son de relieve escarpado, tiene buen drenaje, su color varía de café muy oscuro a negro, su textura es de arcilla friable, tiene una profundidad de 10 a 25 cm y el subsuelo es de roca sólida
- B. Suelos Jalapa: (Jl) Su material madre es de ceniza volcánica cementada de color claro, relieve escarpado, drenaje interno bueno, de color gris oscuro, textura franco arenoso fina a friable o suelta, profundidad 10 a 15 cm. El subsuelo es de color amarillo grisáceo, con espesor de 20 cm.
- C. Suelo Tahuaina: (Ta) Formados sobre toba, relieve fuertemente ondulado a escarpado, drenaje interno bueno, color café oscuro, textura franco limosa, friable, con un espesor aproximado de 15 cm, el subsuelo es café rojizo, de consistencia friable, textura arcillosa y con un espesor aproximado de 40 a 60 cm.
- D. Suelos Chol: (Chg) Suelos formados sobre esquistos, escarpados, con drenaje interno rápido, café grisáceo, franco arenoso y con 10 cm de espesor. El subsuelo es café a café rojizo, consistencia suelta, con 20-30 cm de espesor (DARY, C. , ELÍAS, S. y REYNA, V. 1998).

3.2.4. Fuentes de Agua

La escasez del agua en el área hace que el uso de la misma sea primordialmente para la preparación de alimentos y para beberla, por lo que las demás funciones como la higiene personal y el lavado de ropa, se realizan con poca frecuencia, situación que agrava las precarias condiciones de vida de los pobladores. Siendo tan mínimas las fuentes de agua es casi imposible pensar en sistemas de riego, con la excepción de que algunos lugares, como el caso de El Zarzal, cuentan con nacimientos de agua en las partes altas de la montaña (DARY, C. , ELÍAS, S. y REYNA, V. 1998).

3.2.5. El acceso y uso del agua para riego

Para una región que presenta un déficit de humedad bastante marcado durante la época seca desde los meses de Diciembre hasta Mayo, la optimización de las parcelas con el uso del agua en los sistemas de riego forma parte importante de las estrategias de sobrevivencia de las familias campesinas. En las áreas de laderas el riego está prácticamente ausente, a excepción de las reducidas extensiones que se riegan principalmente con sistemas de riego por aspersión, más comúnmente llamados de miniriego (DARY, C. , ELÍAS, S. y REYNA, V. 1998).

4. OBJETIVOS

General

Formular un proyecto para la implementación de un sistema de miniriego por goteo que permita hacer un uso eficiente de los recursos agua y suelo para mejorar la productividad agrícola a nivel campesino familiar.

Específicos

1. Realizar los estudios de suelo, agua, topografía, evapotranspiración de los cultivos y otros que sean necesarios para el diseño de miniriego por goteo.
2. Desarrollar el diseño del sistema de miniriego por goteo a nivel campesino familiar.
3. Realizar una evaluación financiera del proyecto de miniriego por goteo.

5. METODOLOGÍA

5.1. UBICACIÓN DEL ÁREA EN HOJA CARTOGRÁFICA

Para determinar la ubicación de la comunidad se utilizó la hoja cartográfica La Unión 2360 IV del IGN.

5.2. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS

5.2.1. Fuente: Se hizo un recorrido de reconocimiento por el área de la quebrada Shupá de la cual se tomará el agua, se observaron a manera de reconocimiento ciertos aspectos como la cercanía, caudal, el origen del agua, el recorrido de la conducción por la tubería desde donde se captará el agua hasta los terrenos que se van a regar, etc.

5.2.2. Aforo: Se determinó el caudal de agua en el punto donde se hará la captación, esto se llevó a cabo en época de estiaje siendo esta de Marzo a Abril por ser los meses más secos del año en la región.

5.2.3. Calidad de Aguas: Se tomó una muestra de agua en donde se captará el agua de la quebrada, luego se llevó dicha muestra al laboratorio de la Facultad de Agronomía donde se realizó el análisis de agua para riego, y se obtuvieron los siguientes datos:

- A. Conductividad Eléctrica.
- B. % de Sodio Soluble
- C. Carbonato de Sodio Residual
- D. pH: Por medio del potenciómetro.
- E. Sólidos en suspensión.
- F. Relación de Adsorción de Sodio (RAS)
- G. Cationes Intercambiables.

5.3. ESTUDIO TOPOGRÁFICO

Para la ejecución de este estudio fue necesario un recorrido por el área de trabajo. Posteriormente mediante el uso de instrumentos de medición se obtuvo el perfil del terreno así como las líneas de conducción y distribución para el diseño del sistema. Después del análisis y a partir de la libreta de campo se procedió a dibujar en planos a escala los resultados obtenidos.

5.3.1. Perfil del Terreno: El perfil del terreno indicó la altimetría del terreno y fue de utilidad para calcular presiones y diámetros de tuberías, así como para la ubicación del sistema de válvulas, cajas rompe presión, pasos aéreos, etc.

Se realizaron los planos, a través de la intersección del valor de la cota en el eje de las "Y" y la distancia horizontal en el eje "X".

5.3.2. Planta del Terreno: Con el plano de la planta del terreno se calcularon las dimensiones de la red de tubería de conducción y distribución, así como también los accesorios necesarios para el funcionamiento del sistema tales como codos, T's, taponos, etc.

El cálculo se llevó a cabo mediante el uso de los datos de azimut y distancia horizontal; posteriormente se dibujó a una escala adecuada.

5.4. ESTUDIO DE SUELOS

5.4.1. Muestreo de Suelos: Se hizo la separación de áreas según su homogeneidad en cuanto a características como pendiente, color, textura y otras de fácil detección y se establecieron 4 áreas de muestreo, luego se hicieron calicatas de 50 cm de profundidad y se tomaron muestras de 0-25 cm y de 25-50 cm de profundidad, dichas muestras se llevaron al laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía.

5.4.2. Análisis Físico-Químico: Se llevó a cabo un análisis físico y químico de cada una de las muestras y se determinó la textura en base al porcentaje de arena, limo y arcilla. También se determinó la materia orgánica, CIC, pH, Calcio, Fósforo, Magnesio, Sodio, Potasio, Hierro y el porcentaje de saturación de bases.

5.4.3. Constantes de Humedad: Se determinaron las constantes de humedad del suelo, la capacidad de campo (1/3 de atmósfera), punto de marchitez permanente (15 atmósferas) y la densidad aparente.

5.4.4. Infiltración: Se hicieron pruebas de infiltración y se determinó la infiltración básica mediante el método del infiltrómetro de doble cilindro. Para el cálculo de la velocidad de infiltración se utilizó el modelo elaborado por Kostiakov-Lewis:

$$I = K t^n$$

Donde: I = Velocidad de infiltración en (cm / hora)

t = Tiempo acumulado de infiltración (minutos)

K = Parámetro que representa la velocidad de infiltración cuando el tiempo es de un minuto.

n = Parámetro que indica la forma en que la velocidad de infiltración se reduce con el tiempo.

5.5. ESTUDIO CLIMATOLÓGICO

Se analizaron algunos datos como precipitación (mm) y temperatura (° C). Para ello se revisaron los datos en la estación climática más cercana al área de estudio (estación Camotán a 450 msnm). Se consultaron los archivos del Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH).

5.6. CULTIVOS A REGAR

Para el diseño del sistema se tomaron en cuenta hortalizas de clima cálido principalmente productos para autoconsumo y venta de excedentes. Como cultivo de diseño se tomó el tomate.

5.7. DISEÑO DEL SISTEMA

Estuvo determinado por el diseño agronómico e hidráulico correspondiente a un sistema de riego por goteo, los cuales consideraron los siguientes aspectos.

5.7.1. DISEÑO AGRONÓMICO

Se tomaron en cuenta los factores de la relación agua-suelo-planta de acuerdo a las características propias del área del proyecto para diseñar la red de tuberías que permitieran la factibilidad técnica del sistema de riego.

5.7.1.1. Determinación del Consumo de agua o Evapotranspiración

Se determinó el consumo de agua para el cultivo de tomate. La evapotranspiración del cultivo se definió a través de la siguiente relación:

$$ETP \text{ max} = ETo \times Kc$$

Donde:

ETP max	Evapotranspiración máxima del cultivo (mm/día)
Eto:	Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día)
Kc:	Coefficiente de cultivo

Fue necesario la determinación de la evapotranspiración de referencia (ETo) para lo cual se utilizó el método propuesto por Blanney-Criddle modificado por la FAO, el cual considera la temperatura media diaria de cada mes y los datos sobre la duración del día para un solo mes.

La predicción de la ETo se hizo a partir del factor "f" de Blanney-Criddle para condiciones distintas de humedad relativa mínima, horas de insolación diarias y vientos diurnos.

$$f = P(0.46t + 8.13)$$

Donde:

- t: Temperatura media mensual en °C
P: Porcentaje por día de horas de luz anual total

5.7.1.2. Requerimiento de Riego

Fue necesario establecer la precipitación efectiva, para lo cual se utilizó el método de Blanney- Criddle que propone una tabla de coeficientes de aprovechamiento de acuerdo a cada pulgada de lluvia observada.

Después de realizado el cálculo de evapotranspiración se determinó el requerimiento de riego mediante la siguiente expresión:

$$Rr = ETP \text{ max} - P \text{ con requerimiento de riego (meses secos)}$$

Donde:

- Rr: Requerimiento de riego (mm)
ETP max: Evapotranspiración máxima diaria (mm)
P: Precipitación efectiva (mm)

5.7.1.3. Lámina de Agua Disponible a la profundidad radicular efectiva del cultivo LDZR

La lámina de agua disponible en el perfil del suelo ocupado por las raíces del cultivo se calcula con la fórmula

$$LDzr \text{ [mm/zr]} = (HCc - HPm) * Pea * zr \text{ [m]} * 10$$

LDzr = Lámina de agua disponible, en mm de agua a la profundidad radicular efectiva, [mm/zr].

HCc = Contenido de humedad, a capacidad de campo a base del peso seco del suelo, [%ws]

HPm = Contenido de humedad, en el punto de marchitez permanente, a base del peso seco del suelo [%ws]

Pea = Peso específico aparente del suelo, [g/cm³]

Pew = Peso específico del agua, [g/cm³]

Zr = Profundidad radicular efectiva del cultivo [m]

NOTA: La profundidad radicular efectiva, zr, empleada en el presente cálculo – corresponde al período de máximo consumo de agua por el cultivo.

5.7.1.4. Volumen de Agua Disponible a la Profundidad Radicular Efectiva VDZR

$$VDzr \text{ [m}^3\text{/Ha/zr]} = [LDzr] * 10$$

VDzr = Volumen de agua disponible, en m³ de agua, a la profundidad radicular efectiva, [m³/Ha/zr].

LDzr = Lámina de agua disponible, en mm de agua, a la profundidad radicular efectiva, [mm/zr]

5.7.1.5. Lámina de Agua Aprovechable a la Profundidad Radicular Efectiva LAZR

El máximo porcentaje del agua disponible que el cultivo puede aprovechar sin que disminuya su rendimiento, se presenta en el cuadro 1.

Cuadro 1. Máximos porcentajes de agua aprovechable Sugeridos de acuerdo a Eto y al cultivo

TIPO DE CULTIVO	Eto	
	Baja De 2 a 5 [mm /día]	Media a Alta De 6 a 10 [mm / día]
Hortalizas	30-40	15-25
Frutales	40-50	20-35
Pastos	50-70	30-45
Cereales	60-70	40-55
Algodón	60-70	40-55
Oleaginosas	60-70	40-55
Caña de Azúcar	60-70	40-55
Tabaco	60-70	40-55

$$LAzr [mm/zr] = LDzr [mm/zr] * Pa [%] / 100$$

LAzr = Lámina de agua aprovechable en la zona radicular efectiva, [mm/zr].

LDzr = Lámina de agua disponible en la zona radicular efectiva, [mm/zr].

Pa = Máximo porcentaje de agua aprovechable por el cultivo, [%].

En base del porcentaje de agua aprovechable, Pa [%], se calcula la lámina de agua aprovechable, con la fórmula anterior.

5.7.1.6. Porcentaje del Área Bajo Riego PAR

El porcentaje del área bajo riego, Par [%], dependió del emisor y del diámetro de cobertura efectivo, d [m] de este.

Para el riego por aspersión

Por definición, Par = 100 %.

Para el riego por goteo:

El espaciamiento entre los goteros se calcula por uno de los métodos (a) por ensayo; (b) por cálculo con la formula o (c), por medio de tablas, siempre tomando en cuenta el espaciamiento óptimo entre goteros y laterales de goteo

$$db [m] = \frac{q_e [\text{lt} / \text{h}]}{0.785 * I [\text{mm/h}]}$$

Db = Diámetro del bulbo humedecido, [m²].

Qe = Caudal del emisor, [lt/h].

I = Velocidad de infiltración [mm/h], [lt/m/h].

$$\frac{1}{4} \pi = 0.785$$

Para la verificación y ajuste del % del área bajo riego. Si el valor de Pam [%], o de Parp [%] anteriormente calculado es inferior al mínimo recomendado, o excede al máximo sugerido. Se debe comparar el porcentaje calculado del área bajo riego, Par, (Parp) con el porcentaje recomendado del área bajo riego

$$\text{Par} [\%] \leq \text{MxAR} [\%]$$

$$\text{Par} [\%] \geq \text{MiAR} [\%]$$

Par = Porcentaje calculado del área bajo riego, [%]

MxAR = Máximo porcentaje del área bajo riego, [%].

MiAR = Mínimo porcentaje del área bajo riego, [%].

5.7.1.7. Precipitación Horaria del Sistema de Riego PHR

Se calculó en base al caudal del emisor, q_e [lt / h] y del área efectiva bajo riego con la siguiente fórmula.

$$Phr [mm/h] = \frac{Q_e [lt/h] * 100}{d_e [m] * d_l [m] * Par [\%]}$$

Phr = Precipitación horaria [mm/h] del sistema de riego.

q_e = Caudal del emisor, [lt/h].

d_e = Distancia entre emisores contiguos sobre el lateral, [m].

d_l = Distancia entre laterales contiguos, [m].

par = Porcentaje del área bajo riego, [%].

Posteriormente fue necesario comparar la precipitación horaria, Phr, con la velocidad de infiltración del suelo.

$$Phr [mm/h] \leq I [mm/h]$$

Phr = Precipitación horaria efectiva, [mm/h]

I = Velocidad de Infiltración básica, [mm/h].

En riegos la precipitación horaria del emisor debe ser inferior a la velocidad de infiltración básica del suelo a fin de evitar pérdidas y daños por escurrimiento superficial. Para la formula el PAR se toma según se indica en el cuadro 2.

Cuadro 2. Porcentaje del área bajo riego recomendado para los diferentes sistemas de riego

SISTEMA DE RIEGO	PORCENTAJE DEL ÁREA BAJO RIEGO
	de - a
Aspersión	100
Goteo	30 - 70
Microaspersión	50 - 75

5.7.1.8. Intervalo de Riego IR

El intervalo de riego, I_r [días], cuenta los días entre dos riegos sucesivos en la misma parcela.

El intervalo de riego depende de la lámina de agua aprovechable L_{Azr} [mm], del porcentaje del área bajo riego, y del consumo diario del cultivo ET_c [mm/día].

$$I_r \text{ [días]} = \frac{L_{Azr} \text{ [mm]} * Par \text{ [\%]}}{ET_c \text{ [mm/día]} * 100}$$

I_r = Intervalo de riego, [días].

L_{Azr} = Lámina de agua aprovechable en la zona radicular efectiva, [mm/ zr].

Par = Porcentaje del área bajo riego, [%].

a. Intervalo de riego ajustado – $I_r(a_j)$

En caso de que el cálculo del Intervalo de riego I_r [días] resulte en una fracción decimal, será necesario “ajustarlo para abajo”, a fin de obtener un número íntegro de días; el intervalo de riego ajustado, $I_r(a_j)$ [días].

5.7.1.9. Ciclo de Riego CR

El ciclo de riego, CR [días], es el número íntegro de días durante el cual se riega una parcela determinada. Para determinar el ciclo de riego se incluyó un factor de seguridad, por alguna falla imprevista en el sistema de riego; la necesidad de realizar determinadas labores agrícolas o aún, días feriados, pueden posponer el riego. Por lo tanto el ciclo de riego debe ser mas corto que el intervalo de riego.

$$CR \text{ [días]} = Ir \text{ (aj) [días]} - Dp \text{ [días]}$$

CR = ciclo de riego, [días/ciclo]

Ir (aj) = Intervalo de riego ajustado [días]

Dp = días de paro [días]

5.7.1.10. Lamina de Riego Ajustada LR (AJ)

En base al Intervalo de riego ajustado, Ir (aj) [días], de Etc [mm/día] y del porcentaje del área bajo riego, Par, se determinó la lámina de riego ajustada, LR(aj) con:

$$LR \text{ (aj) [mm]} = \frac{Ir(aj) \text{ [días]} * Etc \text{ [mm/día]} * 100}{Par \text{ [%]}}$$

LR (aj) = Lámina de riego ajustada, [mm]

Ir (aj) = Intervalo de riego ajustado [días]

Etc = Evapotranspiración del cultivo [mm/día].

Par = Porcentaje del área bajo riego, [%]

Es conveniente comparar LR(aj) con la máxima lámina de agua aprovechable, Lazr, la cual ha sido calculada anteriormente.

$$LR (aj) [mm] \leq Lazr [mm]$$

LR (aj) = Lámina de riego ajustada, [mm]

Lazr = Lámina de agua disponible en la zona radicular efectiva. [mm / zr]

5.7.1.11. Porcentaje de Agua Aprovechada Ajustado PA(AJ)

Habiendo ajustado la lámina de riego, se calculó el porcentaje de agua aprovechada por el cultivo según:

$$Pa (aj) [\%] = \frac{LR (aj) [mm] * 100}{LDzr [mm/zr]}$$

Pa(aj) = Porcentaje de agua aprovechada, ajustado [%]

LR(aj) = Lámina de riego ajustada, [mm]

LDzr = Lámina de agua disponible en la zona radicular efectiva [mm/zr].

El factor 100 convierte el porcentaje a fracción decimal

Se recomienda comparar el resultado con el dato de Pa [%]

$$Pa(aj) [\%] \leq Pa [\%]$$

Pa(aj)= Porcentaje de agua aprovechado, ajustado [%]

Pa = Máximo porcentaje de agua aprovechable por el cultivo, [%]

5.7.1.12. Lámina Bruta LB

Cada método de riego tiene su eficiencia típica, de acuerdo a la lámina de riego ajustada, LR(aj) [mm] y a la eficiencia del sistema de riego Ef [%] Se determinó la lámina de riego bruta, LB [mm] con:

$$LB \text{ [mm]} = \frac{LR(aj) \text{ [mm]} * 100}{Ef \text{ [%]}}$$

LB = Lámina bruta [mm].

LR(aj) = Lámina de riego ajustada, [mm].

Ef = Eficiencia del sistema de riego, [%].

5.7.1.13 Dosis de Riego Bruta DB

A. Dosis de riego bruta por área

Es el volumen de agua a aplicar por unidad de superficie bruta de la parcela, en Ha. La dosis bruta, DB [m³/Ha], se calculó en base a la lámina bruta, LB (mm) y del porcentaje del área bajo riego, par [%].

Tomando en cuenta que en algunos sistemas de riego se humedece únicamente una fracción del área del cultivo se aplicará la dosis bruta sobre esta área humedecida. Por lo tanto se multiplicó la Lámina bruta por el Porcentaje del área humedecida, Par.

$$DB \text{ [m]}/HA J = \frac{LB \text{ [mm]} * Par \text{ [%]}}{10}$$

DB = Dosis bruta [m³/Ha bruta]

LB = Lámina bruta, [mm] = [lt/m²]

Par = Porcentaje del área bajo riego, [%]

B. Dosis de riego bruta por planta – DBp

Es el volumen de agua a aplicar a cada planta, en una plantación regada por micro aspersión o goteo. La dosis bruta por planta DBp [lt/planta] se calculó en base a la lámina bruta, LB [mm], y del área bajo riego, por planta, según:

$$DBp \text{ [lt/planta]} = \frac{LB \text{ [mm]} * Dp \text{ [m]} * Dh \text{ [m]} * ParP \text{ [\%]}}{1000}$$

DBp = Dosis bruta por planta, [lt/planta]

Lb = Lámina bruta, [mm]

Dp = Distancia entre plantas contiguas sobre la hilera, [m]

Dh = Distancia entre hileras contiguas, [m]

ParP = Porcentaje del área bajo riego, por planta, [%]

5.7.1.14. Horas de Riego por Tumo HT

Es el tiempo requerido, en horas, para aplicar, por medio del emisor seleccionado, la lámina bruta, LB, (mm), y depende de la precipitación horaria, PHr [mm/h]. Se calculó con:

$$Ht \text{ [h/tumo]} = \frac{LB \text{ [mm]}}{Phr \text{ [mm/h]}}$$

Ht = Horas de riego por turno, [horas / turno]

LB = Lámina bruta [mm]

Phr = Precipitación horaria del sistema de riego,

5.7.1.15. Máximo Número de Horas de Riego Diarias HM

Es el máximo número de horas durante las cuales es posible operar el sistema de riego diariamente y el cual depende de:

- A. Las horas de funcionamiento del equipo de bombeo
- B. Las horas disponibles de la fuente de agua para el riego
- C. La disponibilidad de mano de obra

5.7.1.16. Número de Turnos de Riego Diarios TD

Es el número íntegro de turnos de riego que es posible realizar durante un día. Se obtuvo "redondeando para abajo" el cociente de las horas requeridas por turno de riego, HT y el máximo número durante las cuales es posible operar el sistema de riego, por día.

$$T_d [\text{Turnos/día}] = \text{INTEGRO} \frac{H_m [\text{h/día}]}{H_t [\text{h/turno}]}$$

T_d = Turnos por día, [turnos/día]

H_m = Horas de riego, máximas diarias [horas/día]

H_t = Horas de riego por turno, [horas/turno]

Si el número de turnos de riego por día calculado anteriormente fuese inferior a la unidad, es decir, a un turno por día – será necesario revisar los datos a base de los cuales se determina el régimen de riego de tal manera que se haga posible abastecer el volumen requerido de agua en el tiempo disponible.

5.7.1.17. Horas de Riego por Día HD

El total de horas de riego por día, HD, se calculó con la siguiente fórmula

$$Hd \text{ [h / día] } = Td \text{ [turno / día] } * Ht \text{ [h / turno]}$$

Hd = horas de riego diarias; [horas / día]

Td = Turnos por día, [turnos / día]

Ht = Horas de riego por turno, [horas/turno]

5.7.1.18. Horas de Riego por Ciclo HC

Es el número de horas de operación del sistema de riego durante el ciclo de riego y se calculó según:

$$Hc \text{ [h / ciclo] } = CR \text{ [días / ciclo] } * Hd \text{ [h / día]}$$

Hc = Horas de riego por ciclo [horas / ciclo]

CR = Ciclo de riego [días / ciclo]

Hd = Horas de riego diarias [horas / día]

5.7.1.19. Número de Turnos por Ciclo TC

Es el número de veces que es necesario poner en operación al sistema de riego para cubrir el área de riego, y se calcula con:

$$Tc \text{ [turnos/ciclo] } = CR \text{ [días/ciclo] } * Td \text{ [turnos/día]}$$

Tc = Turnos de riego por ciclo, [turnos/ciclo]

CR = Ciclo de riego, [días/ciclo]

Td = Turnos por día, [turnos/días]

5.7.1.20. Superficie Bajo Riego por Turno ST

Se obtuvo dividiendo el área neta bajo riego en la parcela, Sr Entre el número de turnos, Tc

$$Sr [Ha / turno] = \frac{Sr [Ha / ciclo]}{Tc [turnos / ciclo]}$$

St = Superficie bajo riego por turno, [ha turno, [ha turno]

Sr = Superficie total de riego por ciclo, [Ha / ciclo]

Tc = turnos de riego por ciclo [turnos / ciclo]

5.7.1.21. Dosis de Riego Bruta por Turno DBT

Es el volumen de agua de riego por aplicar en un turno.

$$DBt [m^3 / turno] = St [Ha / turno] * DB [m^3 / Ha]$$

DBt = Dosis bruta por turno, [m³ / turno]

St = Superficie por turno de riego, [Ha / turno]

DB = Dosis bruta [m³ / Ha]

5.7.1.22. Caudal Requerido QR

Qr [m³ / h] es el caudal requerido para el riego de la parcela.

$$Qr [m^3 / h] = \frac{DBt [m^3 / turno]}{Ht [h / turno]}$$

Qr = Caudal requerido, [m³ / hora]

DBt = Dosis bruta por turno, [m³ / turno]

Ht = Horas de riego por turno, [horas / turno]

5.7.1.23. Descarga Disponible en el Sistema de Riego QS

Dado el caso de que se pretendiera modificar el sistema de descarga, para adaptarlo al método de riego deseado, se hace necesario comparar Q_s [m^3/h], la descarga disponible en el sistema, con el caudal requerido para el riego de la parcela, Q_r , [m^3/h], por el nuevo método de riego

$$Q_r [m^3/h] \leq Q_s [m^3/h]$$

Q_r = Caudal requerido [$m^3/hora$]

Q_s = Descarga disponible en el sistema de riego [m^3/h]

Si el caudal requerido, Q_r , excede a la descarga disponible en el sistema de riego sería necesario corregir los datos en base a los cuales se determinó el régimen de riego, de tal manera que se haga posible abastecer el volumen requerido de agua en el tiempo disponible.

5.7.1.24. Número de Emisores por Turno EMT

El número de emisores por turno se calculó en base a la descarga del sistema de riego, Q_r [m^3/h] y de la descarga del emisor, q_e [lt/h]. Es un dato que se utiliza para el diseño de los laterales de riego.

$$E_{mt} [e/turno] = \frac{Q_r [m^3/h] * 1000}{Q_e [lt/h]}$$

E_{mt} = Emisores por turno de riego, [$e/turno$]

Q_r = Caudal requerido [$m^3/hora$]

Q_e = Caudal del emisor, [lt/h]

El factor 1000 corrige las unidades del volumen.

5.7.1.25. Volumen Bruto por Ciclo de Riego VBC

Es el volumen total de agua requerido para satisfacer las necesidades del cultivo durante la época de mayor demanda de agua por el cultivo y durante un ciclo de riego

$$VBC \text{ [m}^3 \text{ / ciclo]} = DBt \text{ [m}^3 \text{ / turno]} * Tc \text{ [turnos / ciclo]}$$

$$VBC = \text{Volumen bruto por ciclo [m}^3 \text{ / ciclo]}$$

$$DBt = \text{Dosis bruta por turno, [m}^3 \text{ / turno]}$$

$$Tc = \text{Turnos de riego por ciclo, [turnos / ciclo]}$$

5.7.1.26. Caudal Específico QE

El caudal específico, Q_e [$\text{m}^3 / \text{h} / \text{Ha}$] se obtuvo dividiendo el caudal requerido, Q_r [m^3 / h] entre el área total bruta, A [Ha] de la parcela.

Este dato no tiene aplicación directa en la determinación del régimen de riego, pero es un dato "promedio" utilizado por algunas instituciones responsables de la distribución del agua en proyectos regionales y se basa en el principio de que el sistema de distribución de agua obligue al agricultor a aprovechar el máximo caudal durante el corto tiempo de entrega del agua a su predio.

Por lo tanto este dato siempre a de ir acompañado por el dato referente al número de horas requerido para regar la parcela, ya que los sistemas de riego a presión utilizan caudales específicos reducidos, durante períodos relativamente prolongados

$$Q_e \text{ [m}^3 \text{ / h]} = \frac{Q_r \text{ [m}^3 \text{ / h]}}{A \text{ [Ha]}}$$

$$Q_e = \text{Caudal específico [m}^3 \text{ / hora]}$$

$$Q_r = \text{Caudal requerido [m}^3 \text{ / hora]}$$

$$A = \text{Area bruta total de la parcela [Ha]}$$

5.7.2. DISEÑO HIDRÁULICO

Para este diseño se consideraron todos aquellos aspectos relacionados con la conducción y distribución de agua a través de tuberías a presión, como se observa a continuación:

5.7.2.1. Tubería Lateral

Para el diseño se tomó en cuenta el caudal requerido para cada parcela de riego, la presión requerida en la entrada y la diferencia de presión a lo largo del lateral. Se calcularon las pérdidas de carga por fricción mediante la ecuación de Hazen – Williams, y luego se seleccionó el diámetro de la tubería.

5.7.2.2. Longitud de Lateral

Las tuberías laterales fueron diseñadas de acuerdo al catalogo del fabricante el cual especifica las longitudes máximas a diferentes presiones.

5.7.2.3. Emisores por Lateral

El número de emisores por lateral fue variable y estuvo influenciado directamente por la longitud del mismo, se utilizó para el cálculo la siguiente relación:

$$\text{Emisores por lateral} = \text{Longitud del lateral} / \text{espaciamento entre goteros}$$

5.7.2.4. Diámetro del Lateral

El diámetro externo del lateral recomendado es de 16 mm. el espesor de pared es de 0.65 mm y el diámetro interno es de 14.7 mm.

Las cargas por fricción se determinaron mediante el uso de la ecuación de Hazen-Williams:

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

Donde:

H _f :	Pérdidas de carga por fricción (m).
Q:	Caudal del sistema (m ³ /h)
C:	Coefficiente de rozamiento según material de tubería
	"C" PVC (Cloruro de polivinilo) : 150
	"C" HG (Hierro Galvanizado) : 130
	"C" Aluminio: 120
D:	Diámetro de la tubería (mm)
L:	Longitud de la tubería (m)

Además se tomó en cuenta que la tubería lateral tiene salidas (en cada emisor), entonces la H_f se multiplicó por el factor "F" obtenido de la ecuación de Chrystiansen:

$$F = \frac{1}{M+1} + \frac{1}{2n} + \frac{\sqrt{(m-1)}}{6n^2}$$

Donde:

m:	Velocidad media de flujo
n:	Número de salidas (número de emisores)

De acuerdo a eso, las pérdidas por fricción para tubería con salidas múltiples (laterales) se calculó de la siguiente forma:

$$hf = H_f \times F$$

Se realizaron tanteos para determinar pérdidas por fricción con diversos diámetros de tubería y se seleccionó aquella tubería que presentó pérdidas por fricción menores que las permisibles en el lateral.

5.7.2.5. Carga en la Entrada de la Parcela

Se estimó la presión necesaria en cada una de las parcelas del proyecto de la forma siguiente:

$$HE = h_o + 0.2 h_o + h_f + h_m + h_t$$

Donde:

HE:	Carga en la entrada de la parcela (m)
h _o :	Presión de operación del emisor (m)
h _f :	Pérdidas por fricción en tuberías (m)
h _m :	Pérdidas por fricción menores (10% de h _f)
h _t :	Diferencia de altura topográfica (m)

Las cargas a las entradas de las diferentes parcelas se determinaron considerando una presión de operación del gotero de 15 PSI, la sumatoria de pérdidas por fricción en la tubería principal y lateral, así mismo se consideró la diferencia topográfica en la entrada de la parcela en relación a la posición del gotero crítico en cada parcela.

5.7.2.6. Caudal de la Red de Tuberías

Para el diseño del caudal de la red de tuberías se consideró inicialmente el número máximo de emisores operando por cada parcela; se calculó el caudal de agua a conducir en cada una de las tuberías a partir del caudal unitario del emisor 1.8 litros /hora.

Se partió en forma progresiva desde el lateral pasando por la secundaria, y finalmente la tubería principal.

5.7.2.7. Tubería Principal

Para la tubería principal se calculó el caudal que conduce cada una de las tuberías correspondientes a los diferentes tramos, de acuerdo con eso y las pérdidas de carga por fricción (ecuación de Hazen-Williams) determinándose las pérdidas en la tubería establecida.

En los tramos de tubería principal y secundaria se determinaron las presiones mediante la ecuación de Hazen-Williams a través de una hoja electrónica.

La presión que la tubería deberá soportar fue calculada de acuerdo a las características de la planta-perfil, de la siguiente forma:

$$P_t = CHD/0.704$$

Donde:

P _t :	Presión del tramo (psi)
CHD:	Carga de presión disponible (m)
0.704:	Constante para convertir de m a psi

La presión nominal de la tubería debe ser mayor a la presión estática del tramo que se obtuvo a través del cálculo anterior para evitar ruptura de tubería por sobre presiones y en todos los tramos se considera un margen de seguridad.

5.7.2.8. Sistema de Válvulas

Las válvulas a utilizar son las de limpieza o drenaje y las de aire, se seleccionaron de acuerdo al perfil longitudinal del terreno en planos, el cual indicó los lugares donde podían colocarse tomando el criterio de que las primeras se colocaron en los puntos bajos y las segundas en los puntos altos o picos elevados que presentó el perfil del terreno.

5.7.2.9. Obras Civiles

5.7.2.9.1. Tanque de Almacenamiento: Se diseñó un tanque con un volumen de almacenaje suficiente para las demandas de agua en el sistema. Este se construirá en la parte donde se capte el agua de la quebrada.

5.7.2.9.2. Tanque de Distribución: Se diseñó un tanque en un punto estratégico para abarcar todas las áreas de riego y aprovechar la altura que servirá para dar la presión necesaria al sistema, a partir del tanque de distribución saldrán los ramales de distribución a cada una de las áreas de riego.

5.7.2.9.3. Cajas desarenadoras: Se diseñaron para evitar el paso de cualquier partícula presente en el agua y que no entre al sistema, ya que de lo contrario podría provocar taponamientos.

5.7.2.9.4. Pasos Aéreos: En los lugares donde la tubería no pueda ser enterrada se diseñaron pasos aéreos con hierro galvanizado como tubo de conducción y con las columnas de cemento necesarias.

5.7.2.9.5. Caja de Válvulas: Se diseñaron cajas para la protección de todas las válvulas que se utilizarán en el sistema.

5.7.2.9.6. Tanque Rompe presión: Se diseñaron tanques para romper la presión en los lugares donde la tubería de conducción tenga sobre presión, y así evitar que la tubería se rompa y asegurar que el agua llegue con la presión necesaria al sistema.

5.8. ANÁLISIS DE MERCADO Y COMERCIALIZACIÓN

En el análisis de mercado se tomaron en cuenta aspectos de importancia como:

- b. Mercados potenciales existentes en el área.
- c. Canales de distribución y / o comercialización.

5.9. ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO

5.9.1. Costos

5.9.1.1. Costos de Producción Agrícola

Se estimó el costo de producción por ciclo por hectárea para el cultivo a establecer bajo riego. Se tomó en cuenta:

- A. Costos directos (tierra, mano de obra, insumos, etc.)
- B. Costos indirectos (administrativos)

5.9.1.2. Costos de Ejecución del Proyecto

Se determinó el monto de la inversión total para la implementación del proyecto, tomando en cuenta, costo de inversión (tuberías y accesorios dentro de las parcelas) costo de administración, de operación y mantenimiento.

5.9.1.3. Costos Financieros

- A. Estimación de costos, ingresos y beneficios agrícolas con proyecto y sin proyecto:

Se realizó una comparación de la situación con proyecto y sin proyecto de los cultivos de la zona de estudio, tomando en cuenta para cada una de las situaciones; i) Cosechas al año, ii) Precio del producto, iii) Área cultivada (ha), iv) Producción por área (quintales, unidades o redes por hectárea), v) Producción anual, vi) Ingreso bruto (Q), vii) Costos por hectárea (Q), viii) Costos totales (Q), ix) Ingreso neto (Q).

- B. Flujo de Fondos:

Se realizó un flujo de fondos el cual representa los beneficios netos del proyecto. Los beneficios brutos resultaron de la diferencia entre los beneficios netos agrícolas con el proyecto y los beneficios agrícolas sin proyecto.

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

5.9.2. EVALUACIÓN FINANCIERA

5.9.2.1. Valor Actual Neto

Se refiere al valor que tienen hoy los ingresos futuros de un proyecto, a la tasa de oportunidades del capital, en un período determinado de años.

El cálculo de VAN se determinó mediante:

$$\text{VAN} = Td \times \text{Beneficio neto}$$

Donde:

VAN: Valor actual neto (Q)

Td : Tasa de descuento (%)

5.9.2.2. Relación Beneficio Costo

Indica la relación que existe entre los beneficios brutos del proyecto y los costos totales del proyecto actualizando al costo de oportunidad del capital en un período de años determinado y se calculó mediante:

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

5.9.2.3. Tasa Interna de Retorno

La 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 y se determinó mediante:

$$TIR = TAI + AT \left[\frac{VAN TI}{(\sum VAN TI + \sum VAN TS)} \right]$$

Donde:

TIR =	Tasa interna de retorno (%)
TAI =	Tasa de actualización inferior (%)
AT =	Diferencia entre dos tasas (%)
VAN TI =	Valor actual neto de la tasa inferior (Q)
VAN TS =	Valor actual neto de la tasa superior (Q)

5.9.2.4. Análisis de Sensibilidad

Se realizó para observar el comportamiento de los indicadores de evaluación al introducir variaciones en los costos y beneficios, en los casos de no tener seguridad de que el proyecto sea rentable a largo plazo, es decir indicó la factibilidad del proyecto.

A los indicadores considerados en el proyecto se aplicó un incremento del 10% en costos totales y en otro caso un decremento del 10% en los beneficios.

5.10. EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA

Se realizó un estudio para conocer el estado socioeconómico de los habitantes de la comunidad, para tal fin se hizo un análisis en base a observación y recopilación de información dando énfasis en factores como ingreso familiar, área de terreno, cultivos, servicios, migraciones, fuentes de empleo, etc.

5.11. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Se determinó el impacto ambiental positivo o negativo así como las medidas de mitigación para mantener un equilibrio ambiental en tres zonas fundamentales: en la fuente de agua, en la conducción de tubería y dentro del área de riego. A través de un recorrido por toda el área influenciada por la ejecución del proyecto y mediante un análisis se determinó la influencia parcial y / o total sobre componentes como: cobertura vegetal, suelo, agua, producción de basura, etc.

5.12. BÚSQUEDA DE FINANCIAMIENTO

Se determinaron diferentes alternativas para el financiamiento del proyecto, para ello se hicieron consultas con diferentes instituciones que podrían otorgar los fondos para la ejecución del proyecto, para dicho financiamiento se tomaron en cuenta potenciales donantes así como también la posibilidad de someter el proyecto a un préstamo.

6. RESULTADOS

6.1. UBICACIÓN DE LA COMUNIDAD

La comunidad El Zarzal se ubicó en la hoja cartográfica La Unión 2360 IV del IGN (Ver sección de hoja cartográfica en apéndice). Las coordenadas en el centro de la comunidad son Latitud $14^{\circ}52'25.8''$ Norte y Longitud $89^{\circ}16'47.4''$ Oeste y la altitud aproximada del lugar es de 600 msnm.

6.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

A partir del punto de captación de agua hasta el tanque de distribución se encontró una diferencia de nivel de 150.18 m y el largo de la línea de conducción hasta el mismo punto fue de 3069 m. (Ver planos en apéndice)

A partir del tanque de distribución salen los siguientes ramales:

- A. El ramal principal (tramo a partir del tanque de distribución) posee una longitud de 3,014 m y una diferencia de nivel de 89.22 m. Este regará 43 parcelas sumando un área de 8.48 ha.
- B. El primer ramal (Del Templo Evangélico) posee una longitud de 1,918 m y 101.42 m de diferencia de nivel desde el tanque de distribución hasta la última parcela del ramal. Este regará 13 parcelas sumando un área de 3.01 ha.
 - a. El primer ramal posee un sub-ramal (Víctor Martínez) de 342 m de longitud y una diferencia de nivel de 17.66 m. Este regará 6 parcelas sumando un área 0.87 ha.
- C. El segundo ramal (Costos García) posee una longitud de 399 m y 80.2 m de diferencia de nivel. Este regará 6 parcelas sumando un área de 1.31 ha.
- D. El tercer ramal (Miguel Guerra) posee una longitud de 178 m y una diferencia de nivel de 105.88 m. Este regará 1 parcela de 0.04 ha.
- E. El cuarto ramal (De Luis Vásquez) posee una longitud de 833 m y una diferencia de nivel de 9.26 m. Este regará 9 parcelas sumando un área de 1.92 ha.

6.3.2. Constantes de Humedad

Según los resultados de laboratorio se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla 4:

Tabla 4. Resultados de Constantes de Humedad.

MUESTRA	PROFUNDIDAD cm	DENSIDAD APARENTE gr / cc	CONSTANTES DE HUMEDAD	
			CC 1/3 DE atm	PMP 15 atm
ZAR 1 A	0-25	0.9090	35.74%	25.71%
ZAR 1 B	25-50	0.9524	37.47%	25.66%
ZAR 2 A	0-25	1.1111	30.79%	21.72%
ZAR 2 B	25-50	1.0526	29.29%	17.26%
ZAR 3 A	0-25	1.2500	15.39%	11.01%
ZAR 3 B	25-50	1.2121	20.62%	15.63%
ZAR 4 A	0-25	1.4286	17.80%	10.78%
ZAR 4 B	25-50	1.3333	16.41%	9.76%

6.3.3. Infiltración

Con las pruebas realizadas con el infiltrómetro de cilindros se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla 5, utilizando el modelo de Kostiakov-Lewis.

Tabla 5. Resultados de Infiltración.

Sector de Riego	Velocidad de Infiltración Básica (mm / h)
ZAR 1	25
ZAR 2	24
ZAR 3	23
ZAR 4	23

6.4. CULTIVOS A SER REGADOS

Debido a las características climáticas de la región, se pretende implementar el cultivo de tomate, ya que es un producto bastante rentable y que con manejo adecuado puede resultar de bastante beneficio a la economía de la comunidad.

6.5. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS

La quebrada de la cual se tomará el agua para riego fue objeto de aforo y análisis de laboratorio.

6.5.1. Aforo

En el aforo realizado en época de estiaje, Marzo 2002, se obtuvo un caudal de 30 lt / s.

6.5.2. Análisis de Laboratorio

La muestra de agua llevada a laboratorio observaba las características que se muestran en la tabla 6 (Ver resultados de laboratorio en apéndice)

Tabla 6. Resultados de Análisis Químico.

MUESTRA	pH	Us/cm * CE	Meq/litro				Suma de Cationes	PPM			
			Ca	Mg	Na	K		Cu	Zn	Fe	Mn
ZAR	4.1	177	0.50	0.50	0.17	0.005	1.175	0.0	0.09	0.3	0.4

6.6. DISEÑO AGRONÓMICO

6.6.1. Cálculo de Consumo de Agua

Este se determinó calculando la ETP para los cultivos a implementar, para ello se utilizó el método de Blanney

– Criddle / FAO. Los resultados de la ETo se muestran en la tabla 7:

Tabla 7. Resultados de ETo por el método Blanney – Criddle / FAO.

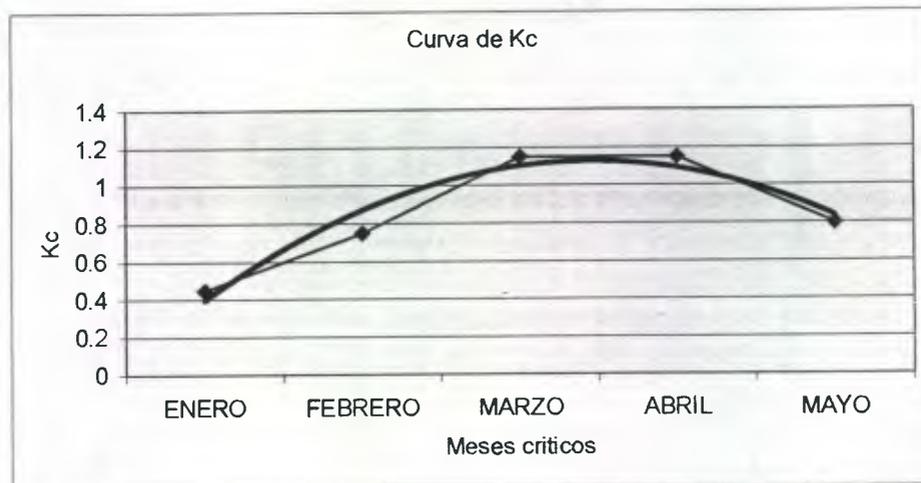
MES	T° MEDIA	P	P (0.46t + 8.13)	ETo. (mm/día)	ETo. (mm/mes)
ENERO	24,75	0,26	5,07	5.78	179.31
FEBRERO	25,50	0,26	5,16	5.89	164.82
MARZO	27,15	0,27	5,57	6.35	196.74
ABRIL	27,70	0,28	5,84	6.66	199.87
MAYO	29,40	0,29	6,28	7.16	221.92

JUNIO	28,40	0,29	6,15	7.01	210.20
JULIO	27,55	0,29	6,03	6.88	213.20
AGOSTO	28,05	0,28	5,89	6.71	208.13
SEPTIEMBRE	27,52	0,28	5,82	6.64	199.08
OCTUBRE	27,80	0,27	5,65	6.44	199.60
NOVIEMBRE	24,35	0,26	5,03	5.73	171.89
DICIEMBRE	24,75	0,25	4,88	5.56	172.42

Luego se calcularon los coeficientes de cultivo (K_c), de acuerdo a las etapas de los mismos, como se muestra en la gráfica 1. Luego se calculó la evapotranspiración y se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla 8.

Tabla 8. Evapotranspiración de Tomate

		Cultivo		
		Tomate		
		K_c	ETM (mm / día)	ETM (mm / mes)
ENERO	179.31	0.45	2.60	80.69
FEBRERO	164.82	0.75	4.41	123.62
MARZO	196.74	1.15	7.30	226.25
ABRIL	199.87	1.15	7.66	229.85
MAYO	221.92	0.80	5.73	177.54



Grafica 1. Coeficiente de cultivo (K_c) de acuerdo a las etapas fenológicas del tomate

6.6.2. Requerimiento de Agua

Para el cálculo del requerimiento de riego fue necesario primero establecer la precipitación efectiva para la región en estudio, para lo cual se utilizó el método de Blanney-Criddle que se presenta en la tabla 9.

Tabla 9. Cálculo de precipitación efectiva a través del método de Blanney-Criddle

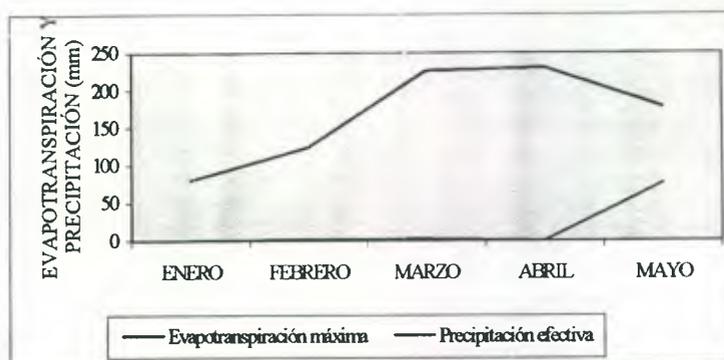
MES	PRECIPITACIÓN mm	COEFICIENTE DE APROVECHAMIENTO	PRECIPITAC EFECTIVA SEGÚN B&C mm	ET _o mm	PRECIPITACIÓN EFECTIVA mm
ENERO	0.90	0.95	0.86	179.31	0.86
FEBRERO	1.30	0.95	1.24	164.82	1.24
MARZO	2.00	0.95	1.90	196.74	1.90
ABRIL	0.00	0.95	0.00	199.87	0.00
MAYO	90.00	0.95, 0.90, 0.82, 0.65	76.50	221.92	76.50
JUNIO	148.50	0.95, 0.90, 0.82, 0.65, .45, .25	100.13	210.20	100.13
JULIO	91.00	0.95, 0.90, 0.82, 0.65	77.15	213.20	77.15
AGOSTO	82.10	0.95, 0.90, 0.82, 0.65	71.37	208.13	71.37
SEPTIEMBRE	208.40	0.95, 0.90, 0.82, 0.65,	103.42	199.08	103.42
OCTUBRE	75.70	0.95, 0.90, 0.82, 0.65	67.21	199.60	67.21
NOVIEMBRE	2.40	0.95	2.28	171.89	2.28
DICIEMBRE	4.90	0.95	4.66	172.42	4.66

En base a los datos del cuadro anterior se estableció el requerimiento de riego con fines de operación, para cada uno de los cultivos regables en el área de diseño; los datos obtenidos se presentan en la tabla 10.

Tabla 10. Requerimiento de riego para el cultivo en la región.

	PP. EFECTIVA	Tomate		
	(mm/mes)	ETM (mm/mes)	REQ (mm/mes)	REQ (mm/día)
ENERO	0.86	80.69	79.84	2.58
FEBRERO	1.24	123.62	122.39	4.37
MARZO	1.90	226.25	224.35	7.24
ABRIL	0.00	229.85	229.85	7.66
MAYO	76.50	177.54	101.04	3.26
		Σ	757.46	

En la gráfica 2 se observa el déficit hídrico que se presentaría en el cultivo del tomate en los meses críticos para las condiciones del caserío El Zarzal.



Gráfica 2. Evapotranspiración y Precipitación efectiva en Tomate.

6.6.3. Lámina de Agua Disponible a Profundidad Radicular Efectiva del Cultivo

La lámina de agua disponible en el perfil del suelo ocupado por las raíces del cultivo y después de haberse analizado las muestras de suelo es de 166.4 mm.

6.6.4. Volumen de Agua Disponible a la Profundidad Radicular Efectiva

El volumen es de 1,664 m³/ha a la profundidad radicular efectiva.

6.6.5. Lamina de Agua Aprovechable

La lámina de agua que el cultivo puede aprovechar sin que disminuya su rendimiento es de 4.46 mm.

6.6.6. Porcentaje de Área Bajo Riego

El porcentaje de área bajo riego calculado es de 40% según la descarga del gotero de 1.8 lts / h, la textura arcillo arenosa y el espaciamiento entre goteros de 0.3 m.

6.6.7. Precipitación Horaria del Sistema de Riego

Según el caudal del gotero y el área efectiva de riego es de 11 mm / h.

6.6.8. Intervalo de Riego

El intervalo de días entre dos riegos consecutivos es de 1 día.

6.6.9. Ciclo de Riego

En 1 día se riegan las 15.63 has que constituyen el área de riego.

6.6.10. Lámina de Riego Ajustada

Este resultado dependió de la evapotranspiración y del porcentaje del área bajo riego y dio una lamina de 7.66 mm.

6.6.11. Porcentaje de Agua Aprovechada

Habiendo ajustado la lámina de riego es conveniente calcular el porcentaje de agua aprovechada por el cultivo lo cual nos da un porcentaje de 4.59 %.

6.6.12. Lámina Bruta

De acuerdo a la lamina de riego ajustada y la eficiencia del sistema de riego se determinó la lámina bruta la cual es de 8.48 mm.

6.6.13. Dosis de Riego Bruta por área

33.91 m³ / ha es el volumen de agua a aplicar.

6.6.14. Horas de Riego por Turno

El tiempo requerido para aplicar la lamina bruta por el emisor es de 0.75 horas.

6.6.15. Máximo Número de Horas de Riego Diarias

Debido a la disposición de la comunidad y a la organización para operar el sistema de riego las horas de riego son 9.7 h.

6.6.16. Máximo Numero de Turnos de Riego Diarios

Durante el día se podrán hacer 13 turnos de riego

6.6.17. Horas de Riego por Día

En total el número de horas de riego por día es de 9.7 horas.

6.6.18. Horas de Riego por Ciclo

Durante el ciclo de riego 9.7 horas serán necesarias para cubrir en forma total el área a regar.

6.6.19. Número de Turnos por Ciclo

El número de veces que es necesario poner en operación al sistema de riego para cubrir el área de riego es de 13 turnos.

6.6.20. Superficie Bajo Riego por Turno

El área a regar es de 1.2 Ha.

6.6.21. Dosis de Riego Bruta por Turno

El volumen de agua que se aplicará por turno es de 40.77 m³.

6.6.22. Caudal Requerido

El caudal requerido para el riego es de 55 m³ / hora.

6.6.23. Descarga Disponible en el Sistema de Riego

El caudal requerido por hora es de 55 m³ el cual es menor que la descarga que tenemos pues este es de 108 m³, de tal manera que si es factible abastecer el volumen requerido de agua en el tiempo disponible.

6.6.24. Número de Emisores por Turno

Según la descarga del sistema de riego y la descarga del emisor tenemos que 30,361 emisores operarán por turno.

6.6.25. Volumen Bruto por Ciclo de Riego

El volumen total requerido para satisfacer las necesidades del cultivo durante la época de mayor demanda de agua por el cultivo es de 530 metros cúbicos por ciclo.

6.6.26. Caudal Específico

El caudal específico para este proyecto es de 3.5 metros cúbicos por hora por Ha.

Resumen de diseño agronómico

Ld _{zr} (Lamina disponible de la zona radicular)	mm/zr	166.40
Vd _{zr} (Volumen de agua disponible –zona radicular)	(m ³ /Ha/zr)	1664.00

Lazr (Lamina aprov. a la prof. radicular)	mm/zr	4.46
Par (Porcentaje del area bajo riego)	%	0.40
Phr (Precipitaciqn horaria del sistema de riego)	mm/h	11.36
ETc (Uso consuntivo)	mm/dia	3.05
Ir (Intervalo de riego)	d	0.58
Ir aj(Intervalo de riego aj.)	d	1.00
CR (Ciclo de riego)	d	1.00
LR(aj) (Lamina de riego ajustado)	mm	7.6
Pa (Porcentaje del agua aprovechada)	%	0.05
LB (Lamina bruta)	mm	8.48
DB (Dosis de riego bruta)	(m ³ /Ha)	33.91
Ht (Horas de riego por turno)	h/turno	0.75
Td (Max. numero de turnos de riego diarios)	turno/dia	21.45
Td aj(Max. numero de turnos de riego diarios ajustado)	turno/dia	13.00
Hd (Horas de riego por dia)	h/dia	9.70
Hc (Horas de turnos por ciclo)	h/ciclo	9.70
Tc (Número de turnos por ciclo)	turnos/ciclo	13.00
St (Superficie bajo riego, por turno)	Ha/turno	1.20
DBt (Dosis de riego bruta por turno)	(m ³ /turno)	40.77
Qr (Caudal requerido)	(m ³ /h)	54.65
Emt (Número de emisores por turno)	e/turno	30361
VBc (Volumen bruto por ciclo de riego)	(m ³ /ciclo)	530.00
Qe (Caudal especifico)	(m ³ /Ha/h)	3.50

6.6.27. Selección del Gotero

Se eligió una manguera de goteo, en el siguiente cuadro se describen sus especificaciones técnicas.

Especificaciones técnicas de la manguera seleccionada

Color del emisor Negro

Color lateral	Negro
Diámetro exterior	16 mm
Grosor de pared	0.65 mm
Diámetro interior	14.7 mm
Conector recomendado	Conector 16-16 con un ajuste
Filtrado	Filtros de discos de 120 mesh, filtro de malla 140 mesh.
Garantía	3 años por defecto de producción
Presión	Mínimo 10m. máximo 20m.
Caudal (lt/h)	1.40 a 2.21

6.6.28. Operación del Sistema

Todas las parcelas dispondrán de riego diario. El sistema operará en 13 tumos de riego durante los 7 días de la semana. En cuanto al tiempo de riego se operará durante un periodo de 9.7 h en total por los 13 tumos ya que cada tumo operará 0.75 horas. Los tumos se pueden observar en el cuadro 3.

Cuadro 3. Grupos de Tumo de riego

No. Tumo	No. De parcela	Beneficiario	Tareas	Área mz	Área ha	Caudal m3	Tiempo (hrs.)
1	1	Perfecto Olorozo	6	0.38	0.26	0.85	1.11
	2	Jorge Esquivel	7	0.44	0.31	1.00	1.11
	3	Juan Antonio Olorozo Ramírez	6	0.38	0.26	0.85	1.11
	4	Florencio Gutiérrez	7	0.44	0.31	1.00	1.11
2	5	Gerardo Ramírez	7	0.44	0.31	1.00	1.11
	6	Eusebio Gutiérrez	2	0.13	0.09	0.28	1.11
	7	Virgilio Gutiérrez	2	0.13	0.09	0.28	1.11
	8	Aguilar Gutiérrez	7	0.44	0.31	1.00	1.11
	9	Gonzalo Esquivel	5	0.31	0.22	0.71	1.11
3	10	Santos Ramos	7	0.44	0.31	1.00	1.11
	11	Lorenzo Martínez	1	0.06	0.04	0.14	1.11
	12	Joaquín Martínez	1	0.06	0.04	0.14	1.11
	13	Everido Esquivel	3	0.19	0.13	0.43	1.11
	14	Gerardo Cordón	7	0.44	0.31	1.00	1.11
	15	Vásquez Avaros	4	0.25	0.18	0.57	1.11
4	16	Marcelino Vásquez	7	0.44	0.31	1.00	1.11
	17	Francisco Esquivel	3	0.19	0.13	0.43	1.11
	18	Nazario Esquivel	1	0.06	0.04	0.14	1.11
	19	Felicita García	1	0.06	0.04	0.14	1.11
	20	Gavino Escobar	4	0.25	0.18	0.57	1.11
	21	Maximino Martínez	4	0.25	0.18	0.57	1.11
	22	Manuel Escobar	4	0.25	0.18	0.57	1.11

	23	Locario Gutiérrez	4	0.25	0.18	0.57	1.11
5	24	Claudio Martínez	2	0.13	0.09	0.28	1.11
	25	José de León	7	0.44	0.31	1.00	1.11
	26	Martín de León	7	0.44	0.31	1.00	1.11
	27	Reynerio Olorozo	2	0.13	0.09	0.28	1.11
	28	Claudio Martínez Aldana	5	0.31	0.22	0.71	1.11
6	29	José Luis Vásquez	7	0.44	0.31	1.00	1.11
	30	Alejandro García	7	0.44	0.31	1.00	1.11
	31	Guillermo Rodríguez	7	0.44	0.31	1.00	1.11
	32	Virgilio Pérez	1	0.06	0.04	0.14	1.11
	33	Silvestre Amador	5	0.31	0.22	0.71	1.11
7	34	Carlos García Esquivel	5	0.31	0.22	0.71	1.11
	35	Francisco García Esquivel	5	0.31	0.22	0.71	1.11
	36	Ruperto García Gutiérrez	5	0.31	0.22	0.71	1.11
	37	Juan Crisóstomo Olorozo	2	0.13	0.09	0.28	1.11
	38	Adán Gutiérrez	6	0.38	0.26	0.85	1.11
8	39	Mario Esquivel	7	0.44	0.31	1.00	1.11
	40	Gregorio Martínez	2	0.13	0.09	0.28	1.11
	41	Víctor Hugo Martínez	5	0.31	0.22	0.71	1.11
	42	Pedro Vásquez	7	0.44	0.31	1.00	1.11
	43	Pedro Vásquez Raymundo	7	0.44	0.31	1.00	1.11
9	44	Otilio Vásquez	7	0.44	0.31	1.00	1.11
	45	Delfino Esquivel	5	0.31	0.22	0.71	1.11
	46	Isidro García	7	0.44	0.31	1.00	1.11
	47	Santos Olorozo	7	0.44	0.31	1.00	1.11
10	48	Domingo Vásquez	7	0.44	0.31	1.00	1.11
	49	José Ernesto Vásquez	7	0.44	0.31	1.00	1.11
	50	Salvador Pérez	5	0.31	0.22	0.71	1.11
	51	Anacleto Pérez	3	0.19	0.13	0.43	1.11
	52	Mauro Olorozo Geronimo	2	0.13	0.09	0.28	1.11
	53	Carlos Humberto García	5	0.31	0.22	0.71	1.11
11	54	Antonio Gutiérrez	7	0.44	0.31	1.00	1.11
	55	Santos Esquivel	5	0.31	0.22	0.71	1.11
	56	Simeón Olorozo	5	0.31	0.22	0.71	1.11
	57	Silvestre Pérez	6	0.38	0.26	0.85	1.11
	58	Eduviges Esquivel	1	0.06	0.04	0.14	1.11
	59	Nicasio Gutiérrez	5	0.31	0.22	0.71	1.11
12	60	Ambrosio Samuel Martínez	2	0.13	0.09	0.28	1.11
	61	Oscar Antonio Guerra	7	0.44	0.31	1.00	1.11
	62	Miguel Guerra Ramírez	7	0.44	0.31	1.00	1.11
	63	Templo Evangélico	3	0.19	0.13	0.43	1.11
	64	Manuel Antonio Carranza	5	0.31	0.22	0.71	1.11
13	65	Leonardo Avalos	5	0.31	0.22	0.71	1.11

	66	Bartolo Martínez	4	0.25	0.18	0.57	1.11
	67	Santos Pérez	1	0.06	0.04	0.14	1.11
	68	Marco Geronimo	1	0.06	0.04	0.14	1.11
	69	Gregorio Raymundo	6	0.38	0.26	0.85	1.11
	70	Santa Martínez	6	0.38	0.26	0.85	1.11
14	71	Marvin Duque	6	0.38	0.26	0.85	1.11
	72	Sacundino Esquivel	5	0.31	0.22	0.71	1.11
	73	Casa de Salud	6	0.38	0.26	0.85	1.11
	74	Escuela	5	0.31	0.22	0.71	1.11
	75	Ramón Pérez	1	0.06	0.04	0.14	1.11
	76	Maria Marta Gutiérrez	1	0.06	0.04	0.14	1.11
	77	Julia Olorozo	1	0.06	0.04	0.14	1.11
14	77	TOTAL	357	22.31	15.62	50.76	15.54

6.7. DISEÑO HIDRÁULICO

De acuerdo a las condiciones del lugar y a los estudios de topografía, se determinaron los siguientes parámetros hidráulicos:

6.7.1. Carga en la Entrada de la Parcela

El diseño hidráulico parte desde la parcela, por lo que fue necesario determinar la carga de presión requerida en la entrada de la misma, para lo cual se consideró una presión de operación del emisor de 15 lb. / pulg², las pérdidas de carga por fricción fueron variables entre cada una de las parcelas dado que existen laterales de diferente longitud, para su determinación se utilizó la ecuación de Hazen-Williams, se obtuvieron los resultados, tabla 11.

Tabla 11. Pérdidas en Tubería. (Ver gráficas en Apéndice)

D Pulg	D mm	Q m ³ /h	Coe. C	No. Tubos	Long.	L ac	Hf	Cota In.	Cota Fi.	Dif. Cotas	CFT m	CFT PSI	Punto
Conducción													
					0	0							
5	127	55	150	92	552	552	5.48	499.4	485.63	13.77	8.29	11.84	Toma (1)-Est. 5
5	127	55	150	225	1350	1902	13.40	485.63	449.8	35.83	22.43	32.04	Est. 5-Est. 12
5	127	55	150	238	1428	3330	14.17	449.8	429.63	20.17	6.00	8.57	Est. 12-Est. 19
5	127	55	150	86	516	3846	5.12	429.6	349.22	80.38	75.26	107.51	Est. 19-TanDist(26)
			Sum.	641	3846								
Ramal Principal													
					0	0							
5	127	55	150	543	3258	3258	32.34	349.2	260	89.20	56.86	81.23	TanDist(26)-Est.38

Ramal I													
					0	0							
5	127	55	150	32	192	192	1.91	373.18	335.02	38.16	36.25	51.79	TanDist(26)-Est.I2
5	127	55	150	318	1908	2100	18.94	335.02	271.76	63.26	44.32	63.32	Est.I2-Est.I11
			<i>Sum.</i>	350	2100								
Ramal II													
					0	0							
5	127	55	150	40	240	240	2.38	310.12	262.99	47.13	44.75	63.93	TanDist(26)-Est.43
Ramal III													
					0	0							
5	127	55	150	28	168	168	1.67	274.64	207.3	67.34	65.67	93.82	TanDist(26)-Est.III2
Ramal IV													
					0	0							
5	127	55	150	153	918	918	9.11	349.2	260	89.20	80.09	114.41	TanDist(26)-Est.IV8
Ramal I1													
					0	0							
5	127	55	150	63	378	378	3.75	349.08	301.42	47.66	43.91	62.73	Est.I4-Est.I3

Leyenda: D = Diámetro, Q = Caudal, Coe. C = Coeficiente de Tubería, Long. = Longitud, Hf = Pérdidas, Cota In = Cota al Inicio del tramo, Cota Fi. = Cota al Final del Tramo, Dif. Cotas = Diferencia de Cotas, CFT = Carga al Final del Tramo, en m y en PSI

6.7.2. Tubería Lateral

Para la selección de la tubería lateral se consideró de importancia el caudal a conducir en cada uno de los tramos, la longitud de los laterales es variable ya que existe una diferencia significativa en las dimensiones de las parcelas; sin embargo la tubería posee el mismo diámetro (1/2"); la separación entre cada lateral es de 1.2 m.

6.7.3. Tubería Subprincipal y Principal

Las dimensiones de la red de tuberías sub-principales también fueron diferentes para cada uno de los tramos diseñados, debido a lo heterogéneo de las condiciones donde será desarrollado el proyecto.

Para conocer la presión requerida en cada uno de los tramos de tubería sub-principal fue necesario calcular los requerimientos de presión en cada inicio, para lo cual fue de importancia conocer la carga requerida en la entrada de cada parcela y las pérdidas por fricción desde ese punto hasta donde inicia la tubería subprincipal.

En cuanto a la tubería principal cabe mencionar que para el dimensionamiento de toda la red se trabajó con el diámetro de las tuberías que presentan las respectivas casas distribuidoras. Para la selección del diámetro y presión

de la tubería principal se realizó una serie de cálculos utilizando tablas y datos del sistema. Para cada uno de los tramos de tubería principal se consideró el caudal conducido así como el diámetro y presión más apropiado para mantener una adecuada velocidad y cumplir con la carga hidráulica requerida; los desniveles entre cada una de las estaciones también fueron considerados.

Después del respectivo trazo del perfil del terreno se procedió a calcular la línea piezométrica, considerando las pérdidas de carga por fricción originadas en cada uno de los tramos, utilizando el diámetro interior de cada una de las tuberías.

La línea piezométrica fue de utilidad para observar cual era la carga hidráulica disponible (CHD) en cada uno de los tramos y ver si cumplía con los requerimientos para el funcionamiento apropiado del sistema. Así mismo sirvió de parámetro para seleccionar la tubería que se adecuara a cada uno de los tramos del proyecto con la finalidad de soportar la carga de presión, y de esa manera evitar ruptura de tuberías por sobrepresión.

6.7.4. Sistema de Válvulas

Para favorecer el funcionamiento apropiado del sistema se colocarán un total de 5 válvulas de aire y 4 válvulas de drenaje desde el tramo que comprende la captación de agua hasta el final de la línea de tubería principal, con lo cual se asegura mantener lo más limpio posible las tuberías y evitar que se tapen, así como el funcionamiento apropiado del sistema de cintas de riego, mientras que las de aire permitirán mantener un flujo de agua más uniforme. La colocación de cada una de ellas estuvo determinada por el perfil del suelo. Para la protección de dichas válvulas se construirán cajas en cada una de los puntos donde se ubicarán las válvulas.

6.7.5. Obras Civiles

Las obras necesarias dentro del proyecto se presentan a continuación:

A. Tanque de captación: Se construirá en el punto donde se captará el agua en la quebrada. Se utilizará cemento, hierro, arena y piedrín.

B. Tanques de distribución: De acuerdo a las necesidades del proyecto se consideró la construcción de dos tanques de distribución con una capacidad de 50 m³ donde se tomará el agua por gravedad y será conducido por tuberías a las áreas de riego. Estos se diseñaron de tal manera que resistan la presión ejercida por el agua almacenada, se utilizará cemento, arena, hierro y pedrín.

C. Pasos aéreos: De acuerdo a las características de relieve fue necesario considerar la construcción de cuatro pasos aéreos para poder conducir el agua; se utilizará tubería de hierro galvanizado y los cimientos serán construidos de cemento, arena, pedrín y hierro.

D. Caja para válvulas: Para la protección de válvulas de drenaje y aire es necesario la construcción de nueve cajas construidas con cemento, arena, pedrín y alambre.

6.7.6. Especificaciones del Sistema

DEL CULTIVO

Cultivo	Tomate
Ciclo vegetativo	135 días
Siembra	Variable
Cosecha	Depende de la fecha de siembra
Profundidad radicular	1.50 m
Altura media	1.0 m
Evapotranspiración máxima diaria	7.6 mm

DEL RIEGO

Lámina de riego neta	7.6 mm
Lámina de riego bruta	8.48 mm
Frecuencia de riego crítica	1 día
Mes crítico	Abril
Número de riegos / ciclo	Variable, depende de fecha de siembra
Tiempo de riego diario	9.7 h
Turnos / día dentro de la parcela	1 turno
Tiempo de riego / turno	0.75 h
Infiltración básica	25 mm / h
Intensidad de riego	11.36 mm / h

CINTA DE RIEGO

Presión	15 PSI
Caudal	1.8 lt / h
Separación entre emisores	0.33 m

6.8. ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO

6.8.1. Costos

6.8.1.1. Costos de Producción Agrícola

El costo de producción para sembrar una hectárea de tomate es de aproximadamente Q30,492.93, este costo se determinó a partir de los precios de los insumos locales para sembrar una hectárea de dicho cultivo, así como también se tomó en cuenta la experiencia de los agricultores del área.

6.8.1.2. Costos de Ejecución del Proyecto

Para calcular el costo total se tomó en cuenta la inversión inicial de la instalación del sistema, el costo de materiales y el capital de trabajo para iniciar la producción se presenta en la tabla 12. (Ver detalle en Apéndice)

Tabla 12. Costos totales de la implementación del proyecto

Descripción	Precio total (Q)
Costos directos	829,987.55
Costos indirectos	105,492.15
Capital de Trabajo	476,604.49
Total	1,412,084.19

6.8.1.3. Costos Financieros

A.. Estimación de Costos, Ingresos y Beneficios Agrícolas con proyecto Versus Sin Proyecto: En las tablas 13 y 14 se compara la situación sin proyecto y con el nuevo proyecto por goteo:

Tabla 13. Situación de los cultivos sin proyecto.

Cultivo	Cosechas	Precio unidad	Has	Producción por ha	Producción Anual	Ingresos (Q)	Costos por ha (Q)	Costos Totales (Q)	Ingreso neto (Q)
Tómate	1	Q.75	15.63	1000 *	15,630 *	1172250.00	30,492.93	476,604.49	695645.60

* Cajas

Tabla 14. Situación de los cultivos con el proyecto riego por goteo

Cultivo	Cosechas	Precio unidad	Has	Producción por ha	Producción Anual	Ingresos (Q)	Costos Por ha (Q)	Costos Totales (Q)	Ingreso neto (Q)
Tómate	3	Q. 75	15.63	1000 *	46,890 *	3516750.00	30,492.93	1429813.40	2086936.60

* Cajas

B. Estimación de Servicios de la Deuda: Para calcular la amortización de la deuda se estableció una vida útil del proyecto de 20 años, con un periodo de gracia de pago de 2 años a una tasa de interés del 10.5%. Con dichas condiciones la amortización de la deuda se determinó como se muestra en la tabla 15.

Tabla 15. Amortización de deuda del proyecto.

AÑO	INTERES	CAPITAL	CAPITAL + INT.	SALDO (Q)
1	0	0	0	1,412,084.19
2	0	0	0	1,412,084.19
3	148,268.84	282,416.84	430,685.68	1,129,667.36
4	118,615.07	282,416.84	313,664.48	847,250.52
5	88,961.30	282,416.84	290,470.98	564,833.68
6	59,307.54	282,416.84	267,277.48	282,416.84
7	29,653.77	282,416.84	244,083.98	0.00

C. Flujo de Fondos: En la tabla 16 se presenta el flujo de fondos para el proyecto considerando una vida útil del proyecto de 20 años y una tasa de interés del 10.5%.

Tabla 16. Flujo de fondos para el proyecto.

Año	Beneficios	Costos de Operación	Beneficios Netos	Factor de Desc.	Flujos Netos Desc.
0	-1,412,084.19	0	-1,412,084.19	1	-1,412,084.19
1	2,086,936.60	1,412,084.19	674,852.41	0.905	610,741.43
2	2,086,936.60	1,412,084.19	674,852.41	0.819	552,704.12
3	2,086,936.60	1,412,084.19	674,852.41	0.741	500,065.63
4	2,086,936.60	1,412,084.19	674,852.41	0.671	452,825.96
5	2,086,936.60	1,412,084.19	674,852.41	0.607	409,635.41
6	2,086,936.60	1,412,084.19	674,852.41	0.549	370,493.97
7	2,086,936.60	1,412,084.19	674,852.41	0.497	335,401.65
8	2,086,936.60	1,412,084.19	674,852.41	0.45	303,683.58
9	2,086,936.60	1,412,084.19	674,852.41	0.407	274,664.93
10	2,086,936.60	1,412,084.19	674,852.41	0.368	248,345.69
11	2,086,936.60	1,412,084.19	674,852.41	0.333	224,725.85
12	2,086,936.60	1,412,084.19	674,852.41	0.302	203,805.43
13	2,086,936.60	1,412,084.19	674,852.41	0.273	184,234.71
14	2,086,936.60	1,412,084.19	674,852.41	0.247	166,688.54
15	2,086,936.60	1,412,084.19	674,852.41	0.224	151,166.94
16	2,086,936.60	1,412,084.19	674,852.41	0.202	136,320.19

17	2,086,936.60	1,412,084.19	674,852.41	0.183	123,497.99
18	2,086,936.60	1,412,084.19	674,852.41	0.166	112,025.50
19	2,086,936.60	1,412,084.19	674,852.41	0.15	101,227.86
20	2,086,936.60	1,412,084.19	674,852.41	0.136	91,779.93

6.8.2. Evaluación Financiera

Después de calcular los valores de flujo de fondos se procedió a calcular los indicadores financieros siguientes:

VAN = Q. 3,976,026.80

TIR = 35 %

RELACION BENEFICIO / COSTO = 1.47

6.8.2.1. Análisis de Sensibilidad

El análisis de sensibilidad nos permite observar la factibilidad del proyecto en condiciones críticas considerando un aumento de un 10% en los costos del proyecto y una disminución de los ingresos en un 10%

VAN = Q. 3,419,383.10

TIR = 30 %

RELACION BENEFICIO / COSTO = 1.46

6.9. ANÁLISIS DE MERCADO

Es importante mencionar los siguientes aspectos:

6.9.1. Mercados Potenciales

Los productos obtenidos a través del proyecto se pueden comercializar en los siguientes mercados:

- A. Mercado municipal de Jocotán: Esta sería la alternativa más factible para vender los productos agrícolas ya que es el mercado más importante del área y se ubica a 14 Km., existe movimiento comercial casi todos los días de la semana pero el domingo es el principal.

- B. Mercado de Chiquimula: Es otra alternativa de comercialización muy utilizada por los agricultores de la región, este se localiza a unos 42 Km. del caserío, este mercado es el más importante del departamento.
- C. Mercado de Copán Ruinas: Muchos agricultores del municipio acostumbran ir a vender sus productos a la localidad hondureña de Copán Ruinas por lo que se considera que esta es otra alternativa de comercialización cercana, 18 Km. aproximadamente.

6.9.2. Canales de Comercialización y / o distribución

Los canales de comercialización más factibles para los beneficiarios del proyecto son:

- A. Venta directa: De esta forma los productores de la comunidad podrían adquirir las mayores ganancias ya que ellos mismos venderían sus productos a los consumidores, aunque se deben considerar los gastos de flete y transporte hasta los mercados.
- B. Intermediarios: De esta forma los compradores o "coyotes" servirían de intermediarios por lo que las ganancias estarían determinadas por los precios que estos impongan.
- C. Empresas agrícolas: Esta opción aún no está implementada en la región teniendo que hacerse las gestiones necesarias para obtener contratos de producción y compra.

6.10. EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA

En base al análisis socioeconómico se determinó que las familias poseen un ingreso mensual de Q450.00 o menos; cada una de las familias está integrada por 6 personas en promedio.

La principal actividad económica se basa en la agricultura, aunque existen algunas personas que también se dedican a otras labores como albañilería y otros trabajos varios en los centros urbanos del municipio. Productos como maíz y frijol se cultivan y utilizan para el consumo familiar y la comercialización a pequeña escala. La mano de obra utilizada para dicha actividad es proporcionada por las mismas familias, padre de familia e hijos varones. El acceso a capitales de trabajo o dinero alguno, proveniente de alguna otra actividad diferente de la agricultura, es casi nulo.

La tenencia y distribución de la tierra presenta un patrón minifundista, cada familia cuenta con un promedio de 2,500 a 3,000 m² de tierra destinada a labores agrícolas y en algunos pocos casos a la crianza de algunos animales.

La mayoría de las viviendas generalmente cuentan con uno o dos ambientes, cuando existen dos ambientes uno es utilizado como cocina y comedor, el otro sirve como dormitorio. Las viviendas son construidas de adobe, madera y en algunas pocas se utiliza block y cemento en su construcción; el techo es de lámina o paja; el suelo es de tierra o torta de cemento.

La comunidad posee una serie de servicios como lo constituye la energía eléctrica, letrinas, agua potable (servicio de chorros comunales), y una escuela de educación primaria. La comunidad tiene acceso por carretera al menos a las orillas de la comunidad, existiendo el servicio de transporte público que va de Camotán a la frontera de Honduras, El Florido. De la carretera asfaltada hasta el centro de la comunidad se debe de caminar aproximadamente 800 m por caminos y veredas de tierra.

La mayoría de los habitantes emigran a regiones cafetaleras durante la época de cosecha de café, donde venden su fuerza de trabajo para obtener ingresos económicos, al menos durante el período de cosecha del café.

A través de la implementación del proyecto de riego se verán beneficiadas 78 familias con un total de 468 personas.

6.11. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

6.11.1. Entorno Natural del Área

El área de la Comunidad El Zarzal, ha sido modificada históricamente desde la fundación de la misma, actualmente se encuentra con una población más numerosa y a la vez se ha ido perturbando el entorno natural por la construcción de más casas y de las mismas vías de comunicación. El área donde se realizará el proyecto, posee las siguientes características:

- A. Se encuentra relativamente influenciada por áreas urbano rurales, el impacto de las actividades humanas se ha incrementado en los últimos años debido a la pavimentación de la carretera que conduce de Camotán a la frontera de El Florido.
- B. En las partes altas del área, principalmente donde se tomará el agua para el proyecto, se requiere de un plan de manejo de bosques y conservación de suelos.

6.11.2. Posibles Impactos del Proyecto

- A. Los cultivos a establecer alterarán en bajo grado la vegetación natural del área.
- B. Para desarrollar los cultivos del proyecto se requieren productos químicos y biológicos para favorecer la nutrición y protección de cultivos. La desinfección del suelo también puede constituir una fuente de contaminación ambiental significativa. Los envases plásticos de insecticidas, herbicidas y otros productos son considerados desechos tóxicos que podrían afectar también el entorno ambiental.
- C. En general el impacto al ambiente que origina la implementación del proyecto es "bajo".

6.11.3. Medidas de Mejoramiento y Control Ambiental

- A. Evitar la contaminación de la fuente por el uso de químicos para mantener la calidad del agua proveniente de la fuente de agua.
- B. Seguir un plan de manejo y conservación de suelos para el área de riego, tomando en cuenta la implementación de terrazas, barreras vivas, barreras muertas, etc.
- C. Reforestar con especies nativas el área de influencia de la fuente de agua para garantizar el suministro de agua indispensable para el funcionamiento del sistema.
- D. Fomentar prácticas de agricultura orgánica para disminuir el impacto negativo originado por el uso y manejo de pesticidas.
- E. Establecimiento de árboles y arbustos que devuelvan el paisaje y panorama a los costados de la línea de conducción de agua, donde se haya requerido la tala de algunos de ellos durante la introducción de tuberías.
- F. Realizar programas de fertilización basado en muestreo de suelos para evitar un uso inmoderado e irracional de los mismos.

7. CONCLUSIONES

1. De acuerdo a los estudios realizados (suelos, agua, topografía, climatología, análisis económicos y financieros, impacto ambiental, etc) se estableció que sí es factible implementar el proyecto de riego por goteo en la comunidad de El Zarzal.
2. Tomando en cuenta las características de la región del proyecto El Zarzal, se consideró el diseño para el cultivo de tomate que requiere una lámina bruta de 8.48 mm / riego con una frecuencia de riego de 1 día y como fuente de agua se utilizará la quebrada de El Zarzal que presenta una calidad de agua C1S1, el proyecto requiere un caudal de 15.2 LPS (55 m³/h).
3. El suelo es de textura Arcillo Arenosa, por lo que el sistema se diseñó en base a este tipo de textura, tomando en cuenta principalmente la capacidad de campo (25.44 %) y el punto de marchitez permanente (17.19 %), en toda el área a regar se encontró que los suelos son relativamente homogéneos en cuanto a características como textura, color, pedregosidad y otras , esto de acuerdo al análisis de las muestras de suelo extraídas. Además se encontró que los suelos del área presentan parámetros de infiltración básica (25 mm / h) adecuados para la introducción del sistema de riego por goteo.
4. En cuanto a los estudios topográficos se encontró que gracias al desnivel que existe entre la fuente de agua y las parcelas a regar, se puede utilizar el diferencial de altura para llevar el agua por gravedad hacia dichas parcelas, por lo que el sistema diseñado es gravedad-goteo, lo cual hace más factible el proyecto ya que este no requerirá el uso de sistemas de bombeo. En el tramo de conducción desde la fuente de agua hasta el primer tanque de distribución se encontró un diferencial de altura de 150.18 m. En cuanto a los ramales de distribución también se encontraron desniveles favorables para la conducción del agua hacia las parcelas.
5. El proyecto tendrá un costo de Q. 1,412,084.19 y a través del mismo se beneficiaran 78 familias, de aproximadamente 6 integrantes cada una, sumando un total de 468 personas beneficiadas, se mejorará el ingreso familiar principalmente a través de la venta de los productos obtenidos en las áreas integradas al proyecto.

6. El proyecto cubrirá un área total de 15.63 Ha las cuales podrán ser cultivadas tanto en época seca como en invierno, es decir se podrá obtener más de una cosecha al año lo cual hace mucho más rentable el proyecto.
7. Tomando en cuenta el análisis financiero se consideró que a pesar de que el proyecto es de naturaleza un tanto social, se encontró que el proyecto técnica y financieramente es bastante rentable. Como indicador principal se encontró una relación beneficio costo de 1.47:1 por lo que se establece que el proyecto es factible.
8. El impacto ambiental del proyecto será leve y se dará principalmente durante la construcción del proyecto ya que esta conllevará cierta destrucción de la vegetación y del suelo del área, aunque posteriormente a los trabajos de construcción se considera que el entorno tendrá la capacidad de regenerarse ya que la infraestructura a construir no afecta permanentemente a dicho entorno.

8. RECOMENDACIONES

1. Capacitar y supervisar a la comunidad en el uso correcto del sistema de riego y el consumo racional del agua.
2. Darle mantenimiento preventivo a todo el sistema de tuberías, cintas de riego y demás partes del sistema de riego.
3. Promover la expansión del área integrada al proyecto para que de cierta manera la infraestructura ya construida pueda dar beneficio a nuevos usuarios o a nuevas áreas de la comunidad, y así en cierta manera aumentar los beneficios a largo plazo de la inversión inicial.
4. Mantener la cubierta forestal del área de captación así como reforestar las partes sin cubierta forestal para asegurar la provisión del recurso agua.
5. Dar capacitaciones continuas sobre diversas técnicas agrícolas (conservación de suelos y agua, fertilidad, administración y comercialización, etc.) que permitan el desarrollo integral de la agricultura en la comunidad.
6. Exigir el cumplimiento de las normas de mantenimiento, operación del sistema, turnos de riego, etc.
7. Introducir nuevos productos agrícolas con potencial dentro del área y que ayuden a diversificar la agricultura de la región.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. AGRIFIN, CO. 1985. Manual de operación y mantenimiento del equipo de riego. AGRIFIN Boletín Técnico no. 1:10-36.
2. Arango Maldonado, JM. 2000. Irrigation technology for small-scale producers the case of México fideicomiso de riego compartido (FIRCO, or the trust fund for shared risk in English). México, Secretariat of Agriculture, Livestock, and Rural Development of the Government of Mexico. s.p.
3. Amoni, S. 1984. El riego por goteo. Israel, Centro de Cooperación Internacional. p. 74-83.
4. Búcaro, GA. 1973. Determinación de la evapotranspiración potencial y balance hídrico en base a datos climáticos de los distritos de riego de San Jerónimo, Asunción Mita, Laguna del Hoyo, Cararina y La Fragua. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 85 p.
5. Cabrera Cruz, RO. 1984. Estudio y diseño para la implementación de riego por aspersión en la aldea Los Tecomates, Palencia, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 64 p.
6. Centro Nacional de Métodos Avanzados de Riego, MX. 1987. Memoria del curso de riego por goteo. México, Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. p. 29-133.
7. Consejo de Investigaciones para el Desarrollo de Centroamérica, GT. 1998. Estudio de base y caracterización de la Sierra de Chinaja, Chisec, Alta Verapaz. Guatemala, Magna Terra. p. 73-83.
8. Cohen, E; Franco, R. 1992. Evaluación de proyectos sociales. Guatemala, Siglo Veintiuno. p. 171-251
9. Chapin, RD. 1975. Preliminary report - drip irrigation vs. relief food. Plasticulture Revue no. 28.
10. Dary, C; Elías, S; Reyna, V. 1998. Estrategias de sobre vivencia campesina en ecosistemas frágiles: los c'horti' en las laderas secas del oriente de Guatemala. Guatemala, FLACSO. 353 p.

11. Doorenbos, J; Kassam, AH. 1979. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Roma, FAO. 212 p.
12. Esteve, J. 1986. Apuntes sobre riego localizado. Madrid, España, Instituto de Riego y Drenaje Agrícola. p. 71-96 89-104.
13. Fuentes, J. 1990. Técnicas de riego. España, Instituto de Riego y Drenaje Agrícola. p. 37-42, 321-332.
14. Gardner, WH. 1973. Física de suelos. México, UTHEA. 529 p.
15. Gómez Cruz, CA. 1983. Estudio de introducción y diseño de riego por aspersión para la aldea Marajuma, Morazán, El Progreso. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 89 p.
16. Grassi, CJ. 1975. Estimación de los usos consuntivos y requerimientos de riego con fines de formulación y diseño de proyectos. Mérida, Venezuela, Centro Internacional de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras. 88 p.
17. Gundersen, LW. 1979. Riego y manejo del agua. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 353 p.
18. Israelsen, D; Hansen, V. 1979. Principio y aplicaciones de riego. 2 ed. Madrid, España, Reverté. p. 242-245.
19. Peña, I De La. 1976. Calidad del agua de riego; distrito de riego no. 41. México, Secretaría de Recursos Hidráulicos. 197 p.
20. Quintero Jordán, JM. 2000. Evaluación de cinco cintas de riego por goteo, instaladas a tres niveles de profundidad en tres clases texturales de suelo del valle de La Fragua, Zacapa, para el cultivo de melón tipo Cantaloupe (*Cucumis melo* var. *Reticulata*). Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 51 p.

21. Quinto Javier, JI. 1999. La ferti-irrigación y el uso de riego por goteo en el cultivo del melón tipo Cantaloupe (*Cucumis melo* L. Var. *Reticulatus*), usando acolchado plástico en el área de Usumatlan, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 78 p.
22. Quiñónez De La Cruz, OL. 1982. Estudio de factibilidad para la introducción de riego por aspersión en los terrenos comunales de El Rodeo, Palo Amontonado. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 72 p.
23. Samayoa, E. 1992. Análisis de rentabilidad y la tasa marginal de retorno. Agro Boletín Informativo no. 3:4-5.
24. Schwartz, N. 1999. Family drip system. US, Netafim Magal. Consultado 13 jun 2004. Disponible en <http://wbln0018.worldbank.org> ó www.netafim.com.
25. Withers, B; Vipond, S. 1978. El riego. México, Diana. 343 p.

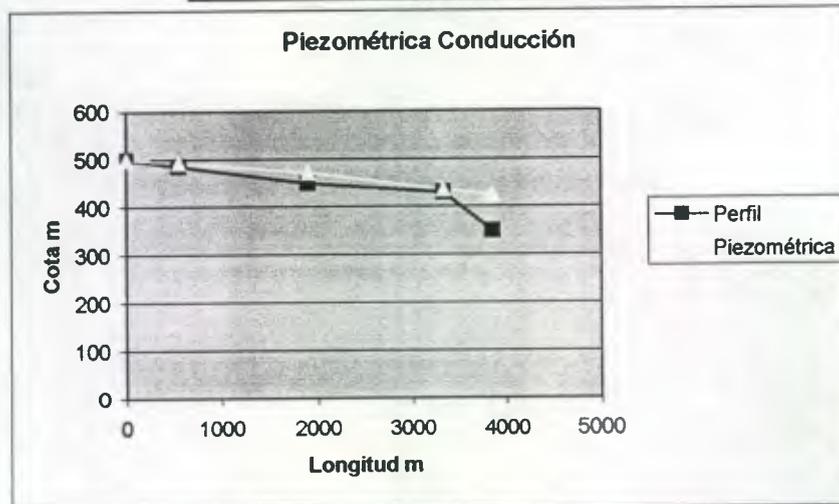
10. APENDICE

Gráficas de Perfiles y líneas Piezométricas para cada uno de los tramos de tubería del Sistema de Riego.

Nota: Punto = Punto del Tramo, L ac = Longitud Acumulada m, Perfil = Cotas de Puntos m, Piezométrica = Cotas de Puntos de la línea Piezométrica m

Tabla 18. Línea Piezométrica del Punto 1 hasta el Primer Tanque de Distribución

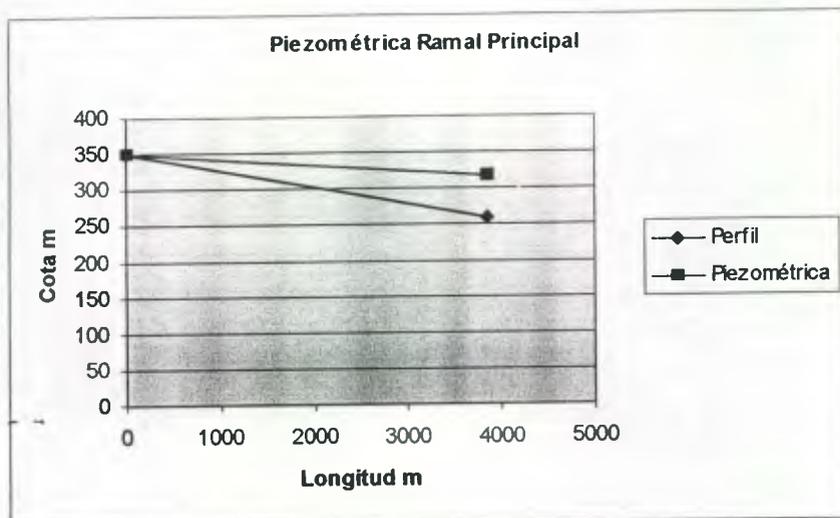
Conducción			
Punto	L ac	Perfil	Piezométrica
Toma (1)	0	499.4	499.4
Est. 5	552	485.63	493.92
Est. 12	1902	449.8	472.23
Est.19	3330	429.63	435.63
Tanq Dist	3846	349.22	424.48



Gráfica 3. Perfil de Tramo del Punto 1 hasta el Primer Tanque de Distribución

Tabla 19. Línea Piezométrica del Ramal Principal

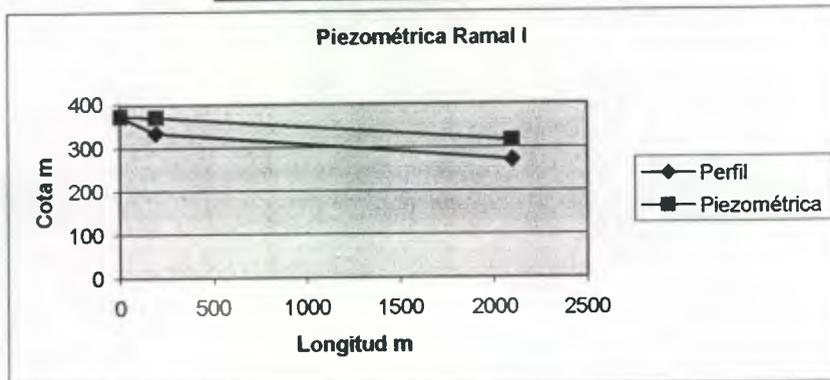
Ramal Principal			
Punto	L ac	Perfil	Piezométrica
Tanq Dist	0	349.2	349.2
Est 38	3846	260	316.86



Gráfica 4. Perfil de Ramal Principal

Tabla 20. Línea Piezométrica del Ramal I

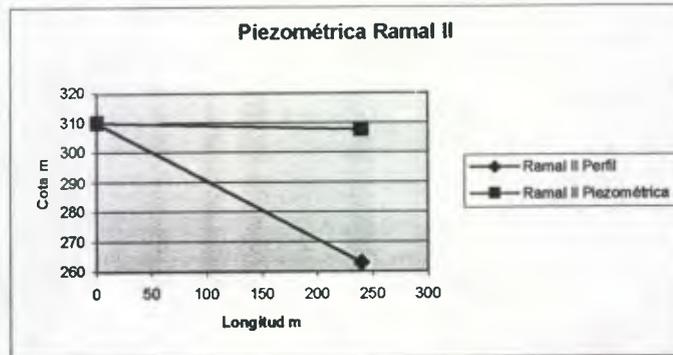
Ramal I			
Punto	L ac	Perfil	Piezométrica
Tanq			
Dist	0	373.18	373.18
Est I 2	192	335.02	371.27
Est I 11	2100	271.76	316.08



Gráfica 5. Perfil del Ramal I

Tabla 21. Línea Piezométrica del Ramal II

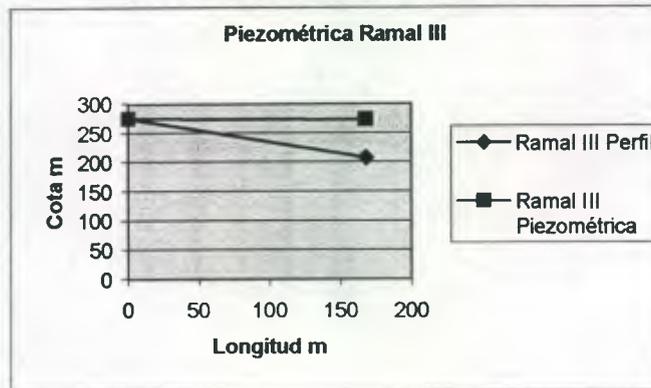
Ramal II			
Punto	L ac	Perfil	Piezométrica
Tanq			
Dist	0	310.12	310.12
Est 43	240	262.99	307.74



Gráfica 6. Perfil del Ramal II

Tabla 22. Línea Piezométrica del Ramal III

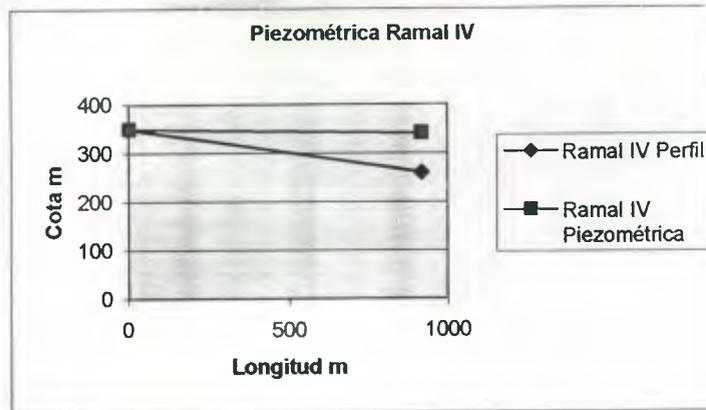
Ramal III			
Punto	L ac	Perfil	Piezométrica
Tanq Dist		0274.64	274.64
Est III 2	168	207.3	272.97



Gráfica 7. Perfil del Ramal III

Tabla 23. Línea Piezométrica del Ramal IV

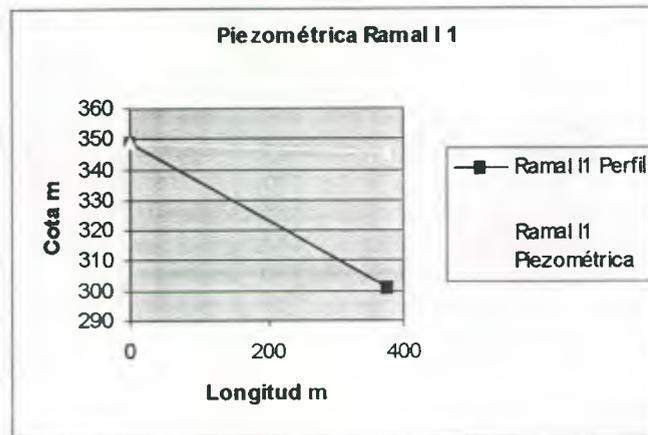
Ramal IV			
Punto	L ac	Perfil	Piezométrica
Tanq Dist	0	349.2	349.2
Est IV 8	918	260	340.09



Gráfica 8. Perfil del Ramal IV

Tabla 24. Línea Piezométrica del Ramal I1

Ramal I1			
Punto	L ac	Perfil	Piezométrica
Est I 4	0	349.08	349.08
Est I 3	378	301.42	345.33



Gráfica 9. Perfil del Ramal I1

Nota: Punto = Punto del Tramo, L ac = Longitud Acumulada m, Perfil = Cotas de Puntos m, Piezométrica = Cotas de Puntos de la línea Piezométrica m

Cuadro 4. Detalle de Presupuesto de Proyecto

<u>Replanteo Topográfico</u>					
Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Precio	Total	
Gastos Directos					
Materiales No Locales					
Total				Q	-
Materiales Locales					
Total				Q	-
Mano de Obra no Calificada					
Peones/ Dia	Días	4	Q 175.00	Q	700.00
Total				Q	700.00
Mano de Obra Calificada					
Replanteo Topográfico	m	4980	Q 0.50	Q	2,490.00
Total				Q	2,490.00
Total Gastos Directos				Q	3,190.00
Gastos Indirectos					
Gastos Administrativos				Q	339.10
Imprevistos / Fluctuación				Q	352.91
Total Gastos Indirectos				Q	692.01
Total				Q	3,882.01
<u>Obras de Captación</u>					
Gastos Directos					
Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Precio	Total	
Materiales No Locales					
Madera	Piezas	50	Q 4.50	Q	225.00
Cemento	Sacos	16	Q 40.00	Q	640.00
Cal	Sacos	20	Q 18.00	Q	360.00

Clavos	Libra	10	Q 4.00	Q 40.00
Alambre	Libra	12	Q 2.50	Q 30.00
Hierro de 3/8 "	Quintal	1	Q 145.00	Q 145.00
Hierro de 1/4 "	Quintal	1	Q 145.00	Q 145.00
Total				Q 1,585.00
Materiales Locales				
Arena de Río	m3	2	Q 150.00	Q 300.00
Piedra	m3	2	Q 180.00	Q 360.00
Piedrín	m3	2	Q 180.00	Q 360.00
Total				Q 1,020.00
Mano de Obra no Calificada				
Excavación	m3	3	Q 75.00	Q 225.00
Formateado	Global			Q 300.00
Fundido	m3	4	Q 25.00	Q 100.00
Entarimado de Losa	Global			Q 300.00
Fundido / Preparado Losa	m3	4	Q 25.00	Q 100.00
Total				Q 1,025.00
Mano de Obra Calificada				
Fundido Muros / Concreto	m3	4	Q 75.00	Q 300.00
Armado de Losa y Fundido	m3	4	Q 75.00	Q 300.00
Instalación de Accesorios	Global			Q 1,500.00
Total				Q 2,100.00
Total Gastos Directos				
				Q 5,730.00
Gastos Indirectos				
Gastos Administrativos				Q 332.19
Transporte				Q 200.00
Imprevistos / Fluctuación				Q 626.22
Total Gastos Indirectos				Q 1,158.41
Total				Q 6,888.41

Conducción

De Estación 0 a la 13

Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Precio	Total
Gastos Directos				
Materiales No Locales				
Tubos PVC 125 PSI 5 "	Tubo	224	Q 284.56	Q 63,741.44
Tubos PVC 125 PSI 5" "	Tubo	91	Q 284.56	Q 25,894.96
Pegamento	Pomos	35	Q 12.75	Q 446.25
Cemento	Sacos	10	Q 40.00	Q 400.00
Llave de Paso 5 "	Unidad	2	Q 212.50	Q 425.00
Total				Q 90,907.65
Materiales Locales				
Arena de Río	m3	2	Q 150.00	Q 300.00
Piedrín	m3	2	Q 180.00	Q 360.00
Total				Q 660.00
Mano de Obra no Calificada				
Zanjeado	m	1721	Q 8.00	Q 13,768.00
Relleno de Zanja	m	1721	Q 1.00	Q 1,721.00
Total				Q 15,489.00
Mano de Obra Calificada				
Instalación de Tubería	Tubería	315	Q 8.00	Q 2,520.00
Instalación de Accesorios	Global			Q 500.00
Total				Q 3,020.00
Total Gastos Directos				Q 110,076.65
Gastos Indirectos				
Gastos Administrativos				Q 2,000.99
Transportes				Q 300.00
Imprevistos / Fluctuación				Q 11,237.76

Total Gastos Indirectos	Q 13,538.75
Total	Q123,615.40

Distribución de Estación 13 a 19

Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Precio	Total
Gastos Directos				
Materiales no Locales				
Tubos de 5 " PVC 125-PSI	Tubo	238	Q 284.56	Q 67,725.28
Codos 90° y 45° 5 " PVC	Unidad	12	Q 32.30	Q 387.60
Pegamento	Pomo	23	Q 12.75	Q 293.25
Llaves de Paso 5 " de Bronce	Llaves	2	Q 157.25	Q 314.50
Cemento	Sacos	6	Q 40.00	Q 240.00
Total				Q 68,960.63
Materiales Locales				
Arena de Río	m3	1	Q 150.00	Q 150.00
Piedrín	m3	1	Q 180.00	Q 180.00
Total				Q 330.00
Mano de Obra No Calificada				
Zanjeado	m	1296	Q 8.00	Q 10,368.00
Relleno de Zanja	m	1296	Q 1.00	Q 1,296.00
Total				Q 11,664.00
Mano de Obra Calificada				
Colocado de Tubería 5 " PVC	Tubo	238	Q 5.00	Q 1,190.00
Colocado de Accesorios	Global			Q 600.00
Total				Q 1,790.00
Total Gastos Directos				Q 82,744.63
Gastos Indirectos				
Gastos Administrativos				Q 1,430.16
Transportes				Q 600.00

Imprevistos / Fluctuación	Q 8,477.48
Total Gastos Indirectos	Q 10,507.64
Total	Q 93,252.27

Conducción de Estación 19 a 26

Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Precio	Total
Gastos Directos				
Materiales No Locales				
Tubería de 5" 125 PSI	Tubo	122	Q 284.56	Q 34,716.32
Pegamento	Pomos	13	Q 12.75	Q 165.75
Codos de 45° y 90° de 5 "	Codos	6	Q 29.75	Q 178.50
Llaves de Paso de Bronce	Unidades	2	Q 157.25	Q 314.50
Cemento	Sacos	4	Q 40.00	Q 160.00
Total				Q 35,535.07
Materiales Locales				
Arena de Río	m3	1	Q 150.00	Q 150.00
Piedrín	m3	1	Q 180.00	Q 180.00
Total				Q 330.00
Mano de Obra No Calificada				
Zanjeado	m	673.98	Q 8.00	Q 5,391.84
Relleno de Zanja	m	673.98	Q 1.00	Q 673.98
Total				Q 6,065.82
Mano de Obra Calificada				
Colocado de Tubería 5" PVC	m	122	Q 5.00	Q 610.00
Colocado de Accesorios	Global			Q 600.00
Total				Q 1,210.00
Total Gastos Directos				Q 43,140.89
Gastos Indirectos				
Gastos Administrativos			Q	773.42

Transportes	Q	500.00
Imprevistos / Fluctuación	Q	4,441.43
Total Gastos Indirectos	Q	5,714.85
Total	Q	48,855.74

Conducción de Estación 26 a 36

Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Precio	Total
Gastos Directos				
Materiales No Locales				
Tubería de 5" 125 PSI	Tubo	543	Q 284.56	Q 154,516.08
Pegamento	Pomos	54	Q 12.75	Q 688.50
Codos de 45° y 90° de 5 "	Codos	12	Q 29.75	Q 357.00
Llaves de Paso de Bronce	Unidades	2	Q 157.25	Q 314.50
Cemento	Sacos	6	Q 40.00	Q 240.00
Total				Q 156,116.08
Materiales Locales				
Arena de Río	m3	1	Q 150.00	Q 150.00
Piedrín	m3	1	Q 180.00	Q 180.00
Total				Q 330.00
Mano de Obra No Calificada				
Zanjeado	m	3074	Q 8.00	Q 24,592.00
Relleno de Zanja	m	3074	Q 1.00	Q 3,074.00
Total				Q 27,666.00
Mano de Obra Calificada				
Colocado de Tubería 5 " PVC	m	543	Q 5.00	Q 2,715.00
Colocado de Accesorios	Global			Q 600.00
Total				Q 3,315.00
Total Gastos Directos				Q 187,427.08
Gastos Indirectos				

Gastos Administrativos	Q	3,293.28
Transportes	Q	500.00
Imprevistos / Fluctuación	Q	19,122.04
Total Gastos Indirectos	Q	22,915.32
Total	Q	210,342.40

Distribución Sub Ramal 1 Victor

Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Precio	Total
Gastos Directos				
Materiales No Locales				
Tubería de 5 " 125 PSI	Tubo	63	Q 284.56	Q 17,927.28
Pegamento	Pomos	6	Q 12.75	Q 76.50
Codos de 45° y 90° de 5 "	Codos	3	Q 14.03	Q 42.08
Llaves de Paso de Bronce	Unidades	2	Q 46.33	Q 92.65
Cemento	Sacos	8	Q 40.00	Q 320.00
Total				Q 18,458.51
Materiales Locales				
Arena de Río	m3	1	Q 150.00	Q 150.00
Piedrín	m3	1	Q 180.00	Q 180.00
Total				Q 330.00
Mano de Obra No Calificada				
Zanjeado	m	342	Q 4.00	Q 1,368.00
Relleno de Zanja	m	342	Q 2.00	Q 684.00
Total				Q 2,052.00
Mano de Obra Calificada				
Colocado de Tubería 5 " PVC	m	63	Q 5.00	Q 315.00
Colocado de Accesorios	Global			Q 300.00
Total				Q 615.00

Total Gastos Directos	Q 21,455.51
Gastos Indirectos	
Gastos Administrativos	Q 283.50
Transportes	Q 300.00
Imprevistos / Fluctuación	Q 2,203.90
Total Gastos Indirectos	Q 2,787.40
Total	Q 24,242.91

Distribución Ramal II

Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Precio	Total
Gastos Directos				
Materiales No Locales				
Tubería de 5 " 125 PSI	Tubo	124	Q 284.56	Q 35,285.44
Pegamento	Pomos	13	Q 12.75	Q 165.75
Codos de 45° y 90° de 5 "	Codos	4	Q 14.03	Q 56.10
Llaves de Paso de Bronce	Unidades	2	Q 46.33	Q 92.65
Cemento	Sacos	8	Q 40.00	Q 320.00
Total				Q 35,919.94
Materiales Locales				
Arena de Río	m3	1	Q 150.00	Q 150.00
Piedrín	m3	1	Q 180.00	Q 180.00
Total				Q 330.00
Mano de Obra No Calificada				
Zanjeado	m	675	Q 4.00	Q 2,700.00
Relleno de Zanja	m	675	Q 2.00	Q 1,350.00
Total				Q 4,050.00
Mano de Obra Calificada				
Colocado de Tubería 5 " PVC	m	124	Q 5.00	Q 620.00

Colocado de Accesorios	Global	Q	300.00
Total		Q	920.00
Total Gastos Directos		Q	41,219.94
Gastos Indirectos			
Gastos Administrativos		Q	528.31
Transportes		Q	300.00
Imprevistos / Fluctuación		Q	4,204.83
Total Gastos Indirectos		Q	5,033.14
Total		Q	46,253.08

Distribución Ramal III

Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Precio	Total
Gastos Directos				
Materiales No Locales				
Tubería de 5 " 125 PSI	Tubo	33	Q 284.56	Q 9,390.48
Pegamento	Pomos	4	Q 12.75	Q 51.00
Codos de 45° y 90° de 5 "	Codos	3	Q 14.03	Q 42.08
Llaves de Paso de Bronce	Unidades	1	Q 46.33	Q 46.33
Cemento	Sacos	8	Q 40.00	Q 320.00
Total				Q 9,849.88
Materiales Locales				
Arena de Río	m3	1	Q 150.00	Q 150.00
Piedrín	m3	1	Q 180.00	Q 180.00
Total				Q 330.00
Mano de Obra No Calificada				
Zanjeado	m	178	Q 4.00	Q 712.00
Relleno de Zanja	m	178	Q 2.00	Q 356.00
Total				Q 1,068.00

Mano de Obra Calificada

Colocado de Tubería 5 " PVC	m	33	Q	5.00	Q	165.00
Colocado de Accesorios	Global				Q	300.00
Total					Q	465.00
Total Gastos Directos					Q	11,712.88
Gastos Indirectos						
Gastos Administrativos					Q	162.96
Transportes					Q	300.00
Imprevistos / Fluctuación					Q	1,217.58
Total Gastos Indirectos					Q	1,680.54
Total					Q	13,393.42

Distribución Ramal IV

Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Precio	Total
Gastos Directos				
Materiales No Locales				
Tubería de 5 " 125 PSI	Tubo	153	Q 284.56	Q 43,537.68
Pegamento	Pomos	16	Q 12.75	Q 204.00
Codos de 45° y 90° de 5 "	Codos	4	Q 14.03	Q 56.10
Llaves de Paso de Bronce	Unidades	2	Q 46.33	Q 92.65
Cemento	Sacos	8	Q 40.00	Q 320.00
Total				Q 44,210.43
Materiales Locales				
Arena de Río	m3	1	Q 150.00	Q 150.00
Piedrín	m3	1	Q 180.00	Q 180.00
Total				Q 330.00
Mano de Obra No Calificada				
Zanjeado	m	833	Q 4.00	Q 3,332.00

Relleno de Zanja	m	833	Q	2.00	Q	1,666.00
Total					Q	4,998.00
Mano de Obra Calificada						
Colocado de Tubería 5 " PVC	Tubo	153	Q	5.00	Q	765.00
Colocado de Accesorios	Global				Q	300.00
Total					Q	1,065.00
Total Gastos Directos					Q	50,603.43
Gastos Indirectos						
Gastos Administrativos					Q	644.50
Transportes					Q	300.00
Imprevistos / Fluctuación					Q	5,154.79
Total Gastos Indirectos					Q	6,099.29
Total					Q	56,702.72

Pasos Aéreos

Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Precio	Total
Gastos Directos				
Materiales No Locales				
Hierro para 8 Muertos	Quintales	4	Q 110.00	Q 440.00
Cemento	Sacos	16	Q 32.00	Q 512.00
Cable de 3/8"	m	45	Q 15.00	Q 675.00
Tensores	Unidad	8	Q 15.00	Q 120.00
Chuchos	Unidad	8	Q 15.00	Q 120.00
Remaches	Unidad	16	Q 12.00	Q 192.00
Tubos de HG de 3"	Tubo	3	Q 297.50	Q 892.50
Tubos de HG de 2 1/2"	Tubo	2	Q 212.50	Q 425.00
Tubos de HG de 2"	Tubo	2	Q 187.00	Q 374.00
Madera	Piezas	18	Q 4.50	Q 81.00

Clavos	Libra	5	Q	3.50	Q	17.50
Alambre de Amarre	Libra	5	Q	2.00	Q	10.00
Total					Q	3,859.00
Materiales Locales						
Arena de Río	m3	2	Q	110.00	Q	220.00
Piedra	m3	2	Q	175.00	Q	350.00
Piedrín	m3	2	Q	175.00	Q	350.00
Total					Q	920.00
Mano de Obra No Calificada						
Escavación para Muertos	Unidad	8	Q	50.00	Q	400.00
Fundido de Muertos	Unidad	8	Q	75.00	Q	600.00
Desencofrado	Global				Q	100.00
Total					Q	1,100.00
Mano de Obra Calificada						
Hechura de Armadura	Unidad	8	Q	50.00	Q	400.00
Formaleteado	Unidad	8	Q	50.00	Q	400.00
Fundido	Unidad	8	Q	50.00	Q	400.00
Instalación	Unidad	8	Q	225.00	Q	1,800.00
Total					Q	3,000.00
Total Gastos Directos					Q	8,879.00
Gastos Indirectos						
Gastos Administrativos					Q	435.83
Transportes					Q	500.00
Imprevistos / Fluctuación					Q	981.48
Total Gastos Indirectos					Q	1,917.31
Total					Q	10,796.31

Caja Rompepresión

Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Precio	Total
Gastos Directos				
Materiales No Locales				
Cemento	Sacos	48	Q 40.00	Q 1,920.00
Hierro de 1/4 "	Quintal	2	Q 145.00	Q 290.00
Block 10*20*40	Unidad	150	Q 2.50	Q 375.00
Válvulas de 125 de 5"- -	Unidad	3	Q 323.00	Q 969.00
Alambre	Libra	5	Q 2.50	Q 12.50
Total				Q 3,566.50
Materiales Locales				
Arena de Río	m3	5	Q 150.00	Q 750.00
Piedrín	m3	5	Q 180.00	Q 900.00
Total				Q 1,650.00
Mano de Obra No Calificada				
Excavación para Fundido	Jomal	4	Q 35.00	Q 140.00
Total				Q 140.00
Mano de Obra Calificada				
Cajas	Albañil	1	Q 250.00	Q 250.00
Total				Q 250.00
Total Gastos Directos				Q 5,606.50
Gastos Indirectos				
Gastos Administrativos				Q 41.46
Transportes				Q 300.00
Imprevistos / Fluctuación				Q 594.80
Total Gastos Indirectos				Q 936.26
Total				Q 6,542.76

Tanque de Almacenamiento

Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Precio		Total
Gastos Directos					
Materiales No Locales					
Hierro de 1/4 "	Varillas	80	Q 5.55	Q	444.00
Hierro de 3/8"	Varillas	90	Q 11.20	Q	1,008.00
Hierro de 1/2 "	Varillas	40	Q 15.50	Q	620.00
Alambre de Amarre - -	Libras	60	Q 2.50	Q	150.00
Madera	Piezas	400	Q 4.50	Q	1,800.00
Cemento	Sacos	170	Q 40.00	Q	6,800.00
Clavos	Libras	85	Q 5.00	Q	425.00
Accesorios	Global			Q	600.00
Total				Q	11,847.00
Materiales Locales					
Arena de Río	m3	20	Q 150.00	Q	3,000.00
Piedra	m3	30	Q 180.00	Q	5,400.00
Piedrín	m3	24	Q 180.00	Q	4,320.00
Total				Q	12,720.00
Mano de Obra No Calificada					
Excavación para Tanque	m3	50	Q 20.00	Q	1,000.00
Formaleteado	m2	40	Q 30.00	Q	1,200.00
Armadura	Día	7	Q 350.00	Q	2,450.00
Entarimado	Día	6	Q 350.00	Q	2,100.00
Fundido	Día	6	Q 350.00	Q	2,100.00
Desencofrado	Día	7	Q 175.00	Q	1,225.00
Tallado	Día	6	Q 350.00	Q	2,100.00
Total				Q	12,175.00
Mano de Obra Calificada					
Formaleteado	Día	5	Q 375.00	Q	1,875.00

Fundido	Día	7	Q 375.00	Q 2,625.00
Entarimado	Día	7	Q 375.00	Q 2,625.00
Emparrillado	Día	6	Q 375.00	Q 2,250.00
Fundido	Día	5	Q 375.00	Q 1,875.00
Tallado	Día	6	Q 375.00	Q 2,250.00
Total				Q 13,500.00
Total Gastos Directos				Q 50,242.00
Gastos Indirectos				
Gastos Administrativos				Q 2,729.25
Transportes				Q 600.00
Imprevistos / Fluctuación				Q 5,357.13
Total Gastos Indirectos				Q 8,686.38
Total				Q 58,928.38

2 Cajas Distribuidoras

Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Precio	Total
Gastos Directos				
Materiales No Locales				
Hierro de 1/4 " y 3/8 "	Quintal	6	Q 145.00	Q 870.00
Alambre de Amarre	Libras	30	Q 2.50	Q 75.00
Block	Unidad	360	Q 2.50	Q 900.00
Cemento	Sacos	120	Q 40.00	Q 4,800.00
Valvulas de 125 de 5"	Unidad	18	Q 323.00	Q 5,814.00
Total				Q 12,459.00
Materiales Locales				
Arena de Río	m3	12	Q 150.00	Q 1,800.00
Piedrín	m3	12	Q 180.00	Q 2,160.00
Total				Q 3,960.00

Mano de Obra No Calificada

Excavación para Fundido	Jornal	8	Q 35.00	Q 280.00
Total				Q 280.00

Mano de Obra Calificada

Cajas	Albañiles	6	Q 250.00	Q 1,500.00
Total				Q 1,500.00
Total Gastos Directos				Q 18,199.00

Gastos Indirectos

Gastos Administrativos				Q 189.21
Transportes				Q 500.00
Imprevistos / Fluctuación				Q 1,888.82
Total Gastos Indirectos				Q 2,578.03
Total				Q 20,777.03

Conexiones Domiciliares

Descripción	Unidad de Medida	Cantidad	Precio	Total
Gastos Directos				
Materiales No Locales				
Tubos PVC 1 " (Manifold)	Tubo	259.458	Q 17.50	Q 4,540.52
Pegamento	Pomos	20	Q 12.75	Q 255.00
Cinta de Riego	Rollo (500m)	257.895	Q 637.50	Q 164,408.06
Acoples (De PVC a Lateral)	Unidad	1281.66	Q 2.53	Q 3,242.60
Manguera Ciega de 1 m	Tubo	1281.66	Q 1.32	Q 1,687.95
Acople con Ajuste De ciega a lat	Unidad	1281.66	Q 2.64	Q 3,377.17
Tapón de Lateral	Unidad	1281.66	Q 1.22	Q 1,568.75
Total				Q 179,080.05
Materiales Locales				
Total				Q

Mano de Obra No Calificada

Total					Q	-
Mano de Obra Calificada						
Instalación de Accesorios	Unidad	96	Q	80.00	Q	7,680.00
Maestro de Obra	Día	30	Q	100.00	Q	3,000.00
Total					Q	10,680.00
Total Gastos Directos					Q	189,760.05
Gastos Indirectos						
Gastos Administrativos					Q	1,135.28
Transportes					Q	300.00
Imprevistos / Fluctuación					Q	19,119.53
Total Gastos Indirectos					Q	20,554.81
Total					Q	210,314.86

Resumen de Costos

Materiales No Locales	Q	672,354.73
Materiales Locales	Q	23,240.00
Mano de Obra No Calificada	Q	88,472.82
Mano de Obra Calificada	Q	45,920.00
Costos Directos	Q	829,987.55
Gastos Administrativos	Q	14,319.44
Transportes	Q	5,852.91
10 % Imprevistos / Fluctuación	Q	85,319.80
Sub Total	Q	935,479.70
Honorarios Profesionales		
Total	Q	935,479.70
Capital de Trabajo	Q	476,604.49
Total Global	Q	1,412,084.19

MANUAL DE INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO

Instalación Se enfatizan dos puntos

- Los laterales deben probarse antes de colocar las láminas de las cubiertas plásticas sobre los lechos
- Los múltiples deben enterrarse para protegerlos contra los daños que puede causar el tráfico constante de vehículos.

Operación Habiendo invertido en la compra e instalación de un sofisticado sistema de riego, es imperativo atenerse a ciertas normas para asegurarse que funcione debidamente.

- **Regla uno:** Cerciórese que el personal encargado de la operación del sistema este presente durante la instalación y que siga atentamente todas sus etapas de modo que conozca el sistema a la perfección hasta el nivel de sus componentes y piezas más básicas.
- **Regla dos:** Para operar el sistema, seleccione un plantel reducido y altamente motivado. Evite reemplazar frecuentemente a sus miembros.

Antes de la operación

- Verifique que las válvulas funcionen correctamente.
- Cerciórese que todos los filtros estén limpios.

Durante y después de la puesta en marcha

- Verifique la presión y caudal en las salidas.
- Verifique la presión corriente abajo del filtro y cerciórese que la caída de presión se halle dentro de límites aceptables.
- Inspeccione visualmente el sistema.
- Seleccione puntos críticos del sistema de riego y mida la presión de ellos.

Mantenimiento

Mantenimiento de los cabezales de control de riego

- La obturación de los emisores por agentes físicos, químicos y biológicos se considera el principal problema en el mantenimiento de sistemas de riego de bajo volumen. El diseño de los emisores de riego de bajo volumen ofrece la ventaja de bajos caudales que se adaptan al régimen de infiltración en el suelo. No obstante, como involucra orificios más pequeños, los emisores quedan expuestos a mayores riesgos de obturación. Debe realizarse un lavado preventivo de los laterales a las frecuencias adecuadas. El lavado de laterales ya obturados no siempre tendrá éxito. Las frecuencias óptimas de lavado pueden variar entre más de una vez por ciclo de riego a una vez por mes, según la calidad del agua, la frecuencia de riego, el caudal y la presión de operación.

La mayoría de las fuentes de alimentación de agua superficial contiene diferentes cantidades de partículas sólidas, desde materiales orgánicos flotantes muy gruesos a sedimentos minerales muy finos. El filtraje solo no puede ser suficiente para impedir que los emisores se obturen. El agua superficial también contiene algas y bacteria y probablemente contenga flora y fauna característica de lagos, lagunas y reservorios.

Sección de Mapa Hoja Cartográfica La Unión 2360 IV IGN
(Ver área marcada = Área de Proyecto)



MUNICIPIO DE CAMOTAN



AREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO
(Ver área en círculo)

REFERENCIAS	
	CARRETERA ASFALTADA
	CAMINOS RURALES
	RIO JUPILINGO
	PUENTES VEHICULARES
	PUENTES DE HAMACA
	LIMITES POR ALDEA
	LIMITES POR MUNICIPIO
	UBICACION DE ALDEAS
	UBICACION DE CASERIOS
	CABECERA MUNICIPAL
	CENTROS DE SALVO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA
"SALVADOR CASTILLO ORELLANA"
CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12
GUATEMALA CENTROAMÉRICA

INTERESADO: RAÚL CALDERÓN
PROCEDENCIA: ALDEA SHUPA, EL ZARZAL, CAMOTÁN, CHIQUIMULA.

IDENT	pH	C.E. μS/cm	ppm		Meq/100 gr.		Ppm				%
			P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	M.O
RANGO MEDIO			12-16	120-150	6-8	1.5-2.5	2-4	4-6	10-15	10-15	
M-1 0-25	8.1	420	1.68	15	>30.0	0.31	0.0	0.0	0.0	0.0	5.99
M-2 25-50		400									4.77
M-3 0-25	7.7	500	9.75	25	30.0	1.85	0.0	2.0	0.0	5.0	7.58
M-4 25-50		445									2.18
M-5 0-25	6.6	155	0.63	242	5.62	1.39	1.0	1.0	6.0	20	2.74
M-6 25-50		75									1.73
M-7 0-25	6.2	265	1.33	75	8.73	1.49	1.5	4.0	4.5	44	2.31
M-8 25-50		460									1.11



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA
"SALVADOR CASTILLO ORELLANA"
CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12
GUATEMALA CENTROAMÉRICA

INTERESADO: RAÚL CALDERÓN
PROCEDENCIA: ALDEA SHUPA, EL ZARZAL, CAMOTÁN CHIQUIMULA.

LOCALIZACION	Gr/CC	% HUMEDAD		%			CLASE TEXTURAL
		D.A.	1/3 ATM	15 ATM	ARCILLA	LIMO	
M-1 0-25	0.9090	35.74	25.71	30.91	21.00	48.09	FCO ARC ARENOSO
M-2 25-50	0.9524	37.47	25.66	37.21	18.90	43.89	ARCILLO ARENOSO
M-3 0-25	1.1111	30.79	21.72	35.11	18.90	45.99	ARCILLO ARENOSO
M-4 25-50	1.0526	29.29	17.26	35.11	21.00	43.89	FCO ARCILLOSO
M-5 0-25	1.2500	15.39	11.01	28.81	12.60	58.59	FCO ARCILLOSO
M-6 25-50	1.2121	20.62	15.63	45.61	8.40	45.99	ARCILLO ARENOSO
M-7 0-25	1.4286	17.80	10.78	24.61	14.70	60.69	ARCILLO ARENOSO
M-8 25-50	1.3333	16.41	9.76	24.61	10.50	64.89	ARCILLO ARENOSO



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

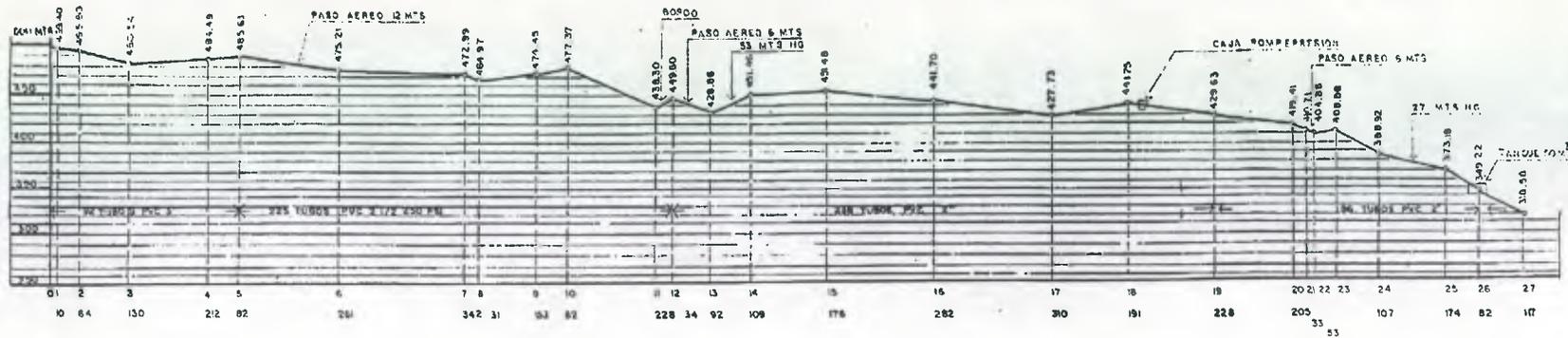


FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA
"SALVADOR CASTILLO ORELLANA"
CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12
GUATEMALA CENTROAMÉRICA

INTERESADO: RAÚL CALDERÓN
PROCEDENCIA: ALDEA SHUPA, EL ZARZAL, CAMOTÁN CHIQUIMULA.
ANÁLISIS DE MUESTRA DE AGUA.

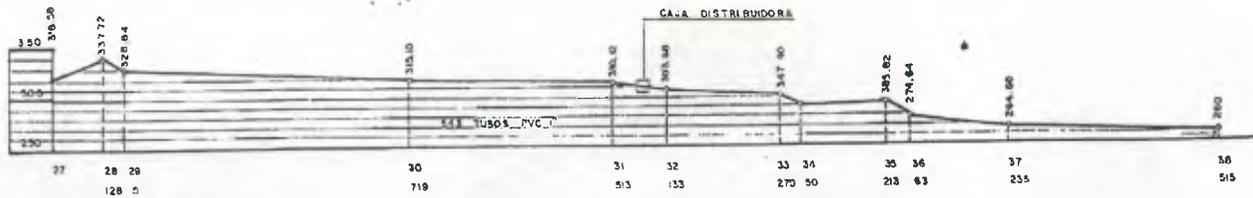
IDENT	pH	$\mu\text{S/cm}$ C.E.	Meq/litro				ppm			
			Ca	Mg	Na	K	Cu	Zn	Fe	Mn
M-1	4.1	177	0.50	0.50	0.17	0.005	0.0	0.09	0.3	0.40





PERFIL

NOTA: TUBO DE 3", 2 1/2", 2" Y 1 1/2" 250 PSI
TUBO DE 1" 160 PSI



PERFIL

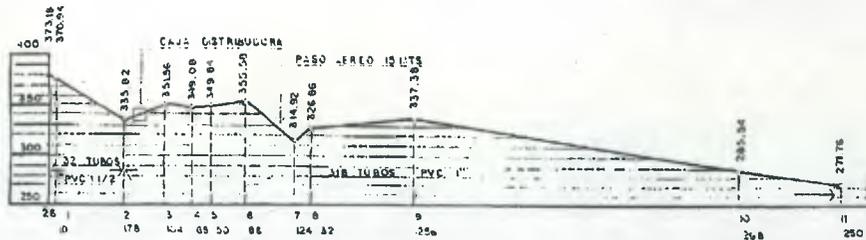
ESC. V: 1:2000
H: 1:5000

MINIRIEGO
Caserio "Zarza" Aldea Shupá. Municipio de Camotán
Depto. de Chiquimula.

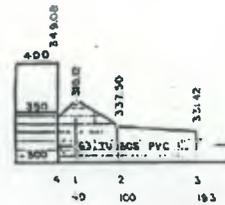
MUNICIPALIDAD DE CAMOTÁN DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA

Caserio "El Zarza" Aldea Shupá. Camotán, Chiquimula

PERFIL



PERFIL RAMAL I



PERFIL SUB-RAMAL I

RAMAL #1 TEMPLC EVANGELICO

ELE. PD	E	VA	AL	PV	COTA	DISTANCIA	DIST. SEU	OBSERVACIONES
373.18	1	178	373.18	373.18	373.18	0	0	MAXIMO TUBO
370.94	2	178	370.94	370.94	370.94	178	178	MAXIMO TUBO
335.82	3	178	335.82	335.82	335.82	356.82	356.82	MAXIMO TUBO
335.96	4	178	335.96	335.96	335.96	534.96	534.96	MAXIMO TUBO
349.08	5	178	349.08	349.08	349.08	713.08	713.08	MAXIMO TUBO
349.81	6	178	349.81	349.81	349.81	891.81	891.81	MAXIMO TUBO
355.50	7	178	355.50	355.50	355.50	1070.50	1070.50	MAXIMO TUBO
314.92	8	178	314.92	314.92	314.92	1248.92	1248.92	MAXIMO TUBO
326.86	9	178	326.86	326.86	326.86	1427.86	1427.86	MAXIMO TUBO
337.37	10	178	337.37	337.37	337.37	1606.37	1606.37	MAXIMO TUBO
385.34	11	178	385.34	385.34	385.34	1785.34	1785.34	MAXIMO TUBO
271.76	12	178	271.76	271.76	271.76	1964.76	1964.76	MAXIMO TUBO

SUB-RAMAL #1 DEL RAMAL #1 VILLA MARTINEZ

ELE. PD	E	VA	AL	PV	COTA	DISTANCIA	DIST. SEU	OBSERVACIONES
373.18	1	178	373.18	373.18	373.18	0	0	MAXIMO TUBO
370.94	2	178	370.94	370.94	370.94	178	178	MAXIMO TUBO
335.82	3	178	335.82	335.82	335.82	356.82	356.82	MAXIMO TUBO
335.96	4	178	335.96	335.96	335.96	534.96	534.96	MAXIMO TUBO
349.08	5	178	349.08	349.08	349.08	713.08	713.08	MAXIMO TUBO
349.81	6	178	349.81	349.81	349.81	891.81	891.81	MAXIMO TUBO
355.50	7	178	355.50	355.50	355.50	1070.50	1070.50	MAXIMO TUBO
314.92	8	178	314.92	314.92	314.92	1248.92	1248.92	MAXIMO TUBO
326.86	9	178	326.86	326.86	326.86	1427.86	1427.86	MAXIMO TUBO
337.37	10	178	337.37	337.37	337.37	1606.37	1606.37	MAXIMO TUBO
385.34	11	178	385.34	385.34	385.34	1785.34	1785.34	MAXIMO TUBO
271.76	12	178	271.76	271.76	271.76	1964.76	1964.76	MAXIMO TUBO

RAMAL #2

ELE. PD	E	VA	AL	PV	COTA	DISTANCIA	DIST. SEU	OBSERVACIONES
373.18	1	178	373.18	373.18	373.18	0	0	MAXIMO TUBO
370.94	2	178	370.94	370.94	370.94	178	178	MAXIMO TUBO
335.82	3	178	335.82	335.82	335.82	356.82	356.82	MAXIMO TUBO
335.96	4	178	335.96	335.96	335.96	534.96	534.96	MAXIMO TUBO
349.08	5	178	349.08	349.08	349.08	713.08	713.08	MAXIMO TUBO
349.81	6	178	349.81	349.81	349.81	891.81	891.81	MAXIMO TUBO
355.50	7	178	355.50	355.50	355.50	1070.50	1070.50	MAXIMO TUBO
314.92	8	178	314.92	314.92	314.92	1248.92	1248.92	MAXIMO TUBO
326.86	9	178	326.86	326.86	326.86	1427.86	1427.86	MAXIMO TUBO
337.37	10	178	337.37	337.37	337.37	1606.37	1606.37	MAXIMO TUBO
385.34	11	178	385.34	385.34	385.34	1785.34	1785.34	MAXIMO TUBO
271.76	12	178	271.76	271.76	271.76	1964.76	1964.76	MAXIMO TUBO

RAMAL #2 COSTOS GARCIA

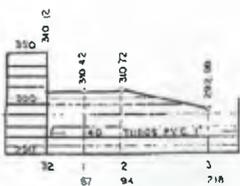
ELE. PD	E	VA	AL	PV	COTA	DISTANCIA	DIST. SEU	OBSERVACIONES
373.18	1	178	373.18	373.18	373.18	0	0	MAXIMO TUBO
370.94	2	178	370.94	370.94	370.94	178	178	MAXIMO TUBO
335.82	3	178	335.82	335.82	335.82	356.82	356.82	MAXIMO TUBO
335.96	4	178	335.96	335.96	335.96	534.96	534.96	MAXIMO TUBO
349.08	5	178	349.08	349.08	349.08	713.08	713.08	MAXIMO TUBO
349.81	6	178	349.81	349.81	349.81	891.81	891.81	MAXIMO TUBO
355.50	7	178	355.50	355.50	355.50	1070.50	1070.50	MAXIMO TUBO
314.92	8	178	314.92	314.92	314.92	1248.92	1248.92	MAXIMO TUBO
326.86	9	178	326.86	326.86	326.86	1427.86	1427.86	MAXIMO TUBO
337.37	10	178	337.37	337.37	337.37	1606.37	1606.37	MAXIMO TUBO
385.34	11	178	385.34	385.34	385.34	1785.34	1785.34	MAXIMO TUBO
271.76	12	178	271.76	271.76	271.76	1964.76	1964.76	MAXIMO TUBO

RAMAL #3 VILLA GUERRA

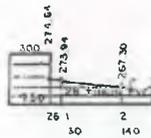
ELE. PD	E	VA	AL	PV	COTA	DISTANCIA	DIST. SEU	OBSERVACIONES
373.18	1	178	373.18	373.18	373.18	0	0	MAXIMO TUBO
370.94	2	178	370.94	370.94	370.94	178	178	MAXIMO TUBO
335.82	3	178	335.82	335.82	335.82	356.82	356.82	MAXIMO TUBO
335.96	4	178	335.96	335.96	335.96	534.96	534.96	MAXIMO TUBO
349.08	5	178	349.08	349.08	349.08	713.08	713.08	MAXIMO TUBO
349.81	6	178	349.81	349.81	349.81	891.81	891.81	MAXIMO TUBO
355.50	7	178	355.50	355.50	355.50	1070.50	1070.50	MAXIMO TUBO
314.92	8	178	314.92	314.92	314.92	1248.92	1248.92	MAXIMO TUBO
326.86	9	178	326.86	326.86	326.86	1427.86	1427.86	MAXIMO TUBO
337.37	10	178	337.37	337.37	337.37	1606.37	1606.37	MAXIMO TUBO
385.34	11	178	385.34	385.34	385.34	1785.34	1785.34	MAXIMO TUBO
271.76	12	178	271.76	271.76	271.76	1964.76	1964.76	MAXIMO TUBO

RAMAL #4 VILLA VASQUEZ

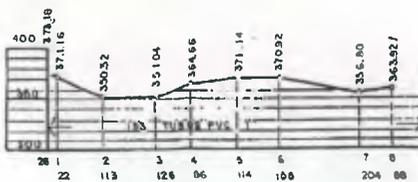
ELE. PD	E	VA	AL	PV	COTA	DISTANCIA	DIST. SEU	OBSERVACIONES
373.18	1	178	373.18	373.18	373.18	0	0	MAXIMO TUBO
370.94	2	178	370.94	370.94	370.94	178	178	MAXIMO TUBO
335.82	3	178	335.82	335.82	335.82	356.82	356.82	MAXIMO TUBO
335.96	4	178	335.96	335.96	335.96	534.96	534.96	MAXIMO TUBO
349.08	5	178	349.08	349.08	349.08	713.08	713.08	MAXIMO TUBO
349.81	6	178	349.81	349.81	349.81	891.81	891.81	MAXIMO TUBO
355.50	7	178	355.50	355.50	355.50	1070.50	1070.50	MAXIMO TUBO
314.92	8	178	314.92	314.92	314.92	1248.92	1248.92	MAXIMO TUBO
326.86	9	178	326.86	326.86	326.86	1427.86	1427.86	MAXIMO TUBO
337.37	10	178	337.37	337.37	337.37	1606.37	1606.37	MAXIMO TUBO
385.34	11	178	385.34	385.34	385.34	1785.34	1785.34	MAXIMO TUBO
271.76	12	178	271.76	271.76	271.76	1964.76	1964.76	MAXIMO TUBO



RAMAL II



RAMAL III



RAMAL IV

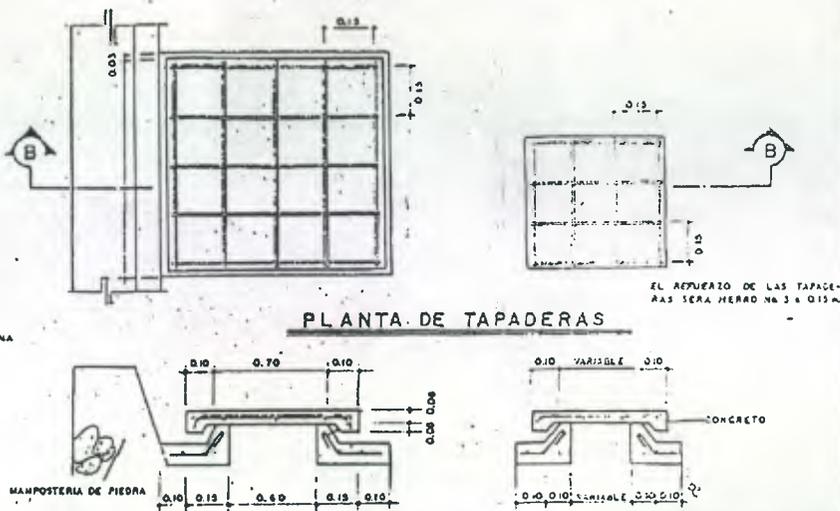
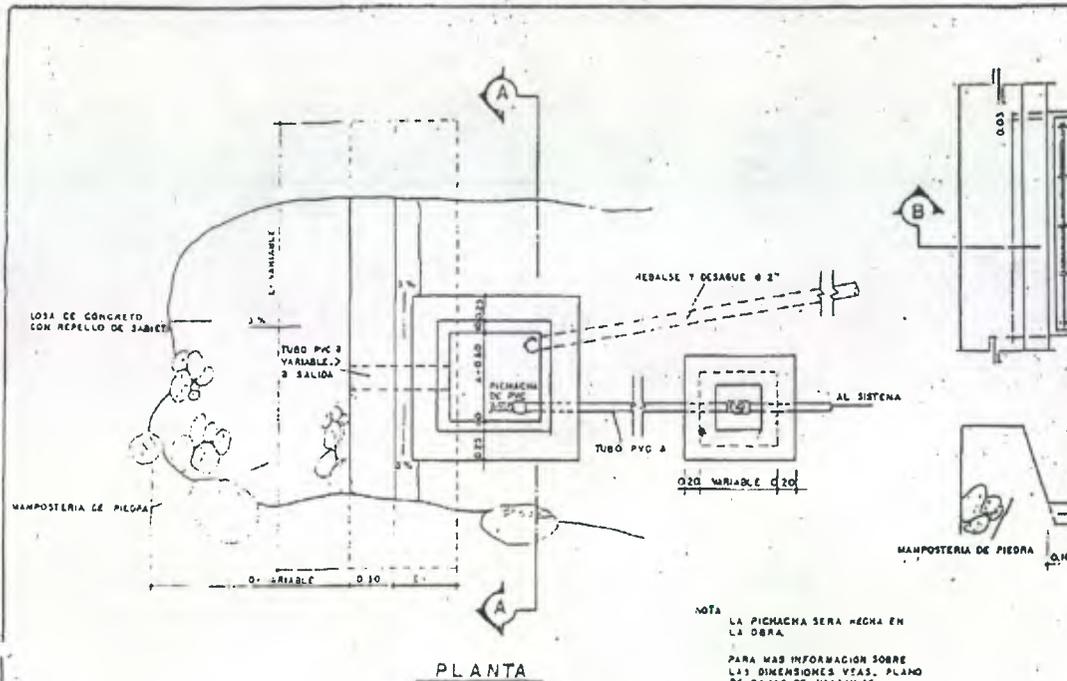
NOTA
 TUBERIA 3" 2 1/2, 2 Y 1 1/2" 250 PS;
 TUBERIA 1" 150 PS
 ESC H: 1:1000
 V: 1:2000

MINIRIEGO
 Caserio "Zarzal", Aldea Shupa Mayo De
 Canceles
 Depto de Chiquimula Mayo 2002

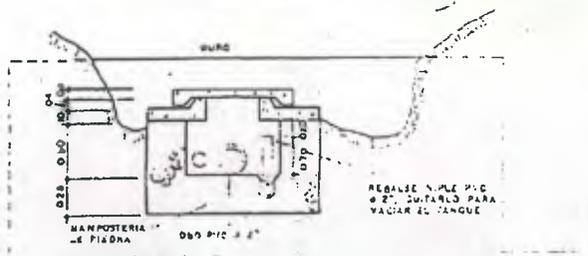
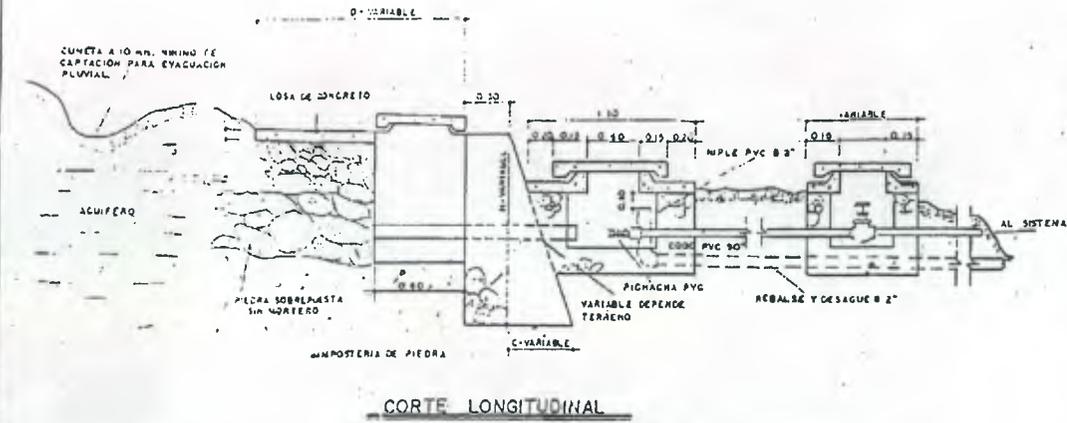
MUNICIPALIDAD DE CANTON, DEPTO DE
 CHIQUIMULA

Casario "El Zarzal" Aldea Shupa Canton de Cantón

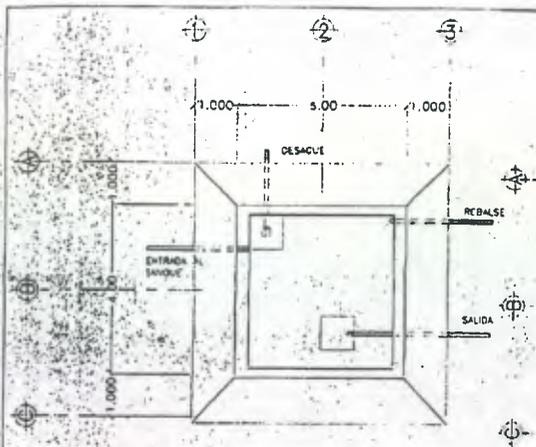
PERFIL



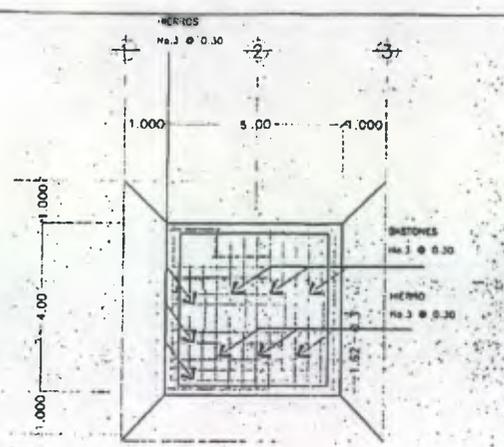
NOTA
LA PICHACHA SERA HECHA EN LA OBRA.
PARA MAS INFORMACION SOBRE LAS DIMENSIONES VEAS PLANO DE CAJAS DE VALVULAS.



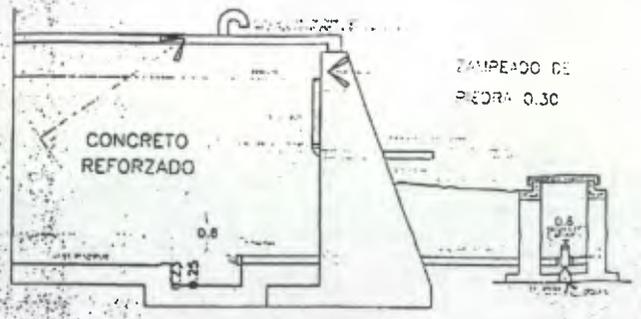
PROYECTO	MINIRIEGO Caserio "Zarzal," Aldea Shupá, Mpo. De Camotán, Depto. de Chiquimula.
PROPIETARIO	MUNICIPALIDAD DE CAMOTAN, DEPTO. DE CHIQUIMULA
UBICACION	Caserio "El Zarzal" Aldea Shupa, Camotán, Chiquimula
CONTIENE	CAPTACION DE QUEBRADA
V. B.	V. II.



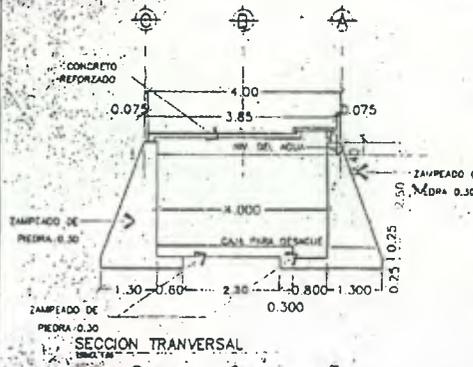
PLANTA DE DISTRIBUCION
ESCALA 1:30



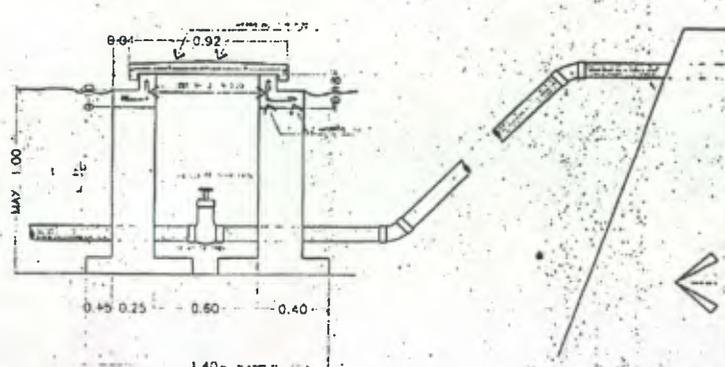
PLANTA DE ARMADO DE LOSA
ESCALA 1:30



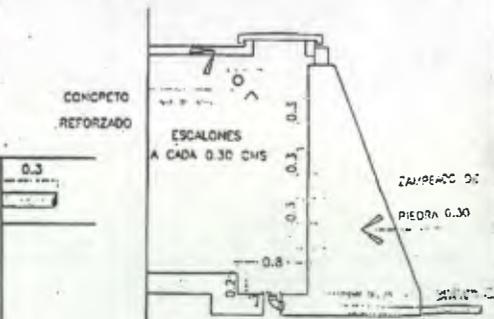
DETALLE DE DISTRIBUCION Y REBALSE



SECCION TRANSVERSAL

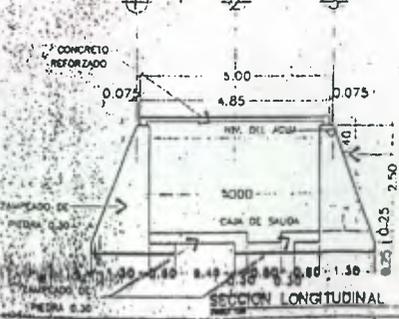


DET. DE CAJA DE VALVULA + ENTRADA DE TANQUE



ZAMPEADO DE PIEDRA 0.30

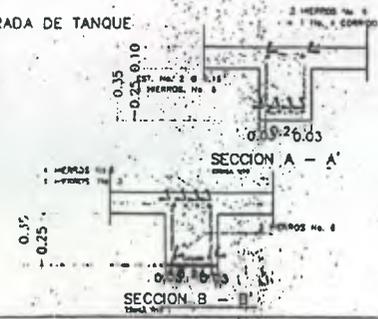
PEJILLA DE 0.20 X 0.20
DETALLE DE ENTRADA Y DESAGUE



SECCION LONGITUDINAL

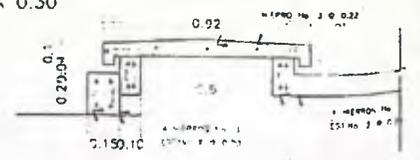


SECCION DEL ARMADO DE LA VIGA PRINCIPAL



SECCION A - A

SECCION B - B



DET. DE TAPADERA + VIGA PERIMETRAL

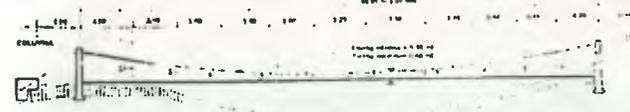
PROYECTO	MINIRIEGO Casario "Zarzal", Aldea Shupá, Mpo. De Camotán Depto. de Chiquimula
ENCARGADO	MUNICIPALIDAD DE CAMOTAN, DEPTO. DE CHIQUIMULA Casario "El Zarzal" Aldea Shupá, Camotán, Chiquimula
OBJETO	TANQUE ALMACENAMIENTO 50 mls. ³
N.O.	0.8



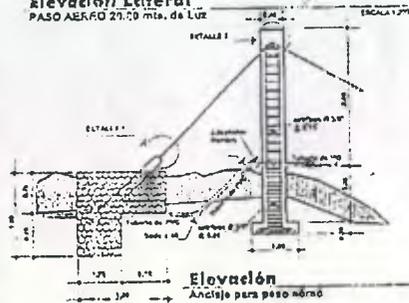
Elevación Lateral
PASO AEREO 21.00 mts. de Luz



Elevación Lateral
PASO AEREO 25.00 mts. de Luz



Elevación Lateral
PASO AEREO 40.00 mts. de Luz



Elevación
Anclaje para paso aéreo

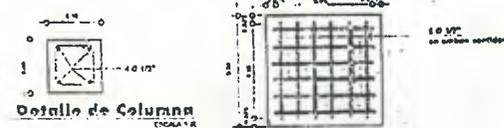
No.	Cantidad	Descripción
1	1	Cable acero L' 3.5 m x Ø 3/4"
2	1	Cable de suspensión L' 1.5 m x Ø 1/2"
3	1	Cable de suspensión L' 1.0 m x Ø 1/2"
4	1	Cable de suspensión L' 0.5 m x Ø 1/2"
5	1	Cable de suspensión L' 0.2 m x Ø 1/2"
6	1	Tubo de HDPE 1.20 m
7	1	Queda para paso I
8	1	Queda para paso II

No.	Cantidad	Descripción
1	1	Cable acero L' 3.5 m x Ø 3/4"
2	1	Cable de suspensión L' 1.5 m x Ø 1/2"
3	1	Cable de suspensión L' 1.0 m x Ø 1/2"
4	1	Cable de suspensión L' 0.5 m x Ø 1/2"
5	1	Cable de suspensión L' 0.2 m x Ø 1/2"
6	1	Tubo de HDPE 1.20 m
7	1	Queda para paso I
8	1	Queda para paso II

Nota: Cuando la geometría del anclaje en el muro de 25.00 mts. se deba utilizar para ambos anchos.



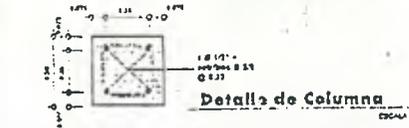
PLANTA
Anclaje para paso aéreo



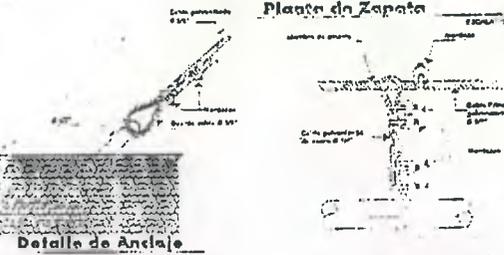
Detalle de Columna



Elevación Lateral
PASO AEREO 50.00 mts. de Luz



Detalle de Columna



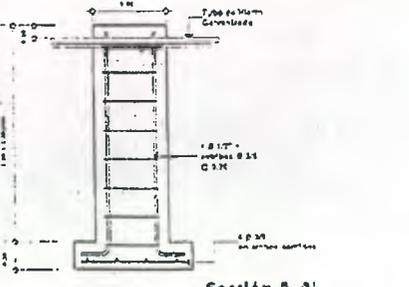
Detalle de Anclaje

Planta de Zapata

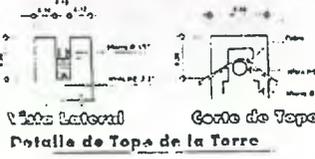
Detalle de Suspensión

No.	Cantidad	Descripción
1	1	Cable acero L' 3.5 m x Ø 3/4"
2	1	Cable de suspensión L' 1.5 m x Ø 1/2"
3	1	Cable de suspensión L' 1.0 m x Ø 1/2"
4	1	Cable de suspensión L' 0.5 m x Ø 1/2"
5	1	Cable de suspensión L' 0.2 m x Ø 1/2"
6	1	Tubo de HDPE 1.20 m
7	1	Queda para paso I
8	1	Queda para paso II

Nota: Cuando la geometría del anclaje en el muro de 25.00 mts. se deba utilizar para ambos anchos.



Sección A-A'



Detalle de Tapa de la Torre

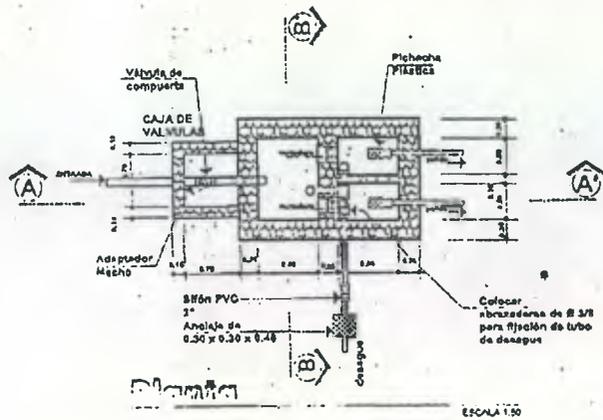
No.	Cantidad	Descripción
1	1	Cable acero L' 3.5 m x Ø 3/4"
2	1	Cable de suspensión L' 1.5 m x Ø 1/2"
3	1	Cable de suspensión L' 1.0 m x Ø 1/2"
4	1	Cable de suspensión L' 0.5 m x Ø 1/2"
5	1	Cable de suspensión L' 0.2 m x Ø 1/2"
6	1	Tubo de HDPE 1.20 m
7	1	Queda para paso I
8	1	Queda para paso II

PROYECTO: **MINIRIEGO**
Caserio "Zarzal," Aldea Shupa, Mpio. De Camotán, Depto. de ChiQUIMULA

PROYECTANTE: **MUNICIPALIDAD DE CAMOTÁN, DEPTO. DE CHIQUIMULA,**

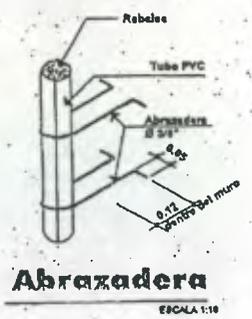
UBICACIÓN: **Caserio "El Zarzal" Aldea Shupá, Camotán, Chiquimula**

CONTENIDO: **PASOS AEREOS**



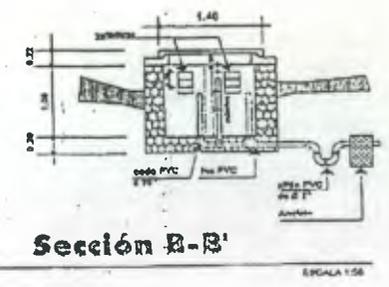
Plano

ESCALA 1:50



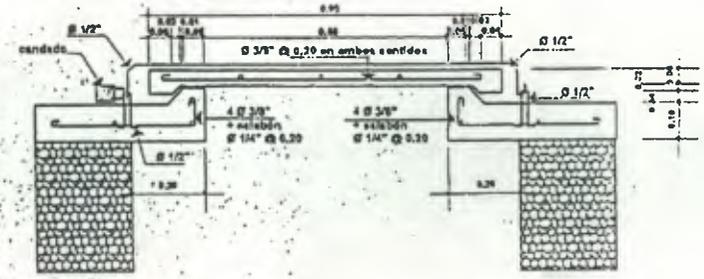
Abrazadera

ESCALA 1:10



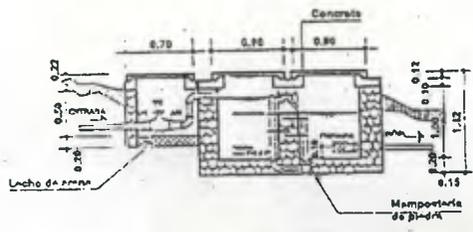
Sección B-B'

ESCALA 1:50



Detalle de Tapadera

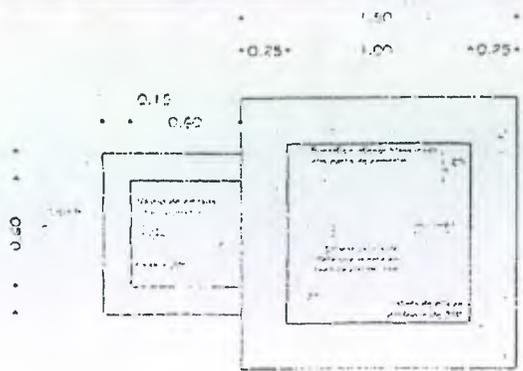
ESCALA 1:10



Sección A-A'

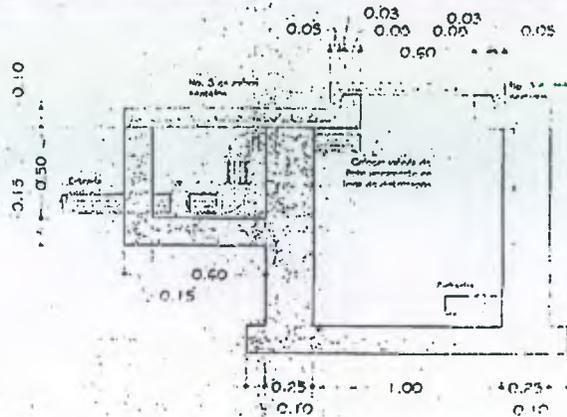
ESCALA 1:50

PROYECTO	MINI-REGO Caserio "Zarzal," Aldea Shupá. Mpo. De Camotán Depto. de Chiquimula.
ORGANISMO	MUNICIPALIDAD DE CAMOTÁN, DEPTO. DE CHIQUIMULA
UBICACION	Caserio "El Zarzal" Aldea Shupá, Camotán, Chiquimula
TITULO	CAJAS DISTRIBUIDORAS DE RAMALES
FECHA	1978
PROYECTISTA	ING. A. P.



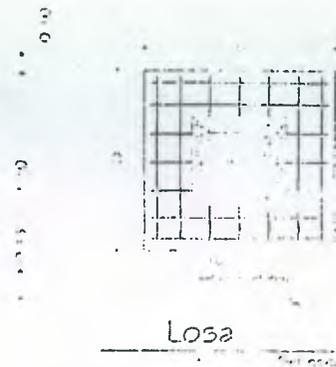
Planta

Esc 1:12.5

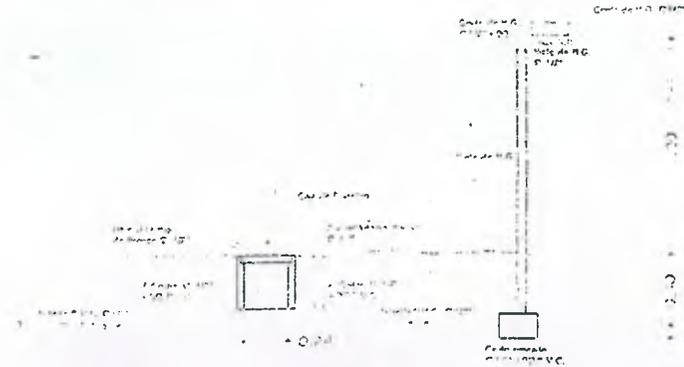


Sección

Esc 1:12.5

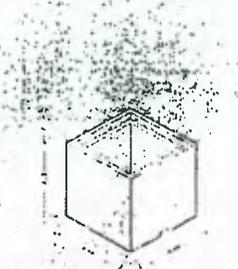


Losa



Conexión domiciliar estandar

Esc 1:12.5



Detalle de caja de registro

Esc 1:10

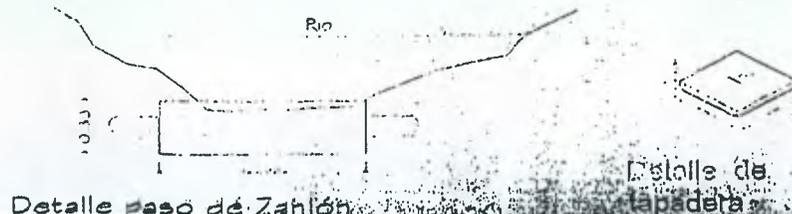


Sección



Sección Zanja

Esc 1:10



Detalle paso de Zanja

Detalle de lapadeta

PROYECTO:	MINIRIEGO
	Casero "Zarzal," Aldea Shupá, Mdo. De Camotán
	Depto. de Chiquimula
PROYECTO:	MUNICIPALIDAD DE CAMOTÁN, DEPTO DE CHIQUMULA
	Casero "El Zarzal" Aldea Shupá, Camotán, Chiquimula
PROYECTO:	CAJA ROMPE PRESIÓN



REF. Sem. 72/2004

FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGRONOMICAS

LA TESIS TITULADA:

"Estudio y Diseño del sistema de miniriego por goteo en la comunidad El Zarzal, Shupa, Camotan".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE :

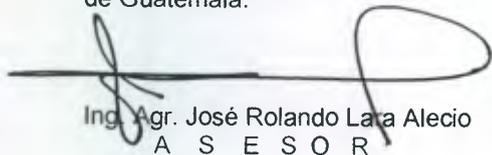
RAUL ANTONIO CALDERON DE LEON

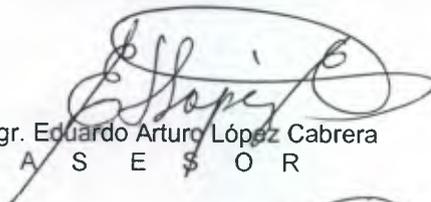
CARNE:

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES :

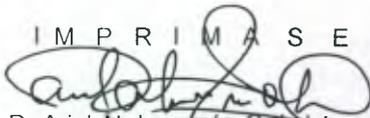
Ing. Agr. Miguel Angel Morales Cayax
Ing. Agr. Marco Tulio Aceituno Juárez
Ing. Agr. David Haroldo Juárez Quim

Los Asesores 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. Agr. José Rolando Lara Alecio
A S E S O R


Ing. Agr. Eduardo Arturo López Cabrera
A S E S O R


Dr. David Monterroso Salvatierra
DIRECCION
DIRECTOR DEL IIA


IMPRIMASE

Dr. Ariel Abderramán Ortiz López
DECANO



DMS/nm
c.c. Archivo
IIA
Control Académico

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central