

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

ESTUDIO Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO
BOMBEO-GRAVEDAD-ASPERSIÓN PARA LA ALDEA CHILIBE,
SAN MIGUEL IXTAHUACÁN, SAN MARCOS.

RUBÉN AROLDO ZALDAÑA MÉRIDA

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2002

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

ESTUDIO Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO
BOMBEO-GRAVEDAD-ASPERSIÓN PARA LA ALDEA CHILIBE,
SAN MIGUEL IXTAHUACÁN, SAN MARCOS.

TESIS

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

POR

RUBÉN AROLDO ZALDAÑA MÉRIDA

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRONOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2002

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. M.V. LUIS ALFONSO LEAL MONTERROSO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. EDGAR OSWALDO FRANCO RIVERA
VOCAL I	Ing. Agr. WALTER ESTUARDO GARCÍA TELLO
VOCAL II	Ing. Agr. MANUEL DE JESUS MARTINEZ OVALLE
VOCAL III	Ing. Agr. ERBERTO RAÚL ALFARO ORTÍZ
VOCAL IV	Br. WENER ARMANDO OCHOA OROZCO
VOCAL V	Br. AXEL AURELIANO HERRERA PÉREZ
SECRETARIO	Ing. Agr. EDIL RENE RODRÍGUEZ QUEZADA

Guatemala, Noviembre de 2002

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

Señores miembros:

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

ESTUDIO Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO
BOMBEO-GRAVEDAD-ASPERSIÓN
PARA LA ALDEA CHILIBE, SAN MIGUEL IXTAHUACÁN, 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, de ustedes,

Atentamente,

Rubén Aroldo Zaldaña Mérida

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS: Por ser el camino que me ha dado fortaleza para salir adelante y alcanzar mis metas.

VIRGEN MARÍA: Por protegerme e iluminarme en todas las circunstancias de la vida.

MIS PADRES: Marta Elizabeth Mérida Barrios de Zaldaña

Aroldo Réne Zaldaña Morales

Por el sacrificio y apoyo incondicional proporcionado, este triunfo es fruto de ustedes, le pido a Dios ser un buen hijo, del cual estén orgullosos.

MIS HERMANOS: Claudia Lisseth y Dennis Eduardo

Por el cariño y apoyo que me han brindado, gracias por compartir con su hermano que los quiere un montón.

MIS ABUELITOS: Concepción Morales (Q.E.P.D.)

Zenaido Zaldaña (Q.E.P.D.)

Rubén Mérida (Q.E.P.D.), (Papito Ruben)

Por los consejos y preocupación hacia su nieto, ustedes viven en mi mente, corazón y sé que siempre están conmigo.

Hilda Adalila Barrios (Mama Celeste)

Por su dedicación y amor de toda la vida, gracias por estar pendiente de su nieto y por haberme visto crecer.

MIS TIOS: Adolfo, Oralía, Yoly, Osberto, Arturo, Shený, Armando, Loidy, Ramiro, Cony, Osmar, Carolina, Rubén, Almi, Perlita, Rosy, Silvia.

Por toda la ayuda e impulso proporcionado.

MIS PRIMOS: Zioma, Gaby, Wendy, Roberto, Evelyn, Willy, Ronald, María Eugenia, Manuel, Diego, Carlos, Julissa, Ingrid, Wilfredo, Carla, Armando, José Alberto, Rosy, Raquel, Rebeca, Willson, Ana Lucía, Rubén, Ronald, Diana, Jorge, Ruby, Oscar.

Por apoyarme y estar conmigo en todo momento.

MIS SOBRINOS: Andresito y Andreita

Por las alegrías que me han dado.

MI FAMILIA: Con cariño y admiración.

MI NOVIA: Rita Paola Estrada

Por la ayuda, motivación y amor que ha traído a mi vida.

MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS: Yobany Miranda, Alejandro Díaz, Roberto Salazar, Luis Montes, Walfer Xutuc, Jorge Monzón, Rubén Estrada, Pablo Sigüenza, Camilo Medina, Alfredo Suárez, Juan Pablo Marín, Rony Chalí, Omar Tuchán, Lorena Cordova, Laura López, Gloria Mendía, Midia Escobar, Glenda Morales, Marissa Montepeque, Byrón González, Miguel Mansilla, Víctor Cabrera, Nandy Maldonado, Lidia Jordan, Douglas Villanueva, Vinicio del Aguila Rafael Carrera, Carolina Morales.

Por su apoyo incondicional de siempre.

TESIS QUE DEDICO

A:

DIOS

VIRGEN MARÍA

MIS PADRES

MI FAMILIA EN GENERAL

MI NOVIA

MIS AMIGOS Y AMIGAS

MIS COMPAÑEROS DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

MIS COMPAÑEROS DEL INGENIO MADRE TIERRA

MIS COMPAÑEROS DEL IGA

MI PATRÍA GUATEMALA

MI CIUDAD NATAL SAN MARCOS

LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESCUELA NACIONAL CENTRAL DE AGRICULTURA

ESCUELA DE FORMACIÓN AGRÍCOLA.

COLEGIO SAN MARCOS

ESCUELA ESTADO DE ISRAEL

ESCUELA APARICIO FRANCISCO MÉRIDA

LOS INTEGRANTES DEL CÓMITE DE BENEFICIARIOS DE LA ALDEA CHILIBE

LAS PERSONAS QUE TRABAJAN POR EL BIENESTAR AGRÍCOLA Y FORESTAL

AGRADECIMIENTOS

A:

Mis asesores de tesis:

Ing. Agr. David Juárez Quím, por sus enseñanzas en mi formación profesional.

Ing. Agr. Mario López Rodríguez, por la amistad, confianza y colaboración que siempre me brindó.

Mis evaluadores de tesis:

Ing. Agr. Rolando Lara

Ing. Agr. Isaac Herrera

Ing. Agr. Mario Méndez

Ing. Agr. Roderico Estrada

Por la colaboración para enriquecer el presente trabajo.

La institución Intervida, San Marcos:

Por el apoyo brindado durante la ejecución de la fase de campo.

Mis amigos:

Víctor Marroquín

Jaime Franco

Nick Estrada

José Antonio López

Gabriel Sosa

Por la paciencia y colaboración para elaborar el presente trabajo.

El personal de la Facultad de Agronomía,

Por el compañerismo y amistad que me brindaron en todo momento

Los Ingenieros Víctor Cabrera y Fernando Vega

Por las enseñanzas que compartieron conmigo.

La familia Zaldaña Bautista

Por el hogar que me han brindado y el apoyo de siempre.

Todas aquellas personas que de una u otra manera me han apoyado.

INDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMÉN	vii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
3. MARCO TEÓRICO	3
3.1. Marco conceptual	3
3.1.1 Riego	3
3.1.2. Relación agua-suelo-planta	3
3.1.3 Propiedades físicas del suelo relacionadas con el riego	3
A. Textura	3
B. Estructura	4
C. Densidad	4
D. Velocidad de infiltración	5
a. Medición de la infiltración	5
b. Factores que afectan la infiltración	5
E. Porosidad	6
F. Conductividad hidráulica	6
3.1.4. Historia del riego por aspersión	6
3.1.5. Antecedentes de los sistemas de riego en Guatemala	7
3.1.6. Descripción general y partes básicas de un sistema de riego por aspersión	7
A. Ventajas y desventajas del riego por aspersión	9
3.1.7. Penetración del agua en el suelo	10
3.1.8 Calidad del agua para riego	10
A. Clasificación del agua de riego de acuerdo a su calidad	10
B. Diagrama de clasificación del agua	11
3.2. Marco referencial	12
3.2.1. Características generales de la aldea	12
A. Localización	12
B. Extensión territorial y colindancias	12
C. Acceso a la aldea	12
D. Clima y zona de vida	12
E. Hidrología	13
F. Suelos	13
G. Educación	13
H. Principales cultivos	13
4. OBJETIVOS	14
4.1. Objetivo general	14
4.1. Objetivos específicos	14
5. METODOLOGÍA	15
5.1. Ubicación del área en hoja cartográfica	15
5.2. Concepción del sistema	15
5.3. Estudio topográfico	15
5.3.1. Perfil del terreno	16
5.3.2. Planta del terreno	16
5.4. Estudio climatológico	16

5.5.	Estudio edafológico	16
5.5.1.	Muestreo de suelos	17
5.5.2.	Análisis físico-químico de suelos	17
5.5.3.	Constantes de humedad	17
5.6.	Infiltración	17
5.7.	Cultivos a regar	17
5.8.	Estudio hidrológico	18
5.8.1.	Cantidad y calidad de agua	18
5.9.	Diseño del sistema	18
5.9.1.	Diseño agronómico	18
A.	Determinación del consumo de agua o evapotranspiración	18
B.	Requerimiento de riego	20
C.	Lámina de agua disponible	20
D.	Lámina de humedad rápidamente aprovechable	20
E.	Frecuencia de riego o intervalo de riego crítico	21
F.	Lámina de diseño	21
G.	Intensidad de riego	21
H.	Tiempo de riego por turno	22
I.	Demanda y disponibilidad de agua	22
J.	Selección del sistema de riego	22
K.	Operación del sistema	23
L.	Selección del aspersor	23
M.	Área máxima que cubre un aspersor	24
N.	Número de posiciones por parcela	25
Ñ.	Número de aspersores proporcionados por agricultor	25
O.	Área de riego por día	25
P.	Especificaciones del sistema	25
5.9.2.	Diseño hidráulico	25
A.	Tubería lateral	25
B.	Carga en la entrada de la parcela	27
C.	Caudal de la red de tuberías	28
D.	Tubería subprincipal y principal	28
5.9.3.	Sistema de bombeo	29
5.9.4.	Sistema de válvulas	29
5.9.5.	Obras civiles	29
5.10.	Análisis de mercado	30
5.11.	Análisis económico-financiero	30
5.11.1.	Costos	30
A.	Costos de producción agrícola	30
B.	Costos de ejecución del proyecto	30
C.	Costos financieros	31
a.	Estimación de costos, ingresos y beneficios agrícolas con proyecto versus sin proyecto	31
b.	Estimación de servicios de la deuda	31
c.	Flujo de fondos	31
5.11.2.	Evaluación financiera	32
A.	Valor actual neto	32
B.	Relación beneficio costo	32
C.	Tasa interna de retorno	32

D.	Análisis de sensibilidad	32
5.12.	Evaluación socioeconómica	33
5.13.	Evaluación de impacto ambiental	33
5.14.	Organización de los usuarios de riego	34
5.15.	Factibilidad legal del proyecto	35
6.	RESULTADOS	36
6.1.	Ubicación del área en hoja cartográfica	36
6.2.	Estudio topográfico	36
6.3.	Estudio climatológico	36
6.4.	Estudio edafológico	37
6.4.1.	Muestreo de suelos	37
6.4.2.	Análisis físico-químico de suelos	37
6.4.3.	Constantes de humedad	38
6.5.	Infiltración	39
6.6.	Cultivos a regar	40
6.7.	Estudio hidrológico	40
6.7.1.	Cantidad y calidad de agua	40
6.8.	Diseño del sistema	41
6.8.1.	Diseño agronómico	41
A.	Determinación del consumo de agua o evapotranspiración	41
B.	Requerimiento de agua	43
C.	Lámina de agua disponible	45
D.	Lámina de humedad rápidamente aprovechable	45
E.	Frecuencia de riego o intervalo de riego crítico	46
F.	Lámina de diseño	46
G.	Intensidad de riego	46
H.	Tiempo de riego por turno	46
I.	Demanda y disponibilidad de agua	47
J.	Operación del sistema	47
K.	Selección del aspersor	49
L.	Área máxima que cubre un aspersor	49
M.	Número de posiciones por parcela	49
N.	Número de aspersores proporcionados por agricultor	50
Ñ.	Área de riego por día	50
O.	Especificaciones del sistema	50
6.8.2.	Diseño hidráulico	51
A.	Tubería lateral	51
B.	Carga en la entrada de la parcela	51
C.	Caudal de la red de tuberías	52
D.	Tubería subprincipal y principal	53
6.8.3.	Sistema de bombeo	55
6.8.4.	Sistema de válvulas	56
6.8.5.	Obras civiles	56
6.9.	Análisis de mercado	57
6.9.1.	Mercados potenciales	57
6.9.2.	Canales de comercialización y/o distribución	57
6.10.	Análisis económico-financiero	58
6.10.1.	Costos	58
A.	Costos de producción agrícola	58

B.	Costos de ejecución del proyecto	58
C.	Costos financieros	59
a.	Estimación de costos, ingresos y beneficios agrícolas con proyecto versus sin proyecto	59
b.	Estimación de servicios de la deuda	59
c.	Flujo de fondos	60
6.10.2.	Evaluación financiera	60
A.	Análisis de sensibilidad	60
6.11.	Evaluación socioeconómica	61
6.12.	Evaluación de impacto ambiental	61
A.	Determinación de los niveles de impacto	61
B.	Medidas de mitigación	62
C.	Control, seguimiento y acciones complementarias	63
6.13.	Organización de los usuarios de riego	65
6.13.1.	Normas y operación del sistema de riego	65
6.14.	Factibilidad legal del proyecto	70
7.	CONCLUSIONES	71
8.	RECOMENDACIONES	72
9.	BIBLIOGRAFÍA	73
10.	ÁPENDICE	75

INDICE DE CUADROS

CUADRO	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
1.	Valores de densidad aparente y constantes de humedad de acuerdo a la textura del suelo	4
2.	Principales cultivos sembrados en Chilibe de acuerdo al área que abarcan	13
3.	Separación entre aspersores y laterales de acuerdo a la velocidad del viento	23
4.	Datos climáticos de la estación tipo “A” Huehuetenango, Depto. Huehuetenango	37
5.	Resultados del análisis físico de suelos de la aldea Chilibe	37
6.	Resultados del análisis químico de suelos de la aldea Chilibe	38
7.	Resultados de las constantes de humedad para los suelos de la aldea Chilibe	39
8.	Resultados del análisis de agua del río Expuná	41
9.	Determinación de la evapotranspiración de referencia (ET _o)	41
10.	Determinación de la evapotranspiración del cultivo para papa y crucíferas	43
11.	Cálculo de precipitación efectiva a través del método de Blanney-Criddle	43
12.	Requerimiento de riego para los cultivos regables de la región	44
13.	Lámina de agua disponible en las dos áreas de estudio	45
14.	Lámina de humedad rápidamente aprovechable en los dos áreas de estudio	46
15.	Programa de operación del sistema de riego	48
16.	Especificaciones técnicas de los aspersores seleccionados	49
17.	Características hidráulicas del proyecto en parcelas y línea secundaria	52
18.	Características hidráulicas de la línea de conducción y distribución	54
19.	Costos totales de la implementación del proyecto Chilibe	58
20.	Situación de los cultivos sin proyecto	59
21.	Situación de los cultivos con proyecto	59
22.	Amortización de la deuda para el proyecto Chilibe	59
23.	Flujo de fondos del proyecto Chilibe	60
24.	Matriz de Leopold de impacto ambiental para el proyecto Chilibe	64
25A.	Libreta de nivelación taquimétrica	80
26A.	Porcentaje diario medio (p) de horas diurnas anuales a diferentes latitudes	84
27A.	Tabla de coeficientes de aprovechamiento de lluvia	84
28A.	Beneficiarios del proyecto, área de parcelas, posiciones por parcela, número de aspersores por agricultor y turno	85
29A.	Características de otros aspersores	86
30A.	Relación entre diámetros nominales, interiores y presiones nominales para tuberías de PVC	87
31A.	Resultado de los parámetros de selección de diámetros de tubería utilizando la ecuación de Hazen-Williams	88
32A.	Costo de tuberías y accesorios para línea de conducción y distribución	91
33A.	Costo de tuberías y accesorios en las parcelas	92
34A.	Costo de tuberías y accesorios para la línea secundaria	92
35A.	Costo de la unidad de bombeo y accesorios	92
36A.	Costo de inversión para la implementación del proyecto	92
37A.	Costo y materiales de caja para válvula de limpieza	93
38A.	Costo y materiales de caja para válvula de aire	93
39A.	Costo y materiales para zanjón tipo “C”	94
40A.	Costo y materiales para la caseta de la unidad de bombeo	94
41A.	Costo y materiales para tanque de distribución de 45 m ³	95

42A.	Costo y materiales para muro de captación	95
43A.	Costos totales de las obras civiles	95
44A.	Boleta de evaluación socioeconómica	96

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
1.	Curva de velocidad de infiltración en el sector I del área de diseño	39
2.	Curva de velocidad de infiltración en el sector II del área de diseño	40
3.	Curva de coeficiente del cultivo para la papa	42
4.	Curva de coeficiente del cultivo para crucíferas	42
5.	Tendencia de la evapotranspiración de referencia y la precipitación total para Chilibe	44
6.	Relación hídrica entre la evapotranspiración y la precipitación para el cultivo de papa	45
7A.	Ubicación geográfica de la aldea Chilibe	76
8A.	Vía de acceso a la aldea Chilibe	77
9A.	Hoja cartográfica Concepción Tutuapa No. 1861 IV	78
10A.	Fotografía aérea del área de estudio	79
11A.	Diagrama de clasificación de aguas con fines de riego	82
12A.	Predicción de ETo. a partir del factor f de Blanney-Criddle	83
13A.	Aspersor Senninger 4012-1-3/4" M	86
14A.	Curva de la bomba Groundfos	90
15A.	Planta general	97
16A.	Tramo topográfico bombeo-tanque de distribución (Est 1-17)	98
17A.	Tramo topográfico línea de conducción (Est 17-45)	99
18A.	Tramo topográfico línea de conducción (Est 45-64)	100
19A.	Tramo topográfico línea de distribución (Est 64-82)	101
20A.	Tramo topográfico línea de distribución (Est 64-64G)	102
21A.	Muro de captación	103
22A.	Paso de zanjón tipo "C"	103
23A.	Parcela típica	103
24A.	Caja para válvula de limpieza	104
25A.	Caja para válvula de aire	104
26A.	Caseta para la unidad de bombeo	105
27A.	Tanque de distribución de 45 m ³	105

**ESTUDIO Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO BOMBEO-GRAVEDAD-ASPERSIÓN
PARA LA ALDEA CHILIBE, SAN MIGUEL IXTAHUACÁN, SAN MARCOS**

**DESIGN OF AN PUMP-GRAVITY-SPRINKLER IRRIGATION SYSTEM
FOR THE CHILIBE VILLAGE, SAN MIGUEL IXTAHUACAN, SAN MARCOS**

RESUMEN

Las plantas requieren de una cantidad de agua para el desarrollo de procesos que son necesarios para su nutrición. La obtención puede ser mediante precipitación pluvial, nivel freático alto, reserva de agua en el suelo o mediante métodos artificiales diseñados por el hombre para cubrir la demanda hídrica de los cultivos. La aplicación de agua a los cultivos no es una actividad nueva, existe una serie de documentos donde se demuestra que el riego es una actividad antigua que deriva de la necesidad del hombre por la producción de alimentos. La agricultura constituye la principal fuente de sustento económico para los habitantes de la aldea Chilibe; producen y cultivan principalmente maíz y frijol en asocio, utilizan mano de obra familiar en el desarrollo de las labores culturales necesarias y los productos obtenidos son utilizados principalmente para autoconsumo. La precipitación pluvial se presenta distribuida en los meses de mayo a noviembre por lo que se produce un déficit hídrico durante el verano, significando obtener una cosecha por año y por consecuencia una subutilización de la tierra.

Mediante la implementación del proyecto se cultivará un área de 7.5 hectáreas en cualquier época del año llegando a obtenerse de 2 a 3 cosechas por año con cultivos más rentables y se beneficiarán 148 personas integradas en 26 familias, cuya tenencia de la tierra es de tipo minifundista y que actualmente cultivan maíz y frijol para consumo familiar.

En lo referente al estudio técnico se determinó implementar un sistema de riego a través de bombeo-gravedad-aspersión, con tuberías fijas de PVC enterradas, el sistema operará mediante una rotación de aspersores. Desde la captación de agua ubicada en el río Expuná hasta un tanque de distribución de 45 m^3 , se posee una diferencia de altura positiva de 118.47 m. y una longitud de 835.21 m. Será instalada una bomba centrífuga accionada por un motor eléctrico de 25 caballos de fuerza (HP) y una carga dinámica total de 430 pies. A partir del tanque de distribución, la energía necesaria para el funcionamiento será obtenida por efecto de diferencias de altura; ese mismo principio será útil en los dos ramales que constituyen la línea de distribución. Las líneas de conducción y distribución de agua tendrán una longitud total de 3,728.29 y 1,850.86 m. respectivamente.

El diseño agronómico fue realizado para el cultivo de papa con una evapotranspiración máxima de 3.85 mm diarios, el suelo representativo de la región es franco arenoso que requiere una lámina bruta de riego de 29.60 mm con una frecuencia de riego crítica o interna dentro de las parcelas de 6 días. Durante los primeros 4 días se operará durante 12 horas diarias y el día 5 la duración de operación será de 16 horas para cubrir el área de riego. El día 6 será utilizado para el mantenimiento del sistema. Se requiere un caudal de 10 LPS (36.03 m³/h) para el funcionamiento del proyecto, el cual será obtenido del río Expuná que presenta una calidad de agua C1S1, es decir, se trata de un agua de baja salinidad y baja en sodio apta para fines de riego.

De acuerdo al programa de operación realizado, se definió que las 26 parcelas de que consta el proyecto dispondrán de agua en todos los turnos de riego, con un máximo de 34 aspersores funcionando en cada turno. El aspersor utilizado en el diseño consistió en un Senninger modelo 4012-1-3/4" M con un caudal unitario de 1.06 m³/h (4.7 GPM) a una presión de operación de 45 PSI (31.68 m) y se colocarán a una distancia de 12 m. entre aspersor y 12 m entre laterales para un traslape de 53%. El tiempo de riego de cada aspersor será de 4 horas para proporcionar una intensidad de riego de 7.4 mm/h con lo que no se sobrepasa la infiltración básica del suelo de 9.29 cm/h.

El diseño hidráulico consideró el caudal de la red de tuberías de acuerdo a la cantidad de aspersores funcionando simultáneamente en cada uno de los tramos estudiados para tubería lateral, múltiple, secundaria, subprincipal y principal. El diámetro de cada uno de los tramos fue variable y para favorecer el funcionamiento apropiado del sistema se colocarán 5 válvulas de aire y 4 de drenaje en los tramos de conducción y distribución, así como 2 válvulas de alivio para evitar ruptura de tuberías por efecto de golpe de ariete en el tramo de tuberías donde se requiere bombear el agua. Como parte de las obras civiles se implementará un muro de contención, un paso de zanjón tipo C, 9 cajas para protección de válvulas, una caseta para la unidad de bombeo y un tanque de distribución de 45 m³.

El costo total del proyecto es de Q 398,311.27 desglosados de la siguiente manera: costos de inversión Q 210,852.76, de obras civiles Q 84,332.68; de construcción de Q 39,870.00 y de administración para la instalación de Q 63,255.83. Lo cual representa un costo de Q 53,108.16 por cada hectárea de terreno.

Los principales mercados potenciales para la comercialización de productos lo constituyen los mercados de San Miguel Ixtahuacán, Concepción Tutuapa, Tejutla, San Pedro Sacatépequez y San Marcos; las vías de distribución más factibles lo constituyen la venta directa, intermediarios y empresas agrícolas.

Los indicadores financieros presentan un valor actual neto de Q 1,047,095.74, una tasa interna de retorno de 30% y una relación beneficio costo de 2.23:1.

1. INTRODUCCIÓN

La aldea Chilibe se localiza en el altiplano del país, pertenece al municipio de San Miguel Ixtahuacán y se encuentra ubicada al noreste de la cabecera departamental de San Marcos. Posee un clima frío y una extensión territorial de 6 km², cuenta con 475 habitantes los que se dedican a desarrollar actividades agrícolas.

En la aldea Chilibe durante la época seca se obtiene una limitada producción agrícola llegando a constituir solo una cosecha al año debido a la carencia de riego, por lo mismo, los suelos no son utilizados por un período prolongado de tiempo. Los suelos son cultivados durante la época lluviosa con especies como maíz, frijol, trigo, haba, arveja y algunas otras hortalizas a nivel de subsistencia.

Los habitantes de Chilibe poseen los derechos sobre el río Expuná el cual podría ser utilizado como fuente de abastecimiento de agua para el proyecto de riego. Mediante la implementación de un sistema de riego se solventarán las necesidades de agua de los cultivos, y se llegaría a obtener de 2 a 3 cosechas anuales con lo que se estará mejorando el uso del suelo y fortaleciendo la economía de los agricultores.

En el presente trabajo se da a conocer información referente a la investigación que se realizó, así como también se indica la metodología y resultados obtenidos para la formulación del proyecto de riego se consideraron aspectos topográficos, climáticos, edafológicos, hidrológicos, hidráulicos, financieros, legales, etc. en el estudio y diseño del proyecto.

El sistema de riego a presión que se diseñó dadas las condiciones de la aldea Chilibe fue bombeo–gravedad–aspersión, fijo; el cual presenta toda la red de tuberías enterradas de PVC. Los aspersores se encuentran de manera fija en cada una de las parcelas.

El caudal de agua necesario que demanda el proyecto de acuerdo a las características agronómicas propias de la región es de 36.22 m³/h (10 LPS o 160 GPM) y se beneficiará un área de 7.5 has.

El proyecto de riego favorecerá la economía de los beneficiarios; así como también constituirá una importante fuente de generación de empleo durante la etapa de construcción y operación del sistema.

El costo de la implementación del sistema asciende a Q 398,311.27 lo cual representa una inversión por cada hectárea de terreno a implementar bajo riego de Q 53,108.16 y mediante el mismo serán beneficiadas 148 personas constituidas en 26 familias.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Toda planta que se cultiva necesita de agua para el desarrollo de sus procesos fisiológicos ya sea de forma natural o influenciada por la actividad del hombre. La falta de agua produce trastornos en las plantas y en otros casos ocasiona el abandono temporal de los suelos.

En la aldea Chilibe la actividad económica principal es la agricultura, llegando a constituir la base de ingresos para el núcleo familiar. Los agricultores de la comunidad cultivan aproximadamente un 30% de los terrenos durante la época seca a través del suministro de agua potable en forma manual en los alrededores de la vivienda, aunque los suelos poseen características apropiadas para ser cultivados. Sin embargo, la carencia de agua disminuye el uso potencial de los suelos, produciéndose una subutilización de los mismos. La aldea presenta una precipitación media anual de 1400 mm distribuida entre los meses de mayo a noviembre, produciéndose un déficit hídrico durante los restantes meses.

La actividad agrícola durante la época seca disminuye considerablemente produciendo una reducción del área cultivable y de la diversidad de cultivos establecidos. Los cultivos predominantes son maíz y frijol aunque algunos agricultores siembran una pequeña extensión de trigo, haba, arveja y algunas hortalizas; es decir la agricultura desarrollada es de subsistencia, por lo que la economía familiar se ve seriamente afectada, lo anterior motiva la migración de un 15% de los habitantes de la comunidad a la región costera de San Marcos y Chiapas para vender su fuerza de trabajo.

Existe el río denominado Expuná, sobre el cual fueron adquiridos los derechos por parte de los beneficiarios del proyecto Chilibe con la finalidad de establecer un sistema de riego. Este conduce un caudal de agua que no está siendo utilizado para fines agrícolas, al aprovecharlo será una importante fuente de desarrollo comunal para 148 personas integradas en 26 familias y se podrá cultivar un área de 7.5 hectáreas en cualquier época del año. No se cuenta con ningún tipo de información a nivel técnico y económico de un sistema de riego que pueda adaptarse a las condiciones del lugar.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. MARCO CONCEPTUAL

3.1.1. RIEGO

Sandoval (19), define al riego como la aplicación artificial de agua al perfil del suelo con el propósito de suplir la cantidad necesaria para que los cultivos produzcan en forma permanente y económica.

3.1.2. RELACIÓN AGUA – SUELO – PLANTA

De Santa Olalla Mañas (20) indica que el suelo juega un papel importante en el proceso de evapotranspiración a través de factores como el espesor del estrato activo, el calor superficial, la capacidad y conductividad hídrica, la rugosidad, etc.

Grassi, en Métodos de riego (9), indica que 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. En suelos arcillosos el espesor de la capa de raíces puede ser la mitad de lo que es común en un suelo con condiciones medias. La profundidad de enraizamiento está relacionada también con el tamaño del cultivo, y ello depende de la especie y el lapso de vida de los mismos.

Gardner, citado por Romero (16), menciona que muy pocas plantas pueden soportar una falta de agua durante un largo período en el cual se encuentran en estado de reposo vegetativo, pero la vuelta a su vida activa, solo se puede realizar en presencia de agua.

Así mismo De Santa Olalla Mañas (20) menciona que la mayor parte de los procesos fisiológicos que realizan los vegetales están influidos directa o indirectamente por el abastecimiento de agua. La zona de la raíz con mayor eficacia en la absorción del agua es la zona pilífera, ya que en ella existe un xilema diferenciado y epidermis, prácticamente sin suberificar, provista de abundantes pelos radiculares que aumentan enormemente la superficie de contacto con el suelo.

Menciona Grassi (9) que el agua no es igualmente aprovechable por el cultivo en todo el rango que cubre su disponibilidad en el suelo; a medida que disminuye su contenido hídrico aumenta el esfuerzo que el cultivo requiere para extraer agua.

3.1.3. PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO RELACIONADAS CON EL RIEGO

A. TEXTURA

Sandoval (19) define la textura como la proporción relativa de arena, limo y arcilla contenida en el suelo. Determina en gran parte la retención de agua, el movimiento de agua en el suelo y la cantidad de agua

disponible a las plantas. Estos aspectos influyen directamente en la cantidad de agua a ser aplicada en un riego, la frecuencia o intervalo de riego, el tiempo de riego y también contribuye a decidir qué método de riego es el más adecuado a usar y algunas especificaciones del sistema.

Menciona Vega (24) que de acuerdo a la textura que posea el suelo, se pueden encontrar valores generales de densidad aparente como se muestra en el cuadro 1.

CUADRO 1. Valores de densidad aparente y constantes de humedad de acuerdo a la textura del suelo.

Textura del suelo	Densidad Aparente gr/cc	Capacidad de Campo %	Punto de Marchitez Permanente %
Arenoso	1.55 – 1.80	06 – 12	02 – 06
Franco arenoso	1.40 – 1.60	10 – 18	04 – 08
Franco	1.35 – 1.50	18 – 26	08 – 12
Franco arcilloso	1.30 – 1.40	23 – 31	11 – 15
Arcilloso arenoso	1.25 – 1.35	27 – 35	13 – 17
Arcilloso	1.20 – 1.30	31 – 39	15 – 19

B. ESTRUCTURA

Según Foth (5) y Gavande (7) la estructura es la agregación de las partículas primarias del suelo (arena, limo y arcilla) en partículas compuestas o en grupos de partículas primarias que están separados de los grupos adyacentes por debilidad de las superficies.

Sandoval (19) indica que la estructura afecta básicamente la velocidad de infiltración del agua, característica que es determinante en el cálculo del tiempo necesario para aplicar una lámina de riego. Otro aspecto agronómico afectado es la profundidad de penetración de raíces, la cual tiene relación con la profundidad a regar.

De acuerdo con Sandoval (19), la estructura laminar y masiva tiene un movimiento del agua muy lento que puede llegar a limitar el uso de métodos de riego como el de aspersión por producir encharcamiento, siendo difícil la aplicación de riego. Las estructuras en bloques y prismática tienen un movimiento del agua moderado, mientras que la granular tiene un movimiento rápido, no presentando normalmente problemas para riego y siendo estos últimos tres tipos de estructuras las más favorables para la relación agua-suelo-planta.

C. DENSIDAD

De acuerdo con Foth (5), la densidad aparente se refiere al peso por unidad de volumen de suelo secado en horno, por lo común expresado en gramos por centímetro cúbico.

Sandoval (19) estipula que la densidad aparente depende básicamente de la textura del suelo pero puede ser modificada por la compactación, cuando se compacta un suelo aumenta su densidad aparente porque se reduce el espacio entre las partículas del suelo disminuyendo el volumen del espacio poroso.

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 (lámina o volumen) a aplicar en un riego.

D. VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN

Indica Sandoval (19) que la infiltración es una de las características del suelo más importantes para el diseño, operación y evaluación de sistemas de riego por aspersión y superficiales, por lo cual se hace necesario obtener información confiable de esta propiedad. Su determinación puede efectuarse en el suelo usando muestras alteradas, pero se considera conveniente efectuarla con métodos de campo que no alteran el estado natural del suelo, dando resultados más confiables.

La infiltración es el movimiento de agua desde la superficie del suelo hacia abajo que tiene lugar después de una lluvia o riego.

a. MEDICIÓN DE LA INFILTRACIÓN

Sandoval en Principios de Riego y Drenaje (19) indica que el método del infiltrómetro de doble cilindro es considerado como el más versátil y el más adecuado para diseñar, operar y evaluar sistemas de riego de inundación total y aspersión.

b. FACTORES QUE AFECTAN LA INFILTRACIÓN

Según Gardner, citado por Romero (16), los factores que afectan la velocidad de infiltración son aquellos que afectan las propiedades físicas del suelo, y en caso del riego por aspersión, el tipo de cobertura vegetal. Entre los factores más importantes están:

- i. Sellamiento superficial.
- ii. Compactación del suelo.
- iii. Partículas o grietas del suelo.
- iv. Preparación del suelo.
- v. Materia orgánica y rotación de cultivos.
- vi. Sales del suelo y del agua.
- vii. Sedimentos en el agua de riego.

viii. Perfil del suelo.

Grassi (8) indica que la velocidad de infiltración o penetración del agua en el suelo es una función de muchas variables, entre las cuales cabe mencionar como más relevantes: textura, estructura, grado de compactación y de agrietamiento del suelo; además tipo de cultivo, labores culturales, calidad del agua y sello superficial.

E. POROSIDAD

Foth (5) y Sandoval (18) definen a la porosidad como el porcentaje del volumen total del suelo que esta ocupado por poros.

Grassi (8) menciona que la porosidad influye en la capacidad de retención de agua, movimiento del aire y del agua, y el crecimiento del sistema radicular de las plantas.

F. CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA

Sandoval (19) indica que la conductividad hidráulica expresa la facilidad con que el suelo permite el flujo de un fluido en particular, según el gradiente. Se determina tanto por el tipo de suelo como por el fluido que transmite.

3.1.4. HISTORIA DEL RIEGO POR ASPERSIÓN

Según el Manual de riego por aspersión del CIDIAT (13), desde su aparición, el riego por aspersión ha evolucionado con gran rapidez y se ha difundido con gran velocidad, especialmente en países desarrollados. Estados Unidos, Israel y los países europeos han estado siempre a la vanguardia en la investigación, fabricación y difusión del riego por aspersión.

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 totalmente automáticos; desde el sistema de riego casero, formado por una manguera y una boquilla hasta el sistema de pivote central con un alto grado de sofisticación.

Originalmente el riego por aspersión fue utilizado como una manera de ahorrar agua y mano de obra, de utilizar tierras con topografía irregular y para mejor control del suministro del agua de riego.

Grassi (8) menciona que la introducción de riego modifica el balance hídrico en equilibrio con el clima, permitiendo extender el período de cultivo.

3.1.5. ANTECEDENTES DE LOS SISTEMAS DE RIEGO EN GUATEMALA

De acuerdo a información recabada en el Fondo de inversión social (FIS), en la década de los 80's fueron construidos sistemas de riego cuya principal característica de funcionamiento fue el uso del riego por aspersión. Estos fueron financiados con fondos de préstamos blandos AID 520-T-026, AID 520-T-037 y AID 520-T-034 para pequeñas áreas y se les dio el nombre de mini-riegos. La ejecución estuvo a cargo de DIGESA, basándose en un diseño hidráulico para su funcionamiento.

Los sistemas de mini-riego a presión, están condicionados por el suministro de energía para el funcionamiento de los mismos, las modalidades de estos sistemas pueden ser gravedad-presión y/o bombeo-presión. Los primeros han sido construidos principalmente en el altiplano occidental, donde por la topografía, el agua es conducida desde el lugar de captación en tubería hasta las áreas de terreno que son irrigadas. La carga hidráulica ganada en forma natural desde la captación hasta el área de riego, la utilización de bombas hidráulicas para la generación de energía. Los sistemas por bombeo-presión, se han dado principalmente en zonas de la costa sur y oriente, y en menor grado en el altiplano. En estos sistemas la utilización de bombas hidráulicas para generación de energía es indispensable, debido a la ubicación del recurso hídrico.

Algunos proyectos de mini-riego presurizados han sido financiados por el Fondo de Inversión Social –FIS- con fondos no reembolsables. Muchas han sido las comunidades beneficiadas con sistemas de mini-riego presurizado por FIS.

Según el FIS para el año 2,001 habían construidos 349 proyectos comunitarios de mini-riego a presión; del total de proyectos, 53 han sido abandonados, 296 están operando, de los cuales 123 fueron construidos por el FIS.

3.1.6. DESCRIPCIÓN GENERAL Y PARTES BÁSICAS DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN

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

Sandoval (18), Whitters, B. y Vipond, S. (25) mencionan que las principales partes que componen el sistema son:

A. FUENTE DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

La fuente puede ser pozo, canal de riego, embalse, etc., de la cual se obtiene el agua a usar pero se requiere un caudal continuo para que pueda ser económicamente factible. Los aspectos más importantes a considerar son: ubicación, calidad del agua, costo del agua y caudal.

B. FUENTE DE ENERGÍA

La fuente de energía puede ser la bomba y su respectivo motor. El objetivo de la motobomba es dar presión al sistema, pudiendo ser sustituido en regiones montañosas y pie de montañas por carga obtenida a través de diferencia de altura entre la fuente de agua y el terreno.

C. TUBERÍA PRINCIPAL Y SUBPRINCIPAL

La finalidad de estas tuberías es conducir el agua de la fuente hacia los laterales. Esta tubería puede ser fija o móvil, el material de que generalmente esta constituido es de PVC o aluminio, puede encontrarse enterrada o superficial.

D. TUBERÍA LATERAL

Esta tubería es generalmente de menor diámetro que la principal y subprincipal, en esta tubería van colocados los aspersores. El material puede ser principalmente aluminio pero también se puede utilizar PVC o poliducto.

E. ASPERSORES O ROCIADORES

Los aspersores están constituidos por boquilla y cuerpo del aspersor o mariposa, son los encargados de aplicar en forma directa el agua en forma de gotas. La forma y dimensión del aspersor varía de acuerdo con el modelo y marca.

F. ACCESORIOS

Los accesorios facilitan la conducción y distribución del agua, así como en el control del sistema, entre los accesorios más frecuentemente utilizados se encuentran: conexiones (codos, tees, elevadores, etc.), válvulas de aire y drenaje, para extraer aire y limpieza de tuberías respectivamente; y válvulas de alivio para evitar el golpe de ariete y ruptura de tuberías.

A. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL RIEGO POR ASPERSIÓN

Varios autores (2, 12, 13, 18, 23) mencionan que entre las principales ventajas que presenta el sistema de riego por aspersión se encuentran:

- a. No hay necesidad de nivelar las tierras, es decir puede utilizarse en terrenos con topografía irregular.
- b. Factibilidad para regar terrenos que por sus características, presentan dificultad con el uso de otros métodos
- c. Eficiencia alta de riego, a través de una aplicación uniforme y controlada.
- d. Prevención de escorrentía y consecuentemente erosión.
- e. Ahorro del recurso agua.
- f. Se evita la formación de costras y grietas al secarse el suelo, cuando éste es de textura arcillosa.
- g. Se pueden utilizar pequeños caudales.
- h. Mayor superficie disponible al no construirse canales.
- i. Ahorro de mano de obra.
- j. Mejor aplicación de fertilizantes.
- k. Control de malas hierbas.
- l. Mejor control de la humedad del suelo.
- m. Factibilidad de automatización.
- n. Reutilización de equipo en caso de problemas con el uso de la tierra.
- o. Control de temperatura de los cultivos.
- p. Menor tiempo de implementación.
- q. El riego puede programarse más fácilmente de acuerdo a los requerimientos de las plantas, textura y profundidad del suelo.

El sistema de riego por aspersión presenta también una serie de desventajas en cuanto a su implementación y de acuerdo con varios autores (2, 12, 13, 18 y 23), los principales factores a considerar son:

- a. Elevado costo inicial del equipo en relación a los sistemas de gravedad.
- b. Alto requerimiento de energía.
- c. Se requiere el suministro de un caudal continuo para su funcionamiento adecuado.
- d. Problemas con la movilización de equipo en terrenos humedecidos.
- e. El viento afecta la distribución y eficiencia en la aplicación del agua.
- f. Dependencia de equipos mecánicos.
- g. Problemas con la calidad del agua.

- h. Problemas con el suministro de repuestos.
- i. No es aplicable en suelos con baja velocidad de infiltración, ya que se produce encharcamiento.
- j. Las pérdidas de agua por evaporación pueden comprender entre 5-40% del agua aplicada, si los riegos son frecuentes y livianos.
- k. Aumenta la incidencia de enfermedades fungosas y bacterianas a través del desarrollo de un microclima en el cultivo.
- l. Daños en las flores de algunos cultivos al impacto con las gotas.

3.1.7. PENETRACIÓN DEL AGUA EN EL SUELO

De acuerdo con Grassi (8) se considera el suelo dividido en varias capas, el agua que infiltra cubre la capacidad de retención de cada capa, pasando el excedente a la capa inferior y así sucesivamente hasta comprender toda la capa radical. Si la aplicación del agua continúa, el exceso que supera la zona de raíces percolará hacia los estratos inferiores. Percolación, es una medida de la capacidad del suelo para transmitir el agua a través del perfil del mismo.

3.1.8. CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO

Grassi (8) menciona que la composición del agua de riego tiene sin duda una gran incidencia en cuanto a la composición de la solución del suelo, además de los factores edáficos, climáticos y de manejo de riego.

Castillo (3) indica que las características que intervienen en la calidad de un agua para riego son: a) la concentración de sales solubles, b) la concentración de sodio en relación a otras sales, c) la concentración de cloruros y sulfatos, d) la concentración de boro y otras sustancias tóxicas (aluminio y selenio) y, e) los carbonatos y bicarbonatos.

A. CLASIFICACIÓN DEL AGUA DE RIEGO DE ACUERDO A SU CALIDAD

Peña (15) considera que al clasificar las aguas para riego se supone que van a usarse bajo condiciones medias con respecto a la textura del suelo, la velocidad de infiltración, el drenaje, la cantidad de agua utilizada, el clima y la tolerancia del cultivo a sales. Desviaciones considerables del valor medio de cualesquiera de estas variables pueden hacer inseguro el uso del agua que en condiciones medias sería de muy buena calidad o al contrario puede inducir a considerar el agua como buena cuando bajo condiciones medias sería de dudosa calidad.

De acuerdo con Castillo (3), el exceso de carbonatos, cloruros y sulfatos de calcio y magnesio, así como de sodio, reducen el valor nutritivo y la productividad de los suelos, pudiendo llegar a afectar considerables áreas dedicadas a la agricultura.

Así mismo Castillo (3) indica que entre los principales sistemas de clasificación de aguas se encuentran:

- a. Clasificación basada en CE y RAS
- b. Clasificación basada en carbonatos de sodio
- c. Clasificación basada en boro
- d. Clasificación basada en función de boro, sodio y cloro
- e. Clasificación basada en la FAO

B. DIAGRAMA DE CLASIFICACIÓN DEL AGUA

De acuerdo con Peña (15) y Sandoval (19), la clasificación del agua de riego del laboratorio de salinidad del departamento de agricultura de Estados Unidos (Manual 60 del USDA) considera un diagrama que se basa en la conductividad eléctrica (CE) en micromhos por centímetro y en la relación de adsorción de sodio (RAS). figura 11A.

a. Conductividad:

- | | | |
|------|---------------------------|----|
| i. | Agua de baja salinidad | C1 |
| ii. | Agua de salinidad media | C2 |
| iii. | Agua altamente salina | C3 |
| iv. | Agua muy altamente salina | C4 |

b. Sodio:

- | | | |
|------|------------------------|----|
| i. | Agua baja en sodio | S1 |
| ii. | Agua media en sodio | S2 |
| iii. | Agua alta en sodio | S3 |
| iv. | Agua muy alta en sodio | S4 |

3.2. MARCO REFERENCIAL

3.2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ALDEA

A. LOCALIZACIÓN

La aldea Chilibe se encuentra localizada al noreste del departamento de San Marcos y al oeste de la cabecera municipal de San Miguel Ixtahuacán, se encuentra localizada en las siguientes coordenadas:

Latitud Norte: 15° 14' 55"

Longitud Oeste: 91° 45' 11"

Así mismo se localiza en las coordenadas UTM:

Paralelo: 855500

Meridiano: 32720

B. EXTENSIÓN TERRITORIAL Y COLINDANCIAS

La aldea Chilibe posee una extensión territorial de aproximadamente 6 km² y colinda de la siguiente manera:

Norte: Aldea Tuchilebe

Sur: Aldea El Triunfo

Este: San Miguel Ixtahuacán (cabecera municipal)

Oeste: Aldea Subchal

C. ACCESO A LA ALDEA

Se realiza a través de la carretera interamericana hasta llegar a la cabecera departamental de San Marcos a una distancia de 250 km. de la ciudad capital, posteriormente se toma la ruta que conduce al altiplano marquense con un recorrido de 60 km., de los cuales 20 km. son de asfalto y 40 km. de carretera de terracería y antes de llegar a San Miguel Ixtahuacán existe un cruce que conduce directamente a la aldea.

D. CLIMA Y ZONA DE VIDA

De acuerdo a la clasificación realizada por De la Cruz (4), esta región se encuentra clasificada en el bosque muy húmedo montano bajo subtropical (bmh-MB), cuyas condiciones climáticas presentan una precipitación total anual que va de 2,065 a 3,900 mm, predominando 2,730 mm. , la biotemperatura va de 12.5 a 18.6 °C , el clima es frío.

E. HIDROLOGÍA

La aldea no cuenta con ningún río que proporcione algún beneficio a la comunidad, sin embargo, los derechos del río Expuná fueron comprados por personas de Chilibe.

F. SUELOS

Los suelos tienen como material madre a la roca esquistosa, relieve escarpado, drenaje interno bueno, color café oscuro, textura franco limosa o arenosa con una profundidad efectiva de 30-40 cm. son suelos que presentan tendencia ligera y moderadamente ácidos

G. EDUCACIÓN

Chilibe posee una escuela que proporciona educación a nivel de primaria completa y en el año 2000 se implementó el primer año del ciclo básico en la aldea.

H. PRINCIPALES CULTIVOS

Los cultivos que actualmente se producen en época de invierno en la aldea se presentan en el cuadro 2, con el área aproximada que ocupan y su respectivo porcentaje:

CUADRO 2. Principales cultivos sembrados en Chilibe de acuerdo al área que abarcan

CULTIVO	ÁREA		PORCENTAJE
	Héctareas	Manzanas	
Maíz (<i>Zea mays</i>) asociado con frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	103.91	148.70	75
Trigo (<i>Triticum vulgare</i>)	4.16	5.95	3
Papa (<i>Solanum tuberosum</i>)	6.93	9.92	5
Haba (<i>Vicia faba</i>)	2.77	3.96	2
Arveja (<i>Pisum sativum</i>)	2.77	3.96	2
Bosque	13.21	18.90	10
Otros cultivos (Aguacate, manzana, durazno)	4.16	5.95	3
Total	137.91	197.34	100

FUENTE: Alcaldía auxiliar aldea Chilibe.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la factibilidad técnica y económica de la implementación de un sistema de riego por aspersión en la aldea Chilibe, San Miguel Ixtahuacán, San Marcos.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 4.2.1. Determinar la relación entre los factores agua-suelo-planta de acuerdo a las características del área.
- 4.2.2. Diseñar un sistema de riego acorde a las condiciones edáficas y topográficas de la aldea Chilibe.
- 4.2.3. Determinar la factibilidad económica del proyecto.
- 4.2.4. Evaluar la repercusión social que lleva consigo la implementación del proyecto.

5. METODOLOGÍA

5.1. UBICACIÓN DEL ÁREA EN HOJA CARTOGRÁFICA

Se realizó un estudio preliminar para determinar la ubicación exacta del área de influencia del proyecto a través de la hoja cartográfica Concepción Tutuapa (número 1861 IV)

5.2 CONCEPCIÓN DEL SISTEMA

De acuerdo al estudio técnico realizado, se determinó implementar el sistema de riego por medio de bombeo-gravedad-aspersión. Es necesario un sistema de bombeo para enviar el agua desde el punto de captación en el río Expuná ubicado en la cota 997.28 hasta el tanque de distribución (cota 1,115.75), ya que técnicamente es la única manera de enviar el agua hacia la ubicación del proyecto. En dicho tanque se tendrá 45 m³ de agua que proveerán al proyecto del caudal para satisfacer la demanda de un poco más de una hora de operación. Posteriormente la energía para conducir el agua a través de tuberías, se obtendrá por medio de la diferencia de altura existente entre el tanque de distribución y el inicio de la línea de distribución (123.40 m).

De igual forma se obtendrá la energía para las diferentes líneas de distribución, es decir, a través de la energía de posición obtenida por medio de diferencia de altura y de esa manera hacer que el proyecto sea funcional.

El sistema está conformado por tuberías de PVC enterradas con aspersores fijos dentro de cada parcela y de acuerdo al respectivo programa de operación se tendrá un número máximo de aspersores funcionando dentro de cada una de las mismas de acuerdo al área de cada parcela, con un tiempo de riego de 4 horas; todas las parcelas dispondrán de agua diaria con una frecuencia de riego con fines de operación de 6 días, en los primeros cinco se operará un solo turno de riego y el día 6 se utilizará para descanso y mantenimiento del sistema.

Se consideraron así mismo obras civiles necesarias para el funcionamiento apropiado del sistema y una serie de válvulas de aire, drenaje y alivio como puede observarse posteriormente.

5.3. ESTUDIO TOPOGRÁFICO

Para la ejecución de este procedimiento se estudió la hoja cartográfica correspondiente, fue necesario un caminamiento por el área de trabajo. Posteriormente mediante el uso del teodolito se obtuvo el perfil del terreno así como las líneas de conducción y distribución para el diseño de tuberías. Después del análisis y cálculo de la libreta de campo se procedió a dibujar en planos a escala los resultados obtenidos.

5.3.1. PERFIL DEL TERRENO

El perfil del terreno nos indicó la altimetría del terreno y fue de utilidad para calcular la línea piezométrica, presiones y diámetros de tuberías, así como la ubicación del sistema de válvulas.

Se procedió a calcar los resultados en las correspondientes hojas, a través de la intersección del valor de la cota en el eje de las “Y” y la distancia horizontal en el eje “X”.

5.3.2. PLANTA DEL TERRENO

A través de la planta del terreno se calcularon todos los accesorios necesarios como codos, tees, tapones, etc. necesarios para el funcionamiento del sistema.

El cálculo se llevó a cabo mediante el uso de los datos de azimuth y distancia horizontal; posteriormente se dibujó en hojas de planta y perfil a una escala adecuada. Fue de utilidad conocer los siguientes datos:

$$DH = (H_s - H_i) \times 100 \times \text{Sen}^2\alpha$$

Donde:

DH :	Distancia horizontal
H _s :	Hilo superior
H _i :	Hilo inferior
Sen ² α:	Seno cuadrado del ángulo zenital

5.4. ESTUDIO CLIMATOLÓGICO

Entre los datos estudiados se encuentran:

- A. Precipitación (mm)
- B. Temperatura (°C)
- C. Humedad relativa (%)
- D. Velocidad del viento (km./h)

Se determinó mediante la revisión de datos en la estación climática más cercana al área de estudio. Para lo cual se consultó al Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH).

5.5. ESTUDIO EDAFOLÓGICO

Para dichos estudios se tomó en cuenta los siguientes aspectos:

5.5.1. MUESTREO DE SUELOS

Se construyeron 2 calicatas de acuerdo al número de áreas representativas y fueron tomadas 2 muestras de suelo por cada calicata según la profundidad de los horizontes; de 0 a 25 y 25 a 50 cm respectivamente, las muestras fueron identificadas y llevadas al laboratorio de suelo y agua de la FAUSAC para obtener un análisis físico-químico de las mismas.

5.5.2. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE SUELOS

El análisis físico fue de importancia para poder conocer la clase textural de que se trata cada una de las 4 muestras tomadas, basada en los porcentajes de arena, limo y arcilla.

El análisis químico presentó información sobre el pH, CIC y porcentaje de materia orgánica así como la concentración de elementos como fósforo, potasio, calcio, magnesio, cobre, zinc, hierro, manganeso, sodio, y el porcentaje de saturación de bases.

5.5.3. CONSTANTES DE HUMEDAD

De acuerdo a los 2 puntos seleccionados para la elaboración de calicatas se procedió al envío de las 4 muestras de suelos al laboratorio de suelo y agua de la FAUSAC, para determinar la densidad aparente así como las respectivas constantes de humedad de capacidad de campo ($1/3$ de atmósfera) y punto de marchitez permanente (15 atmósferas).

5.6. INFILTRACIÓN

Se determinó la infiltración básica de los 2 suelos muestreados basado en el método del infiltrómetro de doble cilindro y a través de los resultados proporcionados por el modelo de Kostiakov-Lewis.

La infiltración constituyó un indicador que permitió seleccionar el aspersor más apropiado, de tal manera que la intensidad del mismo fuera menor que la infiltración y de esa manera evitar el anegamiento. Para el diseño del sistema de riego fue considerado el valor menor de las dos pruebas realizadas en el área de estudio.

5.7. CULTIVOS A REGAR

Se realizó un estudio de campo para determinar los cultivos que van a ser regados mediante la implementación del sistema de riego de acuerdo a las características de producción de la zona de estudio. Los cultivos considerados fueron crucíferas y papa.

La papa fue el cultivo que se utilizó para fines de diseño, ya que fue el que presentó los mayores requerimientos hídricos.

5.8. ESTUDIO HIDROLÓGICO

5.8.1. CANTIDAD Y CALIDAD DE AGUA

La disponibilidad de agua se obtuvo a partir de la determinación del caudal del río Expuná, a través del método de la sección-velocidad utilizando el flotador. Se realizaron 4 aforos cada 15 días durante la época de estiaje, determinando un caudal disponible de 16 lt/seg.

Para determinar la calidad del agua se tomó una muestra en el punto donde será la captación de agua, consistente en 1 litro y fue enviada al laboratorio de suelo y agua de la FAUSAC para su análisis, con la finalidad de establecer la calidad que presenta basándose en la clasificación del Manual 60 del USDA. Los aspectos que se tomaron en cuenta para la calidad del agua fueron; pH, conductividad eléctrica y las concentraciones presentes de elementos como calcio, magnesio, sodio, potasio, cobre, zinc, hierro y manganeso.

5.9. DISEÑO DEL SISTEMA

Estuvo determinado por un diseño agronómico e hidráulico, los cuales consideraron los siguientes aspectos.

5.9.1. DISEÑO AGRONÓMICO

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

A. DETERMINACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA O EVAPOTRANSPIRACIÓN

Se determinó el consumo de agua para los cultivos de papa y crucíferas, posteriormente para fines de diseño se utilizó aquel cultivo que presentó las mayores exigencias hídricas dentro de la región.

La evapotranspiración del cultivo se definió a través de la siguiente relación:

$$ETP_{max} = ETo \times Kc$$

Donde:

ETP max Evapotranspiración máxima del cultivo (mm/día)

ETo: Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día)

Kc: Coeficiente de cultivo

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

La predicción de la ET_o se hizo a partir del factor "*f*" de Blanney–Criddle para condiciones distintas de humedad relativa mínima, horas de insolación diarias y vientos diurnos. Figura 11A.

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

Donde:

t: Temperatura media mensual en °C

P: Porcentaje de insolación para latitud de 15 grados

Los diferentes valores de Kc utilizados para realizar las curvas de coeficientes para papa y crucíferas, que se presentan en las figuras 3 y 4 respectivamente; se tomaron a partir de las cuatro fases de desarrollo planteadas:

- A. Fase inicial
- B. Fase de desarrollo del cultivo
- C. Fase de mediados del período
- D. Fase de finales del período

Se asumió como fecha de siembra el 15 de enero, se determinó el período vegetativo total en 120 días para ambos cultivos y para la fase inicial de cultivo se partió de un valor de Kc de 0.35.

Las fases de mediados y finales del período se estimaron de acuerdo a los siguientes valores:

	Mediados del período	Finales del período
Papa	1.05	0.95
Crucíferas	0.70	0.80

Para el trazo de la fase de desarrollo se supuso una línea recta entre el valor de Kc al final de la fase inicial y el principio de la fase de mediados del período.

Considerando las curvas de coeficientes de cultivo (figuras 3 y 4) se obtuvo el Kc máximo para papa y crucíferas, de 1.00 y 0.93 respectivamente; estos valores se utilizaron para la determinación de la evapotranspiración máxima para ambos cultivos.

B. REQUERIMIENTO DE RIEGO

Fue necesario establecer la precipitación efectiva, para lo cual se utilizó el método de Blanney–Criddle que propone una tabla de coeficientes de aprovechamiento de acuerdo a cada pulgada de lluvia observada. Cuadro 27A.

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

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

Donde:

R_r :	Requerimiento de riego (mm)
$ETP_{\max}$:	Evapotranspiración máxima diaria (mm)
P :	Precipitación efectiva (mm)

C. LÁMINA DE AGUA DISPONIBLE

Se determinó para los 2 puntos de muestreo representativos del área de estudio ya que para fines de riego es conveniente expresar la humedad aprovechable como una lámina de agua (cm) que el suelo puede retener para uso de las plantas entre capacidad de campo y punto de marchitez permanente a una profundidad de 40 cm. y se expresa como:

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

Donde:

LHA :	Lámina de humedad aprovechable (cm)
CC :	Capacidad de campo (%)
PMP :	Punto de marchitez permanente(%)
Da :	Densidad aparente de cada horizonte (gr/cc)
Z_r :	Zona radicular de diseño (40 cm)

La densidad aparente considerada fue de 0.7355 y 0.9661 para las muestras 1 y 2 respectivamente.

La lámina que presentó el valor más pequeño fue considerada la crítica y por consiguiente fue la que se utilizó para fines de diseño del área de riego.

D. LÁMINA DE HUMEDAD RÁPIDAMENTE APROVECHABLE

Para la determinación con fines de diseño del proyecto se considero un 40% de umbral de riego o déficit permitido de manejo, ya que se trata de cultivos susceptibles a sequía y se calculó mediante;

$$LHRA = LHA \times DPM$$

Donde:

LHRA:	Lámina de humedad rápidamente aprovechable (cm)
LHA:	Lámina de humedad aprovechable (cm)
DPM:	Déficit permitido de manejo o umbral de riego (40%)

E. FRECUENCIA DE RIEGO O INTERVALO DE RIEGO CRÍTICO

La frecuencia de riego internamente dentro de la parcela para fines de operación del sistema se determinó a través de la ecuación:

$$Fr = LHRA / ETP \text{ max}$$

Donde:

Fr:	Frecuencia de riego (días)
LHRA:	Lámina de humedad rápidamente aprovechable (cm)
ETP max	Evapotranspiración máxima diaria (mm/día)

F. LÁMINA DE DISEÑO

Se calculó por medio de la siguiente relación;

$$Ln = ETP \text{ max} \times Fr$$

$$Lb = Ln / Efa$$

Donde:

Ln:	Lámina neta de diseño (mm)
Lb:	Lámina bruta de diseño (mm)
ETP max	Evapotranspiración máxima del cultivo (mm/día)
Fr:	Frecuencia de riego (días)
Efa:	Eficiencia de aplicación (%)

G. INTENSIDAD DE RIEGO

La intensidad de riego fue importante ya que se comparó con la infiltración básica del suelo. Se determinó mediante la relación:

$$Ir = (Qa / \text{Área}) \times 1000$$

Donde:

Ir:	Intensidad de riego (mm/h)
Qa:	Caudal del aspersor seleccionado (m ³ /h)

Área: Área teórica que cubre un aspersor ($Ea \times El$) en m^2

Ea : Espaciamiento entre aspersores (12 m)

El : Espaciamiento entre laterales (12 m)

H. TIEMPO DE RIEGO POR TURNO

La duración del tiempo de riego de cada uno de los turnos se encuentra definido por la lámina bruta de diseño y la intensidad de riego de la siguiente forma:

$$Trt = Lb / Ir$$

Donde:

Trt : Tiempo de riego por turno (horas)

Lb : Lámina bruta de diseño (mm)

Ir : Intensidad de riego (mm/h)

I. DEMANDA Y DISPONIBILIDAD DE AGUA

La fuente de agua que servirá para el riego será el río denominado Expuná.

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

$$Q = \frac{A \times Lb}{Trd \times Ir}$$

Donde:

Q : Caudal (m^3/h)

A : Área (m^2)

Lb : Lámina bruta de diseño (m)

Trd : Tiempo de riego diario (hrs de operación diaria)

Ir : Intervalo de riego dentro de la parcela (6 días)

J. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO

Para el efecto se consideró el sistema de riego que permitiera la mayor durabilidad del proyecto y fuese factible económicamente, se determinó que dadas las condiciones del lugar era conveniente un sistema de riego por aspersión fijo con tuberías de PVC enterrado y aspersores con cambio de posición dentro de las parcelas.

K. OPERACIÓN DEL SISTEMA

El criterio para la operación del sistema se basó inicialmente en determinar el área total del proyecto (75,008 m²), posteriormente se calculó el número total de posiciones de aspersores para cubrir dicha área, considerando que el área máxima de cobertura es de 2304 m²; se requieren 532 posiciones, que se distribuyeron en los 5 días determinados para satisfacer la lámina de agua requerida, por lo que se necesitan 106 posiciones por día.

Considerando que cada aspersor requiere un tiempo de riego de 4 horas para satisfacer la intensidad de aplicación necesaria (7.4 mm/hora), se requiere operar con 34 aspersores en cada turno, en los primeros 4 días se operará con 3 turnos/día y el quinto día serán necesarios 4 turnos. Los 34 aspersores de cada turno se distribuyeron en todas las parcelas, de tal manera que las 26 parcelas estén operando simultáneamente.

L. SELECCIÓN DEL ASPERSOR

La selección del aspersor se realizó tomando en cuenta varios aspectos como los siguientes;

a. DIÁMETRO DE MOJADO

De acuerdo con Sandoval Illescas (19), el diámetro de cobertura se encuentra influenciado directamente por la velocidad del viento. Se consultó el cuadro 3 que proporcionó ese porcentaje;

CUADRO 3. Separación entre aspersores y entre laterales de acuerdo a la velocidad del viento.

VELOCIDAD DEL VIENTO	SEPARACIÓN ENTRE ASPERSORES			
	EN CUADRO		EN RECTÁNGULO	
	Ea = El		Ea	El
Sin viento	65%			
6.0 km./h	60%		50%	65%
12.0 km./h	50%		40%	60%
15.0 km./h	40%		40%	50%
Más de 15.0 km./h	30%		30%	40%

Posteriormente, fue de utilidad tomar en cuenta para el diámetro de mojado:

D_m = Espaciamiento entre aspersores/porcentaje diámetro de cobertura, o bien;

D_m = Espaciamiento entre laterales/porcentaje diámetro de cobertura

b. ESPACIAMIENTO ENTRE ASPERSORES Y LATERALES

Se realizó a través de tanteos entre espaciamientos ya definidos, hasta encontrar el que más se adaptó a las condiciones de la región tomando en cuenta:

- i. Cultivo de diseño (papa)
- ii. Intensidad de riego no mayor a la infiltración básica del suelo.

El espaciamiento de 12 x 12 m. se seleccionó de tal manera que se aplique la intensidad de riego uniformemente sobre el terreno.

c. CAUDAL DEL ASPERSOR

El caudal del aspersor se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$Qa = \frac{Ea \times El}{1000} \times Ir$$

Donde:

Qa:	Caudal del aspersor (m ³ /h)
Ea:	Espaciamiento entre aspersores (m)
El:	Espaciamiento entre laterales (m)
Ir:	Intensidad de riego (mm/h)
1000:	Constante para convertir los mm/h a m/h

d. TIPO DE ASPERSOR

Para la selección final del tipo de aspersor se buscó en catálogos de varias casas comerciales el que cumpliera las condiciones de caudal y diámetro de mojado apropiado para el proyecto.

Dicho aspersor es marca Senninger, modelo 4012-1-3/4" M que requiere una presión de operación de 45 PSI (31.68 m), proporciona un caudal de 1.06 m³/h (4.7 GPM) y un diámetro de mojado de 25 m.

M. ÁREA MÁXIMA QUE CUBRE UN ASPERSOR

Se encuentra dado por:

$$Am = Frn \times Td \times \text{Área}$$

Donde:

Am:	Área máxima que un aspersor puede cubrir (m ²)
Frn:	Frecuencia de riego para operación (días)
Td:	Número de turnos por día (3 y 4)

Área: Área por posición de aspersor (144 m²)

N. NÚMERO DE POSICIONES POR PARCELA

Se determinó el número de posiciones requeridas para cubrir cada una de las parcelas del proyecto de acuerdo a:

$$N_p = A_p / A_m$$

Donde:

N_p : Número de posiciones por parcela

A_p : Área que abarca cada parcela (m²)

A_m : Área máxima que cubre un aspersor (2304 m²)

Ñ. NÚMERO DE ASPERORES PROPORCIONADOS POR AGRICULTOR

La cantidad de aspersores que se proporcionarán a cada uno de los agricultores se encuentra definida por:

$$\text{Aspersores/agricultor} = \text{Área total de la parcela} / \text{Área máxima que cubre un aspersor.}$$

O. ÁREA DE RIEGO POR DÍA

$$A_r \text{ por día} = \text{Área total de la parcela} / \text{Frecuencia de riego}$$

P. ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA

Se especificó cuales son las características principales del sistema para las condiciones del área de estudio en cuanto a cultivo, riego y aspersor.

5.9.2. DISEÑO HIDRÁULICO

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

A. TUBERÍA LATERAL

Para el diseño de las características de la tubería lateral fue necesario definir dentro de cada una de las parcelas los siguientes aspectos:

a. LONGITUD DEL LATERAL

Se determinó mediante:

$$\text{Longitud lateral} = E_a/2 + [(n-1) E_a]$$

Donde:

E_a : Espaciamiento entre aspersores (12 m)

n : Número de aspersores por lateral

b. ASPERSORES POR LATERAL

El número de aspersores que se instalaron en cada lateral fue variable y estuvo influenciado directamente por la longitud del mismo, se utilizó para el cálculo la siguiente relación;

$$\text{Aspersores por lateral} = \text{Longitud del lateral} / \text{espaciamiento entre aspersores}$$

c. DIÁMETRO DEL LATERAL

En el diseño se tomó en cuenta que la diferencia máxima de presión entre el primero y el último aspersor en la lateral es de 20% de la presión de operación de los aspersores (h_o), lo cual significa un máximo de 10% de variación entre el caudal del primero y el último aspersor. Esta diferencia permisible en presión es la suma de las pérdidas de cargas por fricción en la tubería y la diferencia de altura entre el primero y el último aspersor en el lateral. Se utilizó el teorema de Bernoulli:

$$h_{f1-2} = 0.2 h_o + (Z_1 - Z_2)$$

Donde:

h_{f1-2} : Pérdidas de carga por fricción permisible en el lateral (m)

h_o : Presión de operación del aspersor (m)

Z_1 : Altura del primer aspersor del lateral (m)

Z_2 : Altura del último aspersor del lateral (m)

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

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

Donde:

H_f : Pérdidas de carga por fricción (m).

Q : Caudal del sistema (m^3/h)

C : Coeficiente de rozamiento según material de tubería

“C” PVC: 150

“C” HG: 130

“C” Aluminio: 120

D: Diámetro de la tubería (mm)

L: Longitud de la tubería (m)

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

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

Donde:

m: Velocidad media de flujo

n: Número de salidas (número de aspersores)

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

$$h_f = H_f \times F$$

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

B. CARGA EN LA ENTRADA DE LA PARCELA

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

$$H_E = h_o + 0.2 h_o + h_f + h_e + h_m + h_t$$

Donde:

H_E : Carga en la entrada de la parcela (m)

h_o : Presión de operación del aspersor (m)

h_f : Pérdidas por fricción en tuberías (m)

h_e : Altura del elevador (m)

h_m : Pérdidas por fricción menores (10% de h_f)

h_t : Diferencia de altura topográfica (m)

En el cuadro 17 puede observarse los resultados obtenidos para calcular la carga en la entrada de las diferentes parcelas considerando una presión de operación del aspersor de 31.68 m, altura del elevador de 1.0 m, la sumatoria de pérdidas por fricción en la tubería múltiple y lateral, así mismo se consideró la diferencia topográfica en la entrada de la parcela en relación a la posición del aspersor crítico en cada parcela por medio del plano de curvas (figuras 18A, 19A y 20A).

C. CAUDAL DE LA RED DE TUBERÍAS

Para el diseño del caudal de la red de tuberías se consideró inicialmente el número máximo de aspersores operando por cada parcela; se calculó el caudal de agua a conducir en cada una de las tuberías a partir del caudal unitario del aspersor ($1.06 \text{ m}^3/\text{h} = 4.7 \text{ GPM}$).

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

D. TUBERÍA SUBPRINCIPAL Y PRINCIPAL

Para la tubería subprincipal se calculó el caudal que conduce cada una de las tuberías correspondientes a los diferentes tramos, de acuerdo con eso y las pérdidas de carga por fricción (ecuación de Hazen-Williams) se seleccionó el diámetro adecuado para cada sección.

En los tramos de tubería principal se seleccionó el diámetro o diámetros así como el tipo de material, con los cuales la operación resulte más económica. El diámetro se calculó mediante tanteo de diferentes valores mediante la ecuación de Hazen-Williams a través de una hoja electrónica que se presenta en el cuadro 31A (resultados de los parámetros de selección del diámetro de tubería de conducción y distribución utilizando la ecuación de Hazen-Williams).

Posterior al trazado de la línea topográfica planta-perfil y del cálculo de las pérdidas por fricción se determinó el trazo de la línea piezométrica mediante:

$$\text{CFT} = (\text{CIT} \pm \text{CA}) - \text{Hf}$$

Donde:

CFT:	Carga al final del tramo en estudio (m)
CIT:	Carga al inicio del tramo (m)
CA:	Carga estática pérdida o ganada por efectos altimétricos (m)
Hf :	Pérdidas de carga por fricción (m)

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

$$\text{Pt} = \text{CHD}/0.704$$

Donde:

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

La presión nominal de la tubería que se seleccionó, debió ser mayor a la presión estática del tramo que se obtuvo a través del cálculo anterior para evitar ruptura de tubería por sobrepresiones y en todos los tramos se consideró un margen de seguridad.

5.9.3. SISTEMA DE BOMBEO

Debido a la diferencia de altura que existe entre el punto donde se captará el agua del río y la ubicación del tanque de distribución es necesario contar con una fuente de bombeo, la cual se definió a través de:

$$\text{HP bomba} = \frac{\text{CDT} \times \text{Q}}{76 \times n}$$

Donde:

HP:	Caballos de fuerza necesarios para operar la bomba
CDT:	Carga dinámica total (metros)
Q:	Caudal del sistema (lps)
n:	Eficiencia de la bomba (decimal)

Después de realizado ese cálculo se buscó en una casa comercial una bomba que cumpliera con esas características de funcionamiento de acuerdo al requerimiento agronómico e hidráulico del área de diseño.

5.9.4. SISTEMA DE VÁLVULAS

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

5.9.5. OBRAS CÍVILES

se consideró la implementación de éstas después del trabajo de campo, diseño topográfico y análisis de los planos, observando las necesidades existentes. Las principales obras que se tomaron en cuenta fueron:

A. MURO DE CAPTACIÓN

Usualmente se coloca en la parte donde se capta el agua con el fin de facilitar la recolección del recurso a utilizar, es construido de un material sólido para soportar la presión del agua, entre los cuales cabe mencionar: cemento, arena de río, pedrín, hierro, alambre de amarre, etc.

B. PASO DE ZANJÓN TIPO C

Se colocaron donde no es factible enterrar la tubería debido a factores como el relieve, el material utilizado es hierro galvanizado.

C. CAJA DE VÁLVULAS

Se instalaron cajas de concreto para la protección de las válvulas de aire y de limpieza, los materiales para la construcción de la caja son los mismos al muro de captación.

D. TANQUE DE DISTRIBUCIÓN

Son depósitos donde se almacena determinado volumen de agua que permite la operación del sistema, consiste en depósitos contruidos de cemento, arena, hierro, piedrín, etc.

E. CASETA DEL SISTEMA DE BOMBEO

La construcción de una caseta permite el manejo adecuado del sistema de bombeo y lo protege contra cualquier eventualidad.

5.10. ANÁLISIS DE MERCADO

El análisis de mercado tomó en cuenta aspectos de importancia como:

- A. Mercados potenciales existentes.
- B. Canales de distribución y/o comercialización.

5.11. ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO

5.11.1. COSTOS

A. COSTOS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

Se estimó el costo de producción por ciclo por hectárea para los cultivos a establecer bajo riego y los cultivos sembrados actualmente sin el proyecto (maíz y frijol), se tomó en cuenta:

- a. Costos directos (tierra, mano de obra, insumos, etc.)
- b. Costos indirectos (administrativos)

B. COSTOS DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Se determinó el monto de la inversión total para la construcción del proyecto, tomando en cuenta: costo de inversión (tubería y accesorios en las líneas de conducción, distribución y secundaria costo de

tuberías y accesorios dentro de las parcelas, costo de la unidad de bombeo y sus respectivos accesorios), costo de obras civiles, de construcción, de administración, de operación y mantenimiento.

C. COSTOS FINANCIEROS

a. ESTIMACIÓN DE COSTOS, INGRESOS Y BENEFICIOS AGRÍCOLAS CON PROYECTO VERSUS SIN PROYECTO

Se realizó una comparación de la situación con proyecto y sin proyecto de los cultivos de la zona de estudio, tomando en cuenta para cada una de las situaciones:

- i. Cosechas al año
- ii. Precio del producto
- iii. Área cultivada (ha)
- iv. Producción por área (quintales, unidades o redes por hectárea)
- v. Producción anual
- vi. Ingreso bruto (Q)
- vii. Costos por hectárea (Q)
- viii. Costos totales (Q)
- ix. Ingreso neto (Q)

b. ESTIMACIÓN DE SERVICIOS DE LA DEUDA

Para calcular la amortización de capital e intereses se elaboró un cuadro donde se presentó la forma de pago a través de la vida útil del proyecto. Previamente fue necesario definir:

- i. Vida útil del proyecto (20 años)
- ii. Años de gracia para iniciar la deuda (2)
- iii. Porcentaje de interés (10.5%)

c. FLUJO DE FONDOS

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

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

5.11.2. EVALUACIÓN FINANCIERA

A. VALOR ACTUAL NETO

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

El cálculo de VAN se determinó mediante:

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

Donde:

VAN: Valor actual neto (Q)

Td : Tasa de descuento (%)

B. RELACIÓN BENEFICIO COSTO

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

$$\text{Relación b/c} = \frac{\text{Beneficios brutos actualizados}}{\text{Costos totales actualizados}}$$

C. TASA INTERNA DE RETORNO

La TIR es la tasa de actualización que iguala a cero el beneficio neto incremental o flujo de caja del proyecto, o lo que equivale a decir que iguala el valor actual de los beneficios incrementales al valor actual de los costos incrementales y se determinó mediante:

$$TIR = TAI + AT [VAN TI / (\Sigma VAN TI + \Sigma VAN TS)]$$

Donde:

TIR: Tasa interna de retorno (%)

TAI: Tasa de actualización inferior (%)

AT: Diferencia entre dos tasas (%)

VAN TI Valor actual neto de la tasa inferior (Q)

VAN TS Valor actual neto de la tasa superior (Q)

D. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

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

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

5.12. EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA

Se realizó un estudio para conocer el estado socioeconómico de las diferentes personas que forman parte de la aldea Chilibe, para tal fin se realizó una entrevista con las personas a ser beneficiadas y se utilizó una boleta (cuadro 44A) que tomó en cuenta los siguientes elementos: ingreso mensual familiar, área de terreno, cultivos, servicios, migraciones, fuentes de empleo, etc.

5.13. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

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

Así mismo se realizó un análisis de varios elementos ambientales mediante la matriz de Leopold, la cual es utilizada por PLAMAR (Plan de acción para la modernización y fomento de la agricultura bajo riego) en la formulación de sus proyectos de riego. Esta matriz asigna puntuación a diferentes características y condiciones del medio ambiente como se observa a continuación:

A. Variación de la calidad ambiental:

Positivo	1
Negativo	0

B. Intensidad (grado de destrucción):

Total	3
Notable	2
Media	1
Mínimo	0

C. Extensión (alcance):

Ubicación crítica	4
Total	3
Extremo	2
Parcial	1
Puntual	0

D. Momento en que se manifiesta:

Inmediato	0
Latente	

Corto plazo	1
Mediano plazo	2
Largo plazo	3
Momento crítico	4

E. Persistencia:

Temporalidad	
Fugaz	0
Temporal	1
Pertinaz	2
Permanente	3

F. Capacidad de recuperación:

Irrecuperable	4
Irreversible	3
Reversible	2
Mitigable	1
Recuperable	0

G. Interrelación de acciones y/o efectos:

Simple	0
Acumulativo	1
Sinérgico	2

H. Periodicidad:

Continuo	3
Discontinuo	1
Periódico	2
Aparición irregular	3

I. Necesidad de aplicación de medidas correctivas:

Crítico	2
Severo	1
Moderado	0

5.14. ORGANIZACIÓN DE LOS USUARIOS DE RIEGO

Se organizó un comité de riego que coordinará aspectos de importancia para la ejecución del proyecto. Posteriormente pasará a ser parte de una “Asociación de usuarios de la unidad de riego de Chilibe”, mediante una reunión con los representantes de la organización financiante y el diseñador del proyecto se establecieron las normas para la operación y mantenimiento del sistema de riego así como el reglamento que regirá el sistema, se dieron a conocer las resoluciones para que quede del conocimiento de todos los beneficiarios.

5.15. FACTIBILIDAD LEGAL DEL PROYECTO

Los aspectos legales que se consideraron en el proyecto fueron:

A. Derechos sobre el río Expuná

Fue necesario obtener documentos donde la municipalidad autoriza el uso de la fuente de agua para ser utilizada para riego.

B. Documento de propiedad de los terrenos

Los beneficiarios entregaron una copia de propiedad legal de los terrenos que van a ser regados.

C. Derechos de construcción de obras civiles

Se tramitó con los propietarios de terrenos donde pasará la tubería así como en la municipalidad de San Miguel Ixtahuacán, debido la necesidad de construcción y el permiso para dicho trabajo.

D. Derechos de paso

Estarán en manos de aquellas personas por donde pasará la línea topográfica y por lo tanto la tubería de conducción, fue necesario que cedieran permiso para el desarrollo del proyecto.

6. RESULTADOS

6.1. UBICACIÓN DEL ÁREA EN HOJA CARTOGRÁFICA

A través de la hoja cartográfica “Concepción Tutuapa” número 1861 IV se ubicó la aldea Chilibe así como también el río Expuná, considerado como la fuente de agua técnicamente más factible para la implementación del proyecto lo que permite tener una idea más clara de la relación que se mantiene entre la fuente de agua a utilizar y el área de influencia del proyecto como se observa en la figura 9A.

6.2. ESTUDIO TOPOGRÁFICO

Desde la fuente de agua y el sistema de bombeo hasta el tanque de distribución se presenta una diferencia de nivel positiva de 118.47 m. y una longitud de tubería de 835.21 m. En este tramo debe utilizarse una fuente hidráulica de energía para conducir el agua.

La línea de conducción desde el tanque de distribución hasta la primera parcela es de 2,893.08 m. y la diferencia de nivel es negativa de 123.40 m, haciendo una conducción total de 3,728.29 m. En este tramo puede conducirse el agua a través de la energía proporcionada por la gravedad.

La distribución se desplaza en dos ramales, uno de los ramales posee una longitud de 1,512.40 m y la diferencia de altura es negativa de 91.65 m, lo que genera un aumento de energía de posición; este ramal comprende 16 parcelas (45,153 m²).

El otro ramal secundario provee de agua a 10 parcelas y abarca un área de riego de 29,855 m² ; su longitud es de 338.46 m y una diferencia negativa de altura entre el primer y último punto de 73.86 m.

El tramo topográfico se presenta en la figura 15A para planta general y en las figuras 16A , 17A, 18A, 19A y 20A para planta-perfil del proyecto.

6.3. ESTUDIO CLIMATOLÓGICO

El área de la aldea Chilibe carece de una estación meteorológica motivo por el cual fue necesario recurrir a la estación más próxima, localizada en Huehuetenango ya que presenta condiciones similares al área de estudio donde se desea implementar el proyecto.

Los datos climáticos utilizados se presentan en el cuadro 4.

CUADRO 4. Datos climáticos de la estación tipo “A” Huehuetenango, departamento de Huehuetenango.

MES	TEMPERATURA EN °C			PRECIPITACIÓN mm	HUMEDAD RELATIVA %	VELOCIDAD DEL VIENTO km./h
	MÁXIMA	MÍNIMA	MEDIA			
ENERO	22.60	6.10	16.10	4.85	65	8.90
FEBRERO	24.80	5.50	16.40	5.10	58	9.20
MARZO	26.90	6.15	18.20	1.30	53	10.30
ABRIL	28.70	10.30	21.30	10.40	52	10.20
MAYO	28.40	11.70	20.70	30.10	49	6.80
JUNIO	25.60	13.10	18.50	340.20	73	5.10
JULIO	24.30	11.90	18.30	141.10	71	10.80
AGOSTO	25.80	12.60	19.30	107.50	74	8.10
SEPTIEMBRE	24.10	13.80	18.70	365.60	77	3.10
OCTUBRE	23.70	12.40	17.50	308.30	78	3.30
NOVIEMBRE	22.10	8.70	15.90	10.50	72	4.60
DICIEMBRE	23.60	5.60	15.50	7.90	61	2.70

6.4. ESTUDIO EDAFOLÓGICO

Los estudios edafológicos realizados presentaron los siguientes resultados.

6.4.1. MUESTREO DE SUELOS

Basado en la homogeneidad de los terrenos se determinaron 2 puntos representativos del área potencial de riego de la aldea Chilibe.

De acuerdo al perfil del suelo se obtuvieron 2 muestras por calicata, de 0 a 25 cm y de 25 a 50 cm., con un total de 4 muestras. Las muestras fueron enviadas y analizadas en el laboratorio de suelo y agua de la FAUSAC.

6.4.2. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE SUELO

Las características físico-químico del suelo fueron de importancia para determinar algunos aspectos del diseño del sistema de riego. Los resultados del análisis realizado en el laboratorio de la FAUSAC se presentan a continuación, en el cuadro 5.

CUADRO 5. Resultados del análisis físico de suelos de la aldea Chilibe

MUESTRA	PROFUNDIDAD Cm	% ARCILLA	% LIMO	% ARENA	CLASE TEXTURAL
CHI 1A	0-25	6.64	41.24	52.12	Franco arenoso
CHI 1B	25-50	7.01	38.77	54.22	Franco arenoso
CHI 2A	0-25	13.31	32.47	54.22	Franco arenoso
CHI 2B	25-50	63.34	11.47	25.20	Arcilloso

De acuerdo a los resultados del cuadro 5 se observa que la clase de textura predominante es franco-arenosa, la cual predomina en el área de estudio mientras la última muestra presenta una tendencia arcillosa. Los porcentajes de las partículas del suelo franco-arenoso presentan valores casi similares, por lo que puede decirse que los suelos son homogéneos en cuanto a características físicas. Este tipo de textura esta relacionada con un buen a moderado drenaje, poco consistente en húmedo y seco.

A las muestras de campo obtenidas también se les realizó un análisis químico de suelos para conocer la fertilidad de las mismas y otras características químicas de importancia que se presentan en el cuadro 6.

CUADRO 6. Resultados del análisis químico de suelos de la aldea Chilibe

Muestra	Profund (cm)	PH	Ug/ml		Meq/100 ml		PPM				%	CIC	Meq/100 ml				%
			P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	MO		Ca	Mg	Na	K	SB
CHI 1A	0-25	5.4	2.68	165	1.56	0.26	0.50	2.00	5.00	15.50	11.75	45.91	2.74	0.45	0.23	0.82	9.26
CHI 1B	25-50	6.7	2.40	153	2.50	0.31	0.50	1.50	3.00	12.00	11.24	56.82	3.99	0.53	0.25	0.79	9.81
CHI 2ª	0-25	6.2	1.91	780	7.17	1.23	1.00	14.00	3.50	25.00	8.56	40.45	7.98	1.48	0.25	3.79	33.40
CHI 2B	25-50	5.6	1.48	680	3.43	1.18	2.50	2.00	34.00	17.00	1.21	26.36	3.99	1.36	0.27	2.79	31.91

De acuerdo al análisis químico de las muestras, se observa que los suelos tienen un pH ligeramente ácidos, con tendencia a la acidificación por la concentración significativa de hierro (Fe) y manganeso (Mn).

Las relaciones de las bases intercambiables (Ca+Mg/K; Ca/Mg, RAS,) se encuentran por debajo de los rangos adecuados, con lo cual se observa también los valores bajos de porcentaje de saturación de bases (%SB), menores de 30-40% considerando que se trata de suelos minerales.

Los valores de CIC por arriba de los 30 Meq/100 ml. Se consideran adecuados, como los que presenta estos suelos, sin embargo, la alta retención de fosfatos disminuye la disponibilidad de microelementos y puede propiciar la saturación de cationes básicos en las partículas, influyendo en los valores de la CIC.

El contenido de materia orgánica de los suelos es alta considerando que la mayoría de los suelos minerales presentan porcentajes debajo del 5%, estos suelos presentan una buena fertilidad asociado a un bajo desarrollo observable a lo largo de la profundidad.

6.4.3. CONSTANTES DE HUMEDAD

Las muestras presentan constantes de humedad variables que se dan a conocer en el cuadro 7 después del análisis de laboratorio realizado.

CUADRO 7. Resultados de las constantes de humedad para los suelos de la aldea Chilibe

MUESTRA	PROFUNDIDAD Cm	DENSIDAD APARENTE gr/cc	CONSTANTES DE HUMEDAD	
			Capacidad de Campo	Pto Marchitez Permanente
CHI 1A	0-25	0.7407	57.64	30.28
CHI 1B	25-50	0.7273	63.26	34.45
CHI 2A	0-25	0.9302	43.24	26.41
CHI 2B	25-50	1.0256	42.16	33.30

Las constantes de humedad presentan variados valores en todas las muestras estudiadas, por lo que puede decirse que estos suelos retienen con facilidad el agua debido a la elevada cantidad de materia orgánica que poseen, aunque se trate de suelo donde predomina la clase textural franco-arenosa.

Así mismo, puede observarse que la densidad aparente para suelos franco-arenosos se encuentra muy por debajo de los valores comunes para esa clase textural, lo cual se encuentra influenciado de igual forma por la cantidad de materia orgánica de los suelos.

6.5. INFILTRACIÓN

Después de realizadas dos pruebas de infiltración por el método del doble cilindro las cuales representan las dos áreas de estudio consideradas, se obtuvieron los resultados siguientes a través del análisis de resultados por el modelo de Kostiakov-Lewis. Ver figuras 1 y 2.

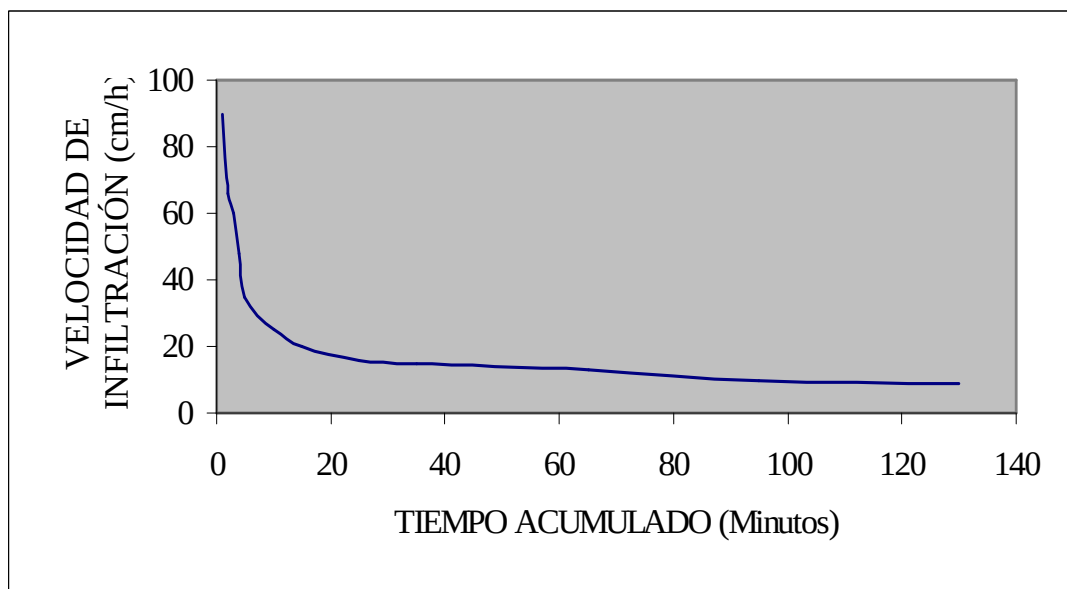


FIGURA 1. Curva de velocidad de infiltración en el sector I del área de diseño

En el sector 1 se obtuvo una infiltración básica de 9.29 cm/h, donde los parámetros son $K = 41.21$ y $n = -0.289$; por lo que la ecuación de infiltración está representada por $I = 41.21 t^{-0.289}$.

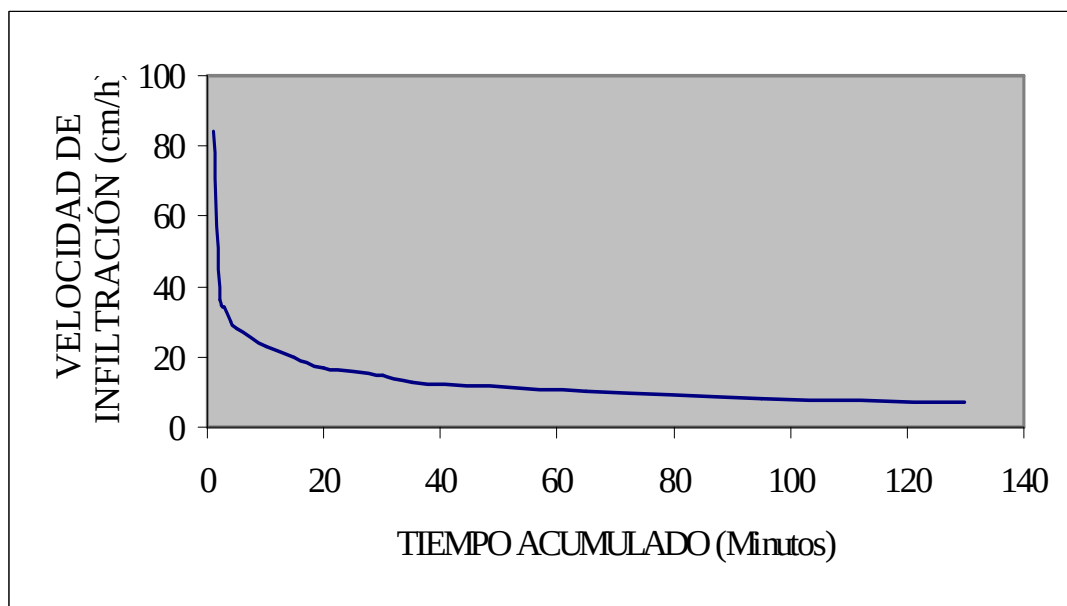


FIGURA 2. Curva de velocidad de infiltración en el sector II del área de diseño

Después de aplicar el modelo de Kostiakov-Lewis a los resultados del sector 2 se determinó una infiltración básica de 12.75 cm/h, con parámetros $K = 72.11$ y $n = -0.328$; la ecuación de infiltración es $I = 72.11 t^{-0.328}$.

Las dos gráficas anteriores muestran valores de infiltración básica de 9.29 y 12.75 cm/hr. para los sectores 1 y 2 de estudio respectivamente, por lo que para fines de diseño del sistema se consideró el valor más pequeño y seleccionar de esa manera un aspersor que no provoque anegamiento.

6.6. CULTIVOS A REGAR

Entre los cultivos que serán irrigados pueden mencionarse los siguientes: papa (*Solanum tuberosum*), coles como el repollo (*Brassica oleracea* var. capitata), coliflor (*Brassica oleracea* var. botrytis), brócoli (*Brassica oleracea* var. itálica) y otras hortalizas.

6.7. ESTUDIO HIDROLÓGICO

El río Expuná presentó los siguientes resultados después del respectivo análisis de laboratorio.

6.7.1. CANTIDAD Y CALIDAD DEL AGUA

De acuerdo a los aforos realizados al río Expuná a través del método del flotador durante la época de estiaje, se llegó a estimar que el caudal disponible es de 16 lt/seg. ($57.6 \text{ m}^3/\text{hr}$).

Así mismo se tomó una muestra de agua del nacimiento, la cual fue analizada en el laboratorio de suelo y agua de la FAUSAC; los resultados se presentan a continuación en el cuadro 8.

CUADRO 8. Resultados del análisis de agua del río Expuná

MUESTRA	pH	Us/cm * CE	Meq/litro				Suma de Cationes	PPM			
			Ca	Mg	Na	K		Cu	Zn	Fe	Mn
EXPUNÁ	6.9	95	0.50	0.14	0.17	0.02	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00

* Micromhos/cm

Después de analizar los resultados anteriores y basados en el diagrama de clasificación de las aguas para riego del manual 60 del USDA se obtuvo una conductividad eléctrica de 95 micromhos/cm y una RAS de 0.3 meq/litro, y se llegó a determinar que el agua del río Expuná es de clase C1-S1, lo cual indica que es de buena calidad para riego ya que posee una cantidad baja en sales y sodio.

De acuerdo al análisis anterior no existe ninguna limitante para que el agua del río Expuná pueda ser utilizada para fines de riego.

6.8. DISEÑO DEL SISTEMA

De acuerdo a las diferentes características del proyecto, el diseño agronómico e hidráulico fue:

6.8.1. DISEÑO AGRONÓMICO

Se definió de acuerdo a la relación entre los factores agua-suelo-planta-clima.

A. DETERMINACIÓN DEL CONSUMO DE AGUA O EVAPOTRANSPIRACIÓN

La evapotranspiración del cultivo (ETM) se determinó para la papa y crucíferas, cultivos que presentan el mayor potencial de siembra dentro del área de la aldea Chilibe, por lo que a continuación se presentan los resultados que se obtuvieron después del respectivo análisis, basado en el método de Blanney-Criddle modificado por la FAO.

Fue necesario calcular la evapotranspiración de referencia la cual se presenta en el cuadro 9.

CUADRO 9. Determinación de la evapotranspiración de referencia (ETo)

MES	T ^o MEDIA	P	P (0.46t + 8.13)	ETo. (mm/día)	Eto. (mm/mes)
ENERO	16.10	0.26	4.04	2.71	84.01
FEBRERO	16.40	0.26	4.07	2.73	76.44
MARZO	18.20	0.27	4.45	3.46	107.26
ABRIL	21.30	0.28	5.02	3.87	116.10
MAYO	20.70	0.29	5.11	3.92	121.52
JUNIO	18.50	0.29	4.83	3.37	101.10
JULIO	18.30	0.29	4.80	3.54	109.74
AGOSTO	19.30	0.28	4.76	3.50	108.50
SEPTIEMBRE	18.70	0.28	4.68	2.39	71.70
OCTUBRE	17.50	0.27	4.37	2.34	72.54
NOVIEMBRE	15.90	0.26	4.01	1.71	51.30
DICIEMBRE	15.50	0.25	3.82	0.99	30.69

Se procedió a determinar los coeficientes de cultivo (K_c) valores de las figuras que se presentan a continuación. Los valores de K_c se encuentran dados de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo, (figuras 3 y 4).

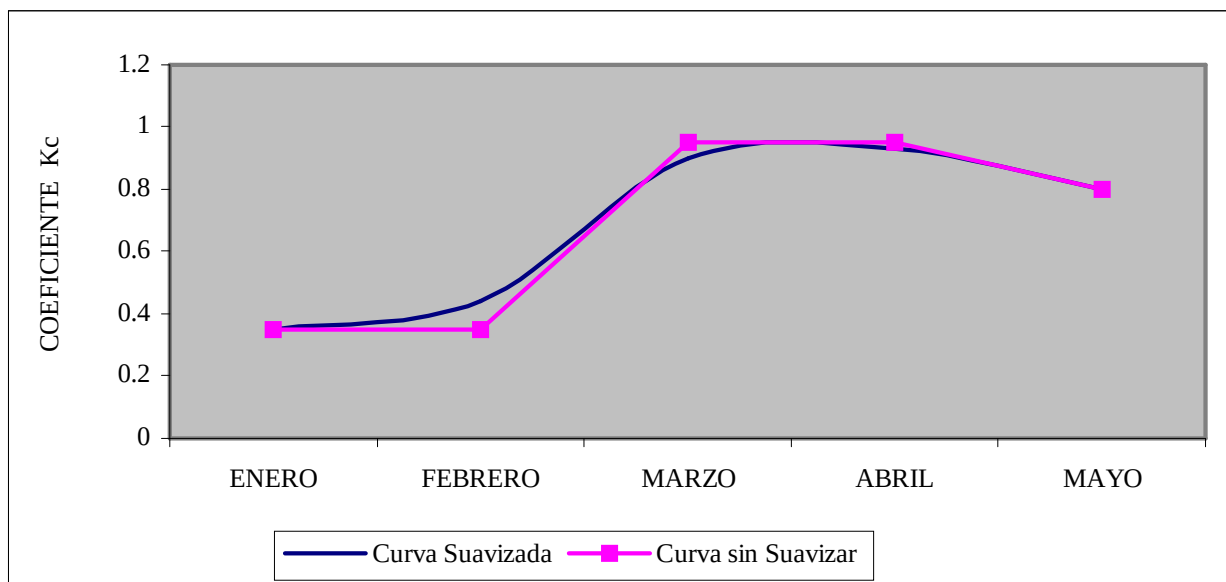


FIGURA 3. Curva de coeficiente del cultivo para la papa

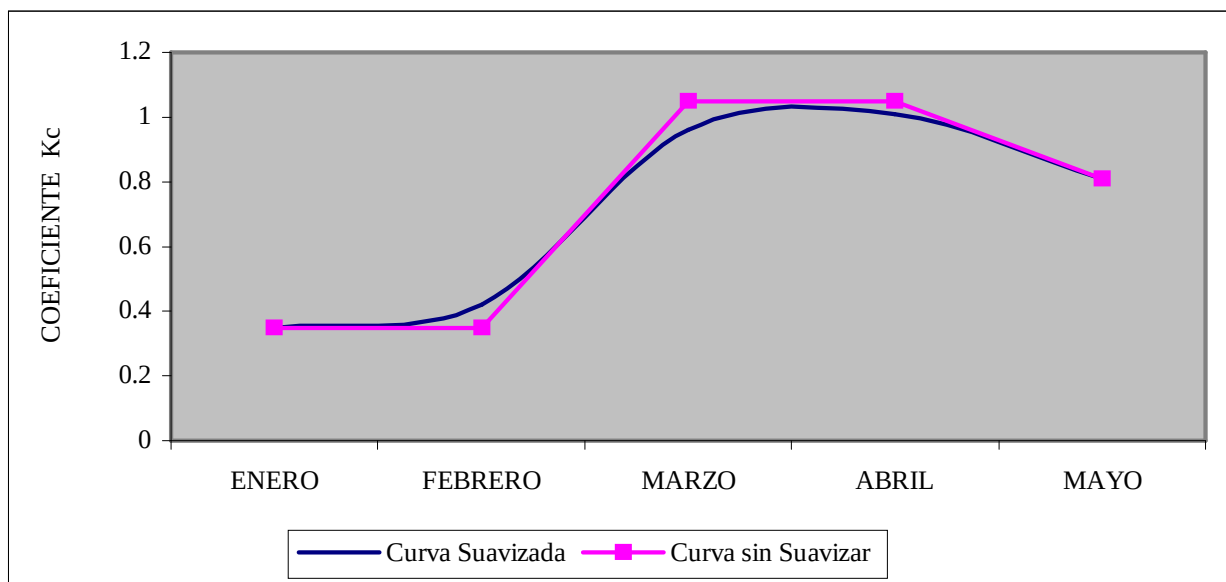


FIGURA 4. Curva de coeficiente del cultivo para crucíferas

En el cuadro 10 se presentan los resultados de la determinación de evapotranspiración para los cultivos de papa y crucíferas durante los meses críticos.

CUADRO 10. Determinación de la evapotranspiración del cultivo para la papa y crucíferas

MES	ET _o . (mm/mes)	CULTIVO					
		PAPA			CRUCÍFERAS		
		Kc	ETM (mm/día)	ETM (mm/mes)	Kc	ETM (mm/día)	ETM (mm/mes)
ENERO	84.01	0.35	0.95	29.30	0.35	0.95	29.30
FEBRERO	76.44	0.42	1.15	32.10	0.44	1.20	33.63
MARZO	107.26	0.96	3.34	103.56	0.90	3.13	97.09
ABRIL	116.10	1.00	3.85	115.50	0.93	3.58	107.42
MAYO	121.52	0.81	3.17	98.18	0.80	3.13	96.97

De acuerdo a los datos presentados anteriormente se observa que la mayor demanda se produce en el mes de abril donde la evapotranspiración alcanza un promedio de 3.85 mm diarios para el cultivo de la papa, por lo que será éste el valor que se tomará para el diseño del sistema de riego, debido que es superior a los 3.58 mm/día que requieren las crucíferas durante el mes crítico que lo constituye también abril.

B. REQUERIMIENTO DE AGUA

Para el cálculo del requerimiento de riego fue necesario primero establecer la precipitación efectiva para la región en estudio, para lo cual se utilizó el método de Blanney-Criddle que se presenta en el cuadro 11.

CUADRO 11. Cálculo de precipitación efectiva a través del método de Blanney-Criddle

MES	PRECIPITACIÓN mm	COEFICIENTE DE APROVECHAMIENTO	PRECIPITAC EFECTIVA SEGÚN B&C mm	ET _o . Mm	PRECIPITACIÓN EFECTIVA mm
ENERO	4.85	0.95	4.61	83.70	4.61
FEBRERO	5.10	0.95	4.85	76.44	4.85
MARZO	1.30	0.95	1.24	107.88	1.24
ABRIL	10.40	0.95	9.88	115.50	9.98
MAYO	30.10	0.95, 0.90	28.32	121.21	28.32
JUNIO	340.20	0.95, 0.90, 0.82, 0.65, 0.45, 0.25, 0.05	108.87	102.00	102.00
JULIO	141.10	0.95, 0.90, 0.82, 0.65, 0.45, 0.25	97.73	110.36	97.73
AGOSTO	107.50	0.95, 0.90, 0.82, 0.65, 0.45	86.30	108.19	86.30
SEPTIEMBRE	365.60	0.95, 0.90, 0.82, 0.65, 0.45, 0.25, 0.05	110.59	71.10	71.10
OCTUBRE	308.30	0.95, 0.90, 0.82, 0.65, 0.45, 0.25, 0.05	107.75	73.16	73.16
NOVIEMBRE	10.50	0.95	9.98	52.50	9.98
DICIEMBRE	7.90	0.95	7.51	30.38	7.51

En la figura 5 se observa la tendencia de la evapotranspiración de referencia (ET_o) y la precipitación total en los diferentes meses del año para las condiciones de la aldea Chilibe.

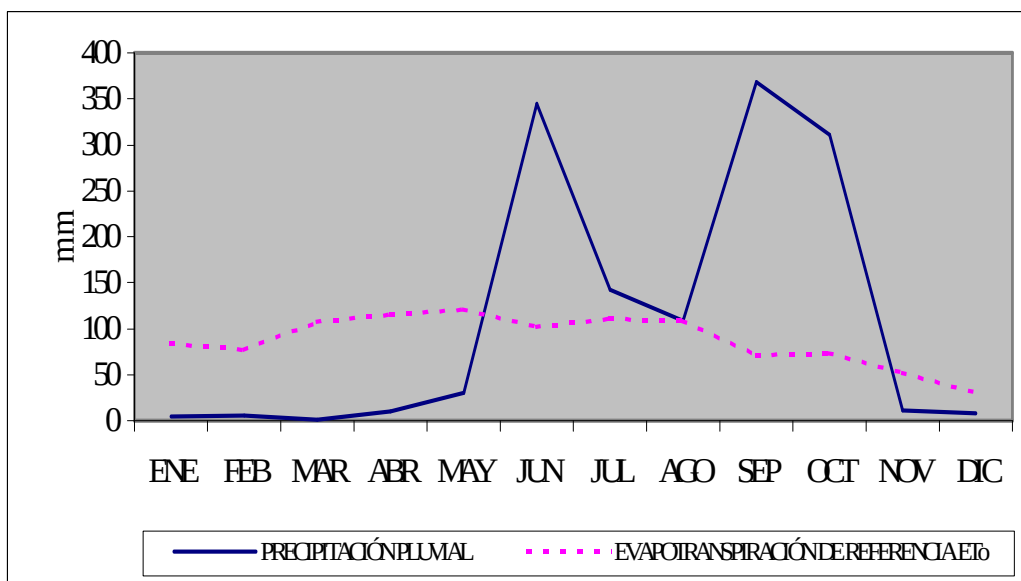


FIGURA 5. Tendencia de la evapotranspiración de referencia y la precipitación total para Chile.

En base a los datos del cuadro 11 se estableció el requerimiento de riego con fines de operación, para cada uno de los cultivos regables en el área de diseño; los datos obtenidos se presentan en el cuadro 12.

CUADRO 12. Requerimiento de riego para los cultivos regables de la región.

MES	PRECIPITACIÓN EFECTIVA (mm/mes)	CULTIVO					
		PAPA			CRUCIFERAS		
		ETM (mm/mes)	REQ (mm/mes)	REQ (mm/día)	ETM (mm/mes)	REQ (mm/mes)	REQ (mm/día)
ENERO	4.61	29.30	24.69	0.80	29.30	24.69	0.80
FEBRERO	4.85	32.10	27.25	0.97	33.63	28.78	1.03
MARZO	1.24	103.56	102.32	3.30	97.09	97.85	3.09
ABRIL	9.88	115.50	105.62	3.52	107.42	97.54	3.25
MAYO	28.32	98.18	69.86	2.25	96.97	68.65	2.21
		Σ REQ	329.74		Σ REQ	315.51	

En la figura 6 se observa el déficit hídrico que se produce en los meses críticos para las condiciones de la aldea Chilibe, considerando la evapotranspiración máxima del cultivo (papa) y la precipitación efectiva.

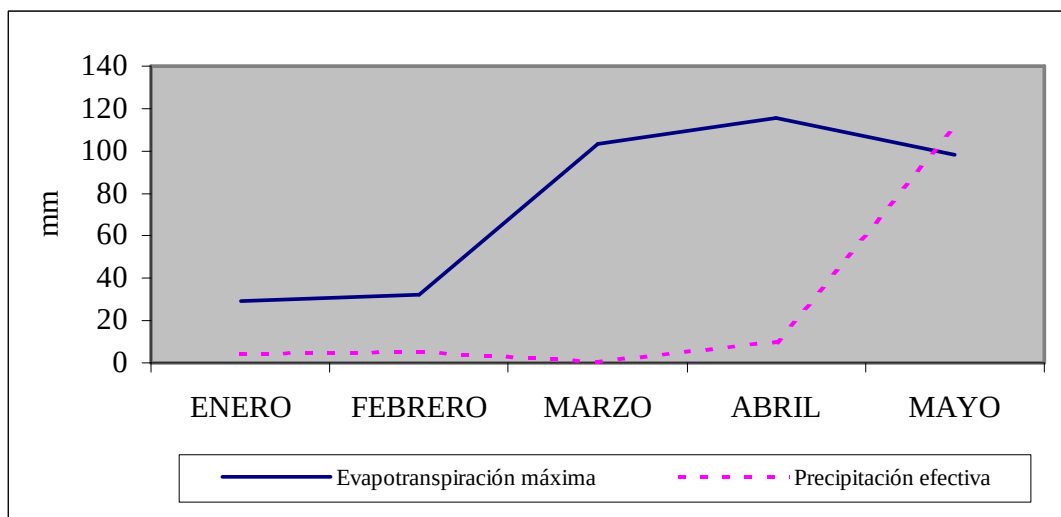


FIGURA 6. Relación hídrica entre la evapotranspiración y la precipitación para el cultivo de papa.

C. LÁMINA DE AGUA DISPONIBLE

Después de haber obtenido los análisis de suelos los datos se utilizaron para determinar la lámina de agua disponible, tal como se presenta a continuación en el cuadro 13.

CUADRO 13. Lámina de agua disponible en las dos áreas de estudio.

MUESTRA	CC %	PMP %	D APARENTE gr/cc	Z RADICULAR cm	LHA cm
CHILIBE 1	59.74	31.84	0.7355	40	82.08
CHILIBE 2	42.84	28.99	0.9661	40	53.52

La lámina de agua disponible en los dos sectores de diseño del proyecto de riego presentan una variación de valores entre ellos, a una profundidad radicular de 0.40 m. de acuerdo a las características de los cultivos de la región. El sector I posee una lámina de agua disponible de 82.08 cm. mientras el sector II presenta 53.52 cm.

D. LÁMINA DE HUMEDAD RÁPIDAMENTE APROVECHABLE

Para la lámina de humedad rápidamente aprovechable se consideró un déficit permitido de manejo de 0.4 debido a que el diseño consideró cultivos susceptibles a sequía (crucíferas y papa), el resultado obtenido de acuerdo a la lámina de humedad presente en las áreas de estudio se muestra en el cuadro 14:

CUADRO 14. Lámina de humedad rápidamente aprovechable en las dos áreas de estudio

MUESTRA	LHA cm	DPM	LHRA cm
CHILIBE 1	82.08	0.4	32.83
CHILIBE 2	53.52	0.4	21.41

La lámina de agua rápidamente aprovechable para los suelos de la aldea Chilibe para fines de diseño se estimó en 32.83 cm para el sector I, mientras que para el sector II el valor corresponde a 21.41 cm.

E. FRECUENCIA DE RIEGO CRÍTICA

Para el área de diseño de acuerdo a la lámina neta a aplicar de 23.10 mm/riego y una ETM de 3.85 mm/día, se determinó que lo conveniente es una frecuencia de riego crítica o frecuencia interna dentro de la parcela de 6 días bajo las condiciones de la aldea Chilibe. Dicha frecuencia es de importancia para fines de operación del sistema.

La frecuencia para fines de diseño de la red de distribución se estimó que era conveniente de forma diaria para satisfacer las necesidades del proyecto.

F. LÁMINA DE DISEÑO

La lámina neta de diseño es de 23.10 mm/riego con una frecuencia de riego de 6 días. Mientras si se considera una eficiencia de aplicación de 78% para el riego por aspersión, la lámina bruta de diseño es de 29.60 mm de agua/riego, lámina que deberá ser cubierta por cada uno de los riegos.

G. INTENSIDAD DE RIEGO

Para el diseño del sistema de riego se seleccionó un aspersor Senninger 4012-1-3/4" M, el cual posee una descarga de 4.7 GPM ($1.06 \text{ m}^3/\text{hr}$) a una presión de operación de 45 PSI, con una separación entre aspersores de 12 m y entre laterales de 12 m, de acuerdo a esas características se determinó que posee una intensidad de riego de 7.4 mm/hr.

H. TIEMPO DE RIEGO POR TURNO

Después de considerar la intensidad de riego del aspersor seleccionado (7.4 mm/hr) y la lámina bruta de agua que es necesaria aplicar en cada uno de los riegos correspondientes (29.60 mm/día), se determinó que es necesario operar en cada uno de los turnos 4 horas para satisfacer las necesidades del proyecto. Ver cuadro 15 (programa de operación).

I. DEMANDA Y DISPONIBILIDAD DE AGUA

La cantidad de agua necesaria para cubrir la demanda hídrica se calculó en base a los siguientes datos; donde:

A	:	Área a regar (75,000 m ²)
Lbd	:	Lámina bruta de diseño (0.0385 m)
Trd	:	Tiempo de riego diario (4 días de 12 hr y 1 día de 16 hr.)
Ir	:	Número de días de riego neto (5 días)

De acuerdo al valor obtenido anteriormente puede decirse que es necesario captar del río Expuná un volumen de 36.09 m³/hr. (10 LPS) para satisfacer la operación apropiada del sistema de riego y cubrir un área de 7.5 Has (10.71 mz).

J. OPERACIÓN DEL SISTEMA

La distribución del número de aspersores que estarán funcionando en cada uno de los turnos se especifica en el cuadro 15; todas las parcelas disponen de agua diaria, así mismo se indica el turno que le corresponde a cada una de las parcelas. Se definió que el sistema operará a través de 16 turnos de riego durante los 5 días de funcionamiento con lo cual se cubrirán las demandas del proyecto. En cuanto a los aspersores, operarán durante un periodo de 4 hrs en cada una de las posiciones asignadas a través del cuadro 15 donde se muestra el número de aspersores trabajando simultáneamente por cada parcela.

El sistema estará operando durante 5 días y se dejará de descanso 1 día, con lo cual se cubrirá la frecuencia de riego interna de cada parcela en 6 días. Durante los primeros 4 días se operará durante 12 hrs diarias y el día 5 la duración de operación será de 16 horas para poder cubrir el área de diseño. (Ver cuadro 15).

El día 6 será utilizado para el mantenimiento del sistema, el cual consistirá básicamente en revisión de la unidad de bombeo, caminamiento para observar tuberías, revisión de válvulas de aire y drenaje.

La capacidad de la red de tuberías se encuentra dada por el número máximo de aspersores funcionando en cada parcela y a partir de eso, se calcularon los diferentes caudales contenidos en toda la red, útil para el diseño hidráulico del proyecto.

PROGRAMA DE OPERACIÓN
PROYECTO CHILIBE, SAN MIGUEL IXTAHUACÁN, SAN MARCOS

No. DE TURNO	HORAS	PARCELAS																										TOTAL
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
		POSICIONES																										
		19	17	17	17	26	24	21	14	31	18	21	19	17	18	22	20	30	24	19	24	19	22	19	18	18	18	
1	4	1	1	1	1	2	2	1	1	2	1	2	1	1	1	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	33
2	4	1	1	1	1	2	2	1	1	2	1	2	1	1	1	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	33
3	4	1	1	1	1	2	2	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	2	33
4	4	1	1	1	1	2	2	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	2	2	34
5	4	1	1	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	1	2	1	1	1	33
6	4	1	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1	1	2	1	1	1	33
7	4	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	2	1	1	1	2	2	1	1	33
8	4	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	1	33
9	4	1	2	1	1	2	2	1	—	1	1	1	2	1	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2	1	33
10	4	1	1	1	1	2	2	1	—	2	1	1	2	1	1	2	1	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	33
11	4	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	2	2	1	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	33
12	4	1	1	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	33
13	4	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	2	1	2	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	33
14	4	2	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	34
15	4	2	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1	34
16	4	2	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1	34

K. SELECCIÓN DEL ASPERSOR

Inicialmente se seleccionó el distanciamiento entre aspersores y laterales para lo cual se tomó en cuenta el diámetro de mojado y el porcentaje de cobertura, determinando que debían ser colocados a 12 x 12 m. Así mismo el Fondo de Inversión Social (FIS) establece que para proyectos de mini-riego los espaciamientos más aconsejables son esos, valores que fueron determinados para el proyecto Chilibe y se adecúan a los cultivos a establecer para la distribución uniforme del riego.

La intensidad del riego del aspersor seleccionado es de 7.4 mm/hr, valor con el cual se satisface la lámina de riego necesaria y no se sobrepasa la infiltración básica (9.29 cm/hr). Los aspersores seleccionados después de consultar diversos catálogos comerciales presenta la información en el cuadro 16.

CUADRO 16. Especificaciones técnicas de los aspersores seleccionados

MARCA	SERIE O MODELO	BOQUILLA	PRESIÓN	CAUDAL		DIÁMETRO M	INTENSIDAD DE RIEGO (mm)
				m ³ /h	GPM		
Senninger	4012-1-3/4"M	Número 10 5/32"	45 PSI	1.06	4.70	25.0	7.4
Rain Bird	20 JH	5/32"	42 PSI	1.06	4.70	24.4	7.4
Cometal	Agros 125	5/32"	42 PSI	1.04	4.60	24.6	7.2

El diámetro de cobertura considerado para fines de diseño fue de 50 a 55% de acuerdo a la velocidad del viento de la región y se adecuó a la separación entre aspersores y laterales seleccionada, los aspersores presentados anteriormente llenan los requisitos necesarios para ser considerados dentro de las especificaciones del proyecto.

En la figura 23A puede observarse la parcela típica, la cual muestra las posiciones entre aspersores y laterales así como el traslape que se produce entre los emisores.

L. ÁREA MÁXIMA QUE CUBRE UN ASPERSOR

Debido a que cada posición del aspersor dentro del terreno abarca un área de 144 m² (separación 12 x 12 m), se determinó que el área máxima que cubre en un período de 5 días netos de riego es de 2,304 m².

M. NÚMERO DE POSICIONES POR PARCELA

Debido a la variabilidad de cada una de las parcelas del área de diseño, el número de posiciones es variable dentro de cada una de ellas y se presenta en el cuadro 15.

N. NÚMERO DE ASPERORES PROPORCIONADOS POR AGRICULTOR

Para determinar el número de aspersores que se proporcionará a cada uno de los agricultores, se consideró el área de cada una de las parcelas y se relacionó con el área máxima que cubre un aspersor si opera durante 5 días de riego, el número de aspersores se presenta en el cuadro 28A.

Ñ. ÁREA DE RIEGO POR DÍA

En los primeros 4 días de riego el área es de 14,400 m²/día para un total de 57,600 m², en el día 5 de riego asciende a 17,424 m², esto debido a que para cubrir el área total de terreno es necesario operar en el quinto día durante 16 hrs.

O. ESPECÍFICACIONES DEL SISTEMA

a. DEL CULTIVO

Cultivo:	Papa
Ciclo vegetativo:	110 días
Siembra:	Variable, dependiendo de la fecha de siembra
Cosecha:	Variable, dependiendo de la fecha de siembra
Profundidad radicular:	40 cm
Altura media:	1.0 m
Evapotranspiración máxima diaria:	3.85 mm

b. DEL RIEGO

Lámina de riego neta:	23.10 mm/riego
Lámina de riego bruta:	29.60 mm/riego
Frecuencia de riego crítica:	6 días
Mes crítico:	Abril
Número de riegos/ciclo:	Variable, dependiendo de las fechas de siembra
Tiempo de riego diario:	4 días (12 hrs), 1día (16 hrs)
Número de turnos/día dentro	
De la parcela:	4 días (3 turnos), 1día (4 turnos)
Tiempo de riego/turno:	4 hrs.
Infiltración básica:	9.29 cm/h
Intensidad de riego:	7.4 mm/día

c. DEL ASPERSOR

Marca:	Senninger
Serie o modelo:	4012-1-3/4 " M
Presión:	45 PSI
Boquilla:	Número 10 5/32"
Caudal:	1.06 m ³ /h
Diámetro de cobertura:	25.3 m
Traslape entre aspersores:	53%
Separación entre aspersores:	12 m

6.8.2. DISEÑO HIDRÁULICO

De acuerdo a los requerimientos del proyecto, los principales parámetros hidráulicos presentaron los siguientes resultados:

A. TUBERÍA LATERAL

Para la selección de la tubería lateral se consideró de importancia el caudal a conducir en cada uno de los tramos, la longitud de los laterales es variable ya que existe una diferencia significativa en las dimensiones de las parcelas; sin embargo la tubería posee el mismo diámetro nominal (3/4" x 250 PSI); la separación entre cada lateral es de 12 m.

La disposición de los laterales se observa en la figura 23A donde se muestra la línea de tubería típica dentro de cada una de las parcelas; se consideró también para el diseño de las tuberías laterales el desnivel en el inicio y al final del mismo, de acuerdo al valor de las curvas a nivel dentro del terreno.

El número de posiciones que tendrá cada uno de los laterales es variable debido a que todas las parcelas dentro del área de riego poseen diferentes dimensiones, el distanciamiento para determinar el número de aspersores a colocar en cada lateral fue de 12 m.

B. CARGA EN LA ENTRADA DE LA PARCELA

El diseño hidráulico parte desde la parcela, por lo que fue necesario determinar la carga de presión requerida en la entrada de la misma, para lo cual se consideró una presión de operación del aspersor de 31.68 m (45 PSI); las pérdidas de carga por fricción fueron variables entre cada una de las parcelas dado que existen laterales de diferente longitud, para su determinación se utilizó la ecuación de Hazen-Williams; las pérdidas menores fueron el 10% de las hf en el lateral crítico; la altura del elevador considerada fue 1 metro.

En el siguiente cuadro puede observarse las diferentes cargas de presión requeridas en la entrada de las 26 parcelas, para que puedan operar adecuadamente. A través del diseño del sistema, se decidió colocar válvulas de paso en la entrada de las parcelas para regular de esa manera la carga de presión disponible (Figura 23A).

CUADRO 17. Características hidráulicas del proyecto en parcelas y línea secundaria

No. de Parcela	Máximo # aspersores Simultáneos	Tubería lateral (3/4")		Tubería múltiple			Diferencia topográfica (m)	Carga entrada parcela (m)	Tubería secundaria	
		Caudal máximo (m ³ /hr)	Hf (m)	Caudal máximo (m ³ /hr)	Hf (m)	Longitud y diámetro			Caudal máximo (m ³ /hr)	Longitud y diámetro
1	2	1.06	1.53	2.12	1.68	24 m, 3/4"	+ 1.30	37.19	2.12	52 m, 1"
2	2	1.06	2.23	2.12	0.84	12 m, 3/4"	+ 0.71	36.46	2.12	82 m, 1"
3	2	1.06	2.53	2.12	1.68	24 m, 3/4"	+ 2.06	38.95	2.12	52 m, 1"
4	2	1.06	1.84	2.12	1.68	24 m, 3/4"	+ 1.11	37.43	4.24	36 m, 1¼"
5	2	1.06	1.84	2.12	1.60	24 m, 1"	+ 1.08	25.60	2.12	30 m, 1"
6	2	1.06	1.72	2.12	0.80	12 m, 1"	+ 1.32	36.01	2.12	50 m, 1"
7	2	1.06	1.53	2.12	0.80	12 m, 1"	+ 2.08	37.09	2.12	22 m, 1"
8	1	1.06	1.44	1.06	0.84	12 m, 3/4"	+ 0.88	35.84	1.06	48 m, 1"
9	2	1.06	2.23	2.12	2.40	36 m, 1"	+ 1.51	38.82	2.12	48 m, 1¼"
10	2	1.06	2.23	2.12	1.68	24 m, 3/4"	+ 2.46	39.05	2.12	60 m, 1"
11	2	1.06	1.44	2.12	2.40	36 m, 1"	+ 2.85	39.37	4.24	52 m, 1¼"
12	2	1.06	2.08	2.12	0.80	12 m, 1"	+ 1.17	36.73	2.12	14 m, 1"
13	2	1.06	1.80	2.12	0.84	12 m, 3/4"	+ 0.55	35.87	2.12	206 m, 1"
14	2	1.06	1.36	2.12	1.60	24 m, 1"	+ 1.79	37.43	2.12	44 m, 1"
15	2	1.06	1.44	2.12	1.60	24 m, 1"	+ 2.03	37.75	2.12	30 m, 1"
16	2	1.06	2.53	2.12	0.80	12 m, 1"	+ 2.74	38.75	2.12	20 m, 1"
17	2	1.06	1.53	2.12	1.60	24 m, 1"	+ 2.06	38.16	2.12	54 m, ¾"
18	2	1.06	1.53	2.12	2.40	30 m, 1"	+ 2.20	38.81	2.12	34 m, ¾"
19	2	1.06	2.53	2.12	0.84	12 m, 3/4"	+ 2.16	37.21	2.12	12 m, 1"
20	2	1.06	2.53	2.12	0.80	12 m, 1"	+ 2.21	38.22	2.12	22 m, 1"
21	2	1.06	2.23	2.12	2.40	36 m, 1"	+ 2.44	39.75	2.12	18 m, 1"
22	2	1.06	2.23	2.12	0.80	12 m, 1"	+ 2.36	38.07	2.12	6 m, 1"
23	2	1.06	2.53	2.12	1.64	24 m, 3/4"	+ 2.62	39.74	2.12	6 m, 1"
24	2	1.06	2.53	2.12	0.84	12 m, 3/4"	+ 1.92	37.97	2.12	8 m, 1"
25	2	1.06	2.53	2.12	0.84	12 m, 3/4"	+ 1.94	37.99	2.12	10 m, 1"
26	2	1.06	2.53	2.12	0.84	12 m, 3/4"	+ 1.76	37.81	2.12	4 m, 1"

C. CAUDAL DE LA RED DE TUBERÍAS

En los cuadros 17 y 18 se observa los diferentes caudales de agua conducidos en la red de tuberías que conforman el sistema; en el primero, para tubería lateral, múltiple y secundaria; el cuadro 18 muestra las líneas de conducción y distribución (subprincipal y principal, respectivamente).

En dichos cuadros se presentan los diámetros y presiones nominales, requeridos para los diferentes caudales en cada uno de los tramos.

D. TUBERÍA SUBPRINCIPAL Y PRINCIPAL

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

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

En cuanto a la tubería principal cabe mencionar que para el dimensionamiento de toda la red se trabajó con el diámetro interior de las tuberías que presentan las respectivas casas distribuidoras. Para la selección del diámetro y presión de la tubería principal se realizó una serie de cálculos a través de un programa de diseño hidráulico (hoja electrónica) la cual puede observarse en el cuadro 31A para cada uno de los tramos de tubería principal se consideró el caudal conducido así como el diámetro y presión nominal más apropiado para mantener una adecuada velocidad y cumplir con la carga hidráulica requerida; los desniveles entre cada una de las estaciones también fueron considerados.

En el cuadro a continuación puede observarse una serie de características hidráulicas de importancia consideradas para el diseño de la red de tuberías, así mismo se presenta los diferentes caudales transportados en las líneas de conducción y distribución.

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

La línea piezométrica fue de utilidad para observar cual era la carga de presión disponible (CHD) en cada uno de los tramos y ver si cumplía con los requerimientos para el funcionamiento apropiado del sistema. Así mismo sirvió de parámetro para seleccionar la tubería nominal que se adecuara a cada uno de los tramos del proyecto con la finalidad de soportar la carga de presión, y de esa manera evitar ruptura de tuberías por sobrepresión. La línea piezométrica de cada tramo puede observarse en las figuras 16A – 20A.

Los diámetros de las tuberías así como información útil para el diseño hidráulico se presentan en el cuadro 18.

CUADRO 18. Características hidráulicas de la línea de conducción y distribución

ESTACIÓN	PUNTO OBSERVADO	COTA (m)	CAUDAL (m³/h)	VELOCIDAD DIÁMETRO INTERNO (m/s)	CARGA FINAL TRAMO (m)	CARGA DE PRESIÓN (PSI)	DÍAMETRO NOMINAL	PRESIÓN NOMINAL (PSI)
0	1	997.28	36.22	0.82	1128.00	185.68	5"	250
0	0	1000.00	36.22	0.82	1127.95	181.75	5"	250
0	2	1024.85	36.22	0.82	1127.69	146.08	5"	250
2	3	1044.32	36.22	0.75	1127.51	118.16	5"	160
3	4	1059.93	36.22	0.73	1127.34	95.75	5"	125
4	5	1064.59	36.22	0.73	1127.22	88.97	5"	125
5	6	1065.02	36.22	0.73	1127.16	88.26	5"	125
6	7	1064.93	36.22	0.73	1127.07	88.26	5"	125
7	8	1068.41	36.22	0.73	1126.98	83.19	5"	125
8	9	1074.87	36.22	0.71	1126.88	73.87	5"	100
9	10	1084.25	36.22	0.71	1126.67	60.26	5"	100
10	11	1089.33	36.22	0.71	1126.51	52.82	5"	100
11	12	1092.85	36.22	0.71	1126.23	47.42	5"	100
12	13	1095.22	36.22	0.71	1125.96	43.66	5"	100
13	14	1102.09	36.22	0.71	1125.49	33.24	5"	100
14	15	1104.78	36.22	0.71	1125.29	29.13	5"	100
15	16	1110.04	36.22	0.71	1125.03	21.29	5"	100
16	17	1115.75	36.22	0.71	1124.88	12.98	5"	100
	17	1115.75	36.22	1.03	1115.75	0.00	4"	100
17	18	1114.31	36.22	1.03	1115.58	1.27	4"	100
18	19	1104.13	36.22	1.03	1115.05	10.92	4"	100
19	20	1096.20	36.22	1.03	1114.50	18.30	4"	100
20	21	1087.69	36.22	1.03	1113.92	26.23	4"	100
21	22	1082.35	36.22	1.03	1113.53	31.18	4"	100
22	23	1078.99	36.22	1.03	1113.29	34.30	4"	100
23	24	1070.57	36.22	1.03	1112.83	42.26	4"	100
24	25	1069.75	36.22	1.03	1112.52	42.77	4"	100
25	26	1069.52	36.22	1.03	1112.30	42.78	4"	100
26	27	1069.52	36.22	1.03	1112.09	42.57	4"	100
27	28	1068.70	36.22	1.03	1111.61	42.91	4"	100
28	29	1064.92	36.22	1.03	1111.18	46.26	4"	100
29	30	1053.85	36.22	1.03	1110.60	56.75	4"	100
30	31	1046.10	36.22	1.11	1109.92	63.82	4"	100
31	32	1044.90	36.22	1.11	1109.50	64.60	4"	100
32	33	1037.09	36.22	1.11	1109.03	71.94	4"	100
33	34	1025.88	36.22	1.15	1108.00	82.12	4"	125
34	35	1017.70	36.22	1.15	1107.01	89.31	4"	125
35	36	1007.89	36.22	1.26	1105.92	98.03	4"	125
36	37	1002.25	36.22	1.26	1105.57	103.32	4"	160
37	38	998.90	36.22	1.26	1105.27	106.37	4"	160
38	39	998.36	36.22	1.28	1105.11	106.75	4"	hg
39	40	1001.06	36.22	1.26	1104.41	103.35	4"	160
40	41	1006.62	36.22	1.26	1103.76	97.14	4"	125
41	42	1008.67	36.22	1.26	1102.50	93.83	4"	125
42	43	1004.56	36.22	1.26	1101.03	96.47	4"	125
43	44	1003.52	36.22	1.26	1099.93	96.41	4"	125
44	45	1003.07	36.22	1.26	1099.40	96.33	4"	125
45	46	1000.82	36.22	1.26	1097.93	97.11	4"	125

46	47	1003.18	36.22	1.90	1095.09	91.91	3"	125
47	48	1010.95	36.22	1.84	1090.33	79.38	3"	100
48	49	1017.19	36.22	1.79	1086.09	68.90	3"	100
49	50	1020.09	36.22	1.79	1084.03	63.94	3"	100
50	51	1020.06	36.22	1.79	1082.17	62.11	3"	100
51	52	1021.52	36.22	1.79	1079.44	57.92	3"	100
52	53	1024.57	36.22	1.79	1077.38	52.81	3"	100
53	54	1022.70	36.22	1.79	1075.59	52.89	3"	100
54	55	1020.26	36.22	1.79	1073.41	53.15	3"	100
55	56	1016.79	36.22	1.79	1070.22	53.43	3"	100
56	57	1015.87	36.22	1.79	1067.23	51.36	3"	100
57	58	1015.60	36.22	1.79	1064.77	49.17	3"	100
58	59	1013.27	36.22	1.79	1061.92	48.65	3"	100
59	60	1008.87	36.22	1.79	1059.53	50.66	3"	100
60	61	1007.35	36.22	1.79	1058.48	51.13	3"	100
61	62	1002.65	36.22	1.79	1056.63	53.98	3"	100
62	63	998.11	36.22	1.79	1054.31	56.20	3"	100
63	64	992.35	36.22	1.79	1052.87	60.52	3"	100
64	65	988.34	20.24	2.17	1050.05	61.71	2"	100
65	66	984.14	20.24	2.17	1046.79	62.65	2"	100
66	67	973.85	19.17	2.06	1040.48	66.63	2"	100
67	68	964.96	19.17	2.06	1033.61	68.65	2"	100
68	69	956.82	19.17	2.06	1026.46	69.64	2"	100
69	70	954.24	15.98	1.72	1023.09	68.85	2"	100
70	71	951.45	14.91	1.60	1017.83	66.38	2"	100
71	72	947.97	12.78	1.37	1016.11	68.14	2"	100
72	73	944.65	12.78	1.37	1014.90	70.25	2"	100
73	74	940.83	9.59	1.61	1012.92	72.09	1.5"	100
74	75	939.48	8.52	1.43	1012.13	72.65	1.5"	100
75	76	916.36	8.52	1.43	1004.59	88.23	1.5"	125
76	77	910.33	6.39	1.44	999.96	89.63	1.25"	125
77	78	899.93	6.39	1.44	989.15	89.22	1.25"	125
78	79	898.70	6.39	1.44	984.99	86.29	1.25"	125
79	80	892.47	6.39	1.44	982.83	90.36	1.25"	125
80	81	887.34	5.33	1.20	977.34	90.00	1.25"	125
81	82	900.70	3.20	1.15	973.37	72.67	1"	125
	64	992.35	14.91	1.60	1052.87	60.52	2"	100
64	64 a	977.13	14.91	2.50	1046.90	69.77	1.5"	100
64 a	64 b	963.41	10.65	2.41	1038.20	74.79	1.25"	125
64 b	64 c	957.11	8.52	1.93	1035.93	78.82	1.25"	125
64 c	64 d	945.55	8.52	1.93	1033.02	87.47	1.25"	125
64 d	64 e	935.76	7.46	1.69	1028.34	92.58	1.25"	125
64 e	64 f	928.29	5.33	1.92	1020.04	91.75	1"	125
64 f	64 g	918.49	3.20	2.05	1003.22	84.73	0.75"	250

6.8.3. SISTEMA DE BOMBEO

Se requiere de un sistema de bombeo para poder enviar el agua desde el punto donde se localiza el río Expuná hasta la ubicación del tanque de distribución. Fue de utilidad considerar que se tiene una carga dinámica total de 130.72 m; el caudal a conducir es de 36.22 m³/h. De acuerdo a catálogos de casas comerciales se seleccionó una bomba eléctrica que opera a través de energía trifásica marca "Grundfos"

de 25 caballos de fuerza, 75% de eficiencia y carga neta de succión positiva de 3.10 m.. Así mismo dicha bomba incluye sus respectivos accesorios de succión y descarga. La curva se presenta en la figura 14A.

6.8.4. SISTEMA DE VÁLVULAS

Para favorecer el funcionamiento apropiado del sistema se colocarán un total de 5 válvulas de aire y 4 válvulas de drenaje desde el tramo que comprende la captación de agua hasta el final de la línea de tubería principal, con lo cual se asegura mantener lo más limpio posible las tuberías y evitar que se tapen, así como el funcionamiento apropiado de los aspersores, mientras que las de aire permitirán mantener un flujo de agua más uniforme. La colocación de cada una de ellas estuvo determinada por el perfil del suelo. Ver figuras 16A - 20A. Las cajas para la protección de dichas válvulas se presentan en las figuras 24A y 25A.

6.8.5. OBRAS CIVILES

Las obras necesarias dentro del proyecto se presentan a continuación:

A. Muro de captación

Será colocado en el río Expuná para que pueda constituir el medio para tomar el agua por parte de la bomba; utilizando materiales como cemento, hierro corrugado, arena, piedrín, etc. Figura 21A.

B. Paso de zanjón tipo "C"

De acuerdo a las características de relieve fue necesario considerar la construcción de un paso de zanjón para poder conducir el agua, se utilizará un tubo de hierro galvanizado de 4 pulgadas y los cimientos estarán constituidos de una base sólida compuesta por cemento, arena, piedrín, hierro, etc. Figura 22A.

C. Caja para válvulas

Para la protección de válvulas de drenaje y aire es necesario la construcción de un total de 9 cajas de concreto utilizando cemento, arena, piedrín, alambre, etc. Los materiales se presentan en el cuadro 37A y 38A. los diagramas se presentan en las figuras 24A y 25A respectivamente.

D. Caseta para la unidad de bombeo

La unidad de bombeo será colocada dentro de una caseta que servirá para el resguardo de sus componentes, la caseta diseñada fue de características resistentes a cualquier eventualidad utilizando cemento, block pomez, balcones, puerta de metal, etc. Figura 26A.

E. Tanque de distribución

De acuerdo a las necesidades del proyecto se consideró la construcción de un tanque de distribución con una capacidad de 45 m³ donde posteriormente se tomará el agua por gravedad y será conducido por tuberías al área de riego, este fue diseñado de materiales tal que resistan la presión ejercida

por el agua almacenada en dicho tanque, fueron considerados materiales como cemento, hierro, piedrín, etc. Figura 27A.

6.9. ANÁLISIS DE MERCADO

Es importante mencionar los siguientes aspectos:

6.9.1. MERCADOS POTENCIALES

Los productos obtenidos a través del proyecto se pueden llegar a vender en diferentes lugares como se muestra a continuación:

- a) Mercado de aldea El Triunfo: Esta aldea sería la alternativa más factible para vender los productos agrícolas ya que se ubica a solo 3 km., el día de plaza se lleva a cabo los sábados.
- b) Mercados municipales de San Miguel Ixtahuacán, Concepción Tutuapa y Tejutla: Estos son tres municipios que podrían constituir mercados potenciales importantes, en San Miguel Ixtahuacán los días de plaza se desarrolla los domingos y miércoles y se encuentra a una distancia de 12 km. Concepción Tutuapa se ubica a 18 km. de Chilibe, el día importante es el miércoles. Tejutla posee actividad económica de importancia el día domingo y se encuentra a 24 km.
- c) Mercados municipales y terminales de San Pedro Sacatepequez y San Marcos: En ambas ciudades se vende productos agrícolas todos los días de la semana y se encuentran a 60 km. de distancia respecto al área del proyecto Chilibe.
- d) Otros mercados: También puede considerarse de importancia la comercialización de los productos en las aldeas Salitre (San Miguel Ixtahuacán) y Temuj (Comitancillo) que se ubican a 12 y 10 km., los días de plaza se llevan a cabo los viernes y lunes respectivamente.

6.9.2. CANALES DE COMERCIALIZACIÓN Y/O DISTRIBUCIÓN

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

- a) Venta directa: Consiste en trasladar los productos agrícolas por parte de los agricultores que forman parte del proyecto Chilibe de forma directa a las diferentes terminales y mercados, habiendo necesidad de considerar el flete desde la ubicación del proyecto hacia los lugares que sean definidos.
- b) Intermediarios: Conformado por aquellas personas que llegan directamente al campo y compran la producción a los agricultores y posteriormente la trasladan a determinadas aldeas y municipios para su comercialización.
- c) Empresas agrícolas: Actualmente no existe ninguna empresa que comercialice los productos agrícolas que se generan en la aldea Chilibe.

6.10. ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO

6.10.1. COSTOS

A. COSTOS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

Los costos de producción en que se incurre por parte de los agricultores para sembrar una hectárea de terreno es de Q 3,150.00 y Q 4,295.00 para maíz y frijol respectivamente, los cuales son cultivados una vez al año durante la época de lluvia. A través del proyecto de riego se desea implementar el cultivo de coliflor (Q 16,750.00); papa (Q 14,000.00) y brocolí (Q 15,800.00); costos que son necesarios para producir en un área de una hectárea.

B. COSTOS DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

El detalle de los costos de inversión y obras civiles, se presenta en los cuadros 36A y 43A respectivamente. El costo de construcción se determinó considerando que un hombre puede zanjear, pegar y tapar 12 metros lineales de tubería, así como la instalación de accesorios para el sistema. Los costos de administración constituyen un 30% de los costos de inversión del proyecto.

Para estimar el costo de funcionamiento de la bomba, se determinó que la bomba posee un consumo de energía de 18.75 kilovatios/hr. y el precio de un kilovatio es de Q0.49.

Un ciclo de riego (con frecuencia de 6 días) tiene una duración total 64 horas, si la bomba opera en los meses críticos que son de noviembre a mayo, son necesarios 36 ciclos de riego para un total de 2315 horas. El consumo total de kilovatios en un año sería de 43,407 con un costo de Q 21,270.

El mantenimiento del sistema requiere de Q 11,000 para pagar los servicios de un guardián, quien se encargará de la revisión de tuberías y operación de la bomba.

Los costos necesarios para la construcción del proyecto se presentan de forma resumida en el cuadro 19, mientras que la serie de detalles que lleva consigo el mismo se presenta en los cuadros 32A – 43A.

CUADRO 19. Costos totales de la implementación del proyecto Chilibe

DESCRIPCIÓN	PRECIO TOTAL (Q)
COSTO DE INVERSIÓN (tuberías, accesorios, equipo de riego, etc)	210,852.76
COSTO DE OBRAS CIVILES	84,332.68
COSTO DE CONSTRUCCIÓN	39,870.00
COSTO DE ADMINISTRACIÓN PARA LA INSTALACIÓN	63,255.83
TOTAL	398,311.27

C. COSTOS FINANCIEROS

a. ESTIMACIÓN DE COSTOS, INGRESOS Y BENEFICIOS AGRÍCOLAS CON PROYECTO VERSUS SIN PROYECTO

En los cuadros 20 y 21 se presenta la información relacionada con los cultivos y su producción sin el proyecto y con la implementación del mismo.

CUADRO 20. Situación de los cultivos sin proyecto

Cultivo	Cosechas	Precio unidad	Hectárea	Producción por ha	Producción Anual	Ingresos	Costos por ha	Costos Totales	Ingreso neto
Maíz	1	70.00	4.2	35 **	147.00 **	10,290.00	3,150.00	13,230.00	- 2,940.00
Frijol	1	270.00	3.3	23 **	75.90 **	20,493.00	4,295.00	14,173.50	6,319.50
Total			7.5			30,783.00		27,403.50	3,379.50

** Quintales

CUADRO 21. Situación de los cultivos con proyecto

Cultivo	Cosechas	Precio unidad	Hectárea	Producción por ha	Producción Anual	Ingresos	Costos por ha	Costos Totales	Ingreso neto
Coliflor	2	22.68	2.8	1400 *	7840 *	173,891.20	16,750.00	93,800.00	80,091.20
Papa	2	90.63	2.8	360 **	2016 **	182,710.08	14,000.00	78,400.00	104,310.08
Brocolí	2	18.72	1.9	1200 *	4560 *	85,363.20	15,800.00	60,040.00	26,323.20
Total			7.5			441,964.48		232,240.00	210,724.48

* Redes (unidad de medida de 13-18 unidades)

** Quintales

b. ESTIMACIÓN DE SERVICIOS DE LA DEUDA

Para establecer la forma adecuada de la amortización de la deuda se consideró un vida útil del proyecto de 20 años, un periodo de gracia para el pago de 2 años a una tasa de interes del 10.5% que es con la cual se manejan los proyectos del Plan de Acción para la Modernización y Fomento de la Agricultura bajo Riego (PLAMAR). Con los datos anteriores la amortización de la deuda se determinó en el cuadro 22.

CUADRO 22. Amortización de la deuda para el proyecto Chilibe

AÑO	INTERES	CAPITAL	CAPITAL + INTERES	SALDO
1	0.00	0.00	0.00	398,311.27
2	0.00	0.00	0.00	398,311.27
3	41,822.68	79,662.25	121,484.94	318,649.02
4	33,458.15	79,662.25	113,120.40	238,986.76
5	25,093.61	79,662.25	104,755.86	159,324.51
6	16,729.07	79,662.25	96,391.33	79,662.25
7	8,364.54	79,662.25	88,026.79	0.00

c. FLUJO DE FONDOS

En el cuadro 23 se presenta el flujo de fondos para el proyecto Chilibe considerando una vida útil del proyecto de 20 años y una tasa de interés de 10.5%

CUADRO 23. Flujo de fondos del proyecto Chilibe

AÑO	BENEFICIOS DEL PROYECTO	COSTOS DE OPERACIÓN	BENEFICIOS NETOS	FACTOR DE DESCUENTO	FLUJOS NETOS DESCONTADOS
0	(398,311.27)	0.00	(398,311.27)	1.000	398,311.27
1	207,344.98	32,270.00	175,074.98	0.905	158,438.90
2	207,344.98	32,270.00	175,074.98	0.819	143,383.62
3	207,344.98	32,270.00	175,074.98	0.741	129,758.93
4	207,344.98	32,270.00	175,074.98	0.671	117,428.89
5	207,344.98	32,270.00	175,074.98	0.607	106,270.49
6	207,344.98	32,270.00	175,074.98	0.549	96,172.39
7	207,344.98	32,270.00	175,074.98	0.497	87,033.84
8	207,344.98	32,270.00	175,074.98	0.450	78,763.66
9	207,344.98	32,270.00	175,074.98	0.407	71,279.33
10	207,344.98	32,270.00	175,074.98	0.368	64,506.18
11	207,344.98	32,270.00	175,074.98	0.333	58,376.63
12	207,344.98	32,270.00	175,074.98	0.302	52,829.53
13	207,344.98	32,270.00	175,074.98	0.273	47,809.53
14	207,344.98	32,270.00	175,074.98	0.247	43,266.54
15	207,344.98	32,270.00	175,074.98	0.224	39,155.24
16	207,344.98	32,270.00	175,074.98	0.202	35,434.61
17	207,344.98	32,270.00	175,074.98	0.183	32,067.52
18	207,344.98	32,270.00	175,074.98	0.166	29,020.38
19	207,344.98	32,270.00	175,074.98	0.150	28,143.03
20	207,344.98	32,270.00	175,074.98	0.136	26,262.79

6.10.2. EVALUACIÓN FINANCIERA

Después de observar los valores que presentó el flujo de fondos anterior se calcularon los indicadores respectivos financieros, los cuales presentaron los siguientes valores:

VAN:	Q 1,047,095.74
TIR:	30%
Relación B/C:	2.23

A. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

El análisis de sensibilidad muestra a continuación la factibilidad del proyecto considerando un aumento de 10% en los costos del proyecto (Q 438,14.39) y una disminución de los ingresos de 10% (Q 186,272.53) y presentó los siguientes resultados:

VAN:	Q 833,819.21
TIR:	22%
Relación B/C:	1.88

6.11. EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA

En base a la boleta de evaluación socioeconómica (cuadro 44A) se determinó que las familias poseen un ingreso mensual promedio de Q350.00; cada una de las familias está integrada por 6 personas como promedio.

La principal actividad económica se basa en la agricultura, aunque existen algunas personas que también se dedican a la carpintería y albañilería. Productos como maíz y frijol son cultivados y utilizados para el consumo familiar, la mano de obra utilizada para dicha actividad es proporcionada por las mismas familias. Ninguno de los habitantes de Chilibe utiliza créditos.

La tenencia y distribución de la tierra presenta una forma de minifundio, cada familia cuenta con un promedio de 4300 a 5000 m² de tierra cultivable para labores agrícolas.

Las viviendas generalmente cuentan con dos ambientes, uno que es utilizado como cocina y comedor, el otro sirve como dormitorio. Las viviendas se encuentran construidas de adobe, madera y block; el techo es de lámina o pajón; el suelo es de tierra o torta de cemento.

La comunidad posee una serie de servicios como lo constituye la energía eléctrica, letrinas, agua potable de forma variable, teléfono comunitario y una escuela que brinda educación a nivel de primaria.

De acuerdo a información recabada con el alcalde auxiliar de la aldea, aproximadamente un 15% de los habitantes emigran a la región costera de San Marcos y Chiapas durante la época de cosecha de café, donde se dedican a la venta de su fuerza de trabajo para obtener ingresos económicos. A través de la implementación del proyecto de riego se verán beneficiadas 26 familias con un total de 148 personas.

6.12. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

El proyecto tendrá las siguientes repercusiones en el ambiente:

A. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE IMPACTO A LOS RECURSOS NATURALES

Puede decirse que el entorno natural del proyecto Chilibe, se encuentra modificado por los núcleos urbanos y sus vías de comunicación. El sitio donde se encuentra ubicado el proyecto, reúne las siguientes características:

- a. Se encuentra relativamente lejos de áreas urbanas.

- b. Posee áreas que requieren plan de manejo y conservación de suelos.
- c. No constituye un área de reserva protegida.
- d. Provoca la destrucción de vegetación natural en pequeño grado.
- e. La disponibilidad de agua superficial es crítica.

La integración de los cultivos a establecer contribuirá en el ambiente al compensar la vegetación natural destruida, sin embargo, para la ejecución del proyecto se requieren productos químicos y biológicos para favorecer la nutrición y protección de cultivos. La desinfección del suelo también puede constituir una fuente de contaminación ambiental significativa. Los envases plásticos de insecticidas, herbicidas y otros productos son considerados desechos tóxicos. Se generará ruido a través del funcionamiento de la bomba eléctrica. El impacto al ambiente que origina la implementación del proyecto es “bajo”.

B. MEDIDAS DE MITIGACIÓN

- a. Evitar la contaminación de la fuente de agua a través de químicos para mantener la calidad del agua proveniente del río Expuná.
- b. Seguir un plan de manejo y conservación de suelos para el área de riego, tomando en cuenta la implementación de terrazas, barreras vivas, barreras muertas, etc.
- c. Reforestar con especies nativas el área de influencia del río Expuná para garantizar el suministro de agua indispensable para el funcionamiento del sistema.
- d. Fomentar prácticas de agricultura orgánica para disminuir el impacto negativo originado por el uso y manejo de pesticidas.
- e. Establecimiento de arboles y arbustos que devuelvan el paisaje y panorama a los costados de la línea de conducción de agua, donde se requiere la tala de algunos de ellos para la introducción de tuberías.
- f. Ubicar la unidad de bombeo en un sitio alejado de viviendas para disminuir el efecto negativo, originado por el ruido y vibración durante la operación de la motobomba.
- g. Realizar programas de fertilización basados en muestreo de suelos para evitar un uso inmoderado e irracional de los mismos.
- h. No tirar envases plásticos que favorezcan la contaminación.

C. CONTROL, SEGUIMIENTO Y ACCIONES COMPLEMENTARIAS

Es necesario revisar periódicamente las medidas de mitigación para mantener un control y seguimiento apropiado de las mismas, por lo que se requiere una programación adecuada de las actividades a desarrollar. Es importante también emprender acciones complementarias como programas de reforestación, control biológico de plagas y canalización de aguas negras.

A continuación se presenta los resultados de la matriz de Leopold para impacto ambiental, que realiza una interacción entre varias características y condiciones del medio ambiente y le da un valor de acuerdo a la magnitud de cada uno como se observa en el cuadro 24.

Características		MATRIZ DE LEOPOLD. ESTUDIO Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO BOMBEO-GRAVEDAD-ASPERSIÓN PARA LA ALDEA CHILIBE, SAN MIGUEL IXTAHUACÁN, SAN MARCOS																																			
		Variación de la calidad ambiental		Intensidad (grado de destrucción)			Extensión			Momento en que se manifiesta			Persistencia			Capacidad de recuperación			Interrelación de acciones y/o efectos		Periodicidad			Necesidad aplicación medidas correctoras			Puntos										
		Positivo	Negativo	Mínimo	Medio	Notable	Total	Puntual	Parcial	Extremo	Total	Ubicación crítica	Inmediato	Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo	Momento crítico	Fuqaz	Temporal	Pertinaz	Permanente	Recuperable	Mitigable	Reversible	Irreversible	Irrecuperable	Simple	Acumulativo	Sinérgico	Continuo	Discontinuo	Periódico	Aparición	Crítico	Severo	Moderado	
Tierra	Suelos		1		1			1				1							2			1					1				2			1			11
	Forma del terreno		1		1			1			0									3			2				0			1					1	0	9
Agua	Superficial		1			2			2				2						2			1					1			1				2			14
	Subterránea		1		1			1				1						1			1					1			1					1		9	
	Calidad		1	0			0				0							1											1					1		4	
Proceso físico	Inundaciones		1	0			0				0					0													1						0		2
	Erosión		1		1			1					2					2			1						1					3	2			14	
	Sedimentación precipitación		1		1			1				1						1			1					0			1						0	7	
	Compactación		1	0			0					1							2				2				1		1						0	8	
Flora	Arboles		1		1			1			0									3			2			0			1					1		10	
	Arbustos		1		1			1			0									3			2			0			1						0	9	
	Pastos		1	0			0				0									3			2			0									0	6	
	Cultivos		1	0				1			0					0						1					1				2				0	6	
	Microflora		1		1			1			0					0							2			0				1					0	6	
	Cosechas	0				2			2		0										3			2						3						12	
Fauna	Pájaros (aves)		1		1			1				1								3		1				0			1						0	9	
	Insectos		1		1			1				1								3		1				0			1						0	9	
	Microfauna		1		1		0				0									3			2			0			1						0	8	
Uso del suelo	Bosques		1		1				2		0								2				2				1		3							0	12
	Pastoreo		1	0				1			0								2				2				1			1					0	8	
	Agricultura	0				2			2		0									3									3							10	
Aspectos estéticos	Paisajes y panoramas		1		1				2			1								3				3			1			1					0	13	
Niveles de vida	Estilo de vida	0				2			2			1							2								1				2					10	
	Salud y seguridad	0			1			1				1							2								1									6	
	Empleo	0				2			2			1						1								1				2						9	
	Densidad poblacional		1		1			1					2					1									1		3						0	10	
Relaciones ecológicas	Salinización de rec. hídricos		1	0			0				0					0					1						1			1					0	4	
	Efectos sobre el aire y clima		1		1			1				1						1				1					1				2				0	8	
	Cadenas alimenticias		1	0			0				0							1								0				1						3	
	Salinización del suelo		1			2			2				2						2			1					1			1				1		11	
Otros	Ruido y vibración		1		1			1						3				1				2				0				1				1		13	
	Uso de pesticidas		1			2			2					4				2				1				0			3				2			16	

6.13. ORGANIZACIÓN DE LOS USUARIOS DE RIEGO

Los beneficiarios del proyecto cuentan actualmente con un comité el cual ha sido el encargado de realizar las respectivas solicitudes que lleva consigo la implementación del sistema de riego, posteriormente dicho comité se convertirá en una Asociación de Usuarios del Proyecto Chilibe, la asociación se constituye en una asamblea general que será el máximo organismo de la misma.

6.13.1. NORMAS Y OPERACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO

Para regular el aprovechamiento óptimo de los recursos se realizó el siguiente reglamento de normas y operación del sistema de riego de la aldea Chilibe.

ARTÍCULO 1. FINES Y OBJETIVOS: Con la emisión de los siguientes artículos se persiguen los siguientes objetivos:

- a) Regular los actos y actuaciones a que deben sujetarse los asociados;
- b) Lograr la participación de los miembros de la asociación en el desarrollo, conservación, preservación y uso racional de los recursos suelo y agua;
- c) Promover el desarrollo integral de los asociados por medio de la participación de los usuarios de dichos sistemas en la identificación y solución de sus propios problemas.

ARTÍCULO 2. ACTIVIDADES: Para lograr sus objetivos la asociación realizará las siguientes actividades:

- a) Gestionar en la forma más conveniente para los intereses de la asociación y sus asociados, préstamos o donaciones con instituciones financieras o de otra índole, sean estatales o privadas, nacionales o extranjeras;
- b) Conceder préstamos que faciliten la realización de sus propósitos y establecer las garantías, intereses y demás condiciones financieras necesarias;
- c) Suscribir convenios o contratos con entidades gubernamentales o no, nacionales o no, para lograr el apoyo a la producción y comercialización de sus productos a nivel local y regional;

ARTÍCULO 3. DERECHOS DE LOS ASOCIADOS. Son derechos de todos los asociados:

- a) Realizar con la asociación todas las actividades que constituyen sus objetivos y disfrutar de los beneficios que obtengan;
- b) Desempeñar los cargos para los cuales sean designados, salvo que prueben estar imposibilitados para su desempeño;

- c) Presentar sugerencias, recomendaciones, críticas o reclamos en cuanto al aprovechamiento de los recursos del sistema , distribución, conservación y cualquier otro relacionado con el manejo de la obra de riego;
- d) Solicitar a la junta directiva asesoría técnica agrícola y la comercialización de sus productos;
- e) Ser representado ante la asamblea general por una persona mayor de edad autorizado cuando no pudiese hacerlo personalmente;
- f) Solicitar y recibir asesoría y asistencia técnica con el objeto de mejorar el aprovechamiento de las aguas, el control de inundaciones y contaminaciones;
- g) Ejercer su derecho de participar con voz y voto en las reuniones y asambleas que se lleven a cabo.

ARTÍCULO 4. OBLIGACIONES DE LOS ASOCIADOS. Se consideran obligaciones de los asociados:

- a) Cumplir con las normas del presente reglamento y demás disposiciones emitidas por la asamblea general en cuanto a operación y mantenimiento del sistema de riego;
- b) Hacer buen uso del agua que se le entregue, evitando su desperdicio y el causar daños y perjuicios a otros usuarios del sistema;
- c) Abstenerse de operar las obras del sistema de riego o alterar el uso de las aguas sin la debida autorización;
- d) Conservar las obras e instalaciones del sistema de riego en perfectas condiciones de servicios y contribuir a la conservación y limpieza de los mismos y demás obras que pasen por sus terrenos, por medio de trabajo personal, de terceras personas o pago de cuotas específicas que para el efecto establezca la asamblea;
- e) Mantener libre de construcciones, cultivos o de cualquier otra clase de obstáculos, conservar y limpiar los derechos de paso establecidos en ambas orillas de la tubería que atraviesen sus terrenos, en los mismos se debe guardar un mínimo de un metro de ancho; sobre los lugares donde pasa la tubería, tampoco se permite realizar construcciones, cultivar y obstaculizar de ninguna manera los mismos;
- f) Cumplir con el pago de las cuotas que con ocasión del uso de aguas, obras y operación de la unidad de bombeo se establezcan;
- g) Utilizar las aguas que abastecen el sistema de riego para la irrigación de los cultivos y no para otros fines;
- h) No modificar la estructura del sistema de riego o construir dentro o sobre dicho sistema, sin el previo estudio técnico correspondiente y posterior autorización de la junta directiva;
- i) Acudir personalmente o por medio de un representante mayor de edad a las reuniones o asambleas.

ARTÍCULO 5. DIETAS Y VIÁTICOS. Los directivos desempeñarán sus cargos ad honorem o en forma gratuita, pero se les podrá reconocer remuneración o dietas por la asistencia a reuniones y viáticos cuando realicen comisiones oficiales de la asociación.

Cuando a un miembro de la asociación se le encomienden asuntos de la organización y se vea obligado a incurrir en gastos de cumplimiento de su misión, éstos le serán reintegrados por el tesorero previa comprobación.

ARTÍCULO 6. SESIONES. La junta directiva se reunirá como mínimo una vez a la semana sin necesidad de previa citación, en el lugar y hora que para el efecto se designe de común acuerdo. De toda sesión se deberá levantar el acta correspondiente.

ARTÍCULO 7. INDEMNIZACIÓN. De conformidad con la ley, todo propietario de terreno que otorgue una servidumbre para conducción de aguas con su correspondiente derecho de paso, no podrá exigir indemnización alguna, si su terreno se beneficia con el riego.

ARTICULO 8. CUOTA. Además de lo dispuesto en los estatutos, con carácter de obligatorio los asociados que quieran tener derecho al agua para riego, se establecen las siguientes cuotas:

- a) Una cuota por inscripción o ingreso a la asociación de Q.50.00;
- b) Una cuota de Q.450.00 por hectárea mensual por el uso de la energía eléctrica (se pagará únicamente cuando en los meses cuando opera la bomba), la cual deberá recaudar el tesorero de la asociación. Esta cuota la fija y aprueba la asamblea general en base al presupuesto elaborado por la junta directiva, la misma deberá invertirse para la administración, operación y mantenimiento de la unidad de riego;
- c) Las cuotas extraordinarias que apruebe la asamblea general.

ARTICULO 9. BIENES DE LA ASOCIACION. Se consideran patrimonio de la asociación los siguientes bienes:

- a) Las aportaciones, donaciones, contribuciones, legados o subsidios que a su favor hagan a cualquier título sus asociados y otras personas individuales o jurídicas, nacionales e internacionales, el estado o sus instituciones;
- b) Los recursos que obtengan como producto por la venta de bienes, derechos, activos e ingresos de cualquier naturaleza provenientes de las actividades y operaciones que realice la asociación sin fines de lucro.

ARTICULO 10. INTERESES POR MORA Y SOLVENCIA DE PAGOS. Cuando un asociado se atrase en el pago de su cuota, se exceptúa la de compensación, deberá pagar un recargo o interés mensual del dos por ciento (2%) sobre el saldo deudor, la junta directiva deberá establecer los plazos en que se deberá cancelar la deuda.

Los asociados que se encuentren al día en sus pagos, recibirán una constancia de solvencia, la cual es necesaria para cualquier trámite en la asociación o para recibir su programación de riego.

ARTICULO 11. FALTAS. Para las normas y operación del sistema de riego se consideran faltas las siguientes:

- a) Destruir o causar daños a compuertas, candados, cadenas, pizarras u otra obra de la infraestructura de riego;
- b) Lavar bombas de fumigar o tirar desechos tóxicos en la fuente de agua o en las obras de infraestructura civil;
- c) Hacer bordas u obstaculizar el libre tránsito de las aguas en las tuberías que atraviesan los terrenos de los usuarios de la unidad de riego;
- d) No asistir o no acreditar un representante a las asambleas generales o extraordinarias a que tienen obligación de asistir;
- e) Hacer mal uso o manejo del agua que provoque desperdicios o daños a otros;
- f) Regar sin autorización o fuera de programación;
- g) Extraer agua de los aspersores o tuberías por otros medios no idóneos sin autorización;
- h) Obstaculizar, desviar o detener las aguas de las fuentes que abastecen el sistema de riego.
- i) No cumplir con las disposiciones emitidas por los órganos competentes de la asociación en materia de operación y mantenimiento de la infraestructura y conservación de las aguas;
- j) Realizar construcciones sobre la infraestructura de riego sin previo estudio y autorización de la junta directiva o de la asamblea general;

ARTICULO 12. SANCIONES Y FALTAS. La comisión de actos considerados como faltas violatorias a las normas contenidas en este reglamento, darán lugar a las siguientes sanciones y multas:

- a) La primera vez, llamada de atención por escrito siempre y cuando no se cause daño a la infraestructura de riego o a terceras personas;
- b) La segunda vez, una multa de Q.50.00, la suspensión de un turno de riego y la reparación de daños y perjuicios si los hubiere;

- c) La tercera vez, una multa de Q.500.00 y dependiendo de la gravedad de la falta o delito se le podrá suspender en sus derechos como asociados por el tiempo que la junta directiva resuelva, inclusive se le podrá separar de la asociación tal y como lo establecen los estatutos, así mismo si ha causado daños y perjuicios procederá a repararlos.
- d) Estas sanciones se aplicarán sin perjuicio de acudir a los tribunales de justicia para denunciar los hechos considerados como delitos por parte de las personas que se consideren afectadas o de la junta directiva.

ARTICULO 13. MULTAS ESPECÍFICAS. Todo usuario que sea sorprendido cometiendo cualquiera de las siguientes infracciones será sancionado con las multas que se establezcan:

- a) Quien haga mal uso y manejo del agua o la utilice fuera de turno o programación, una multa de Q.50.00, si hay reincidencia se aplicará el numeral d del artículo anterior;
- b) El usuario que construya sobre la infraestructura o en los derechos de vía o de paso, dependiendo de la magnitud de la obra una multa entre Q.100.00 y Q.500.00, suspensión del servicio de riego y demolición de la obra o costa del usuario infractor.

ARTICULO 14. RETIRO DE LOS ASOCIADOS. Este se realizará de conformidad con lo establecido en los estatutos para los asociados y además por las siguientes causas:

- a) Cuando un asociado o usuario esté actuando en contra de los intereses económicos y sociales de la asociación;
- b) Cuando no cumpla con sus obligaciones pecuniarias, estatutarias y contractuales, cuando los hubiere con la asociación.

ARTICULO 15. CASOS NO PREVISTOS. Los casos no previstos en este reglamento serán resueltos por la junta directiva en base a la san crítica o su experiencia y a las costumbres del lugar.

ARTICULO 16. APROBACION Y MODIFICACION. El presente reglamento debe ser aprobado en asamblea general extraordinaria y únicamente este órgano podrá modificarlo.

6.14. FACTIBILIDAD LEGAL DEL PROYECTO

De acuerdo con las circunstancias de los proyectos de desarrollo fue necesario considerar:

A. Derechos sobre el río Expuná

Dichos derechos fueron adquiridos por los beneficiarios del proyecto ante la Municipalidad de San Miguel Ixtahuacán, donde consta el punto exacto donde se tomará el agua y el caudal que se derivará del mismo.

B. Derechos de propiedad de los terrenos

Los derechos sobre cada uno de los terrenos sobre los cuales se diseñó el sistema serán entregados por el comité de beneficiarios de riego a la institución financiante, así como dicho comité cuenta con una copia de cada uno de los documentos legales necesarios para la implementación del proyecto.

C. Derechos de construcción de obras civiles

Fue necesario la elaboración de un acta donde se proporcionó por parte de la municipalidad de San Miguel Ixtahuacán el derecho de construcción de la captación de agua, tanque de distribución, paso de zanjón tipo "C", etc.

D. Derechos de paso

El diseño de la línea de conducción y distribución se realizó a través de veredas y caminos comunales en su mayoría, debido a la facilidad del permiso dado por la municipalidad de San Miguel Ixtahuacán. En la trayectoria de distribución, los terrenos por donde se pasa serán beneficiados por el proyecto.

7. CONCLUSIONES

1. De acuerdo a las características de la región del proyecto Chilibe, se consideró el diseño para el cultivo de papa con una evapotranspiración máxima de 3.85 mm/día, para un suelo franco arenoso que requiere una lámina de riego de 29.60 mm; con una frecuencia máxima de riego de 6 días. El aspersor seleccionado presenta una intensidad de riego de 7.4 mm/h y no sobrepasa la infiltración básica del suelo de 9.29 cm/h.
2. La fuente de suministro es el río Expuná que presenta una calidad de agua C1S1, la demanda del proyecto requiere un caudal de 10 LPS (36.03 m³/hr). y con la implementación del proyecto se cultivará un área de 7.5 hectáreas en cualquier época del año.
3. El proyecto de riego es técnicamente factible mediante un sistema bombeo-gravedad-aspersión que presenta un costo total para ser implementado de Q 398,311.27, los cuales se estimaron en los siguientes rubros: costos de inversión Q 210,852.76, de obras civiles Q 84,332.68; de construcción de Q 39,870.00 y de administración para la instalación de Q 63,255.83.
4. Los indicadores financieros muestran un valor actual neto de Q 1,047,095.74 , una tasa interna de retorno de 30% y una relación beneficio costo de 2.23:1 por lo que se establece que económicamente el proyecto es rentable.
5. El sistema de riego beneficiará a 148 personas integradas en 26 familias que poseen un ingreso mensual promedio de Q350.00, dichas familias cuentan con un promedio de 4300 a 5000 m² de terreno para labores agrícolas, los productos obtenidos son utilizados para el consumo familiar.
6. La implementación del proyecto tendrá un impacto positivo en las familias beneficiadas, ya que se puede mejorar el nivel de vida de las mismas por medio de un ingreso neto de Q 14,048.30 por hectárea cultivada, llegando a obtenerse de 2 a 3 cosechas por año.

8. RECOMENDACIONES

1. Reforestar con especies nativas el área de influencia del nacimiento Ixponá para favorecer su conservación y provisión continua de agua.
2. Impulsar prácticas de agricultura orgánica, control biológico de plagas y canalización de aguas negras, para disminuir la contaminación ambiental.
3. Supervisar el uso eficiente y racional del recurso hídrico.
4. Proporcionar un mantenimiento periódico para el funcionamiento apropiado del sistema.
5. Establecer prácticas de conservación de suelos en terrenos con pendiente pronunciada y evitar de esa manera la degradación de los suelos.
6. Capacitar a los beneficiarios del proyecto sobre el mantenimiento y operación apropiada del sistema de riego, tecnología de la producción, organización, principios de administración y comercialización de productos.
7. Cumplir las normas que regirán el mantenimiento y operación del sistema.
8. Brindar asistencia técnica para el manejo apropiado de cultivos potenciales de la región.
9. Si se desea incrementar el área de riego es necesario considerar una ampliación del número de horas de operación diaria del proyecto.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. ALVAREZ CISNEROS, E.A. 1981. Estudio y diseño para la introducción de riego por aspersión en la aldea Patzaj. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 74 p.
2. CABRERA CRUZ, R.O. 1984. Estudio y diseño para la implementación de riego por aspersión en la aldea Los Tecomates, Palencia, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 64 p.
3. CASTILLO ORELLANA, S. 1989. Análisis y calidad del agua con fines de riego. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Instituto de Investigaciones Agronómicas. 108 p.
4. CRUZ S., J.R. DE LA 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
5. FOTH, H.D. 1986. Fundamentos de la ciencia del suelo. Trad. por Antonio Marino Ambrosio. México, CECSA. 433 p.
6. GAVANDE, S.A. 1982. Física de los suelos, principios y aplicaciones. México, Limusa. 350 p.
7. GOMEZ CRUZ, C.A. 1983. Estudio de introducción y diseño de riego por aspersión para la aldea Marajuma, Morazán, El Progreso. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 89 p.
8. GRASSI, C.J. 1975. Estimación de los usos consuntivos y requerimientos de riego con fines de formulación y diseño de proyectos. Mérida, Venezuela, CIDIAT. 88 p.
9. _____. 1984. Métodos de riego. Mérida, Venezuela, CIDIAT. 265 p.
10. HERRERA IBAÑEZ, I.H. 1995. Manual de hidrología. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 223 p.
11. LÓPEZ, J.R. *et al.* 1997. Riego localizado. Madrid, España, MundiPrensa. 405 p.
12. LÓPEZ RODRIGUEZ, M.N. 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, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 97 p.
13. MANUAL DE riego por aspersión. 1982. Venezuela, CIDIAT. 135 p.
14. MOYA TALENS, J.A. 1998. Riego localizado y fertirrigación. 2 ed. España, MundiPrensa. 392 p.
15. PEÑA PEÑA, E. *et al.* 1979. Funcionamiento hidráulico, diseño y evaluación de sistemas de riego por goteo. Durango, México, CENAMAR. 161 p.

16. RIEGO Y DRENAJE. 1978. México, Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria. 92 p.
17. ROMERO ORELLANA, F.R. 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, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 61 p.
18. SANDOVAL ILLESCAS, J.E. 1977. Diseño de dos sistemas de riego (aspersión y goteo) para el campo experimental de la Facultad de Agronomía. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 72 p.
19. _____. 1983. Principios de riego y drenaje. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 345 p.
20. SANTA OLALLA MAÑAS, F.M. DE; JUAN VALERO, J.A. DE. 1993. Agronomía del riego. Madrid, España, MundiPrensa. 732 p.
21. SIMMONS, C.S.; TARANO, J.M. ; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.
22. SOLORZANO HERNÁNDEZ, J.I. 1983. Estudio de factibilidad para la introducción de riego en el valle Chuyá, Santo Domingo Xenacoj, Sacatepéquez. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 73 p.
23. TARJUELO MARTIN-BENITO, J.M. 1995. El riego por aspersión y su tecnología. Madrid, España, Mundi-Prensa. 491 p.
24. VEGA SERRANO, J.F. 1992. Métodos de diseño, operación y mantenimiento de riegos dirigido a técnicos de DIGESA. Guatemala, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Dirección General de Servicios Agrícolas. Guatemala. 83 p.
25. WHITERS, B.; VIPOND, S. 1978. El riego, diseño y práctica. México, Diana. 35 p.

10. APÉNDICE

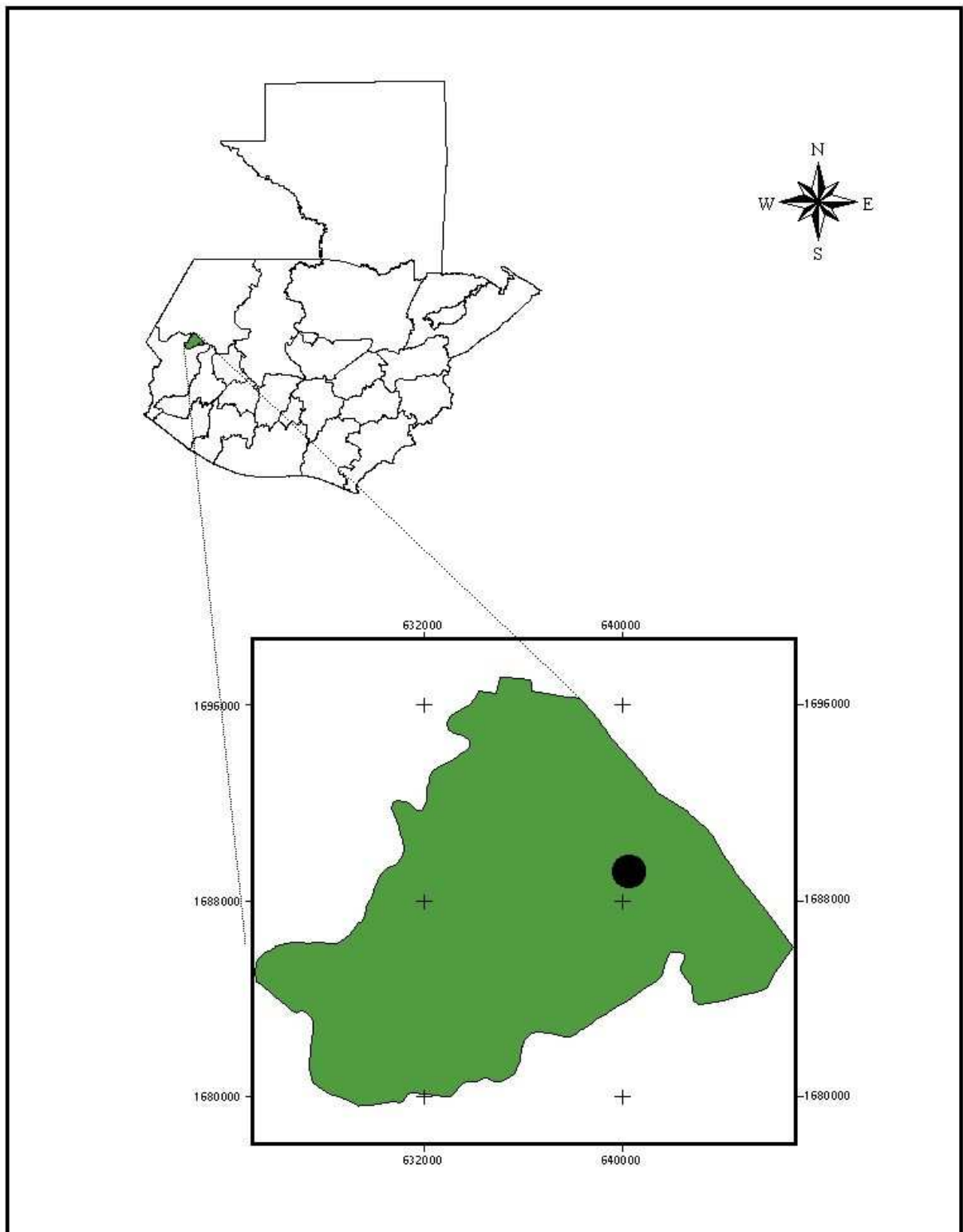


FIGURA 7A. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ALDEA CHILIBE



FIGURA 8A. VÍA DE ACCESO A LA ALDEA CHILIBE



FIGURA 9A. HOJA CARTOGRÁFICA CONCEPCIÓN TUTUAPA No.1861 IV



FIGURA 10A. FOTOGRAFÍA AÉREA DEL ÁREA DE ESTUDIO

CUADRO 25A. LIBRETA DE NIVELACIÓN TAQUIMÉTRICA

EST	PO	HS	HM	HI	AZIMUT	CENITAL	AI	OBSERVAC	DH	DIF H	COTA
0	1	1.70	1.65	1.60	161°41'42"	104°09'18"	1.30	Fuente agua	9.40	-2.72	997.28
0	2	1.00	0.70	0.40	58°14'54"	63°02'24"	1.30		47.67	-24.85	1024.85
2	3	1.60	1.35	1.10	62°53'58"	64°22'24"	1.32		40.65	-19.47	1044.32
3	4	1.84	1.60	1.36	93°46'06"	69°39'54"	1.33		42.20	-15.61	1059.93
4	5	1.86	1.70	1.54	90°18'54"	80°52'00"	1.35		31.19	-4.66	1064.59
5	6	1.69	1.60	1.51	98°03'06"	87°53'48"	1.37		17.98	-0.43	1065.02
6	7	1.12	1.00	0.88	85°59'36"	91°05'36"	1.55		24.00	0.09	1064.93
7	8	1.72	1.60	1.48	69°58'06"	80°56'06"	1.35		23.40	-3.48	1068.41
8	9	1.55	1.40	1.25	73°47'30"	77°08'42"	1.35	Salida bosque	28.52	-6.46	1074.87
9	10	1.70	1.40	1.10	64°06'06"	80°52'30"	1.39	Inicio camino	58.49	-9.38	1084.25
10	11	1.23	1.00	0.77	64°42'24"	84°11'36"	1.45		45.53	-5.08	1089.33
11	12	1.45	1.00	0.65	56°47'00"	87°45'30"	1.39		79.88	-3.52	1092.85
12	13	1.90	1.50	1.10	45°58'30"	88°09'48"	1.31		79.92	-2.37	1095.22
13	14	2.18	1.50	0.85	61°36'24"	87°00'24"	1.43		132.64	-6.87	1102.09
14	15	1.60	1.30	1.00	53°35'12"	87°34'42"	1.46	Fin camino	59.89	-2.69	1104.78
15	16	1.37	1.00	0.63	65°17'48"	86°13'48"	1.40		73.68	-5.26	1110.04
16	17	1.81	1.60	1.39	106°42'54"	81°54'24"	1.46	Tanque distrib	41.17	-5.71	1115.75
17	18	1.30	1.20	1.10	49°45'54"	94°53'06"	1.46		19.85	1.44	1114.31
18	19	1.00	0.69	0.38	61°12'30"	100°15'00"	1.37	Camino comun	60.04	10.18	1104.13
19	20	1.92	1.60	1.28	91°52'30"	96°59'00"	1.39		63.05	7.93	1096.20
20	21	1.34	1.00	0.66	41°54'36"	97°35'06"	1.39		66.82	8.51	1087.69
21	22	1.00	0.77	0.54	60°38'18"	97°32'54"	1.43		45.21	5.34	1082.35
22	23	0.84	0.70	0.56	96°12'18"	98°34'48"	1.47		27.38	3.36	1078.99
23	24	1.27	1.00	0.73	139°52'24"	99°35'54"	1.46		52.50	8.42	1070.57
24	25	1.00	0.82	0.64	76°06'48"	92°15'42"	1.42		35.94	0.82	1069.75
25	26	0.80	0.67	0.54	58°43'30"	92°20'54"	1.50		25.96	0.23	1069.52
26	27	0.44	0.32	0.20	74°32'30"	92°38'56"	1.43		23.95	0.00	1069.52
27	28	1.28	1.00	0.72	46°51'36"	91°22'06"	1.45		55.97	0.89	1068.70
28	29	1.55	1.30	1.05	31°51'54"	94°38'18"	1.55		49.67	3.78	1064.92
29	30	1.34	1.00	0.66	29°05'30"	99°49'24"	1.36		66.02	11.07	1053.85
30	31	1.33	1.00	0.67	81°31'06"	97°13'18"	1.48		64.95	7.75	1046.10
31	32	1.20	1.00	0.80	92°56'30"	92°10'30"	1.39		39.94	1.13	1044.90
32	33	1.03	0.80	0.57	71°37'12"	100°40'18"	1.36		44.42	7.81	1037.09
33	34	1.92	1.46	1.00	60°57'36"	97°00'36"	1.39		90.63	11.21	1025.88
34	35	2.44	2.00	1.56	52°13'06"	94°58'12"	1.42		87.34	8.18	1017.70
35	36	1.39	1.00	0.61	57°30'18"	97°37'36"	1.45		76.63	9.81	1007.89
36	37	1.13	1.00	0.87	72°11'12"	103°40'48"	1.34		24.55	5.64	1002.25
37	38	1.12	1.00	0.88	62°35'12"	110°06'30"	1.42		21.16	3.35	998.90
38	39	0.64	0.60	0.56	69°14'24"	91°50'00"	1.40	Paso zanjón	08.00	0.54	998.36
39	40	1.25	1.00	0.75	64°16'30"	87°23'00"	1.42	Rastro	49.90	-2.70	1001.06
40	41	1.03	0.80	0.57	63°21'24"	83°45'12"	1.38	Inicio carretera	45.46	-5.56	1006.62
41	42	1.45	1.00	0.55	22°39'30"	88°59'12"	1.46		89.97	-2.05	1008.67
42	43	1.52	1.00	0.48	12°12'36"	92°28'42"	1.38		103.81	4.11	1004.56
43	44	1.00	0.61	0.22	07°47'06"	91°22'24"	1.44		77.96	1.04	1003.52
44	45	1.19	1.00	0.81	40°14'42"	91°25'48"	1.50		37.98	0.45	1003.07
45	46	2.04	1.52	1.00	96°09'42"	91°12'00"	1.45		103.95	2.25	1000.82
46	47	1.37	1.00	0.63	37°27'48"	88°30'24"	1.43		73.95	-2.36	1003.18
47	48	1.67	1.00	0.33	338°32'00"	86°53'00"	1.50		133.60	-7.77	1010.95
48	49	1.64	1.00	0.36	346°40'06"	87°24'34"	1.46		127.74	-6.24	1017.19
49	50	1.31	1.00	0.69	03°24'06"	87°47'30"	1.51		61.91	-2.90	1020.09
50	51	0.98	0.70	0.42	14°30'24"	90°50'00"	1.54		56.00	0.03	1020.06
51	52	1.01	0.60	0.19	352°33'12"	89°39'54"	1.58		82.00	-1.46	1021.52

52	53	1.02	0.71	0.40	50°08'00"	87°52'06"	1.46		61.91	-3.05	1024.57
53	54	0.94	0.72	0.40	13°32'00"	92°44'30"	1.43		53.88	1.87	1022.70
54	55	0.86	0.53	0.20	339°59'48"	92°52'30"	1.40		65.83	2.44	1020.26
55	56	1.48	1.00	0.52	35°49'42"	92°19'30"	1.42		95.84	3.47	1016.79
56	57	1.45	1.00	0.55	05°55'12"	90°50'54"	1.41	Entrada Chilibe	90.00	0.92	1015.87
57	58	0.94	0.57	0.20	351°37'20"	90°28'48"	1.46		74.00	0.27	1015.60
58	59	1.43	1.00	0.57	35°17'00"	91°53'18"	1.50	Cementerio	85.91	2.33	1013.27
59	60	1.00	0.64	0.28	52°30'24"	94°15'24"	1.57		71.60	4.40	1008.87
60	61	0.42	0.26	0.10	41°45'48"	94°50'00"	1.43		31.77	1.52	1007.35
61	62	0.76	0.48	0.20	69°22'36"	95°51'12"	1.46		55.42	4.70	1002.65
62	63	1.70	1.35	1.00	31°46'00"	93°40'18"	1.28		69.71	4.54	998.11
63	64	0.74	0.52	0.30	94°02'30"	98°42'36"	1.35	Final conducc	43.00	5.76	992.35
64	65	1.00	0.81	0.62	59°39'42"	96°50'12"	1.29	Inicio distribuc	37.46	4.01	988.34
65	66	1.00	0.73	0.56	48°36'54"	96°19'48"	1.35		43.47	4.20	984.14
66	67	1.47	1.00	0.53	130°39'30"	96°36'06"	1.45		92.76	10.29	973.85
67	68	1.80	1.29	1.73	106°15'30"	95°05'00"	1.40		101.20	8.89	964.96
68	69	1.50	0.97	0.44	80°51'18"	94°37'48"	1.36		105.31	8.14	956.82
69	70	1.35	1.00	0.65	81°22'12"	92°30'12"	1.47		69.87	2.58	954.24
70	71	1.84	1.22	0.60	61°05'24"	91°22'48"	1.42		123.93	2.79	951.45
71	72	1.27	1.00	0.73	84°36'42"	94°12'48"	1.48		53.71	3.48	947.97
72	73	0.79	0.60	0.41	70°34'42"	96°15'48"	1.40		37.55	3.32	944.65
73	74	1.18	1.00	0.82	48°40'24"	96°44'24"	1.38		35.50	3.82	940.83
74	75	0.40	0.31	0.22	337°54'06"	97°55'00"	1.42		17.66	1.35	939.48
75	76	3.00	2.15	1.30	24°42'48"	97°36'12"	1.33		167.02	23.12	916.36
76	77	1.00	0.57	0.14	53°25'24"	94°36'18"	1.42		85.44	6.03	910.33
77	78	2.20	1.20	0.20	78°44'12"	93°03'42"	1.47		199.43	10.40	899.93
78	79	1.30	0.90	0.50	80°39'42"	91°14'42"	1.41		76.96	1.23	898.70
79	80	3.10	2.90	2.70	14°38'24"	96°51'00"	1.41		39.43	6.23	892.47
80	81	2.50	1.79	1.08	38°19'48"	91°55'18"	1.42		141.84	5.13	887.34
81	82	1.90	1.47	1.04	67°30'00"	80°54'54"	1.42	Final distribuc	83.86	-13.36	900.70
64	64 a	1.75	1.50	1.25	15°23'24"	108°38'00"	1.42	Inicio ramal 1	44.90	15.22	977.13
64 a	64 b	1.62	1.30	0.98	345°25'18"	102°49'48"	1.44		60.84	13.72	963.41
64 b	64 c	1.00	0.87	0.74	346°08'42"	105°54'48"	1.42		24.04	6.30	957.11
64 c	64 d	1.18	1.00	0.82	310°56'42"	110°48'06"	1.39		31.46	11.56	945.55
64 d	64 e	1.00	0.67	0.34	317°25'24"	99°16'18"	1.38		64.29	9.79	935.76
64 e	64 f	1.00	0.65	0.30	07°27'06"	96°48'36"	1.42		69.01	7.47	928.29
64 f	64 g	1.45	1.00	0.55	29°22'00"	96°34'30"	1.44		88.82	9.80	918.49
64 g	64 h	0.90	0.65	0.40	355°31'30"	88°35'30"	1.34		49.97	-1.92	920.41
64 h	64 I	1.00	0.88	0.76	106°50'24"	99°00'06"	1.40	Final ramal 1	23.41	3.19	917.22
69	69 a	1.00	0.92	0.84	49°27'12"	97°26'18"	1.40	Inicio ramal	15.73	1.57	955.25
69 a	69 b	1.20	0.91	0.62	00°38'24"	102°21'00"	1.36		55.35	11.67	943.58
69 b	69 c	2.52	2.00	1.48	354°00'12"	100°41'54"	1.38		100.42	19.59	923.99
69 c	69 d	1.40	1.32	1.24	02°49'54"	106°58'48"	1.42	Final ramal	14.64	4.37	919.62
71	71 a	1.82	1.70	1.58	338°12'00"	88°36'42"	1.38	Inicio ramal	24.00	-0.90	952.35
71 a	71 b	2.70	2.60	2.50	348°21'00"	96°30'30"	1.55		19.74	3.30	949.05
71 b	71 c	3.90	3.73	3.56	336°27'06"	94°18'42"	1.40		33.81	4.88	944.17
71 c	71 d	1.00	0.86	0.72	08°12'00"	104°57'42"	1.38	Final ramal	26.13	6.46	937.71

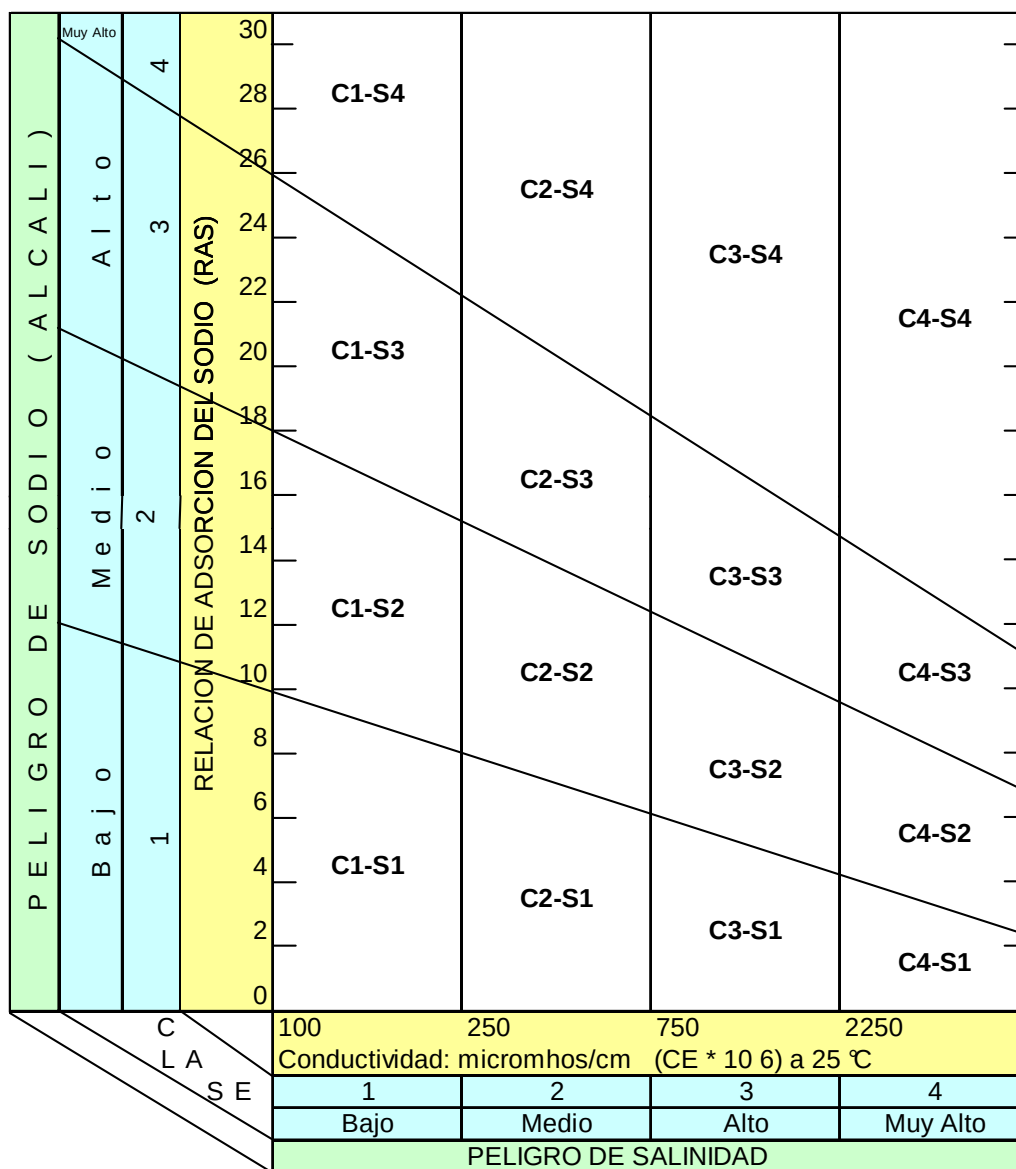


FIGURA 11A. DIAGRAMA DE CLASIFICACIÓN DE AGUAS CON FINES DE RIEGO

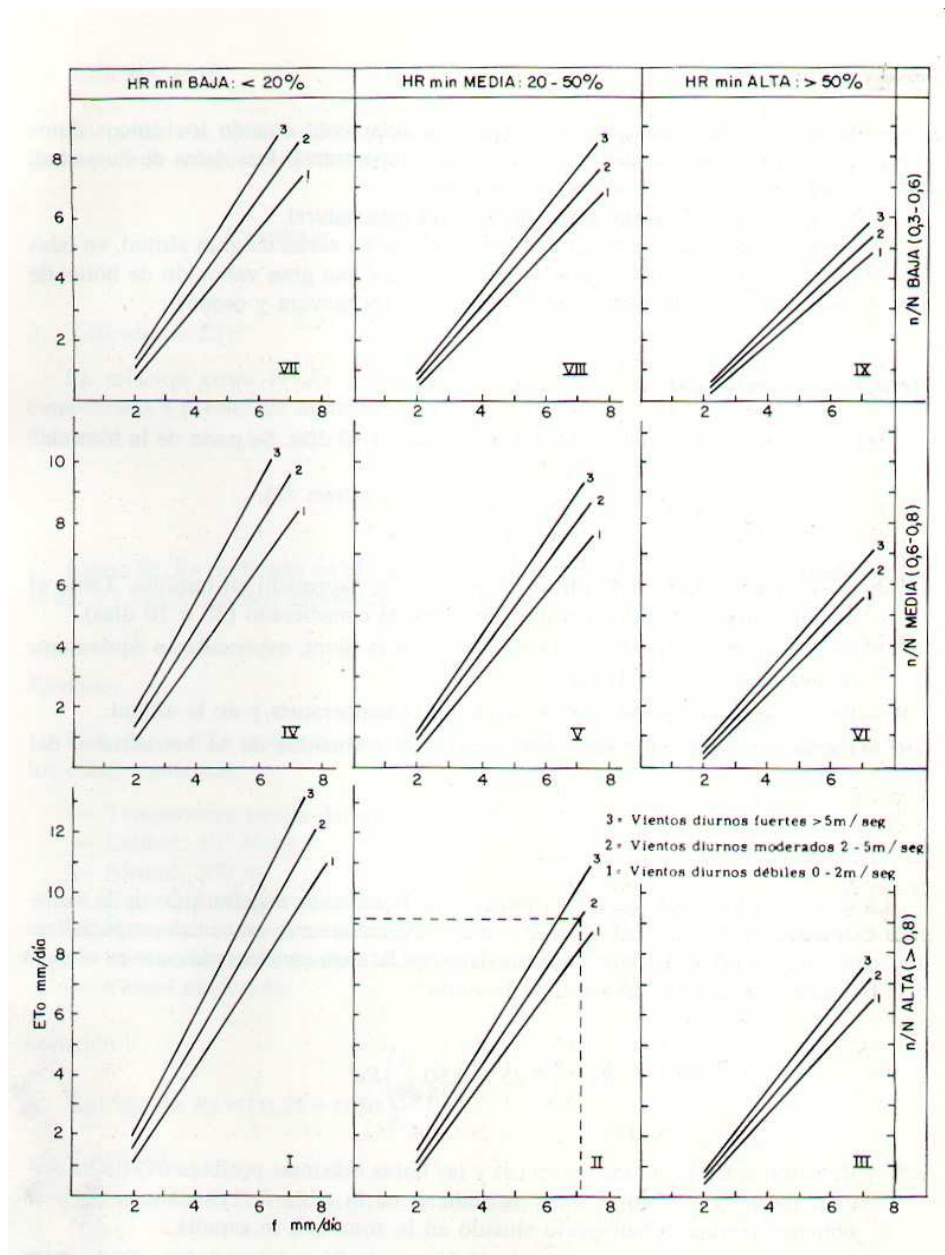


FIGURA 12A. PREDICCIÓN DE ET_0 . A PARTIR DEL FACTOR f DE BLANNY-CRIDDLE

CUADRO 26A. PORCENTAJE DIARIO MEDIO (p) DE HORAS DIURNAS ANUALES A DIFERENTES LATITUDES

Latitud Norte Sur	Ene Jul	Feb. Ago	Mar Sep	Abr Oct	May Nov	Jun Dic	Jul Ene	Ago Feb.	Sep Mar	Oct Abr	Nov May	Dic Jun
60°	0.15	0.20	0.26	0.32	0.38	0.41	0.40	0.34	0.28	0.22	0.17	0.13
58	0.16	0.21	0.26	0.32	0.37	0.40	0.39	0.34	0.28	0.23	0.18	0.15
56	0.17	0.21	0.26	0.32	0.36	0.39	0.38	0.33	0.28	0.23	0.18	0.16
54	0.18	0.22	0.26	0.31	0.36	0.38	0.37	0.33	0.28	0.23	0.19	0.17
52	0.19	0.22	0.26	0.31	0.36	0.38	0.37	0.33	0.28	0.23	0.19	0.17
50	0.19	0.23	0.27	0.31	0.34	0.36	0.35	0.32	0.28	0.24	0.20	0.18
48	0.20	0.23	0.27	0.31	0.34	0.36	0.35	0.32	0.28	0.24	0.21	0.19
46	0.20	0.23	0.27	0.30	0.34	0.35	0.34	0.32	0.28	0.24	0.21	0.20
44	0.21	0.24	0.27	0.30	0.33	0.35	0.34	0.31	0.28	0.25	0.22	0.20
42	0.21	0.24	0.27	0.30	0.33	0.34	0.33	0.31	0.28	0.25	0.22	0.21
40	0.22	0.24	0.27	0.30	0.32	0.34	0.33	0.31	0.28	0.25	0.22	0.21
35	0.23	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.32	0.30	0.28	0.25	0.23	0.22
30	0.24	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.31	0.30	0.28	0.26	0.24	0.23
25	0.24	0.26	0.27	0.29	0.30	0.31	0.31	0.29	0.28	0.26	0.25	0.24
20	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.30	0.29	0.28	0.26	0.25	0.25
15	0.26	0.26	0.27	0.28	0.29	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.25
10	0.26	0.27	0.27	0.28	0.28	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.26
5	0.27	0.27	0.27	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.27	0.27	0.27
0	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27

CUADRO 27A. TABLA DE COEFICIENTES DE APROVECHAMIENTO DE LA LLUVIA

Lluvia observada (mm)	Coefficiente de aprovechamiento	Lluvia efectiva acumulada (mm)
0- 25	0.95	23.7
25 – 50	0.90	46.3
50 – 75	0.82	67.0
75 – 100	0.65	83.0
100 – 125	0.45	94.5
125 – 150	0.25	100.5
> de 150	0.05	—

CUADRO 28A. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO, ÁREA DE PARCELAS, POSICIONES POR PARCELA, NÚMERO DE ASPERSORES POR AGRICULTOR Y TURNO

NÚMERO DE PARCELA	NOMBRE	ÁREA m ²	POSICIONES POR PARCELA	NÚMERO DE ASPERSORES	# ASPERSORES POR TURNO
1	Pedro Méndez	2678	19	2	13 t (1), 3 t (2)
2	Jeronimo Méndez Velázquez	2355	17	2	15 t (1), 1 t (2)
3	Pedro Pérez	2360	17	2	15 t (1), 1 t (2)
4	Alfonso Jeronimo	2460	17	2	15 t (1), 1 t (2)
5	Juan Pérez Méndez	3670	26	2	6 t (1), 10 t (2)
6	Nicolás Aguilar	3334	24	2	8 t (1), 8 t (2)
7	Juan de los Santos Bámaca	2900	21	2	11 t (1), 5 t (2)
8	Gerardo Jeronimo	2032	14	1	14 t (1),
9	Marta Jeronimo Aguilar	4375	31	2	1 t (1), 15 t (2)
10	Santos Tomas González	2458	18	2	14 t (1), 2 t (2)
11	Eva Magdalena Castañón	2896	21	2	11 t (1), 5 t (2)
12	Ricardo Pérez	2770	19	2	13 t (1), 3 t (2)
13	Germán Geronimo Méndez	2430	17	2	15 t (1), 1 t (2)
14	Nicolas Bonifacio Bámaca	2560	18	2	14 t (1), 2 t (2)
15	Hermelindo Aguilar Velázquez	3075	22	2	10 t (1), 6 t (2)
16	Santos Adolfo Bámaca	2800	20	2	12 t (1), 4 t (2)
17	Orlando Reyes	4275	30	2	2 t (1), 14 t (2)
18	Oscar Bámaca	3442	24	2	8 t (1), 8 t (2)
19	Eder Bámaca Mejía	2668	19	2	13 t (1), 3 t (2)
20	Mynor Abel Bámaca	3400	24	2	8 t (1), 8 t (2)
21	Yury Bámaca Mejía	2725	19	2	13 t (1), 3 t (2)
22	Héctor Bámaca Jeronimo	3102	22	2	10 t (1), 6 t (2)
23	Walter Hernández	2640	19	2	13 t (1), 3 t (2)
24	Rogelia Antonia González	2579	18	2	14 t (1), 2 t (2)
25	Omer Bámaca González	2554	18	2	14 t (1), 2 t (2)
26	Ofer Osuel Bámaca	2470	18	2	14 t (1), 2 t (2)
Total		75,008	532	51	

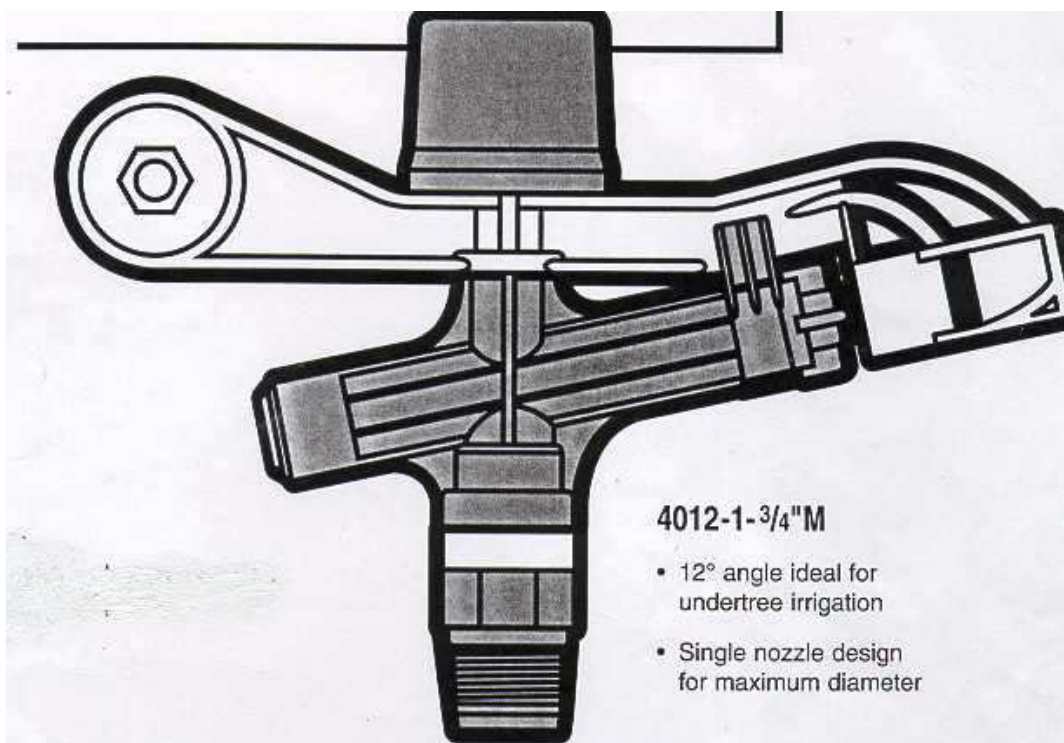


FIGURA 13A. ASPERSOR SENNINGER 4012-1-3/4\"M

Características:

Presión de operación:	45 PSI
Boquilla:	No 10 5/32"
Diámetro de mojado:	25.3 m
Caudal:	1.06 m ³ /hr (4.7 GPM)
Intensidad de riego:	7.4 mm/hr
Separación entre aspersores:	12.0 m

CUADRO 29A. CARACTERÍSTICAS DE OTROS ASPERSORES

Marca:	Rain Bird	Cometal	Naan
Serie o modelo:	20JH	Agros 125	322/92
Presión:	42 PSI	42 PSI	43 PSI
Boquilla:	5/32"	5/32"	3.5" x 2.5"
Caudal:	1.06 m ³ /h	1.04 m ³ /h	1.19 m ³ /h
Diámetro de cobertura:	24.4 m	24.6 m	25 m
Traslape entre aspersores:	51%	51%	52%
Separación entre aspersores:	12 m	12 m	12 m

CUADRO 30A. RELACIÓN ENTRE DIÁMETROS NOMINALES, INTERIORES Y PRESIONES NOMINALES PARA TUBERÍAS DE PVC

DÍAMETRO NOMINAL		DÍAMETRO INTERIOR mm	PRESIÓN NOMINAL PSI
Pulgadas	mm		
1/2	12	18.19	315
3/4	18	23.52	250
1	25	29.49	250
1	25	30.35	160
1	25	31.34	125
1 1/4	31	37.19	250
1 1/4	31	38.91	160
1 1/4	31	39.56	125
1 1/2	38	42.57	250
1 1/2	38	44.55	160
1 1/2	38	45.29	125
1 1/2	38	45.90	100
2	50	53.21	250
2	50	55.7	160
2	50	56.61	125
2	50	57.38	100
2 1/2	62	64.44	250
2 1/2	62	67.45	160
2 1/2	62	68.53	125
2 1/2	62	69.46	100
3	75	78.44	250
3	75	82.04	160
3	75	83.41	125
3	75	84.56	100
4	100	100.84	250
4	100	105.51	160
4	100	107.29	125
4	100	111.51	100
5	125	124.69	250
5	125	130.43	160
5	125	132.6	125
5	125	134.39	100
6	150	148.56	250
6	150	155.32	160
6	150	157.91	125
6	150	160.05	100
8	200	193.27	250
8	200	202.21	160
8	200	205.62	125
8	200	208.41	100
10	250	240.94	250
10	250	252.07	160
10	250	256.23	125
10	250	259.74	100

CUADRO 31A. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS DE SELECCIÓN DE DIÁMETROS DE TUBERÍAS UTILIZANDO LA ECUACIÓN DE HAZEN WILLIAMS.

EST	P.O	COTA	DH Pend	Q (M ³ /hr)	DIAMETRO INTERIOR	C	Hf (M)	VEL DI (M/S)	CFT	CHD PSI	DN/PN
0	1	997.28	0.00	36.22	124.69	150	0.00	0.82	1128.00	185.68	5" 250
0	0	1000.00	9.78	36.22	124.69	150	0.05	0.82	1127.95	181.75	5" 250
0	2	1024.85	52.63	36.22	124.69	150	0.26	0.82	1127.69	146.08	5" 250
2	3	1044.32	45.07	36.22	130.43	150	0.18	0.75	1127.51	118.16	5" 160
3	4	1059.93	44.99	36.22	132.60	150	0.17	0.73	1127.34	95.75	5" 125
4	5	1064.59	31.54	36.22	132.60	150	0.12	0.73	1127.22	88.97	5" 125
5	6	1065.02	17.99	36.22	132.60	150	0.07	0.73	1127.16	88.26	5" 125
6	7	1064.93	24.00	36.22	132.60	150	0.09	0.73	1127.07	88.26	5" 125
7	8	1068.41	23.66	36.22	132.60	150	0.09	0.73	1126.98	83.19	5" 125
8	9	1074.87	29.24	36.22	134.39	150	0.10	0.71	1126.88	73.87	5" 100
9	10	1084.25	59.24	36.22	134.39	150	0.21	0.71	1126.67	60.26	5" 100
10	11	1089.33	45.81	36.22	134.39	150	0.16	0.71	1126.51	52.82	5" 100
11	12	1092.85	79.96	36.22	134.39	150	0.28	0.71	1126.23	47.42	5" 100
12	13	1095.22	79.96	36.22	134.39	150	0.28	0.71	1125.96	43.66	5" 100
13	14	1102.09	132.82	36.22	134.39	150	0.46	0.71	1125.49	33.24	5" 100
14	15	1104.78	59.95	36.22	134.39	150	0.21	0.71	1125.29	29.13	5" 100
15	16	1110.04	73.87	36.22	134.39	150	0.26	0.71	1125.03	21.29	5" 100
16	17	1115.75	41.56	36.22	134.39	150	0.14	0.71	1124.88	12.98	5" 100
	17	1115.75	0.00	36.22	111.51	150	0.00	1.03	1115.75	0.00	4" 100
17	18	1114.31	19.90	36.22	111.51	150	0.17	1.03	1115.58	1.27	4" 100
18	19	1104.13	60.90	36.22	111.51	150	0.53	1.03	1115.05	10.92	4" 100
19	20	1096.20	63.55	36.22	111.51	150	0.55	1.03	1114.50	18.30	4" 100
20	21	1087.69	67.36	36.22	111.51	150	0.58	1.03	1113.92	26.23	4" 100
21	22	1082.35	45.52	36.22	111.51	150	0.39	1.03	1113.53	31.18	4" 100
22	23	1078.99	27.59	36.22	111.51	150	0.24	1.03	1113.29	34.30	4" 100
23	24	1070.57	53.17	36.22	111.51	150	0.46	1.03	1112.83	42.26	4" 100
24	25	1069.75	35.95	36.22	111.51	150	0.31	1.03	1112.52	42.77	4" 100
25	26	1069.52	25.96	36.22	111.51	150	0.22	1.03	1112.30	42.78	4" 100
26	27	1069.52	23.95	36.22	111.51	150	0.21	1.03	1112.09	42.57	4" 100
27	28	1068.70	55.98	36.22	111.51	150	0.48	1.03	1111.61	42.91	4" 100
28	29	1064.92	49.81	36.22	111.51	150	0.43	1.03	1111.18	46.26	4" 100
29	30	1053.85	66.94	36.22	111.51	150	0.58	1.03	1110.60	56.75	4" 100
30	31	1046.10	65.41	36.22	107.29	150	0.68	1.11	1109.92	63.82	4" 100
31	32	1044.90	39.96	36.22	107.29	150	0.42	1.11	1109.50	64.60	4" 100
32	33	1037.09	45.10	36.22	107.29	150	0.47	1.11	1109.03	71.94	4" 100
33	34	1025.88	91.32	36.22	105.51	150	1.03	1.15	1108.00	82.12	4" 125
34	35	1017.70	87.72	36.22	105.51	150	0.99	1.15	1107.01	89.31	4" 125
35	36	1007.89	77.26	36.22	100.84	150	1.09	1.26	1105.92	98.03	4" 125
36	37	1002.25	25.19	36.22	100.84	150	0.35	1.26	1105.57	103.32	4" 160
37	38	998.90	21.42	36.22	100.84	150	0.30	1.26	1105.27	106.37	4" 160
38	39	998.36	8.02	36.22	100.00	130	0.15	1.28	1105.11	106.75	4" hg
39	40	1001.06	49.97	36.22	100.84	150	0.70	1.26	1104.41	103.35	4" 160
40	41	1006.62	45.80	36.22	100.84	150	0.65	1.26	1103.76	97.14	4" 125
41	42	1008.67	89.99	36.22	100.84	150	1.27	1.26	1102.50	93.83	4" 125
42	43	1004.56	103.89	36.22	100.84	150	1.46	1.26	1101.03	96.47	4" 125
43	44	1003.52	77.97	36.22	100.84	150	1.10	1.26	1099.93	96.41	4" 125
44	45	1003.07	37.98	36.22	100.84	150	0.54	1.26	1099.40	96.33	4" 125
45	46	1000.82	103.97	36.22	100.84	150	1.46	1.26	1097.93	97.11	4" 125
46	47	1003.18	73.99	36.22	82.04	150	2.85	1.90	1095.09	91.91	3" 125
47	48	1010.95	133.83	36.22	83.41	150	4.75	1.84	1090.33	79.38	3" 100
48	49	1017.19	127.89	36.22	84.56	150	4.25	1.79	1086.09	68.90	3" 100
49	50	1020.09	61.98	36.22	84.56	150	2.06	1.79	1084.03	63.94	3" 100
50	51	1020.06	56.00	36.22	84.56	150	1.86	1.79	1082.17	62.11	3" 100

51	52	1021.52	82.01	36.22	84.56	150	2.72	1.79	1079.44	57.92	3" 100
52	53	1024.57	61.99	36.22	84.56	150	2.06	1.79	1077.38	52.81	3" 100
53	54	1022.70	53.91	36.22	84.56	150	1.79	1.79	1075.59	52.89	3" 100
54	55	1020.26	65.88	36.22	84.56	150	2.19	1.79	1073.41	53.15	3" 100
55	56	1016.79	95.90	36.22	84.56	150	3.19	1.79	1070.22	53.43	3" 100
56	57	1015.87	90.00	36.22	84.56	150	2.99	1.79	1067.23	51.36	3" 100
57	58	1015.60	74.00	36.22	84.56	150	2.46	1.79	1064.77	49.17	3" 100
58	59	1013.27	85.94	36.22	84.56	150	2.85	1.79	1061.92	48.65	3" 100
59	60	1008.87	71.74	36.22	84.56	150	2.38	1.79	1059.53	50.66	3" 100
60	61	1007.35	31.81	36.22	84.56	150	1.06	1.79	1058.48	51.13	3" 100
61	62	1002.65	55.62	36.22	84.56	150	1.85	1.79	1056.63	53.98	3" 100
62	63	998.11	69.86	36.22	84.56	150	2.32	1.79	1054.31	56.20	3" 100
63	64	992.35	43.38	36.22	84.56	150	1.44	1.79	1052.87	60.52	3" 100
64	65	988.34	37.67	20.24	57.38	150	2.82	2.17	1050.05	61.71	2" 100
65	66	984.14	43.67	20.24	57.38	150	3.27	2.17	1046.79	62.65	2" 100
66	67	973.85	93.33	19.17	57.38	150	6.31	2.06	1040.48	66.63	2" 100
67	68	964.96	101.59	19.17	57.38	150	6.87	2.06	1033.61	68.65	2" 100
68	69	956.82	105.62	19.17	57.38	150	7.14	2.06	1026.46	69.64	2" 100
69	70	954.24	69.92	15.98	57.38	150	3.37	1.72	1023.09	68.85	2" 100
70	71	951.45	123.96	14.91	57.38	150	5.26	1.60	1017.83	66.38	2" 100
71	72	947.97	53.82	12.78	57.38	150	1.72	1.37	1016.11	68.14	2" 100
72	73	944.65	37.70	12.78	57.38	150	1.20	1.37	1014.90	70.25	2" 100
73	74	940.83	35.70	9.59	45.90	150	1.99	1.61	1012.92	72.09	1.5" 100
74	75	939.48	17.71	8.52	45.90	150	0.79	1.43	1012.13	72.65	1.5" 100
75	76	916.36	168.61	8.52	45.90	150	7.53	1.43	1004.59	88.23	1.5" 125
76	77	910.33	85.65	6.39	39.56	150	4.63	1.44	999.96	89.63	1.25" 125
77	78	899.93	199.70	6.39	39.56	150	10.81	1.44	989.15	89.22	1.25" 125
78	79	898.70	76.97	6.39	39.56	150	4.17	1.44	984.99	86.29	1.25" 125
79	80	892.47	39.92	6.39	39.56	150	2.16	1.44	982.83	90.36	1.25" 125
80	81	887.34	141.93	5.33	39.56	150	5.49	1.20	977.34	90.00	1.25" 125
81	82	900.70	84.92	3.20	31.34	150	3.97	1.15	973.37	72.67	1" 125
	64	992.35	0.00	14.91	57.38	150	0.00	1.60	1052.87	60.52	2" 100
64	64 a	977.13	47.41	14.91	45.90	150	5.97	2.50	1046.90	69.77	1.5" 100
64 a	64 b	963.41	62.37	10.65	39.56	150	8.69	2.41	1038.20	74.79	1.25" 125
64 b	64 c	957.11	24.63	8.52	39.56	150	2.27	1.93	1035.93	78.82	1.25" 125
64 c	64 d	945.55	31.64	8.52	39.56	150	2.92	1.93	1033.02	87.47	1.25" 125
64 d	64 e	935.76	64.84	7.46	39.56	150	4.67	1.69	1028.34	92.58	1.25" 125
64 e	64 f	928.29	69.01	5.33	31.34	150	8.30	1.92	1020.04	91.75	1" 125
64 f	64 g	918.49	88.82	3.20	23.52	150	16.82	2.05	1003.22	84.73	0.75" 250

REFERENCIAS:

EST :	Estación
PO :	Punto observado
DH Pend:	Distancia horizontal sobre la pendiente
Q :	Caudal
C :	Coeficiente de rozamiento
Hf :	Pérdidas por fricción
VEL DI :	Velocidad en diámetro interno
CFT :	Carga al final del tramo
CHD :	Carga de presión disponible
DN/PN :	Diámetro nominal y presión nominal

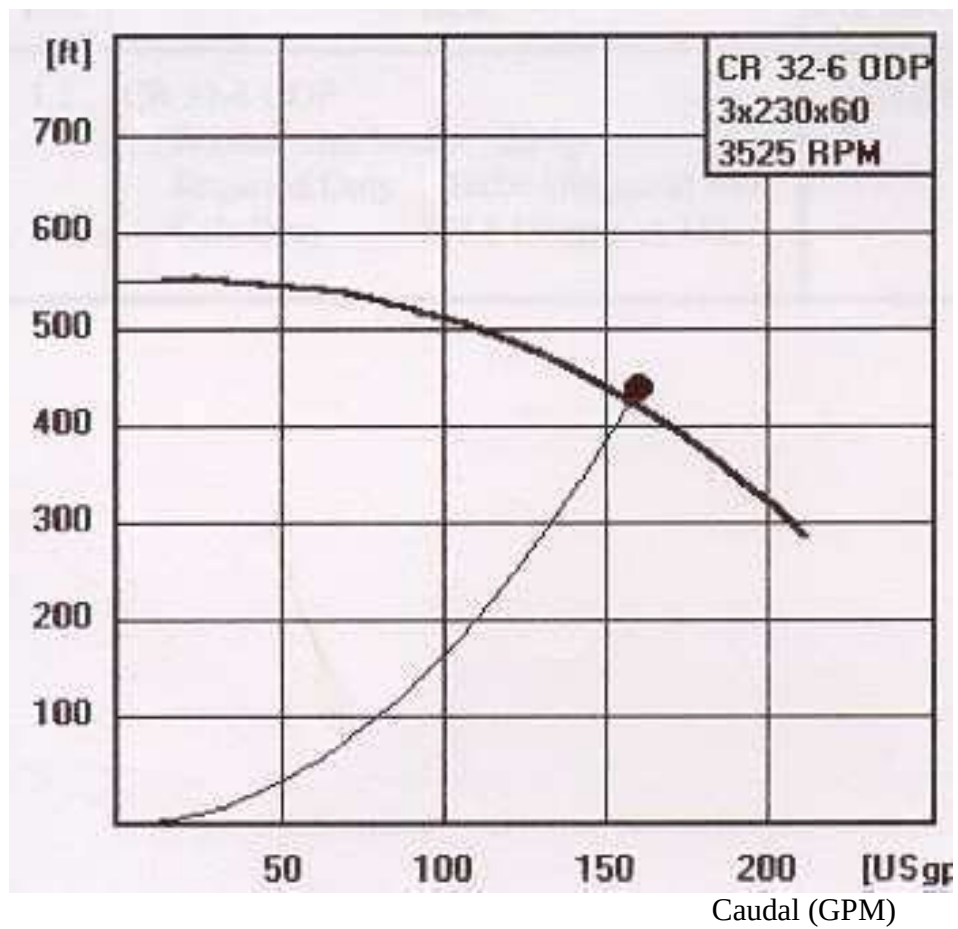


FIGURA 14A. CURVA DE LA BOMBA GROUNDFOSS

Características de la bomba:

Potencia de la bomba:	25 Caballos de fuerza (HP)
Eficiencia:	75%
Carga neta de succión positiva:	3.10 M
Carga dinámica total:	430 pies
Caudal a bombear:	160 GPM

CUADRO 32A. Costo de tuberías y accesorios para línea de conducción y distribución

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (Q)	PRECIO TOTAL (Q)
Tubo PVC ¾" 250 PSI	15	16.36	245.40
Tubo PVC 1" 125 PSI	27	21.20	572.40
Tubo PVC 1 ¼" 125 PSI	122	25.62	3,125.64
Tubo PVC 1 ½" 100 PSI	17	29.21	496.57
Tubo PVC 1 ½" 125 PSI	28	36.60	1,024.80
Tubo PVC 2" 100 PSI	112	46.07	5,159.84
Tubo PVC 3" 125 PSI	13	116.87	1,519.31
Tubo PVC 3" 100 PSI	211	93.37	19,701.07
Tubo PVC 4" 160 PSI	16	239.43	3,830.88
Tubo PVC 4" 125 PSI	120	193.05	23,166.00
Tubo PVC 4" 100 PSI	126	154.13	19,420.38
Tubo PVC 5" 250 PSI	11	547.56	6,023.16
Tubo PVC 5" 160 PSI	8	365.90	2,927.20
Tubo PVC 5" 125 PSI	24	294.90	7,077.60
Tubo PVC 5" 100 PSI	111	235.38	26,127.18
Tubo HG 4"	1	337.32	337.32
Codo PVC 45° 1 ¼"	3	5.73	17.19
Codo PVC 45° 2"	2	9.38	18.76
Codo PVC 45° 3"	8	35.74	285.92
Codo PVC 45° 4"	4	63.76	255.04
Codo PVC 90° 1 ¼"	2	4.57	9.14
Codo PVC 90° 1 ½"	2	5.10	10.20
Codo PVC 90° 2"	2	7.83	15.66
Codo PVC 90° 3"	2	27.38	54.76
Codo PVC 90° 4"	4	49.80	199.20
Codo PVC 90° 5"	1	210.23	210.23
Reductor liso PVC 1 ¼" x 1"	7	3.39	23.73
Reductor liso PVC 1" x ¾"	1	2.04	2.04
Reductor liso PVC 1 ½" x 1"	3	3.43	10.29
Reductor liso PVC 1 ½" x 1 ¼"	3	3.43	10.29
Reductor liso PVC 2" x 1 ¼"	1	5.82	5.82
Reductor liso PVC 2" x 1 ½"	2	5.82	11.64
Reductor liso PVC 2" x 1"	1	5.82	5.82
Reductor liso PVC 3" x 1"	1	15.41	15.41
Reductor liso PVC 3" x 2"	1	15.41	15.41
Reductor liso PVC 4" x 3"	1	30.97	30.97
Válvula de aire 1"	2	92.13	184.26
Válvula de aire 1 ½"	3	152.60	457.80
Válvula de compuerta 1 ¼" (limpieza)	1	48.22	48.22
Válvula de compuerta 3" (limpieza)	1	234.72	234.72
Válvula de compuerta 4" (limpieza)	2	417.59	835.18
Válvula de alivio 3" AA-60B PRS	2	1,133.50	2,267.00
Total			126,006.91

CUADRO 33A. Costo de tuberías y accesorios en las parcelas

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (Q)	PRECIO TOTAL (Q)
Tubo PVC ¾" 250 PSI	1315	16.36	21,513.40
Codo PVC 90° x ¾"	136	1.45	197.20
Tee lisa PVC ¾"	59	1.76	103.84
Cruz PVC ¾"	26	9.80	254.80
Aspersor Senninger 4012-1-3/4 M	51	88.30	4,503.30
Adaptador macho PVC con rosca de ¾"	532	1.73	920.36
Tapón hembra PVC con rosca de ¾"	532	3.63	1,931.16
Válvula bronce de paso ¾"	25	28.28	707.00
Total			30,131.06

CUADRO 34A. Costo de tuberías y accesorios para la línea secundaria

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (Q)	PRECIO TOTAL (Q)
Tubo PVC ¾" 250 PSI	17	16.36	278.12
Tubo PVC 1" 125 PSI	153	21.20	3,243.60
Tubo PVC 1 ¼" 125 PSI	25	25.62	640.50
Codo PVC 45° 1"	2	4.37	8.74
Tee PVC 1 ¼"	1	5.72	5.72
Reductor liso PVC 1" x ¾"	12	2.06	24.72
Reductor liso PVC 1 ¼" x 1"	3	3.41	10.23
Reductor liso PVC 1 ¼" x ¾"	2	3.41	6.82
Total			4,218.45

CUADRO 35A. Costo de la unidad de bombeo y accesorios

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (Q)	PRECIO TOTAL (Q)
Bomba Grundfos 25 HP	1	40,000.00	40,000.00
Tablero energía trifásica	1	7,200.00	7,200.00
Accesorios de succión y descarga 3"	1	2,400.00	2,400.00
Adaptador hembra 5" con rosca	1	116.34	116.34
Reductor exéntrico de 5" a 3"	1	780.00	780.00
Total			50,496.34

CUADRO 36A. Costos de inversión para la implementación del proyecto.

DESCRIPCIÓN	PRECIO TOTAL (Q)
Costo de tuberías y accesorios para línea de conducción y distribución	126,006.91
Costo de tuberías y accesorios en las parcelas	30,131.06
Costo de tuberías y accesorios para la línea secundaria	4,218.45
Costo de la unidad de bombeo y accesorios	50,496.34
Total	210,852.76

CUADRO 37A. Costo y materiales de caja para válvula de limpieza

DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (Q)	PRECIO TOTAL (Q)
Cemento	saco	8	34.00	272.00
Arena de río	m ³	2	60.00	120.00
Piedra bola	m ³	1.5	75.00	112.50
Piedrín de ¾"	m ³	1	100.00	100.00
Alambre de amarre	lb	7	3.00	21.00
Clavo de 2"	lb	3	2.50	7.50
Clavo de 3"	lb	3	2.50	7.50
Tabla de pino de 1" x 12" x 10'	unidad	10	45.00	450.00
Regla de pino de 2" x 3" x 10'	unidad	4	12.00	48.00
Materiales				1,138.50
Mano de obra				500.00
Subtotal				1,638.50
10% Imprevistos				163.85
Total				1,802.32

CUADRO 38A. Costo y materiales de caja para válvula de aire

DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (Q)	PRECIO TOTAL (Q)
Cemento	saco	8	34.00	272.00
Arena de río	m ³	2	60.00	120.00
Piedra bola	m ³	1.5	75.00	112.50
Piedrín de ¾"	m ³	1	100.00	100.00
Alambre de amarre	lb	7	3.00	21.00
Clavo de 2"	lb	3	2.50	7.50
Clavo de 3"	lb	3	2.50	7.50
Tabla de pino de 1" x 12" x 10'	unidad	10	45.00	450.00
Regla de pino de 2" x 3" x 10'	unidad	4	12.00	48.00
Materiales				1,138.50
Mano de obra				500.00
Subtotal				1638.50
10% Imprevistos				163.85
Total				1,802.32

CUADRO 39A. Costo y materiales para zanjón tipo "C"

DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (Q)	PRECIO TOTAL (Q)
Cemento	Saco	12	34.00	408.00
Arena de río	m ³	2	60.00	120.00
Piedrín de ¾"	m ³	1	100.00	100.00
Hierro corrugado de ½"	quintal	1	110.00	110.00
Hierro corrugado de 3/8"	varilla	6	13.00	78.00
Alambre de amarre	Lb	10	3.00	30.00
Clavo de 2"	Lb	2	2.50	5.00
Clavo de 3"	Lb	2	2.50	5.00
Tabla de pino de 1" x 12" x 10'	unidad	4	45.00	180.00
Regla de pino de 2" x 3" x 10'	unidad	3	12.00	36.00
Materiales				1,072.00
Mano de obra				400.00
Subtotal				1,472.00
10% Imprevistos				147.20
Total				1,619.20

CUADRO 40A. Costo y materiales para caseta de la unidad de bombeo

DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (Q)	PRECIO TOTAL (Q)
Block Pomez de 15 x 20 x 40	unidad	125	2.25	281.25
Cemento	saco	22.0	34.00	748.00
Arena de río	m ³	2.0	75.00	150.00
Piedrín de ¾"	m ³	1.0	100.00	100.00
Hierro corrugado de 3/8"	quintal	5.0	160.00	800.00
Hierro liso de ¼"	varilla	25.0	4.00	100.00
Alambre de amarre	lb	20.0	3.00	60.00
Clavo de 2 ½"	lb	5.0	2.50	12.50
Clavo de 3"	lb	5.0	2.50	12.50
Tabla de pino de 1" x 12" x 10'	unidad	15.0	45.00	675.00
Regla de pino de 2" x 3" x 10'	unidad	12.0	22.50	270.00
Balcón de 1.40 m x 0.80 m	unidad	1.0	175.00	175.00
Balcón de 1.00 m x 0.80 m	unidad	1.0	125.00	125.00
Puerta de metal de 2.20 m x 0.80 m	unidad	1.0	600.00	600.00
Materiales				4,109.00
Mano de obra				1,000.00
Subtotal				5,109.00
10% Imprevistos				510.90
Total				5,619.90

CUADRO 41A. Costo y materiales para tanque de distribución de 45 m³

DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (Q)	PRECIO TOTAL (Q)
Cemento	saco	325.0	34.00	11,050.00
Arena de río	m ³	28.0	50.00	1,400.00
Piedrín de ¾"	m ³	15.0	100.00	1,500.00
Hierro corrugado ½ "	quintal	45.0	110.00	4,950.00
Hierro corrugado 3/8 "	quintal	16.0	160.00	2,560.00
Hierro liso ¼"	quintal	0.70	120.00	84.00
Alambre de amarre	quintal	1.0	300.00	300.00
Clavo de 2 ½"	quintal	0.25	250.00	62.50
Clavo de 3"	quintal	0.50	250.00	125.00
Tabla de pino rústico 1" x 12" x 10'	docena	8.0	510.00	4,080.00
Reglas de pino rústico de 2" x 3" x 10'	docena	8.0	255.00	2,040.00
Materiales				28,151.50
Mano de obra				22,995.00
Subtotal				51,146.50
10% Imprevistos				5,114.65
Total				56,261.15

CUADRO 42A. Costo y materiales para muro de captación

DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (Q)	PRECIO TOTAL (Q)
Cemento	saco	23.0	34.00	782.00
Arena de río	m ³	3.0	75.00	225.00
Piedrín de ¾"	m ³	1.5	100.00	150.00
Hierro corrugado de 3/8"	varilla	18.0	13.00	234.00
Alambre de amarre	lb	10.0	3.00	30.00
Clavo de 2 ½"	lb	2.0	2.50	5.00
Clavo de 3"	lb	2.0	2.50	5.00
Tabla de pino de 1" x 12" x 10'	docena	1.0	540.00	540.00
Regla de pino de 2" x 3" x 10'	unidad	7	22.50	157.50
Materiales				2,128.50
Mano de obra				882.00
Subtotal				3,010.50
10% Imprevistos				301.05
Total				3,311.55

CUADRO 43A. Costos totales de la obras civiles

Caja válvula para aire	5	1,802.32	9,011.60
Caja válvula para limpieza	4	1,802.32	7,209.28
Paso de zanjón tipo C	1	1,619.20	1,619.20
Tanque de distribución de 45 m ³	1	56,261.15	56,261.15
Muro de captación	1	3,311.55	3,311.55
Caja válvulas entrada parcelas	26	50.00	1,300.00
Caseta de bombeo	1	5,619.90	5,619.90
Total			84,332.68

Nombre del Jefe de Familia	Número de Personas en su Familia	Edades de los miembros de la Familia					Cuántos miembros de la familia trabajan	Qué trabajos desempeñan			Ingreso promedio mensual de la Familia
Datos sobre la vivienda (seleccionar el número y colocarlo en el cuadro, si escoge otro, especifique)	Material del Techo 1. Paja 2. Teja 3. Lámina 4. Duralita 5. Otro: ☐					Material de Paredes 1. Adobe 2. Bloc 3. Fibrolit 4. Madera 5. Ladrillo 6. Otro: ☐			Material de Piso 1. Torta de cemento 2. Ladrillo 3. Líquido cemento 4. De tierra 5. Otro: ☐		
Ambientes que tiene su vivienda	Cocina ☐ Sala ☐ Comedor ☐ Dormitorios (cuantos) ☐ Otros ambientes (especifique)										
En su vivienda tiene:	Energía Eléctrica ☐ Agua Potable ☐ Letrinas ☐ Sanitarios ☐ Otros servicios (especifique):										
Su hogar cuenta con:	Televisor ☐ Radio ☐ Refrigerador ☐ Estufa (qué tipo):										
Estudian sus hijos	Si ☐ No ☐		Si lo hacen en que tipo de establecimiento: Público ☐ Privado ☐								
Qué alimentos consumen Regularmente:											
Posee algún transporte propio:	Pick-up ☐ Camión ☐ Caballo ☐ Otro (especifique):										
Cuando se enferman acuden a:	Hospital ☐ Centro de salud ☐ Puesto de Salud ☐ Unidad Mínima de Salud ☐ Medico Particular ☐										
El terreno que posee es:	Propio ☐ Arrendado ☐ En usufructo ☐ Otro (especifique):										
El terreno tiene (poner cantidad)	_____ Cuerdas de _____ Varas _____ Hectáreas _____ Metros cuadrados										
El área que siembra es de:	_____ Cuerdas de _____ Varas _____ Hectáreas _____ Metros cuadrados										
El área a beneficiar con el Proyecto es de	_____ Cuerdas de _____ Varas _____ Hectáreas _____ Metros cuadrados										
Cultivos que siembra Actualmente:											
La mayor parte de cultivos son:	Consumo ☐ Venta ☐		La mano de obra en agricultura es: Contratada ☐ Familiar ☐								
Utiliza Créditos:	Si ☐ No ☐		Si los utiliza qué institución (es) se lo otorga:								
Otra información que considere Importante:											

**PLANOS DE AUTOCAD SE PRESENTAN A TRAVÉS DE ARCHIVOS ADJUNTOS
SIGUIENDO ESTOS HIPERVINCULOS:**

<u>ARCHIVO 1</u>	Planta general Tramo topográfico bombeo-tanque de distribución (Est 1-17) Tramo topográfico línea de conducción (Est 17-45) Tramo topográfico línea de conducción (Est 45-64) Tramo topográfico línea de distribución (Est 64-82) Tramo topográfico línea de distribución (Est 64-64G) Muro de captación Paso de zanjón tipo "C" Parcela típica Caja para válvula de limpieza Caja para válvula de aire
<u>ARCHIVO 2</u>	Caseta para la unidad de bombeo Tanque de distribución de 45 m³
Nota :	Para poder observar los archivos se debe tener instalado Autocad 2000 o superior.