

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



***ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA INTRODUCCIÓN DE UN SISTEMA DE
RIEGO GRAVEDAD-ASPERSIÓN EN EL CASERÍO CORRAL DE PIEDRA,
CONCEPCIÓN TUTUAPA, SAN MARCOS.***

VÍCTOR MANUEL MARROQUÍN AVENDAÑO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2004

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

***ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA INTRODUCCIÓN DE UN SISTEMA DE
RIEGO GRAVEDAD-ASPERSIÓN EN EL CASERÍO CORRAL DE PIEDRA,
CONCEPCIÓN TUTUAPA, SAN MARCOS.***

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

**POR
VÍCTOR MANUEL MARROQUÍN AVENDAÑO**

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO**

EN

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO**

GUATEMALA, OCTUBRE 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. M.V. LUIS ALFONSO LEAL MONTERROSO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Dr. Ariel Abderramán Ortiz López
VOCAL I	Ing. Agr. Alfredo Itzep Manuel
VOCAL II	Ing. Agr. Manuel de Jesús Martínez Ovalle
VOCAL III	Ing. Agr. Erberto Raul Alfaro Ortiz
VOCAL IV	Prof. Juvencio Chom Canil
VOCAL V	Prof. Bayron Geovany Chavajay
SECRETARIO	Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes

Guatemala, octubre de 2004

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 DE FACTIBILIDAD DE LA INTRODUCCIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO GRAVEDAD-ASPERSIÓN EN EL CASERÍO CORRAL DE PIEDRA, CONCEPCIÓN TUTUAPA, SAN MARCOS.

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,

Atentamente

Víctor Manuel Marroquín Avendaño

**Para alguien:
A quien escuchaba detrás de una puerta, contar sus aventuras en las fincas bananeras de Izabal,
haya por en el año 89. ¿quizás nunca lo sepa?**

TESIS QUE DEDICO

A:

P.D. Y LOS GRUPOS DE 12 PASOS Muchas gracias por su amor, fe, fortaleza y esperanza. Y por las experiencias que vivimos Chicovix.

RIQUELME GASPARICO Un verdadero Pigmaleon lleno de energía creativa.

MIS PADRES Muchas gracias por todo su esfuerzo y dedicación.

TÍO ARMANDO Estar, estar y estar..... Siempre.

PAPA CARLITOS Quien fue un gran árbol y me enseñó amar a los libros, el ajedrez y la universidad.

MAMA ADELA La abuelita de Batman,

HERMANA KARLA Con quien no une una bella niñez y un profundo amor.

MI ESPOSA Zotchill compañera de viaje, con quien construimos dos hermosas vidas y mujer de grandes sacrificios.

MIS HIJOS José Menfi, Juan Manuel y Palito el regalo más grande que me da la vida cada mañana y que me pone de pie.

MI SOBRINA Chomin Oropeza piedra angular de mi transformación, te amo Karlita.

MI TÍA MARITZA Quien con su alegría y amor hace maravillosa la vida

MIS TÍOS Sergio y Aurita, ejemplo viviente de superación y lucha constante. Quienes luchan y se comprometen con sus ideales.

MIS PRIMOS Willito, Sergio José, Ixmucane, Eloisa Manríquez Genstar, Gloria Maria, Majanda, Raulito y Gavito; que esto sea un pequeño tributo de nuestra hermandad, ejemplo de superación y que la familia sea primero muchá.

MIS AMIGOS DE TODA LA VIDA Gener, Marvin, los hermanos Koo Recinos ¡uyy!, Efraín y Succely López, Mike (el acompañado), Alejandro Gonzáles. Personas extraordinarias quienes me enseñan que la verdadera amistad no es una casualidad.

MIS AMIGOS DE UNIVERSIDAD Personas realmente maravillosas quienes me contagiaron el deseo de ser cada día mejor , Álvaro Arana, Eddie López, Rafael Anleu, Jorge Guicoy, Filosofo, Nick Estrada, Rubén Zaldaña, José Antonio López, Max Valdeti, Asdrúbal, Erick Ortega, Carlos Jancoba, Fidel Raxcaco, etc

ACTO QUE DEDICO

A:

A LOS NIÑOS DEL ÁREA RURAL DE GUATEMALA, EN ESPECIAL A LOS NIÑOS DEL ÁREA IXIL QUIENES, CON SU ALEGRÍA, GRACIA E INOCENCIA HACEN QUE LOS IDEALES SIGAN LATIENDO AUN HERIDOS DE MUERTE POR EL MERCADO.

AL PUEBLO DE GUATEMALA POR BRINDARME LA OPORTUNIDAD DE UNA EDUCACIÓN SUPERIOR.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, FACULTAD DE AGRONOMÍA
GRACIAS POR LA FORMACIÓN SOCIAL Y HUMANA QUE ME DIERON**

LIVIGNSTON, IZABAL, ANTICIPO DEL PARAÍSO LUGAR DONDE CONSTRUYO

AGRADECIMIENTOS

A:	
Ing. Agr. Mario López	Gracias por tu amista y tu apoyo, siempre estare en deuda con vos.
Ing. Agr. Francisco Mazariegos	Gracias por sus consejos técnicos y espirituales
Ing. Agr. David Juarez	Por su paciencia
	Especialmente al departamento de riego.
Ing. Leonel Santacruz	Por la confianza y todas las prerrogativas que me otorgó para poder concluir este trabajo
Compañeros de trabajo	

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
ÍNDICE GENERAL.....	i
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	vi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
3. MARCO TEÓRICO.....	3
3.1 MARCO CONCEPTUAL.....	3
3.1.1 Riego.....	3
3.1.1.1 Relación agua-suelo-planta-clima.....	3
3.1.2 Propiedades y características físicas relacionadas con el riego	3
3.1.2.1 Textura del suelo	3
3.1.2.2 Estructura	3
3.1.2.3 Densidad aparente	4
3.1.2.4 Velocidad de infiltración	4
3.1.2.5 Porosidad	5
3.1.3 Historia del riego por aspersión.....	5
3.1.4 Descripción de un sistema de riego por aspersión	5
3.1.5 Factibilidad del riego por aspersión	7
3.1.5.1 Evaluación del proyecto.....	7
3.1.6 Ventajas y desventajas del riego por aspersión.....	8
3.1.7 Calidad del agua de riego	8
3.1.7.1 Clasificación del agua de riego.....	9
3.1.7.2 Diagrama de clasificación del agua	9
3.1.8 Criterios para el diseño hidráulico	9
3.1.8.1 Método de carga unitaria	10
3.1.8.2 Método de velocidad permisible	10
3.1.8.3 Método de porcentaje	10
3.1.8.4 Método de comparación de costos	10
3.2 MARCO REFERENCIAL	11
3.2.1 Datos generales de la comunidad.....	11
3.2.1.1 Localización y colindancias	11
3.2.1.2 Vías de acceso	11
3.2.1.3 Clima y zonas de vida	11
3.2.1.4 Hidrología	12
3.2.1.5 Suelos.....	12
3.2.1.6 Aspectos socioeconómicos.....	12
4. OBJETIVOS	15
4.1 GENERAL	15
4.2 ESPECÍFICOS.....	15
5. METODOLOGÍA	16
5.1 ESTUDIO TOPOGRÁFICO	16
5.2 ESTUDIO EDAFOLÓGICO.....	16
5.2.1 Muestreo de Suelos.....	16

5.2.2	Análisis Físicoquímico de Suelos	17
5.2.3	Pruebas de infiltración	17
5.3	ESTUDIO HIDROLÓGICO	17
5.3.1	Disponibilidad de agua	17
5.3.2	Calidad de agua.....	17
5.4	DISEÑO AGRONÓMICO	17
5.4.1	Selección de cultivos.....	17
5.4.2	Determinación de la evapotranspiración	17
5.4.3	Lámina de agua aprovechable	18
5.4.4	Lámina de agua rápidamente aprovechable	18
5.4.5	Frecuencia de riego	18
5.4.6	Lámina bruta de diseño.....	19
5.4.7	Tiempo de riego por día (TRD)	19
5.4.8	Selección del aspersor	19
5.4.9	Diseño de la parcela tipo.....	20
5.4.10	Diseño de la red de riego	21
5.5	DISEÑO HIDRÁULICO	22
5.5.1	Cargas en la entrada de la parcela	22
5.5.2	Diseño de la línea de conducción principal y ramales	22
5.5.3	Línea de piezométrica.....	23
5.5.4	Selección de presiones nominales de tubería	23
5.5.5	Sistema de válvulas	23
5.6	OBRA CIVIL	24
5.7	ESTUDIO DE MERCADO	24
5.7.1	Demanda y oferta	24
5.7.2	Análisis de precios.....	24
5.7.3	Comercialización.....	24
5.8	ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO	24
5.8.1	Costos de inversión	24
5.8.2	Costos de producción	24
5.8.3	Costos de operación y mantenimiento.....	25
5.8.4	Servicio de la deuda	25
5.8.5	Beneficios del proyecto	25
5.8.6	Flujo de fondos	25
5.8.7	Parámetros de evaluación financiera	25
5.8.8	Análisis de sensibilidad.....	26
5.9	EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	26
5.9.1	Componente socioeconómico.....	26
5.9.2	Componente ambiental.....	26
5.10	ORGANIZACIÓN DE LOS USUARIOS	26
5.11	SITUACIÓN JURÍDICA	26
6.	RESULTADOS	28
6.1	ESTUDIO TOPOGRÁFICO	28
6.2	ESTUDIO EDAFOLÓGICO	28
6.2.1	Análisis físicoquímico	28
6.3	ESTUDIO HIDROLÓGICO	29
6.3.1	Disponibilidad de agua	29

6.3.2 Calidad del agua.....	30
6.4 DISEÑO AGRONÓMICO	30
6.4.1 Selección de cultivos.....	30
6.4.2 Cálculo de la demanda de agua de los cultivos.....	30
6.4.3 Lámina de humedad aprovechable	32
6.4.4 Lámina rápidamente aprovechable y frecuencia de riego	33
6.4.5 Lámina neta y lámina bruta de diseño.....	33
6.4.6 Tiempo de riego por día	33
6.4.7 Selección del aspersor	33
6.4.7.1 Separación entre aspersores.....	33
6.4.7.2 Intensidad de riego.....	33
6.4.7.3 Tiempo de riego por turno	34
6.4.7.4 Área máxima que un aspersor puede cubrir	34
6.4.8 Diseño de la parcela modelo.....	34
6.4.8.1 Método de riego.....	34
6.4.8.2 Número de aspersores por parcela.....	34
6.4.9 Diseño de la red de riego.....	38
6.4.9.1 Caudal del sistema	38
6.4.9.2 Área de riego por turno y por día.....	38
6.5.1 Carga a la entrada de la parcela.....	38
6.5.2 Diseño de la línea de conducción y ramales.....	38
6.5.3 Línea piezométrica.....	38
6.5.4 Selección de presiones nominales de tubería	39
6.5.5 Sistemas de válvulas.....	39
6.5.6 Obra civil	39
6.6 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	39
6.6.1 Especificaciones del sistema	39
6.6.2 Operación del sistema.....	40
6.7 ESTUDIO DE MERCADO	43
6.7.1 Demanda y oferta	43
6.7.1.1 Demanda	43
6.7.1.2 Oferta	45
6.7.2 Análisis de precios.....	45
6.7.3 Comercialización.....	49
6.7.3.1 Mercados potenciales.....	49
6.7.3.2 Canales de comercialización	49
6.8 ANÁLISIS FINANCIERO	50
6.8.1 Costos de inversión	50
6.8.2 Composición de costos	50
6.8.3 Costos de producción.....	51
6.8.4 Costos de operación y mantenimiento.....	51
6.8.5 Servicio de la deuda	51
6.8.6 Beneficios del proyecto	52
6.8.7 Flujo de fondos	53
6.8.8 Indicadores financieros	53
6.8.9 Análisis de sensibilidad.....	53
6.9 EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	54
6.9.1 Evaluación del componente socioeconómico	54

6.9.1.2 Propiedad de la tierra	54
6.9.1.3 Transporte y servicios básicos	55
6.9.1.4 Eficiencia productiva	55
6.9.1.3 Alimentación.....	55
6.9.2 Componente ambiental.....	55
6.9.2.1 Determinación de los niveles de impacto a los recursos naturales	56
6.9.2.2 Propuesta de medidas de mitigación	56
6.9.2.3 Control y Seguimiento de las medidas de mitigación	57
6.10 ORGANIZACIÓN DE LOS USUARIOS	58
6.10.1 Normas para la operación y mantenimiento del sistema de riego diseñado.....	58
6.10.2 Normas de operación del sistema	58
6.10.3 Normas para el mantenimiento del sistema.....	59
6.10.4 Reglamento del sistema	60
6.10.4.1 Derechos fundamentales de los usuarios.....	60
6.10.4.2 Obligaciones de los usuarios	60
6.11 SITUACIÓN JURIDICA	60
7. CONCLUSIONES	61
8. RECOMENDACIONES	62
9. BIBLIOGRAFÍA	63
10. APÉNDICE.	65

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Datos climáticos de la estación Tipo B Cuilco, Huehuetenango	12
Cuadro 2. Resultados de análisis físico de suelos.	28
Cuadro 3. Análisis químico de suelos del caserío Corral de Piedra, octubre de 2000.....	29
Cuadro 4. Aforos realizados en tres fechas en el Río Gualchinab.....	29
Cuadro 5. Características químicas del agua.	30
Cuadro 6. Resultados de la determinación de la evapotranspiración potencial por el método de Blanney y Criddle modificado por la FAO.....	31
Cuadro 7. Demandas hídricas de otros cultivos producidos en la zona.....	32
Cuadro 8. Resultados de lámina disponible.	32
Cuadro 9. Resultado del cálculo de lámina rápidamente aprovechable y frecuencia de riego.	33
Cuadro 10. Cálculo de lámina bruta y lámina neta de riego.	33
Cuadro 11. Características del aspersor seleccionado.....	34
Cuadro 12. Distribución de Aspersores por parcela.....	35
Cuadro 13. Modelos de Aspersor.	40
Cuadro 14. Operación del sistema.....	40
Cuadro 15. Demanda potencial y área sembrada necesaria para cubrirla del cultivo de tomate.....	43
Cuadro 16. Demanda potencial y área sembrada necesaria para cubrirla del cultivo de cebolla.	44
Cuadro 17. Demanda potencial y área sembrada necesaria para cubrirla del cultivo de lechuga.	44
Cuadro 18. Consumo aparente nacional de tomate. *	45
Cuadro 19. Precios de tomate de 1ra (Q/ caja de 22 Kg.)*	46
Cuadro 20. Precios de cebolla seca (quetzales por quintal)*	47
Cuadro 21. Precio de lechuga (quetzales por caja de 18 unidades).....	48
Cuadro 22. Resumen de Costos de Inversión.	50
Cuadro 23. Composición de costos.	50
Cuadro 24. Costos de producción por hectárea.	51
Cuadro 25. Costos de Administración, Mantenimiento y Operación Anual.....	51

Cuadro 26. Servicio de la deuda.....	52
Cuadro 27. Situación productiva “sin proyecto”.....	52
Cuadro 28. Situación productiva “con proyecto”.....	52
Cuadro 29. Flujo de Fondos.....	53
Cuadro 30. Análisis de sensibilidad.....	54
Cuadro 31. Medidas de tendencia central para la estructura familiar.....	54
Cuadro 32. Propiedad de la tierra.....	55
Cuadro 33A Porcentaje diario medio(P) de horas diurnas.....	67
Cuadro 34A Valor de “f” Blanney-Criddle para diferentes temperaturas y porcentaje diario de horas diurnas anuales.....	68
Cuadro 35A Diseño hidráulico de tubería principal.....	70
Cuadro 36A Diseño hidráulico de ramales.....	73
Cuadro 37A Listado de materiales.....	74
Cuadro 38A Integración de costos de obra civil.....	82
Cuadro 39A Matriz de Leopold.....	101
Cuadro 40A Boleta socioeconómica.....	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio.....	14
Figura 2. Relación entre ETP mensual y precipitación media mensual.....	31
Figura 3. Índice estacional de tomate de 1ra.....	46
Figura 4. Índice estacional del quintal de cebolla seca.....	47
Figura 5. Índice estacional del cultivo lechuga.....	48
Figura 6A. Croquis de vías de acceso.....	66
Figura 7A Predicción de Eto a partir de “f” de Blanney-Criddle para diferentes condiciones de humedad relativa mínima.....	69
Figura 8A Planta Principal.....	81
Figura 9A Tramo 0.2-34.2.....	82
Figura 11A Tramo 34.2-59.1.....	83
Figura 12A Tramo 59.1-84.1.....	84
Figura 13A Ramal 1.....	85
Figura 14A Ramal C, G Bonifasia.....	86
Figura 15A Ramal 2.....	87
Figura 16A Ramal 3.....	88
Figura 17A Ramal 4, 5 y 6.....	89
Figura 18A Ramal 7.....	90
Figura 19A Ramal 8.....	91
Figura 20A Ramal 9.....	92
Figura 21A Ramal 10 y 11.....	93
Figura 22A Ramal 12 y 13.....	94
Figura 23A Desarenador.....	95
Figura 24A Caja de válvulas.....	96
Figura 25A Caja rompe presión.....	97
Figura 26A Paso aéreo.....	98
Figura 27A Captación.....	99
Figura 28A Parcela tipo.....	100

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA INTRODUCCIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO
GRAVEDAD-ASPERSIÓN EN EL CASERÍO CORRAL DE PIEDRA, CONCEPCIÓN TUTUAPA,
SAN MARCOS**
**FEASIBILITY STUDY FOR INTRODUCTION OF A SPRINKLING IRRIGATION SYSTEM IN
CORRAL DE PIEDRA, CONCEPCIÓN TUTUAPA, SAN MARCOS**

RESUMEN

Los habitantes del caserío Corral de Piedra se dedican principalmente a la agricultura de temporal y migran estacionalmente en busca de trabajo a las fincas de café de Chiapas, México o al corte de caña de azúcar en la costa sur de Guatemala. Dado a que las cosechas dependen solamente del agua de lluvia, existen años de inseguridad alimentaria por lo irregular de la estación lluviosa. Además, las parcelas son abandonadas en el verano, desperdiciándose el potencial de las mismas, debido a la falta de agua para riego. La comunidad podrá aprovechar los recursos hídricos del Río Gualchinab, el cual cuenta con un caudal de 2.8 m³/seg en época de estiaje y un punto de toma con altura suficiente respecto del área cultivada de la comunidad. Debido a la envergadura de la inversión inicial, fue necesario realizar el presente estudio de factibilidad con los objetivos de determinar la factibilidad técnica, económica, social, financiera y ambiental del proyecto de riego, a efecto de contar con un instrumento de gestión ante diversos organismos internacionales donantes.

El total de familias beneficiadas será de 109, con un total de 112 parcelas que sumadas hacen un total de 25.6 ha. Los cultivos potenciales considerados son: tomate, cebolla y lechuga.

El sistema de riego fue diseñado con una evapotranspiración máxima de 4.68 mm/día, lámina neta 18.72 mm, lámina bruta de 28.53 mm para 4 días de intervalo de riego crítico. El tiempo de riego por día considerado es de 18 horas, tiempo de riego por turno: 4 horas. El aspersor debe de operar a 45 PSI con 4.7 GPM y una intensidad de riego de 4.75 mm/hora.

El proyecto se estima en un costo total de Q1,355,767.24, el costo de la conducción principal y ramales se determino en Q1,049,459.51, equivalente al 81.10 por ciento, la instalación parcelaria tiene un costo de Q256,307.73 equivalente al 18.90 por ciento de la inversión. El costo por hectárea se estima en Q52,959.66.

La evaluación financiera del proyecto indica que el valor actual neto es de Q335,388.32, la tasa interna de retorno de 29.81 por ciento y una relación beneficio costo de 2.09/1. Por lo que el proyecto técnicamente es factible.

El origen del financiamiento debería ser una donación para la conducción principal y ramales de distribución. La instalación parcelaria podrá ser financiada por los agricultores (Q256,307.73), a un costo de Q2,351.45 por familia.

1. INTRODUCCIÓN

El suministro de agua para las plantas a través del riego es una práctica muy antigua. Con esta actividad, la agricultura sufre un cambio significativo; pasa de ser de temporal y producir una cosecha al año a volverse intensiva y producir tres cosecha al año. En este sentido, la introducción de un sistema de riego acarrea grandes beneficios para los agricultores. Sin embargo, la inversión inicial es alta y el buen funcionamiento depende en gran medida de una buena planificación y un diseño acorde a las condiciones particulares de cada región.

Los habitantes del caserío Corral de Piedra, Concepción Tutuapa, San Marcos, actualmente se dedican a la producción de maíz, frijol y maní en la estación lluviosa, dedicada casi en su totalidad al consumo. En el mes de octubre migran a fincas mexicanas para cortar café y caña y regresan en los meses de febrero y marzo.

La comunidad, organizada en un comité de mini riego, tiene la intención de aprovechar el recurso hídrico del río Gualchinab, el cual, en su recorrido, tiene un punto de donde se puede aprovechar la energía de posición a través de un sistema de riego gravedad aspersión. Este punto se encuentra a 10 Km. del conglomerado de parcelas. El comité está integrado por 109 personas, quienes desean incorporar 26 ha. bajo riego y producir granos básicos, tomate, cebolla y maní.

Dada la magnitud de la inversión inicial y las condiciones particulares de la región, surge la necesidad del presente estudio que pretende encontrar una alternativa técnica, social, financiera, ambiental y económicamente viable. Busca además, jugar el rol de documento de gestión ante las agencias de financiamiento internacional.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El caserío Corral de Piedra políticamente está ubicado en el municipio de Concepción Tutuapa, San Marcos. Es una comunidad que se dedica principalmente al cultivo de maíz, frijol y maní en condiciones de temporal. Algunas familias con parcelas ubicadas en las vegas del río siembran, bajo riego, tomate, repollo y chile pimiento en pequeñas áreas. Todos los cultivos se siembran durante la estación lluviosa ya que en los meses de verano no cuentan con un suministro de agua para riego, provocando una temporalidad. La mayoría de la producción es para consumo y una pequeña parte para la venta.

Lo anterior ocasiona que, durante el verano, se abandonen las parcelas con vocación agrícola y que el jefe de familia busque otra fuente de ingreso, emigrando a otros lugares para vender su fuerza de trabajo, desperdiciando así el potencial de suelo y clima con que cuentan y que, por falta de tecnología, no pueden aprovechar el recurso hídrico. Además, la dependencia del agua de lluvia ha ocasionado períodos de inseguridad alimentaria, debido principalmente al déficit o excesos de humedad de estaciones lluviosas irregulares.

Entre los recursos hídricos de la comunidad se encuentra el río Gualchinab, el cual no es aprovechado actualmente presentando buen potencial.

El presente estudio surge por la necesidad de un documento de gestión para la comunidad, que se encuentra organizada en un comité “Pro Riego”, para posteriormente entrar en proceso de búsqueda de financiamiento.

El suministro de agua a los cultivos en la época seca podría ser posible si se aprovechara las aguas del río Gualchinab.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 Riego

El riego agrícola lo define Sandoval (25) como la aplicación artificial de agua al perfil del suelo con el propósito de suplir la cantidad necesaria para que los vegetales produzcan económica y permanentemente.

3.1.1.1 Relación agua-suelo-planta-clima

El USDA (32) considera que la cantidad de agua disponible en el suelo para consumo de la planta se determina por sus propiedades físicas. Dicha cantidad es determinante para la vida de la planta y es básica para establecer tanto el volumen como la frecuencia del riego requerido para asegurar el desarrollo continuo del cultivo.

“Las características físicas y en especial la textura del suelo, tienen una gran influencia en la profundidad de enraizamiento. Los suelos de textura gruesa permiten una mayor profundización de las raíces que los suelos de textura fina. La profundidad de enraizamiento esta relacionada con el tamaño del cultivo”. Grassi (13)

Según Santa Olalla Mañas (26), los procesos fisiológicos que realizan los vegetales están influidos directa e indirectamente por el abastecimiento de agua.

Font Quer (8) menciona que el agua penetra a través de los pelos radicales que se encuentran en gran número en las raíces jóvenes, por medio de un proceso llamado osmosis.

3.1.2 Propiedades y características físicas relacionadas con el riego

3.1.2.1 Textura del suelo

El USDA (32) clasifica la textura de un suelo en función de las distintas combinaciones de arena, limo y arcilla.

Sandoval (25) considera que la importancia radica en que determina en gran medida la capacidad de retención de humedad, el movimiento del agua, la cantidad de agua disponible a las plantas. Además que determina considerablemente la cantidad de agua a ser aplicada, el intervalo de riego, el tiempo de riego y contribuye a definir que tipo de riego es el más adecuado.

3.1.2.2 Estructura

El USDA (32) define la estructura como la clase de partículas agrupadas que predominan en el suelo y que, a diferencia de la textura, puede ser modificada.

Sandoval (25) considera que la estructura afecta básicamente la velocidad de infiltración del agua, característica que determina la intensidad de riego máxima. Asimismo, la estructura laminar y masiva tiene un movimiento de agua muy lento que puede llegar a limitar el uso de métodos de riego como el de

aspersión, por producir encharcamiento. Las estructuras en bloques y prismática tienen un movimiento moderado del agua y la granular tiene un movimiento rápido. Estos últimos tres tipos son los más favorables para la relación agua-suelo-planta.

3.1.2.3 Densidad aparente

“La densidad aparente de suelo es el peso de suelo seco por unidad de volumen de suelo, incluyendo los poros, se expresa en gramos por cm^3 ” (25), (19).

La densidad aparente es una propiedad del suelo de gran importancia para el diseño y operación de sistemas de riego, debido a que es necesaria para calcular la cantidad de agua a aplicar en un riego (25).

3.1.2.4 Velocidad de infiltración

“La velocidad de infiltración es la entrada vertical del agua a través de los poros por unidad de tiempo” (25), (19).

A. Factores que afectan la infiltración

Gavande (10) indica que los factores que afectan las propiedades físicas de los suelos son los que afectan la velocidad de infiltración. En el caso del riego por aspersión son:

1. Sellamiento superficial.
2. Compactación del suelo.
3. Partículas del suelo.
4. Preparación del suelo.
5. Materia orgánica y rotación de cultivos.
6. Sales del suelo y del agua.
7. Sedimentos del agua del suelo.
8. Perfil del suelo.

B. Medición de la infiltración

“El método de infiltrómetro de doble cilindro es utilizado para diseñar, operar y evaluar métodos de riego de inundación total y aspersión” (25).

3.1.2.5 Porosidad

Porosidad se define como el porcentaje del volumen total del suelo que está ocupado por poros. Es la propiedad que influye en la capacidad de retención de humedad de agua, movimiento del aire y del agua y el desarrollo radicular (8) y (25).

3.1.3 Historia del riego por aspersión

El riego por aspersión ha evolucionado con gran rapidez y se ha difundido con gran velocidad, especialmente en países desarrollados como Estados Unidos, Israel, y algunos países europeos (19).

Este método de riego es uno de los más versátiles ya que existen desde los sistemas más sencillos de baja presión y manuales hasta los más complicados de alta presión y automáticos: desde el sistema casero, formado por una manguera y una boquilla, hasta el sistema de pivote central.

En el caso de Guatemala, en 1978 comenzó a funcionar el Proyecto de Mini Riego y Conservación de Suelos de Guatemala, iniciando así el desarrollo de riego en el área central y occidental del país, introduciendo sistemas de riego a pequeños agricultores (30).

3.1.4 Descripción de un sistema de riego por aspersión

El sistema se basa en suministrar agua a presión desde una fuente, a través de tuberías hasta el área de riego. Cuando la diferencia de cota topográfica entre el punto de suministro y el área regable es suficiente para aportar energía necesaria para el funcionamiento adecuado del sistema, se puede prescindir de unidades de bombeo (7).

Por medio de una adecuada selección de aspersores diseñados para operar a diversas presiones, espaciamientos y tamaños, se pueden obtener varias formas de distribución y diversas características de flujo que hacen que el sistema de riego sea adaptable a una amplia gama de condiciones (7).

Sandoval (25) menciona que las principales partes que compone un sistema son:

A. FUENTE DE AGUA

La fuente puede ser un río, un pozo, un canal de riego, un embalse, etc., de la cual se obtiene el suministro de agua y se requiere que sea continuo. Los aspectos a considerar son: la ubicación, calidad de agua, costo del agua y el caudal (25).

B. FUENTE DE ENERGÍA

Los aspersores trabajan a cierta presión que debe ser suministrada por una fuente de energía capaz de vencer las diferencias de altura. La fuente de energía puede ser una bomba y su motor o la energía de posición de la fuente del agua con respecto del área de riego (25).

C. TUBERÍA PRINCIPAL

Estas tuberías tienen el objetivo de conducir el agua de la fuente hacia los ramales. Puede ser fija o móvil, enterrada o superficial y el material generalmente es PVC, aluminio y en algunos casos, hierro galvanizado (25).

D. TUBERÍA LATERAL

Esta tubería, en la mayoría de los casos, es de menor diámetro que la anterior. Puede ser de aluminio, PVC y algunas veces son mangueras. Es en esta tubería donde van conectados los aspersores (25).

E. ASPERSORES

Los rociadores o aspersores son dispositivos encargados de aplicar el agua en forma de lluvia. Constan de boquilla, brazo giratorio, resorte y base. La forma y dimensión del patrón de aspersor varía en función de la marca y el modelo (25).

F. ACCESORIOS.

Los accesorios son los encargados de facilitar la conducción, distribución y control del sistema. Entre los más comunes están: conexiones (codos, tees, elevadores, etc.), válvulas de aire, reguladores de presión, válvulas de compuerta, manómetros, filtros inyectoros de fertilizante, etc. (25).

G. OBRA CIVIL

Son todas aquellas estructuras diseñadas para proteger y/o hacer más eficiente el funcionamiento del sistema. Entre la más usadas se encuentran: presas, desarenadores, cajas de protección de válvulas de drenaje y aire, cajas rompe presión, pasos aéreos y pasos protegidos (25).

3.1.5 Factibilidad del riego por aspersión

Cabrera (2), Gómez (11), Solórzano (30), Romero (22) y más recientemente López (18), han considerado en sus trabajos que los aspectos a tomar en cuenta en estudios de introducción de riego por aspersión son:

- a. Áreas potencialmente regables, estudio topográfico, estudio climático, estudio edafológico, selección de cultivos, estudio hidrológico, selección del aspersor, diseño hidráulico, obra civil, análisis de mercado, análisis financiero, evaluación del impacto del proyecto en su componente socioeconómico, institucional y ambiental.
- b. Organización de los usuarios del riego, que incluye las normas de operación y reglamento del sistema.

3.1.5.1 Evaluación del proyecto

A. ANÁLISIS CUANTITATIVO

SEGEPLAN (27) indica que los principales indicadores que deben calcularse para una evaluación cuantitativa son:

a. Tasa interna de retorno

Es la tasa de interés (i) que iguala el valor actual de los flujos de beneficios (positivos) con el valor actual de flujos de costos (negativos).

b. Valor presente neto (VAN)

Es la diferencia entre el valor actual de los flujos de beneficios y valor actual de los flujos de costos. La tasa para descontar los flujos es la tasa de interés que se obtendría en la mejor alternativa de inversión.

c. Relación beneficio / costo (B/C)

Es la relación que resulta de dividir el valor actual de los flujos de beneficios dentro del valor actual de los flujos de costos. La tasa de descuento es la misma que se usa en el VAN.

B. ANÁLISIS CUALITATIVO

Asimismo, la evaluación cualitativa emplea los criterios de (27):

a. Análisis de congruencia

En este análisis, se evalúa la congruencia de los proyectos con los lineamientos generales de desarrollo del país o institucional.

b. Análisis de viabilidad

Este tipo de análisis evalúa la viabilidad del proyecto en los tópicos de: mercado, tecnología, social, jurídico, administrativo y ambiental.

3.1.6 Ventajas y desventajas del riego por aspersión

El CIDIAT (19) considera que las principales ventajas del riego por aspersión son: factibilidad para regar terrenos que, por su topografía, presentan dificultad con el uso de otros métodos; eficiencia alta del riego; prevención de escorrentía; ahorro del recurso agua; innecesidad de nivelar tierras, pues se puede usar en topografía irregular; aprovechamiento de pequeños caudales; mejor aplicación de fertilizantes; mayor disponibilidad de superficie al no construirse canales; control de malas yerbas; factibilidad de automatización, mejor control de la humedad; menor tiempo de implementación. El riego puede programarse más fácilmente, de acuerdo a los requerimientos de las plantas, textura y profundidad del suelo y reutilización del equipo, en caso de problemas de tierra.

Las desventajas de riego por aspersión descritas por Whitters (33), Sandoval (25), CIDIAT (19) y Tarjuelo (31) son: alto requerimiento de energía; alto costo inicial de equipo en relación con el riego por gravedad inundación; dificultad de movilización de equipo en terrenos humedecidos; distribución y eficiencia de aplicación del agua afectadas por el viento; problemas con la calidad del agua, problemas con suministro de repuestos. Las pérdidas por evaporación pueden comprender entre 5-40 por ciento del agua aplicada, si los riegos son livianos y muy frecuentes. El riego por aspersión ocasiona daños a frutos y flores de algunos cultivos debido al impacto del agua y aumenta la incidencia de enfermedades fungosas y bacterianas. Se requiere de un caudal continuo para un buen funcionamiento.

3.1.7 Calidad del agua de riego

Las características que intervienen en la calidad del agua para riego son: a) la concentración de sodio en relación con otras sales, b) la concentración de sales solubles, c) la concentración de boro, aluminio y selenio, d) los carbonatos y bicarbonatos (25).

3.1.7.1 Clasificación del agua de riego

El exceso de carbonatos, cloruros y sulfatos de calcio y magnesio, así como el sodio, merman el valor productivo de los suelos (25).

Sandoval (25) indica que los principales métodos de clasificación del agua para riego son:

Clasificación del laboratorio de salinidad del USDA, Riverside California. La cual considera cuatro características básicas: conductividad eléctrica, relación de absorción de sodio, concentración de boro u otros elementos y la concentración de bicarbonatos con la relación de calcio más magnesio.

Clasificación de la FAO. Esta considera las siguientes características: conductividad eléctrica, relación de absorción de sodio ajustada (RASaj), toxicidad de algunos iones (Na, Cl y boro), contenido de nitratos, bicarbonatos y pH.

3.1.7.2 Diagrama de clasificación del agua

El siguiente diagrama de clasificación es el propuesto por el USDA, basado en la conductividad eléctrica en micromhos por centímetro y en la relación de absorción de sodio (RAS)

Conductividad eléctrica: micromhos/cm (CEX10 ⁶) a 25° C	Sigla.	Descripción.
100-250	C1	Baja salinidad
250-750	C2	Salinidad media
750-2250	C3	Altamente salina
2250-5000	C4	Muy altamente salina
RAS (concentración relativa de Na respecto a Ca y Mg)	Sigla.	Descripción.
0-10	S1	Agua baja en sodio
10-18	S2	Agua media sodio
18-26	S3	Agua alta en sodio
26-más	S4	Agua muy alta en sodio

3.1.8 Criterios para el diseño hidráulico

El CIDIAT, en el manual del riego por aspersión (19), menciona que, cuando se utiliza la presión debida a la gravedad, o sea la diferencia de elevación, pueden presentarse dos problemas:

Donde la diferencia de altura apenas es suficiente para proporcionar una presión adecuada para el funcionamiento, el problema consiste en conservar la energía usando tubos de mayor diámetro y reducir las pérdidas por fricción y evitar el bombeo.

En otros lugares donde la diferencia de altura es mucho mayor a la requerida para proporcionar una presión normal el problema radica en reducir las ganancias de presión, lo cual se logra usando tubería de menor diámetros.

3.1.8.1 Método de carga unitaria

Consiste en seleccionar diámetros de tubería, de manera que la pérdidas no excedan un 1PSI / 100 pies de tubería (19).

3.1.8.2 Método de velocidad permisible

En este método se establece una velocidad límite máxima en la tubería. Los valores comunes para usar son entre 5 y 10 pies/seg. (1.524 m/seg y 3.048 m/seg). Siendo un valor usual 7 pies/seg (2.13 m/seg) (19).

3.1.8.3 Método de porcentaje

Se seleccionan los diámetros de la tubería de tal manera que las pérdidas de carga no sobrepasen del 10 al 20 por ciento de la presión de operación del aspersor (19).

3.1.8.4 Método de comparación de costos

En este método se trata de seleccionar los diámetros, en los cuales la suma de los costos fijos de la tubería y los costos de energía sean los mínimos (19).

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 Datos generales de la comunidad

3.2.1.1 Localización y colindancias

El caserío Corral de Piedra políticamente pertenece a la aldea Triunfo de los Encuentros, municipio de Concepción Tutuapa, departamento de San Marcos. Geográficamente se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas:

15° 14' 55" latitud norte y 91° 51' 31" longitud oeste. Para mayor detalle ver la figura 1 en la página 14.

La comunidad es limitada al norte por el río Cuilco y la aldea San Miguel, departamento de Huehuetenango, al oeste por la aldea Triunfo de los Encuentros, al sur y al oeste por el río Gualchinab.

3.2.1.2 Vías de acceso

La comunidad tiene dos accesos; el primero por la carretera interamericana a una distancia de 250 Km. de Ciudad de Guatemala hasta la cabecera departamental de San Marcos, luego se toma la ruta de 50 Km. De asfalto que conduce a Concepción Tutuapa, hasta Tejutla y luego aproximadamente 30 Km. de terracería hasta Concepción Tutuapa. Posteriormente se conduce por la carretera de aproximadamente 40 Km. de terracería que conduce al caserío.

La otra vía de acceso es por Huehuetenango: se toma la carretera que conduce de Huehuetenango a la frontera La Mesilla y se toma el desvío a Colotenango. Posteriormente se sigue rumbo a Cuilco pasando por San Idelfonso Ixtahuacán y se toma el desvío para San Miguel. Al llegar a San Miguel, se cruza el río Cuilco por un puente de hamaca y se camina una hora hacia el caserío por camino de herradura. Cabe mencionar que esta ruta es más accesible por tener una mejor carretera y transporte público. Ver figura 5A.

3.2.1.3 Clima y zonas de vida

De la Cruz (5) reporta la zona de vida de esta región como:

Bosque Húmedo Subtropical Templado, su clima está definido como cálido húmedo con invierno benigno caracterizado por tener un régimen de lluvias de mayor duración que influye en la composición florística de la vegetación.

La estación meteorológica Tipo "B" ubicada en Cuilco reporta los siguientes datos: Temperatura media anual 23.1° C, 1200 m.s.n.m., precipitación pluvial media anual de 1050 mm, distribuidos entre los meses de mayo

a octubre con marcada canícula en los meses de julio y agosto y con una humedad relativa del 75 por ciento. El cuadro 1 muestra los datos climáticos.

Cuadro 1. Datos climáticos de la estación Tipo B Cuilco, Huehuetenango

MES	PRECIPITACIÓN (MM)	TEMPERATURA (°C)	HR(%)	VEL VIENTO M/SEG
ENERO	0.00	22.6	62	0.92
FEBRERO	0.00	23.0	54	0.39
MARZO	0.00	24.4	54	0.71
ABRIL	0.00	24.7	53	0.94
MAYO	25.90	26.3	53	1.91
JUNIO	151.90	26.0	71	1.08
JULIO	140.40	24.0	76	1.61
AGOSTO	213.60	24.0	77	1.56
SEPTIEMBRE	111.10	23.0	79	1.77
OCTUBRE	144.20	23.1	82	1.79
NOVIEMBRE	113.40	22.1	79	1.59
DICIEMBRE	17.70	21.0	73	1.15

3.2.1.4 Hidrología

La comunidad cuenta con el río Gualchinab, tributario del río Cuilco, que a su vez pasa por la parte baja del caserío. Los dos ríos son aprovechados solamente por algunas familias que tienen sus parcelas en las orillas.

3.2.1.5 Suelos

Simmos, et al (29), considera los suelos de la región en la serie Salamá, suelos poco profundos, fertilidad moderada y con peligro a la erosión regular.

3.2.1.6 Aspectos socioeconómicos

Por observaciones preliminares y pláticas con los agricultores, en el caserío viven alrededor de 97 familias, quienes se dedican principalmente a la siembra de maíz, frijol, maní y en menor escala algunas familias siembran tomate, cebolla y repollo. La otra fuente de ingreso son las migraciones a las fincas de café de Chiapas, México, en el mes de octubre.

La tenencia de la tierra es privada, es decir, cada familia es dueña de su parcela. Cuenta con títulos de propiedad extendidos por la municipalidad y no están inscritos en el Registro de la Propiedad. Existen áreas de bosque comunal.

La comunidad cuenta con servicio de agua potable, existen algunas letrinas y no cuenta con servicio de energía eléctrica. Existe una escuela primaria que funciona a través del Programa Nacional de Autogestión Educativa, PRONADE.

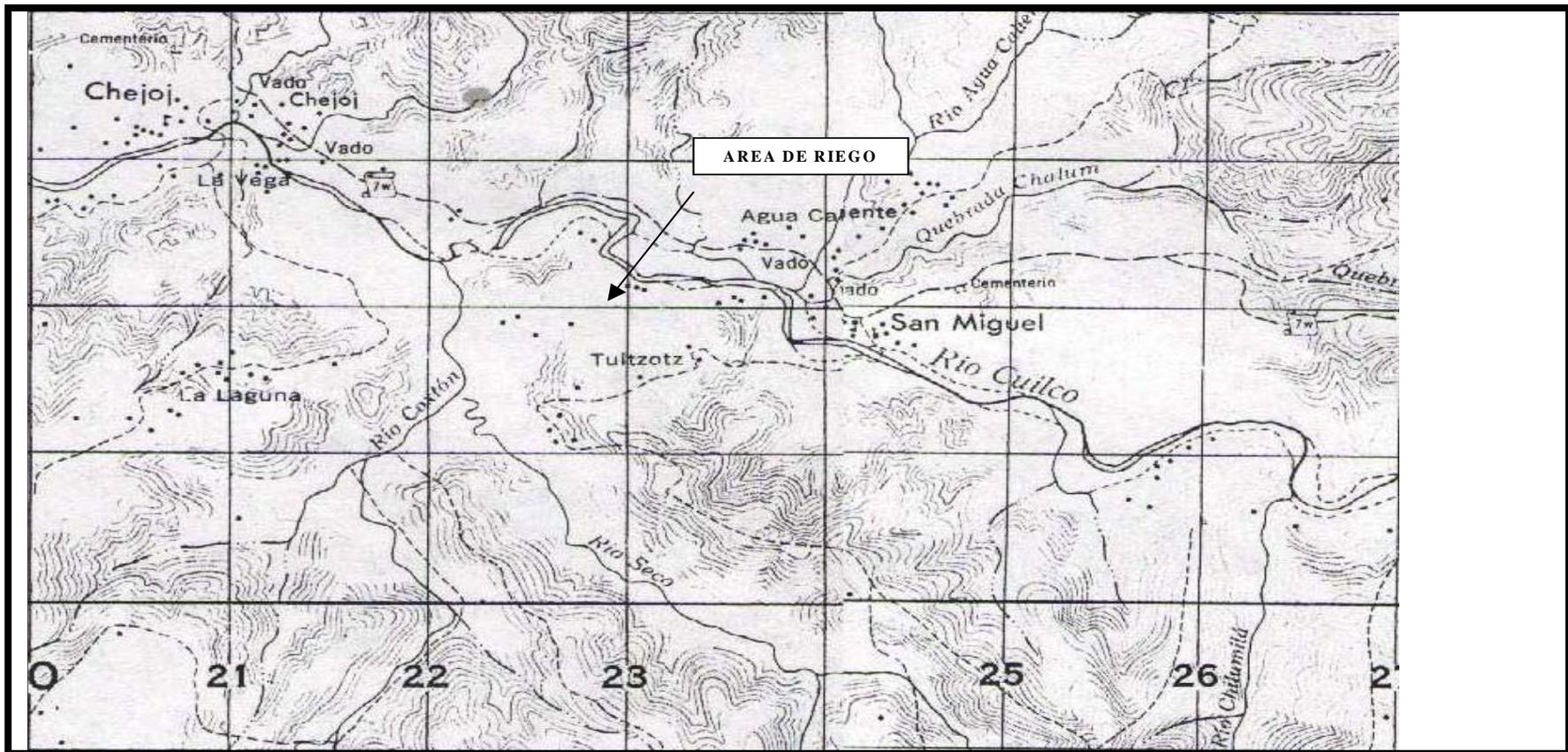


Figura 1. Ubicación del área de estudio. “Factibilidad de la introducción de un sistema de riego gravedad aspersión en el caserío Corral de Piedra, Concepción, Tutuapa, San Marcos” ESCALA APROXIMADA: 1/35,000

Tomado de: Hoja cartográfica -1862 III

4. OBJETIVOS

4.1 GENERAL

Evaluar la viabilidad técnica, económica y social del proyecto.

4.2 ESPECÍFICOS

4.2.1 Diseñar un sistema de riego para satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos del caserío Corral de Piedra en una forma racional y sustentable.

4.2.3 Determinar la viabilidad económica y social del proyecto.

4.2.3 Determinar la condición social actual de la comunidad.

4.2.4 Determinar el impacto ambiental del proyecto en su fase de construcción y operación y proponer las medidas de mitigación de los mismos.

5. METODOLOGÍA

5.1 ESTUDIO TOPOGRÁFICO

Con la ayuda de fotografía aérea, hoja cartográfica y caminamientos, se procedió a delimitar los puntos probables por donde pasará la línea de conducción. Una vez definida esta línea, se realizó el levantamiento plani-altimétrico por el método taquimétrico para obtener el perfil del terreno y las áreas de las parcelas con las siguientes formulas:

$$DH = 100 \times \cos^2 \alpha \times (HS - HI) \quad \text{Donde:}$$

DH: Distancia horizontal (m).

HS: Hilo superior (m).

HI: Hilo inferior (m).

A: Ángulo de inclinación.

$$DV = NA + 50 \times (HS - HI) \times \text{Sen} (2\alpha) - HM \quad \text{Donde:}$$

DV: Distancia vertical (m).

NA: Nivel del aparato (m).

HS: Hilo superior (m).

HI: Hilo inferior (m).

A: Ángulo de inclinación.

HM: Hilo medio (m).

5.2 ESTUDIO EDAFOLÓGICO

5.2.1 Muestreo de Suelos

La toma de muestras se realizó en áreas que comparten características similares. El seccionamiento del área estuvo en función de la pendiente, el color del suelo y la textura al tacto. Una vez delimitadas unidades de mapeo, se tomaron muestras compuestas por unidad y se construyeron calicatas para observar especialmente la profundidad y la presencia de capas duras que impidan el desarrollo de las plantas.

5.2.2 Análisis Físicoquímico de Suelos

- a. En el análisis físico se determinó el porcentaje de arena, limo y arcilla, así como también las constantes de humedad (capacidad de campo y punto de marchites permanente) y densidad aparente.
- b. En el análisis químico se determinó pH, P, K, Ca, Mg, N, Cu, Zn, Fe y Mn.

5.2.3 Pruebas de infiltración

La velocidad de infiltración fue determinada por medio del método del doble cilindro. Las pruebas se realizaron en áreas delimitadas previamente para el análisis físicoquímico de suelos a través del modelo de Kostiakov-Lewis. Esto se realizó con fin de elegir una correcta intensidad de riego, es decir, la intensidad de riego debe ser menor a la infiltración básica.

5.3 ESTUDIO HIDROLÓGICO

5.3.1 Disponibilidad de agua

Se realizaron 3 aforos en época de estiaje por medio del método sección-velocidad, de tal manera que el caudal del río está dado por:

$$Q = \text{Área} \times \text{Velocidad media, en m}^3/\text{seg.}; \quad \text{Velocidad media} = K \times \text{velocidad superficial}$$

Donde: $K = \text{Velocidad media} / \text{Velocidad superficial}$, normalmente se asume $K = 0.9$

5.3.2 Calidad de agua

Para evaluar la calidad del agua, se tomó una muestra de 1000 ml en un recipiente de plástico del punto donde se construirá la captación y fue enviada al laboratorio.

5.4 DISEÑO AGRONÓMICO

5.4.1 Selección de cultivos

Los cultivos seleccionados por los agricultores fueron: tomate, cebolla y lechuga.

5.4.2 Determinación de la evapotranspiración

Para la determinación del consumo de agua de los cultivos, se utilizó el método de Blannet y Criddle modificado por la FAO, donde la evapotranspiración máxima diaria está dada por:

$ETP_{max} = E_{to} \times K_c$.* Donde:

ETP_{max} : Evapotranspiración máxima diaria (mm /día).

E_{to} : Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm /día), está dada por la humedad relativa, horas de insolación y el factor f. (figura 6A.)

K_c : Coeficiente de cultivo, estado por el tipo de cultivo y etapa fenológica.

Se calculó la ETP_{max} de los cinco cultivos y para fines de diseño se utilizó la ETP_{max} más alta de los cinco cultivos.

5.4.3 Lámina de agua aprovechable

Para facilitar los trabajos de diseño es conveniente expresar la humedad del suelo en lámina de agua (cm ó mm) entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente.

$$LHA = (CC - PMP) \times D_a \times Z_r / 100$$

Donde:

LHA: Lámina de humedad aprovechable (cm)

CC: Capacidad de campo en %

PMP: Punto de marchitez permanente en %

D_a : Densidad aparente (gr/m^3)

Z_r : Zona radicular de diseño (cm)

5.4.4 Lámina de agua rápidamente aprovechable

La lámina de humedad rápidamente aprovechable esta en función del cultivo y la etapa fenológica, pero con fines de diseño se utilizó 0.5 como déficit permitido de manejo (19).

$LHRA = LHA \times DPM$, Donde:

LHRA: Lámina de humedad rápidamente aprovechable (cm).

LHA: Lámina de humedad aprovechable (cm).

DPM: Déficit permitido de manejo (0.5)

5.4.5 Frecuencia de riego

La frecuencia de riego se determinó de la siguiente manera:

$Fr = LHRA / ETP_{max}$. Donde:

Fr: Frecuencia de riego en días

LHRA: Lámina de humedad rápidamente aprovechable (mm).

ETP_{max}: Evapotranspiración máxima del cultivo con mayor demanda (mm/día)

5.4.6 Lámina bruta de diseño

Para el cálculo de lámina bruta se utilizó el siguiente criterio:

$Ln = ETP_{max} \times Fr$; $Lb = Ln / Efa$ Donde:

Ln: Lámina neta (mm).

Lb: Lámina bruta (mm).

ETP_{max}: Evapotranspiración máxima del cultivo de mayor demanda (mm/ día).

Fr: Frecuencia de riego (días) usar valor entero inferior

Efa: Eficiencia de aplicación (%)

5.4.7 Tiempo de riego por día (TRD)

El tiempo de riego por día fue definido participativamente con los beneficiarios del proyecto y se acordó un tiempo de riego de 18 horas por día.

5.4.8 Selección del aspersor

Este es un proceso crucial para el buen funcionamiento de un sistema de riego por aspersión. Para mini riego el Fondo de Inversión Social recomienda caudales no mayores de 1.1 m³/h.

A. SEPARACIÓN ENTRE ASPERSORES

La elección del espaciamiento está en función de: la separación entre aspersores debe ser tal que la tasa de aplicación sea menor que la infiltración básica y que el número de aspersores sea suficiente para regar una parcela. En este sentido, los espaciamientos aconsejables para mini riego son 12x12 m y 15x15 m.

B. INTENSIDAD DE RIEGO

La intensidad de riego viene dada por la expresión:

$Ir = (Qa / \text{Área}) \times 100$ Donde:

Ir: Intensidad de riego (cm/hora)

Qa: Caudal del aspersor (m³/hr)

Área: Área teórica que cubre un aspersor, que es igual a $Eax Ea$ (m²)

Para este caso el caudal del aspersor se asumió y luego se ajustó a las condiciones antes mencionadas.

C. TIEMPO DE RIEGO POR TURNO

El tiempo de riego por turno viene dado por la intensidad de riego y la lámina bruta calculada anteriormente mediante la relación:

$$Trt = Lb / Ir \quad \text{Donde:}$$

Lb: Lámina bruta (mm).

Ir: Intensidad de riego (mm/h).

Trt: Tiempo de riego por turno (horas).

D. ÁREA MÁXIMA QUE UN ASPERSOR PUEDE CUBRIR

$$Am = Frn \times \# \text{ turnos por día} \times \text{Área}$$

Am: Área máxima que un aspersor puede cubrir (m²).

Frn: Frecuencia de riego neta o días de riego sin contar el día de descanso (días).

de turnos por día: Número de turnos o posiciones de aspersor por día.

Área: Área que cubre un aspersor (m²).

5.4.9 Diseño de la parcela tipo

El área de riego por agricultor será de 2187.5 m² máximo (5 cuerdas de 25x25 varas) y la junta directiva del comité 4375 m² (10 cuerdas de 25x25 varas). Lo anterior se definió en asamblea general y fue aprobado por todos los beneficiarios.

A. MÉTODO DE RIEGO

Juntamente con el Comité Pro- Riego se decidió un método de riego por aspersión móvil por medio de mangueras. Esto debido a que los agricultores se autofinanciarán la instalación parcelaria y se desea que el sistema sea lo más económico posible.

B. NÚMERO DE ASPERSORES POR PARCELA

Una vez definida el área máxima que un aspersor puede regar se procedió a calcular el número de aspersores por parcela de la siguiente manera:

$$\# A/p = APT / Am, \text{ Donde:}$$

A/p: Número de aspersores por parcela.

APT Área de la parcela Tipo (m^2).

Am: Área máxima que un aspersor puede cubrir (m^2).

A partir de estos datos se procedió a calcular el número de aspersores de las parcelas con mayor área.

5.4.10 Diseño de la red de riego

Para hacer facilitar la operación del sistema, se diseñó por medio de un método de flujo continuo, es decir, todas las parcelas tienen suministro de agua todos los días de riego, cada agricultor riega una pequeña parte de su parcela cada día. Se completa el ciclo al finalizar los días de riego.

A. CAUDAL DEL SISTEMA

Para determinar la demanda de agua del proyecto se utilizó la ecuación siguiente:

$$Qt = Qa \times \# \text{aspersores funcionando}$$

Donde:

Qt: Caudal total del sistema ($m^3/\text{seg.}$).

Qa: Caudal del aspersor ($m^3/\text{seg.}$).

#aspersores Número de aspersores funcionando simultáneamente.

B. ÁREA DE RIEGO POR DÍA

$$\text{Área de Riego por día} = \text{Área total} / \text{frecuencia de riego.}$$

C. ÁREA DE RIEGO POR TURNO

$$\text{Área de riego por turno} = \text{área de riego por día} / \# \text{ turnos por día.}$$

5.5 DISEÑO HIDRÁULICO

5.5.1 Cargas en la entrada de la parcela

Para calcular la carga a la entrada de la parcela se procedió de la siguiente manera:

$$HE = h_o + 0.2h_o + H_f + H_e + h_m + AH$$

Donde:

HE: Carga a la entrada de la parcela (m).

He: Altura del elevador (m).

Ho: Presión de operación del aspersor (m).

Hm: Pérdidas menores (10% de hf).

Hf: Pérdidas por fricción mangueras o tuberías (m).

AH Diferencia de altura.

5.5.2 Diseño de la línea de conducción principal y ramales

Para el cálculo y diseño de tuberías a presión la formula de flujo de Hazen-Williams es la más usada:

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

Hf: Pérdidas por fricción (m).

Q: Caudal (m³/hora).

C: Coeficiente de flujo (160 aluminio, 150 PVC y 130 HG)

D: Diámetro interior (mm). *

L: Longitud de la tubería (m).

Los resultados puede observarse con mayor detalle en el cuadro 35A-36A.

Los criterios para seleccionar el diámetro comercial fueron; la velocidad de flujo, que debería estar entre 1.5 y 2.5 m/s, las pérdidas por fricción y el diámetro más económico. Para encontrar un diámetro que se ajuste a estas condiciones, se realizaron varias iteraciones.

El diseño se realizó a partir de la parcela crítica del ramal, luego se diseñó el ramal y por ultimo la tubería principal.

5.5.3 Línea de piezométrica

Después del cálculo topográfico, trazo de la planta-perfil y calcular las pérdidas por fricción, se procedió al análisis de la línea piezométrica mediante la expresión:

$$CFT = (CIT \pm CA) - H_f \quad \text{Donde:}$$

CFT: Carga al final del tramo (m).

CIT: Carga al inicio del tramo (m).

CA: Carga ganada o pérdida por efectos altimétricos (m).

H_f: Pérdidas por fricción (m).

5.5.4 Selección de presiones nominales de tubería

Para calcular la presión nominal de la tubería seleccionada fue necesario calcular la carga estática de la tubería por medio de la ecuación siguiente:

$$P_t = CE / 0.704$$

Donde:

P_t: Presión de trabajo (PSI).

CE: Carga hidráulica estática (m).

0.704 Constante para convertir m a PSI.

La presión nominal seleccionada fue mayor a la presión de trabajo calculada para cada tramo, esto con el fin de tener un margen de seguridad y evitar rompimiento por sobre presiones. Como criterio de diseño se colocaron cajas rompe presión a cada 70 metros de diferencia de altura para lograr tener carga estáticas menores de 100 PSI.

5.5.5 Sistema de válvulas

Para el buen funcionamiento y seguridad del sistema fue necesario colocar dispositivos de limpieza, admisión y liberación de aire. Con la ayuda de la planta-perfil se colocaron válvulas de limpieza en los puntos bajos, las válvulas de aire se colocaron en las partes más altas de la tubería y después de una válvula de compuerta.

5.6 OBRA CIVIL

Se diseñó una presa de captación, una caja reunidora de caudales y un desarenador. Para la protección de válvulas de limpieza y aire se procedió al diseño de cajas de protección. También se diseñaron cajas rompe presión en los puntos que el diseño hidráulico lo requirió. Toda la obra civil se diseñó siguiendo las sugerencias de Fondo de Inversión Social.

5.7 ESTUDIO DE MERCADO

El estudio de mercado por el nivel de profundidad de proyecto incluyó los siguientes aspectos:

5.7.1 Demanda y oferta

Para estimar la demanda histórica potencial se utilizaron los requerimientos alimenticios por persona según el INCAP y se multiplicó por el número de habitantes según censo de población. Para el caso de oferta nacional realizaron entrevistas con mayoristas de la central de mayoreo (CENMA) y mayoristas de San Marcos.

5.7.2 Análisis de precios

- **PRECIO DE LOS PRODUCTOS.** Para este fin se solicitó a la Unidad de Políticas de Información Estratégica UPIE del MAGA y Banco de Guatemala los precios históricos de los cultivos seleccionados de los departamentos de Guatemala, San Marcos y Huehuetenango. Como fuente secundaria se utilizaron datos de la dirección de noticias de mercado de INDECA.
- **VARIACIÓN ESTACIONAL.** Para analizar la estacionalidad se utilizó el método del índice estacional, para el cual se utilizó como base agosto del año 2001.

5.7.3 Comercialización

- **MERCADOS POTENCIALES.** En este renglón se incluyeron los mercados que los beneficiarios conozcan y otros que pueden ser considerados como potenciales.
- **CANALES DE COMERCIALIZACIÓN.** Aquí se incluyeron los canales así como a los agentes que participan en la comercialización.

5.8 ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO

5.8.1 Costos de inversión

Como costos de inversión se consideran todos los gastos en los cuales se incurra para la implementación del sistema, tales como: tubería, accesorios, obra civil, mano de obra calificada y no calificada.

5.8.2 Costos de producción

En este apartado se incluyeron los costos en los que el agricultor incurre para la producción de un cultivo. Se dividieron en directos e indirectos.

5.8.3 Costos de operación y mantenimiento

Para definir los costos de operación y mantenimiento se estimó el número de riegos en un año.

5.8.4 Servicio de la deuda

El servicio de la deuda fue calculado por el método de cuota nivelada. Para un plazo de 10 años para pagar el capital. La cuota nivelada fue calculada mediante la expresión:

$$\text{Cuota nivelada} = C \times i \times (1 + i)^t / (1 + i)^{t-1}$$

Donde:

C: Capital
i: Tasa de Interés
t: Tiempo en años

5.8.5 Beneficios del proyecto

Los beneficios del proyecto son los ingresos netos con proyecto menos los ingresos netos sin proyecto.

5.8.6 Flujo de fondos

Para el cálculo del flujo de fondos se utilizaron los beneficios del proyecto (descritos en el inciso anterior). Costos totales que incluyen los costos de inversión, costos de operación, mantenimiento y servicio de la deuda. Los beneficios netos serán iguales a los beneficios del proyecto menos los costos totales. Por último, los flujos netos descontados son iguales a los beneficios netos por una tasa de actualización.

5.8.7 Parámetros de evaluación financiera

Con los datos calculados en el flujo de fondos se procedió a calcular la tasa interna de retorno, el valor actual neto y la relación beneficio costo mediante las siguientes expresiones:

$$\text{VAN} = \sum_{t=0}^{t=N} \text{Bn} \times \text{CVA} \qquad \text{CVA} = 1 / (1 + i)^t$$

Donde:

VAN: Valor actual neto.
Bn: Beneficios netos del proyecto.
CVA: Coeficiente de valor actual.

Donde:

CVA: Coeficiente de valor actual
i: Tasa de interés
t: Tiempo en años

REL B/C = Beneficios brutos actualizados / Costos totales actualizados.

$$\text{TIR} = i_1 + (i_2 - i_1) \times (\text{VAN}_1 / (\text{VAN}_2 - \text{VAN}_1)), \text{ Donde:}$$

TIR:	Tasa interna de retorno (%)
I ₁ :	Tasa de interés del VAN positivo.
I ₂ :	Tasa de interés del VAN negativo.
VAN ₁ :	Valor actual neto positivo.
VAN ₂ :	Valor actual neto negativo.

5.8.8 Análisis de sensibilidad

Los proyectos agrícolas por la variabilidad de los precios agrícolas son sumamente sensibles, en este sentido se variaron un 10% costos totales, reducir un 10% los ingresos netos, incrementar un 10% los costos y reducir 10% los ingresos.

5.9 EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Para evaluar el impacto del proyecto, es necesario dividirlo en varios componentes:

5.9.1 Componente socioeconómico

Para estudiar y evaluar este componente fue pasada una encuesta socioeconómica para inferir el estado actual de los beneficiarios. La forma de la boleta puede verse en el cuadro 40A.

5.9.2 Componente ambiental

El impacto ambiental se orientó específicamente hacia aquellos factores que sean afectados en las fases de ejecución y operación del sistema como: cobertura boscosa, cambio de uso y pérdida del suelo, cantidad y calidad del agua, generación de basura. En este sentido se hará una propuesta para reducir el impacto.

5.10 ORGANIZACIÓN DE LOS USUARIOS

Actualmente los beneficiarios del proyecto de riego están organizados como un comité pro-riego, el cual deberá transformarse a una “Asociación de Beneficiarios del Proyecto de Riego”, la cual es la figura jurídica idónea para administrar el sistema. Para este fin la gobernación departamental publicó un reglamento para la inscripción y funcionamiento de una asociación civil.

La parte que al formulador compete es dictar las normas de operación y mantenimiento del sistema. El reglamento por el cual debe regirse el sistema será un consenso entre los beneficiarios del proyecto, la institución financiada y la sugerencia del formulador del proyecto.

5.11 SITUACIÓN JURÍDICA

Para la instalación y operación del sistema de riego fue necesario considerar algunos aspectos jurídicos para evitar daños a personas privadas y problemas con las autoridades.

- a. **Manejo y Aprovechamiento del Agua.** Este aspecto compete la unidad de Normas y Regulaciones del MAGA.

- b. Derecho de Paso y de Servidumbre.** Con la ubicación del paso probable de la tubería se procedió a solicitar los derechos de paso a los dueños a través del comité de pro-riego.
- c. Propiedad de los Terrenos.** A todos los beneficiarios del proyecto se les solicitó una copia de la propiedad de las parcelas a ser regadas.

6. RESULTADOS

6.1 ESTUDIO TOPOGRÁFICO

El estudio topográfico consistió en trazar y medir la longitud y la diferencia de altura entre la fuente de agua y las parcelas. Se obtuvo un área de riego de 25.6 ha y una longitud de 20 Km. entre ramales y conducción principal. Para mayor detalle ver planos adjuntos en el cuadro 7A.

6.2 ESTUDIO EDAFOLÓGICO

Se realizaron muestras en tres estratos definidos en función de la pendiente, el color del suelo a profundidades de 0-20 cm. y 20-40 cm. Además, en el mismo lugar, se realizaron las pruebas de infiltración.

6.2.1 Análisis fisicoquímico

En el Cuadro 2 se observan los valores del análisis físico de suelos. La profundidad de muestreo fue de 0-20 cm. y de 20 a 40 cm.

Cuadro 2. Resultados de análisis físico de suelos.

MUESTRA	ESTRATO	TEXTURA	DA (GR/CC)	CC %	PMP %
1	0-20	Fran. Arenoso	1.00	21.52	8.76
1	20-30	Fran. Arenoso	0.98	21.47	9.89
2	0-20	Fran. Arenoso	1.05	21	20
2	20-40	Fran. Arenoso	1.03	20.02	8.6
3	0-20	Fran. Arenoso	1.03	21.99	11.4
3	20-40	Fran. Arenoso	1.00	31.66	20.35

Donde:

M = Muestra

Estrato = Profundidad de muestreo (cm.).

DA = Densidad aparente

Cc = Capacidad de campo

PMP = Punto de marchites permanente

El Cuadro 3 muestra los resultados del análisis químico de suelos, en donde se puede observar que el pH es ácido en las tres unidades, los niveles de fósforo son bajos las tres unidades muestreadas. La unidad que mejor fertilidad natural se observa en la muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Análisis químico de suelos del caserío Corral de Piedra, octubre de 2000.

MUESTRA	ESTRATO	PH Rango medio	mg. / kg		cm(+)/ kg		mg / ml			
			P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	mn
			30-75	150-300	5-10	0.83-2.0	1-5	2-25	40-250	10-250
1	0-20	5.0	7.10	85	1.25	2.88	2.0	4.50	17.50	14.00
1	20-30	5.2	1.90	70	1.25	2.88	3.0	3.00	26.00	9.00
2	0-20	5.6	1.45	148	2.18	8.53	0.50	1.50	7.00	19.50
2	20-40	6	0.58	123	1.25	0.36	0.5	3.00	4.00	10.00
3	0-20	5.7	2.38	268	2.81	.21	0.5	2.00	3.00	9.50
3	20-40	6.0	0.52	243	4.99	8.17	4.0	215.00	90.00	62.50

6.2.2 Velocidad de infiltración

Para la prueba de infiltración se realizaron en tres puntos diferentes, utilizando el método del infiltrómetro de doble cilindro, cada prueba con un tiempo de duración de 5 horas. A continuación se muestra las ecuaciones de infiltración básica para las tres pruebas realizadas.

1. $I = 43.18t^{-0.4218}$ $I_b = 4.18$ cm./hora
2. $I = 42.34t^{-0.4218}$ $I_b = 4.10$ cm./hora
3. $I = 39.5t^{-0.5208}$ $I_b = 1.98$ cm./hora

Para fines de diseño se utilizó la I_b de 1.98 cm/hora.

6.3 ESTUDIO HIDROLÓGICO

6.3.1 Disponibilidad de agua

Se realizaron 3 aforos: en octubre de 2000, febrero y marzo de 2001. El método de aforo fue el de sección velocidad. En Cuadro 4 se observa el resultado de los aforos.

Cuadro 4. Aforos realizados en tres fechas en el Río Gualchinab.

FECHA	CAUDAL m ³ / seg.	CAUDAL GPM
22 /10/2000	2.81	44,603.38
15/2/2001	2.63	41,746.03
19/4/2001	1.86	29,523.80

6.3.2 Calidad del agua

Como puede observarse en el Cuadro 5, en la última columna la sigla C2 significa: agua de salinidad media, puede usarse siempre y cuando exista grado moderado de lavado, pueden producirse plantas moderadamente tolerantes a las sales.

Cuadro 5. Características químicas del agua.

IDENTIFICACIÓN	PH	US/M C. E.	TDS	MEQ/LITRO				MEQ/LITRO				RAS	CLASE
				Ca	Mg	Na	K	CO3	HCO3	Cl	SO4		
RIO	7.1	275	267	0.41	0.25	0.150	.082	0.00	0.60	0.18	-	0.26	C2 S1

* Fuente: PLAMAR

La sigla S1: agua baja en sodio, puede usarse para riego en la mayoría de los casos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable. No obstante, cultivos sensibles como frutales y aguacates pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.

6.4 DISEÑO AGRONÓMICO

6.4.1 Selección de cultivos

La selección de cultivos se realizó participativamente con los agricultores, eligiendo ellos tomate, cebolla y lechuga, por ser los más rentables y en los que tienen mayor experiencia. Además se producirá maíz y frijol como seguridad alimentaria pero en la estación lluviosa. Para fines de diseño se utilizó el cultivo de tomate.

6.4.2 Cálculo de la demanda de agua de los cultivos

Para el cálculo de la evapotranspiración potencial se utilizaron los datos de la estación tipo "B" de Cuilco, Huehuetenango. En el Cuadro 6 se aprecia que el mes con mayor demanda de agua es mayo con 4.68 mm/día, contrario a diciembre con 2.97 mm/día. En ese sentido, con fines de diseño, se tomará el valor máximo que corresponde al mes de mayo.

La figura 2 muestra la relación entre precipitación y evapotranspiración media mensual, donde se aprecia los meses con déficit hídrico.

Cuadro 6. Resultados de la determinación de la evapotranspiración potencial por el método de Blanney y Criddle modificado por la FAO.

MES	TEMPERATURA °C	P*	F*	ETO (MM/D)	KC TOMATE	ETP(MM/DIA)
ENERO	22.6	0.26	4.82	3.33	105	3.49
FEBRERO	23.0	0.26	4.86	3.33	1.05	3.49
MARZO	24.4	0.27	5.23	3.50	1.05	3.67
ABRIL	24.7	0.28	5.46	4.00	1.05	4.2
MAYO	26.3	0.29	5.87	4.45	1.05	4.68
JUNIO	26.0	0.29	5.83	4.33	1.05	4.55
JULIO	24.0	0.29	5.56	4.16	1.05	4.37
AGOSTO	24.0	0.28	5.37	3.80	1.05	3.99
SEPTIEMBRE	23.0	0.28	5.24	3.50	1.05	3.68
OCTUBRE	23.1	0.27	5.06	3.16	1.05	3.32
NOVIEMBRE	22.1	0.26	4.76	3.00	1.05	3.15
DICIEMBRE	21.0	0.26	4.63	2.83	1.05	2.97

T°C: temperatura en grados centígrados

P: porcentaje medio de horas diurnas anuales calculadas a partir de tabla (Cuadro33A)

F: Factor de f de Blanney y Criddle en mm $f = P(0.46 T - 8.13)$ donde T es el promedio de temperaturas máximas y mínimas diarias en °C. (Cuadro 34A)

Eto: Evapotranspiración del cultivo de referencia en mm /día a partir del factor F, relacionado con humedad relativa, horas de insolación diaria y vientos diurnos calculado por medio de Tabla.(Figura 6A)

KC: Coeficiente de cultivo.

ETP: Evapotranspiración potencial en mm/ día.

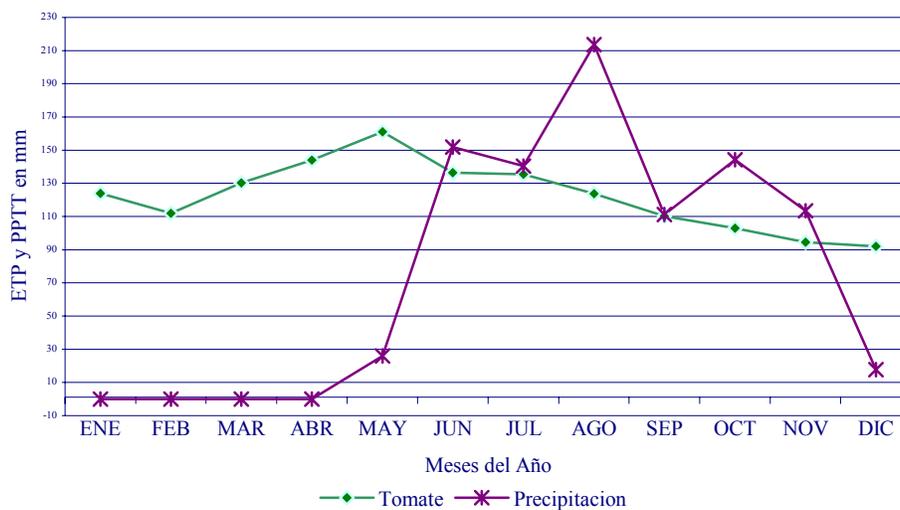


Figura 2. Relación entre ETP mensual y precipitación media mensual

El Cuadro 7 muestra la ETP diaria y Kc. de cada cultivo que se produce en la zona, observándose demandas variables, pero menores a la demanda utilizada para fines de diseño. El cultivo que muestra mayor demanda es el maíz y el frijol con 4.98 mm/ día para el mes de mayo. El cultivo de cebolla muestra menor demanda con 4.33 mm/ día para el mes de mayo también.

Cuadro 7. Demandas hídricas de otros cultivos producidos en la zona.

MES	Eto (mm/día)	FRIJOL		MAÍZ		MANÍ		CEBOLLA	
		Kc.	ETP(mm/día)	Kc.	ETP(mm/día)	Kc.	ETP(mm/día)	Kc.	ETP(mm/día)
ENERO	3.33	1.05	3.49	1.05	3.49	1.05	3.50	0.95	3.33
FEBRERO	3.33	1.05	3.49	1.05	3.49	1.05	3.50	0.95	3.33
MARZO	3.50	1.05	3.67	1.05	3.67	1.05	3.68	0.95	3.50
ABRIL	4.00	1.05	4.2	1.05	4.2	1.05	4.20	0.95	4.00
MAYO	4.45	1.05	4.68	1.05	4.68	1.05	4.55	0.95	4.33
JUNIO	4.33	1.05	4.55	1.05	4.55	0.95	4.11	0.95	4.11
JULIO	4.16	1.05	4.37	1.05	4.37	0.95	3.95	0.95	3.95
AGOSTO	3.80	1.05	3.99	1.05	3.99	0.95	3.61	0.95	3.61
SEPTIEMBRE	3.50	1.05	3.68	1.05	3.68	0.95	3.33	0.95	3.33
OCTUBRE	3.16	1.05	3.32	1.05	3.32	0.95	3.00	0.95	3.00
NOVIEMBRE	3.00	1.05	3.15	1.05	3.15	0.95	2.85	0.95	2.85
DICIEMBRE	2.83	1.05	2.97	1.05	2.97	0.95	2.69	0.95	2.69

Donde:

Kc= Coeficiente de cultivo

Eto= Evapotranspiración del cultivo de referencia

ETP= Evapotranspiración potencial

6.4.3 Lámina de humedad aprovechable

Se realizaron tres muestreos a dos distintas profundidades (0-20 cm y 20-40 cm) para determinar el cálculo de lámina de agua disponible, en el cuadro 8 se observan como mayor detalle.

Cuadro 8. Resultados de lámina disponible.

M	ESTRATO	TEXTURA	DA	CC	PMP	ZR	LHA(CM)
1	0-20	Fran. Arenoso	1.00	21.52	8.76	0.2	2.55
1	20-40	Fran. Arenoso	0.98	21.47	9.89	0.2	2.26
2	0-20	Fran. Arenoso	1.10	21.00	10.75	0.2	2.26
2	20-40	Fran. Arenoso	1.06	20.02	8.6	0.2	2.421
3	0-20	Fran. Arenoso	1.11	21.99	11.4	0.2	2.35
3	20-40	Fran. Arenoso	1.05	31.66	20.35	0.2	2.37

Donde:

M= Muestra

Cc= Capacidad de campo

LHA= Lámina de humedad aprovechable

Estrato= Profundidad de muestreo (cm) PMP= Punto de marchites permanente

DA= Densidad aparente

ZR= Zona radicular de diseño

6.4.4 Lámina rápidamente aprovechable y frecuencia de riego

Para el cálculo de lámina rápidamente aprovechable se asumió un umbral de riego del 50%, en el Cuadro 9 se aprecia el resultado. Para el cálculo de la frecuencia de riego se utilizó la lámina menor.

Cuadro 9. Resultado del cálculo de lámina rápidamente aprovechable y frecuencia de riego.

Muestra	LHA (mm)	Umbral de riego	LRHA (mm)	ETPmax (mm)	Fr = (/ETPmax) días
1	48.1	0.5	24.05	4.68	5.13
2	46.82	0.5	23.41	4.68	5.01
3	47.25	0.5	23.62	4.68	5.05

Como frecuencia de riego se toma 5 días, con el fin de cubrir los requerimientos de riego de todas las áreas sin someterlas a estrés.

6.4.5 Lámina neta y lámina bruta de diseño

Basado en la frecuencia de riego de 4 días, se realizó un ajuste de la lámina rápidamente aprovechable, con el fin de que la lámina neta aplicada corresponda a la evapotranspiración máxima de la frecuencia de riego. En el Cuadro 10 se muestran las láminas netas y brutas de diseño.

Cuadro 10. Cálculo de lámina bruta y lámina neta de riego.

ETP max (mm)	Fr (días)	Ln (mm)	Eficiencia de aplicación	Lbd (mm)
4.68	4	18.72	66%	28.5

6.4.6 Tiempo de riego por día

Considerando que el caudal no es limitante y buscando el aprovechamiento del sistema sin sacrificar horas de sueño, lo agricultores en asamblea decidieron regar 18 horas diarias como máximo.

6.4.7 Selección del aspersor

6.4.7.1 Separación entre aspersores

Con el fin de facilitar las operaciones de riego se definió una separación de 15.00 X 15.00 m para hacer coincidir 2 posiciones de aspersor por cuerda de 25x25 varas (437.5 m²).

6.4.7.2 Intensidad de riego

Para calcular la intensidad de riego se asumió el caudal del aspersor, de esa cuenta, la intensidad de riego se calculó de la siguiente forma:

$$Ir = (1.07 \text{ m}^3/\text{hr} / 225.00 \text{ m}^2) \times 100$$

$I_r = 4.75\text{mm/hora}$ esta intensidad de riego se acepta, puesto que la infiltración básica es de 19.82 mm/hora es decir es mayor a la intensidad de riego ($I_b > I_r$).

6.4.7.3 Tiempo de riego por turno

El cálculo de tiempo de riego se definió mediante la relación:

$$T_{rt} = L_{bd} / I_r$$

$$T_{rt} = 28.53\text{mm} / 4.75\text{ mm /hora}$$

$$T_{rt} = 6\text{ Horas}$$

6.4.7.4 Área máxima que un aspersor puede cubrir

$$A_m = F_{rn} \times \# \text{ turnos por día} \times \text{Área}$$

$$A_m = 4 \text{ días} \times 3 \times 225\text{m}^2$$

$$A_m = 2700\text{ m}^2$$

Un aspersor es capaz de regar 2700 m^2 en 4 días de riego. En cuadro 11 muestra las características técnicas del aspersor seleccionado.

Cuadro 11. Características del aspersor seleccionado.

CAUDAL (M ³ /HR)	SEPARACIÓN ENTRE ASPERSORES	TRASLAPE ENTRE ASPERSORES	DIÁMETRO MOJADO	PRESIÓN	ALTURA DEL ELEVADOR	TIEMPO DE RIEGO	LB	IR	AREA MÁXIMA POR ASPERSOR
1.07	15 m x15 m	50%	30.00m	31.5 M 45 PSI	1.5 m	6Hr	29.8 mm	4.7 mm/hr	2700 m ²

6.4.8 Diseño de la parcela modelo

6.4.8.1 Método de riego

El método de riego elegido fue gravedad aspersion móvil por medio de mangueras conectadas a chorros, buscando con esto abaratar la inversión inicial al nivel de parcela.

6.4.8.2 Número de aspersores por parcela

El número de aspersores por parcela es igual al área de la parcela dividido el área máxima que un aspersor puede cubrir aproximando el resultado al entero mas próximo. Los resultados se presentan en el cuadro 12.

Cuadro 12. Distribución de Aspersores por parcela.

BENEFICIARIOS	# PARCELA	ÁREA (M2)	POSICIONES/ PARCELA	ASPERORES / PARCELA	ASPERORES / PARCELA AJUSTADO	CUADAL ASPIRSOR (GPM)	CUADAL POR PARCELA (GPM)
Eligio Pérez	1	1677.68	7.46	0.62	1	4.708	4.708
Rolando Pérez Méndez	2	2734.42	12.15	1.01	2	4.708	9.416
Venancio Méndez	3	2437.57	10.83	0.9	1	4.708	4.708
Álvaro Méndez Puac	4	2187.29	9.72	0.81	1	4.708	4.708
Aníbal Pérez	5	1827.65	8.12	0.68	1	4.708	4.708
Emilio Pérez Ramírez	6	2253.49	10.02	0.83	1	4.708	4.708
Santiago Méndez R	7	1164.84	5.18	0.43	1	4.708	4.708
Augusto Puac Gabriel	8	4356	19.36	1.61	2	4.708	9.416
Alfredo Nolasco	9	1709.69	7.6	0.63	1	4.708	4.708
Venancio Pérez	10	2106.39	9.36	0.78	1	4.708	4.708
Isaias Pérez Laynez	11	2361.47	10.5	0.87	1	4.708	4.708
Maximino Nolasco Puac	12	1952.88	8.68	0.72	1	4.708	4.708
Miguel Nolasco Domingo	13	2026.95	9.01	0.75	1	4.708	4.708
Telesforo Nolasco	14	1797.85	7.99	0.67	1	4.708	4.708
Eulogio Pérez	15	2068.31	9.19	0.77	1	4.708	4.708
Avelino Pérez Vásquez	16	2193.29	9.75	0.81	1	4.708	4.708
Silvestre Nolasco Ramírez	17	1874.3	8.33	0.69	1	4.708	4.708
Fidel Puac López	18	2082.82	9.26	0.77	1	4.708	4.708
Hermelindo Pérez Simón	19	2004.47	8.91	0.74	1	4.708	4.708
Valerio Ruiz Pérez Tomas	20	2051.72	9.12	0.76	1	4.708	4.708
Fidel Pérez Nolasco	21	1968.69	8.75	0.73	1	4.708	4.708
Emilio Pérez Nolasco	22	4623.43	20.55	1.71	2	4.708	9.416
Santiago Puac	23	2075.89	9.23	0.77	1	4.708	4.708
Arturo Pérez Ramírez	24	2012.82	8.95	0.75	1	4.708	4.708
Juan Pérez	25	2482.96	11.04	0.92	1	4.708	4.708
Arturo Pérez Ramírez	26	2300.09	10.22	0.85	1	4.708	4.708
Santos Pérez	27	1431.75	6.36	0.53	1	4.708	4.708
Norberto Bernardo Puac	28	1970.57	8.76	0.73	1	4.708	4.708
Seferino Puac López	29	2170.86	9.65	0.8	1	4.708	4.708
Santos Ramírez Juárez	30	4333.79	19.26	1.61	2	4.708	9.416
Eligio Ramírez Juárez	31	2503.56	11.13	0.93	1	4.708	4.708
Alberto Tomas Pérez	32	2331.15	10.36	0.86	1	4.708	4.708

Simón Ramírez Macario	33	2093.52	9.3	0.78	1	4.708	4.708
Juan Méndez Ambrosio	34	2056.48	9.14	0.76	1	4.708	4.708
Modesto Ramírez	35	2187.61	9.72	0.81	1	4.708	4.708
Gerardo Díaz Puac	36	2068.9	9.2	0.77	1	4.708	4.708
Rafael Laynez Méndez	37	4462.67	19.83	1.65	2	4.708	9.416
Elías Laynez Reynosa	38	2114.61	9.4	0.78	1	4.708	4.708
Efraín Juárez Ramírez	39	2447.1	10.88	0.91	1	4.708	4.708
Juan Gabriel Nolasco	40	2210.21	9.82	0.82	1	4.708	4.708
Jorge Vásquez Pérez	41	2258.92	10.04	0.84	1	4.708	4.708
Hilario Tomas	42	2152.83	9.57	0.8	1	4.708	4.708
Fernando Ramírez	43	4486.92	19.94	1.66	2	4.708	9.416
Rumualdo Ramírez Méndez	44	1952.44	8.68	0.72	1	4.708	4.708
María Gloria Ramos Díaz	45	1955.17	8.69	0.72	1	4.708	4.708
Federico Méndez	46	2227.62	9.9	0.83	1	4.708	4.708
Rafael Ramírez Pérez	49	2036.27	9.05	0.75	1	4.708	4.708
Carlos Pérez Vásquez	50	2039.31	9.06	0.76	1	4.708	4.708
Rufino Ramírez	51	2304.63	10.24	0.85	1	4.708	4.708
Maximiliano Méndez Pérez	52	2021.07	8.98	0.75	1	4.708	4.708
Gerardo Gonzáles	53	2039.13	9.06	0.76	1	4.708	4.708
Gabino Pérez y Pérez	54	2308.59	10.26	0.86	1	4.708	4.708
Rodrigo Pérez y Ermitaño Tomas Pérez	55	4633.16	20.59	1.72	2	4.708	9.416
Haroldo Pérez Reinoso	56-57	1872.06	8.32	0.69	1	4.708	4.708
José Pérez Juárez	58	1665.08	7.4	0.62	1	4.708	4.708
José Pérez Juárez	59	1609.98	7.16	0.6	1	4.708	4.708
Jesús Díaz Pérez	60	1699.66	7.55	0.63	1	4.708	4.708
Carmelino Pérez Vásquez	61	4295.59	19.09	1.59	2	4.708	9.416
Alfonso Pérez	62	1938.21	8.61	0.72	1	4.708	4.708
Silvestre Pérez Jerónimo	63	4577	20.34	1.7	2	4.708	9.416
Fernando Pérez	64	1587.11	7.05	0.59	1	4.708	4.708
Marta Díaz	65	1766.89	7.85	0.65	1	4.708	4.708
Aurelio Pérez Bernardo	68	2321.48	10.32	0.86	1	4.708	4.708
Cristina Méndez Ambrosio	69	2163	9.61	0.8	1	4.708	4.708
Gabino Ramírez Pérez	70	2152.59	9.57	0.8	1	4.708	4.708
Avelino Ramírez Pérez	71	1686.33	7.49	0.62	1	4.708	4.708
Enrique Ramírez Pérez	72	1512.26	6.72	0.56	1	4.708	4.708
Gabino Ramírez Pérez II	73	4577	20.34	1.7	2	4.708	9.416
Celestino Gonzáles Macario	74	1939.99	8.62	0.72	1	4.708	4.708
Alberto Gonzáles Ramírez	75	1644.82	7.31	0.61	1	4.708	4.708

Julián Ramírez Tomas	76	1967.57	8.74	0.73	1	4.708	4.708
Avelino Vásquez	77	4366.52	19.41	1.62	2	4.708	9.416
Santos Francisco Tomas	78	4291.98	19.08	1.59	2	4.708	9.416
Benjamín Juárez Vásquez	79	2120.64	9.43	0.79	1	4.708	4.708
Fermín Gonzáles Macario	80	3674.55	16.33	1.36	2	4.708	9.416
Aparicio Díaz Pérez	81	1818.98	8.08	0.67	1	4.708	4.708
Bonifacio Vásquez	82	2000.72	8.89	0.74	1	4.708	4.708
Gumersindo Ramírez Pérez	83	2082.53	9.26	0.77	1	4.708	4.708
Gabino Laynez Pérez	84	2337.99	10.39	0.87	1	4.708	4.708
Marcos Bernardo Reyes	85	2337.99	10.39	0.87	1	4.708	4.708
Felipe Vásquez Pérez	86	2071.71	9.21	0.77	1	4.708	4.708
Marcos Bernardo II	87	1940.01	8.62	0.72	1	4.708	4.708
José Jorge Ramírez Puac	88	1838.15	8.17	0.68	1	4.708	4.708
Marcial Vásquez Domingo	89	2124.15	9.44	0.79	1	4.708	4.708
Amalia Reynosa Ramírez	90	4166.46	18.52	1.54	2	4.708	9.416
Aparicio Tomas y Tomas	91	1673.42	7.44	0.62	1	4.708	4.708
Felipe Gonzáles	92	2288.28	10.17	0.85	1	4.708	4.708
Leonardo Ramírez	93	1764.29	7.84	0.65	1	4.708	4.708
Pablo Ramírez Méndez	94	1955.99	8.69	0.72	1	4.708	4.708
Avelino Aguilar	95	6023.88	26.77	2.23	3	4.708	14.124
Avelino Gabriel Nolasco	96	2046.28	9.09	0.76	1	4.708	4.708
Maximino Tomas Pérez	97	2003.31	8.9	0.74	1	4.708	4.708
Lupe Ortiz Maldonado	98	2225.29	9.89	0.82	1	4.708	4.708
Lisandro Pérez Ramírez	99	4577	20.34	1.7	2	4.708	9.416
Carmelino Pérez Ambrosio	100	1691.85	7.52	0.63	1	4.708	4.708
Enrique Pérez Ambrosio	101	1973.9	8.77	0.73	1	4.708	4.708
Regino Pérez	102	4577.51	10.32	1.7	2	4.708	9.416
Marcos Pérez Laynez	106	1838.9	8.17	0.68	1	4.708	4.708
Francisco Nolasco Ramírez	107	2225.34	9.89	0.82	1	4.708	4.708
Agapito Nolasco Domingo	108	4577.51	20.34	1.7	2	4.708	9.416
Hermelindo Ramírez	109	4577.51	20.34	1.7	2	4.708	9.416
Gabino Pérez Gonzáles	110	4577.51	20.34	1.7	2	4.708	9.416
José Tránsito Puac Ramírez	103-104-105	6829.54	30.35	2.53	3	4.708	14.124
Cipriano y Roberto Ramírez Laynez	47-48	4647.62	20.66	1.72	2	4.708	9.416
Armando Pérez y Natividad Ortiz	66-67	4705.13	20.91	1.74	2	4.708	9.416
TOTAL		256,199.29			130		612.04

6.4.9 Diseño de la red de riego

6.4.9.1 Caudal del sistema

Para determinar el caudal del sistema se construyó una tabla donde se determinó el número de aspersores funcionando simultáneamente en todas las parcelas y luego se multiplicó por el caudal del aspersor. La sumatoria de esta operación es de 612.04 GPM (139.1 m³/ hora), caudal de diseño del sistema. En el Cuadro 12 se muestra la cantidad de aspersores funcionando simultáneamente, el nombre del agricultor y el caudal por aspersor.

6.4.9.2 Área de riego por turno y por día

El área máxima de riego por turno es igual al número de aspersores funcionando simultáneamente por el área del aspersor:

$$\text{Área de riego por turno} = 130 \text{ aspersores} \times 225\text{m}^2 / 10,000$$

$$\text{Área de riego por turno} = 2.92 \text{ hectáreas.}$$

$$\text{Área de riego por día} = \text{Área de riego por turno} \times \# \text{ turnos.}$$

$$\text{Área de riego por día} = 2.92 \text{ hectáreas} \times 3 \text{ turnos /día.}$$

$$\text{Área de riego por día} = 8.76 \text{ hectáreas.}$$

6.5 DISEÑO HIDRÁULICO

6.5.1 Carga a la entrada de la parcela

$$HE = h_o + 0.2h_o + H_f + H_e + h_m$$

$$HE = 31.5\text{m} + 6.3 \text{ m} + 2.80\text{m} + 1.5\text{m} + 0.28\text{m}, \quad HE = 42.38\text{m}$$

6.5.2 Diseño de la línea de conducción y ramales

Para el diseño de tuberías se utilizó la ecuación de Hazen-Williams. Calculando primero ramales y luego conducción principal. Ajustando los diámetros a los criterios de velocidad permisible de 1.5- 2.5 m/s. Los cálculos detallados están indicados en el cuadro 35A-36A.

6.5.3 Línea piezométrica

Para el cálculo y análisis de la línea piezométrica se usaron los valores de pérdidas por fricción calculados anteriormente y las cotas del perfil del suelo.

$$CFT = (\text{carga al inicio del tramo} \pm \text{carga ganada o perdida por la topografía}) - H_f$$

Los detalles se indican en planos de las figuras 8A-20A.

6.5.4 Selección de presiones nominales de tubería

La presión de trabajo en libras por pulgada cuadrada se calcularon mediante:

$$Pt = CE \text{ (carga estática disponible)} / 0.704$$

Las presiones nominales de tubería que se eligieron fueron mayores a las presiones trabajo para dar un margen de seguridad.

6.5.5 Sistemas de válvulas

Las válvulas de aire se colocaron en las cotas máximas relativas y absolutas. Las válvulas de limpieza y observación se colocaron en los puntos más bajos. La ubicación de las válvulas se indica en planos de las figuras 7A-20A..

6.5.6 Obra civil

Se diseñaron cajas de protección de válvulas, cajas rompe presión, pasos aéreos, una presa derivadora de caudal y un desarenador, siguiendo los planos típicos del Fondo de Inversión Social, adaptando las dimensiones a las condiciones propias del proyecto. La ubicación de la obra civil, así como las especificaciones técnicas, se indican en los planos de las figuras 7A-20A .

6.6 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

6.6.1 Especificaciones del sistema

a. Del Cultivo

Cultivo: Hortalizas

Ciclo vegetativo: 90 días

Profundidad Radicular: 40 cm.

Eto máxima: 4.68 mm/día

b. Del Riego

Lámina Neta: 18.72 mm

Lámina Bruta: 28.53 mm

Intervalo crítico: 4 días

Mes crítico: Mayo

Tiempo de Riego/día: 18 horas

Tiempo de riego/turno: 6 horas

Infiltración Básica: 19.8 mm/hora

Intensidad de Riego: 4.75 mm/hora

c. Aspersor

Separación entre aspersores: 15.00 m. en el cuadro 13 se muestran los aspersores existentes en el mercado que cumplen con las especificaciones.

Cuadro 13. Modelos de Aspersor.

MARCA	SERIE O MODELO	BOQUILLA	PRESIÓN	CAUDAL	DIÁMETRO	PRECIO EMPRESA	EMPRESA	OBSERVACIONES
SENNINGER			33PSI	4.801	20m	Q65.19	HIDROTECNIA	PLASTICO
NELSON	F30S	5/32"	45PSI	4.708	27.12	Q131.41	TECUN	BRONCE
RAIN BIRD	30H SBN-3	5/32"	45PSI	4.708	26.82	Q110.67	TUBOFORT	BRONCE

Caudal Disponible: 2.81 m³/seg.

Caudal a derivar para el proyecto: 38.63 litros /seg. (139.1 m³/hora)

Carga por parcelas: 39 metros

Carga disponible máxima por parcela: 50 metros

6.6.2 Operación del sistema

La entrega de agua a los usuarios será por medio del flujo continuo. Es decir, todos los días de riego se entregara agua en cada parcela, pero será cada agricultor quien realice la operación dentro de su parcela. El Cuadro 14 indica la operación del sistema y el número de turnos dentro de cada parcela.

Cuadro 14. Operación del sistema.

PARCELA	TURNOS												TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			10
2	2	2	2	2	2	2	2						14
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			10
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			10
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1				9
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			10
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			10
8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			20
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			10

110	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			20
103-104-105	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			30
47-48	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			20
66-67	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			20
	130	130	130	130	129	130	130	128	128	119	0	0	1284

6.7 ESTUDIO DE MERCADO

6.7.1 Demanda y oferta

6.7.1.1 Demanda

La demanda potencial, según la información obtenida en el instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá -INCAP- y de algunos especialistas en nutrición, una persona debe consumir 20.68 Kg. de tomate, 11.81 Kg. de cebolla y 7.27 Kg. de lechuga al año. Además, se calculó el área necesaria para poder cubrir esa demanda nacional. Los resultados se pueden ver en los Cuadros 15, 16 y 17.

Cuadro 15. Demanda potencial y área sembrada necesaria para cubrirla del cultivo de tomate.

AÑO	POBLACIÓN	DIETA RECOMENDADA (KG)/4	DEMANDA POTENCIAL (MILES DE T0N)	AREA SEMBRADA NECESARIA (HA)*
1994	8,331,874/2	20.68	172.3	5,308.17
1995	8,540,171/3	20.68	176.61	5,440.87
1996	8,753,675/3	20.68	181.03	5,576.89
1997	8,972,517/3	20.68	185.55	5,716.32
1998	9,196,830/3	20.68	190.19	5,859.23
1999	9,426,751/3	20.68	194.95	6,005.71
2000	9,662,420/3	20.68	199.82	6,155.85
2001	9,903,980/3	20.68	204.81	6,309.74
2002	10,145,540/3	20.68	209.8	6,463.63
2003	10,387,100/3	20.68	214.79	6,617.52
2004	10,628,660/3	20.68	219.78	6,771.41
2005	10,870,220/3	20.68	224.77	6,925.30
2006	11,111,780/3	20.68	229.76	7,079.19
2007	11,353,340/3	20.68	234.75	7,233.08

- Para un rendimiento de 32.46 toneladas/ hectárea

Cuadro 16. Demanda potencial y área sembrada necesaria para cubrirla del cultivo de cebolla.

AÑO	POBLACIÓN	DIETA RECOMENDADA (KG)/4	DEMANDA POTENCIAL (MILES DE TONS)	AREA SEMBRADA NECESARIA (HA)*
1994	8,331,874/2	11.81	98.4	3,790.28
1995	8,540,171/3	11.81	100.86	3,885.04
1996	8,753,675/3	11.81	103.38	3,982.16
1997	8,972,517/3	11.81	105.97	4,081.72
1998	9,196,830/3	11.81	108.61	4,183.76
1999	9,426,751/3	11.81	111.33	4,288.35
2000	9,662,420/3	11.81	114.11	4,395.56
2001	9,903,980/3	11.81	116.97	4,505.45
2002	10,145,540/3	11.81	119.83	4,615.34
2003	10,387,100/3	11.81	122.69	4,725.23
2004	10,628,660/3	11.81	125.55	4,835.12
2005	10,870,220/3	11.81	128.41	4,945.01
2006	11,111,780/3	11.81	131.27	5,054.90
2007	11,353,340/3	11.81	134.13	5,164.79

* Para un rendimiento de 25.96 toneladas/ hectárea

Cuadro 17. Demanda potencial y área sembrada necesaria para cubrirla del cultivo de lechuga.

AÑO	POBLACIÓN	DIETA RECOMENDADA (KG.)/4	DEMANDA POTENCIAL (MILES DE TONS)	AREA SEMBRADA NECESARIA (HA)*
1994	8,331,874/2	7.27	60.57	3,188.04
1995	8,540,171/3	7.27	62.09	3,267.74
1996	8,753,675/3	7.27	63.64	3,349.43
1997	8,972,517/3	7.27	65.23	3,433.17
1998	9,196,830/3	7.27	66.86	3,519.00
1999	9,426,751./3	7.27	68.53	3,606.97
2000	9,662,420/3	7.27	70.25	3,697.15
2001	9,903,980/3	7.27	72	3,789.58
2002	10,145,540/3	7.27	73.75	3,882.01
2003	10,387,100/3	7.27	75.5	3,974.44
2004	10,628,660/3	7.27	77.25	4,066.87
2005	10,870,220/3	7.27	79	4,159.30
2006	11,111,780/3	7.27	80.75	4,251.73
2007	11,353,340/3	7.27	82.5	4,344.16

• Para un rendimiento de 19.0 toneladas/ hectárea

- 1 Estimaciones propias
- 2 Censo de 1,994
- 3 Estimaciones propias
- 4 Recomendación del INCAP

Consumo Aparente de Tomate. En el Cuadro 18 se puede observar el consumo aparente de tomate en dos escenarios.

Cuadro 18. Consumo aparente nacional de tomate. *

ÁREA COSECHADA(HA)	PRODUCCIÓN (TM/ AÑO)	EXPORTACIONES (TM/ AÑO)	IMPORTACIONES (TM/AÑO)	CONSUMO APARENTE(TM/AÑO)
5500	141,735.00	500	200	142,035.00
6500	167,505.00	800	600	167,705.00

*Fuente: UPIE

6.7.1.2 Oferta

- a. **Tomate.** La procedencia de tomate en la Central de Mayoreo (CENMA) principalmente es de Salamá, Bárcenas, Villa Nueva y en menor grado de Zacapa. En el mercado de San Marcos, el tomate llega de Quetzaltenango, Sacapulas y Huehuetenango, según la Unidad de Políticas de Información Estratégica del MAGA.
- b. **Cebolla.** La procedencia de la cebolla en la Central de Mayoreo (CENMA) es de Jutiapa, Jalapa, Sacapulas, Santa Rosa y Bárcenas, Villa Nueva. Para el área de San Marcos, la cebolla procede de Quetzaltenango, Sololá, Almolonga y Huehuetenango en menor escala.
- c. **Lechuga.** La Central de Mayoreo (CENMA) comercializa la lechuga de Sacatepéquez, Chimaltenango y Almolonga. El mercado de San Marcos, la lechuga consumida proviene de Almolonga, Altiplano de San Marcos y Quetzaltenango.

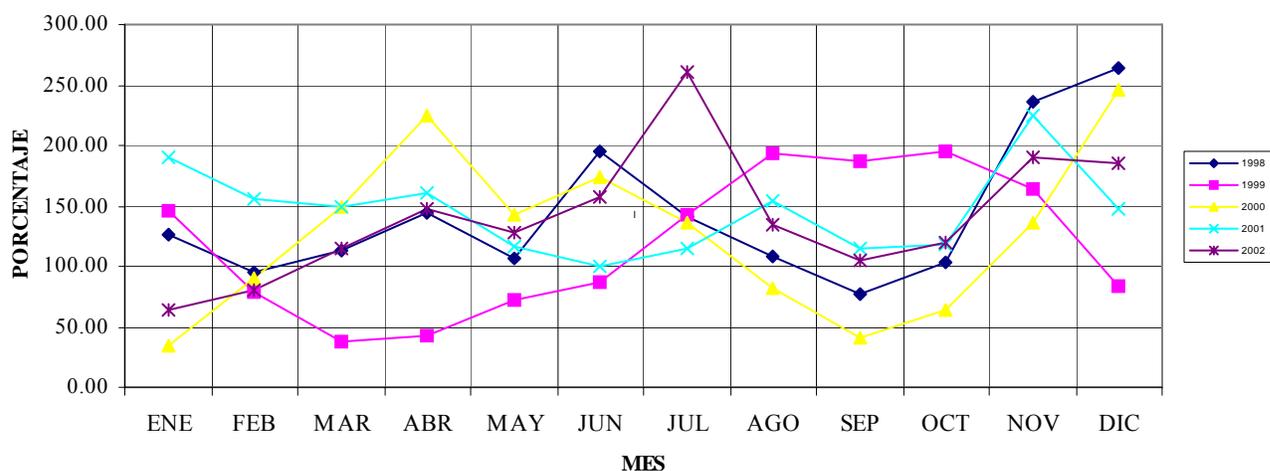
6.7.2 Análisis de precios

El Cuadro 19 muestra los precios al mayorista en quetzales por caja de 22 Kg. de tomate de primera calidad, en la Figura 3 se observa el comportamiento estacional de los precios, puede verse dos puntos de estacionalidad en las cinco series, una a finales de octubre y principios de noviembre y la segunda, a la entrada del invierno, en el mes de mayo.

Cuadro 19. Precios de tomate de 1ra (Q/ caja de 22 Kg.)*

MES	1998	1999	2000	2001	2002
ENERO	74.75	86.80	20.5	113.46	38.33
FEBRERO	56.56	46.82	53.33	92.92	47.92
MARZO	67.82	22.82	88.57	89.23	68.75
ABRIL	85.50	25.44	133.75	95.42	87.50
MAYO	63.39	42.75	85.36	69.64	76.15
JUNIO	116.13	52.04	103.46	59.58	94.17
JULIO	83.52	84.76	80.77	68.08	79.28
AGOSTO	64.62	115.71	48.93	91.43	80.17
SEPTIEMBRE	45.98	111.63	24	68.75	62.59
OCTUBRE	61.94	115.93	37.86	70.71	71.61
NOVIEMBRE	140.86	97.55	81.5	133.33	113.31
DICIEMBRE	156.82	49.71	146.67	87.78	110.24
TOTAL	1017.88	851.96	904.70	1040.33	930.03
PROMEDIO	84.82	71.00	75.39	86.69	77.50

* Fuente: UPIE.

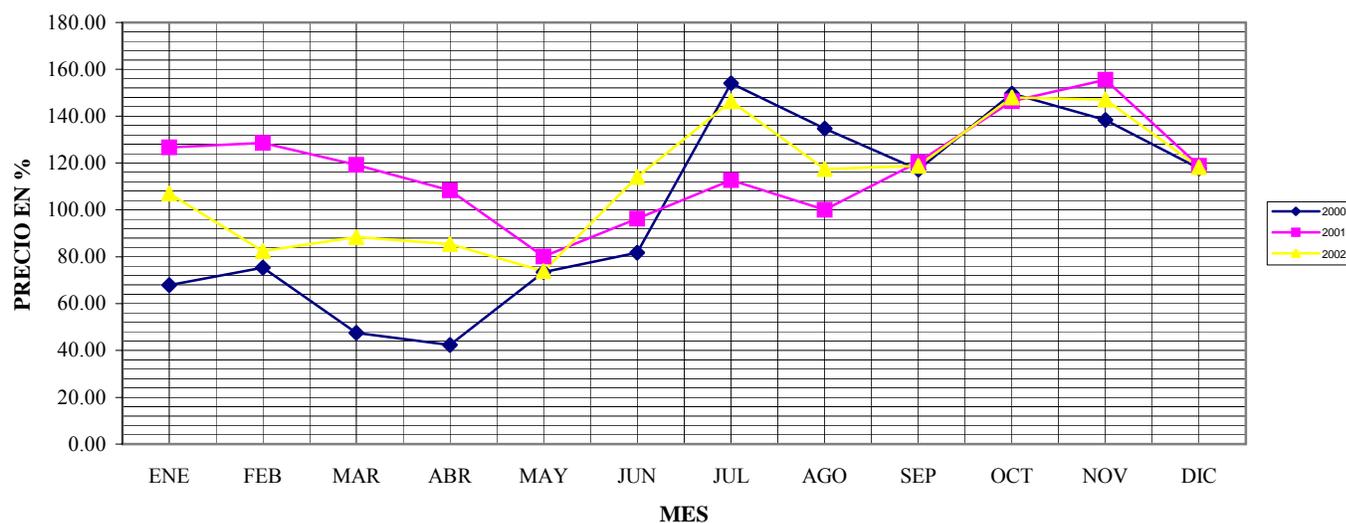
INDICE ESTACIONAL TOMATE 1RA**Figura 3. Índice estacional de tomate de 1ra.**

El Cuadro 20 muestra los precios en quetzales del quintal de cebolla seca, la Figura 4 muestra la variación estacional de los precios observándose estacionalidad en el mes de mayo y el mes de octubre, mejores precios en el mes de octubre.

Cuadro 20. Precios de cebolla seca (quetzales por quintal)*

MES	2000	2001	2002
ENERO	104.75	195.38	165.08
FEBRERO	116.25	198.33	127.08
MARZO	73.21	183.85	136.25
ABRIL	65.33	167.08	131.67
MAYO	113.21	123.57	113.85
JUNIO	126.15	148.5	175.83
JULIO	237.69	173.85	225.71
AGOSTO	207.86	154.29	181.075
SEPTIEMBRE	180.83	185.83	183.33
OCTUBRE	230.71	225.83	228.27
NOVIEMBRE	213.5	240	226.75
DICIEMBRE	181.67	183.33	182.5
TOTAL	1851.16	2179.84	2077.395
PROMEDIO	154.26	181.65	173.12

• Fuente: UPIE.

INDICE ESTACIONAL DE CEBOLLA**Figura 4. Índice estacional del quintal de cebolla seca.**

El Cuadro 21 muestra los precios de la caja de lechuga de 18 unidades, en la Figura 5 se puede observar el comportamiento de los precios. En este cultivo existe cinco puntos de estacionalidad: enero, mayo, agosto y octubre. Los mejores precios se localizan en los meses de mayo y en el mes de octubre.

Cuadro 21. Precio de lechuga (quetzales por caja de 18 unidades)

MES	1998	1999	2000	2001	2002
ENERO	29.60	33.14	22.53	36.15	27.08
FEBRERO	35.39	23.90	32.58	53.33	44.17
MARZO	36.13	21.57	38.48	46.54	32.5
ABRIL	39.80	30.26	49.90	38.33	22.5
MAYO	29.93	36.04	26.39	29.29	30.38
JUNIO	56.56	46.25	30.66	31.25	34.58
JULIO	30.94	39.93	21.96	38.46	29.29
AGOSTO	26.62	23.93	16.75	29.5	24.20
SEPTIEMBRE	27.81	18.47	21.50	37.92	26.43
OCTUBRE	33.81	26.13	32.29	31.07	30.82
NOVIEMBRE	55.14	35.94	24.06	19.75	33.72
DICIEMBRE	25.06	28.00	22.11	23.89	24.76
TOTAL	426.81	363.56	339.21	415.48	360.44
PROMEDIO	35.57	30.30	28.27	34.62	30.04

INDICE ESTACIONAL DE LECHUGA

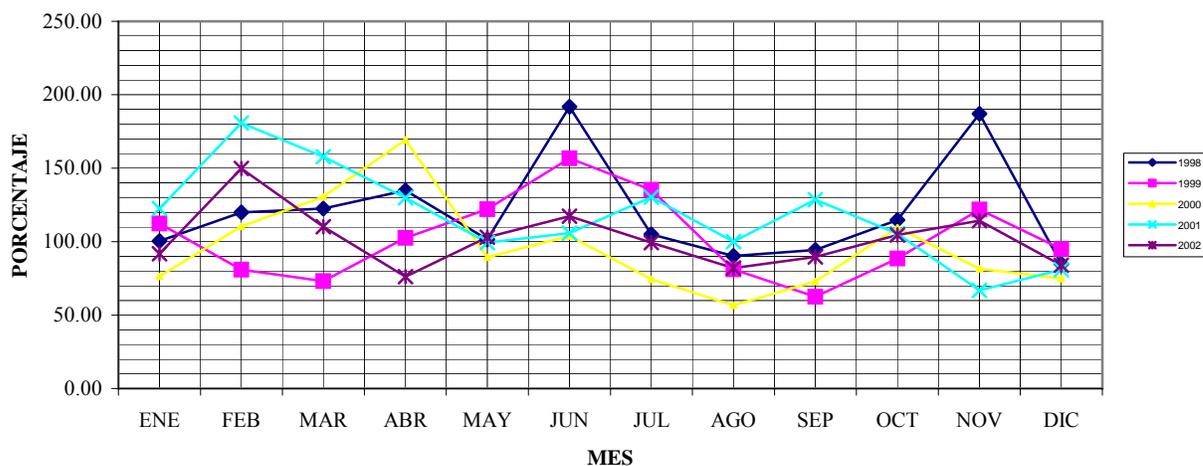


Figura 5. Índice estacional del cultivo lechuga.

La tendencia de los precios de los tres cultivos es incierta, al correr un modelo de regresión lineal, el modelo de mejor ajuste es el cúbico (r^2 mayor de 0.89), es debido al efecto que 1998 hace en la serie, el cual es un año atípico. Si se elimina el año 1998 la tendencia es lineal con pendiente positiva.

6.7.3 Comercialización

6.7.3.1 Mercados potenciales

Los mercados más cercanos son el de Concepción Tutuapa a una hora por camino de terracería, Colotenango a media hora y Cuilco a dos horas por carretera de terracería.

Otra oportunidad de comercialización se encuentra en el Mercado Municipal de Huehuetenango a dos horas de camino en carretera, el mercado de Comitán, Chiapas, México y La Central de Mayoreo (CENMA) ubicada a 350 Km. en la ciudad capital.

6.7.3.2 Canales de comercialización

En la región se han identificado principalmente cinco agentes: productor, intermediario, minorista, mayorista y consumidor final.

- a) Productor. Es el encargado de combinar los insumos agrícolas para generar el producto terminado, es el que corre mayor riesgo.
- b) Intermediario. Es quien generalmente compra la producción en la parcela, es propietario de vehículo de carga normalmente “pick up” o camiones pequeños.
- c) Mayorista. Es quien compra grandes volúmenes de productos se encuentra en los mercados grandes y es quien vende a los minoristas, además es quien se queda con el mayor margen de ganancia.
- d) Minorista. Es quien vende el producto en pequeñas cantidades y es quien generalmente le vende al detalle.
- e) El consumidor final. Es quien demanda el producto y para quien esta destinada la producción.

Como puede observarse, entre el productor y el consumidor final existe tres agentes quienes son enormemente responsables de la formación de precios.

6.8 ANÁLISIS FINANCIERO

6.8.1 Costos de inversión

En este apartado se incluyen todos los costos para la implementación del sistema, tales como obra civil, tubería principal y secundaria, equipo de riego, costos de zanjeo, instalación y supervisión. El Cuadro 22 muestra el resumen de los costos de inversión. El detalle de la cuantificación de materiales se indica en los cuadros 37A-38^a.

Cuadro 22. Resumen de Costos de Inversión.

CONCEPTO	COSTO TOTAL
Equipo de riego (tubería, válvulas, aspersores, etc.)	Q256,307.73
Conducción principal	Q863,663.20
Obra civil (ver detalles figuraras 21A-26A)	Q144,570.02
Supervisión e instalación	Q91,226.29
Total	Q1,355,767.24

6.8.2 Composición de costos

La inversión inicial de proyecto es Q1,355,767.24, las instalación parcelaria equivale a un 18.90% (Q256,307.76). El costo promedio total por hectárea es de Q52,959.66 y el costo por familia es Q12,438.32. El costo promedio por familia a financiar (instalación parcelaria/ número de cuerdas) es de Q2,351.45. El Cuadro 23 se indica la composición de costos en porcentaje.

Cuadro 23. Composición de costos.

CONCEPTO	COSTO TOTAL	PORCENTAJE
Costo total	Q1,355,767.24	100%
Instalación Parcelaria	Q256,307.73	18.90%
Conducción	Q1,099,459.51	81.10%
Costo / hectárea	Q52,959.66	3.91%
Costo/ cuerda	Q2,316.99	0.17%
Costo / familia	Q12,438.23	0.92%
Costo/ familia / a financiar	Q2,351.45	0.92%

6.8.3 Costos de producción

Los costos de producción por hectárea para el cultivo de tomate es de Q39,199.76, de cebolla es de Q31,855.66, de lechuga es de Q29687.82, de maíz es de Q4,413.26 y de frijol es de Q4,097.03. El Cuadro 24 se muestra la estructura de costos de producción.

Cuadro 24. Costos de producción por hectárea.

ACTIVIDAD	TOMATE (Q)	CEBOLLA (Q)	MAÍZ (Q)	FRIJOL (Q)	LECHUGA (Q)
Costos Directos					
Arrendamiento	1,420.00	1,420.00	1,420.00	1,420.00	1,420.00
Mano de Obra	13,035.60	12,703.32	1,109.02	1,028.36	12,500.00
Insumos	20,405.97	14,114.80	1,411.48	1,209.84	12,500.00
Total Costos Directos	34,861.57	28,238.12	3,940.50	3,658.20	26,420.00
Costos Indirectos					
Gastos Administración (5%)	1,743.08	1,411.91	197.03	182.91	1321.00
Imprevistos	1,743.08	1,411.91	197.03	182.91	1321.00
Interés					
Cuota Patronal (12.76%+4.83%)	852.04	793.73	78.71	73.01	645.82
Total Costos Ind.	4,338.19	3,617.54	472.76	438.83	3,287.82
Costos Totales	39,199.76	31,855.66	4,413.26	4,097.03	29,687.82

6.8.4 Costos de operación y mantenimiento

Para la operación, mantenimiento y administración del sistema se necesitará el siguiente recurso humano y económico: (cuadro 25)

Cuadro 25. Costos de Administración, Mantenimiento y Operación Anual.

CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	COSTO
Sueldo Coordinador	144 días + 24 séptimos al año (Q29.16/día)	Q4,900.00
Sueldo Mantenimiento	144 días + 24 séptimos al año x 2 (Q27.08/día)	Q9,100.00
Reparaciones e imprevistos	Empaques, pegamento, PVC, etc.	Q2,100.00
Administración	Recibos, lápices, informes, papel, grapas, etc.	Q300.00
Total		Q16,400.00

6.8.5 Servicio de la deuda

La fuente de financiamiento para la implementación del sistema se recibirá de dos maneras: donación para la conducción principal y préstamo bancario a través del sistema financiero del país. El monto es de Q256,307.73 con una tasa de interés anual del 15%, con un período de 10 años para pagar el préstamo. El pago del interés se realizará al final del año. Las garantías de pago son las estipuladas por los bancos del sistema. (Cuadro 26).

Cuadro 26. Servicio de la deuda.

AÑO	AMORTIZACIÓN	INTERÉS	CUOTA NIVELADA	SALDO
0	Q0.00	Q38,446.16	Q51,069.84	Q256,307.73
1	Q12,623.68	Q38,446.16	Q51,069.84	Q256,307.73
2	Q14,517.24	Q36,552.61	Q51,069.84	Q243,684.05
3	Q16,694.82	Q34,375.02	Q51,069.84	Q229,166.81
4	Q19,199.05	Q31,870.80	Q51,069.84	Q212,471.99
5	Q22,078.90	Q28,990.94	Q51,069.84	Q193,272.94
6	Q25,390.74	Q25,679.11	Q51,069.84	Q171,194.04
7	Q29,199.35	Q21,870.49	Q51,069.84	Q145,803.30
8	Q33,579.25	Q17,490.59	Q51,069.84	Q116,603.95
9	Q38,616.14	Q12,453.70	Q51,069.84	Q83,024.70
10	Q44,408.56	Q6,661.28	Q51,069.84	Q44,408.56
Total	Q256,307.73	Q292,836.87	Q561,768.28	

6.8.6 Beneficios del proyecto

La eficiencia productiva actual de la comunidad esta en Q64,068.50. Con la implementación del sistema de riego se espera obtener un ingreso neto de Q550,088.73 con lo cual, los beneficios del proyecto son iguales a Q486,019.62. En el Cuadro 27 se muestra el escenario “sin proyecto” y el Cuadro 28, el escenario “con proyecto”.

Cuadro 27. Situación productiva “sin proyecto”.

CULTIVO	COSECHAS	PRECIO VENTA	ÁREA DE SIEMBRA EN HA	PRODUCCIÓN POR HA	PRODUCCIÓN ANUAL	COSTOS Q/HA	COSTOS TOTALES (Q/AÑO)	INGRESO TOTAL (Q/AÑO)	INGRESO NETO (Q/AÑO)
Maíz	1	55	66.47	75	4985.25	3,107.93	206,584.11	274,188.75	67,604.64
Frijol	1	240	66.47	13	864.11	2,885.24	191,781.90	207,386.40	15,604.50
Maní	1	63.255	66.47	32	2127.04	2,312.11	153,685.95	134,545.92	-19,140.04
Total ****			199.41	97.27	6465.5369	8,305.27	552,051.96	616,121.07	64,068.50

**** Producción en sacos de 46 Kg. / ha.

Cuadro 28. Situación productiva “con proyecto”.

CULTIVO	COSECHAS	PRECIO VENTA	ÁREA DE SIEMBRA EN HA	PRODUCCIÓN POR HA	PRODUCCIÓN ANUAL	COSTOS Q/HA	COSTOS TOTALES (Q/AÑO)	INGRESO TOTAL (Q/AÑO)	INGRESO NETO (Q/AÑO)
Tomate *	2.00	45.00	10.24	852.00	17,450.66	Q27,605.47	Q565,415.15	Q785,279.88	Q219,864.73
Cebolla	2.00	45.00	10.24	568.00	11,633.78	Q22,433.56	Q459,484.27	Q523,519.92	Q64,035.65
Lechuga	3.00	10.00	5.10	1,971.00	30,156.30	Q2,312.11	Q35,375.27	Q301,563.00	Q226,187.73
Total			25.58				Q1,060,274.68	Q1,610,362.80	Q550,088.12

*Cajas de 22.72 Kg. / ha.

** Cajas de lechuga de 30 unidades / caja.

6.8.7 Flujo de fondos

El Cuadro 29 muestra el flujo de fondos del proyecto utilizando una tasa de actualización del 24 % anual para un período de 20 años.

Cuadro 29. Flujo de Fondos.

AÑO	BENEFICIOS DEL PROYECTO	COSTOS DE OPERACIÓN Y SERVICIO DE LA DEUDA	BENEFICIOS NETOS	FACTOR DE DESCUENTO	FLUJOS NETOS DESCONTADOS
0	(Q1,355,767.24)	Q51,069.84	(Q1,406,837.09)	1.000	-Q1,406,837.09
1	Q486,019.62	Q67,469.84	Q418,549.78	0.806	Q337,540.14
2	Q486,019.62	Q67,469.84	Q418,549.78	0.650	Q272,209.79
3	Q486,019.62	Q67,469.84	Q418,549.78	0.524	Q219,524.03
4	Q486,019.62	Q67,469.84	Q418,549.78	0.423	Q177,035.50
5	Q486,019.62	Q67,469.84	Q418,549.78	0.341	Q142,770.57
6	Q486,019.62	Q67,469.84	Q418,549.78	0.275	Q115,137.56
7	Q486,019.62	Q67,469.84	Q418,549.78	0.222	Q92,852.87
8	Q486,019.62	Q67,469.84	Q418,549.78	0.179	Q74,881.34
9	Q486,019.62	Q67,469.84	Q418,549.78	0.144	Q60,388.18
10	Q486,019.62	Q67,469.84	Q418,549.78	0.116	Q48,700.15
11	Q486,019.62	Q16,400.00	Q469,619.62	0.094	Q44,066.41
12	Q486,019.62	Q16,400.00	Q469,619.62	0.076	Q35,537.43
13	Q486,019.62	Q16,400.00	Q469,619.62	0.061	Q28,659.22
14	Q486,019.62	Q16,400.00	Q469,619.62	0.049	Q23,112.27
15	Q486,019.62	Q16,400.00	Q469,619.62	0.040	Q18,638.93
16	Q486,019.62	Q16,400.00	Q469,619.62	0.032	Q15,031.39
17	Q486,019.62	Q16,400.00	Q469,619.62	0.026	Q12,122.09
18	Q486,019.62	Q16,400.00	Q469,619.62	0.021	Q9,775.88
19	Q486,019.62	Q16,400.00	Q469,619.62	0.017	Q7,883.77
20	Q486,019.62	Q16,400.00	Q469,619.62	0.014	Q6,357.88
				VAN Q	Q335,388.32
				TIR %	29.81578647
				B/C	2.09

6.8.8 Indicadores financieros

Del cuadro anterior se obtienen los indicadores financieros del proyecto; el valor actual neto (VAN) Q335.388.32, el beneficio costo 2.09 y la tasa interna de retorno (TIR) es de 29.82%.

6.8.9 Análisis de sensibilidad

Para este análisis de sensibilidad se evaluaron tres escenarios: a) cuando los costos se incrementan un 10%, b) cuando los ingresos decrecen un 10% y c) cuando los costos se incrementan un 10% y los ingresos decrecen un 10%. En el Cuadro 30 se aprecia el comportamiento de los indicadores financieros en cada escenario.

Cuadro 30. Análisis de sensibilidad.

INDICADOR	COSTOS SE INCREMENTAN 10%	BENEFICIOS DECRECEN 10%	BENEFICIOS DECRECEN 10% Y COSTOS SE INCREMENTAN 10%
VAN	Q330,281.34	Q110,780.35	Q105,673.37
TIR	29.62	25.98	25.87
B/C	2.06	1.33	1.31

6.9 EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

6.9.1 Evaluación del componente socioeconómico

Para la evaluación de este componente se pasó una encuesta para conocer la situación actual de la comunidad, para luego hacer una inferencia sobre la situación futura de los beneficiarios.

6.9.1.1 Estructura familiar

Las familias están compuestas por un jefe de familia, la esposa y los hijos, no existe ningún caso de viudez. La mayoría de las familias están compuestas por cinco miembros, donde todas se dedican a la agricultura de subsistencia, con un ingreso promedio por familia de Q1478.26 por año. En el Cuadro 31 puede observarse con mayor detalle.

Cuadro 31. Medidas de tendencia central para la estructura familiar.

MEDIDA	# PERSONAS POR FAMILIA	CUANTOS TRABAJAN	INGRESOS ANUALES Q
Media	6.61	3.62	1,478.26
Moda	5.00	1.00	1,000.00
Coef. Variación	0.15	1.42	2.80
1 Cuartil	4.00	1.00	600.00
Mediana	5.00	2.00	800.00
3 Cuartil	8.00	3.00	1,000.00
Dato mayor	12.00	8.00	6,000.00

6.9.1.2 Propiedad de la tierra

Todas las familias tienen en propiedad sus parcelas, la mayoría siembra anualmente 8.49 cuerdas (3741.37m²), el área a beneficiar por familia es de 5 cuerdas (2187.5m²). En promedio cada familia dispone de 51.02 cuerdas (2.23 hectáreas). El Cuadro 32 puede observarse con mayor detalle.

Cuadro 32. Propiedad de la tierra.

MEDIDA	ÁREA (CUERDAS¹)	ÁREA SEMBRADA(CUERDAS)	ÁREA PROYECTO(CUERDAS)
Media	51.02	8.49	4.99
Moda	30.00	5.00	5.00
Coef. Variación	9.13	2.47	0.02
1 Cuartil	15.00	5.00	5.00
Mediana	25.00	7.00	5.00
3 Cuartil	42.50	10.00	5.00
Dato mayor	1500.00	35.00	10.00

6.9.1.3 Transporte y servicios básicos

La comunidad no cuenta con servicio regular de transporte. De los beneficiarios, solamente 37 cuentan con un caballo. La comunidad cuenta con servicio de agua potable y letrinas. Las casas son de techo de lámina, piso de tierra y paredes de madera. Todas cuentan con un solo ambiente y una cocina separada. No existe centro de salud. Cuentan con una escuela primaria donde se imparten los seis grados.

6.9.1.4 Eficiencia productiva

La comunidad se dedica principalmente a la siembra de maíz, frijol, haba y calabaza. Algunos siembran maní, repollo, tomate y chile en la estación lluviosa o en las vegas cercanas al río en la estación seca. El rendimiento promedio de maíz 1.03 Ton/ ha (16 qq/ mz) está muy por de bajo de la media nacional. En el caso de frijol el rendimiento promedio es de 0.51 Ton/ ha (8 qq/ mz).

6.9.1.3 Alimentación

El 100% de los encuestados manifestaron tener una dieta compuesta por maíz, frijol, papa y hierbas. Ninguna familia manifestó comer carne ni leche, sin embargo, en las tiendas de la comunidad puede observarse la venta de bebidas gaseosas.

Por otro lado, aunque nadie manifestó tener en propiedad animales de cría, en la mayoría de las casas se observó gallineros y en menor grado, cerdos.

6.9.2 Componente ambiental

Este componente muestra el impacto ambiental en los elementos de flora, fauna, suelo y agua. Con el objeto de dimensionar dichos impactos, se identificaron las principales actividades a realizarse y se utilizó como guía la matriz de Leopold modificada, la cual se presenta en el cuadro 39A.

Con el análisis de lo anterior, además de determinar los principales impactos a los recursos naturales y al ambiente socioeconómico, se plantean las medidas correspondientes de mitigación, así como de control y seguimiento. Finalmente, algunas medidas complementarias que deben considerarse para mejorar la sostenibilidad del proyecto.

6.9.2.1 Determinación de los niveles de impacto a los recursos naturales

a. Impacto Negativos. Como se puede inferir, en la actividad de instalar el sistema de riego se corre el riesgo de afectar el suelo al momento de realizar el zanjeo. En el aspecto socioeconómico, esta actividad tendrá un alto impacto positivo al contribuir a realizar un mejor aprovechamiento de los recursos agua, suelo y la agricultura en su conjunto. También ayudará en generar empleo.

Ya en la etapa de funcionamiento, destaca el control fitosanitario con efectos negativos en el medio ambiente, corriendo el riesgo de contaminar las aguas y consecuentemente, poner en peligro a la fauna.

La salud humana también se ve afectada en forma negativa, especialmente para quienes aplican o están en contacto directo con los productos químicos; aunque el peligro se generaliza en toda el área de influencia del proyecto, al contaminar el aire, agua, suelo y con malos olores, los que resultan problemas ambientales que deben ser atendidos.

Por otro lado, en el ambiente socioeconómico, hay una contribución positiva al potenciar la productividad de la agricultura, ayudando consecuentemente al empleo y el comercio.

La operación del sistema, complementada con la producción tecnificada, también tiene un impacto positivo importante en el medio ambiente, especialmente en el mejoramiento de los cultivos y del suelo, al minimizar los riesgos de erosión, si se compara con los del riego tradicional por surcos. Adicionalmente, la cobertura vegetal que proveerán los árboles, en las partes altas de la micro-cuenca, protegerá del impacto directo de la lluvia al suelo disminuyendo la erosión.

b. Impactos Positivos. Considerando que el recurso más importante es el humano se identifican impactos positivos en el incremento de la producción por unidad de área y anual. Una mayor diversificación agrícola, una menor tasa de migración del jefe de familia. Un incremento en el ingreso neto familiar como resultado de un incremento de trabajo en la comunidad. Manifestándose al final, en la mejora del bienestar, la salud y la economía de las familias de la comunidad.

6.9.2.2 Propuesta de medidas de mitigación

Cuando se efectúe el zanjeo, deberá procurarse que la capa de suelo fértil quede como siempre en la parte superior al procederse a rellenar la zanja.

En lo relativo a los efectos del control fitosanitario, para mitigarlos se deberá, fundamentalmente, capacitar y concientizar al productor y operarios respecto al manejo de los pesticidas, no sólo en su aplicación, sino también en no contaminar las fuentes de agua, especialmente cuando realizan el lavado de los equipos y el manejo de los empaques y envases.

Deberá promoverse el conocimiento de las normas y regulaciones para el uso de los plaguicidas, utilizando aquellos con menores grados de toxicidad pudiendo ser un buen término de referencia el listado de productos autorizados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norte América, no sólo para los productos de exportación, sino también para los productos de consumo interno.

Deberá promoverse acciones conjuntas con la Asociación de Gremiales de Expendedores de Químicos para la Agricultura –AGREQUIMA-, para masificar los esfuerzos tendientes a concientizar sobre el uso de estos productos. Debe promoverse que su uso se realice únicamente cuando sea necesario y en las dosis recomendadas. Cuando se trate de mamíferos o aves que causan problemas a la producción, deberá promoverse el uso de repelentes (frecuencias específicas de sonido) o por aislamiento, sin llegar, en lo posible, a la eliminación física de los mismos.

La aplicación del riego deberá realizarse según las características físicas y químicas del suelo, las condiciones del clima y el estado de crecimiento del cultivo, con el objeto de promover la mayor productividad del mismo, no causar daños al suelo, así como utilizar el menor volumen de agua.

Dada la topografía del terreno, será indispensable la utilización de medidas de conservación de suelos en toda el área de riego. En este sentido, se cuenta con la gran ventaja de que todos los conductores, que serán los que trabajarán la tierra, por tradición ostentan gran habilidad para el laboreo en áreas de ladera.

6.9.2.3 Control y Seguimiento de las medidas de mitigación

El control y seguimiento de las medidas de mitigación a los efectos negativos del proyecto deberá realizarse en dos niveles.

En primer lugar, las instituciones como PLAMAR y/o alguna ONG deberán capacitar y, a la vez, monitorear si el esfuerzo efectivamente se está traduciendo en cambios de actitud de los agricultores.

En segundo nivel, hacia el interior de la unidad productiva, deberá de realizarse muestreo y análisis físico y químico del suelo, por lo menos dos veces al año, para el control de los procesos de fertilización que se realizan y sus efectos en el mismo. Y el control de las basuras que puede generar el uso de fertilizantes y agroquímicos.

También deberá realizarse muestreo y análisis químico y microbiológico del agua, para el control de su calidad para aplicar en el riego y para la aplicación de pesticidas y agroquímicos en general.

Adicionalmente, con la ayuda de asistencia técnica, el productor deberá aforar el caudal de los emisores, así como tomar la presión de los mismos, para aplicar las láminas adecuadas y lo más uniforme posible. Esto minimizará los riesgos de erosión del suelo y el agua se utilizará estrictamente en los volúmenes necesarios.

Es necesario que se promueva, dentro de la organización, la preocupación por el mantenimiento de las zonas de recarga. En el cuadro 39A se muestran los impactos identificados a través de la matriz de Leopold modificada.

6.10 ORGANIZACIÓN DE LOS USUARIOS

6.10.1 Normas para la operación y mantenimiento del sistema de riego diseñado

Es necesario que, para la operación y mantenimiento del sistema de mini-riego, se lleve a cabo un reglamento que regirá el proyecto. Dicha actividad debe ser llevada a cabo por la empresa que brinda la asistencia técnica. Algunos de los puntos principales para el reglamento pueden ser los siguientes:

6.10.2 Normas de operación del sistema

- a. Se reconoce que el uso del agua del sistema tendrá primordialmente fines agrícolas, los usos domésticos se consideran como de segundo orden.
- b. Cualquier usuario podrá regar su parcela, siempre y cuando se ajuste al calendario de riego.
- c. Los usuarios no podrán hacer ninguna modificación en el sistema sin el conocimiento de la Junta Directiva y ésta, a su vez, deberá informar al técnico específico de mini-riego para que sea él quien determine si procede o no a dicho cambio.
- d. El calendario de riego elaborado deberá ser respetado según sus horas y fechas por todos los usuarios. El usuario que no respete el calendario de riego por cualquier motivo, perderá su turno y no tendrá derecho a reclamar daños en sus cultivos por falta de agua.
- e. Por deterioro o descompostura del equipo de riego, cualquier usuario podrá comprar individualmente o en conjunto su equipo, el cual deberá estar comprendido dentro de las especificaciones que se indican en este documento. En ningún caso, el equipo deberá ser diferente al del diseño establecido o de lo recomendado.
- f. Deberá nombrarse un comité o juez de agua que velará por el cumplimiento del calendario de riego y el buen manejo de todos los equipos, debiendo reportar inmediatamente a la Asamblea General cualquier anomalía para que ésta decida las acciones a tomar.
- g. La Asamblea General deberá elegir a las personas necesarias y convenientes para que asistan al curso de capacitación que para el efecto se realizará con el objeto de enseñarles la buena operación y

mantenimiento del sistema, así como la forma adecuada de llevar los diferentes registros del sistema. Estas personas posteriormente, se desempeñarán como jueces de agua en turnos diarios, semanales, mensuales o anuales según lo determine la Asamblea General.

- h. El pago por los servicios que preste el juez de agua, lo determinará la Asamblea General.
- i. En ningún momento los usuarios podrán utilizar otro equipo fuera del que esté autorizado por el técnico específico de mini-riego o en el texto del presente documento.

6.10.3 Normas para el mantenimiento del sistema

En lo que concierne al equipo y del sistema de conducción y distribución del agua se acordó lo siguiente:

En caso de derrumbes o desperfectos producidos por fenómenos naturales o situaciones de fuerza mayor, todos los usuarios colaborarán en despejarlos y proceder a repararlos. Esta responsabilidad será compartida en jornales y partes iguales por todos los usuarios sin devengar ningún salario. El usuario no tiene derecho a reclamo alguno cuando por este motivo sea suspendido el servicio de entrega de agua.

Es atribución del juez de agua realizar, periódicamente, un recorrido por todo el sistema, con el fin de chequear desde la fuente de agua, el resto del sistema de conducción y distribución. Esta actividad debe realizarse por todo el año y ejecutarse una vez por semana o cuando se presente algún problema, debiendo reportar los daños en el sistema en forma inmediata a la Junta Directiva.

En lo que corresponde al área de riego, se acordó lo siguiente:

Los terrenos propiedad de los usuarios del sistema deberán estar comprometidos a reforestar las áreas de su propiedad que por la pendiente del terreno no tengan vocación agrícola para cultivos limpios y no tengan ningún tipo de estructura de conservación de suelos.

Lo que se refiere a la amortización y fondos se tiene:

Se estipulará una cuota anual fija por cada 437.5 m² (cuerda) de terreno a ser irrigado, la cual consiste en Q28.19, con el objeto de contar con los fondos necesarios que servirán para sufragar los gastos de cualquier reparación y mantenimiento del sistema.

Aquellas personas que hagan uso del recurso agua fuera de su turno de riego así como también a quien se le encuentre en situación de destrucción parcial del sistema se le impondrá una multa de Q100.00 por lo ocasionado.

La Asamblea General de Usuarios nombrará a dos personas para que procedan a la revisión periódica del manejo de los fondos por parte de la Junta Directiva. En todo caso, la Asamblea General será quien dé la

aprobación final de cualquier gasto necesario para mejorar y/o mantener en buen estado de operación el sistema de mini-riego.

6.10.4 Reglamento del sistema

6.10.4.1 Derechos fundamentales de los usuarios

Recibir en su predio o terreno inscrito bajo riego, la cantidad de agua que previamente se le ha asignado de acuerdo con el diseño del sistema.

Ejercer la facultad de elegir y ser electo para ocupar algún cargo en la Junta Directiva.

Solicitar se le explique este reglamento, a fin de que sea fácil su aplicación y observancia.

Efectuar, ante la Junta Directiva, las reclamaciones que considere necesarias cuando crea que se le han violado sus derechos o cuando surja algún otro problema relacionado con la operación y mantenimiento del sistema de riego.

Solicitar la intervención de la Junta Directiva para gestionar asistencia técnica ante las entidades oficiales, privadas o gremiales, capaces de prestar servicios de asesoría y asistencia técnica, en aspectos tales como: análisis de suelos, uso de fertilizantes y semillas mejoradas, pesticidas, sanidad vegetal y animal, etc.

6.10.4.2 Obligaciones de los usuarios

Asistir a las reuniones mensuales y a las de carácter especial que sean convocadas por la Junta Directiva.

Cumplir con las normas establecidas anteriormente.

Respetar los turnos y frecuencia de riego de acuerdo a la calendarización establecida en el diseño del sistema.

Estar al día en sus pagos ante la Junta Directiva por la mensualidad acordada y las sanciones que le sean impuestas.

Cumplir con cualquier otro deber emanado internamente, ya sea de la Asamblea General o de la Junta Directiva.

6.11 SITUACIÓN JURIDICA

En este apartado se concientizó en la necesidad de poseer títulos de propiedad de cada parcela, así como todos los derechos de paso de la tubería de conducción principal y ramales. Por otro lado, se inició el trámite para la autorización del uso y aprovechamiento del agua por la Unidad de Normas y Regulaciones del Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación.

7. CONCLUSIONES

1. El suministro de agua para los cultivos, a través de un sistema de riego por aspersión, es posible aprovechando la energía de posición y las aguas del río Gualchinab. Para ello, se requiere la utilización de un aspersor de 1.07 m³/hora de descarga, con una intensidad de aplicación de 4.75 mm/hora y una presión de operación de 31.5 MCA. El caudal a derivar es de 139.1m³/hora para irrigar 25.5 hectáreas propiedad de 109 beneficiarios
2. Según el análisis financiero, el proyecto tiene un VAN de Q335,388.32, una TIR de 29.82% y una relación beneficio costo de 2.09, por lo cual el proyecto se considera factible. El análisis de sensibilidad en sus tres escenarios (incremento 10% de costos, reducción 10% de los ingresos y la combinación de estos) demuestra que el proyecto es factible en estas condiciones.
3. Actualmente, el ingreso promedio anual por familia es de Q1,478.00. Cada familia está constituida por 5 personas. La comunidad cuenta con servicio de agua, una escuela primaria. El 100% de las viviendas cuenta con letrina. No poseen con servicio regular de transporte colectivo hacia Concepción Tutuapa, San Marcos, ni con Centro de Salud. La implementación de este proyecto promete mejorar notablemente los ingresos promedio por familia.
4. Ambientalmente, el proyecto se considera de poco impacto. El impacto negativo se percibe principalmente en la fase de construcción por la erosión del suelo debido al zanqueo. En la fase de operación se percibe una acumulación de basura producto de los agroquímicos. Empero, con las medidas de mitigación, el proyecto es factible.
5. El costo total para la implementación del proyecto es de Q.1,335,317.83; el costo de la tubería principal y ramales de Q1,029,210.16, que equivale al 81.10 % de la inversión; la instalación parcelaria es de Q256,307.67, equivalente al 18.90 %, y el costo por hectárea es de Q50,207.73.

8. RECOMENDACIONES

1. Implementar el proyecto de riego para mejorar el nivel de vida de los beneficiarios.
2. Capacitar a los usuarios en el manejo del sistema de riego, manejo integrado de plagas y administración agrícola.
3. Implementar un monitoreo ambiental para supervisar las medidas de mitigación y el uso racional del agua.
4. Establecer un programa de manejo y conservación de suelos.
5. Organizar la producción para buscar las ventanas de comercialización y mejorar la rentabilidad de los cultivos.
6. En la medida de lo posible comprar, los insumos para la producción en conjunto para aprovechar las economías de escala.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez Cisneros, EA. 1981. Estudio y diseño para la introducción de riego por aspersión en la aldea Patzaj. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 74 p.
2. 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.
3. Castillo Orellana, S. 1989. Análisis y calidad del agua con fines de riego. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, Instituto de Investigaciones Agronómicas. 108 p.
4. Cruz S, JR. De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, INAFOR. 42 p.
5. Doorenbos, J; Pruitt, WO. 1986. Necesidades de agua de los cultivos. España, FAO. 193 p.
6. Durman Esquivel, CR. 1999. Manual técnico general. Costa Rica. 80 p.
7. Centro de Estudios Hidrológicos, ES. s.f. Master en ingeniería de regadíos. España. 75 p.
8. Font Quer, P. 1964. Botánica pintoresca. España, Ramón Sopena. 719 p.
9. Foth, HD. 1986. Fundamentos de la ciencia del suelo. Trad. por Antonio Marino Ambrosio. México, CECSA. 433 p.
10. Gavande, SA.. 1982. Física de los suelos, principios y aplicaciones. México, Limusa. 350 p.
11. 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.
12. Grassi, CJ. 1975. Estimación de los usos consuntivos y requerimientos de riego con fines de formulación y diseño de proyectos. Mérida, Venezuela, CIDIAT. 88 p.
13. Grassi, CJ. 1984. Métodos de riego. Mérida, Venezuela, CIDIAT. 265 p.
14. IGM (Instituto Geográfico Militar, GT). 1983. Mapa topográfico de la república de Guatemala, hoja Cuilco, no. 1862-III. Guatemala. Esc. 1:50000. Color.
15. FIS (Fondo de Inversión Social, GT). s.f. Términos de referencia para la formulación y diseño de proyectos de mini-riego. Guatemala. 30 p.
16. López, JR. 1997. Riego localizado. Madrid, España, Mundi Prensa. 405 p.

17. López Rodríguez, MN. 1999. Planificación y diseño de riego a presión por medio de un sistema gravedad-aspersión para el caserío El Corinto, Ixmiqui, Cuilco, Huehuetenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 97 p.
18. Manual de riego por aspersión. 1982. Venezuela, CIDIAT. 135 p.
19. Moya Talens, JA. 1998. Riego localizado y fertirrigación. 2 ed. Madrid, España, Mundi Prensa. 392p.
20. Peña, E. 1979. Funcionamiento hidráulico, diseño y evaluación de sistemas de riego por goteo. Durango, México, CENAMAR. 161 p.
21. Romero Orellana, FR. 1998. Determinación de las áreas actualmente regadas y potencialmente regables, con fines de diseño de un sistema de riego en la cuenca del río Itzapa, San Andrés Itzapa, Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 61 p.
22. FAO, IT. 1978. Riego y drenaje. México. 92 p.
23. Sandoval Illescas, JE. 1977. Diseño de dos sistemas de riego (aspersión y goteo) para el campo experimental de la Facultad de Agronomía. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 72 p.
24. Sandoval Illescas, JE. 1983. Principios de riego y drenaje. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 345 p.
25. Santa Olalla Mañas, FM. De; Juan Valero, JA. De. 1993. Agronomía del riego. Madrid, España, Mundi Prensa. 732 p.
26. SEGEPLAN (Secretaría General de Planificación, GT). 1993. Formulación y evaluación de proyectos. Guatemala. 193 p.
27. Sapag Chain, N. 2001. Evaluación de proyectos de inversión en la empresa. Buenos Aires, Argentina, Printice Hall. 416 p.
28. Simmons, CS; Tarano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.
29. Solórzano Hernández, JI. 1983. Estudio de factibilidad para la introducción de riego en el valle Chuyá, Santo Domingo Xenacoj, Sacatepéquez. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 73 p.
30. Tarjuelo Martín-Benito, JM. 1995. El riego por aspersión y su tecnología. Madrid, España, Mundi Prensa. 491 p.
31. Servicio de Conservación de Suelos, US. 1972. Colección: ingeniería de suelos. México, Diana. 3v.

10. APÉNDICE.