



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**PROPUESTA PARA IMPLEMENTAR UN POZO DE AGUA POTABLE ACCIONADO CON PANELES
SOLARES, EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN ERMITA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA**

Wagner Obdulio Serrano del Cid
Asesorado por el Ing. César Augusto Akú Castillo

Guatemala, mayo de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

PROPUESTA PARA IMPLEMENTAR UN POZO DE AGUA POTABLE ACCIONADO CON PANELES SOLARES, EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN ERMITA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

WAGNER OBDULIO SERRANO DEL CID

ASESORADO POR EL ING. CÉSAR AUGUSTO AKÚ CASTILLO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, MAYO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL I	
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

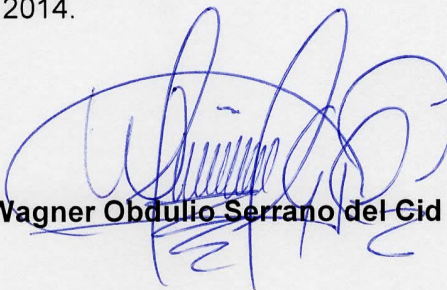
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
EXAMINADORA	Inga. Priscilla Johana Sandoval
EXAMINADOR	Ing. César Augusto Akú Castillo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

PROPUESTA PARA IMPLEMENTAR UN POZO DE AGUA POTABLE ACCIONADO CON PANELES SOLARES, EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN ERMITA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 28 de enero de 2014.



Wagner Obdulio Serrano del Cid

Guatemala, febrero de 2015

Ingeniero:
César Ernesto Urquizú Rodas
Director de Escuela
Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería

Señor Director:

La presente es para hacer de su conocimiento que he revisado el trabajo de graduación que lleva como título **PROPUESTA PARA IMPLEMENTAR UN POZO DE AGUA POTABLE ACCIONADO CON PANELES SOLARES, EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN ERMITA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA**, redactado y desarrollado por el estudiante **Wagner Obdulio Serrano del Cid**, quien se identifica con carné universitario 1993-12970 de la carrera de **Ingeniería Industrial**.

Con la revisión y corrección del presente trabajo de graduación hago constar que ha alcanzado los objetivos propuestos, por lo tanto el autor de este trabajo y mi persona, como asesor, nos hacemos responsables del contenido del mismo.

Sin otro particular, me suscribo a usted.

Atentamente,


César Augusto Akú Castillo
Ingeniero Industrial
Col. 4,073
César Akú Castillo MSc.
INGENIERO INDUSTRIAL
REGISTRADO No. 4,073



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PROPUESTA PARA IMPLEMENTAR UN POZO DE AGUA POTABLE ACCIONADO CON PANELES SOLARES, EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN ERMITA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA**, presentado por el estudiante universitario **Wagner Obdulio Serrano del Cid**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Danilo González Trejo
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO ACTIVO 8182

A large, stylized handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and a horizontal line.

Ing. Erwin Danilo González Trejo
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

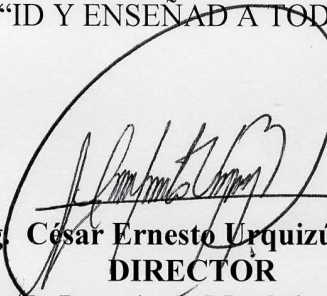
Guatemala, abril de 2015.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **PROPUESTA PARA IMPLEMENTAR UN POZO DE AGUA POTABLE ACCIONADO CON PANELES SOLARES, EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN ERMITA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA**, presentado por el estudiante universitario **Wagner Obdulio Serrano del Cid**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, mayo de 2015.

/mgp



DTG. 238.2015

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **PROPUESTA PARA IMPLEMENTAR UN POZO DE AGUA POTABLE ACCIONADO CON PANELES SOLARES, EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN ERMITA, DEPARTAMENTO DE CHIQUIMULA**, presentado por el estudiante universitario: **Wagner Obdulio Serrano del Cid**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Angel Roberto Sic García
Decano

Guatemala, 27 de mayo de 2015

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Gracias señor por el don de la vida y por permitirme alcanzar una meta más..
- Mis padres** Hilda Gonzales de Serrano y Félix Serrano, su amor será siempre mi inspiración.
- Mi esposa** Karen Siomara Osorio López de Serrano, por todo tu apoyo y comprensión, te amo.
- Mis hijas** Amy Mariana y Karen Sofía Serrano Osorio, por ser dos ángeles en mi vida, las amo.
- Mis hermanos** Rony, Claudia y Carolina Serrano del Cid, por su apoyo incondicional y su ejemplo a seguir, los quiero.
- Mis sobrinos** Katherine Mishelle Serrano del Cid, Alejandro, Luis Fernando y Valeria Serrano Lorenzana, Nathalie Suzette y Luz Adriana Villatoro Serrano mi cariño, espero sirva de ejemplo.
- Mi cuñado** Por estar ahí y ser un ejemplo a seguir.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser la mejor casa de estudios.

Facultad de Ingeniería

Por ser una importante influencia en mi carrera, entre otras cosas.

**Mis amigos de la
Facultad**

Carmen Pineda, Manilo Saravia, Oscar Cardona (q. e. p. d.), Osbaldo Córdova, Mynor Molina, Alan Farfán, Susan Calderón, Douglas Patzán, Carlos Gómez, Arq. Allen Ramírez, en especial a todos aquellos que no mencioné, pero que fueron parte importante en mi camino, los recuerdo con cariño.

**Asesor Ing. César
Augusto Akú Castillo**

Por ser un amigo incondicional y por toda su ayuda a lo largo de mi carrera.

**Municipalidad de San Juan
Ermita**

Especialmente a su alcalde Ing. Mario Lemus Martínez, por permitirme realizar el estudio para mi trabajo de graduación y al personal administrativo por el apoyo brindado.

**Cada uno de mis
catedráticos**

Por compartir sus conocimientos y experiencias a lo largo de mi carrera, gratitud eterna, sin excepción, a todos mi respeto y cariño.

1.2.5.	Fuentes de agua potable.....	16
1.2.6.	Geografía del lugar.....	19
1.2.7.	Estudios topográficos del lugar	20
1.2.8.	Presupuesto para la implementación de los paneles solares.....	21
1.2.9.	Organigrama municipal	22
1.2.10.	Plan para el 2015	23
1.3.	Definición de paneles solares	24
1.3.1.	Características de los paneles solares	26
1.3.2.	Tipos de paneles solares.....	27
1.3.2.1.	Paneles solares termodinámicos.....	27
1.3.2.2.	Paneles solares térmicos	27
1.3.2.3.	Paneles solares fotovoltaicos	28
1.3.3.	Estructura de los paneles solares	30
1.3.3.1.	Batería o acumulador	31
1.3.3.2.	Regulador de carga.....	32
1.3.4.	Funcionamiento de los paneles solares	33
1.3.5.	Componentes de los paneles solares	34
1.3.6.	Especificaciones de los paneles solares	36
1.3.6.1.	Ventajas al utilizar paneles solares	37
1.3.7.	Definición de mantenimiento	39
1.3.7.1.	Mantenimiento de los paneles solares.....	39
1.3.7.2.	Mantenimiento de la batería de acumulación	40
1.3.8.	Mantenimiento básico	40
1.4.	Problemáticas ambiental logística y distribución	41
1.4.1.	Definiciones.....	41

1.4.2.	Medio ambiente de la región, características de la logística	42
1.4.2.1.	Clima	42
1.4.2.2.	Educación ambiental de los habitantes	44
2.	SITUACIÓN ACTUAL.....	45
2.1.	El pozo.....	45
2.2.	Fuentes de agua.....	46
2.2.1.	Manto freático	46
2.3.	Calidad de agua	47
2.3.1.	Examen bacteriológico	48
2.3.2.	Análisis fisicoquímico.....	49
2.3.3.	Red de distribución	51
2.3.4.	Tanque para la distribución.....	52
2.3.4.1.	Especificaciones del equipo de bombeo.....	54
2.4.	Operación y mantenimiento.....	55
2.4.1.	Programa de mantenimiento.....	55
2.4.1.1.	Mantenimiento preventivo.....	57
2.4.1.2.	Reparaciones en la captación de la fuente.....	57
2.4.1.3.	Revisión de la línea de conducción	58
2.4.1.4.	Revisión de válvulas	58
2.4.1.5.	Revisión al tanque de distribución	58
2.4.1.6.	Mantenimiento correctivo.....	59
2.4.1.7.	Reparaciones de tubería de PVC	59
2.5.	Debilidades actuales del abastecimiento de agua potable	59
2.6.	Diseño hidráulico del sistema	60

2.6.1.	Captación	61
2.6.2.	Línea de conducción por bombeo	61
2.6.3.	Cálculo de la potencia del equipo de bombeo.....	63
2.6.3.1.	Caudal de bombeo	63
2.6.4.	Especificaciones del equipo de bombeo	64
3.	PROPUESTA PARA IMPLEMENTAR EL POZO DE AGUA POTABLE	67
3.1.	Análisis de costo-beneficio.....	67
3.1.1.	Costo kilowatt/hora actual	70
3.1.1.1.	Historial de consumo.....	71
3.1.2.	Servicio de alumbrado eléctrico	72
3.2.	Sistemas fotovoltaicos.....	72
3.2.1.	La celda fotovoltaica.....	73
3.2.2.	Panel fotovoltaico	73
3.2.2.1.	Funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos	74
3.2.2.2.	Sistema eléctrico del sistema fotovoltaico	75
3.2.3.	Módulo o panel fotovoltaico.....	76
3.2.4.	Arreglos fotovoltaicos	80
3.2.5.	Incrementando el voltaje	80
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA	81
4.1.	Propuesta financiera	81
4.1.1.	Análisis financiero	81
4.1.2.	Costo del proyecto	82
4.1.2.1.	VPN.....	82
4.1.2.2.	Benéfico/costo	83
4.1.2.3.	TIR	84

4.2.	Ingresos económicos.....	85
4.3.	Tiempo estimado de recuperación de inversión	85
4.3.1.	Tiempo de implementación.....	85
4.3.1.1.	Fase de operación.....	86
4.4.	Mantenimiento	87
4.5.	Vida útil del panel solar.....	89
4.5.1.	Instalación.....	89
4.5.2.	Equipos a instalar	89
4.5.3.	Instalación física	90
4.5.4.	Instalación eléctrica	90
4.6.	Impacto ambiental	91
4.6.1.	Ruidos y/o vibraciones.....	92
4.6.2.	Medidas de mitigación	92
4.6.3.	Desechos sólidos.....	93
5.	EVALUACIÓN Y MEJORA CONTINUA	95
5.1.	Medición de resultados.....	95
5.1.1.	Capacidad máxima de paneles solares	95
5.1.2.	Acciones predictivas	96
5.1.3.	Acciones correctivas.....	97
5.1.4.	Seguimiento.....	98
5.1.5.	Alcance.....	98
5.2.	Acciones.....	99
5.2.1.	A corto plazo.....	99
5.2.2.	A mediano plazo	99
5.2.3.	A largo plazo.....	100
	CONCLUSIONES	101
	RECOMENDACIONES.....	103

BIBLIOGRAFÍA..... 105

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa de localización del departamento de Chiquimula	2
2.	Parque Ismael Cerna de Chiquimula.....	3
3.	Mapa del departamento de Chiquimula.....	5
4.	Basílica del Señor de Esquipulas	10
5.	Parámetros climáticos promedio ciudad de Chiquimula.....	12
6.	Edificio de la Municipalidad de San Juan Ermita, Chiquimula	13
7.	Nacimiento de río Carcaj.....	16
8.	Río Shutaque	17
9.	Microcuencas hidrográficas.....	18
10.	Ríos de Chiquimula	18
11.	Mapa de localización de aldeas del municipio de San Juan Ermita, del departamento de Chiquimula	20
12.	Organigrama municipal	22
13.	Conjunto de paneles solares fotovoltaicos	25
14.	Paneles solares fotovoltaicos	28
15.	Sistema de panel solar híbrido	30
16.	Estructura para instalación de paneles solares	31
17.	Batería o acumulador de energía	32
18.	Regulador de carga	32
19.	Diagrama de funcionamiento de los paneles solares	34
20.	Elementos de un panel fotovoltaico	35
21.	Pozo artesanal	45
22.	Manto freático	47

23.	Tanque de distribución.....	53
24.	Panel solar fotovoltaico.....	73
25.	Esquema de funcionamiento del sistema fotovoltaico	74
26.	Cables y conexiones para paneles solares.....	77
27.	Inversor.....	78
28.	Energía aprovechada por radiación solar en Guatemala.....	79
29.	Conexión en serie de paneles solares	80

TABLAS

I.	Municipios del departamento de Chiquimula	4
II.	Información general de los municipios del departamento de Chiquimula.....	7
III.	Junta directiva de la Municipalidad de San Juan Ermita.....	14
IV.	Presupuesto de inversión para la implementación de los paneles solares en el municipio de San Juan Ermita	21
V.	Plan para el 2015.....	23
VI.	Programa de mantenimiento del sistema de agua potable	56
VII.	Ajuste tarifario.....	70
VIII.	Tarifa social	71
IX.	Índice de cobertura eléctrica 2014.....	72
X.	Costos de materiales.....	82
XI.	Fase de operación	86

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Cm	Centímetros
\$	Dólares
°C	Grados Celsius
Km	Kilómetro
kW/h	Kilowatt hora
M	Metro
m²	Metro cuadrado
%	Porcentaje
Q	Quetzales
V	Voltios
W	Watt

GLOSARIO

Acumulador eléctrico	Se denomina al dispositivo que consiste en una o más celdas electroquímicas que pueden convertir la energía química almacenada en electricidad.
Celda fotovoltaica	Tiene como función primordial convertir la energía captada por el sol en electricidad a un nivel atómico.
Costo	Cantidad que se da o se paga por algo.
Fotovoltaico	Adj. Fis. (Material o dispositivo) que convierte la energía luminosa en electricidad.
Irradiancia	Es la magnitud utilizada para describir la potencia incidente por unidad de superficie de todo tipo de radiación electromagnética.
Panel solar	Dispositivo que aprovecha la energía de la radiación solar.
Potencia eléctrica	Relación de paso de energía que un flujo por unidad de tiempo, es decir, la cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento en un tiempo determinado.

Watt

Unidad de potencia del Sistema Internacional de Unidades. Símbolo es W. Es equivalente a 1 joule por segundo (1 J/s), este término está en inglés, en español es el vatio. Expresado en unidades en electricidad, el Watt es la potencia producida por una diferencia de potencial de 1 voltio y una corriente eléctrica de 1 amperio (1 VA).

RESUMEN

En el municipio de San Juan Ermita localizado a 22 kms del departamento de Chiquimula, se tiene el problema que durante buena parte de verano los pobladores se ven afectados con el suministro de agua potable.

Por ello el alcalde como máxima autoridad busca mejorar esa situación, se piensa elaborar e implementar un pozo elaborado artesanalmente, que contará como parte innovadora la utilización de paneles solares para accionar la bomba hidroneumática, que les brinde la posibilidad de captación de agua y posteriormente poder distribuirla a la mayor cantidad de habitantes y con ello poder resolver el problema que se genera durante este tiempo.

Los paneles o módulos fotovoltaicos llamados comúnmente paneles solares, están formados por un conjunto de celdas (células fotovoltaicas) que producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos (energía solar fotovoltaica).

El parámetro estandarizado para clasificar su potencia se denomina potencia pico, y corresponde con la potencia máxima que el módulo puede entregar bajo condiciones estandarizadas, siendo oportunidad para implementar este sistema de ahorro energético.

OBJETIVOS

General

Proponer e implementar un pozo de agua potable accionado con paneles solares, en el municipio de San Juan Ermita, departamento de Chiquimula.

Específicos

1. Proponer la forma de diseñar un sistema de bombeo solar para distribución de agua en el tiempo de estiaje.
2. Reducir los costos de operación en los que actualmente incurre la Municipalidad en la distribución del servicio de agua potable.
3. Contribuir a mejorar la situación de abastecimiento de agua potable para los habitantes del municipio de San Juan Ermita, departamento de Chiquimula.
4. Definir si existen las condiciones para implementar el sistema de bombeo fotovoltaico.
5. Establecer las condiciones para aprovechar la energía del Sol a través de paneles solares para que sea fuente de ahorro energético.
6. Establecer una forma ordenada de distribución de agua potable.

INTRODUCCIÓN

Chiquimula es un departamento ubicado en el oriente de Guatemala, limita al norte con el departamento de Zacapa; al sur con la República de El Salvador y el departamento de Jutiapa; al este con la República de Honduras; y al oeste con los departamentos de Jalapa y Zacapa. Es conocido en el ámbito guatemalteco como La Perla de Oriente.

San Juan Ermita tiene una altura de 569,20 msnm, 14 grados 45 minutos y 47 segundos y la longitud de 89 grados 25 minutos y 50 segundos. El municipio de San Juan Ermita se ubica en el nororiente de la República de Guatemala, en el norte del departamento de Chiquimula con una extensión territorial de 90 Km², para llegar desde la cabecera departamental al municipio, se utiliza la Ruta CA-10, llegando a la altura de la aldea Vado Hondo en el kilómetro 177. Desde este punto, se desvía por la Ruta C. El nombre de San Juan Ermita es de origen español.

El problema de la Municipalidad de San Juan Ermita, es el desabastecimiento de agua potable para los habitantes en tiempo de estiaje, por ello se busca la implementación de un pozo de agua accionado por paneles solares con bajo costo energético en el municipio de San Juan Ermita, departamento de Chiquimula.

La Municipalidad por medio de inversión pública ha visto la oportunidad de buscar mejorar dicha situación, y el presente trabajo de graduación pretende ser una guía que dé solución al inconveniente que tienen los habitantes del municipio de San Juan Ermita.

El sistema de abastecimiento y distribución resulta ser de alto costo por ser con base en energía eléctrica la propuesta de implementar paneles solares para el funcionamiento de las bombas de extracción de agua puede significar un costo más bajo, aprovechando el clima y con esto poder expandir tanto la distribución como poder mejorar los costos para beneficio de la población.

Utilizando los datos obtenidos, en los cuales se reflejan costos utilizados para la implementación de un pozo de agua potable accionado con paneles solares se podrá mejorar la captación, almacenamiento y distribución.

Realizando dicha mejora estaremos se estarán reduciendo los costos que actualmente tiene la municipalidad de San Juan Ermita, para poder abastecer de agua a sus habitantes.

Para el presente trabajo de graduación se tomará como referencia la información que brinde la misma Municipalidad, así como la información que se debe saber acerca de paneles solares, mantos acuíferos, sistemas de bombeo, de los procesos de distribución de agua potable.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Departamento de Chiquimula

A principios del siglo XVI, durante la conquista española, la región de Chiquimula de la Sierra, que ocupaba la zona del actual departamento de Chiquimula al este de los antiguos reinos poqomam y chajomá, estaba habitada por la población maya chortí (ch'orti). El primer reconocimiento español de esta región lo llevó a cabo en 1524, una expedición en la que participaron Hernando de Chávez, Juan Durán, Bartolomé Becerra y Cristóbal Salvatierra, entre otros.

En 1526, tres capitanes españoles, Juan Pérez Dardón, Sancho de Barahona y Bartolomé Becerra, invadieron Chiquimula bajo las órdenes de Pedro de Alvarado. La población indígena no tardó en rebelarse contra las exigencias excesivas de los españoles, pero la rebelión fue rápidamente sofocada en abril de 1530. Sin embargo, la región no fue considerada totalmente conquistada hasta la campaña encabezada por Jorge de Bocanegra en 1531-1532, que también abarcó algunas partes de Jalapa.

Las aflicciones de las enfermedades del viejo mundo, la guerra y el exceso de trabajo en las minas y encomiendas, afectaron profundamente a los habitantes nativos del oriente de Guatemala, en tal medida que la población indígena nunca se recuperó hasta los niveles anteriores a la conquista.

Durante la Época Colonial, el Corregimiento de Chiquimula comprendió los departamentos de Jutiapa, Jalapa, Chiquimula, Zacapa, El Progreso e Izabal, un territorio con una superficie de veintiún mil trescientos

trece kilómetros cuadrados, casi un veinte por ciento del actual territorio de Guatemala.

El primer asentamiento de Chiquimula fue destruido por un violento huracán y los terremotos conocidos como de la Santísima Trinidad, en junio de 1765.

Para esa época el asentamiento de Chiquimula era grande y se encontraba en la parte oriente de la actual cabecera que fue levantada contigua a las ruinas de la iglesia de la Santísima Trinidad. Es uno de los departamentos con mejor índice de desarrollo humano, además es el tercer departamento de Guatemala en tener un mayor porcentaje de población económicamente activa y es el cuarto con mayor producción de producto interno bruto y ocupa el segundo puesto en los departamentos con mejor PIB per cápita.

Figura 1. **Mapa de localización del departamento de Chiquimula**



Fuente: Mapas de Guatemala.<[www.mapasdeGuatemala](http://www.mapasdeGuatemala.com)>.Consulta: 18 de abril de 2014.

Es el departamento más visitado del país, datos proporcionados por el Instituto Guatemalteco de Turismo estiman que un aproximado de cuatro a cinco millones de personas visita este departamento cada año, superando a los departamentos de Guatemala, Sacatepéquez y Petén; Esquipulas es el municipio principalmente visitado. Las únicas dos ciudades existentes son la ciudad de Chiquimula y la ciudad de Esquipulas, la primera ubicada en el nororiente del departamento y la segunda se ubica en el sur-centro.

Figura 2. **Parque Ismael Cerna de Chiquimula**



Fuente: *Parque Ismael Cerna*. <www.fotos de Chiquimula>.Consulta: 11 de julio de 2014.

El departamento de Chiquimula tiene una población de trescientos ochenta y ocho mil ciento quince habitantes aproximadamente, según la encuesta realizada por las autoridades municipales, la mayoría entre cero a treinta y cinco años. Es el séptimo departamento con menor población, la ciudad de Chiquimula y la ciudad de Esquipulas han sido históricamente las ciudades más importantes del oriente guatemalteco.

1.1.1. Ubicación

Chiquimula es un departamento ubicado en el kilómetro ciento sesenta y siete carretera CA-10 de Guatemala, limita al norte con el departamento de Zacapa; al sur con la República de El Salvador y el departamento de Jutiapa; al este con la República de Honduras; y al oeste con el departamento de Jalapa. Mejor conocido como la Perla de Oriente. Tiene un área aproximada de 2 376 Km² y es uno de los departamentos más importantes del oriente de Guatemala. De acuerdo a la proyección de población para el dos mil catorce del Instituto Nacional de Estadística (INE), el número habitantes está en alrededor trescientos setenta mil ochocientos noventa y uno aproximadamente. Está dividido en 11 municipios.

Tabla I. **Municipios del departamento de Chiquimula**

Chiquimula
Camotán
Concepción Las Minas
Esquipulas
Ipala
Jocotán
Olopa
Quezaltepeque
San José La Arada
San Juan Ermita
San Jacinto

Fuente: elaboración propia.

Figura 3. **Mapa del departamento de Chiquimula**



Fuente: *Maps of the world* <www.mapsofworld.com> Consulta: 12 de julio de 2014.

1.1.2. Historia

El departamento de Chiquimula está ubicado en el área geográfica conocida como Región Chortí, la cual es una etnia indígena descendientes de la civilización maya, cuyo centro cultural y político se situaba en Copán (actual Honduras). Esta etnia todavía persiste en este departamento y contando con alrededor de cincuenta y dos mil chortís. Esta etnia se encuentra concentrada en los municipios de Chiquimula, Jocotán, Camotán y menor parte de Quezaltepeque.

1.1.3. Población

La población oficial según el dato que se conoce es de 79 815 habitantes aproximadamente. Es la ciudad más poblada del oriente guatemalteco. De sus habitantes, el 48,05 % son hombres y el 51,95 % son mujeres. Se estima que alrededor del 50 % de sus habitantes son mestizos, 40 % blancos y 10 % indígenas de la etnia chortí.

En años anteriores existían alrededor de 16 451 hogares en todo el municipio. De estos, 14 246 eran casas propias (86,6 %), 1 626 casas estaban en alquiler (9,9 %), 502 casas fueron cedidas (3 %) y otras viviendas que se desconoce su condición son 77 (0,5 %).

El 43 % de las casas estaban construidas de *block*, el 28,5 % de bajareque, el 25 % de adobe, y el resto de otros materiales como madera, ladrillos, concreto o láminas metálicas.

Tabla II. **Información general de los municipios del departamento de Chiquimula**

Núm.	Municipio	Capital	Población	Extensión superficial	Densidad Poblacional
1	Chiquimula	Ciudad de Chiquimula	97,102	319 km ²	304,39 hab/km ²
2	Jocotán	Villa de Jocotán	59,314	148 km ²	400,7 hab/km ²
3	Esquipulas	Ciudad de Esquipulas	57,882	532 km ²	108,80 hab/km ²
4	Camotán	Villa de Camotán	53,452	232 km ²	230,39 hab/km ²
5	Quetzaltepeque	Villa de Quetzaltepeque	27,232	236 km ²	115,30 hab/km ²
6	Olopa	Olopa	25,111	156 km ²	160,96 hab/km ²
7	Ipala	Villa de Ipala	20,099	228 km ²	88,15 hab/km ²
8	San Juan Ermita	San Juan Ermita	13,658	92 km ²	148,45 hab/km ²
9	Concepción las Minas	Villa de Concepción	13,291	160 km ²	83,06 hab/km ²
10	San Jacinto	San Jacinto	12,639	60 km ²	215,60 hab/km ²
11	San José la Arada	San José la Arada	8,367	160 km ²	52,29 hab/km ²

Fuente: Municipalidad de Chiquimula, según documento de Segeplan.

1.1.4. **Actividades económicas del departamento**

La economía de Chiquimula está basada en la producción agrícola, siendo sus productos más importantes: el maíz, frijol, arroz, papas, café, caña de azúcar, cacao, bananos y el tabaco que se ha constituido en una explotación especial. Posee grandes fincas con crianza de ganado vacuno, que lo hacen sobresalir ante otros departamentos de Guatemala.

Un rubro importante de su economía lo constituye la minería, por considerarse como zona de actividad minera, aunque actualmente su producción se ha reducido considerablemente. Además de los minerales

metálicos, se sabe de la existencia de los no metálicos como el yeso, cuya cantera se encuentra en el caserío Rincón, del municipio San José la Arada. Es posible también que en Chiquimula haya depósitos de bentonita y perlita, una compañía minera ha hecho trabajos de explotación en la aldea Cañada en el municipio de Concepción las Minas, para obtener concentrados de plomo, zinc y plata.

Puede verse entonces que Chiquimula, aparte de ser uno de los departamentos más antiguos de la República, goza además de excelentes condiciones por la calidad y variedad de su suelo, y es rico en minas de plata, plomo, hierro, cobre, antimonio, cuarzo, hulla y algunos lavaderos de oro, aunque estos están sin explotar. En cuanto a la producción artesanal, es variada, pues por la abundancia de palma, hacen trenzas, sombreros y escobas; con el barro elaboran cerámica, teja y ladrillo.

En la cabecera departamental, trabajan jícaras y guacales de morro, elaboran candelas, productos de cuero y cohetería, esta última, especialmente en Esquipulas, últimamente el comercio también ha invadido esta región de Guatemala, un ejemplo es su cabecera Chiquimula, la cual es la ciudad más importante de todo el oriente de Guatemala. El 33,4 % de sus habitantes son catalogados como económicamente activos. La mayoría de sus habitantes se dedican al comercio, la agricultura y los servicios públicos, Chiquimula es una de las ciudades con mayor comercio del oriente guatemalteco ya que se encuentra ubicada a la orilla de la carretera hacia la frontera con Honduras y El Salvador. Entre los centros de comercio más importantes se encuentran el Mercado Central, Mercado la Terminal y el Centro Comercial Pradera. La ciudad posee una gran variedad de bancos y cooperativas y varios negocios regionales.

Al norte de la ciudad y ya en las periferias hay una pista de aterrizaje para avionetas privadas, sin embargo, las autoridades gubernamentales del municipio han planeado reconstruirla y elevarla a la categoría de aeropuerto para así mejorar la economía chiquimulteca.

Además, tiene una terminal de autobuses de la cual se puede transportar pasajeros a toda la ciudad, el departamento y a Zacapa, Puerto Barrios y la ciudad de Guatemala. Sin embargo, a pesar de su gran crecimiento comercial, el departamento de Chiquimula aún cuenta con una importante parte de su población viviendo en la pobreza. Se estima, según importantes estudios realizados, que el 32,71 % de sus habitantes viven en la pobreza y el 5 % en la pobreza extrema.

1.1.5. Costumbres

En el departamento de Chiquimula se encuentra uno de los lugares de peregrinación más descollantes de Mesoamérica, en el municipio de Esquipulas, por la advocación al Cristo Negro, que ha generado múltiples leyendas, como por ejemplo: este Cristo es negro porque está asentado en un cerro encantado de los ancestrales pobladores mayas, que tenían como deidad a un dios de Xibalbá que se pintaba de negro.

Figura 4. **Basílica del Señor de Esquipulas**



Fuente: Esquipulas, Chiquimula.

En el aspecto religioso, el departamento de Chiquimula representa el axis-mundo (centro del mundo) de Guatemala, ya que en su seno está el Santuario del Señor de Esquipulas, uno de los lugares más venerados de Guatemala y toda América.

El culto al Cristo Negro de Esquipulas y sus milagros, se ha difundido hacia el sur y el norte del continente con profusión. Las celebraciones del Señor de Esquipulas en enero con llevan peregrinaciones, rezos, penitencias, novenarios, cumplimientos de promesas, ofrendas, agradecimientos y devotos. Sus rituales forman todo un mundo sacro alrededor de su culto.

1.1.6. Demografía

Este departamento cuenta con una población total de 290 224 habitantes, que representan el 18,8 % de la Región III y el 1,7 % de la población guatemalteca; con una pirámide poblacional rural de 74,7 % de 25,3 %, siendo Chiquimula el que presenta una mayor población urbana (40 %) y Camotán, con el mayor número de población rural del departamento (96,2 %).

Para 1998, según proyecciones del INE, la población de Chiquimula ascendió a 297 683 habitantes. La población indígena del departamento es de 30,1 % y la no indígena del 69,9 % siendo los municipios de Jocotán, Camotán, Olopa y San Juan Ermita, donde se concentra el único grupo indígena en esta zona, el cual se denomina Grupo Chortí, que en conjunto tiene una población aproximada de 92 829 habitantes, con una extensión territorial de 628 kilómetros cuadrados, el 26 % de la extensión territorial del departamento y un total de 225 comunidades. La distribución porcentual de la población por grupo étnico, es de 3,1 % para los menores de 1 año, 15,8 % para las mujeres con edad fértil y una población materno infantil del 62,4 %.

1.1.7. Clima

Chiquimula es conocido como uno de los departamentos más cálidos de Guatemala, sin embargo, hay variedad de climas, predominando el cálido-árido, el clima es muy cálido y seco la mayor parte del año debido a su poca altitud (trescientos veinticuatro metros sobre el nivel del mar), con temperaturas de entre 28 y 39 °C durante todo el año.

Figura 5. **Parámetros climáticos promedio ciudad de Chiquimula**

Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temperatura máxima registrada (°C)	29	32	41	42	39	39	39	38	33	31	29	28	42
Temperatura diaria máxima (°C)	27	29	38	39	36	36	36	35	31	30	28	27	33
Temperatura diaria mínima (°C)	17	17	29	30	26	25	25	25	24	21	18	17	22
Temperatura mínima registrada (°C)	13	14	26	27	24	23	23	23	22	20	15	13	13

Fuente: SEGLEPLAN.

Los meses más cálidos son por lo general de marzo a septiembre y los menos de octubre a febrero. En el área urbana de Chiquimula, las temperaturas en el verano han llegado a superar los 42⁰ centígrados, convirtiéndola en una de las ciudades más cálidas del país.

1.2. Municipio de San Juan Ermita

En la tesorería de la Municipalidad se encuentra un documento de 1743, firmado por el famoso historiador Juan Gabarrete, cuyo título es: *Testimonio de los ejidos (repartición de tierras) de San Juan Ermita*; de la ciudad de Quezaltepeque, anotó que a tres leguas de Santa Elena (aldea del municipio de Chiquimula) se da con el pueblo llamado San Juan Ermita, anexo de Jocotán; está en un valle de muchas aguas, muy fértil y estrecho entre dos montañas bastante elevadas, con los jacales muy esparcidos por las montañas, con muchas siembras de maíz, caña, frijol, verduras y así sigue hasta Jocotán.

En la Constitución Política del Estado de Guatemala decretada por su asamblea el 11 de octubre de 1825, San Juan Ermita es uno de los treinta pueblos que formaban en corregimiento de Chiquimula de la Sierra.

Figura 6. **Edificio de la Municipalidad de San Juan Ermita, Chiquimula**



Fuente: Municipalidad San Juan Ermita.

San Juan Ermita tiene una altura de 569,20 metros sobre el nivel del mar, catorce grados cuarenta y cinco minutos y cuarenta y siete segundos y la longitud de ochenta y nueve grados veinticinco minutos y cincuenta segundos. El municipio de San Juan Ermita se ubica en el nororiente de la República de Guatemala, en el norte del departamento de Chiquimula con una extensión territorial de noventa y dos kilómetros cuadrados. Para poder llegar desde la cabecera departamental al municipio, se utiliza la Ruta CA-10, llegando a la altura de la aldea Vado Hondo en el kilómetro ciento setenta y siete. Desde este punto, se desvía por la Ruta C. El nombre de San Juan Ermita es de origen español.

Una vez que fundaban una comunidad, los españoles le ponían el nombre de un patrón; en este caso, San Juan Bautista. Respecto a Ermita, lo más probable es que antes de ser construida la iglesia actual, el pueblo contaba

con una pequeña ermita de donde se originó su nombre. No se tiene conocimiento alguno de la fecha exacta en que fue fundada, pero lo que sí se sabe es que se trata de un pueblo antiguo creado en la época colonial. San Juan Ermita fue un asentamiento de colonizadores españoles.

1.2.1. Autoridades municipales

Las autoridades municipales del municipio de San Juan Ermita del departamento de Chiquimula, lo conforman personas de muy alto prestigio dentro de la comunidad, y son elegidos por el alcalde.

Tabla III. **Junta directiva de la Municipalidad de San Juan Ermita**

Alcalde municipal
Mario Lemus Martínez
Presidenta del Concejo Municipal, San Juan Ermita, Chiquimula
Norma Mirna Mateo Miguel
Director Municipal de Planificación, San Juan Ermita, Chiquimula
Julio Cesar Galicia

Fuente: datos de la Municipalidad de San Juan Ermita.

1.2.2. Qué es la misión y para qué sirve

Es el trabajo específico que debe cumplir una persona, grupo u organización. La misión puede ser un instrumento de orientación estratégica para evaluar cada decisión que involucre recursos importantes de la organización, para desarrollar y mantener las capacidades básicas sin perder el norte, por ello la misión es como una brújula estratégica, instrumento particularmente útil.

Misión de la Municipalidad de San Juan Ermita

“Ser una municipalidad líder en el apoyo y promoción del desarrollo local, comprometido en brindar servicios de alta calidad con transparencia, equidad, credibilidad y confianza, integrada en completa armonía con el entorno natural de la región Chortí ”¹.

1.2.3. Qué es la visión y para qué sirve

La visión es la capacidad de ver más allá, en tiempo y espacio, y por encima de los demás, significa visualizar, ver con los ojos de la imaginación, en términos del resultado final que se pretende alcanzar. Servirá para tratar de alcanzar metas a corto, mediano y a largo plazo, el futuro esperado. Se debe incorporar tanto la visión del usuario externo, como la del interno. Debe ser alcanzable y real.

1.2.3.1. Visión de la Municipalidad de San Juan Ermita

“Somos una institución autónoma, eficiente e innovadora, que presta, abastece, gestiona y facilita servicios que generan un adecuado desarrollo económico, social y cultural contribuyendo al bienestar común de cada familia sanjuanera”².

¹ Municipalidad de San Juan Ermita.

² Municipalidad de San Juan Ermita.

1.2.4. Monografía del municipio

Cabecera municipal del municipio del mismo nombre, tiene una extensión territorial de noventa y dos kilómetros cuadrados.

La altura de la cabecera del municipio es de 569,20 metros sobre el nivel del mar. Latitud $14^{\circ}, 45', 37''$ longitud $89^{\circ}, 25', 50''$, limita al norte con el municipio de Jocotán, al sur con el municipio de Quezaltepeque, al este con los municipios de Jocotán y Olopa; al oeste con los municipios de Chiquimula y San Jacinto.

1.2.5. Fuentes de agua potable

Su hidrología es excelente, la mayoría de sus comunidades cuentan con pequeños nacimientos de agua o también algunos riachuelos, por lo que se ha facilitado poner agua entubada domiciliar en casi todas las comunidades.

Figura 7. **Nacimiento de río Carcaj**



Fuente: COLINDRES, Edgar. Río Carcaj.<www.wikipedia.com>.

Consulta: 25 de agosto de 2014.

Cuenta con un río llamado Carcaj (caja de flechas), el cual pasa por el centro del municipio y divide la cabecera municipal en dos, este río nace en la aldea de Quequezque del municipio de San Juan Ermita el cual al llegar a la comunidad de Encuentros del mismo municipio se le une otra quebrada o riachuelo que cuenta con agua suficiente para hacer más caudaloso el río, por ende dicha comunidad fue llamada como tal.

Figura 8. **Río Shutaque**



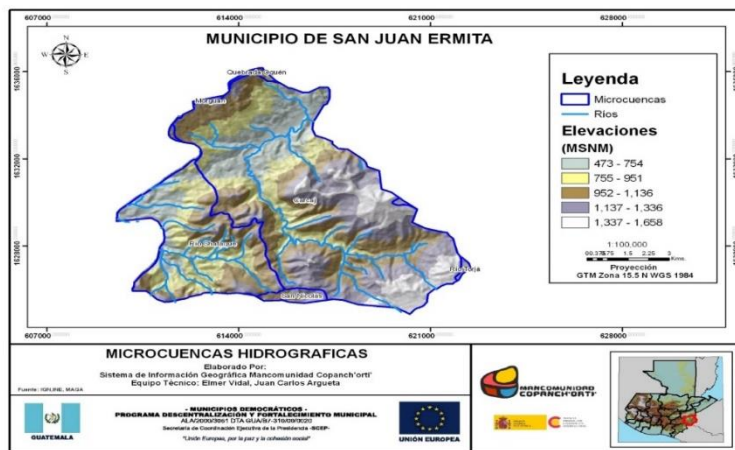
Fuente: VILLEGAS SALINAS, Alejandro <avdigitalguatemala >.

Consulta: 15 de octubre de 2014.

Al continuar se unen varios riachuelos pequeños y al llegar a la cabecera municipal se le une una quebrada que es conocida como Quebrada Negra (llamada así porque en época lluviosa la misma erosiona gran cantidad de sedimentos de hierro, poniendo el agua de color negro), misma que nace en la comunidad de Minas Abajo de este municipio. En el municipio predomina la microcuenca del Río Carcaj, ocupa el 70 % del área, el cual contribuye al caudal del río Grande; en segundo lugar está la del río Shutaque que abarca un

26 % del área; con porcentaje entre 1 y 2 % , se encuentra la del río San Nicolás y las quebradas Morguán y Toroja.

Figura 9. Microcuencas hidrográficas



Fuente: ING.

Figura 10. Ríos de Chiquimula



Fuente: *Ríos de Chiquimula*. <www.Guatemala.com/fotos+de+rios+de+chiquimula>.

Consulta: 12 de octubre de 2014.

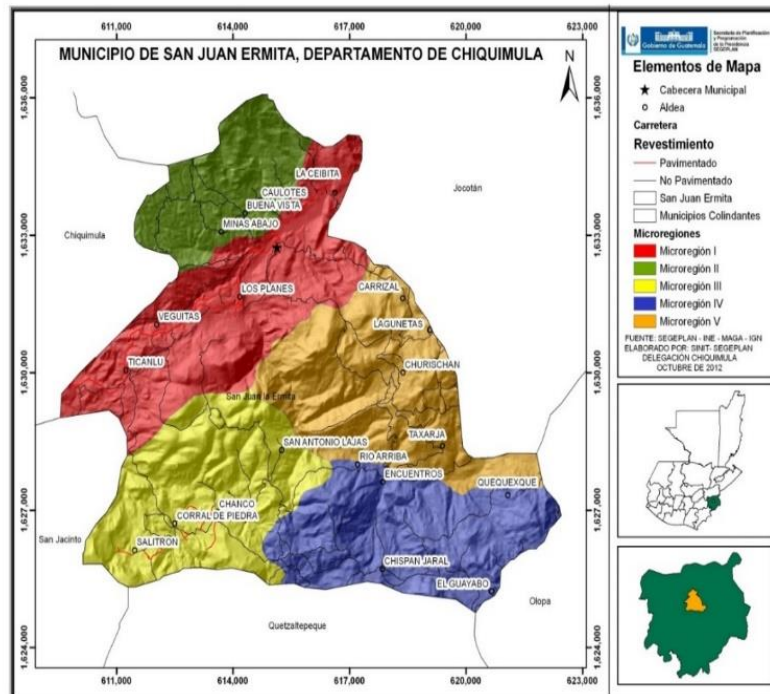
1.2.6. Geografía del lugar

El municipio de San Juan Ermita tiene una población de quince mil doscientos cuarenta y seis habitantes, con una ruralidad de 88,33 % y el restante 11,17 % se encuentra residente en el área urbana.

Según dato registrado en la tabla de indicadores base del proceso de planificación impulsado por la Segeplan en el 2014 establece que el crecimiento vegetativo del municipio es de 3,22 %, según memoria de labores del Área de Salud de Chiquimula en 2014, con una densidad poblacional de ciento sesenta y tres habitantes por kilómetro cuadrado, manteniéndose en la media aritmética relacionándolo con el resto de municipios del departamento.

La cabecera municipal es el centro de convergencia de pobladores del municipio y en él, donde se ofrece la mayor cantidad de servicios básicos, lo que da como resultado una concentración de personas del área rural, específicamente demandando productos y servicios, además de ello es el centro poblado con mayor cantidad de viviendas. El territorio está integrado por cinco micro regiones según la distribución política administrativa del municipio y cuenta con veinte aldeas en los cuales se registran veintidós caseríos.

Figura 11. **Mapa de localización de aldeas del municipio de San Juan Ermita, del departamento de Chiquimula**



Fuente: SEGEPLAN 2012.

1.2.7. Estudios topográficos del lugar

Para sistemas de agua potable en áreas rural se siguió lo establecido en la *Guía para el diseño de abastecimiento de agua potable a zonas rurales de Unepar*. Se efectuó el levantamiento topográfico de la línea que une la fuente de abastecimiento de agua seleccionada con el núcleo poblado, dentro de este levantamiento se contemplaron muchos factores que podían incidir al momento de realizar los trabajos, como lo fueron: estructuras existentes, pasos de ríos, quebradas, puntos altos del lugar, cercos, entre otros.

Este levantamiento de núcleo poblado consistió en el trazo de líneas principales de abastecimiento de agua y ramales secundarios que tendrán la misma función, tuberías de distribución de agua que conectarán las viviendas aledañas a la municipalidad, se consideraron también edificios municipales, calles principales, de igual forma todas las estructuras importantes que pueden ser un factor determinante en el momento de empezar a realizar la obra.

1.2.8. Presupuesto para la implementación de los paneles solares

En la siguiente propuesta para realizar la implementación de los paneles solares que hagan funcionar la bomba de extracción de agua para distribuir a los habitantes del municipio de San Juan Ermita, el presupuesto que se necesita esta detallado en la siguiente tabla.

Tabla IV. **Presupuesto de inversión para la implementación de los paneles solares en el municipio de San Juan Ermita**

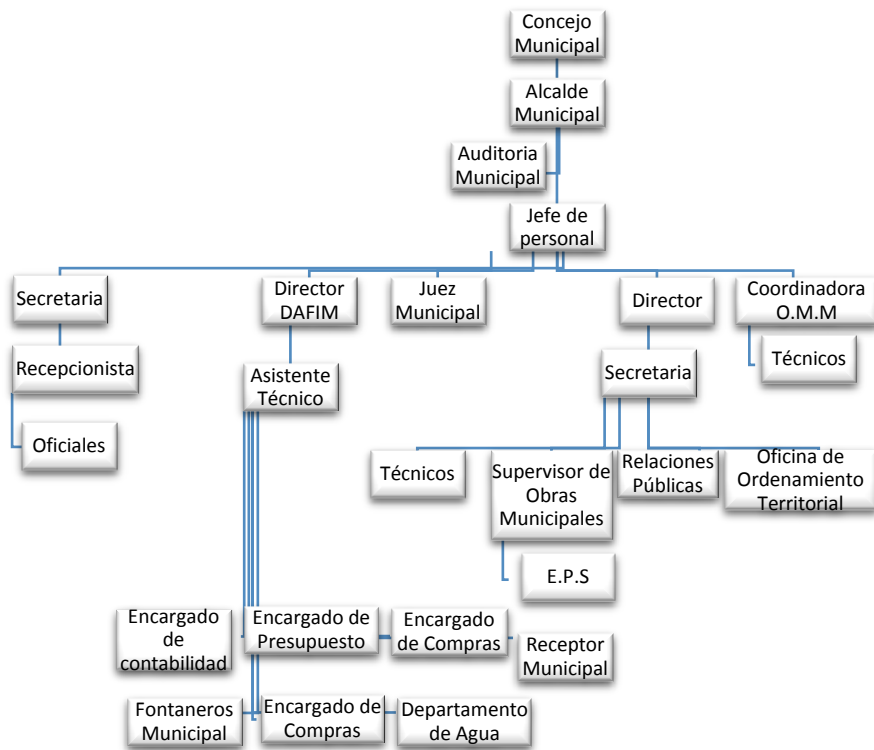
Descripción	Cantidad	Precio por unidad	Total
Paneles solares	5	\$ 1 500	Q 56 250,00
Bomba eléctrica sumergible	1	\$ 3 000	Q 23 400,00
Soporte para instalación de paneles	2	\$ 490	Q 3 822,00
Cableado para bomba sumergible	200 m	\$ 150	Q 1 200,00
Caja para conexiones	1	\$ 250	Q 1 950,00
Acumuladores	10	\$ 100	Q 7 800,00
Flipones	2	\$ 25	Q 390,75
Tubo ducto para instalación eléctrica	150 m	\$ 5	Q 5 850,00
Total			Q 100 662.75

Fuente: elaboración propia con datos aproximados.

1.2.9. Organigrama municipal

En el siguiente organigrama municipal se detalla los puestos jerárquicos de la Municipalidad de San Juan Ermita, este organigrama lo que pretende es orientar a las personas que visitan la Municipalidad para tener conocimiento de las distintas dependencias municipales y poder de esa forma resolver con mejor certeza los tramites que necesiten realizar.

Figura 12. Organigrama municipal



Fuente: Municipalidad de San Juan Ermita.

1.2.10. Plan para el 2015

Se presentan el plan para 2015, el cual fue proporcionado por la Municipalidad de la localidad.

Tabla V. Plan para el 2015

Problemática (PDM)	Prioridad del Gobierno Local	Priorización Conjunta
Insuficiente cobertura de los servicios educativos	1. Hacia una mejor educación	1. Contaminación por desechos sólidos y líquidos en la cabecera municipal
Falta de continuidad y cobertura en la prestación de los servicios de salud	2. Mejores condiciones de salud	2. Deforestación municipal
Falta completar la cobertura de los servicios básicos de la población	3. Fortalecimiento cultural y deportivo	3. Red vial en mal estado
Contaminación ambiental por desechos sólidos y líquidos	4. Sostenibilidad y calidad ambiental	4. Bajo acceso a los servicios básicos (salud, educación, agua, saneamiento, entre otras.)
Baja cobertura forestal del municipio	5. Generación de empleo y desarrollo económico productivo	5. Pérdida de identidad cultural y deportiva
		6. Indisponibilidad de recursos económicos en los vecinos del municipio

Fuente: Municipalidad San Juan la Ermita.

La ausencia de infraestructura para el manejo y tratamiento de los desechos sólidos y líquidos municipales, es una de las causales importantes que se contribuye a la degradación de los recursos naturales en el municipio de San Juan Ermita. Actualmente existe un vertedero municipal donde son arrojados todos los desechos sin ningún manejo ni tratamiento, el cual aparte de generar contaminación ambiental, genera contaminación visual y del paisaje, alterando toda clase de ecosistemas.

Los desechos líquidos recolectados mediante el sistema de drenajes de la cabecera municipal son descargados al afluente del río Carcaj, sin ningún manejo ni tratamiento previo, destruyendo cualquier probabilidad biótica que pudiese existir, en este recurso natural, por el nivel de contaminantes que de la cabecera municipal son generados. Las actuales autoridades municipales han priorizado esta problemática para contribuir a reducir la contaminación de los recursos agua y suelo del municipio.

1.3. Definición de paneles solares

Un panel solar (o módulo solar) es un dispositivo que aprovecha la energía de la radiación solar. El término comprende a los colectores solares utilizados para producir agua caliente (usualmente doméstica), mediante energía solar térmica y a los paneles fotovoltaicos utilizados para generar electricidad mediante energía solar fotovoltaica.

Los paneles tienen una placa receptora y conductos, adheridos a esta, por los que circula líquido. Esta placa está generalmente recubierta con una capa selectiva de color negro.

El líquido calentado es bombeado hacia un aparato intercambiador de energía (un haz tubular dentro de un depósito de almacenado o un aparato externo) donde cede el calor y luego circula de vuelta hacia el panel para ser recalentado.

Figura 13. **Conjunto de paneles solares fotovoltaicos**



Fuente: Panel solar fotovoltaico <www.autosolar.es> Consulta: 22 de agosto de 2014.

Es una manera simple y efectiva de aprovechar la energía solar. Los paneles solares se pueden utilizar como un componente de un mayor sistema fotovoltaico, para generar y suministrar electricidad. Cada módulo tiene por su DC potencia de salida en condiciones de prueba estándar (STC), y por lo general oscila desde 100 hasta 320 vatios, la eficiencia de un módulo determina el área de un módulo dado la misma potencia nominal, un módulo de 230 vatios eficientes, 8 % tendrá dos veces el área de un módulo de 230 vatios eficientes 16 % hay unos cuantos paneles solares disponibles que están superando la eficiencia del 19 %.

Un módulo solar puede producir solo una cantidad limitada de energía; la mayoría de las instalaciones contienen múltiples módulos. Un sistema fotovoltaico típicamente incluye un panel o un conjunto de módulos solares, un inversor, y a veces una batería y / o seguidor solar y cableado de interconexión.

1.3.1. Características de los paneles solares

Los paneles fotovoltaicos están formados por numerosas celdas que convierten la luz en electricidad. Estas celdas dependen del efecto fotovoltaico por el que la energía lumínica produce cargas positiva y negativa en dos semiconductores próximos de diferente tipo, produciendo así un campo eléctrico capaz de generar una corriente.

³Silicio cristalino y arseniuro de galio son la elección típica de materiales para celdas solares. Los cristales de arseniuro de galio son creados especialmente para uso fotovoltaico, mientras que los cristales de silicio están disponibles en lingotes estándar más baratos producidos principalmente para el consumo de la industria microelectrónica.

El silicio poli cristalino tiene una menor eficacia de conversión, pero también menor costo. Cuando es expuesto a luz solar directa, una celda de silicio de seis centímetros de diámetro puede producir una corriente de alrededor cero punto cinco amperios a cero punto cinco voltios (equivalente a un promedio de noventa watts/metro cuadrado, en un rango de usualmente 150 watts/metro cuadrado, dependiendo del brillo solar y la eficacia de la celda). El arseniuro de galio es más eficaz que el silicio, pero también más costoso.

³ El Arseniuro de galio (GaAs) es un compuesto de galio y arsénico. Es un importante semiconductor y se usa para fabricar dispositivos como circuitos integrados a frecuencias de microondas, diodos de emisión infrarroja, diodos láser y células fotovoltaicas.

1.3.2. Tipos de paneles solares

Existen diferentes tipos de paneles solares, los cuales para el presente estudio se definirán de la siguiente manera.

1.3.2.1. Paneles solares termodinámicos

Los paneles solares termodinámicos son la opción más recomendada por los expertos para generar energía. El avance de la tecnología de los últimos años ha permitido crear estos paneles que son más eficientes, más versátiles y más económicos que ninguna otra opción. Son la nueva generación de paneles solares, con mejoras en tantos aspectos que los han convertido en la mejor solución para una gran mayoría de los casos.

1.3.2.2. Paneles solares térmicos

La energía solar térmica o energía termo solar consiste en el aprovechamiento de la energía del Sol para producir calor, que puede aprovecharse para cocinar alimentos o para la producción de agua caliente destinada al consumo de agua doméstico, ya sea agua caliente sanitaria, calefacción, o para producción de energía mecánica y, a partir de ella, de energía eléctrica.

Adicionalmente puede emplearse para alimentar una máquina de refrigeración por absorción, que emplea calor en lugar de electricidad, para producir frío con el que se puede acondicionar el aire de los locales.

1.3.2.3. Paneles solares fotovoltaicos

Los paneles o módulos fotovoltaicos (llamados comúnmente paneles solares, aunque esta denominación abarca otros dispositivos), están formados por un conjunto de celdas (células fotovoltaicas) que producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos (energía solar fotovoltaica).

Figura 14. Paneles solares fotovoltaicos



Fuente: Paneles solares.<www.panelessolares.com.mx> Consulta: 22 de agosto de 2014.

El parámetro estandarizado para clasificar su potencia se denomina potencia pico, y corresponde con la potencia máxima que el módulo puede entregar bajo unas condiciones estandarizadas, que son:

- Radiación de 1000 W/m^2
- Temperatura de célula de $25 \text{ }^\circ\text{C}$ (no temperatura ambiente).

Los paneles fotovoltaicos se dividen en:

- Mono cristalinas: se componen de secciones de un único cristal de silicio (Si) (reconocibles por su forma circular u octogonal, donde los 4 lados cortos, si se puede apreciar en la imagen, se aprecia que son curvos, debido a que es una célula circular recortada).
- Poli cristalinas: cuando están formadas por pequeñas partículas cristalizadas.
- Amorfos: cuando el silicio no se ha cristalizado.

Su efectividad es mayor cuanto mayor son los cristales, pero también su peso, grosor y coste. Tanto los paneles monocristalinos como los paneles policristalinos pueden alcanzar un 20 % de su rendimiento por otro lado los paneles de tipo amorfos no logran superar el 10 % de su rendimiento, sin embargo, su coste y peso es muy inferior, el Panel Solar Híbrido es aquel que integra la energía solar fotovoltaica y la térmica en un único dispositivo. Las dos variantes del panel están adaptadas al medio en el que se utilizan. En el panel solar híbrido utilizado en edificaciones, el calor existente en las células fotovoltaicas es transferido a un absorbedor de temperatura integrado en su parte posterior.

El serpentín es recorrido por un fluido calor-portante, dicho fluido llega al intercambiador de calor del acumulador de agua caliente, donde cede el calor, el sistema además de permitir la cogeneración de energía eléctrica y calor, permite aumentar la producción eléctrica al refrigerar los paneles solares.

En el panel empleado en huertas solares se sustituye el acumulador de agua por un sistema de refrigeración basado en radiadores que enfrían el fluido calor-portante por convección de aire. De esta forma el Panel Solar Híbrido se usa como un panel solar fotovoltaico refrigerado, concentrando su función en la producción de electricidad, la vida útil de la instalación es más prolongada debido a que la temperatura de trabajo de los paneles es más baja.

Figura 15. **Sistema de panel solar híbrido**



Fuente: Sistema híbrido. <www.sumpowercorp.es> Consulta: 28 de agosto 2014.

1.3.3. Estructura de los paneles solares

Las estructuras para anclar los paneles solares son generalmente de aluminio con tornillería de acero inoxidable, para asegurar una máxima ligereza y una mayor durabilidad en el tiempo. Las estructuras pueden ser estándares para las medidas más habituales superficie, orientación e inclinación (tanto en horizontal, como en vertical).

La estructura de los paneles solares está compuesta, entre otras cosas, por: un generador solar, un acumulador, un regulador de carga y un inversor (opcional); el primero es un conjunto de células solares fotovoltaicas que captan la radiación luminosa procedente del Sol para luego transformarla en corriente continua a baja tensión.

Figura 16. **Estructura para instalación de paneles solares**



Fuente: Estructura de paneles. <www.technosun.com> Consulta: 12 de septiembre de 2014.

1.3.3.1. Batería o acumulador

Las baterías o acumuladores son los que almacenan la energía producida por el generador y da la posibilidad de utilizar dicha energía almacenada en los días en donde existe una radiación muy baja o directamente no hay presencia solar.

Figura 17. **Batería o acumulador de energía**



Fuente: Batería.<www.bateriasamerica.com> Consulta: 22 de septiembre de 2014.

1.3.3.2. **Regulador de carga**

El regulador de carga, como su nombre lo indica, se encarga de evitar que se produzcan sobrecargas o descargas excesivas en el acumulador, si esto ocurriese se producirían daños irreversibles; otra de sus particularidades es asegurar de que el sistema trabaje siempre en el punto de máxima eficiencia.

Figura 18. **Regulador de carga**



Fuente: Regulador.<www.mpptsolar.com> Consulta: 30 de septiembre de 2014.

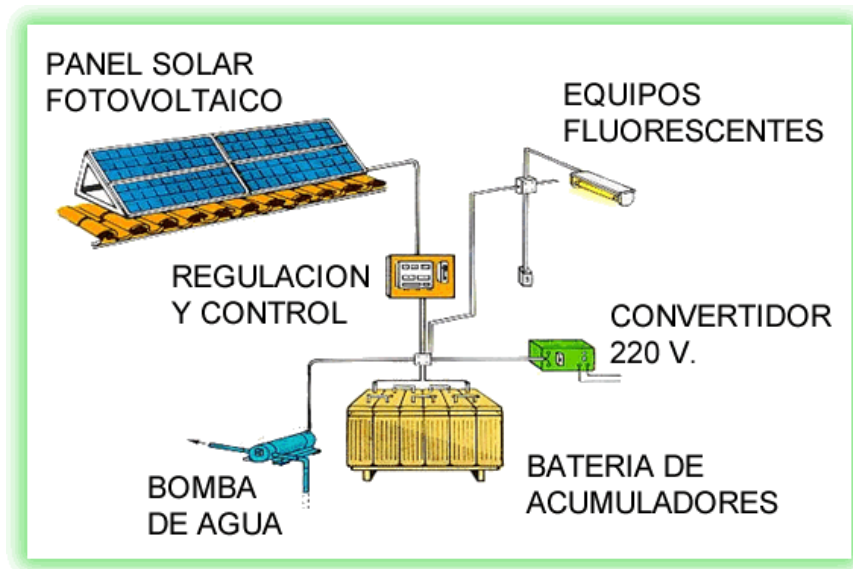
1.3.4. Funcionamiento de los paneles solares

Los paneles solares funcionan de la siguiente manera: los rayos solares impactan sobre la superficie del panel, penetrando en este y siendo absorbidos por materiales semiconductores, como el silicio o el arseniuro de galio, dichos paneles son módulos que aprovechan la energía de los rayos solares. Estos módulos comprenden los colectores solares, utilizados para producir agua caliente y a los paneles fotovoltaicos usados para generar energía.

Los fotovoltaicos están compuestos por numerosas celdas que transforman la luz en electricidad, dichas celdas a veces son llamadas células fotovoltaicas, lo que significa luz-electricidad y dependen del efecto fotovoltaico para poder transformar la energía del Sol y hacer que una corriente pase por dos placas con cargas eléctricas opuestas.

El parámetro estándar para medir su potencia se denomina potencia pico, los colectores solares tienen una placa receptora y tubos por los que circula líquido adheridos a esta. El receptor asegura que la radiación solar se transforme en calor, mientras que el líquido que circula por los tubos transporta el calor hacia donde puede ser utilizado o almacenado.

Figura 19. Diagrama de funcionamiento de los paneles solares



Fuente: Diagrama de los paneles solares. <www.servicentro.ar>

Consulta: 15 de agosto de 2014.

Entre 2001 y 2012 se ha producido un crecimiento exponencial de la producción de energía fotovoltaica, doblándose aproximadamente cada dos años. Si esta tendencia continúa, la energía fotovoltaica cubriría el 10 % del consumo energético mundial en 2018, alcanzando una producción aproximada de dos mil doscientos Tera watts/hora, y podría llegar a proporcionar el 100 % de las necesidades energéticas actuales en torno al 2027.

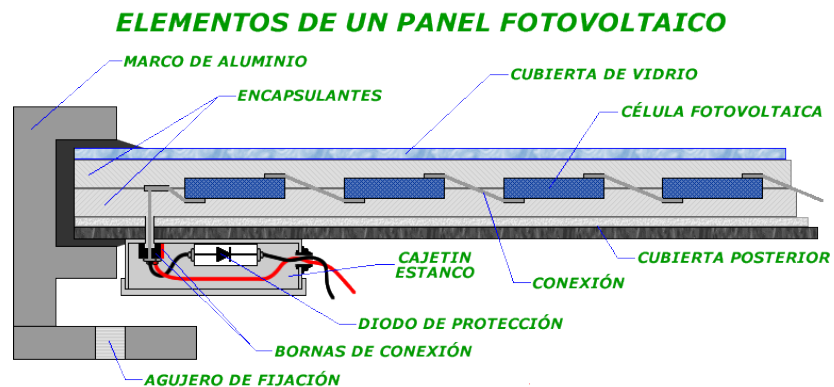
1.3.5. Componentes de los paneles solares

Los kits normales de paneles solares incluyen celdas solares, la parte más complicada y valiosa de un sistema de energía solar. Estas celdas están hechas de obleas de silicio. Una sola celda puede producir gran parte de una

carga, pero estas se presentan en los paneles, los cuales se pueden fijar al techo y establecerse bajo los rayos solares para crear una cantidad útil de voltaje.

Las células solares requieren cableado para canalizar la carga de los paneles correctamente para baterías u otros dispositivos, los kits típicamente incluyen el cableado necesario y diagramas para enrutamiento de energía en el circuito correcto.

Figura 20. **Elementos de un panel fotovoltaico**



Fuente: Cursolar. <www.cursolar.net> Consulta: 11 de septiembre de 2014.

1.3.6. Especificaciones de los paneles solares

Dependiendo del fabricante de los paneles solares serán las especificaciones y recomendaciones que se tendrán que analizar cuando se compra el producto.

Las características del Módulo Fotovoltaico A-75 son:

- Características físicas
 - Longitud: 1.200 mm
 - Anchura: 526 mm
 - Espesor: 35 mm
 - Peso: 8,2 kg

- Características eléctricas
 - Potencia (W en prueba + 10 %): 75 W
 - Número de células: 33 de 5"
 - Corriente (en punto de máxima potencia): 4,4 A
 - Tensión de (en punto de máxima potencia): 17 V
 - Corriente de cortocircuito: 4,8 A
 - Tensión de circuito abierto: 21 V

El A-75 está homologado según CEC-SPECIFICATION Nro. 503 JRC - ISPRA.

Especificaciones en condiciones de prueba estándar de: 1 000 W/m², temperatura de la célula veinticinco grados centígrados y masa de aire de uno punto cinco.

- Características de uso

Las características que tiene en cuanto a su uso son las siguientes:

- Excelente desempeño en ambientes con poca irradiación de luz
- Certificado para soportar elevados vientos y cargas de nieve
- Resistente a la sal y al amoníaco
- Veinticinco años de garantía
- Alta eficiencia de conversión
- Certificado por ISO 9001
- Certificado ISO 14001
- Certificado OHSAS 18001

1.3.6.1. Ventajas al utilizar paneles solares

Muchas empresas utilizan los paneles solares para generar beneficios no solo a la misma empresa sino también al medio ambiente. Existen ocho razones primordiales según los vendedores expertos en el tema.

- Excelente inversión: se consigue un mejor rendimiento que en otras inversiones de largo plazo. Aunque algunas inversiones prometen un mayor rendimiento tienen un mayor riesgo. La instalación de paneles solares no conlleva ningún riesgo asociado.

- Ahorrar dinero: con un sistema de paneles solares se puede llegar a eliminar el costo de electricidad en su empresa o casa.
- Protección contra las subidas en la tarifa eléctrica: en Guatemala el costo de la electricidad ha subido más del treinta y cuatro por ciento del 2010 al 2013, este aumento se debe a que la producción de electricidad en Guatemala depende altamente del petróleo, y este recurso natural está disminuyendo por lo que su precio aumenta.
- Reducción de la emisión de CO²: al consumir 800 kilowatt hora de energía eléctrica por mes se genera siete toneladas de CO² al año. El dióxido de carbono es el responsable del efecto invernadero.
- Conservación de los recursos naturales: al utilizar la energía solar se reduce el porcentaje de energía térmica y nuclear.
- Este tipo de producción de energía requiere del recurso natural del agua por lo que si se utiliza la energía solar que se puede ahorrar este recurso natural.
- Incrementa la independencia energética: recolectando la energía solar se reduce la dependencia en recursos no renovables y de importación como el petróleo.
- Aumenta el valor del inmueble: al agregar paneles solares se puede aumentar el valor del inmueble debido al ahorro anual de energía eléctrica.

- **Accesibilidad:** se pueden ubicar en diferentes puntos del edificio o casa. El mismo ahorro de energía hace accesible el financiamiento de los paneles solares.

1.3.7. Definición de mantenimiento

Se denomina mantenimiento al procedimiento mediante el cual un determinado bien recibe tratamientos a efectos de que el paso del tiempo, el uso o el cambio de circunstancias exteriores no lo afecte.

1.3.7.1. Mantenimiento de los paneles solares

El mantenimiento básico del panel solar fotovoltaico comprende las acciones siguientes:

- Limpiar sistemáticamente la cubierta frontal de vidrio del panel solar fotovoltaico se recomienda que el tiempo entre una limpieza y otra se realice teniendo en cuenta el nivel de suciedad ambiental. La limpieza debe efectuarse con agua y un paño suave, de ser necesario, emplear detergente.
- Verificar que no haya terminales flojos ni rotos, que las conexiones estén bien ajustadas y que los conductores se hallen en buenas condiciones. En caso de detectar anomalías, contactar al personal especializado.
- Verificar que la estructura de soporte esté en buenas condiciones. En caso de que esta no se encuentre protegida contra el intemperismo (es decir, que no sea de aluminio, acero inoxidable o galvanizado), dar tratamiento con pintura antióxido.

- Podar sistemáticamente los árboles que puedan provocar sombra en el panel solar fotovoltaico. No colocar objetos cercanos que puedan dar sombra, como los tanques de agua y las antenas.

1.3.7.2. Mantenimiento de la batería de acumulación

La batería de acumulación es el elemento de los sistemas solares fotovoltaicos de pequeña potencia que representa mayor peligro para cualquier persona que necesite de manipularla, tanto por sus características eléctricas como por las químicas.

1.3.8. Mantenimiento básico

El mantenimiento básico de la batería de acumulación comprende las siguientes acciones:

- Verificar que el local de ubicación de las baterías de acumulación esté bien ventilado y que las baterías se encuentren protegidas de los rayos solares.
- Mantener el nivel de electrolito en los límites adecuados (adicionar solamente agua destilada cuando sea necesario, para reponer las pérdidas ocasionadas durante el gaseo).
- Se recomienda, en la práctica, que siempre el electrolito cubra totalmente las placas, entre 10 y 12 mm por encima del borde superior. En caso la caja exterior de la batería de acumulación sea transparente y posea

límites de nivel del electrólito, este se situará entre los límites máximo y mínimo marcados por el fabricante.

1.4. Problemáticas ambiental logística y distribución

La ausencia de infraestructura para el manejo y tratamiento de los desechos sólidos y líquidos municipales, es una de las causales importantes, con las cuales se contribuye a la degradación de los recursos naturales en el municipio de San Juan Ermita. Actualmente existe un vertedero municipal donde son arrojados todos los desechos sin ningún manejo ni tratamiento, el cual aparte de generar contaminación ambiental, genera contaminación visual y del paisaje, alterando toda clase de ecosistemas.

Los desechos líquidos recolectados mediante el sistema de drenajes de la cabecera municipal son descargados al afluente del río Carcaj, sin ningún manejo ni tratamiento previo, destruyendo cualquier probabilidad biótica que pudiese existir, en este recurso natural, por el nivel de contaminantes generados en la cabecera municipal. Las actuales autoridades municipales han priorizado esta problemática para contribuir a reducir la contaminación de los recursos, agua y suelo del municipio.

1.4.1. Definiciones

Son todos aquellos conceptos que ayudan a entender de mejor manera el significado de las palabras relevantes en un documento. A continuación se describe las definiciones referentes a medio ambiente.

1.4.2. Medio ambiente de la región, características de la logística

Se entiende por medio ambiente a todo lo que rodea a un ser vivo. Entorno que afecta y condiciona especialmente las circunstancias de vida de las personas o de la sociedad en su conjunto. Comprende el conjunto de valores naturales, sociales y culturales existentes en un lugar y en un momento determinado, que influyen en la vida del ser humano y en las generaciones venideras.

Es decir, no se trata solo del espacio en el que se desarrolla la vida, sino que también comprenden sujetos, agua, suelo, aire y las relaciones entre ellos; así como elementos tan intangibles como la cultura. El cinco de junio se celebra el día Mundial del Medio Ambiente.

1.4.2.1. Clima

El clima abarca los valores estadísticos sobre los elementos del tiempo atmosférico en una región durante un período representativo, como por ejemplo una semana, un mes, temperatura, humedad, presión, vientos y precipitaciones, entre otros, estos valores se obtienen con la recopilación de forma sistemática y homogénea de la información meteorológica, durante períodos que se consideran suficientemente representativos, de treinta años o más, tal como señala F. J. Monkhouse.

Estas épocas necesitan ser más largas en las zonas subtropicales y templadas que en la zona intertropical, especialmente, en la faja ecuatorial, donde el clima es más estable y menos variable en lo que respecta a los parámetros meteorológicos.

Los factores naturales que afectan al clima son el relieve, la continentalidad (o distancia al mar) y corrientes marinas. Según se refiera al mundo, a una zona o región, o a una localidad concreta se habla de clima global, zonal, regional o local (microclima), respectivamente.

El clima es un sistema complejo por lo que su comportamiento es difícil de predecir, por una parte hay tendencias a largo plazo debidas, normalmente, a variaciones sistemáticas como las derivadas de los movimientos de rotación y de traslación de la Tierra y la forma como estos movimientos afectan de manera distinta a las diferentes zonas o regiones climáticas del planeta, las variaciones de la radiación solar o los cambios orbitales.

Por otra parte existen fluctuaciones más o menos caóticas debidas a la interacción entre forzamientos, retroalimentaciones y moderadores. De cualquier forma el efecto de las fluctuaciones poco predecibles del tiempo atmosférico, es prácticamente anulado si se ciñe al estudio de las tendencias a corto plazo en el campo de la meteorología y se pueden hacer predicciones con considerable precisión. Asimismo, el conocimiento del clima del pasado es, también, más incierto a medida que se retrocede en el tiempo.

Esta faceta de la climatología se llama paleo climatología y se basa en los registros fósiles; los sedimentos; la dendrocronología, es decir, el estudio de los anillos anuales de crecimiento de los árboles; las marcas de los glaciares y las burbujas ocluidas en los hielos polares. De todo ello los científicos están sacando una visión cada vez más ajustada de los mecanismos reguladores del sistema climático.

1.4.2.2. Educación ambiental de los habitantes

Las autoridades municipales junto con los Cocodes y las escuelas apoyadas por el Ministerio de Educación brindan talleres en relación a educación ambiental, para tratar de hacer conciencia a los habitantes del municipio de San Juan Ermita, en lo importante que es conservar los recursos naturales para tener una mejor calidad de vida en el municipio, y con ello lograr tener un mejor tipo de vida.

En las escuelas los profesores se dedican a brindar a los alumnos materiales de clasificación de desechos tanto plásticos como de aluminio, y hacen conciencia en los alumnos de no tirar basura y lo importante que resulta reciclar los materiales que pueden ser rehusados.

El municipio de San Juan Ermita es el territorio que reporta la menor cobertura boscosa del departamento de Chiquimula; es preocupante el aprovechamiento irracional que del recurso bosque se ha tenido en el territorio.

Según indicadores base del proceso de planificación impulsado por la Segeplan, en el 2014 se sabe que la cobertura es de 7,37 %, donde las causas como: el avance de la frontera agrícola, el aprovechamiento irracional e incontrolado de los bosques, la utilización del bosque como recurso energético (leña) son de las causas más incidentes para contar con los indicadores que actualmente el municipio tiene.

Esta razón ha sido la motivante para abordar temática, priorizando el aumento de cobertura con enfoque de cuenca, priorizando las áreas de recarga hídrica del municipio, contribuyendo a garantizar el abastecimiento y suministro de agua de las comunidades y de toda la población en general.

2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1. El pozo

Los pozos suelen tener forma cilíndrica y las paredes aseguradas con cemento, piedra o madera para evitar derrumbes. Los pozos que se realizan para buscar agua se caracterizan por la construcción de paredes que sobresalen del nivel del suelo. La elaboración del pozo se contempla hacerlo de forma artesanal aprovechando que el municipio cuenta con todos los recursos, tanto a nivel de materia prima como de mano de obra calificada en el desarrollo de dichos proyectos.

Figura 21. **Pozo artesanal**



Fuente: Pozo artesanal.<www.wikipedia.com> Consulta: 25 de agosto de 2014.

De esta forma se garantiza la durabilidad del pozo y la eficiencia en la elaboración, reduciendo también los costos del proyecto.

Al terminar el pozo se utilizará una bomba sumergible la cual se detallará más adelante y a la misma se le implementará un sistema de paneles solares, garantizando que el costo de funcionamiento de dicho pozo será inferior al que se generaría si se utiliza un sistema de energía convencional, ayudando de esa forma a que también el costo por canon de agua que el vecino debe cancelar, sea menor.

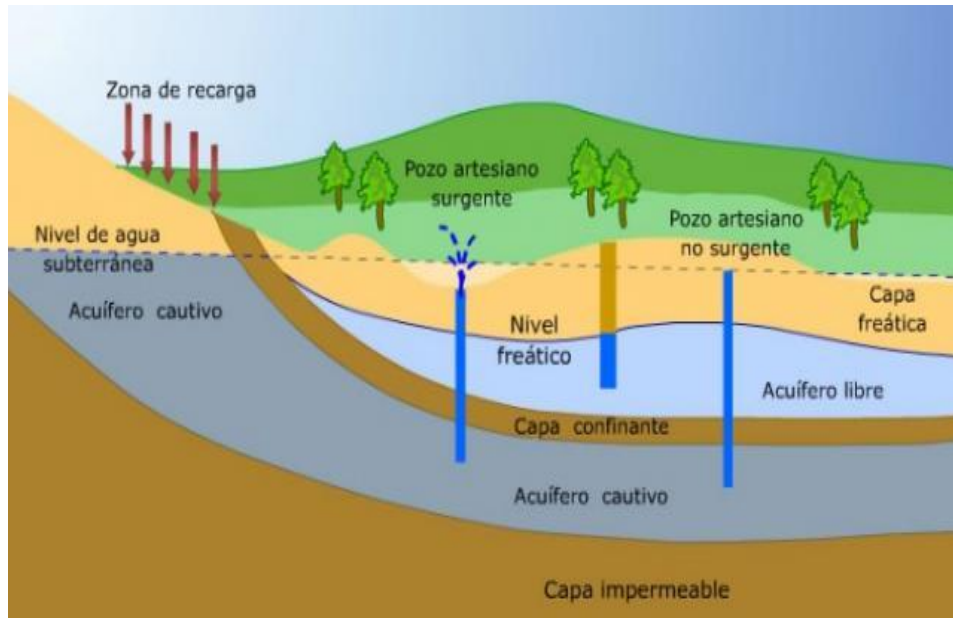
2.2. Fuentes de agua

Se contempla como fuente de agua la posibilidad de extraerla del manto freático de la región por medio de excavaciones, ya que el agua de los ríos cercanos se encuentra no apta para el consumo humano, a no ser que se le realicen las respectivas modificaciones por medio de clorar y de colocar filtros para sedimentación y poder modificar las condiciones de calidad de agua.

2.2.1. Manto freático

Cuerpo de agua de infiltración en el subsuelo que se encuentra ubicado a poca profundidad, generalmente a unos pocos metros de la superficie. Depósito de agua subterránea que se filtran a través de la capa permeable de la corteza terrestre, y que está limitado por capas impermeables de rocas.

Figura 22. **Manto freático**



Fuente: AQUACLUB <www.wikispaces.com> Consulta: 20 de agosto de 2014.

2.3. **Calidad de agua**

Agua potable significa que debe estar libre de microorganismos patógenos, minerales y sustancias orgánicas que puedan producir efectos fisiológicos adversos. Con las denominaciones de agua potable de suministro público y agua potable de uso domiciliario, se entiende la que es apta para la alimentación y uso doméstico: no deberá contener sustancias o cuerpos extraños de origen biológico, orgánico, inorgánico radiactivo en concentraciones que la hagan peligrosa para la salud. Deberá presentar sabor agradable y ser prácticamente incolora, inodora, límpida y transparente.

El agua potable debe llenar ciertas condiciones, tales como:

- Incolora en pequeñas cantidades o ligeramente azulada en grandes masas.
- Inodora, insípida y fresca.
- Aireada, sin sustancias en disolución y sobre todo sin materia orgánica.
- Libre de microorganismos que puedan ocasionar enfermedades.

Para el análisis del agua es indispensable realizar los siguientes exámenes:

- Exámenes bacteriológicos
- Exámenes fisicoquímicos

2.3.1. Examen bacteriológico

El examen bacteriológico se hace con el fin de establecer la probabilidad de contaminación del agua con organismos patógenos, que pueden transmitir enfermedades. Este examen se apoya en métodos estadísticos, que determinan el número más probable de bacterias presentes. Según los resultados de los exámenes de calidad de agua, que se realizaron en el Centro de Investigaciones de Ingeniería, desde el punto de vista bacteriológico, el agua no es apta para el consumo humano, pero para su mayor confiabilidad, se hace necesario implementar una desinfección con base en cloro, para aprovechar los efectos residuales.

Con esto, se logrará una mayor seguridad, pues se disminuirán los riesgos de contaminación debidos a una inadecuada manipulación del agua.

2.3.2. Análisis fisicoquímico

El análisis fisicoquímico sirve para medir y registrar aquellas propiedades que pueden ser observadas por los sentidos, como: aspecto, color, turbiedad, olor, sabor, pH, temperatura y conductividad eléctrica. El análisis fisicoquímico evalúa las características, relativas a su comportamiento físico, que determina su calidad.

La calidad del agua modificada por sustancias puede no ser tóxica, pero cambia el aspecto del agua, entre ellas la temperatura, turbidez, color y conductividad. Los sentidos organolépticos ayudan a analizar el agua, relacionando parámetros que pueden ser medidos de esta forma y comprobándolos con estándares que se disponen en los laboratorios.

- **Temperatura**

Es un parámetro básico e importante por los efectos que tiene sobre otros parámetros, por ejemplo: aceleración de reacciones químicas, reducción en la solubilidad de los gases, intensificación de sabores, olores y mayor conductividad. La temperatura indica la transferencia de calor en un cuerpo de agua, es un parámetro importante por su efecto sobre el medio ambiente, ya que la polución térmica es significativa después de los 37 °C aproximadamente, pues altera la vida acuática, modifica la concentración de saturación de oxígeno disuelto y la velocidad de reacciones bioquímicas en seres vivos, así como también la actividad microbiológica en las aguas.

La temperatura esperada en agua del departamento de Chiquimula oscila entre 30 a 38 °C debido a que es un área cálida, por lo tanto se esperaría que los valores de humedad se encuentren disminuidos.

- Turbidez

Es una medida en la cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de sólidos coloidales, los cuales hacen que tenga una apariencia brumosa. Entre más turbia sea el agua, menor calidad tendrá, hará que sea poco atractiva a la vista y puede ser dañina. La turbidez se mide en NTU (unidades nefelométricas de turbidez).

- Color

El color del agua está asociado con su color verdadero debido a las sustancias en solución y el color aparente es debido a las sustancias suspendidas. La existencia de determinados colores puede ser indicativo de la presencia de ciertos contaminantes. Según el color, los principales tratamientos de eliminación pueden ser de coagulación y filtración, la coloración o la adsorción con carbón activado. El color esperado para agua de pozos suele encontrarse por debajo de 5,0 µ, según los límites máximos aceptables del normativo Coguanor.

- Conductividad

La conductividad eléctrica es la medida de la capacidad del agua para conducir electricidad, depende de la cantidad de sales disueltas y es aproximadamente proporcional al contenido de sólidos totales disueltos.

La conductividad eléctrica para el agua de pozo en el departamento de Chiquimula se espera que sea alta ya que los suelos presentan concentraciones elevadas de sales.

El análisis químico tiene el propósito de determinar las cantidades de minerales y materia orgánica existentes en el agua, que afectan su calidad. Con las muestras de la fuente, según el análisis bacteriológico realizado por el Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII), de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos, el resultado es el siguiente:

Bacteriológicamente el agua se enmarca en la clasificación II. Calidad bacteriológica que precisa la aplicación de los métodos habituales de tratamiento (coagulación, sedimentación, filtración, desinfección). Según Normas Internacionales de la Organización Mundial de la Salud (OMS), para fuentes de agua. Technical Standard Methods for the Examination of Water and TH Wastewater de la A.P.H.A.-W.E.F. 21 .

Norma Coguanor NGO 4 010. Sistema Internacional de Unidades, (SI), Guatemala. Lo anterior determina que el agua no es apta para el consumo humano, por lo que es necesario implementar una desinfección a base de hipoclorito de calcio, para aprovechar los efectos residuales del cloro. Con esa desinfección se puede garantizar mayor seguridad, ya que con ello disminuirían los riesgos de contaminación por una inadecuada manipulación del agua.

2.3.3. Red de distribución

El diseño que se utilizó para la red de distribución, fue el de redes abiertas, debido a que como es una población rural, la distribución interna de

las viviendas no tiene ningún orden, por lo que todas están dispersas dentro del área que contempla la comunidad, esta situación se presenta igual que el de la línea de conducción.

Según los datos de las bases de diseño, habrá que adjuntar los siguientes datos:

- Caudal unitario por vivienda, $Q_{h\text{máx}}/\text{Nro. de viviendas}$
- Presión mínima en cada nudo = 10 mca
- Diámetro mínimo = 0,75 pul
- Diámetro máximo = 2,5 pul

Así también, por las ubicaciones de las viviendas y los accesos que las, integran, se diseñó el trabajo de graduación a partir del tanque de distribución en ramales abiertos cubriendo el área central de lo que representa la municipalidad y sus alrededores, por lo que se utilizaron un total de ciento cincuenta y cinco tubos, de ellos treinta y tres de media pulgada trescientos quince PSI, cuarenta y tres de tres cuartos de pulgada con doscientos cincuenta PSI, sesenta de una pulgada, dieciséis de una un cuarto de pulgada y treinta y seis de cinco y media pulgada, estos últimos de PVC ciento sesenta PSI.

2.3.4. Tanque para la distribución

En el trabajo de graduación se tiene considerado la remodelación de un tanque ya existente, el cual servirá para la distribución a las viviendas cercanas al perímetro de la alcaldía, dicha distribución debe ser realizada por medio de gravedad. Según normas INFOM el volumen de almacenamiento deberá estar comprendido entre un 20 y 30 % para poblaciones menores a un mil habitantes,

del caudal diario medio. El tanque de distribución se reforzara con muros de concreto ya que en el lugar existe el material adecuado para su fabricación.

Figura 23. **Tanque de distribución**



Fuente: Municipalidad de San Juan Ermita.

Dentro de las funciones que se considera tendrá este tanque de distribución están las siguientes:

- Almacenar cierta cantidad de agua para combatir incendios
- Regular presiones en la red de distribución
- Reserva suficiente por eventual interrupción en la fuente de abastecimiento.

Las variaciones de consumo pueden ser establecidas utilizando la suma de variaciones horarias de consumo de una población, con iguales características a la localidad, cuando se dispone de una curva aplicada al caso estudiado. De lo contrario, el volumen de compensación en sistemas por

gravedad se adoptará del 25 al 40 % del consumo medio diario y en sistemas por bombeo de 35 al 50 %. Cuando el suministro de agua puede considerarse seguro y continuo, en la cantidad prevista en el proyecto, se puede prescindir del volumen de reservas para contingencias, con el fin de mantener bajo el costo inicial del sistema.

2.3.4.1. Especificaciones del equipo de bombeo

El trabajo de graduación se implementará con una bomba centrífuga de eje horizontal, con una potencia de 1,5 caballos de fuerza, la cual será accionada por energía solar, cuyo período de bombeo será de ocho horas diarias, con una eficiencia no menor del 65 % debiendo trabajar en una sola etapa. En la selección de la bomba, se debe verificar que el Nash tiene que tener un valor no menor de 2 875 metros para evitar que se presente el fenómeno de la cavitación en su interior.

El equipo adicional al sistema de bombeo estará integrado además, por los siguientes componentes:

- Válvula de alivio de la presión
- Válvula de verificación o retención
- Válvula de apagado o estrangulamiento
- Válvula de instrumentación
- Grifo de muestreo
- Tubería de limpieza
- Junta flexible en línea de descarga
- Protección contra golpe de ariete

2.4. Operación y mantenimiento

Esta parte del trabajo de graduación tiene especial aplicación en la operación y mantenimiento del sistema, pero también se debe al desconocimiento por parte del comité de agua o poco apoyo de la población beneficiada, ya que no cuentan con un financiamiento para la sostenibilidad del mismo.

Proporcionar a los miembros del comité de agua los conocimientos básicos para que dentro de la misma comunidad, exista la capacidad para un mantenimiento adecuado al proyecto de agua, y que este tenga la vida útil para lo cual fue diseñado.

También es importante que las personas que integran la comunidad tengan la capacidad, y estén conscientes de que es importante para una adecuada operación del sistema de agua, el mantenimiento, tanto preventivo como correctivo de los diferentes componentes del sistema.

2.4.1. Programa de mantenimiento

El objetivo del programa es proporcionar los conocimientos básicos para la operación y mantenimiento de un sistema de agua para lograr la prolongación de la vida útil de los proyectos (ver tabla VI.)

Tabla VI. Programa de mantenimiento del sistema de agua potable

Programa de trabajo rutinario de operación y mantenimiento				
Frecuencia	Operación	Mantenimiento	Ejecutor	Actividad
Mensual		X	Encargado	Limpieza de la captación y observación de desperfectos.
Bimensual		X	Encargado	Revisión del tanque de captación y tapaderas.
Línea de conducción				
Quincenal		X	Encargado	Limpieza de la línea de la tubería e inspeccionar muros y anclajes.
Quincenal		X	Encargado	Revisión de válvulas para verificar su estado y detectar posibles fugas.
Sistema de desinfección				
Cada 3 días		X	Encargado	Revisar existencia de cloro para su respectiva operación.
Diario	X		Encargado	Revisar válvulas e instalación del hipoclorador para detectar posibles fugas.
Quincenal	X		Encargado	Verificar el dosificador para determinar si está la dosificación establecida.
Tanque de almacenamiento				
Trimestral		X	Cuadrilla	Limpieza y chapeo del área de influencia.
Semestral		X	Cuadrilla	Lavado del tanque para eliminar suciedad y sedimentos.
Mensual		X	Cuadrilla	Revisión de válvulas para determinar su estado y detectar posibles fugas.
Eventual	X		Cuadrilla	Operar válvulas de entrada y salida por lavado de tanques, reparaciones u otros.
Semestral		X	Cuadrilla	Revisar las estructura de los tanques y cajas para detectar posibles daños.

Continuación de la tabla VI.

Semestral	X		Auxiliar Técnico	Toma de muestra para análisis de la calidad del agua.
Mensual		X	Cuadrilla	Revisión de caja y válvulas para determinar fugas.
Red de distribución				
Quincenal	X		Cuadrilla	Recorrido de calles para determinar posibles fugas en las tuberías.
Mensual	X		Auxiliar Técnico	Toma de muestra de agua en puntos más
Mensual	X		Lector	Lectura de medidores.
Mensual	X	X	Lector	Reportar medidores en mal estado.

Fuente: elaboración propia.

2.4.1.1. Mantenimiento preventivo

Es el destinado a la conservación de equipos o instalaciones mediante realización de revisión y reparación, que garanticen su buen funcionamiento y fiabilidad. El objetivo del mantenimiento es evitar o mitigar las consecuencias de los fallos del equipo, logrando prevenir las incidencias antes que estas ocurran.

2.4.1.2. Reparaciones en la captación de la fuente

Esto se hace para detectar desperfectos y el estado de limpieza de la misma y para corregir algún problema encontrado. Se limpiará la fuente de maleza y vegetación, tierra, piedra o cualquier otro material que de lugar a obstrucción o represente un peligro de contaminación del agua.

El tanque de captación deberá revisarse cada dos meses, teniendo cuidado que no existan rajaduras o filtraciones y que las tapaderas de visita estén en su respectivo lugar y en buen estado. Si existiera empozamiento de agua, se deberán hacer canales de desagüe para drenar el agua y evitar contaminación.

2.4.1.3. Revisión de la línea de conducción

Se debe observar si hay deslizamiento o hundimiento de la tierra. Ver si existen áreas húmedas anormales sobre la línea. Si es así, explorar la línea enterrada para controlar posibles fugas de agua. Se deben abrir las válvulas de purga de lodo para evitar los sedimentos existentes. Además, verificar el buen estado y funcionamiento del flotador, de tal manera que permita la entrada de agua.

2.4.1.4. Revisión de válvulas

Se debe revisar el buen funcionamiento de las válvulas, abrir y cerrar lentamente para evitar daño a la tubería, debido a las altas presiones. Observar que no haya fuga, ruptura o falta de limpieza, si existieran debe separarse o cambiarse. Esta actividad se puede hacer cada tres meses.

2.4.1.5. Revisión al tanque de distribución

- Es importante realizar inspecciones cada tres meses y observar que el tanque no tenga grietas o filtraciones.
- Revisar que la escalera se encuentre en buenas condiciones.

- Inspeccionar que la tapa de visita esté en buenas condiciones.
- Verificar que el tanque esté limpio y con suficiente agua.
- Vigilar que las válvulas de limpieza, tubos de salida y distribución se encuentren en buen estado.

2.4.1.6. Mantenimiento correctivo

Las acciones que se ejecuten para reparar daños en el equipo e instalaciones, ya sean estos causados por accidentes o deterioro a causa del uso.

2.4.1.7. Reparaciones de tubería de PVC

Si en la tubería de PVC de media pulgada de la toma domiciliar existe fuga, hay que excavar dos metros a la izquierda y dos metros a la derecha, y luego hacer un niple con un traslape de dos pulgadas y eliminar el agua de la zanja y tubería (trabajar en seco), esperar media hora para hacer circular el agua y probar las presión en las uniones.

2.5. Debilidades actuales del abastecimiento de agua potable

La falta de infraestructura de fuentes de agua potable, y de mecanismos para cubrir la demanda que afecta al municipio de San Juan Ermita, son solo algunos de los inconvenientes que actualmente sufren sus habitantes, esto lleva a tratar de encontrar una solución con el objetivo de satisfacer las necesidades que la población demanda.

Durante el tiempo de verano la población se ve aún más afectada y es por ello que con la implementación del pozo, accionado por paneles solares la demanda de agua será satisfecha en gran porcentaje.

2.6. Diseño hidráulico del sistema

Los distintos criterios a utilizarse para el diseño del proyecto contemplarán: tipo de sistema a utilizar por gravedad y período de diseño de veinte años. Se utilizará la pendiente natural del terreno para el diseño, una vez cumpla con las relaciones hidráulicas y las velocidades permisibles. Para tubería PVC no existe pendiente mínima, esta va a ser la que de cómo resultado una velocidad mínima.

En el interior del terreno de las viviendas se recomienda una pendiente del 2 % lo que asegura un arrastre de excretas, en las áreas donde la pendiente es muy poca, se recomienda en lo posible acumular la mayor cantidad de caudales, para poder así generar una mayor velocidad.

Se denomina cota invert, a la distancia que existe entre el nivel de la rasante del suelo y el nivel inferior de la tubería, deber verificarse que la cota invert sea al menos igual a la que asegure el recubrimiento mínimo necesario en la tubería, la cota invert de la tubería de salida se coloca tres centímetros por debajo de la Invert de la tubería de entrada al mismo.

Cuando el diámetro de la tubería que entra a un pozo es menor que el diámetro de la tubería que sale, la cota Invert de salida estará al menos a una igual a la diferencia de los diámetros, más baja que la cota de entrada.

Factores de diseño: los distintos factores utilizados para el presente diseño son los siguientes:

- Factor de retorno es el porcentaje de la dotación de agua domiciliar estimada que la Municipalidad otorga a cada habitante, para el caso en particular el mismo es de 0,80.
- Factor de Harmond llamado también factor de flujo instantáneo, siendo este un factor de seguridad utilizando específicamente en horas pico, es decir, en horas de mayor demanda de uso de sistema.

2.6.1. Captación

La captación del agua será por medio del pozo que se implementará y que además trabajará con una bomba de extracción del agua, que será accionada por energía renovable por medio de los paneles solares.

2.6.2. Línea de conducción por bombeo

Se tomarán las normas de Instituto de Fomento Municipal, además de los siguientes criterios técnicos. Debido a que la Municipalidad únicamente cuenta con la posibilidad de abastecerse de agua potable por un sistema de bombeo, se optó por diseñar el mismo, teniendo en cuenta que sí se tiene una vertiente de brote definido, el cual puede ser protegido para evitar daños en el invierno o bien su contaminación.

Existe una conexión eléctrica monofásica dentro del área de la comunidad, la cual puede ampliarse para poder hacer el bombeo sin problemas.

Se contempla una sola línea de conducción hacia el tanque de distribución, la cual va desde el tanque de almacenamiento.

Debido a la topografía del terreno se usará la distancia inclinada del perfil del terreno y se usará un incremento del 2 % como criterio para el cálculo de la distancia, con ello se desprejaría las curvaturas mínimas del terreno.

Para calcular el diámetro de la tubería de la línea de bombeo o impulsión, la cual tiene que cumplir con los requerimientos hidráulicos, se calcula por medio de la fórmula de Hazen Williams.

$$D = \left[\frac{1\,743,811141 * L * Q^{1,852}}{C^{1,852} * Hf} \right]^{\frac{1}{4,87}}$$

Donde:

D = diámetro (pul)

L = longitud del tramo (m)

Q = caudal de bombeo o impulsión (lt/seg)

Hf = pérdida de carga (m)

C = coeficiente de fricción interno 150 PVC y 100 HG

$$D = \left[\frac{1\,743,811141 * 276 * 1,06^{1,852}}{150^{1,852} * 19,93} \right]^{\frac{1}{4,87}}$$

$$D = 1,21 \text{ pul}$$

Este es un diámetro teórico interno, por lo que se debe encontrar el diámetro comercial, el que se busca en tablas de proveedores de tuberías,

tomando en cuenta que debe ser superior al teórico, además, debe cumplir con las velocidades y presiones establecidas en la norma. El diámetro anterior calculado deberá ser aproximado al inmediato superior comercial o el que convenga por la pérdida, para este caso será con tubería de PVC y corresponde a una tubería de una un cuarto de pulgada.

2.6.3. Cálculo de la potencia del equipo de bombeo

La potencia de la bomba se puede calcular por medio de la siguiente fórmula:

$$P = \frac{Q_{bom} * C_{dt}}{76 * e}$$

Donde:

- P = potencia de la bomba (Hp)
- Q_{bom} = caudal de bombeo (lts/seg)
- C_{dt} = carga dinámica total (m)
- e = eficiencia de la bomba 75 %

$$P = \frac{1,06 * 68,05}{76 * 0,75} = 1,27 \text{ Hp}$$

Por el cálculo anterior se propone una bomba sumergible de 1,5 Hp.

2.6.3.1. Caudal de bombeo

Como el proyecto a diseñarse es por bombeo, es necesario calcular el caudal de bombeo o impulsión.

$$Q_{bom} = \frac{Q_{dm\acute{a}x} * h_d}{h_b}$$

Donde:

Q_{bom} = caudal de bombeo o impulsión (lts/seg)

Q_{dmax} = caudal máximo diario (lts/seg)

h_d = horas por día

h_b = horas de bombeo

$$Q_{bom} = \frac{0,53 * 24}{12} = 1.06 \text{ lts/seg}$$

El dato del aforo evaluado es mayor que el valor de caudal máximo diario ($Q_{dm\acute{a}x}$) y que el caudal de bombeo o impulsión (Q_{bom}), por consiguiente, el caudal aforado es suficiente para poder servir a la comunidad, en el período indicado de veintitrés años, con una dotación de cien lts/hab/día.

2.6.4. Especificaciones del equipo de bombeo

En la selección de la bomba, se debe verificar que el NPSHr tiene que tener un valor no menor de 2 875 m para evitar que se presente el fenómeno de la cavitación en su interior.

El equipo adicional al sistema de bombeo estará integrado además, por los siguientes componentes:

- Válvula de alivio de la presión
- Válvula de verificación o retención
- Válvula de apagado o estrangulamiento
- Válvula de instrumentación

- Grifo de muestreo
- Tubería de limpieza
- Junta flexible en línea de descarga
- Protección contra golpe de ariete

3. PROPUESTA PARA IMPLEMENTAR EL POZO DE AGUA POTABLE

3.1. Análisis de costo-beneficio

Para determinar los beneficios del estudio, se hace un análisis de las condiciones actuales, relacionado al costo de kilowatt/hora, dado que el precio de la energía eléctrica se establece cada trimestre por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE).

En el caso de la región de Chiquimula, la Distribuidora de Electricidad de Oriente S. A. (DEORSA), es la encargada del suministro de energía eléctrica para la región. Según el pliego tarifario para cada trimestre, se calcula según las compras de energía realizadas por la empresa distribuidora.

Los incentivos para un proyecto de energía fotovoltaica es viable en Guatemala debido a que existen leyes y acuerdos, en los cuales existen exoneración de pago de algunos impuestos, para los proyectos de energía renovable, por lo cual para la región de Chiquimula, se puede realizar por medio de la municipalidad, quien es el ente rector de los proyectos sociales de la región, además está facultada para realizar proyectos de inversión, e infraestructura para la comunidad.

La implementación de la energía fotovoltaica, para el estudio se basa en que el Ministerio de Energía y Minas en su Decreto Número 52-2003 de la Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable.

Acuerdo Gubernativo No. 211-2005 Reglamento de la Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable. Determinan que se hace necesario emitir una norma legal que promueva en forma activa el desarrollo y aprovechamiento efectivo, de los recursos energéticos renovables en Guatemala, que permita, a mediano y largo plazo, alcanzar un desarrollo continuo de estos recursos, lograr un equilibrio entre las fuentes de energía nacionales e importadas, lo que repercutirá en una mejora de la calidad ambiental del país y la participación de inversionistas interesados en el sector de energía renovable.

Por lo cual según el artículo 5 de dicha ley establece:

Artículo 5. Incentivos. “Las Municipalidades, el Instituto Nacional de Electrificación (INDE), Empresas Mixtas, y las personas individuales y jurídicas que realicen proyectos de energía con recursos energéticos renovables gozarán de los siguientes incentivos:

Exención de derechos arancelarios para las importaciones, incluyendo el Impuesto al Valor Agregado (IVA), cargas y derechos consulares sobre la importación de maquinaria y equipo, utilizados exclusivamente para la generación de energía en el área donde se ubiquen los proyectos de energía renovable.

Previamente a la importación de la maquinaria y equipo que sean necesarios para desarrollar los proyectos de energía renovable, en cada caso las personas individuales y jurídicas que los realicen deberán solicitar la aplicación de la exención a la Superintendencia de Administración Tributaria (SAT), quien se encargará de calificar y autorizar la importación.

Exención del pago del Impuesto Sobre la Renta.

Este incentivo tendrá vigencia exclusiva a partir de la FIE, por un período de diez años. Esta exención únicamente se otorga a las personas individuales y jurídicas que desarrollen directamente los proyectos y solamente por la parte que corresponda a dicho proyecto, ya que la exención no aplica a las demás actividades que realicen.

Exención del Impuesto a las Empresas Mercantiles y Agropecuarias (IEMA).

Este incentivo tendrá vigencia exclusiva a partir de la FIE, por un período de diez (10) años. Para aprovechar los incentivos indicados en los literales de la a) a la c) anteriores, el interesado deberá presentar al órgano competente la siguiente información:

La solicitud deberá ser dirigida al Ministerio de Energía y Minas. Durante los períodos de pre inversión y de construcción podrán presentarse ampliaciones a la misma, siguiendo el mismo procedimiento. La documentación general del proyecto donde se indique claramente el cronograma de realización del período de pre inversión, del período de construcción y del período de operación.

Declaración que ha cumplido con lo consignado en la Ley General de Electricidad, en lo que sea aplicable. Listado total o parcial de los materiales, equipos y otros asociados a estos períodos, y el tipo del o los incentivos solicitados, especificando el período a que corresponden.

El órgano competente estudiará la solicitud; si es necesario, solicitará ampliación de la información y extenderá una certificación que acredite que se desarrolla un proyecto de fuentes renovables de energía y la lista de los insumos, totales o parciales, que efectivamente serán sujetos de exoneración, en los casos que proceda. “⁴

⁴ Ministerio de Energía y Minas en su Decreto Número 52-2003 Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable.

3.1.1. Costo kilowatt/hora actual

El costo de kW/h, se calcula integrando los costos que representan, producir, transportar y distribuir la energía eléctrica a los usuarios. Para la región de Chiquimula, se presentan las tarifas autorizadas por CNEE. El ajuste tarifario que aplica cada trimestre base en las compras de energía realizadas por las distribuidoras Deorsa durante enero a marzo de 2014. Las tarifas de distribución de energía eléctrica de dichas empresas que estarán vigentes de mayo a julio de 2014, son las siguientes:

Tabla VII. **Ajuste tarifario**

TARIFA SOCIAL				
Tarifa	Feb-Abr 2014 Q/kWh	Mayo-Jul 2014 Q/kWh	Variación Q/kWh	Variación%
EEGSA TS	1,7139	1,6381	0,0758	-4,43 %
DEOCSA TS	2,0172	2,017	0,0002	-0,01 %
DEORSA TS	1,9166	1,9165	0,0001	-0,01 %

Fuente: CNEE.

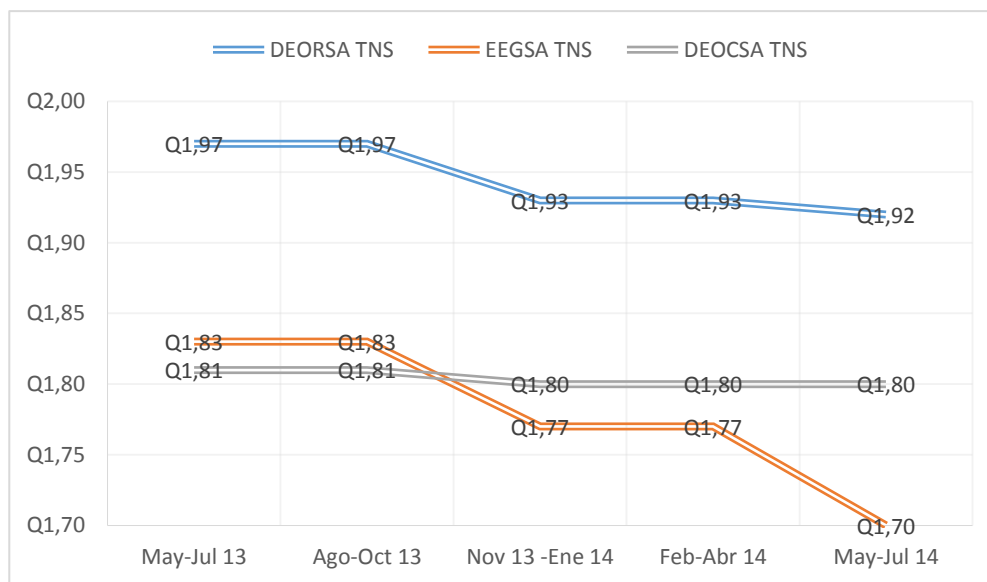
De acuerdo a la política definida por el Ejecutivo, referente al aporte a la tarifa social de los usuarios de Eegsa, Deocsa y Deorsa que brinda el INDE, se proyecta que para el trimestre mayo – julio 2014, los usuarios de tarifa social, pagarán las siguientes tarifas: 0,50 Q/kWh para los usuarios con consumos de 0-50 kWh/mes, que corresponden al 42 % de familias guatemaltecas; 0,75 Q/kWh para los usuarios con consumos de 51-100 kWh/mes, que corresponden al 29 % de familias guatemaltecas y 1,85 Q/kWh por los primeros 100 kWh de

consumo para los usuarios con consumos de 101 a 300 kWh/mes, que corresponden al 23 % de familias guatemaltecas.

3.1.1.1. Historial de consumo

Se consultó a la Dirección General de Energía, del Ministerio de Energía y Minas para determinar el consumo promedio del municipio de San Juan Ermita, departamento de Chiquimula. El consumo promedio para una familia es de 125 kW/h.

Tabla VIII. **Tarifa social**



Fuente: CNEE.

3.1.2. Servicio de alumbrado eléctrico

El servicio de energía eléctrica en el municipio de San Juan Ermita, departamento de Chiquimula, según datos del Ministerio de Energía y Minas para 2014, se tiene una cobertura del 95 %, teniendo un total de 2 782 viviendas, lo que equivale a 2 650 usuarios de Deorsa.

Tabla IX. Índice de cobertura eléctrica 2014

Departamento	Municipio	Viviendas	Usuarios	Índice
Chiquimula	Chiquimula	19 776	19 766	99,95 %
Chiquimula	San José la arada	1 704	1 699	99,70 %
Chiquimula	san juan ermita	2 782	2 650	95,27 %
Chiquimula	Jocotán	12 080	5 911	48,93 %
Chiquimula	Camotan	10 888	6 867	63,07 %
Chiquimula	Olopa	5 114	3 580	70,00 %
Chiquimula	Esquipulas	11 789	11 779	99,92 %
Chiquimula	Concepción las Minas	2 707	2 701	99,78 %
Chiquimula	Quezaltepeque	5 546	5 530	99,71 %
Chiquimula	San Jacinto	2 574	2 556	99,30 %
Chiquimula	Ipala	4 093	4 075	99,55 %

Fuente: Dirección General de Energía, Ministerio de Energía y Minas.

El alumbrado eléctrico con base en el Decreto 12-2002 del Congreso de la República, Código Municipal, establece el abastecimiento y regulación de alumbrado público como competencia propia del municipio.

3.2. Sistemas fotovoltaicos

Los sistemas fotovoltaicos consisten, en células individuales que se conectan en serie y en paralelo para producir el voltaje y la corriente deseada. Las células generalmente están encapsuladas en un material protector transparente y alojadas en un bastidor de aluminio.

3.2.1. La celda fotovoltaica

“La celda fotovoltaica, es una fuente de energía, cuyo voltaje de salida varía en relación con la intensidad luminosa sobre su superficie. Una celda fotovoltaica es un dispositivo pasivo, que no es capaz de producir energía, su resistencia varía en la relación con la intensidad luminosa de su superficie.”⁵

3.2.2. Panel fotovoltaico

Los paneles fotovoltaicos son de larga duración con garantías que abarcan hasta veinte años. Los paneles fotovoltaicos generalmente suelen estar compuestos por unas treinta y seis células solares cuyos tamaños, grosor y peso oscilan entre (0,5-1m², grosor 3,5 -5 cm, y peso de 5- 12 Kg)

Figura 24. **Panel solar fotovoltaico**



Fuente: SADESA.

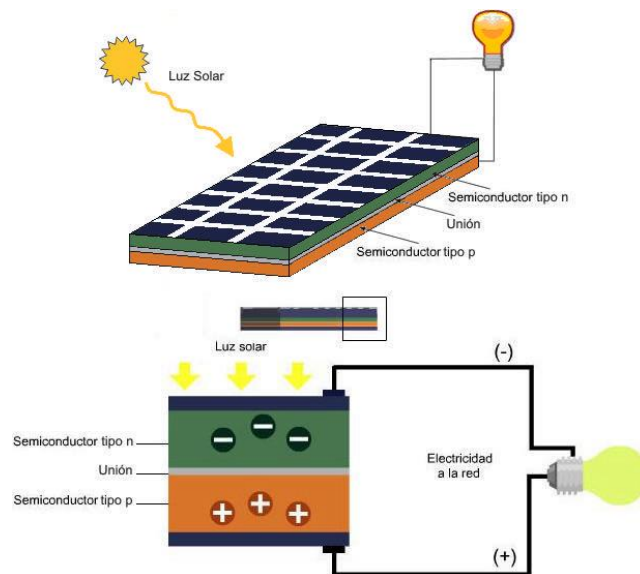
⁵ MALO, Timothy. J. *Electrónica industrial moderna*. p. 417.

3.2.2.1. Funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos

Cuando el sistema fotovoltaico queda expuesto a la radiación solar, los fotones contenidos en la luz transmiten su energía a los electrones de los materiales semiconductores, que pueden romper la barrera de potencial de la unión P-N y salir del semiconductor a través de un circuito exterior, produciéndose así corriente eléctrica.

Estas células fotovoltaicas se combinan de determinadas maneras para lograr la potencia y el voltaje deseados.

Figura 25. Esquema de funcionamiento del sistema fotovoltaico



Fuente: Proyecto Simec. Chile. p. 72.

3.2.2.2. Sistema eléctrico del sistema fotovoltaico

El bombeo solar aparece a raíz del desarrollo de la energía solar fotovoltaica. Este tipo de energía se usa en lugares de difícil acceso para la energía eléctrica convencional. Tiene la ventaja de ser un medio no contaminante, lo que con el cambio climático y la conciencia medioambiental, la hacen aún más viable.

Es la conexión del sistema al grupo motor bomba. La conexión directa es, en principio, más barata y sencilla, los elementos que se necesitan son:

- Convertidores de CC/CC
- Inversores (CC/CA)
- Baterías
- Variadores de frecuencia

Los convertidores de corriente continua tienen un modo de funcionamiento en el que aplicándole mayor nivel de intensidad a los motores, mayor será la presión que tendrá que bombear el sistema motor bomba. Los inversores, son convertidores que permiten pasar tanto tensiones como intensidades continuas, a tensiones e intensidades alternas (220 V o 380 V a 50 Hz). La frecuencia de estos convertidores suele ser variable, con lo que esta variación de frecuencia se usa para variar la tensión del motor. Este tipo de dispositivos suele tener alrededor de un cinco por ciento o un diez por ciento de pérdidas.

También es posible añadir baterías al sistema (entre el sistema de acoplamiento solar y la carga), para así dotar de autonomía al sistema y que en días de lluvia o nublados, se pueda bombear agua. Los variadores de

frecuencia tienen un modo de funcionamiento en el que aplicándole mayor nivel de frecuencia a los motores, mayor será la velocidad del motor que tendrá que bombear el sistema.

3.2.3. Módulo o panel fotovoltaico

Los elementos que integran el sistema eléctrico, son los siguientes: paneles solares, baterías, cables, reguladores e inversores. Todo el sistema eléctrico debe estar correctamente protegido contra cargas no deseadas.

- Paneles solares: como se ha dicho en reiteradas ocasiones, el panel solar es el encargado de transformar la energía proveniente del Sol (fotones), en energía eléctrica (electrones). La tecnología más utilizada en la construcción de paneles solares es la de silicio cristalino.
- Para instalaciones que demanden una gran cantidad de energía, se debe realizar una interconexión de paneles a fin de lograr la potencia requerida.
- Baterías de ciclo profundo: están encargadas de almacenar la energía eléctrica generada por los paneles fotovoltaicos y son diseñadas para soportar los constantes procesos de carga y descarga, con base en un proceso electroquímico de oxidación/reducción. Una batería de ciclo profundo, en su estado máximo de carga, puede proveer energía eléctrica durante unas veinte horas continuas.
- Cableado: elemento que se utiliza para transportar la energía generada por los paneles solares hacia el inversor, y del inversor hacia la red de energía eléctrica. Los cables fotovoltaicos deben ser de

extraordinaria flexibilidad y especialmente aptos para servicios móviles y para instalación fija.

Figura 26. **Cables y conexiones para paneles solares**



Fuente: Topcable.<www.topcable.com>.Consulta: 29 de septiembre de 2014.

Regulador: este equipo cumple la función de controlar el ciclo de carga y descarga del banco de baterías de ciclo profundo, además de protegerlas en caso de una sobrecarga o descarga excesiva.

Una sobrecarga además de reducir la vida útil de la batería, genera el riesgo de explosión o incendio de la batería.

Inversor: transforma la corriente continua de baja tensión (12, 24, 32, 36 o 48 v) generada por las placas fotovoltaicas y la acumulada en las baterías, a corriente alterna de una magnitud y frecuencia necesaria, en este caso, doscientos veinte volts y cincuenta Hz de frecuencia. Esto es necesario para poder utilizar los equipos eléctricos de corriente alterna.

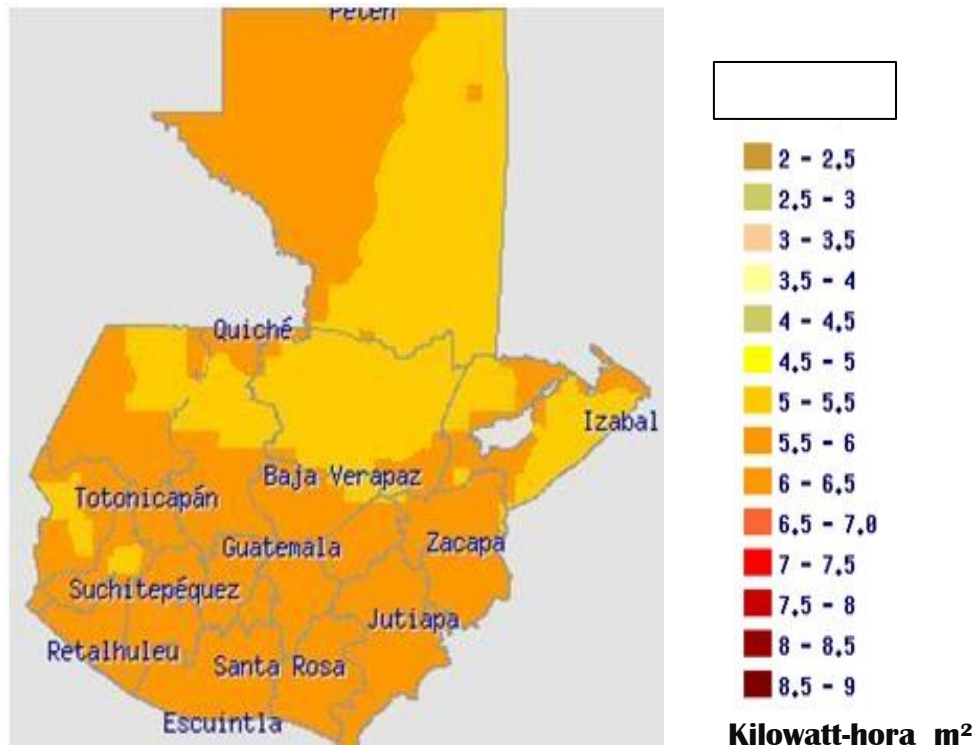
Figura 27. **Inversor**



Fuente: SADESA.

La siguiente figura muestra un mapa solar de todo el territorio guatemalteco y da un mejor panorama de la situación del departamento de Chiquimula, donde se observa que la radiación solar se puede aprovechar al máximo para minimizar costos de energía eléctrica para este trabajo de graduación.

Figura 28. **Energía aprovechada por radiación solar en Guatemala**



Fuente: SWERA. <www.swera.unep.net>. Consulta: 29 de noviembre de 2014.

Como se puede observar en el mapa de potencial solar, la región de oriente cuenta con un promedio de 5 a 6 kwh/m²/dia, lo cual representa una ventaja para la propuesta, dado que existen condiciones óptimas para colocar los paneles solares. La energía solar es la energía obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del Sol. En la actualidad, el calor y la luz del sol pueden aprovecharse por medio de captadores como células fotovoltaicas que pueden transformarla en energía eléctrica o térmica.

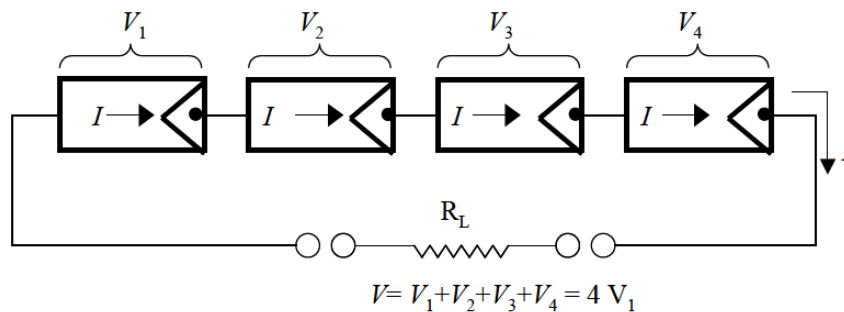
3.2.4. Arreglos fotovoltaicos

“Los arreglos fotovoltaicos es un conjunto de módulos conectados eléctricamente en serie o paralelo. Las características eléctricas son análogas a la de módulos individuales, con la potencia, corriente y voltaje modificados de acuerdo al número de módulos conectados en serie o paralelo.”⁶

3.2.5. Incrementando el voltaje

Para incrementar el voltaje del sistema, los módulos solares se conectan en serie, para obtener voltajes de salida más grandes. El voltaje de salida está dado por la sumatoria de voltajes generado en cada módulo.

Figura 29. Conexión en serie de paneles solares



Fuente: SÁNCHEZ JUÁREZ, Aarón. *Sistema fotovoltaicos iluminación y bombeo*. p. 54.

⁶ *Control digital para convertidor multinivel alimentado con energía solar*. p. 73. Fuente: SÁNCHEZ JUÁREZ, Aarón. *Sistema fotovoltaicos iluminación y bombeo*. p. 54.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

4.1. Propuesta financiera

Los paneles se utilizan para aprovechar la irradiación del Sol y convertirla en energía eléctrica, la bomba que se planea usar en el pozo se necesita generar un promedio de 556,76 kilowatts hora mes; para el cálculo de la cantidad de paneles solares que se necesitan se utilizó la siguiente fórmula: al tomar en cuenta un factor de seguridad del 10 % según las especificaciones de los paneles solares, la cantidad total de energía eléctrica generada está dada por la siguiente ecuación.

$$556,76 \text{ kilowatt/hora} * 110 \% = 612,43 \text{ kilowatt/hora}$$

4.1.1. Análisis financiero

Suponiendo que la energía eléctrica tenga un aumento del 5,41 % anual, y que se tiene un costo de mantenimiento preventivo de Q 3 000,00 anual se logra hacer el siguiente flujo de efectivo.

En total se desea generar 612,43 kilowatts hora al mes. Si se tienen 30 días en promedio al mes, con aproximadamente 9 horas de luz al día por año y una generación promedio mínima de 250 watts por hora por panel solar al día, se deberían instalar 16 paneles solares según la siguiente ecuación.

$$612,43 \text{ kW/h al mes} \times 1\,000 \text{ W/kW} \times (1 \text{ mes}) / (30 \text{ días}) \times (1 \text{ día}) / (9 \text{ horas de luz}) \times (1 \text{ panel}) / (250 \text{ W/h}) = 5,10 \text{ paneles} \approx 5 \text{ paneles.}$$

4.1.2. Costo del proyecto

En la siguiente tabla se describe los diferentes materiales y sus respectivos costos para poder llevar a cabo la implementación de los paneles solares, que se consideran utilizar para la implementación del trabajo de graduación.

Tabla X. **Costos de materiales**

Descripción	Cantidad	Precio por unidad	Total
Paneles solares	5	\$ 1 500	Q 56 250,00
Bomba eléctrica sumergible	1	\$ 3 000	Q 23 400,00
Soporte para instalación de paneles	2	\$ 490	Q 3 822,00
Cableado para bomba sumergible	200 m	\$ 150	Q 1 200,00
Caja para conexiones	1	\$ 250	Q 1 950,00
Acumuladores	10	\$ 100	Q 7 800,00
Flipones	2	\$ 25	Q 390,75
Tubo ducto para instalación eléctrica	150 m	\$ 5	Q 5 850,00
Total			Q 100 662.75

Fuente: elaboración propia con datos aproximados.

4.1.2.1. VPN

La herramienta valor presente neto (VPN) indica el valor actual de todas las inversiones y beneficios durante un período de tiempo. En el caso del proyecto de instalación de paneles solares es de 20 años, que es el tiempo promedio de vida útil que los paneles solares tienen al usarse correctamente.

- Inflación: 5 por ciento según INE en agosto de 2014

$$VPN = - (3\ 000)(P/A, 5\%, 20) - (78\ 912,85) + (19\ 591,56)[(1 - [(1 + 0,0541)]^{-20}) / ((1 + 0,05)^{-20} - 0,0541)]$$

$$\text{VPN} = - (52\,848,84) - (78\,912,85) + (86\,090,96)$$

$$\text{VPN} = 45\,670,73 \text{ Quetzales}$$

4.1.2.2. Benéficio/costo

La herramienta beneficio/costo es la relación del VPN de beneficios contra el VPN de costos. Esta herramienta financiera indica que, si la relación es mayor a 1 significa que este es rentable, si la relación es menor a 1 no lo es. A continuación se obtienen los VPN de beneficios y costos de ambas opciones y luego la relación de los dos para obtener la evaluación de la propuesta que proporcione un mayor ahorro de energía en el proyecto de instalación de paneles solares.

$$\text{VPN beneficios} = (19\,591,56) \left[\frac{1 - \left[\frac{1}{1+0,0541} \right]^{20}}{0,0541} \right] - \left[\frac{1 - \left[\frac{1}{1+0,05} \right]^{20}}{0,05} \right]$$

$$\text{VPN beneficios} = \text{Q } 86\,090,96$$

$$\text{VPN costos} = (3\,000) \left(\frac{P}{A}, 5\%, 20 \right) + (78\,912,85) \text{ VPN costos} = \text{Q } 51\,153,59$$

$$B/C = 86\,090,96 / 51\,153,59 = \text{Q } 16\,829,00$$

4.1.2.3. TIR

La tasa interna de retorno (TIR) es un indicador de rentabilidad; establece que entre mayor sea la tasa, mayor es la rentabilidad del proyecto, en el caso de la propuesta de instalación de paneles solares, la tir en ambas opciones se obtiene al interpolar el valor obtenido en el VPN a una tasa de 5 por ciento.

Tasa al 5 % = Q 45 670,73

Tasa al 29 % = Q - 2 032,29

$TIR = (29\% - X) / (29\% - 5\%) = (-2\,032,29 - 0) / (-2\,032,29 - 45\,670,73)$

TIR = 21,78 %

4.2. Ingresos económicos

Los ingresos económicos esperados anuales es de cuarenta y cuatro mil novecientos treinta y siete con treinta y siete quetzales, ya que con el uso de pozo por bombeo solar, ayudará a tener una mejor distribución de agua potable para las casas.

4.3. Tiempo estimado de recuperación de inversión

Para determinar el tiempo de recuperación de la inversión en análisis de valor presente neto, se tomó como rango cinco años, dado que los paneles solares de puede cancelar en períodos de tres a cinco años con las empresas distribuidora para Guatemala.

4.3.1. Tiempo de implementación

El tiempo para la implementación del proyecto, es de dos meses, en la cual se realiza el análisis del suelo, para determinar el lugar exacto para instalar los paneles solares, determinar el caudal disponible del pozo, instalación de la bomba y pruebas de sistema de abastecimiento.

Además debe existir un período de capacitación para los líderes comunitarios y personal de la municipalidad, para realizar el mantenimiento preventivo, tener conocimiento en el momento de una falla, la cual requiera de personal técnico para comunicarse con el proveedor para que realice una evaluación, determine el arreglo y realizar la reparación.

Para lo cual se realiza en el inciso 4.3.1.1, el cronograma de la fase de operación.

4.3.1.1. Fase de operación

A continuación se presenta el cronograma de la fase operación, desde el estudio inicial, hasta la puesta en marcha del proyecto.

Tabla XI. Fase de operación

Actividad / 2015	Septiembre				Octubre			
	Semana				Semana			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Estudio de suelo	■							
Estudio de tipo de panel	■							
Instalación de bomba		■	■					
Instalación de panel fotovoltaico			■	■	■	■		
Inclinación respecto a la horizontal			■	■	■	■		
Orientación del panel			■	■	■	■		
Conexión				■	■	■		
Pruebas de conexión con el sistema de bombeo							■	
Capacitaciones del personal de la comuna							■	■

Fuente: elaboración propia.

4.4. Mantenimiento

Las instalaciones solares fotovoltaicas, en su conjunto, son fáciles de mantener. Sin embargo, una instalación que no tenga el mantenimiento adecuado fácilmente tendrá problemas en un plazo más o menos corto.

Mantenimiento del panel fotovoltaico: el mantenimiento básico del panel solar fotovoltaico comprende las acciones siguientes:

- Limpiar la cubierta del panel solar fotovoltaico (se recomienda que el tiempo entre una limpieza y otra se realice teniendo en cuenta el nivel de suciedad ambiental). Se aconseja cada dos meses. La limpieza debe efectuarse con agua y un paño suave, de ser necesario, emplear detergente.

- Verificar que la estructura de soporte esté en buenas condiciones. En caso de que esta no se encuentre protegida contra el intemperismo (es decir, que no sea de aluminio, acero inoxidable o galvanizado), dar tratamiento con pintura antióxido.

- Mantenimiento de la batería de acumulación:
 - La batería de acumulación es el elemento de los sistemas solares fotovoltaicos de pequeña potencia que representa mayor peligro para cualquier persona.

- Verificar que el local de ubicación de las baterías de acumulación esté bien ventilado y que las baterías se encuentren protegida de los rayos solares.
- No utilizar, en sustitución del agua destilada para rellenar la batería de acumulación, agua de río, hervida u otro tipo que no sea la recomendada, ya que esto daña la vida útil de la batería de acumulación.
- Mantenimiento al inversor o convertidor CD/CA. Verificar que el área de ubicación del inversor se mantenga limpia, seca y bien ventilada. Verificar que el inversor esté protegido de los rayos solares.
- Desconectar los equipos en los días de tormentas eléctricas fuertes y ciclones para evitar que una descarga atmosférica pueda averiarlos.
- No conectar al sistema equipos electrodomésticos o de otro tipo que no hayan sido considerados en el diseño, sin consultar a los especialistas (personal técnico de la empresa distribuidora), ya que una sobrecarga por consumo excesivo puede provocar su mal funcionamiento.

4.5. Vida útil del panel solar

La vida útil media a máximo rendimiento de los paneles fotovoltaicos se sitúa en torno a los 30 a 35 años, período a partir del cual la potencia entregada disminuye.

4.5.1. Instalación

La instalación de los paneles solares se hará en dos partes: la primera es la instalación física, que es la manera y el orden de cómo serán puestos los paneles solares. La segunda es la instalación eléctrica que consiste en la forma en que se conectarán los paneles solares entre sí para el consumo de la energía eléctrica.

4.5.2. Equipos a instalar

- Panel solar: dispositivo que aprovecha la energía de la radiación solar.
- Estructura metálica: elemento que soporta los paneles solares. La estructura debe ser rígida, resistente al viento, corrosión y a altas temperaturas, por lo que se recomienda utilizar acero galvanizado.
- Inversor: dispositivo cuyo objetivo es cambiar un voltaje de entrada de corriente continua a un voltaje simétrico de salida de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia deseada. Los inversores también se utilizan para convertir la corriente continua generada por los paneles solares fotovoltaicos en corriente alterna y de esta manera poder ser inyectados en la red eléctrica o usados en instalaciones eléctricas aisladas.

- Cableado: elemento que se utiliza para transportar la energía generada por los paneles solares hacia el inversor, y del inversor hacia la red de energía eléctrica. Los cables fotovoltaicos deben ser de extraordinaria flexibilidad, y especialmente aptos para servicios móviles y para instalación fija.

4.5.3. Instalación física

Para la instalación física de los paneles solares es importante tener en cuenta los aparatos que se van a instalar. En este caso, se instalarán 5 paneles solares, un inversor y un contador bidireccional. Luego se examina la superficie en donde se colocarán los paneles solares, esta debe ser plana, sin sombras de árboles, capaz de resistir el peso de la estructura de los paneles solares.

4.5.4. Instalación eléctrica

Cada panel solar debe estar conectado entre sí, todos deben de ir conectados al inversor y este debe de ir conectado al contador bidireccional. El cableado debe ser dimensionado adecuadamente para evitar las caídas de tensión y que estas afecten al rendimiento de los paneles solares. El cableado debe de asegurarse a las estructuras de soportes o a las paredes para evitar esfuerzos mecánicos sobre los paneles solares.

4.6. Impacto ambiental

- Residuos y/o contaminantes que serán generados: dentro de los residuos generados se tendrán las emisiones de partículas a la atmósfera, descarga de aguas residuales y descarga de lubricantes, entre otros.
- Emisiones a la atmósfera: el componente atmosférico se verá impactado por las actividades: operación de maquinaria y equipo, debido a la emanación de gases producto de la combustión de derivados del petróleo.
- Acarreo de material: durante la realización de estas dos actividades se generan partículas de polvo, los cuales quedan en suspensión. Este impacto puede producir enfermedades respiratorias a los trabajadores y habitantes del área de influencia directa.
- Descarga de aguas residuales: el manejo inadecuado de excretas, provenientes de los campamentos y de otras áreas de trabajo pueden generar contaminación del suelo y de los cuerpos de agua.
- Desechos sólidos: dentro de los contaminantes que se producirán en la fase de construcción y operación del proyecto se tienen los residuos del material de excavación.
- Además se tendrán desechos producto de la maquinaria de excavación como filtros, repuestos usados, neumáticos, depósitos de aceite, basura producto de los trabajadores, cemento, *block*, arena, piedra y grava, producto del desperdicio de las construcciones.

4.6.1. Ruidos y/o vibraciones

Los impactos ambientales por ruido se dan principalmente por la utilización de maquinaria y equipo durante la fase de preparación del sitio, excavación de los colectores y el área de las fosas sépticas, durante la fase de construcción del sistema de alcantarillado sanitario.

El ruido puede resultar perjudicial para los trabajadores de la empresa contratista y pobladores de la comunidad. Contaminación visual: una mala selección del sitio donde se instale el campamento, la explotación de bancos de material, o donde se deposite el material de desperdicio, pueden ocasionar alteraciones al paisaje, además se tendrán actividades propias del proyecto como la remoción de la cobertura vegetal presente a la orilla del tramo y la excavación de zanjas donde se instalarán las tuberías.

4.6.2. Medidas de mitigación

Residuos y contaminantes que serán generados: la maquinaria y equipo utilizados deben tener filtros para reducir la emanación de contaminantes; durante el transporte de materiales, los mismos deben cubrirse con lona para evitar la dispersión de partículas del suelo a lo largo del trayecto de acarreo, esto evitará malestar a los pobladores que se encuentran a la orilla del tramo en construcción. Otro aspecto importante a considerar es el mantenimiento de la carretera de acceso a la comunidad, con los contenidos de humedad adecuados para evitar el polvo, es importante que todo el personal que labora en el campo deba equiparse con mascarillas para evitar infecciones respiratorias.

Descarga de aguas residuales: se recomienda que en los campamentos se instalen letrinas o en su defecto fosas sépticas, mismas que deberán ser ubicadas lejos de los causes o fuentes de agua, evitando que tengan contacto con la capa freática, estas deberán ser en número proporcional de 1 servicio por cada 10 personas.

4.6.3. Desechos sólidos

- En lo que respecta al material de excavación, deberá analizarse si puede ser reciclado para una pronta reincorporación, ya que esto disminuirá la explotación de canteras y se evitará la utilización de áreas para su disposición. En lo que respecta a los repuestos, neumáticos, entre otros, estos desechos deberán ser recolectados en el campamento y llevados a sitios donde puedan ser reciclados o utilizados para alguna labor industrial, pero no deberán ser ubicados a lo largo del tramo en construcción, ni en vertederos clandestinos y municipales.
- Ruidos y vibraciones de la maquinaria, herramienta y equipo a utilizar: debe encontrarse en buenas condiciones de funcionamiento para minimizar las emisiones sonoras, también deberá equiparse a todo el personal de campo con el equipo de protección especial. Además, se recomienda desarrollar los trabajos únicamente en jornada diurna, se considera que este impacto es de duración temporal ya que el mismo se presenta durante el tiempo de ejecución de la obra.
- Áreas protegidas: se deberá evitar la intervención en las áreas cercanas al área boscosa principalmente con actividades como: la explotación de bancos de material y sitios para el depósito de desperdicio.

- Es conveniente que las medidas de mitigación propuestas en el estudio sean compatibles con el área en mención, como la reforestación, ya que se deberán sembrar árboles nativos para no introducir especies exóticas al área.
- El complemento lógico y deseable de un estudio de análisis de impacto ambiental es la vulnerabilidad, la ejecución de las necesarias medidas de prevención y mitigación para corregir las debilidades encontradas.
- Por ello es muy importante que la formulación de recomendaciones técnicas y la estimación de los costos de las medidas de mitigación formen parte del propio estudio de vulnerabilidad.
- Algunas de esas medidas de mitigación serán complejas técnicamente y requerirán estudios adicionales sobre diseños de ingeniería y estimación de costos.

5. EVALUACIÓN Y MEJORA CONTINUA

5.1. Medición de resultados

Para la medición de resultados se debe realizar un comparativo en la factura de energía eléctrica, por medio del historial, se determinará el ahorro, durante el primer mes de operación debe disminuir el costo de energía eléctrica, esto se dará con la ayuda de los paneles fotovoltaicos.

5.1.1. Capacidad máxima de paneles solares

La capacidad máxima y la producción efectiva de energía a través de paneles solares van de la mano, aunque no son exactamente lo mismo. Dos módulos pueden tener la misma capacidad nominal, pero eso no significa que puedan producir la misma cantidad de energía. Para obtener la capacidad máxima de los paneles solares se debe tener en cuenta que producirán toda la cantidad posible de energía.

La capacidad máxima de los paneles solares está dada por la siguiente ecuación:

$$20 \text{ paneles} \times (250 \text{ W/h}) / (1 \text{ panel}) \times (9 \text{ horas de luz}) / (1 \text{ día}) \times (30 \text{ días}) / (1 \text{ mes}) \\ \times (1 \text{ kW}) / (1000 \text{ W}) = 1350 \text{ kWh}$$

Capacidad máxima=1350 kWh

Los paneles solares pueden llegar a producir un total de 1 350 kilowatt hora, sin el factor de seguridad del 10 % en comparación a los 1 215, si a estos se les agrega el mismo factor, es por eso que suelen decir que los paneles solares por lo general tienen mayor producción efectiva.

5.1.2. Acciones predictivas

Las instalaciones de paneles solares poseen facilidad para proporcionarles mantenimiento predictivo, sin embargo, una instalación sin el mantenimiento adecuado comenzará con problemas de captación de energía en un plazo de 2 años. Es por esto que es indispensable dar mantenimiento predictivo a los siguientes equipos:

- Panel solar

La suciedad que pueda acumular el panel puede reducir su rendimiento, las capas de polvo que reducen la intensidad del Sol no son peligrosas y la reducción de potencia no suele ser significativa.

Limpiar sistemáticamente la cubierta frontal de vidrio del panel solar, se recomienda que sea cada 2 meses. La limpieza debe efectuarse con agua y un paño suave, si es necesario se puede emplear detergente.

Verificar que no haya terminales mal conectados ni rotos, que las conexiones estén bien ajustadas y que los conductores se encuentren en buenas condiciones.

Podar sistemáticamente los árboles que pueden provocar sombra en el panel solar. No poner objetos cercanos que puedan dar sombra, como tanques de agua y/o antenas.

- **Baterías**

Verificar que el estado de las baterías se encuentren en óptimas condiciones sin sarro y que los niveles de ácido sean los adecuados para mantener la carga y evitar de esa forma que el sistema trabaje bien.

5.1.3. Acciones correctivas

El mantenimiento correctivo de los paneles solares debe ser mínimo, debido a que si se le proporciona el mantenimiento predictivo correcto no debería de haber problemas. Si en caso algún equipo o alguna instalación presentara alguna falla y la solución se encuentra fuera de las acciones predictivas descritas anteriormente, se debe contactar inmediatamente al personal especializado.

Las labores de mantenimiento correctivo serán delegadas en una empresa externa, especialista en el sector, encargada de realizar todas las reparaciones pertinentes, así como suministrar los repuestos necesarios. Dicha empresa deberá estar autorizada por los distintos fabricantes de los equipos suministrados, en caso contrario puede dar lugar a la anulación de la garantía legal de dichos equipos, por negligencias en las labores de mantenimiento.

La empresa externa encargada de realizar las labores de mantenimiento correctivo deberá:

- Garantizar la visita a la instalación en los plazos establecidos y cada vez que el usuario lo requiera debido a cualquier incidencia en la misma.
- Analizar y realizar un presupuesto adecuado de los trabajos y reposiciones necesarias para el correcto y normal funcionamiento de la instalación solar fotovoltaica.
- Subsanan correctamente cualquier incidencia en un tiempo máximo de 48 horas, excepto cuando se trate de causas de fuerza mayor debidamente justificadas.

5.1.4. Seguimiento

La formación de una organización local comunitaria, beneficiará a la población, dado que las mismas personas de la comunidad serán las encargadas de velar por la fase de operación, así como del plan de mantenimiento de los paneles, dar capacitación a los pobladores para que sean ellos mismos quienes cuiden las instalaciones.

5.1.5. Alcance

El alcance del proyecto, es para toda la comunidad de San Juan Ermita, Chiquimula, los ejecutores del proyecto serán la Alcaldía Municipal en conjunto con la organización local comunitaria, la cual velará por la transparencia de los gastos, así como la operación del proyecto.

5.2. Acciones

El problema de la Municipalidad de San Juan Ermita es el desabastecimiento de agua potable para los habitantes en tiempo de estiaje, por ello se busca la implementación de un pozo de agua accionado por paneles solares con bajo costo energético en el municipio de San Juan Ermita, departamento de Chiquimula. Para lo cual la implementación del proyecto tendrá acciones a corto, mediano, largo plazo, como se expone en los anunciados siguientes.

5.2.1. A corto plazo

Utilizando los datos obtenidos, en los cuales se reflejan costos utilizados para la implementación de un pozo de agua potable accionado con paneles solares se podrá mejorar la captación, almacenamiento y distribución de agua potable a las familias de la comunidad.

5.2.2. A mediano plazo

Para fortalecer la estructura del comunidad, se buscar tener organizaciones locales comunitarias, para la gestión del proyecto de bombeo por medio de paneles fotovoltaicos, para lo cual se buscará el apoyo de la Dirección General de Energía del MEM, en conjunto con la empresa proveedora.

Para la realización de las capacitaciones respecto a:

- Talleres para el uso, manejo y resguardo del sistema fotovoltaico.
- Talleres sobre motivación y participación comunitaria para el avance en el uso de la energía renovable.

5.2.3. A largo plazo

Realizando la implementación de un pozo de agua potable accionado con paneles solares, se espera reducir los costos para la Municipalidad y para los habitantes, mejorando la distribución de agua potable, en el municipio de San Juan Ermita, manera en que se realiza el movimiento de los productos químicos de la bodega hacia el área de carga, también estableciendo el recurso humano necesario para la carga y la distribución de los productos.

CONCLUSIONES

1. La implementación del sistema de paneles solares al funcionamiento de la bomba que servirá para extraer agua de un pozo, se considera una técnica de mucha importancia en el ahorro energético y tratando de ser amigable con el medio ambiente, con ello se contribuirá a que la población de San Juan Ermita pueda abastecerse de agua durante el tiempo de estiaje y que el costo para la Municipalidad sea bajo.
2. Para la instalación del equipo de bombeo de agua por medio de paneles fotovoltaicos se deben utilizar: cuatro paneles fotovoltaicos de ciento cincuenta watts, una bomba sumergible de 2,5 metros cúbicos/hora, considerando también la caja de conexiones IO cien, por aparte una estructura que soporte el peso de los paneles solares.
3. Se ha logrado establecer que en el municipio de San Juan Ermita se tienen las condiciones ideales para poder implementar el sistema de energía con base en paneles solares, considerando que cuentan con el clima ideal.
4. En este municipio la cantidad de mantos fráticos con los que cuenta son ideales para poder abastecer de agua a su población y no se tiene el riesgo de que se desabastezca o se sequen. En unión con la población se ha logrado tener pláticas para que el proyecto sea un éxito.
5. El monto total a invertir en la implementación de los paneles solares asciende a la cantidad de Q 78 348,85.

RECOMENDACIONES

1. Es necesario proporcionarle mantenimiento adecuado a los distintos componentes del sistema de abastecimiento de agua potable, de igual forma hay que proporcionarle mantenimiento al sistema de paneles solares para alargar la vida útil de estos y previendo anticipadamente cualquier daño para la reparación necesaria.
2. Dicho sistema abastecerá con calidad, cantidad y continuidad a la población por medio de un sistema de conducción, almacenamiento, desinfección y distribución de agua.
3. Concientizar a la población que la Municipalidad busca la solución más rentable para el desabastecimiento de agua en el municipio, por lo mismo se necesita su colaboración para hacer uso adecuado de ese recurso para lograr abastecer a la mayoría de la población, para garantizar el mantenimiento del caudal.
4. Implementando este tipo de sistemas la Municipalidad de San Juan Ermita considera tener un ahorro significativo en aspecto energético y con este ahorro canalizar en otros proyectos el capital que se ahorre, para satisfacer otras necesidades de la comunidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. COHEN DETLEFSEN, Eduardo. *Uso y diseño de la energía solar en ingeniería*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1994. 202. p.
2. FUNES AGUIRRE, Fernando Antonio. *Modelo de sistema energético descentralizado basado en tecnología fotovoltaica para electrificación de poblaciones rurales aisladas*. Trabajo de graduación de Ing. Electricista. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1998. 129 p.
3. GÁLVEZ BERRÍOS, Manuel Antonio. *Factibilidad de utilizar la energía solar para el precalentamiento de agua para caldera*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1978. 56 p.
4. OVALLE SAENZ, Flavio Francisco. *Aplicaciones de energía solar y control de panel fotovoltaico*. Trabajo de graduación de Ing. Electricista. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1990. 79 p.
5. SAGASTUME GARCÍA, Carlos Humberto *Estudio de prefactibilidad para una pequeña empresa productora de calentadores de agua mediante paneles solares*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1979. 225 p.

6. SUCHITÉ FRANCO, Jorge Antonio. *Aplicación de la energía solar en las aldeas de Huite, Zacapa*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico Electricista. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1998. 116 p.