

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA



TRABAJO DE GRADUACIÓN

TEMA:

**“FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA  
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO  
PARA UNA ZONA DE RIEGO AGRÍCOLA”**

PARA OPTAR AL GRADO DE:  
INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTADO POR:  
DELGADO GARCÍA, GILBERTO VLADIMIR  
MORÁN DE RIVERA, SILSA MERARI  
REINA HERNÁNDEZ, SAÚL SIGFREDO

DOCENTE DIRECTOR:  
ING. RODOLFO HERNÁN DUQUE MUNGUÍA

JUNIO, 2016  
SANTA ANA, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

LIC. LUIS ARGUETA ANTILLÓN

RECTOR INTERINO

ING. CARLOS ARMANDO VILLALTA

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO INTERINO

DRA. ANA LETICIA ZAVALA DE AMAYA

SECRETARIA GENERAL

MdH. CLAUDIA MARÍA MELGAR DE ZAMBRANA

DEFENSORA DE LOS DERECHOS UNIVERSITARIOS

LICDA. NORA BEATRIZ MELÉNDEZ

FISCAL GENERAL INTERINA

AUTORIDADES FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

ING. JORGE WILLIAM ORTÍZ SÁNCHEZ

DECANO INTERINO

LIC. DAVID ALFONSO MATA ALDANA

SECRETARIO INTERINO

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ING. DOUGLAS GARCÍA RODEZNO

---

TRIBUNAL CALIFICADOR INTEGRADO POR:

ING. RODOLFO HERNÁN DUQUE MUNGUÍA

DOCENTE DIRECTOR

ING.: DOUGLAS GARCÍA RODEZNO

ING.: SALVADOR ELISEO MELÉNDEZ

## DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS

*Dedicado,*

*A Dios, a quien doy gracias por la vida y por permitirme llegar hasta aquí a pesar de las adversidades.*

*A mi madre, Ana Leticia de Delgado y a mi padre Gilberto Delgado con quien comparto este logro de manera especial; gracias por todo, pues esto no habría sido posible sin tu dedicación, entrega y respaldo.*

*A mis hermanos Boris e Indira, a mi tía Rosa Vilma y mi primo Jaime Ernesto, así como al resto de la familia por su incondicional apoyo.*

*Con amor a las reinas de mi hogar y luz de mi vida, Karen Elena Lourdes y Larisa Eileen, quienes son mi soporte y la fuerza que me impulsa a luchar cada día.*

*A mi suegra Silvia Estela y a mi cuñada Krissia Mabel, por su cariño y por estar pendiente del desarrollo de este trabajo de principio a fin.*

*A todos mis amigos, quienes siempre me dieron palabras de ánimo para seguir adelante, en especial a: Sigfredo Aguilar, José Armando "Ferez", Jorge Herrera "Koky", Tony Argumedo, Lily Solorzano, Altea Çako, Bessy, Karen, Pedro, Lili Sadoval, Brenda de Tamacas, Dilsy Olivares, "Ardilla" Palacios, Karla Lewis, Aarón, Iván "Lenar", Zuleyma, MaJo Aparicio, Aldo M., Jeaqueline C., Nancy Raquel, Salvador Mena, Ulises S., Marta Lobos, Sofía Chavarría, Saraí de A. y Marlene Q.*

*Agradezco,*

*A mis compañeros de tesis Saúl Reina y sobre todo a Silsa de Rivera por su esfuerzo y perseverancia para alcanzar esta meta.*

*A las autoridades y cuerpo docente de la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria de Occidente.*

*A mis asesores técnicos y académicos, así como a las demás personas que colaboraron con este trabajo.*

*Vladimir Delgado*

*Dedico y agradezco a Dios, quien me dio la vida, salud y oportunidad de culminar con éxito mi carrera; a pesar de los obstáculos presentes en este largo camino siempre Dios dio la fuerza para cumplir esta meta tan anhelada.*

*A mis padres Marta Julia de Moran y Oscar Armando Moran, que vieron el esfuerzo realizado cada día y noche, quienes pueden dar fe de que cuando se quiere se puede porque el sacrificio al final siempre valdrá la pena.*

*A mi esposo Hugo Rivera, quien me brindó su apoyo constante y me motivo día a día para que no dudara de mis capacidades y lograr al fin lo que con tanto sacrificio se esperó. Mi éxito es tu éxito.*

*A mi hijo Huguito Rivera, quien con sus 9 meses de edad es el motor que me inspira y motiva para superarme y poder ser un ejemplo de lucha.*

*A mis compañeros Vladimir Delgado y Saúl Reina, por toda la paciencia que tuvimos como grupo hasta lograr nuestro objetivo, la perseverancia para enfrentar cada obstáculo y no tirar la toalla y la dedicación para que esta tesis pudiera ser una realidad; gracias.*

*A mi asesor de tesis Ing. Rodolfo Duque, quien con mucha paciencia dedico su tiempo para poder corregir minuciosamente cada detalle y evaluarnos exigentemente para que al finalizar todo sea de éxito.*

*A todas las personas que estuvieron pendientes y que de una u otra manera me apoyaron y animaron para cumplir con uno de mis sueños. Que Dios les recompense y bendiga a todo@s.*

*Fue difícil pero lo logre.*

*Silva Merari Morán de Rivera*

*Quiero agradecer a mi señor Dios todopoderoso por la oportunidad de emprender un gran reto a pesar de ser muy un camino difícil y lleno de obstáculos para lograr finalizar mi carrera de Ingeniería Industrial en la Universidad de El Salvador. El haber disfrutado del proceso año con año y la bendición de haber tenido su protección ya que sin Dios nada es posible.*

*Agradecer también a mi esposa Emma Liria Martínez de Reina, por el apoyo incondicional y la dedicación día a día que fue más que un pilar y su apoyo fundamental para conseguir este logro.*

*A mi hijo Eduardo Antonio Reina que es el motivo por el cual yo lucho y al cual quiero servir de ejemplo y perseverancia.*

*A mis compañeros de tesis, Silsa de Rivera y Vladimir Delgado por el apoyo conjunto en la realización de este documento su esfuerzo su empeño y dedicación.*

*A mi Asesor de tesis Ing. Rodolfo Duque a quien admiro y respeto.*

*A mis amigos y compañero de la carrera que me apoyaron y creyeron en mí, apoyándome y dándome ánimos mostrándome su enorme cariño hacia mi persona. Vladimir Delgado, Hanssel Mendoza, Vadis Martínez, David Mancia, Ricardo Vides, Noé Acosta, Marvin Acosta, Giovanni Sibrian, Yonathan Mangandi, Remberto Mangandi, Mariela García, Melvin Rivas, Crissia Peña, Senndi Cristales, entre muchas personas más que depositaron en mi mucha fe.*

*A mis maestros que formaron en mí valores y me compartieron sus conocimientos, sus experiencias y su fraterno cariño.*

*Y a todas las personas que creen en mi potencial humano y profesional, "Muchas Gracias" daré lo mejor de mí y este es uno de muchos éxitos que espero cosechar en la vida.*

*Saúl Sigfredo Reina Hernández*

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>18</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>MARCO DE DESARROLLO</b>	<b>20</b>
<b>1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>21</b>
1.1.1 Características de la zona de estudio	21
1.1.2 Situación problemática	22
1.1.3 Diagrama de Causa y efecto de la situación problemática	22
<b>1.2 JUSTIFICACIÓN</b>	<b>25</b>
<b>1.3 OBJETIVOS</b>	<b>30</b>
<i>General</i>	30
<i>Específicos</i>	30
<b>1.4 ALCANCES</b>	<b>31</b>
<b>1.5 LIMITACIONES</b>	<b>31</b>
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>32</b>
<b>2.1 ANTECEDENTES DEL BOMBEO SOLAR</b>	<b>33</b>
2.1.1 Breves antecedentes de sistemas de bombeo solar no fotovoltaico	33
2.1.2 El sistema solar fotovoltaico	34
2.1.3 Sistemas actuales de bombeo fotovoltaico	34
Células solares o fotovoltaicas (o PV Cells en inglés)	34
Bombas solares para agua	37
Tipos de bombas usadas en aplicaciones solares	38
Comparación con otros tipos de bombeo	40
2.1.4 Configuraciones de sistemas de bombeo alimentados por energía solar	41
Sistema de bombeo solar acoplado con baterías	42
Sistema de bombeo solar con acoplamiento directo	44
2.1.5 Sistemas solares en El Salvador	46

Ubicación Geográfica y Clima de El Salvador _____	46
Antecedentes de proyectos solares en El Salvador _____	48

### **CAPÍTULO III**

#### **ESTUDIO DIAGNÓSTICO \_\_\_\_\_ 51**

##### **3.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO DIAGNÓSTICO \_\_\_\_\_ 52**

*General* \_\_\_\_\_ 52

*Específicos* \_\_\_\_\_ 52

##### **3.2 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA ZONA EN ESTUDIO \_\_\_\_\_ 53**

###### **3.2.1 Características de la comunidad \_\_\_\_\_ 53**

Geografía \_\_\_\_\_ 53

Clima \_\_\_\_\_ 55

Demografía \_\_\_\_\_ 55

Administración y política \_\_\_\_\_ 56

Economía \_\_\_\_\_ 58

Transporte \_\_\_\_\_ 59

Bienestar social \_\_\_\_\_ 59

Abastecimiento de servicios públicos \_\_\_\_\_ 60

Urbanismo \_\_\_\_\_ 61

Religión \_\_\_\_\_ 61

###### **3.2.2 Características de la zona de cultivo (planicie) \_\_\_\_\_ 62**

Geografía de la zona de cultivo \_\_\_\_\_ 62

Composición del suelo de los cantones de El Porvenir \_\_\_\_\_ 63

Potencial de cultivo que presenta la zona de El Porvenir \_\_\_\_\_ 64

Hidrografía de la zona de estudio \_\_\_\_\_ 65

Características de los productos \_\_\_\_\_ 69

Otras características de la zona de estudio \_\_\_\_\_ 73

Recurso humano involucrado en la zona de estudio \_\_\_\_\_ 73

##### **3.3 DIAGNÓSTICO DE RECURSOS \_\_\_\_\_ 76**

###### **3.3.1 Recursos con los que cuenta la zona de estudio \_\_\_\_\_ 76**

Naturales \_\_\_\_\_ 76

Materiales \_\_\_\_\_ 81

Humanos \_\_\_\_\_ 84

##### **3.4 CONCLUSIONES \_\_\_\_\_ 86**

### **CAPÍTULO IV**

#### **ESTUDIO TÉCNICO \_\_\_\_\_ 88**

##### **4.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO TÉCNICO \_\_\_\_\_ 90**



<i>General</i>	90
<i>Específicos</i>	90
<b>4.2 ANÁLISIS DE CADENA DE VALOR</b>	<b>91</b>
Actividades Primarias	93
Actividades Secundarias	96
<b>4.3 CAPACIDAD DEL SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO</b>	<b>98</b>
4.3.1 Tamaño o capacidad del proyecto	98
4.3.2 Factores que determinan la capacidad del proyecto	100
<b>4.4 PROGRAMA DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA</b>	<b>100</b>
<b>4.5 LOCALIZACIÓN</b>	<b>102</b>
4.5.1 Macro localización del proyecto	102
4.5.2 Micro localización del proyecto	103
<b>4.6 INGENIERÍA DEL SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO</b>	<b>104</b>
4.6.1 Definición técnica del producto o servicio	104
4.6.2 Descripción y diseño del proceso principal	108
Dimensionado	109
Pasos para diseño óptimo del sistema de bombeo fotovoltaico	114
4.6.3 Planos y especificaciones	119
4.6.4 Selección de tecnología	121
Tecnología blanda	121
Tecnología dura	123
4.6.5 Materiales e insumos	124
<b>4.7 RECURSOS HUMANOS INVOLUCRADOS</b>	<b>130</b>
<b>4.8 MAQUINARIA Y EQUIPOS</b>	<b>131</b>
<b>4.9 MARCO LEGAL DEL PROYECTO</b>	<b>132</b>
4.9.1 Normativas que rigen el proyecto	132
4.9.2 Estructura organizativa del proyecto	134
<b>4.10 CONCLUSIONES</b>	<b>134</b>

**CAPÍTULO V**

<b>ESTUDIO ECONÓMICO</b>	<b>136</b>
<b>5.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO ECONÓMICO</b>	<b>137</b>
<i>General</i>	137
<i>Específicos</i>	137
<b>5.2 ESTRUCTURA DE LA INVERSIÓN</b>	<b>138</b>
5.2.1 Presupuesto de inversión	139
5.2.2 Presupuesto de operación	140
<b>5.3 LÍNEA BASE DE COSTOS</b>	<b>142</b>
<b>5.4 FUENTES Y ESTRUCTURA DE FINANCIAMIENTO</b>	<b>144</b>
<b>5.5 ANÁLISIS ECONÓMICO</b>	<b>148</b>
<b>5.6 CONCLUSIONES</b>	<b>150</b>

**CAPÍTULO VI**

<b>ESTUDIO FINANCIERO</b>	<b>151</b>
<b>6.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO FINANCIERO</b>	<b>152</b>
<i>General</i>	152
<i>Específicos</i>	152
<b>6.2 EVALUACIÓN FINANCIERA</b>	<b>153</b>
6.2.1 Valor Presente Neto (VPN)	153
6.2.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)	154
6.2.3 Beneficio/Costo del proyecto (B/C)	155
<b>6.3 CONCLUSIONES</b>	<b>158</b>

**CAPÍTULO VII**

<b>EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL</b>	<b>159</b>
<b>7.1 OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL</b>	<b>160</b>
<i>Objetivo General</i>	160
<i>Objetivos específicos</i>	160

<b>7.2 IMPACTO (ASPECTOS INTRODUCTORIOS)</b>	<b>161</b>
7.2.1 Impacto	161
<b>7.3 IMPACTO AMBIENTAL</b>	<b>162</b>
7.3.1 Atmósfera	164
Aire	164
Ruido	166
7.3.2 Suelo	167
7.3.3 Acuífero	167
7.3.4 Vegetación y fauna	167
<b>7.4 IMPACTO SOCIAL</b>	<b>168</b>
7.4.1 Comunidad	168
7.4.2 Productor	170
<b>7.5 CONCLUSIONES</b>	<b>171</b>
<b>CAPÍTULO VIII</b>	
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b>	<b>172</b>
<b>8.1 GENERALIDADES DEL PROYECTO</b>	<b>173</b>
8.1.1 Datos generales del proyecto	173
8.1.2 Descripción del proyecto	174
<b>8.2 GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>175</b>
8.2.1 Características de la zona de estudio	175
8.2.2 Situación problemática	176
8.2.3 Diagrama de Causa y efecto de la situación problemática	176
<b>8.3 ESTUDIO DIAGNÓSTICO</b>	<b>178</b>
8.3.1 Características de la zona de cultivo	178
Ubicación de la zona de cultivo	178
Composición del suelo de la zona de estudio	179
Agua subterránea	179
Radiación solar	180
Bombeo e irrigación	180

8.3.2 Conclusiones del Estudio Diagnóstico	182
<b>8.4 ESTUDIO TÉCNICO</b>	<b>182</b>
8.4.1 Definición técnica del producto o servicio	184
8.4.2 Conclusiones del Estudio Técnico	186
<b>8.5 ESTUDIO ECONÓMICO</b>	<b>186</b>
8.5.1 Presupuesto de inversión	188
8.5.2 Presupuesto de operación	188
8.5.3 Fuentes y estructura de financiamiento	191
8.5.4 Conclusiones del Estudio Económico	191
<b>8.6 ESTUDIO FINANCIERO</b>	<b>192</b>
8.6.1 Valor Presente Neto (VPN)	192
8.6.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)	193
8.6.3 Beneficio/Costo del proyecto (B/C)	194
8.6.4 Conclusiones del Estudio Financiero	195
<b>GLOSARIO</b>	<b>196</b>
GLOSARIO DE CONCEPTOS	197
GLOSARIO DE SIGLAS	210
GLOSARIO DE ABREVIATURAS	213
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>218</b>
LIBROS	219
TESIS	221
PAGINAS ELECTRÓNICAS	225
LEGISLACIÓN	230
OTRAS FUENTES	231
<b>ANEXOS</b>	<b>232</b>

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

### **Gráficos**

Gráfico 1.1- 1: Causas que originan la necesidad de cambio de tecnología para la irrigación de los suelos. ....	23
Gráfico 2.1- 1: Célula solar y módulos (paneles). .....	35
Gráfico 2.1- 2: Tipos comerciales de módulos: a) amorfos (de Unisolar)_b) monocristalinos (de Sharp) y c) policristalinos (de Matrix).....	36
Gráfico 2.1- 3: Sistema de bombeo solar fotovoltaico acoplado con batería. ....	42
Gráfico 2.1- 4: Sistema de bombeo solar con acoplamiento directo. ....	45
Gráfico 3.3- 1: Representación de los sistemas de bombeo y riego en uso actualmente.....	83
Gráfico 4.2- 1: Cadena de Valor de Michael Porter. ....	91
Gráfico 4.2- 2: Esquema de análisis de la cadena de valor para el presente proyecto. ....	92
Gráfico 4.6- 1: Componentes típicos de un sistema de bombeo fotovoltaico. ....	104
Gráfico 4.6- 2: Configuración propuesta del sistema de bombeo fotovoltaico, caserío “El Tesoro”, cantón San Cristóbal, municipio de El Porvenir, Santa Ana.....	106
Gráfico 4.6- 3: Representación del ángulo de inclinación para paneles solares en la zona de estudio. ....	107
Gráfico 4.6- 4: Estructura de soporte para paneles solares FV.....	107
Gráfico 4.6- 5: Diagrama de flujo del proceso principal “Bombeo Fotovoltaico” .....	108
Gráfico 4.6- 6: Esquema de carga estática.....	110
Gráfico 4.6- 7: Intervalos de aplicación de los distintos tipos de bombas fotovoltaicas.....	112
Gráfico 4.6- 8: Tabla de referencia para bomba SQF 11A-3 marca Grundfos. ....	119
Gráfico 4.6- 9: Datos eléctricos y técnicos del módulo FV maraca Canandian Solar, modelo CS6P-250P .....	125
Gráfico 4.6- 10: Esquema de bomba SQF, cableado y electrodo de nivel.....	126
Gráfico 4.6- 11: Detalles técnicos y eléctricos de la Bomba sumergible. ....	127
Gráfico 4.6- 12: Esquema de interruptor IO 100 SQFlex. Medidas en milímetros .....	127
Gráfico 4.6- 13: Detalles técnicos y eléctricos de la caja de interruptores.....	128

Gráfico 4.6- 14: Tanque de almacenamiento para agua.....	129
Gráfico 4.9- 1: Estructura organizativa del proyecto (líneas punteadas para personal externo temporal).....	134
Gráfico 5.3- 1: Actividades principales, costos y tiempos estimados. ....	143
Gráfico 5.3- 2: Distribución de costos (año 1) para sistema de bombeo fotovoltaico. ....	143
Gráfico 5.3- 3: Línea base de costos para el sistema de bombeo fotovoltaico. ....	144
Gráfico 7.3- 1: Proporción de gases de escape para gasolina y diésel. ....	164
Gráfico 8.2- 1: Causas que originan la necesidad de cambio de tecnología para la irrigación de los suelos. ...	177
Gráfico 8.4- 1: Componentes típicos de un sistema de bombeo fotovoltaico. ....	184
Gráfico 8.4- 2: Esquema de configuración propuesta para el sistema de bombeo fotovoltaico. ....	186

### **Imágenes**

Imagen 2.1- 1: Bomba superficial (izquierda) y bomba sumergible (derecha).....	40
Imagen 3.2- 1: Panorámica del parque central del municipio, al fondo Juzgado de Paz. ....	57
Imagen 3.3- 1: Tuberías para irrigación por goteo (PVC, 2 y ½ pulgadas de diámetro). ....	82
Imagen 3.3- 2: Pozo tipo puntera (4”) y bomba achicadora diésel/gasolina, en uso actualmente.....	82
Imagen 3.3- 3: Trabajadores irrigando con manguera. ....	83
Imagen 4.6- 1: Panel solar CS6P Canadian Solar.....	124
Imagen 4.8- 1: Tractor propiedad del agricultor.....	131
Imagen 5.4- 1: Tasas de interés de las instituciones financieras más importantes de El Salvador (vigentes a la fecha).....	146
Imagen 8.3- 1: Motobomba utilizada para extraer el agua del pozo tipo puntera. ....	181
Imagen 8.3- 2: Disposición de tuberías secundarias para riego por goteo.....	181

### **Mapas**

Mapa 1.2- 1: Hidrología de la República de El Salvador, C.A.....	28
Mapa 1.2- 2: Zonas potenciales para riego de la República de El Salvador.....	29
Mapa 3.2- 1: Topografía, elevación y límites geográficos del municipio de El Porvenir. ....	53

Mapa 3.2- 2: División administrativa de El Porvenir.....	58
Mapa 3.2- 3: Ubicación general de la zona de cultivo.....	62
Mapa 3.2- 4: Área apta para cultivo de tomate (izquierda) y pepino (derecha).....	64
Mapa 3.2- 5: Área apta para cultivo de hortalizas (izquierda) y chile verde (derecha).....	65
Mapa 3.2- 6: Principal cuenca de agua superficial en la zona de estudio.....	66
Mapa 3.2- 7: Hidrografía de El Porvenir.....	68
Mapa 3.2- 8: Zonas de recarga del manto acuífero subterráneo del municipio de El Porvenir.....	68
Mapa 3.3- 1: Mapa pedológico del Departamento de Santa Ana, clasificación del suelo por su división política. MARN-MAG, Marzo/2012.....	77
Mapa 3.3- 2: Hidrografía Santa Ana – Ahuachapán (ANDA) extracto del Mapa Geológico de la República de El Salvador, Capas Nacionales MARN, Lambert Projection.....	78
Mapa 3.3- 3: Mapa de irradiación solar de El Salvador, SWERA.....	79
Mapa 3.3- 4: Irradiación del departamento de Santa Ana.....	80
Mapa 4.5- 1: Ubicación geográfica del Departamento de Santa Ana.....	102
Mapa 4.5- 2: Ubicación geográfica de las tierras de cultivo propiedad del señor Valerio.....	103
Mapa 4.6- 1: Ubicación propuesta del sistema de bombeo fotovoltaico en la propiedad del señor Valerio.....	120
Mapa 8.1- 1: Ubicación geográfica estimada de las tierras de cultivo propiedad del señor Valerio.....	173
Mapa 8.3- 1: Ubicación general de la zona de cultivo.....	178
Mapa 8.3- 2: Hidrología de la zona de estudio.....	179
Mapa 8.3- 3: Irradiación del departamento de Santa Ana.....	180

### **Tablas**

Tabla 1.2- 1: Daños por sequías, estadísticas parciales del año 2014.....	25
Tabla 1.2- 2: Necesidad de agricultura de riego.....	26
Tabla 2.1- 1: Voltaje y corriente de salida usual para un panel 60W – 12V.....	38
Tabla 2.1- 2: Comparación entre distintos sistemas de bombeo para agua.....	41

Tabla 2.2- 1: Estaciones climáticas en El Salvador.....	48
Tabla 2.2- 2: Sistemas fotovoltaicos conectados a la red en El Salvador. ....	49
Tabla 3.2- 1: Datos demográficos del municipio de El Porvenir. ....	56
Tabla 3.2- 2: Escuelas públicas del municipio de El Porvenir.....	59
Tabla 3.2- 3: Comparación de tipos de suelos en los cuatro cantones de El Porvenir. ....	63
Tabla 3.2- 4: Composición del suelo en la zona de estudio.....	63
Tabla 3.2- 5: Características de los cultivos habituales en la zona de estudio. ....	72
Tabla 3.2- 6: Cultivos que requieren más humedad según la estación. ....	73
Tabla 3.3- 1: Eficiencia de paneles de acuerdo a la radiación solar promedio en la zona de cultivo.....	80
Tabla 3.3- 2: Área de paneles por tipo de tecnología y capacidad promedio. ....	81
Tabla 4.2- 1: Logística interna proyecto de bombeo fotovoltaico, caserío “El Tesoro” . ....	93
Tabla 4.2- 2: Operaciones proyecto de bombeo fotovoltaico, caserío “El Tesoro” .....	94
Tabla 4.2- 3: Logística externa para proyecto de bombeo fotovoltaico, caserío “El Tesoro” . ....	94
Tabla 4.2- 4: Servicios para proyecto de bombeo fotovoltaico, caserío “El Tesoro” .....	95
Tabla 4.2- 5: Abastecimiento del proyecto de bombeo fotovoltaico, caserío “El Tesoro” .....	96
Tabla 4.2- 6: Desarrollo de la tecnología para proyecto de bombeo fotovoltaico, caserío “El Tesoro” .....	96
Tabla 4.2- 7: Administración de recursos humanos para proyecto de bombeo fotovoltaico, caserío “El Tesoro” .....	97
Tabla 4.2- 8: Infraestructura del proyecto de bombeo fotovoltaico, caserío “El Tesoro” .....	98
Tabla 4.4- 1: Programa de producción agrícola usando el sistema de riego. ....	101
Tabla 4.6- 1: Valores de la constante $\kappa$ usada en la fórmula de Manning.....	111
Tabla 4.6- 2: Eficiencia de los distintos sistemas de bombeo en función de la carga dinámica total. ....	112
Tabla 4.6- 3: Ventajas y desventajas de los distintos tipos de bombas fotovoltaicas. ....	113
Tabla 4.6- 4: Descripción de las características del modelo de computadora portátil utilizado.....	123
Tabla 4.6- 5: Características físicas de los cables fotovoltaicos.....	128



Tabla 4.6- 6: Principales características de los cables sumergibles. ....	128
Tabla 4.9- 1: Normativas que rigen el proyecto de bombeo fotovoltaico, caserío “El Porvenir” .....	133
Tabla 5.2- 1: Presupuesto de inversión para el sistema de bombeo fotovoltaico. ....	139
Tabla 5.2- 2: Presupuesto de operación para el sistema de bombeo fotovoltaico. ....	140
Tabla 5.2- 3: Costos de producción por manzana de tomate. ....	140
Tabla 5.2- 4: Costos de producción por manzana de sandía. ....	141
Tabla 5.2- 5: Tiempo estimado para cosechar sandía y tomate. ....	141
Tabla 5.2- 6: Datos de producción de sandía y tomate actuales y proyectados. ....	142
Tabla 5.2- 7: Flujos netos de efectivo para el sistema de bombeo fotovoltaico. ....	142
Tabla 5.3- 1: Tabla de costos anuales acumulados del sistema de bombeo fotovoltaico. ....	144
Tabla 5.4- 1: Resumen de cálculos ejemplo de crédito, Banco de Fomento Agropecuario, tasa vigente al 31/ene/2016. ....	147
Tabla 5.5 - 1: Costo del sistema de bombeo actual contra costos del sistema de bombeo fotovoltaico. ....	148
Tabla 5.5 - 2: Comparación de saldos a 5 años, entre el sistema actual y el sistema de bombeo fotovoltaico. ....	149
Tabla 7.3- 1: Gases generados como residuo de la combustión de gasolina y/o diésel. ....	165
Tabla 7.3- 2: Características del impacto ambiental que generará el sistema FV. ....	168
Tabla 8.3- 1: Composición del suelo en la zona de estudio. ....	179
Tabla 8.5- 1: Presupuesto de inversión para el sistema de bombeo fotovoltaico. ....	188
Tabla 8.5- 2: Presupuesto de operación para el sistema de bombeo fotovoltaico. ....	189
Tabla 8.5- 3: Datos de producción de sandía y tomate actuales y proyectados. ....	189
Tabla 8.5- 4: Flujos netos de efectivo para el sistema de bombeo fotovoltaico. ....	190
Tabla 8.5- 5: Costo del sistema de bombeo actual contra costos del sistema de bombeo fotovoltaico. ....	190
Tabla 8.6- 1: Resumen de los datos más relevantes del Estudio Financiero. ....	195

## INTRODUCCIÓN

El presente estudio es una factibilidad técnica y económica para la implementación de un sistema de bombeo fotovoltaico en una zona de riego agrícola, ubicada en el Caserío “El Tesoro”, Cantón San Cristóbal, Municipio de El Porvenir, Departamento de Santa Ana, al occidente de la República de El Salvador, cuenta con una planicie de suelo franco arcilloso, de muy buenas propiedades para el cultivo de distintos productos entre los que destacan, arroz, tomate y sandía, el riego se realiza extrayendo agua a través pozos tipo “puntera” de 4” de diámetro, del acuífero subterráneo localizado a una profundidad de entre 1.5 y 3 metros, por medio de motobomba superficial de  $\pm 5$  HP, la cual consume combustible diésel o gasolina a razón de 0.75 Gal. cada dos horas de uso. Motivo por el que se propone un Sistema que no dependa de la quema de combustible fósil y reduzca la contaminación ambiental, por medio del uso de energía solar fotovoltaica, una energía limpia, renovable y muy abundante en nuestro país.

El trabajo se divide en ocho capítulos siendo éstos:

Capítulo I: Marco de Desarrollo, en el cual se describen las características generales de la zona de estudio, la situación problemática, justificaciones, objetivos, alcances, limitaciones, entre otros puntos.

Capítulo II: Marco teórico, en el que se presentan los antecedentes del bombeo solar a nivel internacional y nacional.

Capítulo III: Estudio Diagnóstico de la zona, aquí se describe la comunidad de El Porvenir, El Cantón y el área específica del Caserío “El Tesoro”, en lo relacionado a geografía, clima, demografía, hidrografía, recursos naturales, humanos y materiales.

Capítulo IV: Estudio Técnico, el cual muestra todos los aspectos relacionados a la propuesta del Sistema de Riego Fotovoltaico, sus componentes principales, configuración de los elementos del sistema, marco legal que rige el estudio, y otros puntos de carácter técnico.

Capítulo V: Estudio Económico, se hace referencia a la estructura de la inversión para el proyecto, presupuesto de inversión y operación, fuentes de financiamiento, entre otros.

Capítulo VI: Estudio Financiero, donde se analiza el proyecto por medio de herramientas como el Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y relación Beneficio/Costo, para establecer la factibilidad o no factibilidad de este.

Capítulo VII: Evaluación del Impacto Ambiental y Social, el cual muestra la forma en que la zona de “El Tesoro”, será afectada en materia ambiental y social por el proyecto.

Capítulo VIII: Resumen Ejecutivo, el cual muestra una descripción general de los hallazgos más relevantes de los capítulos anteriores.

# **CAPÍTULO I**

## **MARCO DE DESARROLLO**

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1.1 Características de la zona de estudio

**Suelo:** El caserío El Tesoro, Cantón San Cristóbal Municipio de El Porvenir se caracteriza por poseer un suelo franco-arcilloso, es suelo de elevada productividad agrícola, en virtud de su textura relativamente suelta (propiciada por la arena), fertilidad (aportada por los limos), adecuada retención de humedad (favorecida por la arcilla). Aunque la composición del suelo franco puede variar ligeramente, se pueden considerar uniformes las proporciones porcentuales siguientes:

- Arena: 45%
- Limo: 40%
- Arcilla: 15%

La cualidad principal de este tipo de suelo es que no es demasiado arcilloso, ni muy arenoso.

**Acuífero subterráneo:** El espejo de agua en esta zona se encuentra de 1.5 a 3 metros de profundidad.

**Productos:** Los cultivos que se producen varían según las dos épocas del año que se presentan marcadas en nuestro país, invierno y verano. En invierno se produce arroz alrededor de 500 manzanas, en verano se producen hortalizas como tomate, chile verde, frijol, sandía, entre otras.

**Sistema de bombeo actual (combustión interna impulsado por diésel):** El método de riego varía de acuerdo al cultivo y la estación del año (invierno y verano). En invierno se siembra arroz y el riego se realiza en ciénagas, creadas de forma natural por las lluvias (inundación). En verano el riego se realiza por goteo impulsando y dirigiendo el agua por medio de tuberías, con la ayuda de una motobomba para agua.

### **1.1.2 Situación problemática**

Existe una necesidad de irrigación de los suelos de cultivo, en la época seca especialmente, para mantener la producción agrícola durante todo el año y no solo en la estación lluviosa, de tal forma que la siembra-cosecha no dependa exclusivamente de la precipitación pluvial.

### **1.1.3 Diagrama de Causa y efecto de la situación problemática**

**Alto costo de los combustibles (bombas):** Los precios de los combustibles derivados del petróleo como el diésel, reportan a través del histórico de referencias incrementos (en su mayoría, a pesar de leves disminuciones en ciertos meses, datos del MINEC<sup>1</sup>) y se proyectan incrementos futuros, por lo que generan un fuerte impacto al costo de la producción agrícola, con un sistema de bombeo por bomba de combustión impulsado por diésel.

**Bajo nivel de humedad del suelo por ausencia de lluvia:** En época seca la ausencia total de precipitación pluvial genera resequedad en los suelos, lo que hace muy difícil la producción porque éstos no alcanzan la humedad requerida por algunos productos como hortalizas. En época

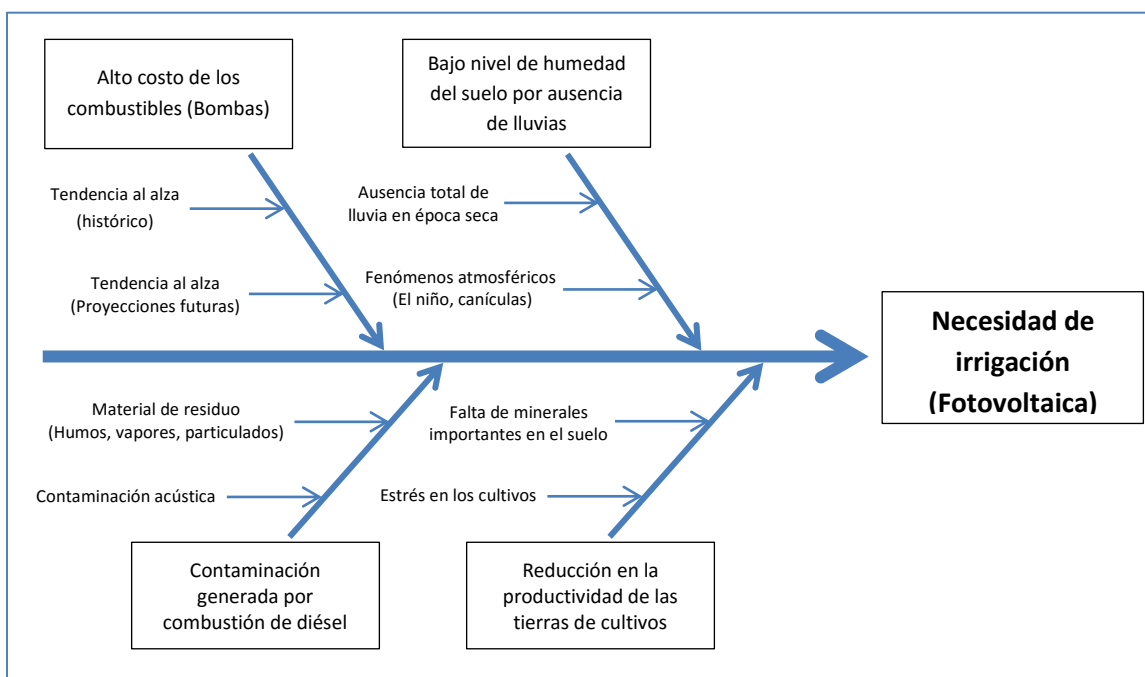
---

<sup>1</sup> [www.minec.gob.sv](http://www.minec.gob.sv)

de invierno, la variabilidad que presentan las lluvias por fenómenos atmosféricos como el niño, las canículas, entre otros, generan daños severos a los cultivos.

**Contaminación generada por combustión de diésel:** El uso de combustibles fósiles genera contaminación, al expulsar grandes cantidades de residuos y material particulado a la atmósfera, en forma de humo, vapor, entre otros. Además producen contaminación acústica por funcionamiento del motor.

**Reducción en la productividad de las tierras de cultivos:** A falta de un buen suministro de agua, los cultivos sufren daños considerables, estrés por reducción en los niveles de humedad (distintos para cada cultivo particular) y por ausencia de minerales esenciales, lo que conlleva un decremento de la producción (*Gráfico 1.1- 1*).



*Gráfico 1.1- 1: Causas que originan la necesidad de cambio de tecnología para la irrigación de los suelos.*

Ningún país del mundo puede subsanar las necesidades de alimentación sin programas, planes y proyectos encaminados al desarrollo de procesos agrícolas que busquen impulsar, promover y mejorar la producción alimentaria, El Salvador no es la excepción, sin embargo, el apoyo técnico financiero hacia el sector no se ha visto fortalecido en la justa medida de la importancia del mismo, haciendo que tanto pequeños productores como asociaciones cooperativas, busquen por medios propios o financiamiento de terceros, hacerse de insumos y herramientas que generen más y mejores cultivos.

Por lo que se pretende dar solución a la necesidad de irrigación, mediante sustitución de tecnología utilizada actualmente, a un moderno sistema de bombeo fotovoltaico, en donde, la energía solar de la que se cuenta casi todos los días del año en El Salvador, sería utilizada para accionar la bomba, la cual haría posible humedecer el suelo a niveles adecuados. Sin embargo, por muy buena que parezca una solución, no puede darse por hecho que es la mejor, en términos económicos y productivos desde la perspectiva del agricultor, por lo que con base en lo antes expuesto, surge la pregunta que se buscará responder a través del presente estudio.

*¿Es beneficioso, en términos económicos y productivos para los agricultores del caserío “El Tesoro”, Cantón San Cristóbal, del municipio de El Porvenir, departamento de Santa Ana, la implementación de un sistema de bombeo fotovoltaico?*



## 1.2 JUSTIFICACIÓN

Se sabe que para una buena producción, es necesario contar con recursos indispensables y vitales como el agua para el riego, más aún en época de sequía (*Tabla 1.2- 1 y Tabla 1.2- 2*); por lo que la ejecución de proyectos como éste (bombeo fotovoltaico), que buscan como propósito fundamental mejorar la productividad de las zonas agrícolas, son de gran importancia y conllevan un gran impacto social. Cabe recalcar que el espíritu de éste estudio será social, no se busca el beneficio de una empresa a través de la venta e instalación de la tecnología fotovoltaica, además, si bien el alcance no será a nivel nacional, dadas las condiciones geográficas y socioeconómicas de éste país, sus resultados pueden ser llevados a una mayor escala en un futuro, por alguna institución que vea en éste una fuente de información para pensar en su implementación, en otras zonas de cultivo en El Salvador.

Daños por sequías en El Salvador en el año 2014			
Dato	Informe	Fecha	Fuente
\$50 millones	<p>\$50 millones en cultivos de maíz, lo que equivale a 3.4 millones de quintales (qq) de este grano que dejarán de producirse en el país (Salvador Sánchez Cerén, Presidente de la República).</p> <p><b>MAG:</b> Esta es la canícula más severa desde 1977 (Orestes Ortez).</p>	13 de Agosto de 2014	<p>Datos del MAG, noticia emitida por diario el mundo</p> <p><a href="http://elmundo.com.sv/perdidas-provocadas-en-maiz-por-la-sequia-suman-50-millones">http://elmundo.com.sv/perdidas-provocadas-en-maiz-por-la-sequia-suman-50-millones</a></p>
Julio, mes más seco en la historia salvadoreña	<p>Si bien es cierto que hasta ahora julio ha sido el mes más seco, la situación podría cambiar si llegasen a darse las predicciones del clima brindadas durante el Foro del Clima que se realizó entre el 15 y 16 de julio en El Salvador, en el que se dijo que la lluvia deficitaria seguirá golpeando a la región Centroamericana en agosto, septiembre y octubre (Lina Pohl, MARN).</p>	14 Agosto de 2014	<p>Datos del MAG y MARN, noticia emitida por diario digital Contra Punto</p> <p><a href="http://www.contrapunto.com.sv/sociedad/ambiente/julio-mes-mas-seco-en-la-historia-salvadorena">http://www.contrapunto.com.sv/sociedad/ambiente/julio-mes-mas-seco-en-la-historia-salvadorena</a></p>

Tabla 1.2- 1: Daños por sequías, estadísticas parciales del año 2014. Fuente MARN, MAG.

<b>Necesidad de agricultura de riego <sup>2</sup></b>	
<b>Los factores principales que evidencian la necesidad de emprender un vigoroso y sostenido programa de la agricultura de riego en El Salvador</b>	<p>La agricultura es el principal medio de vida de los habitantes y el sector que contribuye en mayor porcentaje al productor territorial bruto. Su desarrollo debe marchar en concordancia con el aumento constante de las necesidades básicas de la población, la cual presenta una alta tasa anual de crecimiento. Otros sectores de la economía tienen fuertes limitaciones para su desarrollo, debido a la escasez de recursos básicos como minería y petróleo.</p>
	<p>Elevada relación hombre/tierra cultivable, situación que se agrava por la escasez de recursos potenciales de tierras que permitan un mejoramiento significativo de dicha relación.</p>
	<p>La agricultura actual es preponderantemente de secano o temporal, ya que las condiciones climáticas definen claramente dos estaciones en términos de la precipitación pluvial: concentración de las lluvias de mayo a octubre con una sequía prácticamente total en los otros seis meses del año. Es necesario agregar que durante la época de lluvias se inundan importantes extensiones de tierras cultivables y se presentan periodos de nula precipitación (canículas).</p>

*Tabla 1.2- 2: Necesidad de agricultura de riego.*

<sup>2</sup> MAG, Dirección General de Ordenamiento Forestal, Cuencas y Riego, Distrito de Riego y Avenamiento de El Salvador, C.A., publicación de Julio 2012.

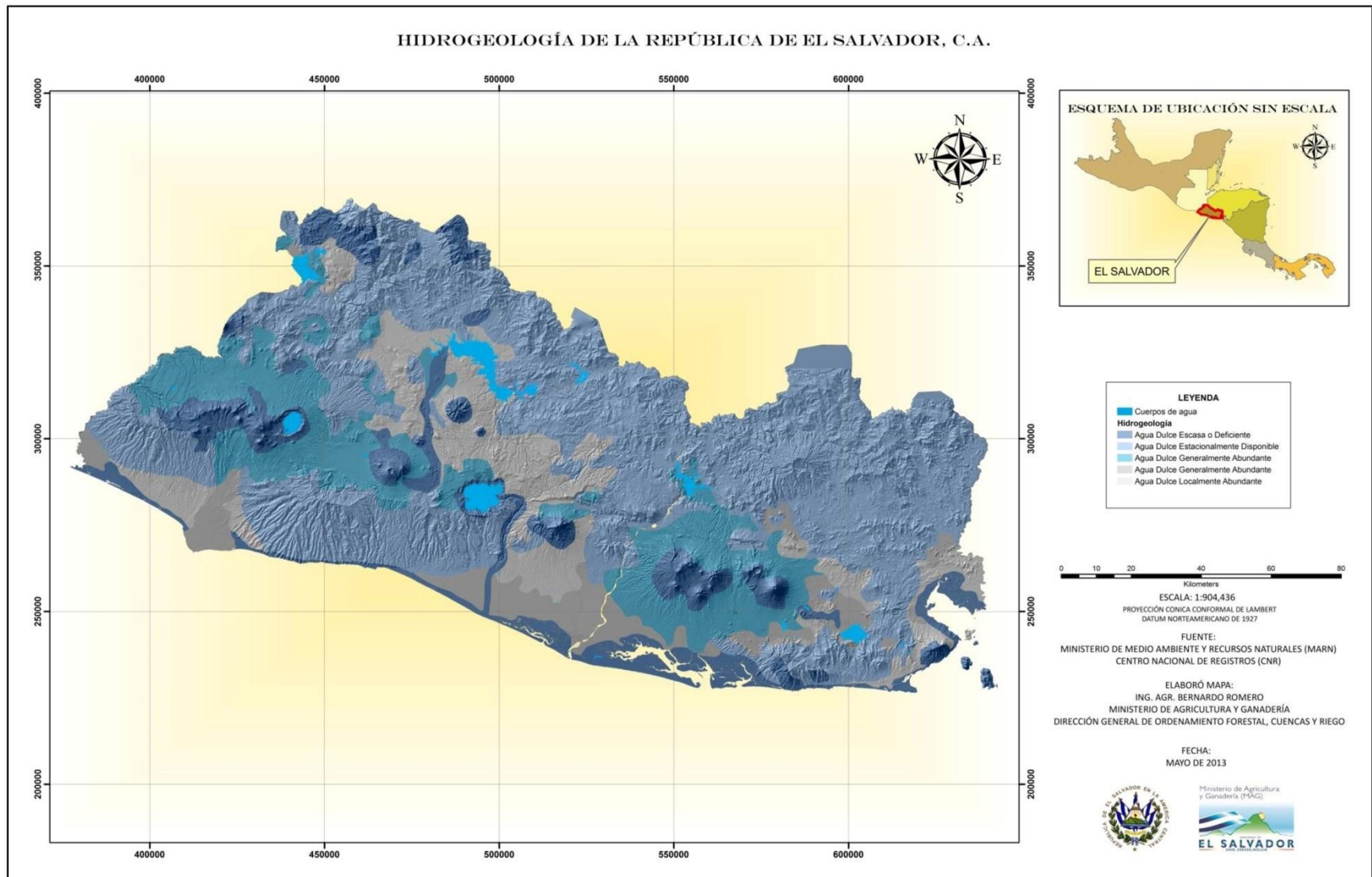
La zona en estudio cuenta según los datos oficiales con las características necesarias para sostener un sistema de irrigación, entre éstas: Cuenta con un clima tropical ofreciendo condiciones similares todo el año de humedad relativa y calor. Además de dos estaciones generalmente bien definidas una de seca (Noviembre-Abril) y otra de lluviosa (Mayo-Octubre), propiciando así fuentes de agua subterráneas que pueden ser explotadas con finalidad agrícola (*Mapa 1.2- 1*)<sup>3</sup>, por lo cual esta zona está clasificada como potencial de cultivos (*Mapa 1.2- 2*)<sup>4</sup>, así mismo por las características que presenta el suelo franco arcilloso, que favorece por sus propiedades la diversidad de cultivos.

Recursos escasos tierra y agua, deben ser utilizados de forma eficiente para aumentar la productividad sin que esto lleve a la sobre explotación o impacte el equilibrio del medio ambiente; un sistema de bombeo fotovoltaico ofrece una solución tecnológica y ecológicamente sostenible, mediante el aprovechamiento de uno de los recursos más abundantes, la energía solar. Eliminando la polución por producción de gases de efecto invernadero, material particulado, contaminación sonora por el ruido excesivo de bombas impulsadas por motores de combustión interna y sobre todo, promueve el desarrollo de más y mejores cosechas, al mantener un óptimo nivel de humedad y nutrientes (que pueden ser inyectados a través del sistema mismo) del suelo, reduciendo el estrés de la planta y favoreciendo su desarrollo.

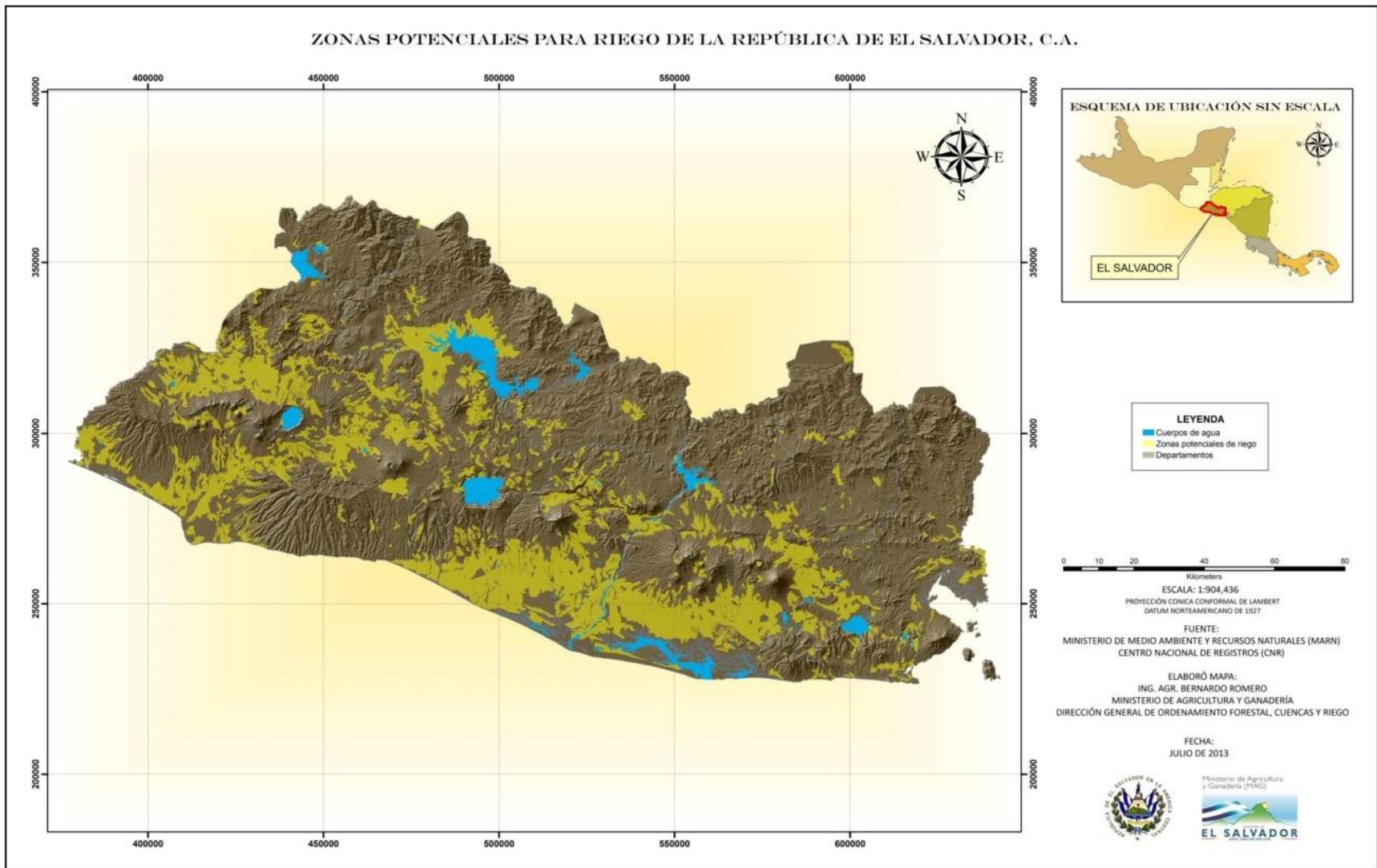
---

<sup>3</sup> MAG, Dirección General de Ordenamiento Forestal, Aguas subterráneas en El Salvador, Mayo de 2013.

<sup>4</sup> MAG, Dirección General de Ordenamiento Forestal, Zonas potenciales para riego de El Salvador, Julio de 2013.



Mapa 1.2- 1: Hidrología de la República de El Salvador, C.A.



Mapa 1.2- 2: Zonas potenciales para riego de la República de El Salvador.

## 1.3 OBJETIVOS

### *General*

- Elaborar una factibilidad técnica y económica para la implementación de un sistema de bombeo fotovoltaico para una zona de riego agrícola<sup>5</sup>.

### *Específicos*

- Elaborar un diagnóstico de la situación actual en la zona de estudio.
- Determinar la factibilidad técnica para la implementación del sistema de bombeo fotovoltaico en la zona de estudio.
- Realizar un análisis económico de la implementación de un sistema de bombeo fotovoltaico en la zona de estudio
- Realizar un análisis financiero de la implementación de un sistema de bombeo fotovoltaico en la zona de estudio.
- Elaborar un estudio de impacto ambiental para la implementación de un sistema de bombeo fotovoltaico en la zona de estudio.
- Redactar un resumen ejecutivo.

---

<sup>5</sup> En adelante zona de estudio, zona de cultivo o zona de interés, la cual está ubicada en el caserío El Tesoro, cantón San Cristóbal, municipio de El Porvenir, departamento de Santa Ana.

## **1.4 ALCANCES**

El presente trabajo es el resultado de un acuerdo de cooperación, firmado el 28 de Abril de 2014, entre la empresa ALBA Petróleos de El Salvador S.E.M. de C.V. y la Facultad Multidisciplinaria de Occidente, a través de su representante legal, en el que se acordó colaborar con el grupo de alumnos egresados de la carrera de Ingeniería Industrial, del Departamento de Ingeniería y Arquitectura.

El alcance de este estudio de factibilidad involucra cuatro partes principales, las que se efectuaron en el caserío El Tesoro, cantón San Cristóbal, del municipio de El Porvenir en el departamento de Santa Ana, El Salvador. Con ellas se busca tener una base sobre la cual fundamentar la decisión de implementar el sistema propuesto. Los estudios a realizar son los siguientes:

- Diagnóstico de la situación actual en lo referente a los medios utilizados para el bombeo y el riego agrícola.
- Estudio Técnico.
- Estudio Económico.
- Estudio Financiero.
- Estudio de Impacto Ambiental.

## **1.5 LIMITACIONES**

Con base al concepto de limitación de la investigación, como todo aquello que obstruye completamente su ejecución, se concluyó que no existe ningún impedimento para la realización de la misma en la zona antes mencionada.

# **CAPÍTULO II**

## **MARCO TEÓRICO**



## 2.1 ANTECEDENTES DEL BOMBEO SOLAR

Se pueden tomar dos puntos históricos en el uso de la tecnología solar para generación de energía alternativa, los cuales son: Bombeo solar no fotovoltaico y bombeo fotovoltaico.

### 2.1.1 Breves antecedentes de sistemas de bombeo solar no fotovoltaico

- En la antigua Grecia, la escuela de los llamados mecánicos griegos, encabezados por Herón de Alejandría, utilizaron la energía solar para producir vapor, y con éste, movían pequeños autómatas.
- En Roma, China y también en Grecia se desarrollaron espejos curvados que podían concentrar los rayos del Sol sobre un objeto con intensidad suficiente como para hacerlo arder en pocos segundos. Se trataba de reflectores solares a base de plata, cobre o bronce pulimentado.
- En el siglo XVIII Peter Hoesen construye un reflector formado por numerosos y pequeños espejos planos, fáciles de montar sobre un armazón con la forma deseada, alcanzando así la marca de tres metros de diámetro.
- En el siglo XVIII, De Saussure construyó un invernadero en miniatura de cinco paredes, realizado con otras tantas cajas de vidrio, de planta cuadrada y dimensiones decrecientes de 30 cm x 30 cm en la base por 15 cm de alto la caja más grande a 10 cm x 10 cm en la base por 5 cm de alto la caja más pequeña.
- La caja caliente se convirtió en prototipo de los colectores solares de finales del siglo XIX y XX; colectores capaces de suministrar el vapor necesario para mover diversas máquinas, entre ellas las primeras instalaciones de bombeo solar.

- El ingeniero francés Agustín Bernard Mouchot, profesor de la escuela de ingeniería de Tours, Francia, comenzó sus estudios sobre la energía solar en 1860. Recogió sus experiencias en un libro titulado “La Chaleur solaire”.
- Aubrey Eneas, originario de Boston y creador de la empresa Solar Motor Company of Boston. El objetivo principal de la empresa era la venta de equipos de bombeo al sudoeste de los EEUU. Eneas construyó, en 1899, un sistema con un diámetro de 10 metros en la boca del reflector, que estaba formado por más de 1.800 pequeños espejos de vidrio plateado.
- Destaca la bomba solar del ingeniero francés Charles Tellier. En vez de agua utilizó hidrato de amoníaco que hierve a 33°C o el dióxido de azufre que lo hace a 10°C. Tellier conocía las aplicaciones de los líquidos de bajo punto de ebullición fruto de sus investigaciones acerca de la congelación de alimentos, labor por la cual es más conocido.

### **2.1.2 El sistema solar fotovoltaico**

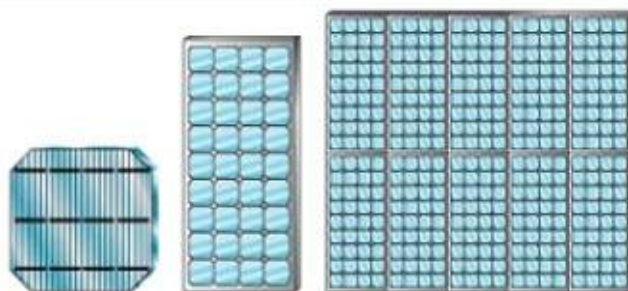
No es hasta la segunda mitad del siglo XX cuando se dan las condiciones necesarias para que la nueva tecnología solar fotovoltaica encuentre su oportunidad dentro del panorama energético en general, y en el de su utilización para el bombeo de agua en particular.

### **2.1.3 Sistemas actuales de bombeo fotovoltaico**

#### **Células solares o fotovoltaicas (o PV Cells en inglés)**

Están hechas de materiales semiconductores que pueden convertir la luz del sol directamente en electricidad. La luz incidente en las células desaloja y libera electrones dentro del material, los cuales se mueven para producir una corriente eléctrica directa (DC). Esto es hecho sin partes

móviles. Las células fotovoltaicas se combinan para hacer módulos (*Gráfico 2.1- 1*), los cuales se encierran en vidrio o plástico transparente. Los módulos se juntan para componer un panel, cuyo tamaño varía según la aplicación específica. La mayoría de las células fotovoltaicas comerciales están hechas de sílice y vienen en tres tipos generales: mono cristalino, policristalino y amorfo.

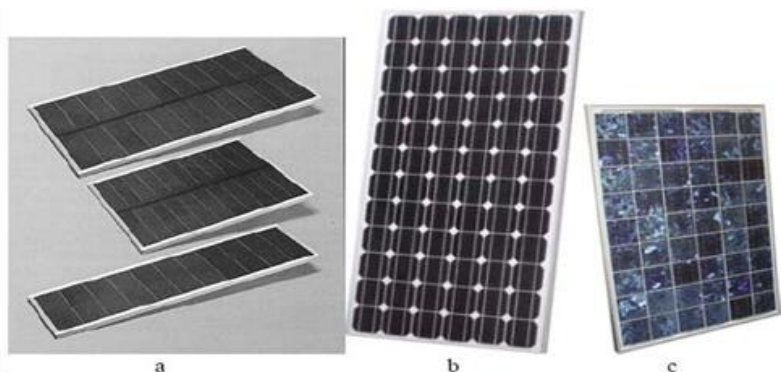


*Gráfico 2.1- 1: Célula solar y módulos (paneles).*

**Las células monocristalinas:** Se componen de secciones de un único cristal de silicio que son reconocibles por su forma circular o rectangular. Este tipo de célula es la más eficiente, con aproximadamente 15% de eficiencia (eficiencia se define como la fracción de la energía del sol que es convertida a energía eléctrica), pero al mismo tiempo es la más cara de producir.

**Las células multicristalinas o policristalinas:** Están hechas de silicio fundido que posteriormente solidifica y cristaliza en lingotes. El tamaño de los cristales está determinado en mayor parte por la tasa a la cual el lingote es enfriado. Se tendrán granos más grandes si el enfriamiento es lento. Las células se obtienen cortando el lingote en finas láminas. Las células policristalinas son más baratas de producir que las monocristalinas, debido a que el proceso de manufactura es más simple y la pureza de la materia prima son menor. Sin embargo, éstas son ligeramente menos eficientes, con eficiencias promedio bordeando el 12%.

**Las células fotovoltaicas amorfas** (*Gráfico 2.1- 2 (a)*): Están hechas de una delgada capa de sílice no cristalino puesto en una base rígida o flexible. Éstas son relativamente fáciles de fabricar y son menos caras que las células mono cristalinas y poli cristalinas, pero sus eficiencias bordean el 6%. Su bajo costo hace que ellas sean la mejor opción donde la alta eficiencia y el espacio no son factores importantes.



*Gráfico 2.1- 2: Tipos comerciales de módulos: a) amorfos (de Unisolar) b) monocristalinos (de Sharp) y c) policristalinos (de Matrix).*

Los módulos fotovoltaicos han existido por más de 50 años y su producción masiva existe desde 1979. Debido a mejoras en la tecnología de manufactura y a economías de escala, el costo de las células fotovoltaicas ha disminuido en un 90% desde comienzos de los años 70. Los módulos fotovoltaicos se pueden encontrar en una amplia gama de tamaños y son fabricados por muchas compañías de renombre. Su confiabilidad es buena y pueden durar más de 30 años.

Los paneles fotovoltaicos son instalados de modo que maximicen la cantidad de exposición directa al sol. Esto significa instalarlas en áreas libres de sombras de edificios y árboles, con orientación hacia el norte en el hemisferio sur (hacia el sur en el hemisferio norte) e inclinadas en un ángulo igual a la latitud del lugar. Si los paneles se usan estacionalmente, así como muchos de los sistemas de bombeo solar que actualmente existen, entonces se puede usar un tracker para inclinar el panel en la medida que el sol se mueve en el cielo. Esto puede incrementar el volumen

de agua bombeado en un 40% en verano y en un 5% – 10% en invierno comparado con un panel fijo. Esto puede incrementar el volumen de agua bombeado en un 40% en verano y en un 5% – 10% en invierno comparado con un panel fijo. Con un sistema de tracking se puede usar una bomba más pequeña o menor área de paneles para reducir el costo total. Los trackers pueden ser activos o pasivos. El tracking funciona mejor en tiempos soleados y despejados y no debería usarse en áreas con mucho viento.

### **Bombas solares para agua**

Un sistema de bombeo alimentado por energía solar está compuesto de dos componentes básicas. La primera, son los paneles fotovoltaicos que proporcionan la potencia. Cada panel está compuesto por varias células solares las que producen corriente directa (DC) cuando se exponen a la luz. Esta corriente DC es recolectada por el cableado en el panel. Luego, es abastecida a una bomba DC que bombea agua mientras el sol brille, o almacenada en baterías para su posterior uso por las bombas. También puede usarse un convertidor de frecuencia DC/AC para usar una bomba con un motor de inducción de corriente alterna.

Los fabricantes de paneles normalmente miden el voltaje (Volts) y la corriente de salida (Amperes) de los paneles bajo condiciones de potencia peak. La potencia peak (Watts = Volts x Amperes) es la máxima potencia que se puede obtener del panel fotovoltaico con una radiación solar de 1000 W/m<sup>2</sup> y una temperatura de 25°C. Típicos voltajes y corrientes de salida para un panel de 60 W se muestran en *Tabla 2.1- 1*. La corriente DC producida por un panel fotovoltaico es mucho más sensible a la intensidad de la luz incidente en el panel que el voltaje. Gruesamente,

si la intensidad de luz se reduce a la mitad, la corriente DC también se reduce a la mitad y el voltaje se reduce muy poco.

<b>Máxima potencia</b>	<b>60 Watts</b>
<b>Máximo voltaje</b>	<b>16,9 Volts</b>
<b>Máxima corriente</b>	<b>3,55 Amps</b>

*Tabla 2.1- 1: Voltaje y corriente de salida usual para un panel 60W – 12V.*

Un panel fotovoltaico individual puede ser conectado en serie o en paralelo con otros similares para obtener el voltaje o corriente requeridos para hacer funcionar la bomba. El voltaje de salida de paneles conectados en serie es la suma de todos los voltajes producidos en cada uno de los paneles. Las bombas solares están diseñadas para usar la corriente directa (DC) proporcionada por un panel fotovoltaico o un conjunto de baterías, aunque algunas versiones más nuevas usan un motor de corriente alterna con frecuencia variable y un controlador de corriente alterna de tres fases que les permite ser alimentadas directamente por los paneles solares. Debido a que los paneles fotovoltaicos son caros y su generación de potencia puede ser variable, las bombas solares tienen que ser en lo posible muy eficientes, esto es, tienen que maximizar los litros de agua bombeados por watt o unidad de electricidad usada. También deben ser capaces de bombear durante condiciones de baja luz (baja potencia).

### **Tipos de bombas usadas en aplicaciones solares**

**Bombas centrífugas:** Usan un impulsor rotatorio que pone el agua en movimiento. Una bomba centrífuga multi-etapa tiene una serie de impulsores apilados y cámaras. Las bombas centrífugas comienzan a trabajar gradualmente y su flujo de salida se incrementa con la cantidad de corriente. Por esta razón, éstas pueden ser conectadas directamente al panel fotovoltaico sin

incluir baterías. Sin embargo, cuando es operada a baja potencia (debido a menor intensidad de luz) la cantidad de agua bombeada por las bombas centrífugas se reduce dramáticamente. Es por esto que las bombas centrífugas se usan en aplicaciones solares normalmente con tracking en los paneles.

**Bombas de desplazamiento positivo:** Traen el agua dentro de una cámara para luego forzarla hacia arriba mediante un pistón o tornillo helicoidal. Estos tipos de bombas bombean de forma más lenta la bomba centrífuga (caudales más bajos), pero tienen buen desempeño bajo condiciones de baja potencia y pueden alcanzar gran altura. Su diseño les permite mantener su capacidad de elevación durante todo el día con condiciones de velocidad cambiantes que resultan de condiciones cambiantes de luz.

**Bombas solares de tipo sumergible y superficial:** Una bomba sumergible (*Imagen 2.1- 1 derecha*) se coloca bajo el nivel de agua, por ejemplo dentro de un pozo. Una bomba de este tipo tiene la ventaja de no presentar problemas de congelamiento ni de aplicación de cebado. Una bomba superficial (*Imagen 2.1- 1 izquierda*) se monta al nivel de agua, ya sea adyacente a la fuente de agua o, en el caso de una bomba flotante, por encima del agua. Las bombas superficiales son menos caras que las bombas sumergibles pero no son aptas para succión ya que no pueden ubicarse a más de 20 pies verticales desde la fuente de agua (ya que podrían generar eventualmente problemas de cavitación). Las bombas superficiales son excelentes para empujar agua grandes distancias horizontales.

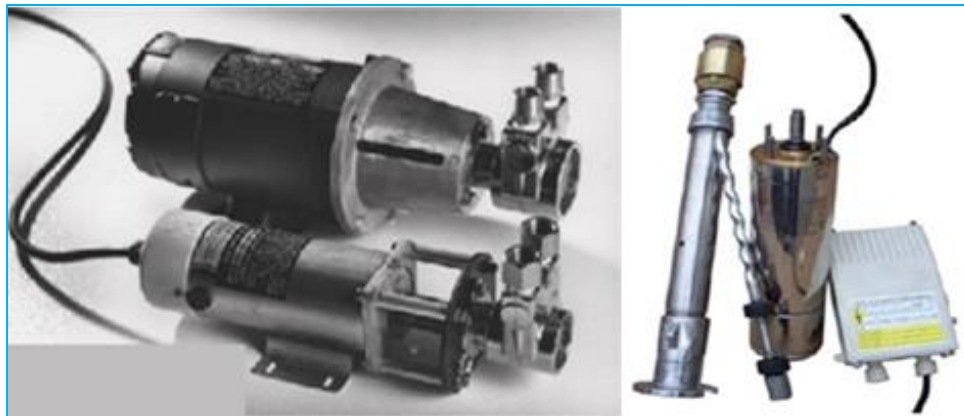


Imagen 2.1- 1: Bomba superficial (izquierda) y bomba sumergible (derecha).

Las bombas solares están disponibles en un amplio rango de tipos y tamaños. La bomba adecuada para cierta aplicación está determinada después de un cuidadoso cálculo de necesidades o demanda de agua. Las bombas solares más chicas requieren menos de 150 Watts y pueden bombear 1,5 galones por minuto (aprox. 0,1 l/s).

### **Comparación con otros tipos de bombeo**

Existen otras opciones para bombear agua en zonas remotas. Sus ventajas y desventajas están listadas en la *Tabla 2.1- 2*. Las ventajas de la energía solar para bombeo de agua que hacen de este sistema el más idóneo para dicha función son:

- Se da una excelente coincidencia entre la mayor radiación solar existente con el periodo de mayor necesidad de riego.
- Extrae el agua sin gastos energéticos y no requiere apenas mantenimiento.
- Funciona con total fiabilidad y de una forma especialmente cómoda para el usuario.
- No emite ninguna contaminación al medio.
- La duración de un panel fotovoltaico supera los 40 años de vida.



Tipo de sistema	Ventajas del sistema	Desventajas del sistema
<b>Solar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Bajo mantenimiento</li> <li>✓ No hay costo por uso de combustible</li> <li>✓ Fácil de instalar simple y confiable operación</li> <li>✓ Recurso inagotable (renovable)</li> <li>✓ Energía limpia (sin polución)</li> <li>✓ Vida útil larga (20 años)</li> <li>✓ No contaminación acústica</li> <li>✓ Capacidad de almacenamiento de energía</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Alto costo inicial*</li> <li>✓ Baja potencia de salida en tiempo nublado.</li> <li>✓ Deben tener buena exposición solar entre 9 AM y 3 PM.</li> </ul> <p>*Para el caso en estudio este costo será cubierto por una donación.</p>
<b>Diésel o gas fósil</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Costos de capital moderados</li> <li>✓ Puede ser portable</li> <li>✓ Mucha experiencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Necesita mantenimiento y reemplazo de piezas</li> <li>✓ La mantención inadecuada reduce la vida útil.</li> <li>✓ Combustible a menudo caro y de suministro</li> </ul>
<b>Molino de viento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Son de larga duración</li> <li>✓ Trabaja bien en lugares con mucho viento.(no así las bombas solares)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Necesita mantenimiento. Reparación costosa</li> <li>✓ Difícil de encontrar partes</li> <li>✓ Desventajas estacionales</li> </ul>
<b>Gravedad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Muy bajo costo</li> <li>✓ Bajo mantenimiento</li> <li>✓ No hay costo por uso de petróleo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Práctico sólo en pocos lugares</li> </ul>
<b>Ariete</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Muy bajo costo</li> <li>✓ Bajo mantenimiento</li> <li>✓ No hay costo por uso de petróleo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Requiere mover agua para su operación</li> </ul>
<b>Tracción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tiene el más bajo costo inicial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Requiere un trabajo muy intensivo</li> </ul>

Tabla 2.1- 2: Comparación entre distintos sistemas de bombeo para agua.

#### 2.1.4 Configuraciones de sistemas de bombeo alimentados por energía solar

Existen dos tipos básicos de sistemas de bombeo activados por energía solar. Estos son: acoplado con baterías y directamente acoplado. Varios factores deben considerarse para

determinar cuál de estos sistemas es el óptimo para una situación particular. El primero de ellos se basa en el almacenamiento de energía mientras el segundo se basa en el almacenamiento de agua.

### Sistema de bombeo solar acoplado con baterías

Este sistema consta de paneles fotovoltaicos, regulador de carga, baterías, controlador de bomba, interruptor de presión, tanque de presión y bomba DC (Gráfico 2.1- 3). La corriente eléctrica producida por los paneles durante las horas de sol carga las baterías, las que luego abastecen de poder a la bomba para bombear agua cuando se necesite. El uso de baterías extiende el bombeo por un largo período de tiempo, proveyendo un voltaje de operación constante al motor DC de la bomba. Por lo tanto, durante la noche y días de poca luz, el sistema puede proveer un caudal de agua constante.

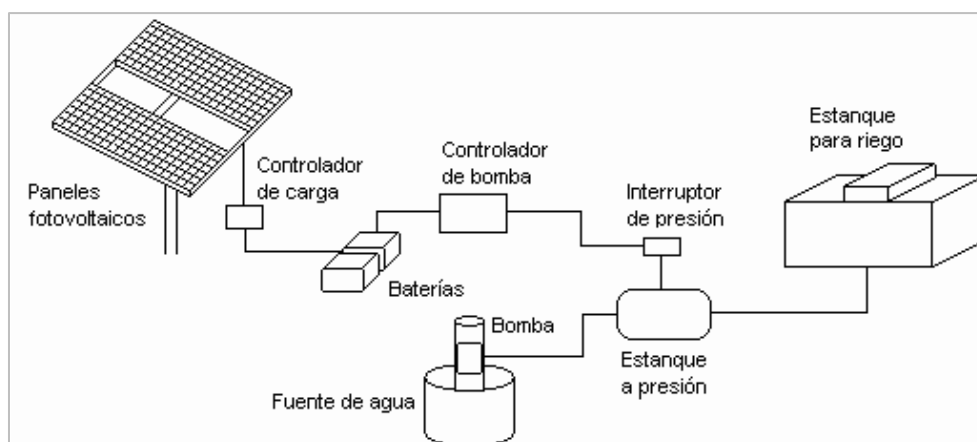


Gráfico 2.1- 3: Sistema de bombeo solar fotovoltaico acoplado con batería.

El uso de baterías tiene algunas desventajas. Primero, éstas pueden reducir la eficiencia del sistema completo debido a que el voltaje de operación es controlado por las baterías y no por los paneles. Dependiendo de su temperatura y de cuan bien están cargadas, el voltaje abastecido por las baterías puede ser de uno a cuatro Volts menor que el voltaje producido por los paneles

durante condiciones de máxima luz solar lo cual se traduce en menor energía proporcionada. Esta eficiencia reducida puede ser minimizada con el uso de un apropiado controlador de bomba que impulsa el voltaje de la batería a la bomba.

### **Componentes típicos de un sistema de bombeo solar acoplado con batería**

**Controlador de bomba:** La función primaria de este dispositivo es impulsar el voltaje que entrega el banco de baterías para ajustar el voltaje de entrada que necesita la bomba. Sin un controlador de bomba, el voltaje de operación de los paneles fotovoltaicos es controlado por el banco de baterías, el cual es menor al voltaje que se alcanza cuando se opera la bomba acoplada directamente con los paneles.

**Regulador de carga:** Los paneles solares que se conectan directamente con las baterías pueden producir niveles de voltaje que pueden sobrecargar las baterías. Un regulador de carga debe instalarse entre los paneles y las baterías para prevenir el exceso de carga de estas últimas. Los reguladores de carga permiten que la corriente producida por los paneles fluya en su totalidad a las baterías hasta que éstas alcancen cierto umbral de carga. Una vez alcanzado este umbral, el regulador de carga se activa disminuyendo la corriente y enviándola en pequeñas cantidades hasta que la batería quede completamente cargada.

**Baterías:** Las baterías más comunes usadas en sistemas fotovoltaicos son las baterías de plomo-ácido. Éstas son recargables, fáciles de mantener, relativamente baratas, disponibles en varios tamaños y la mayoría resiste descargas diarias de hasta un 80% su capacidad nominal. Un nuevo tipo de baterías de plomo-ácido usa un tipo de gel especial que contiene un aditivo que convierte

el electrolito en un gel no derramable. Dado que vienen selladas, estas baterías pueden ser montadas de lado o incluso boca abajo si es necesario. Otro tipo de batería que puede ser usada en los sistemas fotovoltaicos es la batería con cátodos de níquel cadmio (Ni-Cd). Su costo inicial es mucho más alto que las de plomo-ácido, pero para algunas aplicaciones el costo del ciclo de vida puede ser menor. Algunas ventajas de estas baterías incluyen su larga duración, poco mantenimiento, y su capacidad para resistir condiciones extremas. Además, la batería Ni-Cd es más tolerante a la descarga.

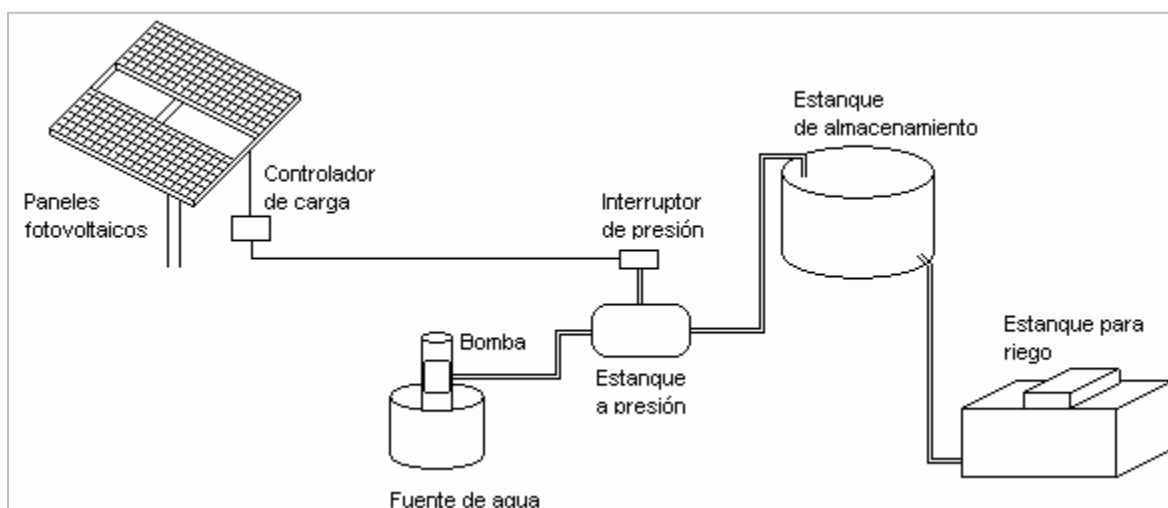
### **Sistema de bombeo solar con acoplamiento directo**

En estos sistemas, la corriente generada en los paneles fotovoltaicos es enviada directamente a la bomba (*Gráfico 2.1- 4*). Este sistema está diseñado para bombear agua sólo durante el día. La cantidad de agua bombeada depende directamente de la cantidad de luz solar incidente en los paneles y el tipo de bomba. Debido a que la intensidad de luz y el ángulo en el cual incide en los paneles cambian durante el día, la cantidad de agua bombeada también cambia durante el día. Por ejemplo, durante periodos de óptima luz solar (desde las últimas horas de la mañana hasta las primeras horas de la tarde en días soleados y radiantes) la bomba opera cercana o en su 100% de eficiencia con un caudal máximo de agua. Sin embargo, durante las primeras horas de la mañana y las últimas horas de la tarde, la eficiencia de la bomba puede disminuir en un 25% o más bajo esas condiciones de baja luz. Durante días nublados, la eficiencia de la bomba disminuirá aún más. Para compensar estas variables se requerirá tomar en cuenta un buen diseño.

Los sistemas de bombeo solar con acoplamiento directo se diseñan para almacenar agua extra en días soleados de manera que quede disponible para los días nublados y en la noche. El

agua es almacenada en un estanque de regadío más grande de lo que se requiere o en un estanque de almacenamiento separado que luego alimenta por gravedad a los estanques de regadío más pequeños (*Gráfico 2.1- 4*). Un dispositivo flotante apaga la bomba cuando el estanque de almacenamiento está lleno y la prende cuando el estanque ha disminuido su nivel de agua por debajo de un umbral crítico. La capacidad de almacenamiento de agua es importante en este sistema de bombeo. Se requiere una capacidad de almacenamiento de dos a cinco días, dependiendo del clima y el uso que se le da al agua.

La gran ventaja de este sistema es que es más simple y barato que un sistema de bombeo acoplado con baterías. Algunas desventajas de este sistema es que puede haber considerables pérdidas por evaporación si el agua es almacenada en estanques abiertos, además que el agua almacenada en el estanque puede congelarse en climas muy fríos.



*Gráfico 2.1- 4: Sistema de bombeo solar con acoplamiento directo.*

### **Componentes típicos de un sistema de bombeo solar acoplado con batería**

**Controladores de poder o de bomba:** La eficiencia de un sistema de bombeo acoplado directamente es sensible al enlace entre la bomba y el sistema fotovoltaico. Los paneles

fotovoltaicos producen un voltaje más o menos constante mientras la intensidad de la luz cambia durante el día; sin embargo, el amperaje cambia dramáticamente con la intensidad de la luz. Durante momentos de baja luz, el panel puede producir 30 Volts a 1 Ampere. El motor de la bomba necesita corriente para partir; sin embargo puede correr a un voltaje menor. Un controlador de poder intercambia voltaje por corriente, lo que le permite a la bomba partir y correr en periodos de baja intensidad de luz. Un controlador puede incrementar la cantidad de agua bombeada de un 10% a un 15%.

### **2.1.5 Sistemas solares en El Salvador**

#### **Ubicación Geográfica y Clima de El Salvador**

El Centro Nacional de Registro detalla que la República de El Salvador está localizada en la parte noroeste de Centroamérica, limita al norte y este con Honduras, en el extremo sureste con el golfo de Fonseca, al sur con el océano pacífico, y al oeste y noroeste con Guatemala. Geográficamente está ubicado entre las siguientes coordenadas:

**Latitud 13° 9' N / 14° 26' N**

**Longitud 87° 43' O / 90° 08' O**

El Salvador es el país más pequeño y más densamente poblado de Centroamérica, tiene su meridiano estándar en 89° O. Su superficie es de 21,041 Km. El país está formado por una meseta central recortada por valles fluviales, entre los que destaca el valle del río Lempa, su cauce fluvial de mayor longitud. Esta meseta está flanqueada por dos cadenas montañosas de origen volcánico: La primera corre paralela al océano pacífico y la segunda constituye la frontera con Honduras. Posee una estrecha llanura costera en el pacífico de menos de 24 Km de anchura. En el extremo norte se localizan altas y escarpadas montañas. La meseta central tiene una altitud

promedio de 600 m. El punto más alto del país es el volcán Santa Ana, con 2,385 sndm., situado en la cadena costera.

Desde el punto de vista climatológico, El Salvador se encuentra situado en la parte exterior del Cinturón Climático de los Trópicos, caracterizado por tener unas propiedades térmicas casi constantes durante todo el año y dos estaciones muy marcadas, una lluviosa y otra seca. Las precipitaciones se concentran casi exclusivamente durante la estación lluviosa, si bien, dentro de ella pueden aparecer grandes oscilaciones. Sus valores máximos suelen darse unas semanas después del paso del sol por su cenit.

La estación seca se presenta durante el semestre invernal que comprende los meses de noviembre a abril, presentándose las máximas temperaturas al final de la misma, en el mes de abril, antes del comienzo de la estación lluviosa. Otra característica del clima en este país son los Alisios, vientos predominantes de rumbo aproximando NE y los Nortes, que transportan aire frío procedente del Ártico hacia los trópicos. Se puede observar, también, un buen desarrollo del sistema que lleva aire del mar hacia tierra y sus zonas inmediatas. El viento se genera por el calentamiento desigual de la superficie de la tierra realizado por el Sol.

Con los datos obtenidos a lo largo de más de cincuenta años, se han establecido fechas promedio para el comienzo y el final de las dos estaciones, así como para los intervalos de transición que hay entre ellas <sup>6</sup> (*Tabla 2.2- 1*).

---

<sup>6</sup> *Caracterización de los riesgos geológicos y dimensionamiento de los recursos hidroeléctricos de Nejapa realizado por Geólogos del Mundo y la UCA en agosto 2003.*

Época del año	Principio	Final	Días
Estación seca	14 de noviembre	19 de abril	157
Transición seca – lluviosa	20 de abril	20 de mayo	31
Estación lluviosa	21 de mayo	16 de octubre	149
Transición lluviosa – seca	17 de octubre	13 de noviembre	28

Tabla 2.2- 1: Estaciones climáticas en El Salvador.

### Antecedentes de proyectos solares en El Salvador

El principal antecedente de determinación del potencial solar en el país lo constituye el proyecto de Solarimetría ejecutado por el departamento de Física, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador (UES). Este proyecto, financiado por la Organización de Estados Americanos (OEA), fue ejecutado de septiembre de 1986 a enero de 1987 y sus resultados fueron publicados en septiembre de 1989.

También la UCA ha realizado instalaciones fotovoltaicas en el área rural (4 en total) y en el campus (principalmente con fines de investigación). Destacan en este esfuerzo el proyecto fotovoltaico de El Alto (financiado por Solidaridad Internacional), que consistió en la electrificación de 27 casas, 1 escuela y 1 iglesia a través de energía solar y el proyecto edificio Martín-Baró ((financiado por UCA) que cubre el 30% de la carga de iluminación del edificio.

Según el Centro Nacional de Energía (CNE) existen muchos sistemas instalados en El Salvador que aprovechan el recurso solar (Tabla 2.2- 2). La mayoría de estos son sistemas fotovoltaicos aislados con banco de baterías, los cuales son usados como Sistemas Solares Domésticos. Hay un número limitado de sistemas Fotovoltaicos conectados a la red que son utilizados para autoconsumo, de los cuales la mayoría de ellos están instalados en edificios gubernamentales, escuelas y universidades. El sistema fotovoltaico más grande es de 99 kW.



Sistemas fotovoltaicos conectados a la red de El Salvador		
Aplicación	Ubicación	Capacidad
		(kW)
Sitio recreativo	Lago Coatepeque, Sta. Ana	1.63
Escuela Alemana	San Salvador	20
Granja ecológica Santo Domingo	Sto. Tomás, San Salvador	2.48
Oficinas administrativas de CEL	San Salvador	24.57
Oficinas administrativas de FUNDE	San Salvador	2.17
Oficinas administrativas de SEESA	San Salvador	2.17
Residencia privada	San José Villanueva, La Libertad	2.02
Universidad de El Salvador	San Salvador	2.2
Supertienda San Carlos	San Rafael Cedros	6
Universidad Politécnica	San Salvador	0.7
Campamento base de EE. UU.	La Paz	91.0 + 9.0
Bodegas de DIZASA	Santa Tecla	84
Oficinas de la Asamblea Legislativa	San Salvador	7.92
Planta UNITAPE	Ateos	90
<b>TOTAL</b>		<b>344.86</b>
Hotel Intercontinental (Cogeneración solar: calor y electricidad)	San Salvador	108 kW <sub>th</sub> +21 kW

Tabla 2.2- 2: Sistemas fotovoltaicos conectados a la red en El Salvador.

En nuestro país existen empresas dedicadas al campo de la energía alternativa entre ellas están Tecno Solar e Ingeniería Solar.

TECNOSOLAR es una empresa salvadoreña, dedicada exclusivamente a desarrollar proyectos de Energía Alternativa, especialmente la solar fotovoltaica y la solar térmica trabajando en este rubro desde 1992, entre proyectos que involucran el bombeo de agua se encuentran:

- 1 sistema solar de bombeo para la comunidad de Cuevitas en Chalatenango, financiado por FONAES

- 1 sistema solar de purificación de agua en la comunidad Casa Blanca, en Lourdes Colón, financiado por Internacional Center.
- 1 sistema solar de bombeo para unidad de salud en San Vicente, financiado por ANDA.
- 2 sistema solares de bombeo para regadío en Coatepeque, Santa Ana, financiado privadamente.
- 10 sistemas solares de bombeo para la comunidad ADESCOLAB en La Barra Metapán, financiado por PNUD y AEA.
- 1 sistema solar de bombeo para comunidades en San Vicente, financiado por CRUZ ROJA ESPAÑOLA.
- 1 sistema solar de bombeo para comunidades en Metalío, financiado por AEA
- 1 sistema solar de bombeo para el mejoramiento del sistema de agua potable en escuelas rurales en Morazán.

INGENIERÍA SOLAR, ubicada en Oficinas Centrales Calle Madrid 599, Colonia La Providencia, San Salvador es una empresa dedicada a la generación de energía eléctrica por medios renovables y entre los proyectos que ha llevado a cabo en el campo del bombeo de agua están:

Sistemas Fotovoltaicos de Bombeo de agua:

- Caserío La Guacamayera, Cantón Bobadilla, San Alejo, La Unión.
- Reactivación de sistema, Santa Cruz Paraíso, Tecoluca, San Vicente.
- Hacienda Ayutica # 3, Ayutica, Santa Ana.

# **CAPÍTULO III**

## **ESTUDIO DIAGNÓSTICO**

### 3.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO DIAGNÓSTICO<sup>7</sup>

#### *General*

- Elaborar un diagnóstico de la situación actual en la zona de estudio, ubicada en caserío “El Tesoro”, cantón San Cristóbal, del municipio de El Porvenir, departamento de Santa Ana.

#### *Específicos*

- Describir las características de la zona de cultivo en estudio y comunidad aledaña.
- Describir los recursos naturales, materiales y humanos, con los que cuenta la zona de estudio actualmente.

---

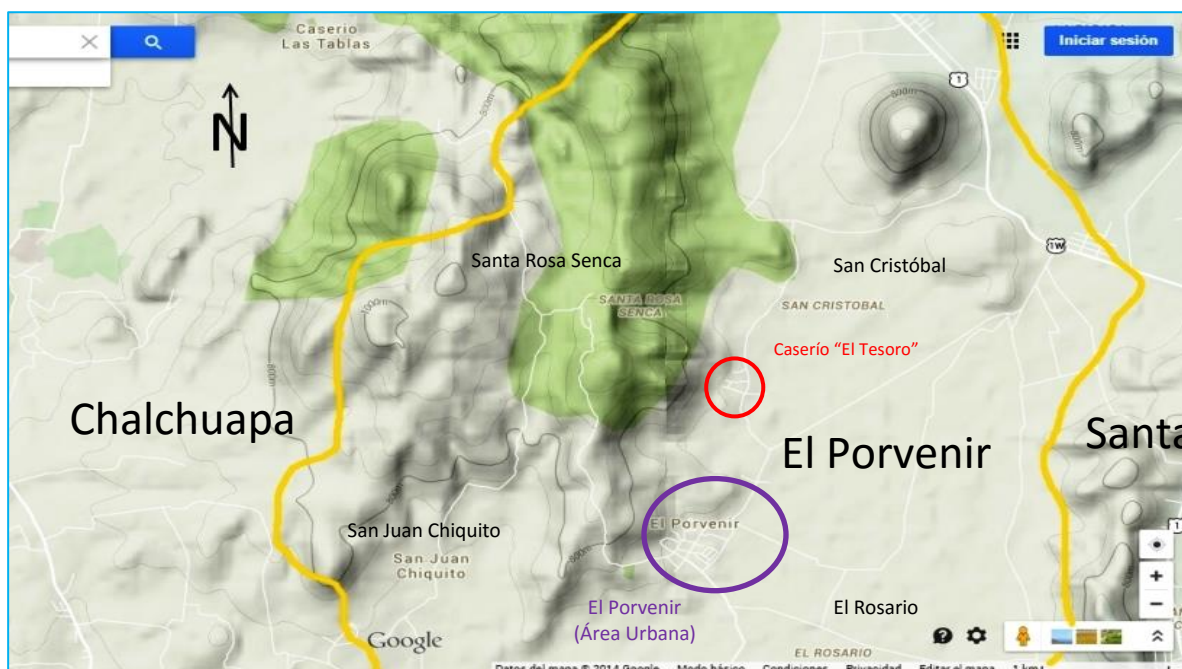
<sup>7</sup> Debido al pequeño tamaño del municipio de El Porvenir, sus características son las mismas a lo largo y ancho, por lo que este diagnóstico es general, no obstante, el área de interés se ubica dentro del caserío El Tesoro.

## 3.2 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA ZONA EN ESTUDIO<sup>8</sup>

### 3.2.1 Características de la comunidad

#### Geografía

**Localización:** El Porvenir es un municipio del departamento de Santa Ana, está limitado al Norte por Candelaria de La Frontera, al Este por Santa Ana; al Sur por Chalchuapa y San Sebastián Salitrillo y al Oeste por Chalchuapa<sup>9</sup>. El caserío “El Tesoro” se localiza al norte del municipio, en el cantón San Cristóbal (*Mapa 3.2- 1 en color rojo*).



Mapa 3.2- 1: Topografía, elevación y límites geográficos del municipio de El Porvenir.

<sup>8</sup> Se abarca todo el municipio y el área específica del caserío El Tesoro.

<sup>9</sup> Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN): [www.marn.gob.sv](http://www.marn.gob.sv)

Wikipedia: [http://es.wikipedia.org/wiki/El\\_Porvenir\\_\(El\\_Salvador\)](http://es.wikipedia.org/wiki/El_Porvenir_(El_Salvador))

<http://www.mipueblosugente.com/apps/blog/show/31962907-el-porvenir-santa-ana>

Aspectos Generales del Departamento de Santa Ana y sus Municipios. Universidad Francisco Gavidia.

[http://es.wikipedia.org/wiki/Santa\\_Ana\\_%28El\\_Salvador%29](http://es.wikipedia.org/wiki/Santa_Ana_%28El_Salvador%29)

**Topografía:** El Porvenir, situado, a 10.2 km. al Oeste de la ciudad de Santa Ana en una extensa planicie, a 750 m. en promedio sobre nivel del mar. Sus dimensiones son: Área rural: 51.39 km<sup>2</sup>, área urbana (*Mapa 3.2- 1 contorno color morado*): 0.13 km<sup>2</sup> (MARN)<sup>10</sup>. El caserío “El Tesoro” forma parte de la planicie centro-oriente del municipio (*Mapa 3.2- 1 líneas rojas*). Aproximadamente un 80% de su territorio está dedicado a actividades agrícolas (41.22 km<sup>2</sup>).

**Geología y Orografía:** El Porvenir se caracteriza por poseer un suelo franco-arcilloso, es suelo de elevada productividad agrícola, en virtud de su textura relativamente suelta (propiciada por la arena), fertilidad (aportada por los limos), adecuada retención de humedad (favorecida por la arcilla). La composición del suelo es la misma para todo el municipio por lo tanto también lo es para el caserío “El Tesoro”. El municipio está rodeado de seis cerros, los cuales son: Cerro El Tablón, Cerro Singüil, Cerro Santa Rosa Senca siendo éste el más cercano al caserío “El Tesoro”, Cerro la India, Cerro plan de la Zanja, Cerro Talchipagua<sup>11</sup>.

**Hidrografía:** Entre sus ríos están, río El Singüil, río Las 3 Ceibas, río El Brujo, río La Ayutica; además posee vertientes y lagunas que sirven para el cultivo de tilapias. Existen al menos dos lagunas artificiales con producción pecuaria, además el municipio al igual que el caserío “El Tesoro” posee un acuífero subterráneo<sup>12</sup> a una profundidad media entre los 1.5 m. y los 3.0 m.<sup>13</sup>

<sup>10</sup> Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN): [www.marn.gob.sv](http://www.marn.gob.sv)

Wikipedia: [http://es.wikipedia.org/wiki/El\\_Porvenir\\_\(El\\_Salvador\)](http://es.wikipedia.org/wiki/El_Porvenir_(El_Salvador))

<http://www.mipueblosugente.com/apps/blog/show/31962907-el-porvenir-santa-ana>

Aspectos Generales del Departamento de Santa Ana y sus Municipios. Universidad Francisco Gavidia.

Wikipedia: [es.wikipedia.org/wiki/Santa\\_Ana\\_%28El\\_Salvador%29](http://es.wikipedia.org/wiki/Santa_Ana_%28El_Salvador%29)

<sup>11</sup> <http://www.mipueblosugente.com/apps/blog/show/31962907-el-porvenir-santa-ana>

[http://www.mag.gob.sv/index.php?option=com\\_content&view=section&id=7&Itemid=56](http://www.mag.gob.sv/index.php?option=com_content&view=section&id=7&Itemid=56)

<sup>12</sup> Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales: [www.marn.gob.sv](http://www.marn.gob.sv)

Alcaldía Municipal de El Porvenir (Oficina de Catastro de Inmuebles)

Ministerio de Agricultura y ganadería: Estudio de Suelos Realizado en la Zona.

<http://www.mipueblosugente.com/apps/blog/show/31962907-el-porvenir-santa-ana>

Aspectos Generales del Departamento de Santa Ana y sus Municipios. Universidad Francisco Gavidia.

<sup>13</sup> Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN): [www.marn.gob.sv](http://www.marn.gob.sv) y Alcaldía Municipal de El Porvenir.

**Zonas en riesgo de inundación:** Según la municipalidad, no existe un mapa elaborado de zonas de riesgos, lo único que se sabe empíricamente, es que el acceso principal se ve afectado cuando un río se desborda e impide el paso desde y hacia el pueblo, referente al caserío “El Tesoro” y las zonas agrícolas, existe una inundación periódica y normal en época lluviosa, la cual es aprovechada para el cultivo de arroz.

### **Clima**<sup>14</sup>

El pueblo y municipio de El Porvenir, están ubicados en los trópicos y están localizados en la zona climática de Sabana Tropical caliente o tierra caliente (según la Clasificación climática de Köppen). Por lo tanto cuenta con un clima cálido semi-húmedo que presentan dos estaciones claramente diferenciadas, las cuales son: la estación seca (de noviembre a mayo) y la estación lluviosa (de mayo a noviembre). La precipitación pluvial anual oscila entre 1400 y 2000 mm. El municipio de El Porvenir, cuenta con una temperatura media anual 24°C y con una temperatura que oscila alrededor de los 17 °C como mínima y 34 °C como máxima. Aunque en ocasiones las temperaturas máximas suelen rebasar los 35 °C. Además cuenta con una humedad relativa anual de entre 70% y 75%. Vientos generalmente sur-oeste con velocidad anual de 7.8 km/h, el municipio se ve afectado por la temporada de huracanes del Atlántico norte lo que genera desborde de ríos.

### **Demografía**<sup>15</sup>

La población estimada del municipio, se evidencia en la *Tabla 3.2- 1*. El nivel de escolaridad de la población es en su mayoría hasta sexto grado. De séptimo a noveno grado, así como

---

<sup>14</sup> Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN): [www.marn.gob.sv](http://www.marn.gob.sv)  
[Wikipedia:es.wikipedia.org/wiki/Santa\\_Ana\\_%28El\\_Salvador%29](http://Wikipedia:es.wikipedia.org/wiki/Santa_Ana_%28El_Salvador%29)

<sup>15</sup> UCSFI El Porvenir, 2014.

bachillerato, generalmente es cursado fuera del municipio (mayormente en Chalchuapa). En el caserío “El Tesoro” habitan alrededor de 20 familias, en su mayoría dedicados a labores agrícolas y con nivel medio de escolaridad de sexto grado.

EDAD	TOTAL			URBANA			RURAL		
	TOTAL	MASCULINA	FEMENINA	TOTAL	MASCULINA	FEMENINA	TOTAL	MASCULINA	FEMENINA
<b>TOTAL</b>	<b>2,056</b>	<b>981</b>	<b>1,075</b>	<b>1,829</b>	<b>869</b>	<b>960</b>	<b>227</b>	<b>112</b>	<b>115</b>
0 --- 4	164	83	81	151	64	87	13	8	5
5 --- 9	177	73	104	164	67	97	13	6	7
10 – 14	201	116	107	194	100	94	29	16	13
15 – 19	228	114	114	207	104	103	21	10	11
20 – 24	202	99	103	177	90	87	25	9	16
25 – 29	143	68	75	136	65	71	7	3	4
30 – 34	162	69	93	146	64	82	16	5	11
35 – 39	160	84	76	144	77	67	16	7	9
40 – 44	135	66	69	115	54	61	20	12	8
45 – 49	105	56	49	89	46	43	16	10	6
50 – 54	87	32	55	80	29	51	7	3	4
55 – 59	66	20	46	58	19	39	8	1	7
60 – 64	50	29	21	45	25	20	5	4	1
65 – 69	53	27	26	42	22	20	11	5	6
70 – 74	33	20	13	26	13	13	7	7	0
75 – 79	32	18	14	24	16	8	8	2	6
80 – 84	29	10	19	17	7	10	3	3	0
85 – 89	9	6	3	9	6	3	0	0	0
90 – 94	3	1	2	3	1	2	2	1	1
95 y más	2	0	2	2	0	2	0	0	0

Tabla 3.2- 1: Datos demográficos del municipio de El Porvenir.

## Administración y política

El Porvenir fue fundado como aldea el 26 de octubre de 1,858 siendo jurisdicción del municipio de Chalchuapa. El 7 de agosto de 1,885 se le dio el título de pueblo y se erigió el municipio<sup>16</sup>.

<sup>16</sup> Wikipedia: es.wikipedia.org/wiki/El\_Porvenir\_(El\_Salvador).



**Gobierno Municipal:** El gobierno municipal (al igual que todos los demás municipios) es autónomo en lo económico, técnico y en lo administrativo; asimismo, es regido por un Código Municipal. El Alcalde Municipal es Jorge Sigfredo Ramos Macal del Partido de Concertación Nacional<sup>17</sup>.

**Administración y prestación de servicios:** El Porvenir se divide en cuatro cantones y el área urbana<sup>18</sup>, los cantones son: El Rosario, San Juan Chiquito, San Cristóbal y Santa Rosa Senca (*Mapa 3.2- 2*)<sup>19</sup>. La municipalidad posee algunas oficinas para la población, tales como catastro, desarrollo comunal, oficina tributaria, etc. Todas ellas centralizadas en un único edificio sobre el acceso principal al pueblo a escasos metros del parque central.



*Imagen 3.2- 1: Panorámica del parque central del municipio, al fondo Juzgado de Paz.*

<sup>17</sup> <http://www.comures.org.sv/html/agremiados/listado.html>

Tribunal Supremo Electoral: [www.tse.gob.sv/resultados2015/concejos/mun030.html](http://www.tse.gob.sv/resultados2015/concejos/mun030.html)

<sup>18</sup> ISDEM Instituto Salvadoreño de Desarrollo Municipal

[www.isdem.gob.sv/index.php?option=com\\_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=14&sobi2Id=19&Itemid=137](http://www.isdem.gob.sv/index.php?option=com_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=14&sobi2Id=19&Itemid=137)

Alcaldía Municipal de El Porvenir.

<http://www.mipueblosugente.com/apps/blog/show/31962907-el-porvenir-santa-ana> (Publicado el 12 de agosto de 2013 a las 16:45)

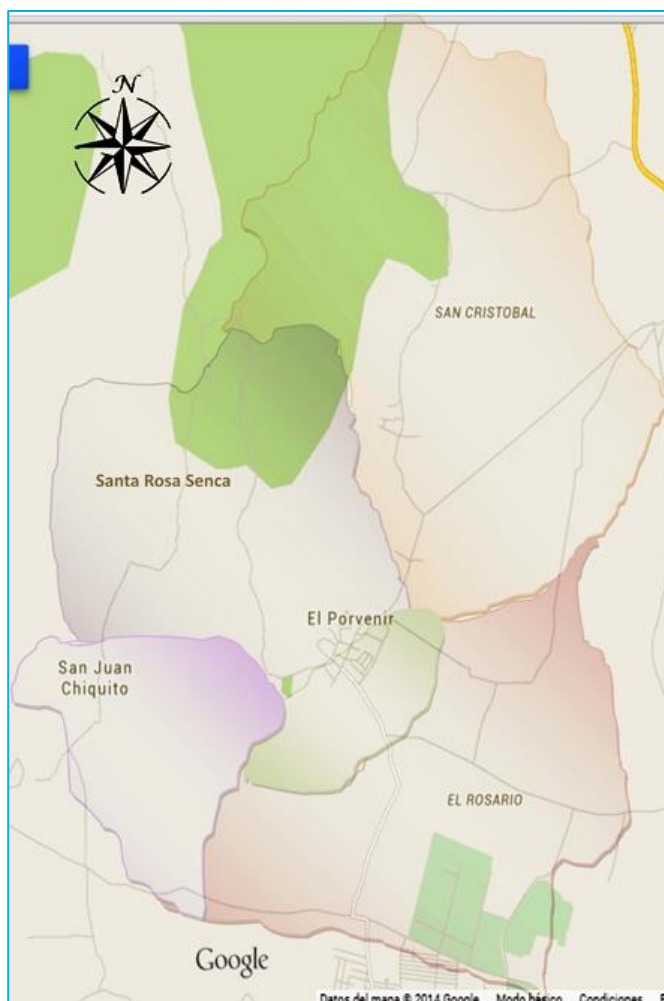
Documento: Aspectos Generales del Departamento de Santa Ana y sus Municipios. Universidad Francisco Gavidia

FISDL: [www.fisdg.gob.sv](http://www.fisdg.gob.sv)

Guerrero Claudia, Mercado Noemy y Sánchez Iris, Tesis: Plan de Desarrollo Turístico Sustentable para el Departamento de Santa Ana, Universidad de El Salvador, 2011.

<sup>19</sup> Alcaldía Municipal de El Porvenir, Oficina de Catastro.

**Seguridad, defensa y justicia**<sup>20</sup>: La seguridad es responsabilidad de la PNC, no existe policía municipal. La defensa está a cargo de la 2ª Brigada de Infantería, la cual no posee sede en el municipio. Justicia, solo existe un juzgado de Paz (*Imagen 3.2- 1*).



Mapa 3.2- 2: División administrativa de El Porvenir.

## Economía

**Sector primario:** La economía del municipio y el caserío “El Tesoro” se ve dinamizada mayormente por la agricultura y la ganadería, también existe aunque muy pequeña, acuicultura, sobre todo de tilapias en un par de lagunas artificiales<sup>21</sup>.

**Sector secundario:** No existe ningún tipo de industrias en el municipio, ni en el caserío “El Tesoro”<sup>22</sup>.

**Sector terciario:** A excepción de pequeños negocios de abarrotes, una caja de crédito (cooperativa) y algunos

comedores, no existe un mercado desarrollo en materia de prestación de servicios, la mayoría son prestados en la cercana localidad de Chalchuapa<sup>23</sup>.

<sup>20</sup> ISDEM Instituto Salvadoreño de Desarrollo Municipal: [www.isdem.gob.sv](http://www.isdem.gob.sv)  
Ministerio de Justicia y Seguridad Pública: [www.seguridad.gob.sv](http://www.seguridad.gob.sv)  
Corte Suprema de Justicia: [www.csj.gob.sv](http://www.csj.gob.sv)

<sup>21</sup> Alcaldía Municipal de El Porvenir, Oficina de Catastro.

<sup>22</sup> Alcaldía Municipal de El Porvenir, Oficina de Catastro.

<sup>23</sup> Alcaldía Municipal de El Porvenir, Oficina de Catastro.

## Transporte

Existe un regular servicio de transporte público de pasajeros, dos rutas de buses y una de microbuses<sup>24</sup> las cuales recorren desde Chalchuapa, hasta la zona urbana (bus) y el caserío “El Tesoro” (microbús), además de los popularmente conocidos “picacheros”<sup>25</sup> que prestan servicio de transporte público de pasajeros y de carga liviana. En materia de transporte de carga media y pesada, corre por cuenta de “camioneros”<sup>26</sup>, mayormente de municipios cercanos.

## Bienestar social

**Educación**<sup>27</sup>: Cuenta con siete escuelas de educación básica de primero a noveno grado, un Complejo Educativo de primer grado hasta segundo año de bachillerato general (*Tabla 3.2- 2*) y una casa de la cultura; además de un grupo de alcohólicos anónimos. El caserío el tesoro no posee escuela.

Entidad	Nombre Centro Escolar	Zona	Cantón	Caserío
10289	CENTRO ESCOLAR CASERÍO EL CERRÓN, CANTÓN SAN CRISTÓBAL	Rural	SAN CRISTÓBAL	EL CERRÓN
10291	COMPLEJO EDUCATIVO PADRE VICENTE AGUILAR	Urbano	NA	—
10292	CENTRO ESCOLAR CANTÓN SAN JUAN CHIQUITO	Rural	SAN JUAN CHIQUITO	—
10293	CENTRO ESCOLAR CANTÓN LA ARENERA	Rural	LA ARENERA	—
10294	CENTRO ESCOLAR CANTÓN SANTA ROSA SENCA	Rural	SANTA ROSA SENCA	—
60198	CENTRO ESCOLAR CANTÓN SAN CRISTÓBAL	Rural	SAN CRISTÓBAL	—
62017	CENTRO ESCOLAR CANTÓN EL ROSARIO	Rural	EL ROSARIO	—

Tabla 3.2- 2: Escuelas públicas del municipio de El Porvenir.

<sup>24</sup> Alcaldía Municipal de El Porvenir, pobladores de “El Tesoro”.

<sup>25</sup> Alcaldía Municipal de El Porvenir, pobladores de “El Tesoro”.

<sup>26</sup> Alcaldía Municipal de El Porvenir, pobladores de “El Tesoro”.

<sup>27</sup> Fuente: Alcaldía Municipal de El Porvenir. Ministerio de Educación, Gerencia de Monitoreo, Evaluación y Estadística. Base Oficial de Centros Escolares que Reportaron Censo Inicial 2011:

<http://www.mined.gov.sv/index.php/directorio-de-centros-educativos.html#>

**Salud<sup>28</sup>**: Una unidad de salud Ecos-Familiares en la zona urbana (UCSFI El Porvenir). El municipio también es atendido por otras unidades de salud que son compartidas con comunidades vecinas, tal es el caso de la UCSF El Cerrón, UCSF San Juan Chiquito y UCSF Amate Blanco.

### **Abastecimiento de servicios públicos**

Entre los servicios básicos, cuenta con agua potable (mayormente en la zona urbana), energía y luz eléctrica en la zona urbana y parte de la zona rural, telefonía residencial y móvil, internet de banda ancha, cable-tv, cable-tv digital, fosa séptica (en ausencia del servicio de aguas negras), cementerio municipal, entre otros. El caserío “Es Tesoro” posee servicios antes mencionados, aunque aquellos como internet, telefonía residencial, cable-tv y cable-tv digital no lo poseen todas las familias<sup>29</sup>.

**Energía<sup>30</sup>**: El suministro eléctrico es prestado principalmente por la empresa AES – CLESA, mientras que el transporte corresponde a la Empresa Transmisora de El Salvador. La energía eléctrica consumida es producida principalmente en las Centrales Hidroeléctricas de Guajoyo y Cerrón Grande los cuales son administrados por la Comisión Ejecutiva del Río Lempa (CEL), estos datos corresponden a todo el municipio y por lo tanto también a la zona en estudio.

**Gas natural y derivados del petróleo<sup>31</sup>**: Es distribuido principalmente por la empresa privada Tropigas. Mientras que el Gas licuado de Petróleo con petróleo es distribuido principalmente por las empresas Tropigas y Zeta Gas, para todo el municipio y zona en estudio. Los derivados del

---

<sup>28</sup> Director de UCSFI El Porvenir, Noviembre de 2014.

<sup>29</sup> Director de UCSFI El Porvenir, Noviembre de 2014.

<sup>30</sup> Alcaldía Municipal de El Porvenir.

<sup>31</sup> Alcaldía Municipal de El Porvenir.

petróleo que se consumen en el municipio (tales como la gasolina y el diésel) se compra en Chalchuapa y proceden principalmente de la refinería RASA y Planta almacenadora propiedad de ALBA Petróleos de El Salvador.

**Agua Potable:** El suministro de agua potable al igual que los servicios de acueductos y alcantarillado en el municipio, son administrados por Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillado (ANDA)<sup>32</sup>. El caserío “El Tesoro” posee servicio de agua potable, pero durante la investigación no se logró determinar la existencia de servicio de alcantarillado.

## Urbanismo

**Espacios públicos**<sup>33</sup>: Dos parques y seis canchas deportivas.

**Infraestructura vial**<sup>34</sup>: La ruta principal de acceso está completamente pavimentada desde la carretera Santa Ana-Ahuachapán hasta el centro del municipio, el resto de calles y avenidas son adoquinadas, empedradas o empedradas-fraguadas, en las zonas rurales los caminos son de tierra aunque éstos están en regular estado. En el caserío “El Tesoro” los accesos son de tierra, aunque en regular estado, debido a que se erosionan en época de lluvias, algunos de ellos también retienen agua al formarse en ellos charcos, durante la época de verano, son perfectamente transitables, aunque con una leve capa de polvo y gravilla suelta.

## Religión<sup>35</sup>

Existen tres iglesias católicas, siendo la principal la Iglesia de Santa Bárbara, cuyas fiestas patronales se celebran del 1 al 4 de diciembre; además hay diez iglesias evangélicas.

---

<sup>32</sup> Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) web y Alcaldía Municipal de El Porvenir.

<sup>33</sup> Alcaldía Municipal de El Porvenir.

<sup>34</sup> Alcaldía Municipal de El Porvenir.

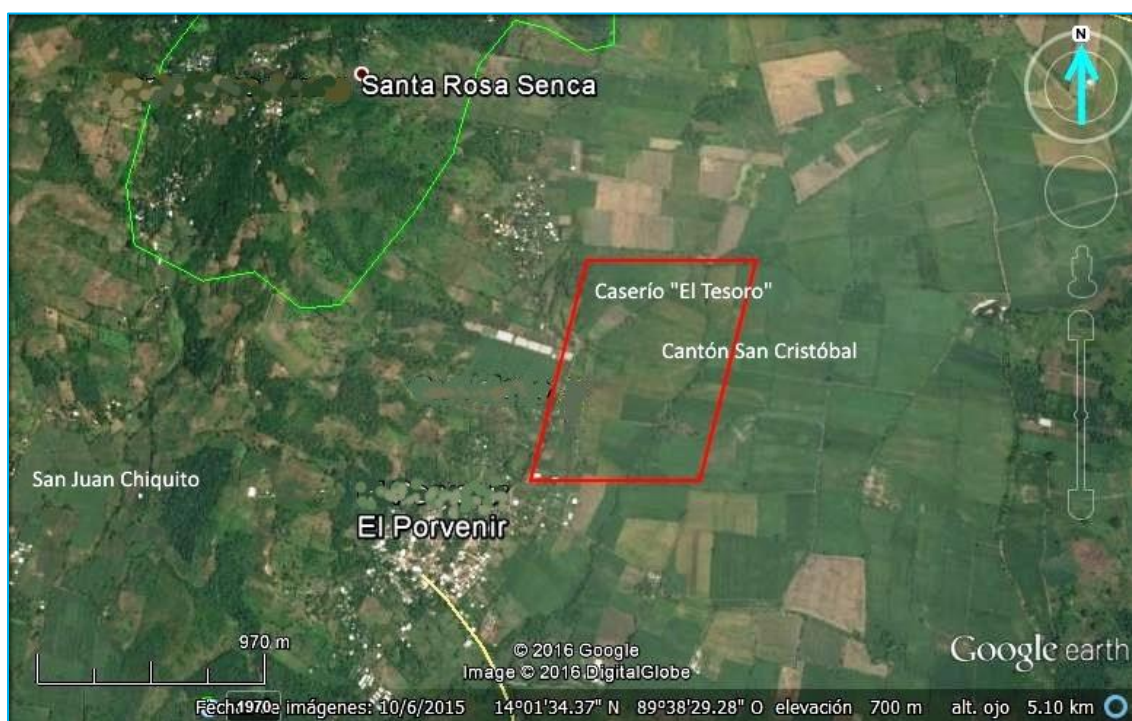
<sup>35</sup> <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=911918>

### 3.2.2 Características de la zona de cultivo (planicie)

#### Geografía de la zona de cultivo

La zona de cultivos se encuentra fuera de la zona urbana al norte-oeste del municipio de El Porvenir, en la zona correspondiente al caserío “El Tesoro”. El territorio está ubicado en una semi-planicie limitada por cerros y consta de recursos necesarios para desarrollar la actividad agrícola, las vías de acceso a las zonas de cultivo son sendas o calles de tierra.

La distribución de las propiedades de los terrenos no es homogénea, ya que no todos los agricultores tienen la misma cantidad de tierra, ni la utilizan para la siembra de los mismos productos agrícolas, por lo que el tipo de cultivo puede variar de un propietario a otro, y por la rotación de cultivos puede ser diferente aun dependiendo de la estación, cambiando la topografía de la zona.



Mapa 3.2- 3: Ubicación general de la zona de cultivo.

## Composición del suelo de los cantones de El Porvenir

La composición de los suelos de los cantones de El Porvenir no posee una variación significativa, esto debido a que todo el municipio no es demasiado grande (52.52 Km<sup>2</sup>)<sup>36</sup>. Pero sus características pedológicas son las idóneas para diferentes tipos de cultivos<sup>37</sup> (Tabla 3.2- 3).

MUNICIPIO	CANTÓN	PEDOLOGÍA <sup>38</sup>
El Porvenir	El Rosario	Latosoles Arcillo Rojizos, Grumosoles
El Porvenir	San Cristóbal	Latosoles Arcillo Rojizos, Grumosoles
El Porvenir	San Juan Chiquito	Latosoles Arcillo Rojizos, Grumosoles
El Porvenir	Santa Rosa Senca	Latosoles Arcillo Rojizos, Grumosoles

Tabla 3.2- 3: Comparación de tipos de suelos en los cuatro cantones de El Porvenir.

Por su composición el suelo del caserío “El Tesoro” se considera de tipo **franco arcilloso** el cual posee buenas propiedades para el cultivo (Tabla 3.2- 4)<sup>39</sup>.

Tipo	Contenido %	Tamaño medio
Limo	40%	< 0,0039 mm
Arena	45%	0,0039-0,0625 mm
Arcilla	15%	< 0,0039 mm

Tabla 3.2- 4: Composición del suelo en la zona de estudio.

**Importancia del limo en los cultivos:** Material sólidos acumulado en la superficie de la tierra y usualmente transportado por ríos, vientos, restos de vegetales o cultivos anteriores, asíéndola así rica en materia orgánica con nutrientes necesarios para los cultivos.

<sup>36</sup> Wikipedia: [http://es.wikipedia.org/wiki/El\\_Porvenir\\_%28El\\_Salvador%29](http://es.wikipedia.org/wiki/El_Porvenir_%28El_Salvador%29)

<sup>37</sup> Clasificación de suelos por división política de El Salvador C.A. (Marzo de 2012), MAG, Dirección General de Ordenamiento Forestal, Cuencas y Riego, División de Riego y Drenaje, Área de Gestión y Tecnología de Riego.

<sup>38</sup> Dirección general de ordenamiento forestal, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) marzo de 2012.

<sup>39</sup> Propiedades físicas del suelo, facultad de agronomía, Universidad de la Facultad depto. De suelos y aguas Montevideo Uruguay 2004.

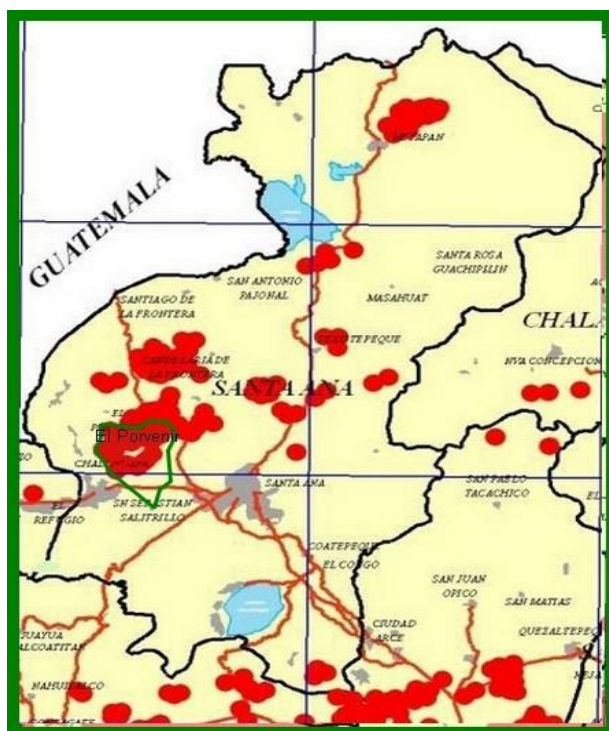
**Importancia de la arena en los cultivos:** Permite la permeabilidad del agua propiciando así ecosistemas con fuentes acuíferas subterráneos.

**Importancia de la arcilla en la tierra:** Es el suelo con textura más fina que permite y su nombre rojizos se deben a concentraciones de hierro y otros minerales.

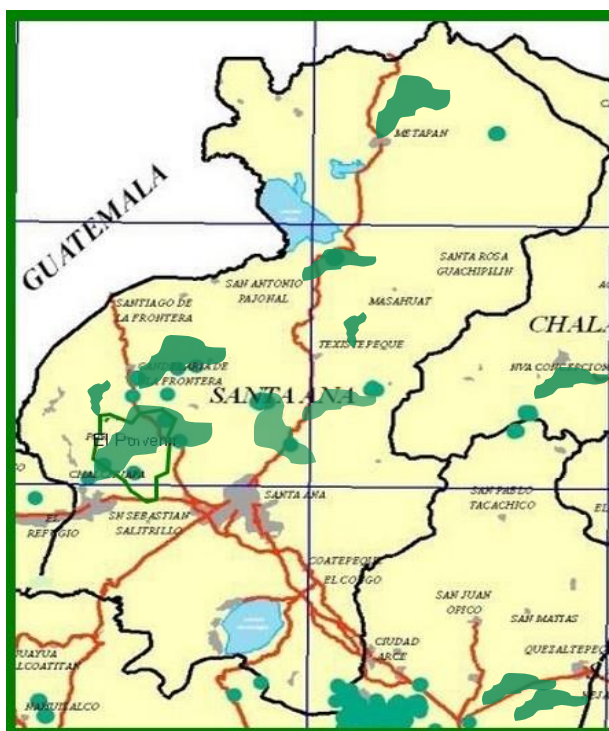
### Potencial de cultivo que presenta la zona de El Porvenir<sup>40</sup>

A continuación se muestra una serie de mapas que representan el potencial de cultivo para diversos productos en la zona de estudio en el caserío “El Tesoro”.

#### Potencial para tomate



#### Potencial para sandía



Mapa 3.2- 4: Área apta para cultivo de tomate (izquierda) y pepino (derecha).

Leyenda:

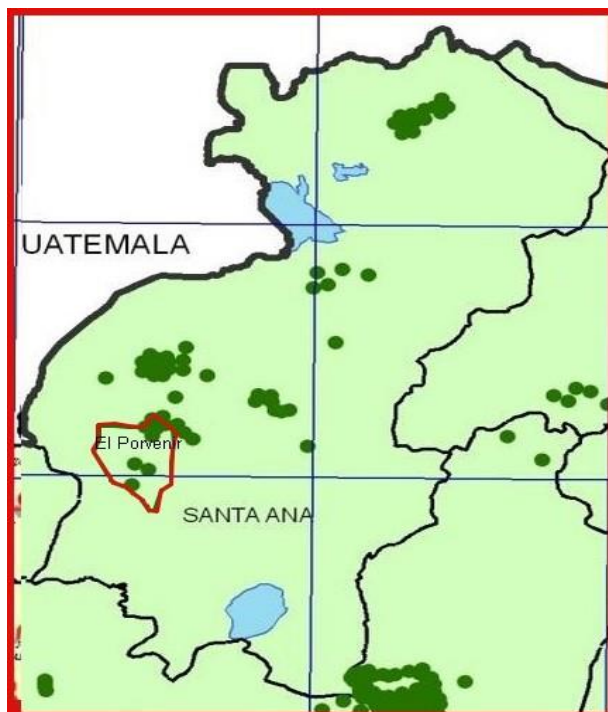
● Productores de tomate  
 — Carreteras principales  
 ■ Urbano

● Productores de sandía  
 — Carreteras principales  
 ■ Urbano

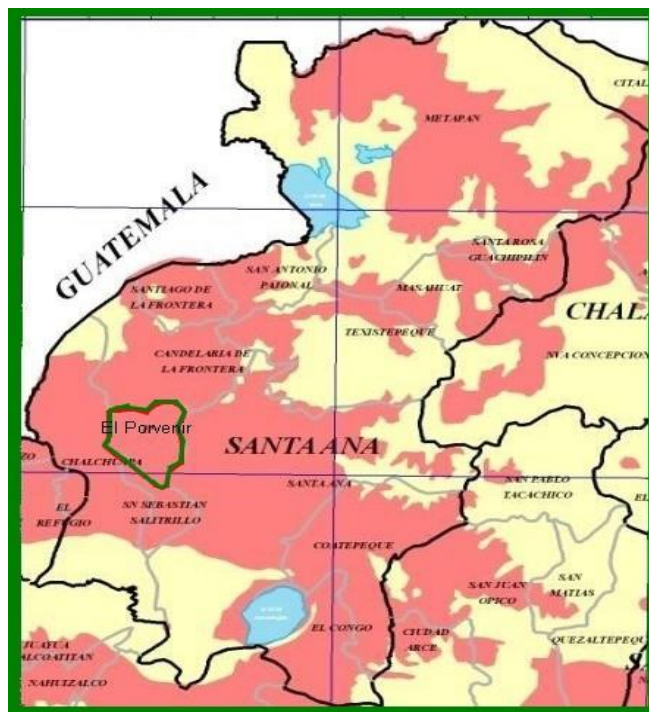
<sup>40</sup> Ministerio de Agricultura y Ganadería. “Hortalizas”, Dirección General de Economía Agropecuaria, Unidad de Información Geográfica.



### Potencial para hortalizas



### Potencial para chile verde



Mapa 3.2- 5: Área apta para cultivo de hortalizas (izquierda) y chile verde (derecha).

Legenda:



Productores de hortalizas



Productores de chile verde 500 – 1000 msnm

— Carreteras principales

### Hidrografía de la zona de estudio<sup>41</sup>

La hidrografía de la zona de estudio se puede clasificar en dos grupos que constituyen la totalidad del recurso hídrico disponible.

**Agua superficial:** El agua superficial está constituida por dos grupos, ríos y las zonas de estancamiento superficiales debido al cambio de alturas, estos se presentan en forma de quebradas en verano y suelen de proceder de fuentes acumuladas en los cerros aledaños, además de aumentar su volumen en épocas de lluvia ( *Mapa 3.2- 6*).

<sup>41</sup> M.A.G., Dirección General de Ordenamiento Forestal, Cuencas y Riegos. Departamento de Planificación: Aguas Subterráneas de la República de El Salvador (Mayo de 2013).



Mapa 3.2- 6: Principal cuenca de agua superficial en la zona de estudio.

**Agua subterránea:** Representa una fracción de masa de agua importante y se aloja en los acuíferos (tipo confinado) bajo la superficie de la tierra, y por lo tanto se mantiene almacenada ahí durante invierno y verano, teniendo una gran importancia para la actividad agrícola, gracias a su capacidad de explotación durante la época seca o durante canículas o ceses de lluvia en épocas de invierno. El nivel del acuífero no se ve comprometido aun cuando la extracción de agua es simultánea por parte de todos los productores (*Mapa 3.2- 7 zona enmarcada en color amarillo*).

El Porvenir se ubica en la zona hidrogeológica A (Lempa), sub-cuenca Guajoyo<sup>42</sup>. Acuífero o masa de agua subterránea (MASub) ESA-03-06<sup>43</sup>. No se logró clasificar con exactitud pero podría ser un acuífero fisurado de gran extensión y posiblemente alta producción o bien,

<sup>42</sup> López Araujo/Retana Peña: Reconocimiento hidrogeológico de la zona norte del departamento de Santa Ana y área aledaña del departamento de Chalatenango. Tesis UCA, Octubre de 2007.

<sup>43</sup> MARN - Embajada de España en El Salvador – FCAS, Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico en El Salvador – PNGIRH – Programa de Gobernabilidad y Planificación de la Gestión del Recurso Hídrico SLV 41-B, Hidrología Subterránea, 2014.

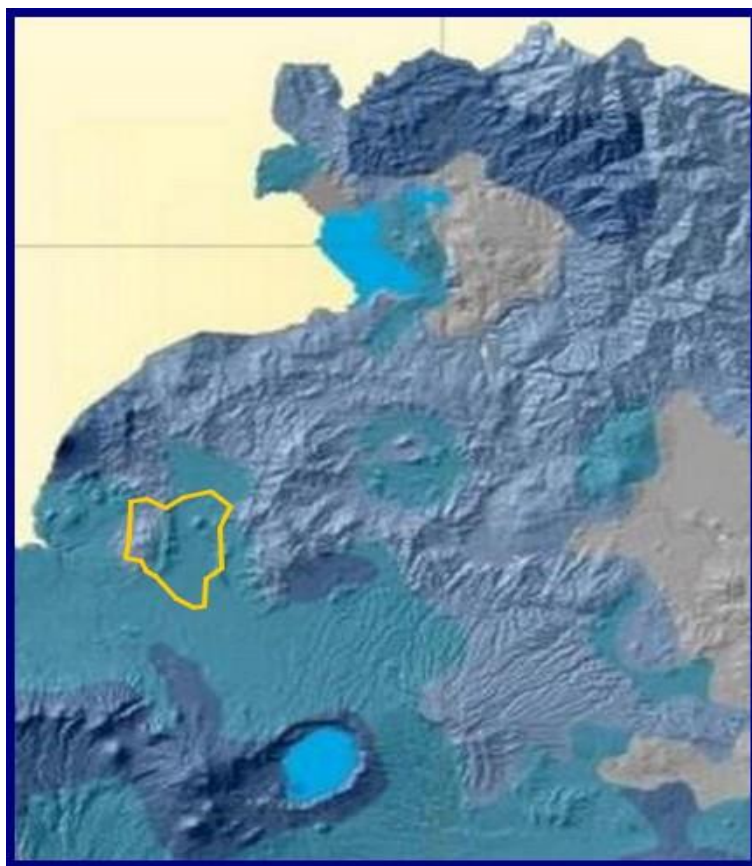
Granular poroso de extensión limitada y productividad de media a baja. Tipo de agua bicarbonatada cálcica, bicarbonatada magnésica o bicarbonatada sodio-potásica.

Se buscó información adicional al acuífero en lo relacionado a profundidad y volumen de agua, pero no fue posible encontrar las referencias con dicha información, específicamente las siguientes:

- “Estudio Hidrogeológico del área del Cantón San Juan Chiquito, jurisdicción de El Porvenir, Departamento de Santa Ana”, elaborado por la Subgerencia de Investigación e Hidrogeología de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), en julio de 2003, para buscar alternativas al mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable del referido cantón.
- “Estudio Hidrogeológico del área del Cantón Santa Rosa Cenca, jurisdicción de El Porvenir, Departamento de Santa Ana”, elaborado por la Subgerencia de Investigación e Hidrogeología de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), en marzo de 2001, en el cual se muestran perfiles geológicos y un inventario de pozos con datos tales como, sus coordenadas, elevaciones y nivel estático.

Mediante el uso del software Google Earth<sup>®</sup>, se calculó el área aproximada que ocupa el acuífero, siendo esta de 10.54 km<sup>2</sup>.

**Parte alta o zona de recarga del manto acuífero:** Garantiza la captación del agua de las lluvias y el suministro de las mismas a las zonas inferiores, son cordilleras de cerros con alturas de hasta 900 m. sobre el valle o planicie de la zona. La zona de recarga es capaz de mantener el “espejo de agua” (distancia desde la superficie al manto) casi constante durante el verano (ver *Mapa 3.2- 8*).



### LEYENDA

- Cuerpos de agua
- Hidrogeología**
- Agua dulce escasa o deficiente
- Agua dulce estacionalmente disponible
- Agua dulce generalmente abundante
- Agua dulce generalmente abundante
- Agua dulce localmente abundante

Mapa 3.2- 7: Hidrografía de El Porvenir.



Mapa 3.2- 8: Zonas de recarga del manto acuífero subterráneo del municipio de El Porvenir.

## Características de los productos agrícolas

En la zona de estudio actualmente se llevan a cabo actividades agrícolas durante ambas estaciones del año, con distintos productos para el invierno y para el verano, logrando así ocupar las mismas tierras para diferentes cultivos en un año, aprovechando el recurso de forma tal, que los suelos no permanezcan ociosos utilizándolo tanto en la estación lluviosa como en la seca.

Los productos que se cultivan en el caserío “El Tesoro” son los siguientes:

**Arroz (*Oryza sativa*):** El arroz es el segundo cereal más producido en el mundo, tras el maíz. Debido a que este se produce con muchos otros propósitos aparte del consumo humano. Una manzana de cultivo de arroz suele producir 100 quintales<sup>44</sup> de este grano.

**Caña de azúcar: (*Saccharum officinarum*):** Son plantas cespitosas con tallos de hasta 5 o 6 m por 2-5 cm., con numerosos entrenudos alargados vegetativamente, dulces, jugosos y duros.

**Frijol (*Phaseolus vulgaris*):** Es una planta herbácea, erecta o trepadora de tallo pubescente o glabrescente cuando adulta, pueden presentar semillas de varias variedades. La producción estimada de frijol es de 20 quintales por manzana<sup>45</sup>.

**Tomate (*Solanum lycopersicum*):** Es una planta herbácea anual, a veces bienal, erecta o decumbente, de tamaño muy variable según las variedades (las precoces suelen alcanzar una longitud de 1,2 m; las tardías, son casi siempre más grandes y pueden llegar al doble de longitud). Tiene tallos ramificados, a veces volubles, densamente glanduloso-pubescentes. Se estima una producción de 40,000 kilos de tomate por hectárea<sup>46</sup>.

---

<sup>44</sup> Productores de la zona de estudio.

<sup>45</sup> Productores de la zona de estudio.

<sup>46</sup> <http://www.agromatica.es/rendimiento-por-hectarea-de-los-cultivos-para-diversos-cultivos>.  
<http://desafio1710.blogspot.com/2010/04/produccion-por-hectarea-y-rendimiento.html>

**Pepino (*Cucumis sativus*):** El que es una planta mensual, monoica, o sea que hay flores femeninas y masculinas en el mismo individuo. El tallo es postrado/rastrero, ramificado, anguloso, hirsuto y con zarcillos. Se estima una producción de 5 libras por planta de pepino<sup>47</sup> y su producción por manzana depende del método de siembra y condiciones medioambientales.

**Sandía (*Citrullus lanatus*):** Es una planta herbácea de ciclo anual, rastrera o trepadora, de textura áspera, con tallos pilosos provistos de zarcillos y hojas de cinco lóbulos profundos. Las flores son amarillas, grandes y unisexuales. La producción de sandía puede variar de entre 2 (5.5 kg. a 7.0 kg.) a 6 (1.5 kg. a 2.4 kg.) unidades por planta. Un aproximado de la producción por manzana equivale a 30,000 kilos por hectárea<sup>48</sup> y no todos los agricultores la cosechan.

**Melón (*Cucumis mel*):** La planta posee tallos blandos y pilosos que crecen a ras del suelo. Sus hojas tienen peciolo acanalado y son palmadas, es decir, su aspecto es semejante al de una mano. La producción de melón puede variar de entre 2 a 6 unidades por planta, con un aproximado de 23,000 kilos en una manzana<sup>49</sup>, siendo inferior a la sandía.

**Rábano (*Raphanus sativus*):** Planta anual o bienal de raíz axonomorfa. Tallo de 20-100 cm., erecto, poco ramificado, glabro o algo hispido en la base. Hojas basales de hasta 30 cm., pecioladas, en rosetas, lirado-pinnatisectas. La producción de rábano se estima de 13,000 kilogramos por manzana<sup>50</sup> de producción de rábano, si los parámetros de humedad son adecuados.

---





<sup>47</sup> Productores de la zona de cultivo.

<sup>48</sup> <http://www.agromatica.es/rendimiento-por-hectarea-de-los-cultivos> para diversos cultivos.

<sup>49</sup> <http://www.agromatica.es/rendimiento-por-hectarea-de-los-cultivos> para diversos cultivos.

<sup>50</sup> <http://www.agromatica.es/rendimiento-por-hectarea-de-los-cultivos> para diversos cultivos.

## Características de los productos que se cultivan en la zona de El Porvenir

Estación	Tipo de cultivo	Imagen del tipo de cultivo	Mes (Inicial-final)	Requiere Sistema de riego	Distancia entre surco / mata (cm)	Cantidad de agua
Cultivo de Invierno	Arroz		Mayo-Octubre	NO	5-10	2000 L. por kilo de arroz (humedad al 100%) <sup>51</sup>
	Caña de azúcar		Mayo-Octubre	No	50-80 mata 150 surco	0.6-2.0 L/h
Cultivo Invierno/verano	Frijol		Mayo - Octubre Agosto - Noviembre	Si	40-50 mata <sup>52</sup>	300 a 400 mm de lluvia
Cultivo de verano	Tomate		Noviembre-Abril	Si	30-50 mata <sup>53</sup> 100-150 surco	(Humedad 65-70%)

<sup>51</sup> Fuente agricultores de la zona

<sup>52</sup> Guía técnica para el cultivo del frijol, Cooperación Suiza en América central, Instituto Internacional de cooperación para la agricultura, Nicaragua

<sup>53</sup> Ministerio de agricultura y ganadería Costa Rica, Tomate, [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/tec\\_tomate.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec_tomate.pdf)

Estación	Tipo de cultivo	Imagen del tipo de cultivo	Mes (Inicial-final)	Requiere Sistema de riego	Distancia entre surco / mata (cm)	Cantidad de agua
Cultivo de verano	Pepino		Noviembre-Abril	Si	20 mata <sup>54</sup> 120-150 surco	60-70% Humedad relativa
	Sandía		Noviembre-Abril	Si	20-30 mata	Humedad relativa 80% <sup>55</sup>
	Melón		Noviembre-Abril	Si	120 mata 150 surco	6 litros por m <sup>2</sup>

Tabla 3.2- 5: Características de los cultivos habituales en la zona de estudio.

<sup>54</sup> Ministerio de agricultura y ganadería Costa Rica, Pepino, [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/tec-pepino.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec-pepino.pdf)

<sup>55</sup> Resultado de investigación sobre niveles de N-P-K y épocas de aplicación de fertilizantes MAG Costa Rica y Fundecooperacion.



El tipo de cultivo puede variar de un agricultor a otro, dicha variación depende de diversos factores entre ellos:

- Si posee o no un sistema de riego y/o la forma en que impulsa el agua.
- El riesgo que cada cultivo presenta.
- Fuentes de comercialización del producto final.
- Factores económicos (inversión).

La supervisión se lleva a cabo por monitoreo directo y en la transición de época seca a lluviosa, hay un tiempo que se utiliza para preparar la tierra, colocar o retirar tuberías en caso que esta requiera sistemas de bombeo. Las rotaciones de los diferentes cultivos dependen de las características del cultivo y de las decisiones de los agricultores con respecto a su rotación.

### Otras características de la zona de estudio

Otra característica es la humedad necesaria, actualmente los cultivos que requieren más humedad son los siguientes (*Tabla 3.2- 6*):

Estación del año	Cultivo que requiere más humedad
Invierno (mayo - octubre)	<b>Arroz</b>
Verano (noviembre - abril)	<b>Frijol</b>

*Tabla 3.2- 6: Cultivos que requieren más humedad según la estación.*

### Recurso humano involucrado en la zona de estudio<sup>56</sup>

Para que todo proceso sea exitoso es necesario diversidad de recursos, entre ellos el recurso humano el cual está presente en diferentes etapas y puede tener intervención directa

<sup>56</sup> Representantes de asociación de agricultores de la zona.

o no en el proceso. Como lo es el caso de la comunidad de “El Tesoro” donde habitan alrededor de veinte familias de las cuales, al menos uno de sus miembros toma parte en actividades agrícolas, ya sea por ser propietario de tierras o simplemente por prestar sus servicios a los dueños de las parcelas. Sin embargo, toda la comunidad se ve beneficiada en mayor o menor medida, por ejemplo, hijas/os de campesinos trabajadores de las tierras, los cuales a pesar de no participar directamente con la actividad agrícola se ven beneficiados por medio del ingreso que reciben sus padres.

El recurso humano se puede clasificar de la siguiente forma:

- Sociedad de agricultores, otros propietarios y arrendatarios.
- Trabajadores al servicio de los propietarios/arrendatarios.
- Proveedores de Insumos agrícolas.
- Compradores de productos agrícolas e intermediarios.
- Residentes de las comunidades aledañas.
- Otros.

**Sociedad de agricultores:** Productores del Municipio de El Porvenir, la cual está compuesta por al menos 48 agricultores<sup>57</sup> los cuales poseen de 3.5 a 22 manzanas de terreno. A ellos se suman propietarios de tierras que son cultivadas o no, y que no forman parte de la sociedad; así como terceros que toman terrenos en alquiler por ciertas temporadas, los términos bajo los que se arrendan las parcelas no fueron aclarados durante la realización de éste estudio, debido a que no se pudo contactar con alguno de éstos.

---

<sup>57</sup> Representantes de asociación de agricultores de la zona.

**Trabajadores:** Prestan sus servicios a los dueños, la cantidad, así como su participación está determinada por el patrón, las etapas de cada cultivo y la estación del año, así como del área cultivada, el máximo de trabajadores para un mismo patrón que pudo ser verificado fue de veinte trabajadores, para una propiedad de veintidós manzanas, esto durante el verano y en época de cosecha.

**Proveedores de insumos:** Necesarios para que la actividad agrícola sea efectiva, poniendo a disposición recursos que ayudan al correcto desarrollo de la producción. En ésta zona no existen proveedores, todos son externos ubicados en Chalchuapa, Santa Ana, entre otros.

**Compradores de productos agrícolas:** Locales o no, que compra-venden al mayoreo o al detalle, dentro y fuera del municipio.

**Comunidad aledañas a la zona de cultivo:** Residentes en el caserío y que se benefician de la actividad agrícola, de forma directa (trabajadores) o indirecta (familias, pequeños negocios de comestibles y abarrotes, entre otros). En el caserío habitan alrededor de veinte familias, que en promedio constan de cinco miembros; de éstos, aproximadamente un treinta por ciento se dedican a la agricultura de forma directa o indirecta.

### 3.3 DIAGNÓSTICO DE RECURSOS

#### 3.3.1 Recursos con los que cuenta la zona de estudio

##### Naturales

**Suelo**<sup>58</sup>: Se caracteriza por poseer un suelo franco-arcilloso, es un suelo que se caracteriza por una elevada productividad agrícola, en virtud de su textura relativamente suelta (propiciada por la arena), fertilidad (aportada por los limos), adecuada retención de humedad (favorecida por la arcilla). Aunque la composición del suelo puede variar ligeramente, se pueden considerar uniformes en su composición según la *Tabla 3.2- 3* y *Tabla 3.2- 4*, además de mostrar homogeneidad de acuerdo con el *Mapa 3.3- 1*, compuesto por Latosoles, Arcillo Rojizos, Grumosoloes<sup>59</sup>.

El total de tierra cultivable en la planicie que abarca desde El Porvenir hasta Ayutica, es de 500 manzanas<sup>60</sup> aproximadamente, de las cuales 190<sup>61</sup> forman parte de la zona de estudio, de ellas cada productor asociado tiene un rango de 3.5 hasta 22 manzanas por propietario.

**Agua:** El espejo de agua en ésta zona se encuentra entre 1.5 y 3 metros de profundidad y según los productores no varía el nivel a pesar del uso continuo y simultáneo a lo largo de la planicie (*Mapa 3.3- 2*).

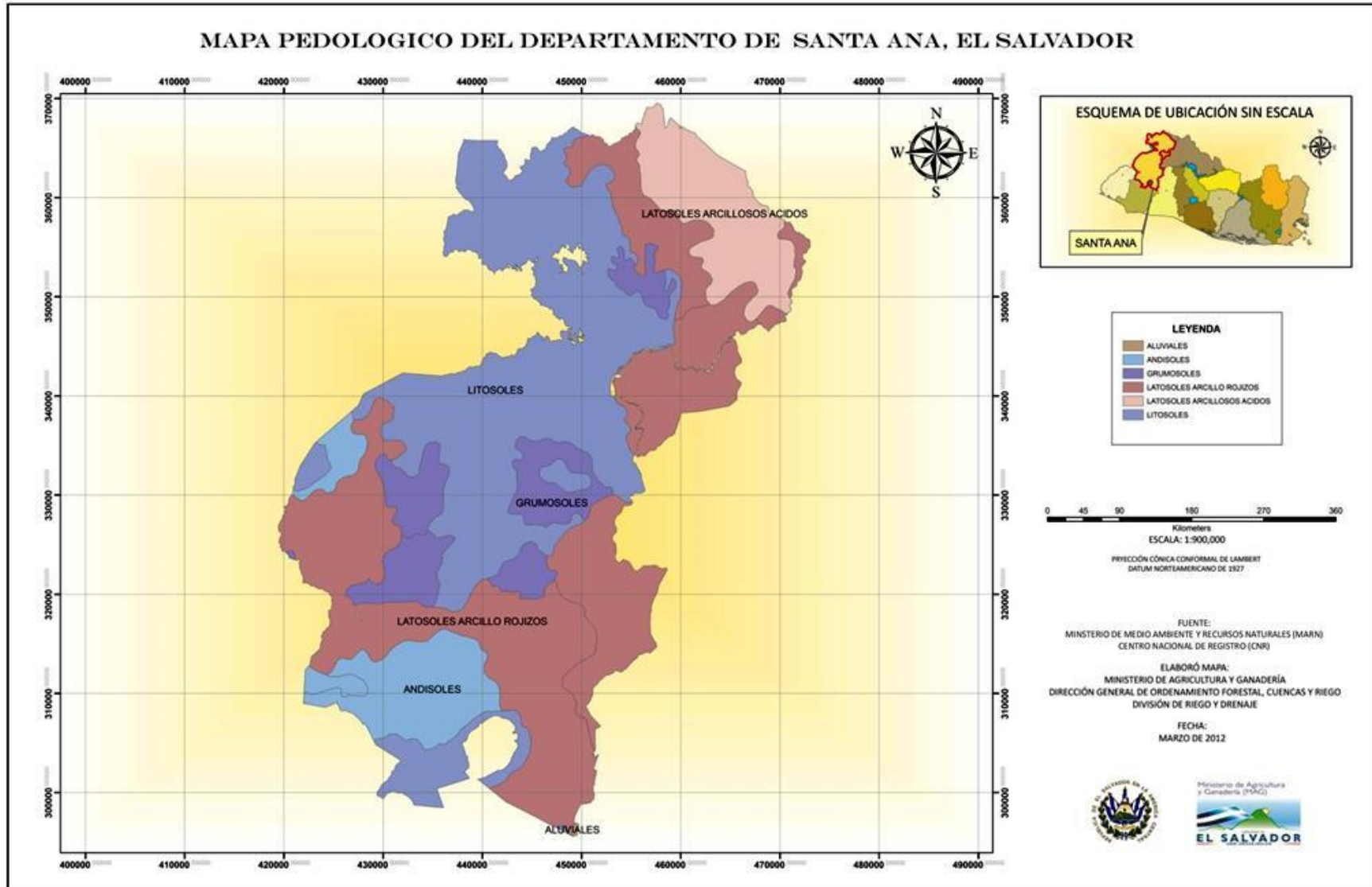
---

<sup>58</sup> Propiedades físicas del suelo, facultad de agronomía, Universidad de la Facultad depto. De suelos y aguas Montevideo Uruguay 2004

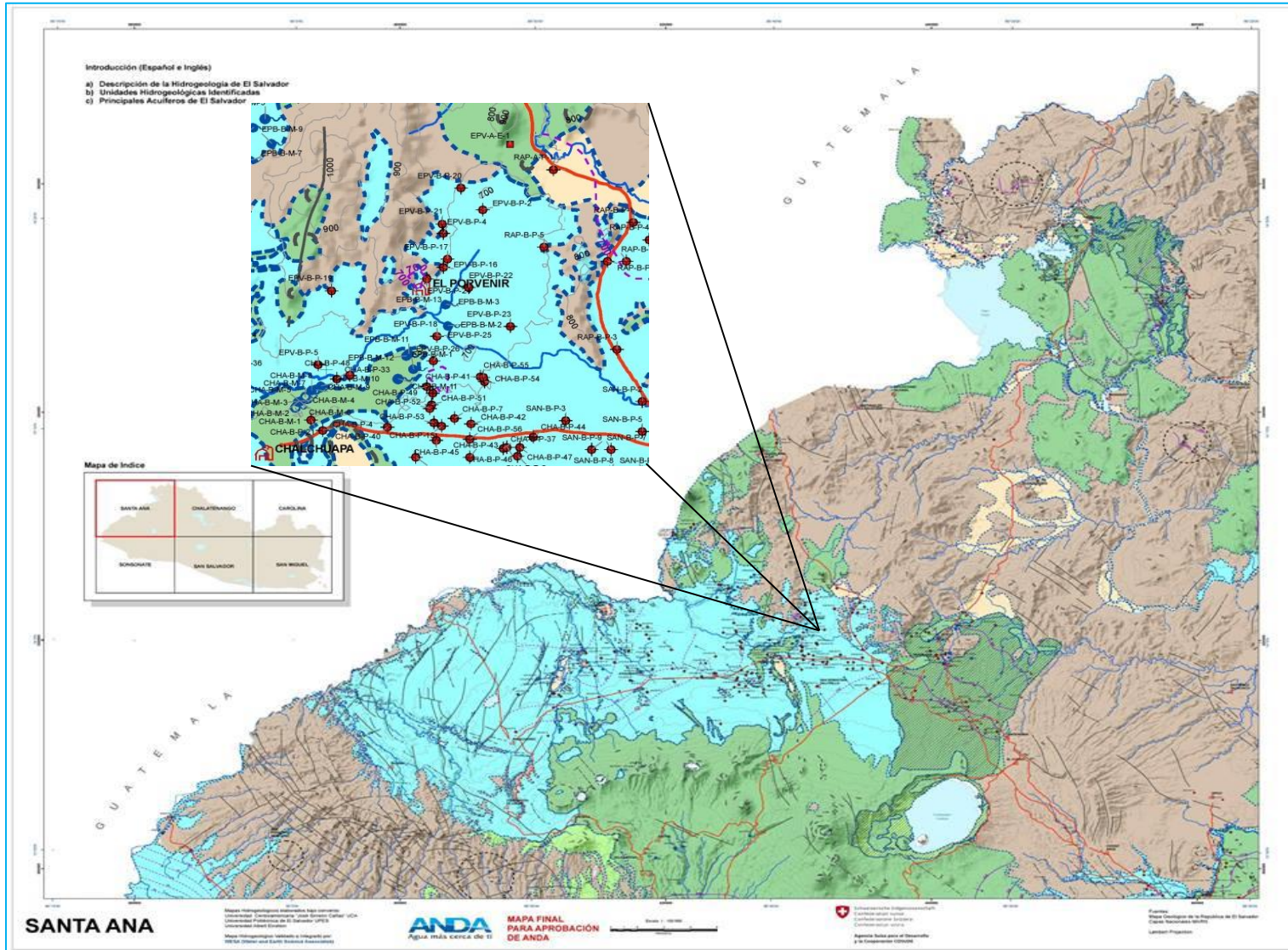
<sup>59</sup> Clasificación de suelos por división política de El Salvador C.A. (Marzo de 2012), MAG, Dirección General de Ordenamiento Forestal, Cuencas y Riego, División de Riego y Drenaje, Área de Gestión y Tecnología de Riego.

<sup>60</sup> Dato facilitado por miembros de la asociación de agricultores.

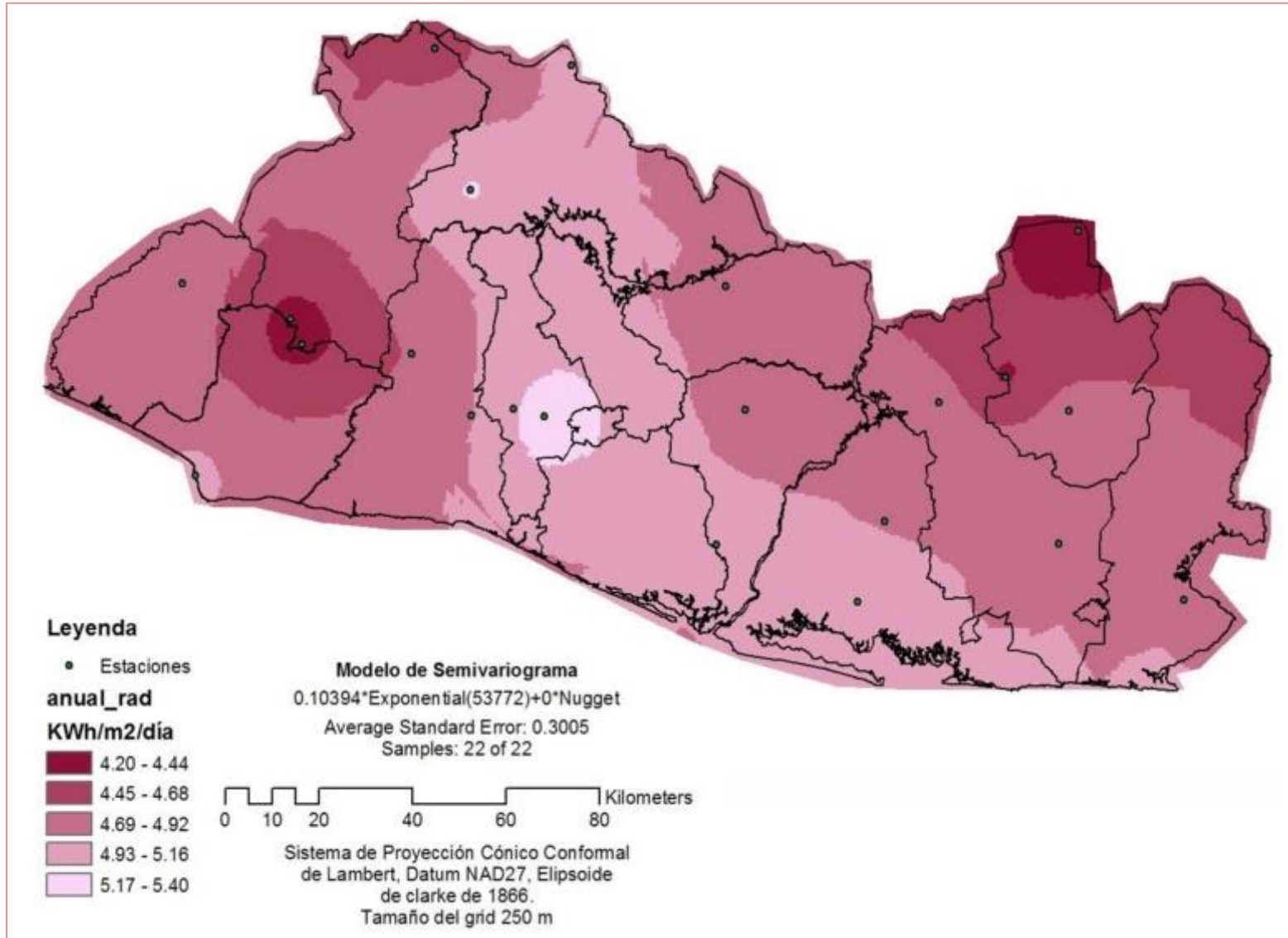
<sup>61</sup> Dato facilitado por miembros de la asociación de agricultores.



Mapa 3.3- 1: Mapa pedológico del Departamento de Santa Ana, clasificación del suelo por su división política. MARN-MAG, Marzo/2012.

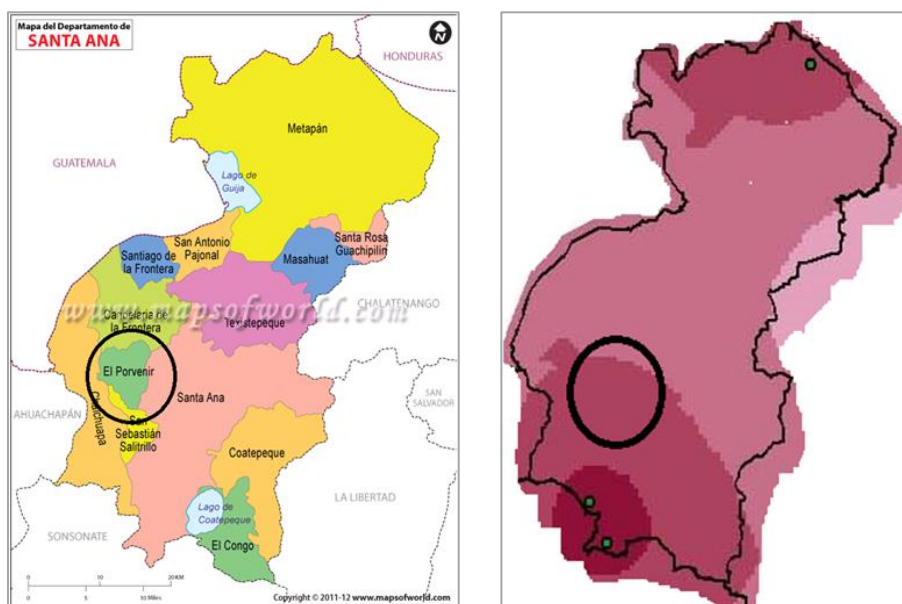


Mapa 3.3- 2: Hidrografía Santa Ana – Ahuachapán (ANDA) extracto del Mapa Geológico de la República de El Salvador, Capas Nacionales MARN, Lambert Projection



Mapa 3.3- 3: Mapa de irradiación solar de El Salvador, SWERA. .

**Radiación solar:** El mapa de irradiación solar en El Salvador fue creado bajo el proyecto SWERA, el cual muestra el potencial de irradiación solar en promedio diario de un año. Para la zona de estudio la irradiación es aproximadamente entre  $4.45 - 4.92 \text{ kW/m}^2/\text{día}$ <sup>62</sup> según lo muestra el *Mapa 3.3- 4* y *Mapa 3.3- 4*.



*Mapa 3.3- 4: Irradiación del departamento de Santa Ana.*

El aprovechamiento del recurso solar depende del tipo de tecnología que se utilice, actualmente la energía solar no se aprovecha para la extracción de agua para riego, el potencial de radiación según tipo de panel se presenta en la *Tabla 3.3- 1*.

Tipo de panel	% Eficiencia <sup>63</sup>	Radiación en la zona $\text{kW/m}^2$	Fracción aprovechada $\text{kW/m}^2$
Amorfo	6	4.45 – 4.68	0.27 – 0.28
Policristalino	12	4.45 – 4.68	0.53 – 0.56
Monocristalino	15	4.45 – 4.68	0.67 – 0.70

*Tabla 3.3- 1: Eficiencia de paneles de acuerdo a la radiación solar promedio en la zona de cultivo.*

<sup>62</sup> Consejo Nacional de Energía: [ww.cne.gob.sv/index.php?option=com\\_content&view=article&id=114&Itemid=197](http://ww.cne.gob.sv/index.php?option=com_content&view=article&id=114&Itemid=197)

<sup>63</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Panel\\_fotovoltaico](http://es.wikipedia.org/wiki/Panel_fotovoltaico)



Las bombas usadas actualmente son por lo general de 5 HP (Horse Power) con equivalente a 3.73 kW, el área aproximada de paneles fotovoltaicos necesarios para el riego depende de muchos más factores como por ejemplo: volumen de agua que sea necesario extraer y trasladar al tanque o batería hidráulica, tipo de bomba (sumergible o superficial) y potencia requerida por la misma, entre otros. Para efectos de estimación preliminar la fracción aproximada de radiación que puede ser aprovechada según el tipo de tecnología en un área se muestra en la *Tabla 3.3- 2*.

Área Estimada <sup>64</sup>	Tipo de panel y su capacidad en kW promedio en un día		
	Amorfo	Poli-cristalino	Mono-cristalino
1 m <sup>2</sup>	0.275	0.545	0.685
2 m <sup>2</sup>	0.550	1.090	1.370
3 m <sup>2</sup>	0.825	1.635	2.055
4 m <sup>2</sup>	1.100	2.180	2.740
5 m <sup>2</sup>	1.375	2.725	3.425
6 m <sup>2</sup>	1.650	3.270	4.110

*Tabla 3.3- 2: Área de paneles por tipo de tecnología y capacidad promedio.*

## Materiales

**Bombeo e irrigación:** El sistema de riego varía de un productor a otro, así como de acuerdo al cultivo y la estación del año. En invierno se siembra arroz y por lo general no se necesita de irrigación dado que las lluvias por la naturaleza de los suelos forman ciénagas. En verano algunos productores realizan riego por goteo, impulsando el agua que es extraída de los pozos “de puntera” (diámetro de 4 pulgadas) con la ayuda de una bomba achicadora diésel/gasolina de 5 HP (la cual utiliza en promedio 6 galones de combustible para 16 horas<sup>65</sup> de riego) y dirigiendo el agua por medio de tuberías (de 2 pulgadas para tuberías principales y de ½ pulgada para

<sup>64</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Panel\\_fotovoltaico](http://es.wikipedia.org/wiki/Panel_fotovoltaico)

<sup>65</sup> Fuente: Agricultores de la zona.

tubería secundaria perforada) dispuestas a lo largo de los surcos, con perforaciones que permiten el paso de un pequeño volumen de agua (*Imagen 3.3- 1*).

Otros en cambio, utilizan bombas achicadoras (*Imagen 3.3- 2*) únicamente para la extracción de agua de los pozos (de puntera de aproximadamente 4" de diámetro), pero la esparcen mediante mangueras (*Imagen 3.3- 3*) o llenando barriles que son trasladados por medio de tractores hasta el lugar donde es requerido.



*Imagen 3.3- 1: Tuberías para irrigación por goteo (PVC, 2 y 1/2 pulgadas de diámetro).*



*Imagen 3.3- 2: Pozo tipo puntera (4") y bomba achicadora diésel/gasolina, en uso actualmente.*



Imagen 3.3- 3: Trabajadores irrigando con manguera.

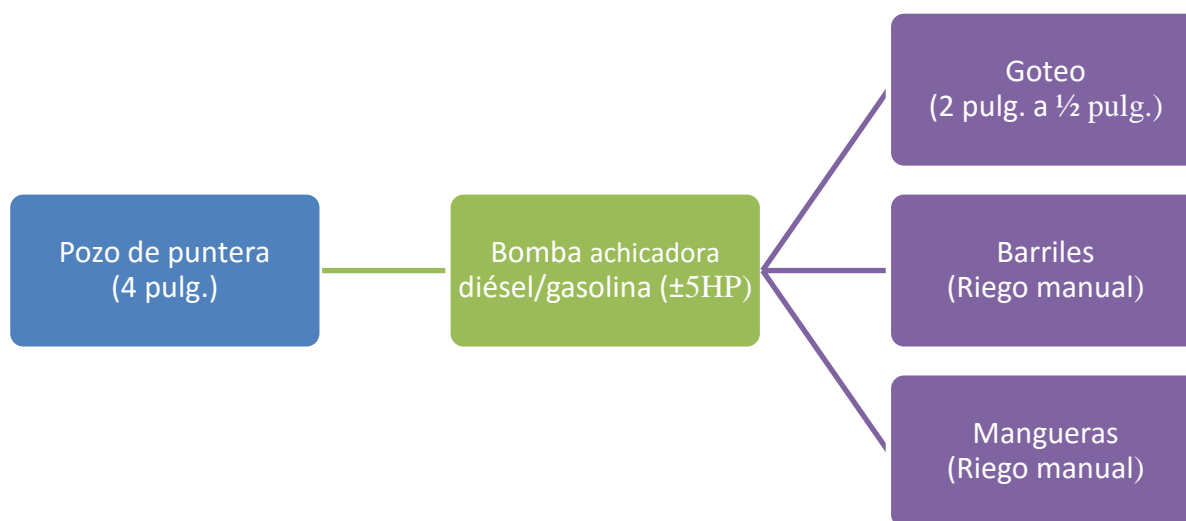


Gráfico 3.3- 1: Representación de los sistemas de bombeo y riego en uso actualmente.

Dadas las distintas características del sistema de irrigación utilizado (*Gráfico 3.3- 1*), el tipo de producto y sus necesidades propias de humedad, el tiempo necesario para el riego cambia de un agricultor a otro, para el caso del riego por goteo se estima que toma entre 1 y 2 horas por la mañana y/o de 1 a 2 horas por la tarde, cuando la incidencia de los rayos solares es menor para evitar daño por quemadura del follaje, así, para la mañana se hace entre las 8 y las 10 horas, mientras que para la tarde entre las 4 y las 6.

En el caso de no utilizar goteo, los productores manifestaron que riegan en intervalos de 16 horas cada 8 días, siempre dependiendo del tipo de cultivo. Sea cuál sea el método de riego, los sistemas actuales están en total capacidad de suplir el 100% de los requerimientos de agua, la única diferencia estriba en la eficiencia con que esto se realiza y en el tiempo que toma irrigar la propiedad dado el tamaño de la misma, así para el goteo la humedad es localizada y el desperdicio de agua es menor, por lo que se debe bombear menos agua, en tanto que la bomba trabaja menos tiempo que cuando se usa otro método para esparcirla.

## **Humanos**

El empleo de recurso humano se efectúa según los siguientes criterios:

- La etapa del cultivo (preparación de la tierra, siembra, abono, mantenimiento, regado, fumigado, cosecha, entre otros).
- El tipo de cultivo y las dimensiones físicas del terreno, ya que no todos los cultivos ocupan la misma cantidad de recurso humano y pueden variar de unas etapas a otras, teniendo en cuenta que a mayor dimensión más horas hombres de trabajo se requerirán, algunos propietarios estiman que 1 manzana requieren 9 horas hombre.
- El tipo de tecnología que se posee (sistema de bombeo, tractor, etc.).

**Propietario de las tierras:** Es quien planea que tipo de cultivo se llevara a cabo, elegir las zonas en las cual se cultivara cada tipo de producto según la estación, buscara y/o provee el financiamiento para cubrir las necesidades monetarias de cada etapa de cultivo, designa tierras que quedaran sin cultivar por motivos de rotación de cultivos y regeneración del suelo, recluta el personal para la siembra, cuidado y cosecha. Además de verificar personalmente las actividades que realizan las personas que laboran para él, también participa en las actividades más relevantes de las principales etapas de cultivo tales como preparación del suelo (desmalezado, arado del suelo, entre otros), siembra, tratamiento contra plagas, abonado, cosecha y demás.

**Trabajadores:** Se encarga de efectuar el proceso de transformación hasta obtener el producto final, puede variar en número según sea la necesidad, además no está sujeto a contratación y en algunos casos no posee “patrón” fijo y su salario puede variar según el tipo de trabajo. Usualmente el número de empleados varía desde cero a veinte personas para un mismo “patrón” en un día, y los trabajadores de las tierras de cultivo se desplazan desde lugares aledaños a las tierras del cultivo, ya que en ellas no residen personas de forma permanente.

**Otros recursos humanos involucrados:** Otros recursos que interviene en el proceso suelen ser esposas o hijos de los agricultores que llevan desayunos o almuerzos a sus parientes que laboran en la zona. En algunos casos las tierras se alquilan por ciertos lapsos de tiempo a terceros<sup>66</sup>, convirtiéndose temporalmente en propietarios de la tierra, además de todas aquellas personas que llegan de diferentes lugares a comprar el producto, esto puede ser tanto por mayoreo o al detalle si el dueño de la producción agrícola así lo encontrase conveniente.

---

<sup>66</sup> Asociación de agricultores de la zona.

### 3.4 CONCLUSIONES

A través del presente estudio, se han analizado las características físicas de la zona de estudio, habiéndose registrado hallazgos importantes, entre ellos están:

- **Demografía**, El Porvenir cuenta con una población masculina de 981 y femenina de 1,075 personas. En la zona rural la población masculina es de 112, mientras que la femenina es de 115, estas personas en su mayoría poseen un nivel de escolaridad de sexto grado.
- **Economía**, el sector productivo predominante es el primario, dinamizado primordialmente por la producción agrícola, aunque también se realiza ganadería y acuicultura (en muy pequeñas cantidades).
- **Accesibilidad**, cuenta con vías de comunicación terrestres en buen estado y transitables, a pesar de no ser pavimentadas en su mayoría, no presentan inconvenientes, a excepción de temporadas con excesiva lluvia, lo que genera desbordamiento de ríos e interrupción del tráfico en el principal puente de acceso al municipio de El Porvenir.
- **Suelo, franco-arcilloso** de alta capacidad y fertilidad para los cultivos, dado su distribución porcentual de arcilla, arena y limo en su composición (15%, 45% y 40% respectivamente), de gran potencial para el cultivo de tomate y sandía (*Mapa 3.2-4*).
- **Aguas superficiales**, posee cuatro cuencas principales río Singüil, río Las Tres Ceibas, río El Brujo y río Ayutica, las cuales son explotadas mayormente en invierno debido a la subida de sus niveles, al punto de desbordar y generar ciénagas, mismas que son aprovechadas para el cultivo de arroz. Asimismo, las quebradas se llenan de agua y sirven

de desagüe natural para las corrientes provenientes de las zonas de recarga como Santa Rosa Senca.

- **Acuífero subterráneo**, localizado en toda la planicie de El Porvenir, este mantiene un nivel estable entre 1.5 y 3 metros el cual soporta el uso continuo y simultáneo por parte de todos los productores, al punto de presentar rebalse de pozos en época lluviosa.
- **Bombeo e irrigación**, actualmente el agua es bombeada desde pozos tipo “puntera” de 4” a 6” de diámetro, por medio de bomba achicadora (diésel/gasolina), siendo transferida por medio de tuberías (4”, 2” y ½”) si el riego es por goteo; o por mangueras, aspersores o barriles si el riego es manual.

Los sistemas actuales de bombeo suplen de agua las tierras pero con **poca eficiencia, alto gasto de combustible y tiempo** para irrigar la propiedad.

Para el riego por goteo la humedad es localizada y el desperdicio de agua es menor, en tanto que la bomba trabaja menos, pero no todos los productores irrigan de esta forma. El tiempo de riego usando goteo es de 1 a 2 horas diarias.

- **Radiación solar**, la zona de estudio posee niveles de radiación solar (o irradiancia) promedio de  $4.45 - 4.92 \text{ kW/m}^2/\text{día}$  (Mapa 3.3-4), el cual es un muy buen parámetro para la sostenibilidad de un sistema fotovoltaico.

Con base en lo expuesto anteriormente se concluye, que el caserío “El Tesoro” posee recursos naturales y humanos suficientes para la implementación de un **sistema de bombeo fotovoltaico** como el propuesto en este proyecto.

# **CAPÍTULO IV**

## **ESTUDIO TÉCNICO**



## INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO TÉCNICO

El Estudio Diagnóstico se realizó para toda la zona de cultivo, debido a que el clima, características del acuífero, las propiedades físicas y químicas del suelo, etc. son exactamente las mismas para todo el caserío “El Tesoro”, cantón San Cristóbal; para el presente Estudio Técnico, se acotará a la propiedad de un solo agricultor, misma que consta de alrededor de 22 manzanas, dedicadas al cultivo de diversos tipos de productos entre los que destacan: Arroz, tomate, frijol y sandía.

Además, del Diagnóstico se toman los datos que sirven de base para el cálculo de los requerimientos expuestos en las páginas siguientes, entre los que se destacan:

- Horario de riego: De una a dos horas por día.
- Promedio de insolación del sitio: 4.45 - 4.92 kWh/m<sup>2</sup>/día.
- Nivel medio desde el suelo hasta el espejo de agua: 1.5 - 3 m.
- Cultivos seleccionados: Tomate y sandía debido a que se cultivan anualmente entre noviembre y abril (verano).

## 4.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO TÉCNICO

### *General*

- Determinar la factibilidad técnica para la implementación de un sistema de bombeo fotovoltaico en caserío “El Tesoro”, Cantón San Cristóbal, Municipio de El Porvenir, Departamento de Santa Ana.

### *Específicos*

- Establecer los parámetros de los que depende un sistema de bombeo fotovoltaico, utilizado para riego agrícola (caudal, irradiancia solar, potencia, profundidad de manto acuífero, entre otros).
- Definir la configuración óptima del sistema de bombeo fotovoltaico para la zona en estudio.

## 4.2 ANÁLISIS DE CADENA DE VALOR

El concepto “cadena de valor” ofrece una nueva perspectiva para comprender el desempeño de un proyecto. Específicamente, todos los proyectos recorren un ciclo de actividades para planear, producir, comercializar, entregar y apoyar sus productos o servicios. La cadena de valor describe ese ciclo, mediante un mapa de movimiento de un producto, desde la etapa de materia prima hasta el consumidor final, por medio de nueve actividades que tienen relevancia estratégica y que crean valor, divididas en cinco actividades primarias y cuatro actividades de apoyo<sup>67</sup>. Las actividades primarias presentan la secuencia siguiente:

1. Introducir materias en el proyecto (logística interna de entrada).
2. Convertirlas en productos finales (operaciones).
3. Sacar los productos finales (logística interna de salida).
4. Comercializarlos (marketing y ventas).
5. Brindarles asistencia técnica (servicios).

Las cuatro actividades de apoyo, suministros, desarrollo tecnológico, administración de recursos humanos e infraestructura del proyecto, se realizan en departamentos específicos. El *Gráfico 4.2- 1* explica la cadena de valor.



*Gráfico 4.2- 1: Cadena de Valor de Michael Porter.*

<sup>67</sup> Chiavenato, Idalberto. Planeación Estratégica, Fundamentos y Aplicaciones, página 123.

En el gráfico siguiente (*Gráfico 4.2- 2*) se observa el esquema del análisis de la cadena de valor para el presente proyecto, el desglose de cada una de las distintas actividades se presenta posteriormente en formato de tabla (*Tabla 4.2- 1 a Tabla 4.2- 8*).

<b>Actividades de apoyo o secundarias</b>	<b>Infraestructura del Proyecto</b>	<b>Sostenibilidad del Proyecto</b>			
	<b>Gestion de Recursos Humanos</b>	Propietario/ Trabajador (trabajos varios)/ Personal capacitado (Técnico Sistemas Fotovoltaicos y/o Técnico electricista)			
	<b>Desarrollo Tecnológico</b>	Tecnología Blanda/ Tecnología Dura			
	<b>Aprovisionamineto</b>	Elección de proveedores de la Materia Prima / Obtención de equipos, herramientas y materiales/ Pago a proveedores			
	<b>Logística Interna</b>	<b>Operaciones</b>	<b>Logística Externa</b>	<b>Marketing y Ventas</b>	<b>Servicios</b>
	Componentes del sistema fotovoltaico (FV)	Transporte de los insumos hasta el lugar de ensamble	Visita técnica al lugar exacto de instalación del sistema de bombeo	No se realizarán actividades de marketing o venta.	Mantenimineto Preventivo
	Verificación de los estándares de calidad de los componentes del sist.	Ensamble del sistema de bombeo	Manejo de materiales para instalar sistema de bombeo		Cumplimiento en los tiempos
	Devolución de componentes defectuosos	Instalación del sistema de bombeo	Prueba del sistema y firma del cliente, confirmando prueba satisfactoria		Mantenimiento Correctivo
	Almacenamiento de componentes (de ser requerido)	Prueba de funcionamiento del sistema de bombeo en presencia del productor			
	Registro de componentes				
<b>Actividades Primarias</b>					

*Gráfico 4.2- 2: Esquema de análisis de la cadena de valor para el presente proyecto.*

## Actividades Primarias

LOGÍSTICA INTERNA	
ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Adquisición de los componentes del sistema de bombeo fotovoltaico (FV)	<p>Para el presente proyecto, el personal técnico asignado realizará una única adquisición de materia prima, la cual se solicitará por escrito a los diferentes proveedores de paneles solares, bombas para agua, tubería, cableado, etc.</p> <p>Al recibir la materia prima en el lugar, se procederá a revisar que esta cumpla con las especificaciones solicitadas y que el pedido esté completo.</p>
Verificación de los estándares de calidad de los componentes del sistema	<p>El personal técnico encargado de recibir la materia prima, la inspeccionará visualmente en busca de algún desperfecto de en cada panel solar. Se tomará una tubería al azar, para realizar pruebas de presión y de fuga, para el tanque también se hará una prueba de fuga, llenándolo con agua y dejándolo por un periodo de una hora para posteriormente verificar si no hay pérdidas.</p> <p>Se verificará que las bombas para agua enciendan correctamente, generen la presión y caudal según hoja técnica.</p>
Devolución de los componentes defectuosos	<p>Si después de haber realizado la inspección visual y cada una de las pruebas antes mencionadas, se detecta algún desperfecto o los materiales no cumplen con los estándares de calidad buscados, se procederá a la respectiva devolución a cada proveedor. Para que las devoluciones sean efectuadas se establecerá una cláusula en el contrato firmado por ambas partes, en donde se pacte la responsabilidad del proveedor por cualquier insumo deficiente.</p>
Almacenamiento de los componentes	<p>Los paneles solares deberán almacenarse en su envoltorio de fábrica, en un lugar fuera del alcance del polvo y agua, sin contacto con el suelo.</p> <p>Asimismo, todos los demás accesorios a instalar del sistema de bombeo deberán almacenarse con sumo cuidado debido a su fragilidad de preferencia en sus envoltorios originales, fuera del alcance del suelo, polvo y agua.</p> <p>Todos los materiales deben estar correctamente rotulados para una fácil identificación y control de inventario.</p>
Registro de componentes	<p>Desde el primer insumo que se reciba se llevará un registro detallado, a fin de verificar que cada componente ha sido recibido satisfactoriamente y para verificar que están completos, de la misma manera cuando se proceda a realizar la instalación se comprobará cada uno de los componentes que se extraiga, para evitar daño, pérdida o robo y verificar además que se encuentre en buen estado.</p>

Tabla 4.2- 1: Logística interna proyecto de bombeo fotovoltaico, caserío "El Tesoro".

OPERACIONES	
ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Transporte de los insumos hasta el lugar de ensamble	El transporte de cada insumo deberá realizar con especial cuidado en un medio que garantice y cumpla con la seguridad, para evitar accidentes o dañarlo antes de instalar el sistema de bombeo en el lugar previsto.
Ensamble del sistema de bombeo	El ensamble se realizará en el lugar de la instalación final, ya que el proceso constructivo del sistema de bombeo, no permite realizar ninguna clase de pre-ensamble en ningún otro lugar. De esta manera se evita daños en los materiales.
Instalación del sistema de bombeo	Se procederá a realizar la instalación según los conocimientos técnicos propios para cada insumo. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar paneles FV en los postes, los cuales deben ser previamente instalados y cimentados en zapatas.</li> <li>• Colocación del cableado eléctrico entre paneles, protecciones, bomba (superficial y sumergible), etc.</li> <li>• Introducir la bomba en el pozo, luego conectar las tuberías de abastecimiento de agua desde bomba a tanque.</li> </ul>
Prueba de funcionamiento del sistema de bombeo por parte del técnico instalador	Una vez realizada la instalación completa del sistema y darle los toques finales, se realizará una prueba de funcionamiento de todo el sistema de bombeo, para verificar que todo esté operando de la manera prevista, bajo los estándares de calidad y seguridad prometidos.

Tabla 4.2- 2: Operaciones proyecto de bombeo fotovoltaico, caserío "El Tesoro".

LOGISTICA EXTERNA	
ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Visita técnica al lugar exacto donde se instalará el sistema de riego	Antes de instalar el sistema de riego, se dispondrá a realizar una inspección para conocer aspectos de limpieza del área de instalación, con respecto a sombra de árboles o maleza.
Manejo de materiales para la instalación del sistema de riego	Los materiales serán extraídos de la bodega y serán transportados con especial cuidado hasta el lugar exacto donde se procederá a descargar e instalar cada una de las partes involucradas.
Prueba del sistema en presencia del productor y firma de documento para confirmar prueba satisfactoria y aceptación del sistema	Luego de la instalación, se pondrá a funcionar el sistema completo para identificar la existencia de alguna posible falla. El cliente deberá firmar un formulario de recibido, dónde hará constar que el sistema ha sido entregado en perfectas condiciones.

Tabla 4.2- 3: Logística externa para proyecto de bombeo fotovoltaico, caserío "El Tesoro".

SERVICIOS	
ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Mantenimiento preventivo	<p>El mantenimiento preventivo se efectuará considerando cada componente del sistema.</p> <p>Panel solar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza mensual para evitar acumulación de polvo, se hará en época seca: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Inspección visual de posibles degradaciones (cada seis meses) Se controlará que ninguna célula se encuentre en mal estado (cristal de protección roto, normalmente debido a acciones externas).</li> <li>○ Se comprobará que el marco del módulo se encuentra en correctas condiciones (ausencia de deformaciones o roturas).</li> <li>○ Control de la temperatura del panel (anual) Se controlará que ningún punto del panel esté fuera del rango de temperatura permitido por el fabricante.</li> </ul> </li> <li>• Tanque de almacenamiento de agua: Limpieza del tanque para evitar la producción de bacterias o musgo cada 3 meses.</li> <li>• Bomba para agua: No requiere mantenimiento a menos que haya obstrucción por exceso de materiales como arena, algas, etc., altos niveles de acidez o baja de presión</li> <li>• Materiales metálicos: La estructura soporte de los paneles fotovoltaicos está fabricada íntegramente con perfiles de aluminio y tornillería de acero inoxidable, por lo que no requieren mantenimiento anticorrosivo. El mantenimiento de las mismas consistirá en: Anualmente: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Comprobación de posibles degradaciones (deformaciones, grietas, etc.).</li> <li>○ Comprobación del estado de fijación de la estructura a cubierta. Se controlará que la tornillería se encuentra correctamente apretada, controlando el par de apriete si es necesario. Si algún elemento de fijación presenta síntomas de defectos, se sustituirá por otro nuevo.</li> <li>○ Cerciorarse de que todas las juntas se encuentran correctamente selladas, reparándolas en caso necesario.</li> </ul> </li> </ul> <p>Limpieza total del área de la instalación: Esta limpieza se realizará cada 3 meses y consiste en la limpieza de los alrededores del sistema de riego para evitar la aparición de árboles, hierba o pasto.</p>
Mantenimiento correctivo	<p>Por falla o daño irreversible de alguno de los componentes del sistema de bombeo, el cual deberá ser realizado por un técnico especialista en sistemas FV o técnico electricista.</p>
Cumplimiento en los tiempos	<p>Se garantiza la instalación del sistema de riego en el tiempo específico detallado por la empresa, para evitar pérdida de trabajo en las actividades diarias por parte de los agricultores del caserío “El Tesoro”.</p>

Tabla 4.2- 4: Servicios para proyecto de bombeo fotovoltaico, caserío “El Tesoro”.

## Actividades Secundarias

ABASTECIMIENTO	
ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Elección de proveedores de componentes	<p>Se tendrá como proveedor de componentes para el sistema de bombeo a aquella empresa que cumpla con los requerimientos establecidos en materia de paneles solares fotovoltaicos, bomba, cables, protecciones y demás.</p> <p>Se buscará que la empresa suministre todos los componentes, pero si no fuera posible se buscarán proveedores independientes que posean los componentes necesarios y que sean compatibles. Además de ello deberá acordarse la garantía de funcionamiento de cada uno de los componentes, para garantizar el correcto funcionamiento del sistema.</p>
Obtención de Equipos, Herramientas y Materiales	La empresa que proveerá los insumos deberá tener como política el ofrecimiento del equipo y herramientas especializadas para la instalación.
Pago a Proveedores	El pago se hará con anticipo de un treinta por ciento, para luego de haber revisado cada componente recibido, e identificado que cumple las características de funcionamiento antes establecida, se procede a pagar el resto.

Tabla 4.2- 5: Abastecimiento del proyecto de bombeo fotovoltaico, caserío "El Tesoro".

DESARROLLO DE TECNOLOGÍA	
ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Tecnología Blanda	<p>El personal técnico instalador deberá contar con conocimientos en instalaciones de paneles solares, e hidráulica. Además se hará uso de un software para la simulación del sistema y para el diseño óptimo de la instalación en general.</p> <p>Entre las licencias de los programas que se utilizaran se encuentran:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Microsoft Windows 8.1 o posterior.</li> <li>• Licencia Microsoft office 2010 o posterior.</li> <li>• AutoCad 2016.</li> <li>• Licencia de PVSyst (u otro simulador de sistemas solares).</li> </ul>
Tecnología Dura	<p>El encargado de la instalación deberá contar con los conocimientos básicos de manejo, montaje, instalación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos. Asimismo el personal técnico deberá tener conocimientos para soldaduras y/u obra de banco para la elaboración de la estructura del sistema.</p> <p>El hardware informático con que se contara será el siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Computadoras portátiles.</li> <li>• Impresoras para papelería.</li> </ul> <p>Teléfonos celulares.</p>

Tabla 4.2- 6: Desarrollo de la tecnología para proyecto de bombeo fotovoltaico, caserío "El Tesoro".



ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS HUMANOS	
CARGO	PERFIL Y FUNCIONES
Propietario	<p>Este puesto será ocupado por el propietario de la propiedad donde será instalado el sistema de bombeo y será el encargado de las siguientes funciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recepción de la materia prima.</li> <li>• Cuido adecuado de la materia prima.</li> <li>• Brindar la materia prima en el momento exacto que se necesite.</li> <li>• Resguardo del sistema de bombeo.</li> </ul>
Trabajador (trabajos varios)	<p>Este puesto será ocupado por agricultores del lugar que serán capacitados con conocimientos en tratamiento de instalaciones de riego con energía solar y se encargarán de funciones como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza del área de instalación.</li> <li>• Mantenimiento periódico a cada dispositivo.</li> </ul>
Técnico	<p>El técnico (paneles solares y/o electricista) encargado de la instalación será especialmente capacitado en el área de paneles solares fotovoltaicos, instalación de bombas y tuberías de PVC.</p> <p><i>Técnico (Sistemas Fotovoltaicos)</i> Este puesto será ocupado por una persona especializada y con experiencia en instalaciones solares FV, mecánica de los materiales a utilizar de 3 a 5 años; con diploma de técnico o ingeniero en un área a fin.</p> <p>Sus funciones serán las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elegir materiales y equipo para el trabajo identificado.</li> <li>• Chequear los materiales y equipos a utilizar.</li> <li>• Transportar los materiales y equipos hasta el lugar de trabajo.</li> <li>• Responsable de la producción y avance de la obra en tiempos estipulados.</li> <li>• Coordinar actividades de supervisión.</li> </ul> <p><i>Técnico electricista</i> Este puesto será ocupado por una persona con experiencia en el área de 3 a 5 años mínimo; con un diploma o certificado en Técnico Electricista; con el objetivo de hacer constar que tiene los conocimientos exigidos.</p> <p>Sus funciones serán:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elegir materiales y equipo para el trabajo identificado.</li> <li>• Chequear los materiales y equipos a utilizar.</li> <li>• Transportar los materiales y equipos hasta el lugar de trabajo.</li> <li>• Responsable de la producción y avance de la obra en tiempos estipulados.</li> </ul> <p>Coordinar actividades de supervisión.</p>

Tabla 4.2- 7: Administración de recursos humanos para proyecto de bombeo fotovoltaico, caserío "El Tesoro".

INFRAESTRUCTURA DE LA EMPRESA (PROYECTO)	
ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Infraestructura del proyecto	<p>Sostenibilidad del proyecto (no contemplada como parte de este estudio)</p> <p>Siendo éste un proyecto piloto, pasado un año de funcionamiento habrá que proceder a realizar un levantamiento de información, la que servirá para evaluar los efectos debido al uso del nuevo sistema de bombeo. Para lo cual se plantean algunas estrategias y acciones.</p> <p>Estrategia: Evaluación de los efectos del proyecto. Objetivo: Verificar los resultados de la utilización del sistema de bombeo. Acción: Evaluar los resultados mediante entrevista y/o levantamiento de datos.</p> <p>Si el resultado de la anterior estrategia es positivo se procederá con la siguiente. Estrategia: Desarrollo de la sostenibilidad del sistema de bombeo FV. Objetivo: Impulsar el uso de la tecnología FV en la zona de estudio. Acción: Presentar a los demás agricultores de la zona los resultados de la prueba piloto, para promover el uso de la tecnología FV en la zona.</p> <p>Estrategia: Masificación del proyecto. Objetivo: Implementar la tecnología FV en otras zonas de cultivo. Acción: Presentar los resultados a entidades municipales o gubernamentales, ONG's etc.</p>

Tabla 4.2- 8: Infraestructura del proyecto de bombeo fotovoltaico, caserío "El Tesoro".

## 4.3 CAPACIDAD DEL PROYECTO

### 4.3.1 Tamaño o capacidad del proyecto

Una parte de las estrategias de las instalaciones es el tamaño del proyecto o capacidad que se necesita, lo cual se estima tanto por la demanda pronosticada, como por una decisión estratégica por parte los gestores del proyecto. Para determinarla, se contemplan factores como:

- Un clima estable según la estación del año, pues el diseño no contempla eventos atmosféricos irregulares, sequías, lluvias excesivas, ráfagas de viento con velocidades por encima del promedio, aumentos o disminuciones drásticas de temperatura, entre otros.
- Homogeneidad de la composición del suelo y profundidad de manto acuífero, así como humedad relativa del suelo constante, entre otros.

Esta información se obtuvo a partir del estudio previo de la zona de cultivo y sirven para pronosticar los parámetros de medición bajo los que estará comprendido el proyecto.

**Capacidad Diseñada:** Por definición, corresponde al máximo nivel posible de producción o de prestación de un servicio. La capacidad diseñada para éste proyecto es de un sistema de bombeo fotovoltaico, el cual suministrará un caudal de 14,110.47 litros por hora, adecuado para mantener los niveles de humedad del suelo necesarios para un buen desarrollo de los cultivos seleccionados.

**Capacidad instalada:** Capacidad máxima disponible permanentemente. La capacidad instalada será de un sistema de bombeo fotovoltaico, cuya capacidad de bombeo de agua será de 14,110.47 litros por hora, ese cálculo será presentado posteriormente en este estudio.

**Capacidad utilizada:** Es la fracción de capacidad instalada que se empleará y dependerá de las necesidades específicas de cada producto así como su fase de desarrollo, composición del suelo, etc. Así para el tomate se necesita en promedio 2.1 litros de agua por metro cuadrado al día<sup>68</sup> (misma cantidad por hora si solo se riega una hora al día; 1.05 litros por hora, para dos horas de riego al día) y para la sandía hasta de 6 litros por metro cuadrado al día<sup>69</sup>.

---

<sup>68</sup> [http://www.drcalderonlabs.com/Cultivos/Tomate/Requerimientos\\_Nutricionales.htm](http://www.drcalderonlabs.com/Cultivos/Tomate/Requerimientos_Nutricionales.htm)

<sup>69</sup> [http://www.agrosiembra.com/?NAME=r\\_c\\_sembrar&c\\_id=227](http://www.agrosiembra.com/?NAME=r_c_sembrar&c_id=227)

### 4.3.2 Factores que determinan la capacidad del proyecto<sup>70</sup>

Determinar el tamaño de una unidad de producción es una tarea limitada por las relaciones que existen entre los siguientes factores: Demanda, suministros e insumos, tecnología y equipos, financiamiento, organización y variables estacionales.

**La demanda:** Para el presente proyecto la demanda pronosticada será igual a la demanda esperada y considerando que es una prueba piloto, se entregará un sistema de bombeo; pasado un año y medio de prueba, se realizará un estudio del funcionamiento (no es parte de nuestra tesis) y si el análisis de los resultados obtenidos son favorables (es aprobado por los usuarios) así como factible para la inversión de los productores, se procedería a la instalación de sistemas de bombeo a otros interesados. El propósito del sistema es en primera instancia, asegurar la producción mediante un nivel de humedad apropiado a cada producto cultivado, asimismo, reducir los costos de producción respecto al actual por uso de combustible.

## 4.4 PROGRAMA DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

Para verificar los cambios en la producción actual con la instalación del sistema de bombeo FV, se dispuso a escoger dos productos que se cultivan actualmente en El Caserío El Tesoro, debido a que se cosechan de forma habitual cada año en verano, los escogidos son:

- **Sandía**
  - Humedad del suelo: 50% a 60% <sup>71</sup>.
  - Drenaje del suelo: Bueno (50% de agua<sup>72</sup>).
  - Producción actual: 7,042.25.0 kg<sup>73</sup> por manzana.

<sup>70</sup> Miranda Miranda, Juan José. Gestión de Proyectos, Identificación – Formulación, Evaluación. 4<sup>ª</sup> Ed. Pag. 129.

<sup>71,3</sup> <http://www.cadenahortofruticola.org/admin/bibli/418sandia.pdf> Documento: Guía técnica para el cultivo de la “Sandía”.

<sup>72</sup> Resultado de investigación sobre niveles de N-P-K y épocas de aplicación de fertilizantes MAG Costa Rica y Fundecooperacion.

<sup>73</sup> Productores de la zona.

- **Tomate**

- Humedad: Entre 70% a 80%<sup>74</sup>.
- Drenaje: Bueno (25% agua, 25% aire)<sup>75</sup>.
- Producción actual: 12,800 kg<sup>76</sup> por manzana.

La producción actual se determinó como el promedio de la producción, según los representantes de la asociación de agricultores de la zona, estableciendo un sesenta por ciento de humedad requerida en los suelos como límite superior.

El programa de producción se plantea para un año de prueba con un cien por ciento de humedad requerida en los suelos, siempre y cuando el sistema de bombeo fotovoltaico no presente falla y el pozo mantenga la capacidad de entrega del caudal requerido.

Así, la sandía necesita un máximo de sesenta por ciento de humedad, con el sistema de bombeo trabajando se asegura por lo menos al 90% de ese requerimiento; de igual forma para el tomate. Los resultados proyectados para la producción se presentan en la *Tabla 4.4- 1*, dónde se muestra el aumento en producto por manzana una vez se instale el sistema de bombeo FV.

Cultivo	Producción actual (60% de humedad) <sup>77</sup>	Producción a un año (100% de humedad usando sistema de bombeo FV)
Sandía	7,042.25 kg por manzana	10,563.38 kg por manzana <sup>78</sup>
Tomate	12,800.00 kg por manzana	19,200.00 kg por manzana <sup>79</sup>

*Tabla 4.4- 1: Programa de producción agrícola por manzana usando sistema de bombeo FV.*

<sup>74</sup> <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20Tomate.pdf> Documento: Guía Técnica Cultivo de Tomate, pag.: 12. Documento pdf descargado de: <http://ri.ues.edu.sv/1576/1/13101071.pdf>

<sup>75</sup> <http://www.agromovil.org/index.php/documentos/guias-tecnicas/hortalizas/114-manual-del-cultivo-de-tomate/file>. Documento: Manual del cultivo de tomate, por Boris Corpeño (Revisión agosto 2004).

<sup>76</sup> Productores de la zona.

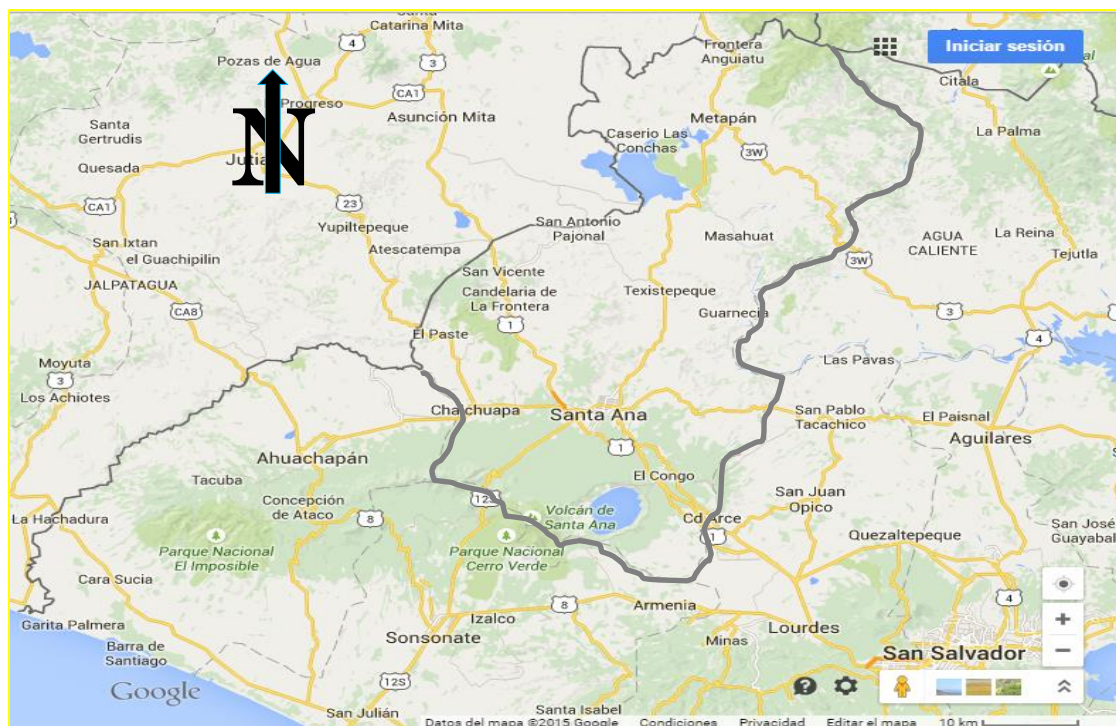
<sup>77</sup> Agricultores de la zona de estudio.

<sup>78</sup> Guía Técnica para el cultivo de sandía. CENTA. Datos en toneladas por hectárea, factor de conversión 1 tn = 1000 kg y 1 ha = 1.42 mz.

<sup>79</sup> Guía Técnica para el cultivo de tomate. CENTA. Datos en toneladas por hectárea, factor de conversión 1 tn = 1000 kg y 1 ha = 1.42 mz

## 4.5 LOCALIZACIÓN

### 4.5.1 Macro localización del proyecto<sup>80</sup>



Mapa 4.5- 1: Ubicación geográfica del Departamento de Santa Ana.

**Zona geográfica:** Zona Occidental.

**Departamento:** Santa Ana.

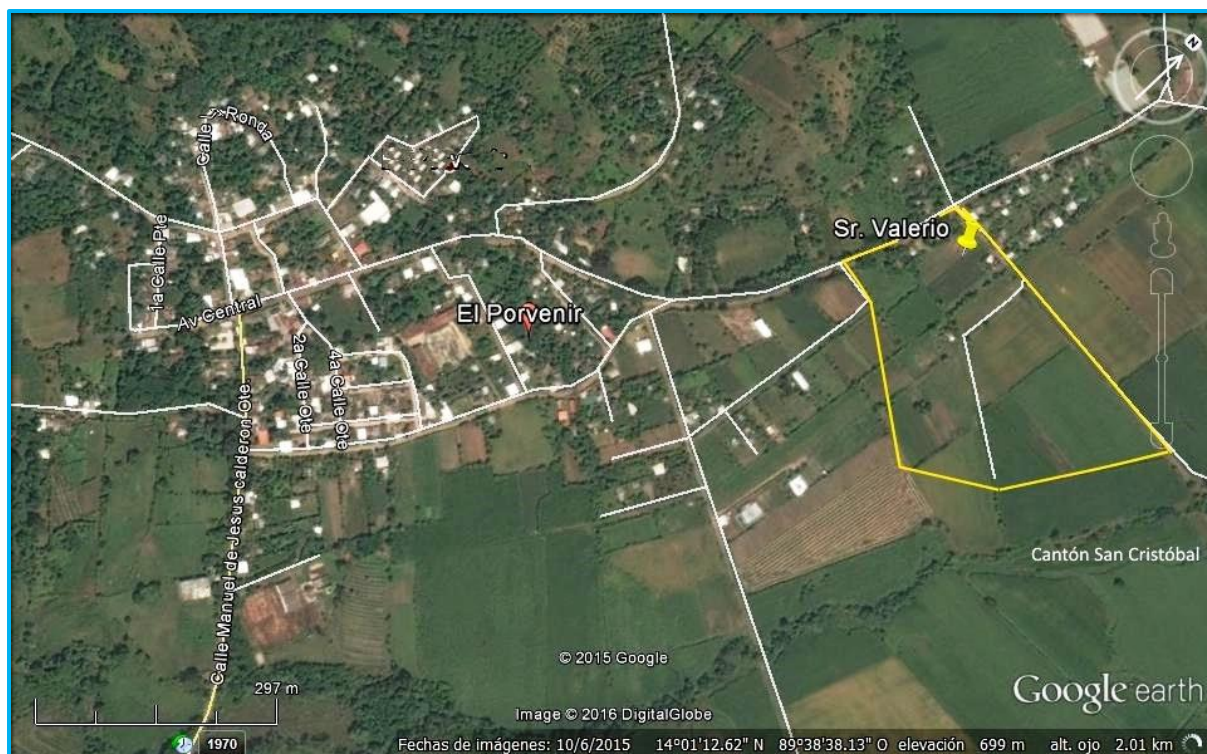
**Cabecera Departamental:** Santa Ana.

**Población:** 523,655 habitantes.

**Geografía:** El departamento de Santa Ana limita al norte con la república de Guatemala y parte del departamento de Chalatenango; al este con los departamentos de Chalatenango y La Libertad; al sur con el departamento de Sonsonate y al oeste con el departamento de Ahuachapán y la república de Guatemala. Se encuentra a una altitud de entre 500 y 3000 metros sobre el nivel del mar.

<sup>80</sup> Datos obtenidos de: [www.snet.gob.sv](http://www.snet.gob.sv)

#### 4.5.2 Micro localización del proyecto



Mapa 4.5- 2: Ubicación geográfica de las tierras de cultivo propiedad del señor Valerio.

El Porvenir es un municipio del departamento de Santa Ana, está limitado al Norte por Candelaria de La Frontera, al Este por Santa Ana; al Sur por Chalchuapa y San Sebastián Salitrillo y al Oeste por Chalchuapa<sup>81</sup>.

El caserío “El Tesoro” se localiza al norte del municipio, en el cantón San Cristóbal. En el Mapa 4.5- 2 se observa la ubicación de la zona de cultivo en general, y con viñeta amarilla se marca la propiedad del señor Valerio (22 manzanas), quien colaboró con el presente estudio.

<sup>81</sup> Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales: [www.marn.gob.sv](http://www.marn.gob.sv)  
 Wikipedia: [http://es.wikipedia.org/wiki/El\\_Porvenir\\_\(El\\_Salvador\)](http://es.wikipedia.org/wiki/El_Porvenir_(El_Salvador))  
<http://www.mipueblosugente.com/apps/blog/show/31962907-el-porvenir-santa-ana>  
 Aspectos Generales del Departamento de Santa Ana y sus Municipios. Universidad Francisco Gavidia.  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Santa\\_Ana\\_%28El\\_Salvador%29](http://es.wikipedia.org/wiki/Santa_Ana_%28El_Salvador%29)

## 4.6 INGENIERÍA DEL SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO

### 4.6.1 Definición técnica del producto o servicio

El producto que se entregará, es un sistema de bombeo para agua para el riego agrícola, accionado por medio de energía eléctrica generada por celdas fotovoltaicas; el cual abastecerá del vital líquido a los productos cultivados en la zona de estudio, permitiendo mantener (o elevar) la productividad de las tierras, con una reducción de los costos por riego.

Una instalación de bombeo fotovoltaico (FV) está compuesta principalmente por un generador FV comúnmente llamados paneles solares, los cuales son un arreglo de células fotovoltaicas, un motor/bomba, un pozo, un sistema de tuberías y un depósito de acumulación o tanque.

El sistema ha de estar debidamente instalado y protegido (*Gráfico 4.6- 1*), utilizando controladores, protecciones, sensores de nivel para el agua tanto en el pozo como en el depósito de acumulación (tanque) con el fin de evitar daños y desperdicio del agua así como la operación en vacío.



*Gráfico 4.6- 1: Componentes típicos de un sistema de bombeo fotovoltaico.*



En el *Gráfico 4.6- 2*, se detalla la configuración propuesta para el sistema de bombeo fotovoltaico (ver plano y sus componentes en la página siguiente), en el cual se observan los distintos componentes que lo conforman:

1. Paneles solares fotovoltaicos.
2. Estructura de soporte para paneles.
3. Cableado de conducción eléctrica: Cable fotovoltaico y cable para interiores.
4. Cajas de interruptores.
5. Protecciones contra sobretensiones.
6. Pozo.
7. Cable de alimentación sumergible.
8. Bomba.
9. Tubería de PVC para conducción de agua.
10. Tanque de captación para agua.
11. Tubería metálica.

Dado que la tierra no es plana, los rayos solares llegan a ésta en distintos ángulos según la región del planeta (hemisferio norte o sur), por lo que los paneles solares deben ajustarse a dicha inclinación para funcionar de manera eficiente, este ángulo de incidencia guarda estrecha relación con la latitud.

Existen diversos métodos para determinar el ángulo correcto, unos más complejos que otros, pero en este estudio se tomará el principio general, que dice que el ángulo de inclinación debe ser relativamente igual al ángulo de latitud del lugar. Para la zona en estudio este es alrededor de

14° latitud norte<sup>82</sup>, por lo que el ángulo al cual deberían colocarse los paneles es 14° respecto a la horizontal y con orientación hacia el sur<sup>83</sup>, dado que nuestro país se ubica en el hemisferio norte (*Gráfico 4.6-3*). De ésta forma se previene además, la acumulación de partículas de polvo y retención de agua lluvia, haciendo la limpieza y el drenaje más fácil. El ángulo de inclinación varía ligeramente en +10° para los meses de invierno<sup>84</sup>, pero cabe recordar que el sistema está previsto para funcionar mayormente en verano, por lo que dicha consideración queda descartada.

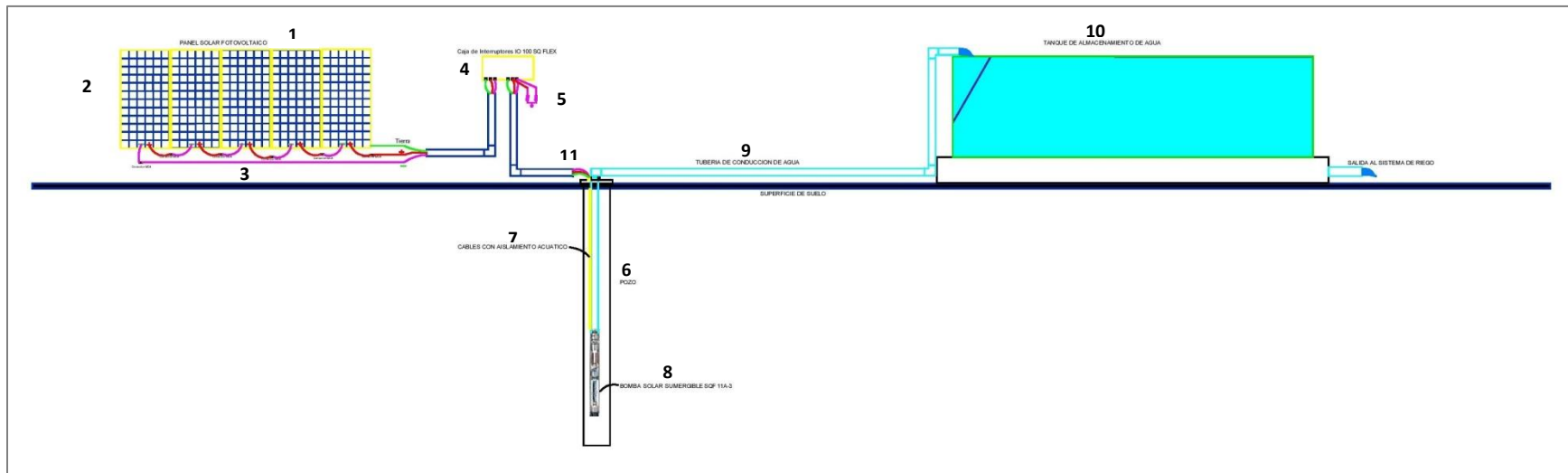


Gráfico 4.6- 2: Configuración propuesta del sistema de bombeo fotovoltaico, caserío “El Tesoro”, cantón San Cristóbal, municipio de El Porvenir, Santa Ana.

<sup>82</sup> Google Earth®

<sup>83</sup> [www.antusol.webcindario.com/instalacion.html](http://www.antusol.webcindario.com/instalacion.html), Herramienta en línea de determinación de ángulo de inclinación de paneles: [www.solarinnova.net/es/servicios/herramientas/fotovoltaica/brujula](http://www.solarinnova.net/es/servicios/herramientas/fotovoltaica/brujula) [http://www.uac.edu.co/images/stories/publicaciones/revistas\\_cientificas/prospectiva/volumen-10-no-1/11\\_articulo\\_vol\\_10\\_1.pdf](http://www.uac.edu.co/images/stories/publicaciones/revistas_cientificas/prospectiva/volumen-10-no-1/11_articulo_vol_10_1.pdf)

<sup>84</sup> Luis Bériz Pérez; Manuel Álvarez González. CUBAENERGIA. Influencia del ángulo de inclinación de una superficie captadora solar sobre la radiación incidente.

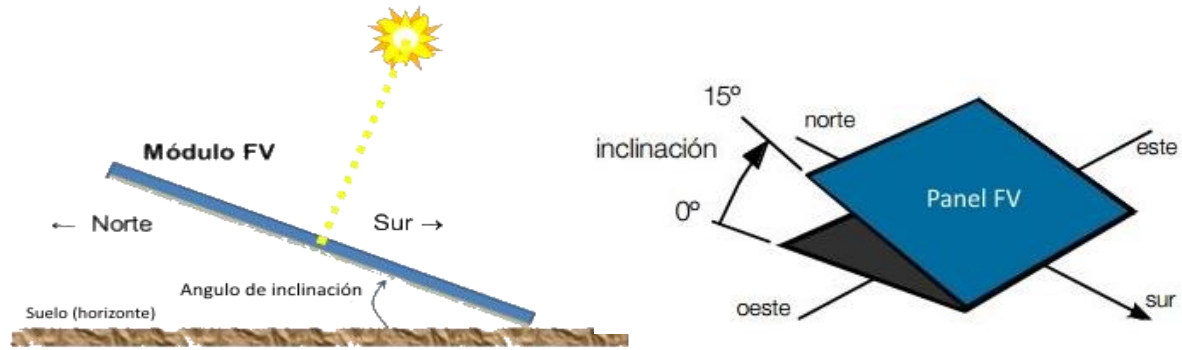


Gráfico 4.6- 3: Representación del ángulo de inclinación para paneles solares en la zona de estudio.

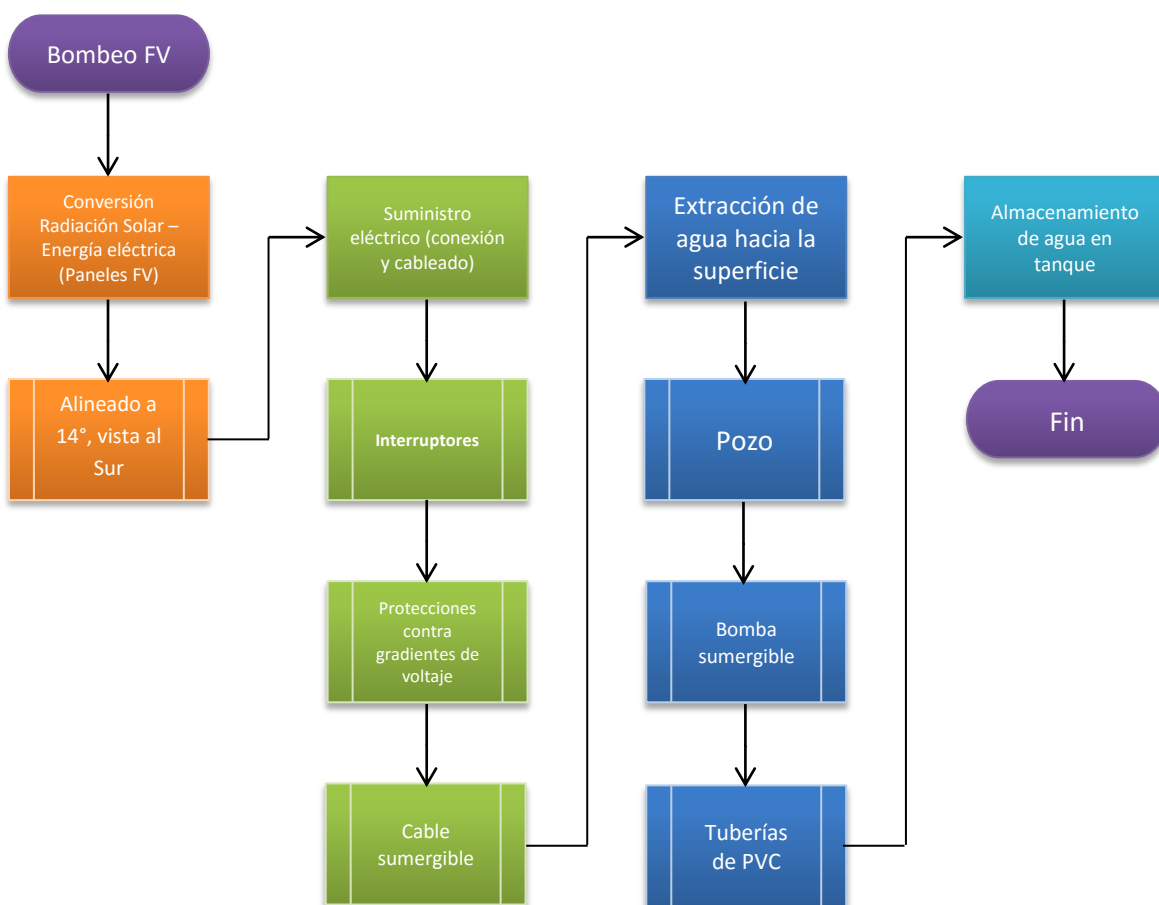
**Estructura de soporte:** Existen distintos tipos de estructuras de soporte para paneles FV algunos son más simples otros más complejos, según se requiera o se desee. Pueden ser prefabricados, pero también pueden hacerse de manera sencilla por un mecánico de obra de banco, se sugiere utilizar un material adecuado, de preferencia aluminio anodizado o acero galvanizado, para que sea resistente a la corrosión ambiental, los tornillos y pernos de sujeción deberán ser preferentemente de acero inoxidable. Sin embargo, se pueden reducir costos haciendo uso de tubos o columnas metálicas en general, siempre y cuando se protejan de la inclemencia de los elementos para prolongar su vida útil.



Gráfico 4.6- 4: Estructura de soporte para paneles solares FV.

Para la zona de estudio se recomienda usar un tipo de estructura similar al *Gráfico 4.6- 4*, con puesta a tierra, los paneles se montarán en un solo arreglo, sostenido por soportes de aluminio (o acero galvanizado), anclados a postes de acero galvanizado con bases de hormigón, para evitar que la humedad del suelo pueda deteriorarlos, además de aportar estabilidad ante el embate del viento; a una altura cercana a los dos metros para favorecer el drenaje de la lluvia y evitar la excesiva acumulación de polvo, así como un posible daño accidental a los paneles.

#### 4.6.2 Descripción y diseño del proceso principal



*Gráfico 4.6- 5: Diagrama de flujo del proceso principal "Bombeo Fotovoltaico".*

En el *Gráfico 4.6- 5* se representa el flujograma del proceso principal “Bombeo FV”, el cual consta de cuatro operaciones principales y otras siete secundarias.

- 1. Conversión energética:** La radiación solar es transformada por las celdas fotovoltaicas para convertirse en la energía eléctrica necesaria para accionar el sistema.
  - 1.1. Los paneles deben estar adecuadamente orientados (sur) y al ángulo correcto (14°) correspondiente a la ubicación de la zona de estudio.
- 2. Suministro eléctrico:** La energía eléctrica es transportada desde los paneles por cables especiales para accionar la bomba.
  - 2.1. Se conectan interruptores para encendido y apagado del sistema.
  - 2.2. Se conecta la protección contra sobretensiones.
  - 2.3. Acoplo de cable sumergible para suministro eléctrico de la bomba.
- 3. Extracción de agua:** Desde el acuífero subterráneo hasta la superficie.
  - 3.1. Se prepara el pozo, retirando materiales como exceso de arena, limo, u otros, dado que la zona ya cuenta con pozos perforados y habilitados para tal fin.
  - 3.2. Se instala la bomba verificando una profundidad adecuada y nivel hidráulico de al menos un metro sobre la bomba.
  - 3.3. El agua es transportada a la superficie por tuberías de PVC.
- 4. Almacenamiento de agua:** En un tanque, pileta, cisterna o similar, se almacena agua para ser posteriormente distribuida según se desee a los cultivos por gravedad.

## **Dimensionado**

Antes de dimensionar el sistema de bombeo de agua, es necesario comprender y manejar las variables hidráulicas. El dimensionamiento del sistema es función de la carga dinámica total (CDT) y del volumen requerido de agua por el usuario, a la suma de esto se le conoce como “ciclo hidráulico”.

La carga dinámica total es la suma de la carga estática (CE) y la carga dinámica (CD):

$$CDT = CE + CD$$

$$CDT = (\text{Nivel estático} + \text{Altura de descarga}) + (\text{Abatimiento} + \text{fricción})$$

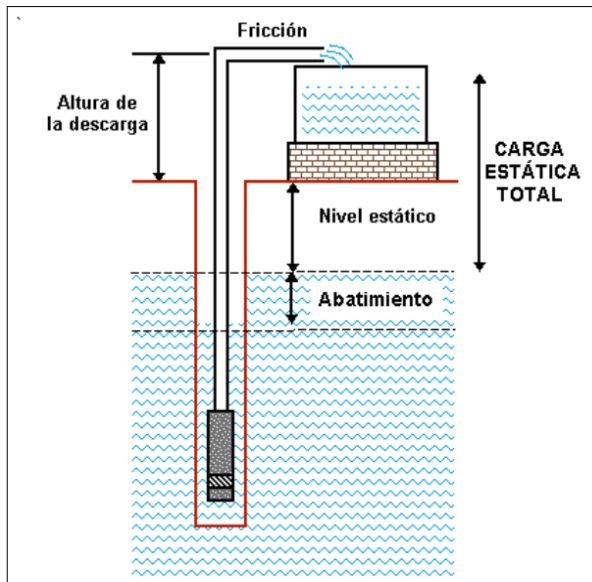


Gráfico 4.6- 6: Esquema de carga estática.

**Carga estática CE:** Se obtiene con mediciones directas del lugar, siendo la distancia vertical que el agua se desplaza desde el nivel de espejo de agua antes del abatimiento del pozo hasta la altura en que se descarga el agua.

Por lo tanto, la carga estática es la suma del nivel estático más la altura de descarga. En el Gráfico 4.6- 6, se muestran estos componentes.

**Carga dinámica CD (fricción):** Todos los pozos presentan abatimiento cuando se bombea agua, siendo este la distancia que baja el nivel del agua debido a la extracción, y se presenta como un aumento de la presión causado por la resistencia al flujo de agua debido a la rugosidad de las tuberías y accesorios.

Para calcular la carga dinámica es necesario encontrar la distancia que recorre el agua desde el punto en que el agua entra a la bomba hasta el punto de descarga, incluyendo las distancias horizontales, como el material de la tubería y el diámetro de la misma.

Con la información se puede calcular el factor de varias maneras: valor por omisión, tablas de fricción, fórmula de Manning.

**Valor por omisión:** La carga dinámica es aproximadamente el 2% de la distancia recorrida por el agua o se toma como la longitud total de la tubería afectada por el factor antes mencionado.

**Tablas de fricción:** Existen tablas (*Tabla 4.6- 1*) que indican el porcentaje de pérdida por fricción que se deben considerar con base al caudal, diámetro y material de la tubería.

**Formula de Manning:** Es un método matemático que se puede utilizar por medio de la ecuación:

$$H_f = \kappa \cdot L \cdot Q^2$$

Dónde:

**H<sub>f</sub>:** Es el incremento en la presión causada por la fricción y expresada en distancia lineal.

**κ:** Es una constante empírica con unidades (m<sup>3</sup>/s)<sup>-2</sup>.

**L:** Es la distancia total recorrida por el agua en las tuberías.

**Q:** Es el caudal de agua en metros cúbicos por segundo.

Material	Diámetro en pulgadas				
	0.5	0.75	1	1.5	2
PVC	9,544,491	1,261,034	291,815	31,282	7,236
Galvanizado	19,909,642	2,631,046	608,849	65,263	15,097

*Tabla 4.6- 1: Valores de la constante κ usada en la fórmula de Manning.*

**Selección de bomba:** Las bombas centrífugas y volumétricas ofrecen diferentes alternativas para distintos rangos de aplicación. Todas las bombas tienen que usar la energía en forma eficiente, por esta razón el proyectista debe saber qué bomba es la adecuada para el proyecto según generalidades, la selección se complica debido a la multitud de marcas y características de cada bomba, como ejemplo, un solo fabricante puede ofrecer más de 20 bombas y cada una tiene un rango óptimo de operación.

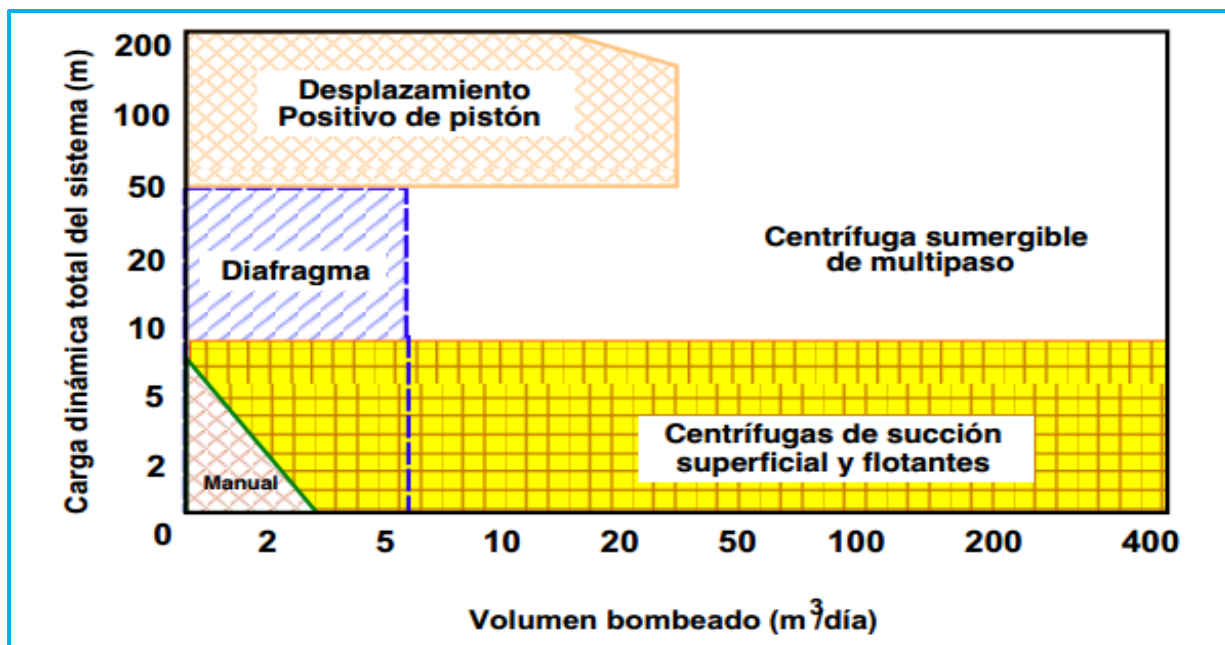


Gráfico 4.6- 7: Intervalos de aplicación de los distintos tipos de bombas fotovoltaicas.

Las bombas más eficientes son las de desplazamiento positivo de pistón, pero no son recomendables para gastos medianos y grandes a baja carga dinámica total. Por ejemplo una bomba de palanca puede llegar a tener una eficiencia de más del 40%, mientras una centrifuga puede tener una eficiencia baja tan baja como del 15%. El Gráfico 4.6- 7, muestra el tipo de bomba que se recomienda en función de la carga dinámica total del sistema de bombeo. La Tabla 4.6- 2, muestra los distintos sistemas de bombeo fotovoltaico con la eficiencia afectada por la carga dinámica total.

Carga dinámica total (metros)	Tipo de sistema de bombeo	Eficiencia (%)
5	Centrífuga de superficie	25
20	Centrífuga de superficie	15
20	Centrífuga sumergible	25
20 a 100	Centrífuga de paso múltiple	35
50 a 100	Desplazamiento positivo	35
Más de 100	Desplazamiento positivo (de palanca)	45

Tabla 4.6- 2: Eficiencia de los distintos sistemas de bombeo en función de la carga dinámica total.



A continuación, la *Tabla 4.6- 3* muestra las ventajas y desventajas de cada tipo de bomba fotovoltaica.

Bombas fotovoltaicas	Características y ventajas	Desventajas
<b>Centrífugas sumergibles</b>	<p>Comúnmente disponibles.            Pueden tolerar pequeñas cantidades de arena.            Pueden utilizar el agua como lubricante.            Cuentan con motores CC de velocidad variable o CA.            Manejan flujos altos.            Operan a cargas dinámicas grandes.            Tienen un diseño modular que permite obtener más agua al agregar más módulos fotovoltaicos.</p>	<p>Tienen un rango de eficiencia estrecho con respecto a la CDT.            Se dañan si trabajan en seco.            Deben extraerse para darles mantenimiento.            Sufren desgaste acelerado cuando se instalan en fuentes corrosivas.</p>
<b>Centrífugas de succión superficial</b>	<p>Comúnmente disponibles.            Pueden tolerar pequeñas cantidades de arena.            Son de fácil operación y mantenimiento por ser superficiales.            Cuentan con motores de CC de velocidad variable o CA.            Manejan flujos altos.            Manejan cargas dinámicas altas, aunque no son capaces de succionar más de 8 metros.</p>	<p>Tienen un rango de eficiencia estrecho con respecto a la CDT.            Sufren desgaste acelerado cuando se instalan en fuentes corrosivas.            Pueden dañarse por el congelamiento en climas fríos.</p>
<b>Desplazamiento positivo de pistón</b>	<p>Soportan cargas dinámicas muy grandes.            La producción puede variarse ajustando la carrera del pistón.</p>	<p>Requieren de reemplazo regular de sellos del pistón.            No toleran arenas o sedimentos.            La eficiencia se reduce a media que el pistón pierde la capacidad de sellar el cilindro.            Debe extraerse el pistón y el cilindro del pozo para reparar los sellos.            No dan grandes flujos.</p>
<b>Diafragma</b>	<p>Operan a cargas menores de 40 metros.            Son muy económicas.</p>	<p>No toleran arenas o sedimentos.            No trabajan a cargas dinámicas grandes.            Bajos flujos.</p>

*Tabla 4.6- 3: Ventajas y desventajas de los distintos tipos de bombas fotovoltaicas.*

El tipo de bomba seleccionado será la bomba centrífuga sumergible (ver Diseño analítico paso 13, en la página 115), debido a que se adapta bien al tipo de pozo, profundidad del espejo de agua, por su capacidad de manejo de flujos altos, eficiencia y demás características, las cuales se muestran en la *Tabla 4.6- 3*.

## Pasos para el diseño óptimo del sistema de bombeo fotovoltaico

Con base en los datos obtenidos del Estudio Diagnóstico previamente elaborado, se procede a realizar el cálculo para el diseño del sistema de bombeo.

### Diseño analítico<sup>85</sup>

1. **Volumen de agua necesario (m<sup>3</sup>/día):** Encontrar el requerimiento según necesidad. El volumen que utilizan en el porvenir es de 1 hora por la mañana y 1 por la tarde con lo que se tiene una demanda de 66 m<sup>3</sup> por día<sup>86</sup> aplicando riego por goteo.
2. **Insolación del sitio (kWh/día):** Determinar las horas pico día.  
Según el estudio “Determinación del potencial solar y Eólico SWERA”, realizado en colaboración de MARN, SNET, UCA, el sitio tiene un promedio de 4.92 kWh/día.
3. **Régimen de bombeo (m<sup>3</sup>/h):** Es calculado de la siguiente forma:  

$$\text{Régimen de bombeo} = (\text{Volumen a desplazar}) / (\text{Potencial de la zona}) = \text{Régimen de bombeo}$$

$$\text{Régimen de bombeo} = (66 \text{ m}^3/\text{día}) / (4.92 \text{ kWh/día}) = 13.41 \text{ m}^3/\text{h}$$
4. **Nivel estático (m):** Nivel medido desde el nivel del suelo hasta espejo de agua.  
Para la zona de estudio es de **3 metros**.
5. **Abatimiento (m):** Nivel medido desde el nivel estático hasta el mínimo nivel de espejo de agua cuando opera la bomba, o puede ser obtenido por referencia del usuario.  
Para la zona de estudio es de **2 metros**.
6. **Altura de descarga (m):** Medida desde el nivel del suelo hasta el punto de descarga o almacenamiento de agua.  
Para la zona de interés es de **2 metros**.
7. **Carga estática (m):** Calcular distancia vertical del recorrido del agua desde el nivel más bajo hasta el punto de descarga.  
Para la zona de estudio es de **7 metros**.
8. **Recorrido adicional de tubería:** Aquí se incluye la distancia del nivel de abatimiento y otras distancias que no se han tomado en cuenta.  
Para la zona de estudio es de **6 metros**.

<sup>85</sup> Guía para el desarrollo de proyectos de Bombeo de Agua con Energía Fotovoltaica. Vol.1 Libro de Consulta. P.: 41-45.

<sup>86</sup> Equivalente a la capacidad de bombeo actual (a máxima demanda en estación seca) de 275 litros por minuto, estimado por productores de la zona mediante método empírico, el cual consiste en medir el tiempo que tardan en llenar un barril con agua (45 a 50 segundos).

**9. Recorrido total de la tubería (m):** Distancia total de tubería por donde pasa el agua.

Para la zona de estudio es de **13 metros**.

**10. Factor de fricción (Decimal):** Es la presión causada por el agua al pasar por las tuberías, si no cuenta con mucha información puede usar el 2% o factor de omisión.

**11. Carga por fricción(m):** Es obtenido de multiplicar el paso 9 y 10

(Recorrido de la tubería)(Factor de fricción por omisión) = carga por fricción

$$\text{Carga por fricción} = (13 \text{ metros})(0.02) = \mathbf{0.26 \text{ metros}}$$

**12. Carga estática:** Anotar el mismo valor del paso 7.

Así, carga estática = **7 metros**.

**13. Carga dinámica total (m):** Calculada a partir del paso 11 y 12.

Carga por fricción + Carga estática = Carga Dinámica total

$$\text{CDT} = 7 \text{ metros} + 0.26 \text{ metros} = \mathbf{7.26 \text{ metros}}$$

*Con la información obtenida es posible seleccionar la bomba adecuada consultando la hoja de datos de los fabricantes. Se propone utilizar bomba **centrífuga sumergible**, por las características del pozo y la eficiencia de la misma (Tabla 4.6- 3).*

**14. Volumen de agua necesario (l/d):**  $V_{an} = (66\text{m}^3/\text{día})(1000 \text{ l/m}^3) = \mathbf{66,000 \text{ l/d}}$

**15. Carga dinámica total (m):** Valor obtenido en paso 13.

Así, carga dinámica total = **7.26 metros**

**16. Factor de conversión:** El factor  $367 \text{ l-m/Wh}^{87}$  se usa para calcular la energía en watts-hora necesarias para levantar un litro de agua a una distancia de un metro. Este valor es constante física.

La energía necesaria para levantar 1 litro de agua a una altura de 1 metro es dado por  $(367 \text{ l-m/Wh} / \text{Carga dinámica total}) = \text{Factor de conversión}$

$$\text{FdC} = (367/7.26) = \mathbf{50.5 \text{ l/ Wh}}$$

**17. Energía hidráulica (Wh/día):** Del paso 14, 15 y 16 calcular la energía total para elevar el agua.

$((\text{Volumen necesario})(\text{Carga Dinámica}))/ 367\text{l.m/Wh} = \text{Energía Hidráulica}$

$$\text{EHid} = ((66000 \text{ l/d})(7.26 \text{ m}))/367\text{l.m/Wh} = \mathbf{1,305.61 \text{ Wh/día}}$$

---

<sup>87</sup> Solar Energy: Renewable Energy and the Environment By Robert Foster, Majid Ghassemi, Alma Cota.

**18. Eficiencia de la bomba (decimal):** Energía eléctrica transformada a hidráulica, esta información es según fabricante, si no dispone de esta información utilice los valores por omisión presentados a continuación.

Carga dinámica total (metros)	Tipo de sistema de bombeo	Eficiencia (%)
5	Centrífuga de superficie	25
20	Centrífuga de superficie	15
20	Centrífuga sumergible	25
20 a 100	Centrífuga de paso múltiple	35
50 a 100	Desplazamiento positivo	35
Más de 100	Desplazamiento positivo (de palanca)	45

Por lo tanto es de 0.35. Eficiencia = 35%

**19. Energía del arreglo fotovoltaico (Wh/día):** Calcular este valor a partir de los obtenidos en los pasos 17 y 18.

(Energía Hidráulica)/ (Eficiencia por omisión) = Energía de arreglo fotovoltaico

$$EaFV = (1,305.61 \text{ Wh/día}) / (0.35) = 3,730.31 \text{ Wh/día}$$

**20. Voltaje nominal del sistema (V):** Este voltaje es tomado del controlador o inversor a utilizar. Siendo de **146 voltios DC<sup>88</sup>**.

**21. Carga eléctrica (Ah/día):** Calcular a partir de paso 19 y 20

Energía del arreglo/ Voltaje nominal = Carga Eléctrica

$$(3730.31/146) = 25.55 \text{ Ah/día}$$

**22. Factor de rendimiento del conductor (Decimal):** Los conductores para sistemas fotovoltaicos tienen un rendimiento de un 95% (o 0.95).

**23. Carga eléctrica corregida (Ah/día):** Requerida después de considerar las pérdidas consideradas en el paso 22.

Carga Eléctrica/Factor de rendimiento = Carga eléctrica corregida

$$CECorr = (25.55 \text{ Ah/día}) / 0.95 = 26.89 \text{ Ah/día}$$

**24. Insolación (kWh/m<sup>2</sup>/día):** Tomar el valor de paso 2.

Por lo tanto, Insolación = **4.92 kWh/m<sup>2</sup> día**

**25. Corriente del proyecto (en Amperios):** Obtenerla de paso 23 y 24

(Carga Eléctrica Corregida/ Insolación) = Corriente del proyecto

$$CdProy = ((26.89 \text{ Ah/día}) / (4.92 \text{ kWh/m}^2 \text{ día})) = 5.47 \text{ A}$$

<sup>88</sup> Catálogo de productos Grundfos: SQFlex [www.grundfos.com.mx](http://www.grundfos.com.mx)

**26. Factor de reducción del módulo (decimal):** Debido a temperatura y degradación con el tiempo, polvo, y otros factores suponer 95% en cristalinos y 70% en amorfos.

**27. Corriente ajustada del proyecto (en Amperios):** Es la corriente mínima del arreglo necesaria para activar el sistema de bombeo obtenido del paso 25 y 26.

Corriente del proyecto/ Factor de reducción del módulo = Corriente ajustada

$$CoAj = (5.47A / 0.95) = 5.75 A$$

**28. Corriente Imp del módulo (en Amperios):** De hoja de datos del panel fotovoltaico<sup>89</sup>.

Para el caso, corriente Imp del módulo = **8.30 A**

**29. Módulos en paralelo:** Da el número de módulos que se deben conectar en paralelo, si el valor encontrado no es un número entero, tome el número entero inmediato superior a la fracción. Se debe conectar 1 cadena (arreglo) de módulos, debido a que la corriente del módulo utilizado es superior a la necesaria.

**30. Voltaje nominal del sistema:** Tomado del paso 20.

Por lo tanto, voltaje nominal del sistema = **146 voltios DC**

**31. Voltaje Vmp del módulo:** Se obtiene de hoja técnica del fabricante del panel solar<sup>90</sup>.

$$Vmpp = 30.1 \text{ voltios}$$

**32. Módulos en serie:** Necesario para producir la tensión del sistema, si no obtiene un número entero tome el entero próximo superior.  $V/Vmpp=n$ , así  $146/30.1 = 4.85 \approx 5$

*Se deben conectar 5 módulos en serie para formar 146 Voltios.*

**33. Módulos en paralelo:** Tomar valor de paso 30.

Por lo tanto, 1.

**34. Total de módulos:** Multiplicar pasos 32 y 33 para este dato.

$(1 \times 5) = 5$  módulos fotovoltaicos en el sistema.

**35. Corriente Imp del módulo:** Tomarlo del paso 28

Así, **8.30 Amperios**

**36. Voltaje Vmp:** Tomarlo del paso 31.

Así, **30.1 Voltios en DC**

**37. Tamaño del sistema fotovoltaico (W):** Obtenido de multiplicar los pasos 34, 35 y 36.

$$(5 \text{ módulos})(8.30 \text{ Amperios})(30.1 \text{ Voltios DC}) = 1,249.15 \text{ Watts}$$

<sup>89</sup> Ficha técnica módulos fotovoltaicos CS6P 220/225/230/235/240/245/250P [www.canadiansolar.com](http://www.canadiansolar.com).

<sup>90</sup> Ficha técnica módulos fotovoltaicos CS6P 220/225/230/235/240/245/250P [www.canadiansolar.com](http://www.canadiansolar.com).

**38. Módulos en paralelo:** Tomarlo del paso 33

Por lo tanto, 1.

**39. Corriente Imp del módulo:** tomarlo de paso 35.

Corriente Imp del módulo = 8.30 Amperios.

**40. Voltaje nominal del sistema:** Tomarlo de paso 20.

Voltaje nominal del sistema = 146 voltios en DC.

**41. Factor de rendimiento del sistema:** De paso 18.

Factor de rendimiento del sistema = 0.35.

**42. Factor de conversión:** tomarlo de paso 16.

Factor de conversión = 367 l-m/Wh

**43. Insolación:** Tomarlo de paso 2.

Insolación = 4.92 h-pico/día.

**44. Factor de reducción del módulo:** Tomarlo de paso 26

Factor de reducción del módulo = 0.95

**45. Carga dinámica total:** Tomarlo de paso 13

Carga dinámica total = 7.26 metros.

**46. Agua bombeada (L/día):** Calcular de multiplicar los pasos 38, 27, 40, 41, 42, 43, 44 entre paso 45.

Módulos	Corriente Ajustada	Voltaje	Rendimiento bomba	Factor de Conversión	Insolación	Factor de Reducción	Carga Dinámica
1	5.75	146	0.35	367	4.92	0.95	7.26

(Módulos)(Corriente)(Voltaje)(Rendimiento)(Factor de conversión)(Factor de reducción)/(Carga dinámica) = **Agua Bombeada**

$$ABom = (1 \times 5.75 \times 146 \times 0.35 \times 367 \times 4.92 \times 0.95) / 7.26 = \mathbf{69,423.56 \text{ l/día}}$$

**47. Agua bombeada:** Anotar del paso 46.

Agua bombeada = **69,423.56 l/día.**

**48. Insolación del sitio:** Tomarlo de paso 43.

Insolación del sitio = **4.92 h-pico/día.**

**49. Régimen de bombeo (L/h):** Calcular el régimen de agua y compararlo con la capacidad de la fuente de agua y con el valor obtenido en las tablas de determinación del mes tomado como referencia o promedio de bombeo.

Agua Bombeada / Insolación del sitio = Régimen de bombeo

$$RBom = (69,423.56 / 4.92) = \mathbf{14, 110.47 \text{ litros por hora (14.12 m}^3\text{/h)}}$$

Para corroborar el diseño, se hace referencia a las tablas dadas por el fabricante de la bomba y el valor determinado en forma analítica debe estar próximo al presentado en tablas del fabricante de bombas para el ejemplo “Grundfos®” (Gráfico 4.6- 8).

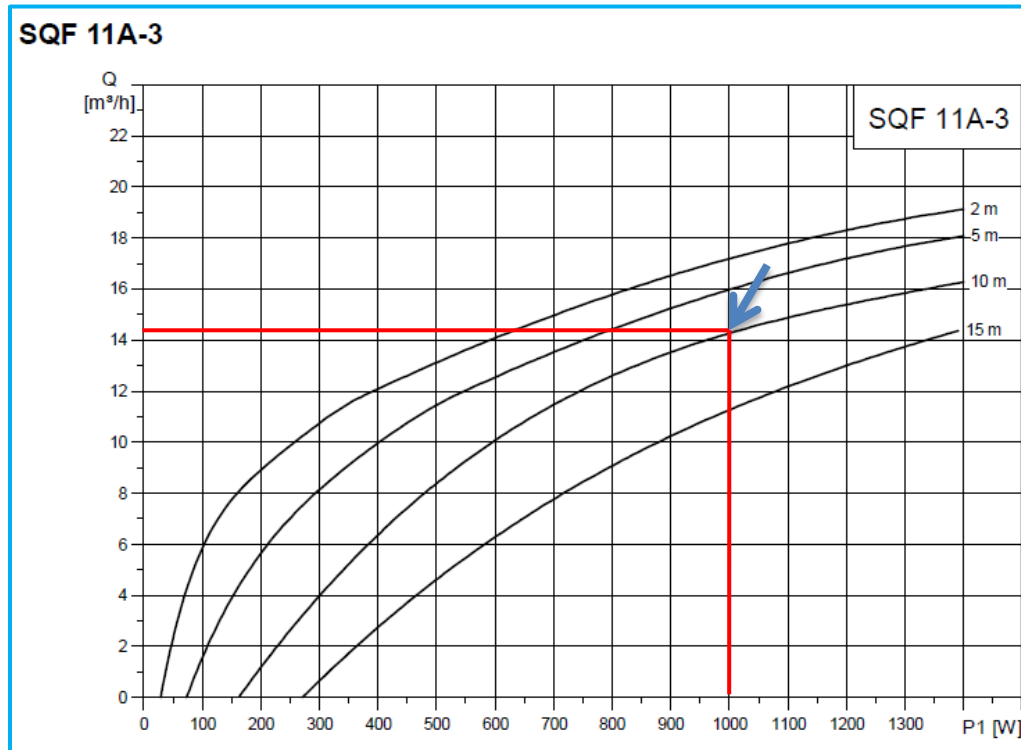


Gráfico 4.6- 8: Tabla de referencia para bomba SQF 11A-3 marca Grundfos®.

Se observa (Gráfico 4.6- 8) que la curva perteneciente a una carga dinámica de 10 metros es la próxima mayor al diseño del proyecto, y se se puede ver que para una potencia de 1000 watts, el caudal bombeado es de **14,200 L/hora**, mientras en forma analítica se obtiene **14,110.47 L/hora**, siendo un resultado excelente.

### 4.6.3 Planos y especificaciones

En el Mapa 4.6- 1 se observa la ubicación propuesta para los tres principales componentes de sistema de bombeo, en la propiedad del Señor Valerio, se ha hecho uso de letras para representarlos, así: “FV” representa a los paneles fotovoltaicos y su respectiva plataforma de soporte, “P-B” representa pozo y bomba sumergible, “T” representa el tanque de captación,

pileta o similar. Por último se muestra una flecha curva y color naranja, la cual esquematiza la trayectoria del sol a lo largo del día.



Mapa 4.6- 1: Ubicación propuesta del sistema de bombeo fotovoltaico en la propiedad del señor Valerio.

La posición de los distintos componentes obedece a algunas condiciones que ya están dadas, por ejemplo, los pozos (hay más de uno en la propiedad) ya existen por lo que no se pueden cambiar de ubicación sin incurrir en costos adicionales; además, el pozo seleccionado ofrece un caudal adecuado para abastecer el sistema y el tanque ya está construido en ese lugar. Por último la ubicación de paneles se propone en esa zona para evitar que sean obstruidos por alguna sombra de los árboles.



#### 4.6.4 Selección de tecnología

Para la realización de éste proyecto, es necesario contar con el software y hardware adecuado, que permita realizar la investigación, análisis y diseño del sistema de bombeo FV, las herramientas informáticas más importantes se describen a continuación.

##### **Tecnología blanda**

**Microsoft Windows 8.1<sup>91</sup>**: Aquí se incorporaron innovaciones para ofrecer una experiencia táctil, con una alta movilidad y siempre conectada. Es avanzado y ofrece lo mejor en diseño de hardware y tecnología. Personal, con una gama de opciones que incluyen dispositivos, diseños y pantallas. Proporciona una selección de excelentes aplicaciones, más entretenimiento basado en la nube, más opciones de comunicación y almacenamiento, y una Web superior con nuevas experiencias de navegación y búsqueda. Excelente compatibilidad con un sin número de aplicaciones y programas de otros fabricantes, así como dispositivos de toda clase. Será el sistema operativo por defecto en las computadoras que se utilizarán en el proyecto por el equipo de trabajo.

**Microsoft Office 365<sup>92</sup>**: Es una solución completa que ofrece a los usuarios la capacidad de trabajar en cualquier momento y desde cualquier lugar, comunicarse por videoconferencia con cualquier persona, compartir su trabajo en tiempo real y con total seguridad, utilizar el correo electrónico, el calendario y la información de los contactos desde prácticamente todo tipo de dispositivos, disponer de una intranet de colaboración para todos los empleados y controlar toda la información de la empresa con robustos controles de seguridad y privacidad. Se utilizará para

---

<sup>91</sup> <http://windows.microsoft.com/es-xl/windows-8/why-windows>

<sup>92</sup> <http://products.office.com/es/business/explore-office-365-for-business>

la redacción de los informes, documentos y estudios que forman parte del proyecto de bombeo fotovoltaico.

**AutoCAD<sup>®93</sup>**: Es un software reconocido a nivel internacional por sus amplias capacidades de edición, que hacen posible el dibujo digital de planos de edificios o la recreación de imágenes en 3D. Será utilizado para la creación del dibujo donde se expondrán los componentes del sistema y la configuración propuesta del mismo.

**PVSyst<sup>®</sup> Photovoltaic Software<sup>94</sup>**: Es una herramienta que sirve para desarrollar instalaciones fotovoltaicas que permite el estudio, la simulación y análisis de datos. Permite dimensionar el tamaño de las instalaciones teniendo en cuenta la radiación solar que recibiría en función de su ubicación, tiene en cuenta la proyección de sombras y la simulación del movimiento del sol durante el día. Es el software utilizado por el asesor externo del equipo de trabajo, para el dimensionado del sistema fotovoltaico una vez recolectadas las variables del lugar.

**Google Earth<sup>®95</sup>**: Es un programa informático que muestra un globo virtual que permite visualizar múltiple cartografía, con base en la fotografía satelital. Se utilizará para la visualización y ubicación de los sitios geográficos de interés, facilitando la toma de coordenadas y otra información similar.

**Google Maps<sup>®96</sup>**: Es un servidor de aplicaciones de mapas en la web que pertenece a Google. Ofrece imágenes de mapas desplazables, así como fotografías por satélite del mundo e incluso la ruta entre diferentes ubicaciones. Servirá para la ubicación de puntos específicos como calles y carreteras, rutas de acceso, límites del municipio y mucho más.

---

<sup>93</sup> <http://www.autodesk.es/products/autocad/features/all/gallery-view>

<sup>94</sup> <http://www.pvsyst.com/> y <http://energiadoblezero.com/herramientas-de-diseno-y-calculo/pvsyst>

<sup>95</sup> [es.wikipedia.org/wiki/Google\\_Earth](http://es.wikipedia.org/wiki/Google_Earth)

<sup>96</sup> [es.wikipedia.org/wiki/Google\\_Maps](http://es.wikipedia.org/wiki/Google_Maps)

## Tecnología dura

El hardware seleccionado es un laptop moderna con un sistema operativo Windows 8.1 64bits, marca HP, modelo HP 15 Notebook PC 15-h006la, cuyas características se describen en la *Tabla 4.6- 4*, la que servirá de soporte para los programas y aplicaciones necesarias durante la realización del proyecto.

Nombre del producto	HP 15 Notebook PC 15-h006la <sup>97</sup>
<b>Número de producto</b>	F4H29LA
<b>Microprocesador</b>	Procesador acelerado AMD E1-2100 de 1,0 GHz
<b>Caché del microprocesador</b>	1 MB de caché de nivel 2
<b>Memoria</b>	SDRAM DDR3L de 4GB (1 DIMM)
<b>Ranuras de memoria</b>	Una accesible para el usuario
<b>Gráficos de vídeo</b>	Tarjeta gráfica AMD Radeon HD 8210
<b>Pantalla</b>	Pantalla con retroiluminación LED de alta definición BrightView de 15,6 pulgadas en diagonal (1366 x 768)
<b>Unidad de disco duro</b>	Disco duro de 500GB (5400 RPM)
<b>Unidad multimedia</b>	Grabadora de DVD SuperMulti
<b>Tarjeta de red</b>	LAN Ethernet 10/100BASE-T (conector RJ-45)
<b>Conectividad inalámbrica</b>	WLAN 802.11b/g/n 1x1
<b>Sonido</b>	Audio de alta definición con altavoces estéreo
<b>Teclado</b>	Teclado tipo isla de tamaño normal con teclado numérico
<b>Dispositivo señalador</b>	Touchpad compatible con multigestos, sin botón activar/desactivar
<b>Puertos externos</b>	Lector de tarjetas multimedia digitales multiformato para tarjetas Secure Digital 1 SuperSpeed USB 3.0 2 Bus Serie Universal (USB) 2.0 1 HDMI 1 RJ-45 (LAN) 1 conector combinado de salida de auriculares/entrada de micrófono
<b>Dimensiones</b>	2,53cm (altura) x 37,8cm (largo) x 25,9cm (ancho)
<b>Peso</b>	2190g
<b>Alimentación</b>	Adaptador de CA de 45W Batería de polímero de iones de litio de 2,8 Ah, 31 Wh y 3 celdas
<b>Descripción de mecanismos de identificación</b>	Cámara web frontal de alta definición HP TrueVision con micrófono digital integrado

*Tabla 4.6- 4: Descripción de las características del modelo de computadora portátil utilizado*

<sup>97</sup> [support.hp.com/lamerica\\_nsc\\_cnt\\_amer-es/product/HP-15-Notebook-PC-series/6894379/model/6878451/document/c04093779](http://support.hp.com/lamerica_nsc_cnt_amer-es/product/HP-15-Notebook-PC-series/6894379/model/6878451/document/c04093779)

#### 4.6.5 Materiales e insumos



Imagen 4.6- 1: Panel solar CS6P Canadian Solar

**Paneles solares fotovoltaicos:** Los paneles solares fotovoltaicos se componen de celdas que convierten la luz en electricidad. Dichas celdas se aprovechan del efecto fotovoltaico, mediante el cual la energía luminosa produce cargas positivas y negativas en dos semiconductos próximos de distinto tipo, por lo que se produce un campo eléctrico con la capacidad de generar corriente. Se usarán 5 (250W).

**Marca:** Canadian Solar<sup>®98</sup>.

**Modelo:** CS6P, es un robusto módulo solar grande equipado con 60 células solares. Pueden utilizarse para aplicaciones

solares conectadas a la red.

#### *Aplicaciones*

- Instalaciones conectadas a red o aisladas sobre tejado residencial.
- Instalaciones conectadas a red o aisladas sobre tejado comercial/industrial.
- Plantas solares.
- Otras aplicaciones conectadas a la red y aisladas.

#### *Características principales*

- El mejor clasificado para una producción energética más alta, según PVUSA (PTC) en California.
- 6 años de garantía (materiales y mano de obra); 25 años de garantía de producción.
- Módulo de marco robusto, sometido a una prueba de carga mecánica de 5400 Pa.
- Altamente fiable en atmósferas corrosivas, verificado según el test de corrosión por niebla salina IEC61701.

<sup>98</sup> Ficha técnica módulos fotovoltaicos CS6P 220/225/230/235/240/245/250P [www.canadiansolar.com](http://www.canadiansolar.com).

- Primer fabricante de la industria fotovoltaica certificado según la norma ISO: TS16949 (es sistema de gestión de calidad en el sector del automóvil) en producción de módulos desde 2003.
- ISO17025 para el laboratorio de pruebas del propio fabricante, en estricto cumplimiento de las normas de prueba IEC, TUV y UL.

### Certificados de calidad

- IEC 61215, IEC 61730, IEC 61701, UL 1703, aprobado CEC, CE, KEMCO, MCS.
- ISO9001:2008: Normas para los sistemas de gestión de calidad.
- ISO/TS 16949:2009: El sistema de gestión de calidad en el sector del automóvil.
- QC 080000 HSPM: El certificado sobre las normativas sobre sustancias peligrosas.

Datos eléctricos y técnicos se muestran a continuación<sup>99</sup> (Gráfico 4.6- 9):

<b>Datos eléctricos</b>		CS6P-220P	CS6P-225P	CS6P-230P	CS6P-235P	CS6P-240P	CS6P-245P	CS6P-250P
Potencia nominal máxima en STC (Pmax)		220W	225W	230W	235W	240W	245W	250W
Tensión de funcionamiento óptimo (Vmp)		29.2V	29.4V	29.6V	29.8V	29.9V	30.0V	30.1V
Corriente de funcionamiento óptimo (Imp)		7.53A	7.65A	7.78A	7.90A	8.03A	8.17A	8.30A
Tensión de circuito abierto (Voc)		36.6V	36.7V	36.8V	36.9V	37.0V	37.1V	37.2V
Corriente de corto circuito (Isc)		8.09A	8.19A	8.34A	8.46A	8.59A	8.74A	8.87A
Temperatura de trabajo		-40°C~+85°C						
Tensión máxima del sistema		1000V (IEC) /600V (UL)						
Valor máximo del fusible de la serie		15A						
Tolerancia de potencia		+5W						
Coeficiente de temperatura	Pmax	-0.43%/°C						
	Voc	-0.34 %/°C						
	Isc	0.065 %/°C						
	NOCT	45°C						

\*Condiciones estándar de prueba (STC): Irradiación de 1000 W/m<sup>2</sup>, espectro AM 1,5 y temperatura de la célula de 25°C

<b>Datos técnicos</b>	
Tipo de células	Policristalino
Disposición de las células	60 (6 x 10)
Dimensiones	1638 x 982 x 40 mm (64.5 x 38.7 x 1.57 in)
Peso	20 kg (44.1 lbs)
Cubierta frontal	vidrio templado
Material del marco	aleación de aluminio anodizado
Embalaje (módulos por palet)	20pcs

Gráfico 4.6- 9: Datos eléctricos y técnicos del módulo FV marca Canadian Solar, modelo CS6P-250P

<sup>99</sup> Ficha técnica módulos fotovoltaicos CS6P 220/225/230/235/240/245/250P [www.canadiansolar.com](http://www.canadiansolar.com).

## Sistema de bombeo fotovoltaico

**Marca:** Grundfos®.

**Modelo:** SQFlex Solar Water Package.

SQFlex<sup>100</sup> es un sistema hecho en base a las necesidades del cliente, el cual se complementa con la bomba sumergible SQFlex, una caja de control y una fuente alterna de energía. El sistema es fácil de instalar y usar, incluso bajo las condiciones más difíciles. El paquete estándar contiene:

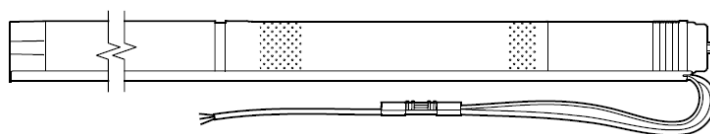
**Bomba sumergible SQFlex:** La línea completa de bombas SQFlex consta de 11 diferentes tamaños de bombas: 5 bombas de rotor helicoidal para cargas altas o medias y para flujos medios o bajos, 6 bombas centrífugas para cargas medias o bajas y para flujos altos o medios. Disponible en dos diferentes tipos de acero inoxidable: AISI 304 como estándar y AISI 316 para agua ligeramente agresiva. Con un motor de alta eficiencia para voltaje AC o DC, esto facilita su selección y dimensionamiento, además cuentan con dispositivos de protección incorporados, que protegen a la bomba y en muchos casos al pozo. Para este proyecto se utilizará una bomba **SQF**

**IIA-3.** Algunas de estas características son:

- Protección contra corrido en seco, sobrecarga y sobrecalentamiento,
- Reinicio automático cuando el agua regresa al pozo o cuando la temperatura del motor regresa a un nivel seguro.
- Monitoreo constante de carga y voltaje.

Está disponible únicamente como unidad completa y consta de (*Gráfico 4.6- 10*):

- Motor
- Cable de 2.0 m con electrodo de nivel de agua y manguito.
- Protector de cable.



*Gráfico 4.6- 10: Esquema de bomba SQF, cableado y electrodo de nivel*

<sup>100</sup> Catálogo de productos Grundfos: SQFlex [www.grundfos.com.mx](http://www.grundfos.com.mx)

<b>Bomba SQF</b>	
Suministro a la bomba	30-300 V DC, PE. 1 x 90-240 V -10%/+6%, 50/60 Hz, PE.
Tiempo de arranque	Dependiendo de la fuente de potencia.
Arranque/parada	Número ilimitado de arranques/paradas por hora.
Grado de protección	IP 68.
Protección de motor	Incorporada en la bomba. Protección contra <ul style="list-style-type: none"> <li>• marcha en seco mediante un electrodo de nivel de agua</li> <li>• sobrevoltaje y subvoltaje</li> <li>• sobrecarga</li> <li>• sobretemperatura.</li> </ul>
Conductividad	≥ 70 µs/cm (micro siemens).
Nivel de ruido	El nivel de ruido de la bomba es inferior a los valores límite indicados en la Directiva sobre Maquinaria de la CEE.
Ruido radioeléctrico	SQF cumple con la Norma CEM 89/336/CEE. Homologada según las normas EN 61000-6-2 y EN 61000-6-3.
Función de rearme	SQF puede rearmarse mediante el CU 200 o desconectando la potencia de suministro durante 1 minuto.
Factor de potencia	PF = 1.
Funcionamiento mediante generador	Tensión: 230 V AC -10%/+6%. La salida del generador debe ser de <ul style="list-style-type: none"> <li>• mínimo 1 k VA (bombas de rotor helicoidal)</li> <li>• mínimo 1,5 k VA (bombas centrifugas).</li> </ul>
Diferencial a tierra	Si la bomba está conectada a una instalación eléctrica donde se utiliza un diferencial a tierra (ELCB) como protección adicional, tiene que ser del tipo que se dispara cuando se producen derivaciones a tierra de corriente continua (pulsante).
Diámetro de perforación	SQF 0,6, SQF 1,2, SQF 2,5: Mínimo: 76 mm. SQF 3A, SQF 5A, SQF 8A, SQF 11A: Mínimo: 104 mm.
Profundidad de instalación	Mínimo: La bomba tiene que estar completamente sumergida en el líquido de bombeo. Máximo: 150 m por encima del nivel estático del agua (15 bar).
Filtro de aspiración	Orificios del filtro de aspiración: SQF 0,6 (N), SQF 1,2 (N), SQF 2,5 (N): ø2,3 mm. SQF 3A (N), SQF 5A: ø2,5 mm. SQF 5A N, SQF 8A (N), SQF 11A (N): 4 mm x 20 mm.
Líquidos bombeados	pH 5 a 9. Contenido de arena hasta 50 g/m <sup>3</sup> .

Gráfico 4.6- 11: Detalles técnicos y eléctricos de la Bomba sumergible.

## Caja de interruptores IO 100

### SQFlex:

El IO 100 es un interruptor on/off (arranque/parada) para conectar y desconectar la tensión de alimentación del sistema. Se utiliza con sistemas SQFlex alimentados

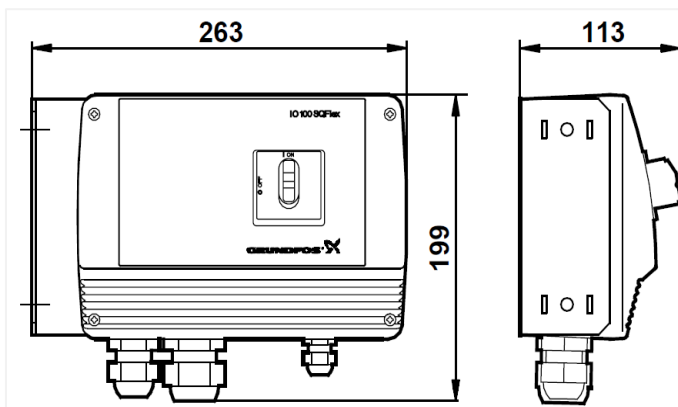


Gráfico 4.6- 12: Esquema de interruptor IO 100 SQFlex. Medidas en milímetros

sólo por paneles solares. La caja de interruptores IO 100 está diseñada especialmente para los sistemas solares SQFlex. Permite el arranque y parada manual de la bomba en un sistema SQFlex Solar y funciona como una caja de conexiones que une todos los cables necesarios.

Caja de interruptores IO 100 SQFlex	
Tensión	Máximo 300 V DC, 8.4 A. Máximo 265 V AC, 8.4 A.
Grado de protección	IP 55.
Temperatura ambiente	Durante el funcionamiento: -30°C a +50°C. Durante el almacenaje: -30°C a +60°C.

Gráfico 4.6- 13: Detalles técnicos y eléctricos de la caja de interruptores.

**Estructura de soporte:** Para una fácil colocación y sujeción, de aluminio anodizado.

### Cables de alimentación eléctrica

**Cables fotovoltaicos:** Especialmente diseñados para resistir las exigentes condiciones ambientales que se producen en cualquier tipo de instalación fotovoltaica. Usar cableado especial ayudará a conseguir la máxima eficiencia de las instalaciones FV, garantizando la evacuación de la energía producida durante toda la vida útil de la instalación (Tabla 4.6- 5).

Características de los cables fotovoltaicos					
Resistencia a la intemperie	Temperatura máxima del conductor 120 °C	Resistencia a temperaturas bajas extremas -40 °C	Resistencia a los rayos ultravioletas (UV)	Resistencia al ozono	Resistencia la absorción de agua
Vida útil	30 años				
Resistencia mecánica	Resistencia al impacto	Resistencia a la abrasión		Resistencia al desgarro	
Ecología y alta seguridad	Ecológico y resistente a la acción de roedores	Libre de halógenos	Baja emisión de gases corrosivos	Baja opacidad de humos	No propagador del incendio

Tabla 4.6- 5: Características físicas de los cables fotovoltaicos.

**Sumergible:** Uso general en la alimentación de bombas sumergibles, perfil plano de gran flexibilidad y resistencia a la humedad y abrasión (Tabla 4.6- 6).

Datos técnicos de cables sumergibles				
Propiedades	Alta confiabilidad, baja absorción de humedad, estabilidad dimensional, flexible, resistente a: Ácidos, agentes químicos, álcalis, golpes, grasas, abrasión, contaminación atmosférica, corrosión, gasolina, humedad, intemperie, tensión mecánica, hidrocarburos, solventes químicos, aceite, aplastamiento, maltrato mecánico, rasgado, propagación de flama. Fácil de instalar y seguro de manejar.			
Tensión	Temperatura	Aislamiento	Cubierta externa del cable	Calidad
Hasta 1000 V	Normal 75 °C Sobrecarga 105 °C Cortocircuito 150 °C	Polietileno (PE)	Policloruro de Vinilo (PVC)	ISO 9001:2008

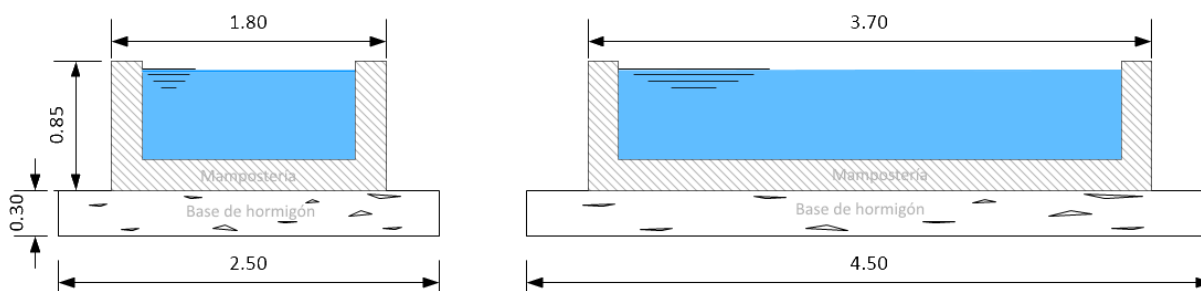
Tabla 4.6- 6: Principales características de los cables sumergibles.



**Cable de refuerzo:** Diámetro de 2 mm. (3 m.), de acero inoxidable DIN W.-Nr. 104401, asegura la bomba sumergible. El kit está compuesto además de sujetacables, para sujetar el cable y el cable de sujeción a la tubería de elevación, deben colocarse cada 3 m.; abrazadera de cable de acero inoxidable DIN W.-Nr. 104401, dos por bucle.

**Otros:** Tubería de PVC (13 m.), codos de PVC a 90° (4), adaptadores macho-hembra (10), pegamento para PVC, cemento (Portland), grava#1, arena.

**Tanque de almacenamiento para agua:** No está contemplado como parte de la propuesta de componentes del sistema de bombeo FV, esto debido a que ya forma parte de la infraestructura actual, por lo que se aprovechará su presencia, lo que no haría incurrir en gastos adicionales<sup>101</sup>. En el *Gráfico 4.6-14* se detallan sus dimensiones y forma geométrica, cabe mencionar que su capacidad (alrededor de 4.48 m<sup>3</sup>) es mucho menor a la capacidad de bombeo por hora del sistema (aproximadamente 14.2 m<sup>3</sup>), sin embargo esto no constituye un problema, dado se puede programar el encendido y apagado para no sobrepasar el nivel máximo; otra opción es colocar un sensor de nivel, que corte automáticamente el caudal de agua hacia el tanque; una tercera opción, es mantener el caudal de forma tal que el tanque se vacíe a la misma velocidad a la que el agua es bombeada. Incluso se podría prescindir del tanque (siendo otro tipo de configuración de sistema de bombeo FV, la cual no es contemplada en el presente estudio).



*Gráfico 4.6- 14: Tanque de almacenamiento para agua.*

<sup>101</sup> Para ver otras características del tanque y su costo de fabricación, ver la sección de anexos: Anexo 5.

## 4.7 RECURSOS HUMANOS INVOLUCRADOS

El personal que se requiere para llevar a cabo el presente proyecto no es muy numeroso dadas las características del mismo, tanto así que el personal de planta se reduce a por lo menos tres personas, el propietario de la tierra, uno o dos trabajadores y técnico(s).

**Propietario:** Dueño de las tierras de cultivo beneficiadas con el sistema de bombeo fotovoltaico, es el encargado de proveer el sitio de instalación, recurso hídrico mediante pozo de puntera, financiamiento requerido ya sea por capital propio o mediante solicitud de crédito a entidad financiera o como en este caso, donación. Facilitará espacio de almacenamiento (bodega) de materiales de ser requerido y alguna maquinaria o equipo que sean de su propiedad, a su vez, coordinará y verificará los tiempos de entrega del sistema y el correcto funcionamiento del mismo, estipulará las responsabilidades en el mantenimiento preventivo y correctivo. Deberá ser capacitado por el instalador del sistema sobre su uso adecuado para transmitirlo a su personal y notificar cualquier tipo de fallos o deterioro del mismo.

**Trabajador(es):** Para actividades varias, como almacenamiento y resguardo de la materia prima antes y durante la instalación del sistema, a las órdenes del propietario para cualquier actividad relacionada que le sea demandada, fungirá como ayudante del técnico instalador mientras se efectúen los trabajos de instalación, responsable del mantenimiento preventivo y limpieza del mismo, será capacitado por el técnico instalador o el propietario para la correcta utilización del sistema. Ayudará en la elaboración de las zapatas de hormigón, anclaje y colocación de la estructura de soporte de los paneles, así como otras actividades relativas a los mismos.

**Técnico(s) instalador/electricista:** Responsable del dimensionamiento y diseño del sistema de bombeo, instalación, montaje y puesta en funcionamiento del mismo, con certificado, diploma o título que compruebe sus conocimientos y posea experiencia en el área. Coordinará junto con el propietario los requerimientos para la instalación del sistema, tiempo de entrega, capacitará al propietario y/o responsable de utilizar el sistema, acerca del uso correcto y medidas preventivas para evitar el deterioro prematuro del mismo. Hará las pruebas necesarias antes de entregar la obra. Verificará que la materia prima se encuentre en buen estado y sea la necesaria tanto en características técnicas como en calidad y cantidad. Una vez entregada la obra, sus funciones habrán terminado a menos que se produzca un daño o defecto de funcionamiento por fallo netamente de los componentes del sistema dentro del tiempo estipulado de la garantía, y no tiene responsabilidad sobre daños causado por mal manejo o uso inadecuado del sistema, así como del deterioro normal del sistema o sus partes individuales, vandalismo, entre otros.

## 4.8 MAQUINARIA Y EQUIPO

No se requiere de equipos especializados para el **montaje** y **puesta en marcha** del sistema, sin embargo, el propietario tiene a su disposición alguna maquinaria que puede ser utilizada, entre ellos un tractor con distintos acoples



*Imagen 4.8- 1: Tractor propiedad del agricultor.*

(Imagen 4.8- 1), un vehículo pick-up. Además de otras herramientas como escaleras, plataformas de madera, cadenas, lazos, cuerdas, etc.

## 4.9 MARCO LEGAL DEL PROYECTO

### 4.9.1 Normativas que rigen el proyecto

Existen en El Salvador muchas leyes y reglamentos que rigen la puesta en marcha de proyectos como el que se aborda en el presente estudio, por lo que no hay que pasar por alto lo referente a inscripción y seguimiento que realizan las instituciones del Estado como, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y Ministerio de Agricultura y Ganadería, en su función entes garantes y fiscalizadores del buen uso de los recursos naturales y el desarrollo de las zonas agrícolas del país. La *Tabla 4.9-1* muestra algunas de las más importantes disposiciones legales que rigen el proyecto a formular en éste estudio.

La Ley de Medio Ambiente, su Reglamento y la normativa del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), son los instrumentos legales que se deben de tomar en cuenta a fin de cumplir con la reglamentación en temas medioambientales. Con base en esta ley, los costos adicionales para un proyecto fotovoltaico conectado a la red de hasta *100 kW* por obras de mitigación se descartan para el presente proyecto, debido a las características del mismo, pues no se conectará a red en primer lugar y a que se clasifica dentro del ***Grupo A: Actividades, obras o proyectos con bajo potencial de impacto ambiental.***

*Estas obras no requieren presentar documentación ambiental según el documento de “Categorización de actividades, obras o proyectos conforme a la Ley del Medio Ambiente”, el cual se complementó a mediados del 2012 a fin de incluir la energía solar, recurso hídrico y el recurso geotérmico, vigente según el Acuerdo No. 33 de fecha 8 de mayo de 2012, publicado en el Diario Oficial No. 105, Tomo 395 de fecha 8 de junio de 2012.*

Ley/Reglamento	Capítulo	Artículo(s)
Ley de riego y avenamiento (20/04/2012)	I Disposiciones fundamentales	3
	III Régimen de permisos y concesiones	10, 12, 13
	IV De las aguas subterráneas	20, 21, 22, 24, 27
Reglamento de la Ley de riego, avenamiento y actividades conexas	II Aprovechamiento y distribución de las aguas con fines de riego	10 – 16 / 17-21
	III Tramitación y resolución de las solicitudes de permisos y concesiones de aguas con fines de riego	22 - 50
	VIII Aguas subterráneas	92 - 104
Ley del medio ambiente (22/02/2014)	Parte I Título III Instrumentos de la política de medio ambiente Capítulo IV Sistema de evaluación ambiental	22
	Título V Prevención de la contaminación Capítulo III Prevención de la contaminación	48
	Parte II Disposiciones especiales Título VI Recursos naturales Capítulo Único	61 – 64
	Título VII Recursos naturales renovables Capítulo I Aprovechamiento sostenible	65
Reglamento General de la Ley del Medio Ambiente (21/03/2000)	Parte I General Título III De los instrumentos de la política del medio ambiente Capítulo II De la evaluación ambiental	20-22
	Título IV De la protección ambiental Capítulo único De la prevención y el control de la contaminación	69-70
	Capítulo II De las aguas y los ecosistemas acuáticos	96-101
	Capítulo VIII Aguas subterráneas	92-104
Código Municipal (04/07/2000)	-	25-27

Tabla 4.9- 1: Normativas que rigen el proyecto de bombeo fotovoltaico, caserío “El Porvenir”.

El proyecto no incumple las normativas que le rigen (Tabla 4.9- 1), por lo que no hay impedimento legal para su ejecución.

#### 4.9.2 Estructura organizativa del proyecto



Gráfico 4.9- 1: Estructura organizativa del proyecto (líneas punteadas para personal externo temporal).

### 4.10 CONCLUSIONES

- Mediante análisis de la cadena de valor (*Gráfico 4.2-2*), se determina que existen condiciones adecuadas para llevar a cabo tanto actividades primarias como secundarias (o de apoyo). Por ejemplo en Operaciones (primaria), una de las más importantes el traslado de los insumos hasta el lugar de ensamble, las vías de comunicación terrestres lo permiten. Respecto a las actividades de apoyo, estas son igualmente realizables sin contratiempo.
- La capacidad diseñada e instalada que tendrá el proyecto será de un sistema de bombeo fotovoltaico.
- El ángulo de inclinación al cual deben ser colocados los paneles fotovoltaicos respecto a la horizontal será de  $14^\circ$ , asimismo su cara deberá estar orientada hacia el sur.

- Los paneles solares serán montados en una estructura de aluminio, misma que será soportada por tres postes de acero galvanizado.
- La capacidad de bombeo del sistema será de 14,110.47 litros/hora (14.12 m<sup>3</sup>/h).
- La configuración propuesta del sistema de bombeo se compone de 5 paneles policristalinos de 250 W marca Canadian Solar<sup>®</sup>, montados en un soporte de aluminio anodizado anclados a postes de acero galvanizado, a una altura de dos metros, un SQFlex Solar Water Package<sup>®</sup> marca Grunfos<sup>®</sup> (bomba sumergible SQFlex 11A-3), interruptores SQFlex IO 100, cable de alimentación sumergible con electrodo de nivel y demás accesorios.
- En el lugar existe un tanque para el almacenamiento del agua, por lo que no se requiere construirlo.
- Los recursos humanos necesarios son: Propietario de la tierra donde se instalará el sistema, trabajador (es) que ayudarán durante la instalación y posteriormente realizaran mantenimiento al mismo y técnico(s) instalador/electricista que será responsable del ensamble de los componentes y puesta en marcha del sistema (la primera vez, como prueba de que funciona correctamente).
- Respecto al marco legal, no existe ningún impedimento para la instalación del sistema propuesto, ya que no se incumple con ninguna ley de la república ni reglamento (*Tabla 4.9-1*).

# **CAPÍTULO V**

## **ESTUDIO ECONÓMICO**



## 5.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO ECONÓMICO

### *General*

- Realizar un análisis económico de la implementación de un sistema de bombeo fotovoltaico en caserío “El Tesoro”, Cantón San Cristóbal, Municipio de El Porvenir, Departamento de Santa Ana.

### *Específicos*

- Calcular los costos, presupuesto de inversión y presupuesto de operación del proyecto.
- Establecer la línea base de costos y fuente de financiamiento del proyecto.

## 5.2 ESTRUCTURA DE LA INVERSIÓN

A continuación se presenta el listado de componentes e insumos del sistema de bombeo fotovoltaico que serán la base para elaborar la estructura de inversión del proyecto.

1. Paneles fotovoltaicos.
2. Estructura de soporte para paneles:  
Soporte tipo “H” en aluminio para 5 paneles.  
Poste de acero 4” de 3 m.
3. Cable de conducción eléctrica (Fotovoltaico y cable para interiores).
4. Caja de interruptores.
5. Protecciones contra sobretensiones.
6. Protección contra rayos.
7. Cable de alimentación sumergible 3 m.
8. Bomba centrífuga sumergible.
9. Tubería de PVC 3”.
10. Uniones PVC 3”.
11. Codos PVC 90° 3”.
12. Pegamento para PVC 1/8 Gal.
13. Flotador interruptor.
14. Conectores macho y hembra.
15. Barra de polo a tierra y cable de puesta a tierra.
16. Hormigón para zapatas (cemento, grava #1, arena de río).

### 5.2.1 Presupuesto de inversión

La *Tabla 5.2- 1* muestra el presupuesto de inversión para el proyecto, dicha inversión se realizará una sola vez para instalar el sistema de bombeo.

Insumo, componente o actividad	Costo unitario <sup>102</sup>	Cantidad	Costo (Año 0)
Paneles fotovoltaicos	\$341.26	5	\$1,706.30
Soporte tipo "H"	\$385.00	1	\$385.00
Poste de acero 4"	\$19.34	3	\$58.02
Cable fotovoltaico	\$2.14	15 m	\$32.00
Caja de interruptores	\$451.00	1	\$451.00
Protección (sobretensiones)	\$22.16	1	\$22.16
Protección (rayos)	\$74.42	1	\$74.42
Cable (sumergible)	\$4.20	3 m	\$12.60
Bomba	\$2,285.00	1	\$2,285.00
Tubería de PVC 3"	\$1.83	13	\$23.79
Unión PVC 3"	\$2.80	2	\$5.60
Codo PVC 3"	\$6.70	3	\$20.10
Pegamento para PVC ½ Gal.	\$17.25	1	\$17.25
Flotador interruptor	\$38.00	1	\$38.00
Conectores macho y hembra	\$2.25	5(5)	\$22.50
Barra de polo a tierra	\$12.50	1	\$12.50
Cable de puesta a tierra	\$6.67	3 m	\$20.01
Hormigón	\$37.80	±1 m <sup>3</sup>	\$37.80
Sub total			<b>\$5,224.05</b>
Transporte, instalación y mano de obra	\$1,306.01 <sup>103</sup>	-	\$1,306.01
<b>TOTAL</b>			<b>\$6,530.06</b>

*Tabla 5.2- 1: Presupuesto de inversión para el sistema de bombeo fotovoltaico.*

<sup>102</sup> Precios a enero de 2016, fuente: Principales ferreterías del país y Técnico ALBATECH GREEN ENERGY S.A. de C.V.

<sup>103</sup> Equivalente al 25% del costo de los materiales. Incluye, adquisición y transporte hacia el lugar de instalación de todos los insumos y materiales, pago de mano de obra, instalación y otros. Fuente: Ing. Meléndez, Técnico en ALBATECH GREEN ENERGY S.A. de C.V.

## 5.2.2 Presupuesto de operación

Una vez instalado y puesto en marcha el sistema de bombeo, los costos se reducen dando paso a los mostrados en la *Tabla 5.2- 2*, esto es sin tomar en consideración los costos de producción, los cuales serán mostrados más adelante en el documento (*Tabla 5.2- 3* y *Tabla 5.2- 4*), como costos de producción por manzana, tanto para tomate como para sandía.

Actividad	Responsable	Insumos	Pago en concepto de servicios		
			Mensual	Anual	A 5 años
Resguardo del sistema	Propietario del terreno	Vallas y cercos (del terreno)	\$5	\$60	\$300
Limpieza de paneles y otros elementos	Trabajador	Paño de franela, agua	\$2	\$24	\$120
<b>TOTAL</b>			<b>\$7</b>	<b>\$84</b>	<b>\$420</b>

*Tabla 5.2- 2: Presupuesto de operación para el sistema de bombeo fotovoltaico.*

A continuación se presentan los costos aproximados por manzana para producir tomate y sandía:

Costos de producción por manzana de tomate		
Insumo	Cantidad	Costo (US\$)
Semilla <sup>104</sup>	48 sobres	144
Fertilizante granulado (fórmula 18-46-0) <sup>105</sup>	250 lb	122.50
Plaguicida <sup>106</sup>	120 mm	6.10
Preparación de la tierra	6 personas	540
Mano de obra	6 personas	936
<b>TOTAL</b>		<b>1750</b>

*Tabla 5.2- 3: Costos de producción por manzana de tomate.*

<sup>104</sup> Principales agroservicios de la ciudad de Santa Ana.

<sup>105</sup> Principales agroservicios de la ciudad de Santa Ana.

<sup>106</sup> Principales agroservicios de la ciudad de Santa Ana.

Costos de producción por manzana de sandía		
Insumo	Cantidad	Costo (US\$)
Semilla <sup>100</sup>	24 sobres	72
Fertilizante granulado (fórmula 18-46-0) <sup>101</sup>	350 lb	122.50
Plaguicida <sup>102</sup>	120 mm	7.50
Preparación de la tierra	6 personas	540
Mano de obra	6 personas	936
<b>TOTAL</b>		<b>1680</b>

Tabla 5.2- 4: Costos de producción por manzana de sandía.

Debido a que en época lluviosa se cultivan otro tipo de productos, la siembra de sandía y tomate se realizará una vez al año en época seca; por lo que no será posible realizar una segunda siembra (a menos que se utilicen técnicas agrícolas especiales que no se contemplan en el presente estudio), pues solo habrá un espacio aproximado de seis meses para cultivarlos, y dependiendo de las características fenológicas<sup>107</sup> de cada producto, se necesitan entre tres y cuatro meses para cosecharlos ( Tabla 5.2- 5).

Producto	Etapa fenológica	Días desde la siembra
Sandía <sup>108</sup>	Inicio de cosecha	71 – 92
	Fin de cosecha	92 – 100
Tomate <sup>109</sup>	Inicio de cosecha	75 – 80
	Fin de cosecha	85 - 90

Tabla 5.2- 5: Tiempo estimado para cosechar sandía y tomate.

En la Tabla 5.2- 6 se muestran los datos de producción actuales y los que se proyectan con la instalación del sistema de bombeo, en donde se puede apreciar un importante aumento en los ingresos de un 50% para sandía y tomate respectivamente.

<sup>107</sup> Fenología: Comprende las etapas que forman el ciclo de vida de una planta, dependiendo la etapa fenológica, así son sus demandas nutricionales, necesidades hídricas, susceptibilidad o resistencia a insectos y enfermedades. Fuente: Guía Técnica cultivo de Tomate. CENTA, pág.: 11.

<sup>108</sup> Guía Técnica para el cultivo de la "Sandía".

<sup>109</sup> FINTRAC-IDEA, Manual del cultivo de Tomate. Año 2004. Pág.: 29.

Producto	Producción actual <sup>110</sup>	Precio de venta <sup>111</sup>	Ingresos anuales actuales	Producción proyectada <sup>112</sup>	Ingresos anuales proyectados	Aumento de ingresos	% de aumento ingresos
Sandía	7,042.25 kg/mz	\$1.15 kg	\$8,098.59	10,563.38 kg/mz	\$12,147.89	<b>\$4,049.30</b>	<b>50</b>
Tomate	12,800.00 kg/mz	\$1.5 kg	\$19,200.00	19,200.00 kg/mz	\$28,800.00	<b>\$9,600.00</b>	<b>50</b>

Tabla 5.2- 6: Datos de producción de sandía y tomate actuales y proyectados.

De los datos mostrados en *Tabla 5.2- 2*, *Tabla 5.2- 3*, *Tabla 5.2- 4*, y *Tabla 5.2- 6*, se obtienen los flujos netos de efectivo a partir del año uno hasta el año cinco de operación del sistema de bombeo fotovoltaico (*Tabla 5.2- 7*), todos los datos se calculan tomando como base los precios de referencia y/o promedio de precios en el mercado nacional, y se proyecta su cambio haciendo uso de la inflación promedio <sup>113</sup>.

Flujos netos de efectivo para el sistema de bombeo fotovoltaico					
Flujos	Años				
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>Ingresos:</b>					
Sandía	\$4,050	\$4,115	\$4,181	\$4,284	\$4,315
Tomate	\$9,600	\$9,754	\$9,910	\$10,068	\$10,229
<b>Egresos:</b>					
Operación	\$3,430	\$3,484	\$3,540	\$3,596	\$3,653
Resguardo	\$60	\$62	\$64	\$66	\$68
Limpieza	\$24	\$26	\$28	\$30	\$32
<b>FNE =</b>	<b>\$10,136</b>	<b>\$10,296</b>	<b>\$10,458</b>	<b>\$10,624</b>	<b>\$10,792</b>

Tabla 5.2- 7: Flujos netos de efectivo para el sistema de bombeo fotovoltaico.

### 5.3 LÍNEA BASE DE COSTOS

El presupuesto total de inversión igual a \$6,530.06 (*Tabla 5.2- 1*) se divide en actividades principales con sus respectivos tiempos estimados de duración, para la puesta en marcha del

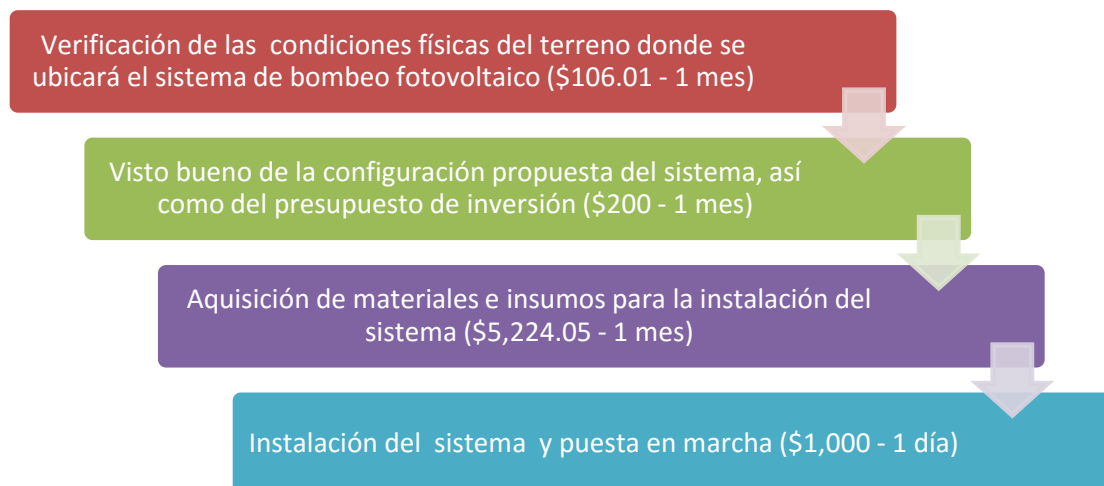
<sup>110</sup> Estudio Técnico, tabla 4.4-1.

<sup>111</sup> www.mag.gob.sv. Precios de referencia mercado nacional, enero de 2016.

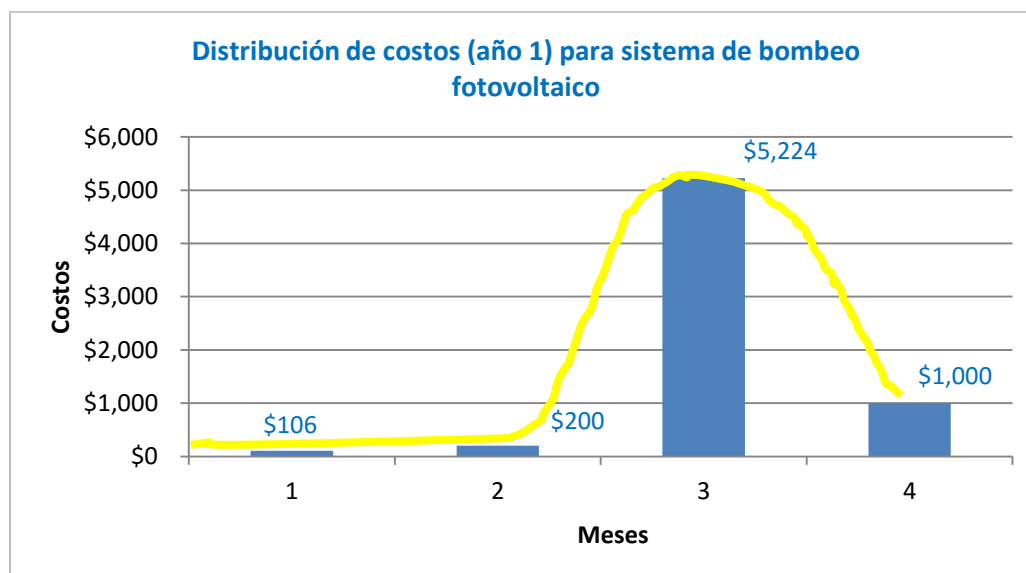
<sup>112</sup> Estudio Técnico, tabla 4.4-1.

<sup>113</sup> <http://datos.bancomundial.org/indicador/FP.CPI.TOTL.ZG> Dato 1.60%.

sistema de bombeo, desde la verificación del lugar (propiedad del agricultor), hasta la instalación del sistema (*Gráfico 5.3- 1* y *Gráfico 5.3- 2*).



*Gráfico 5.3- 1: Actividades principales, costos y tiempos estimados.*



*Gráfico 5.3- 2: Distribución de costos (año 1) para el sistema de bombeo fotovoltaico.*

A continuación se presenta la línea base de costos estimada para un periodo de 5 años, (*Gráfico 5.3- 3* y *Tabla 5.3- 1*) desde la verificación de las propiedades físicas del terreno donde se

ubicará el sistema y otras actividades subsecuentes, hasta la instalación y puesta en marcha del mismo (sin contemplar los costos de producción).

Actividad	Costos anuales					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Instalación	\$6,530.06	—	—	—	—	—
Operación	—	\$84.00	\$84.00	\$84.00	\$84.00	\$84.00
Total	—	\$6,614.06	\$84.00	\$84.00	\$84.00	\$84.00
<b>ACUMULADO</b>	<b>\$6,530.06</b>	<b>\$6,614.06</b>	<b>\$6,698.06</b>	<b>\$6,782.06</b>	<b>\$6,866.06</b>	<b>\$6,950.06</b>

Tabla 5.3- 1: Tabla de costos anuales acumulados del sistema de bombeo fotovoltaico.

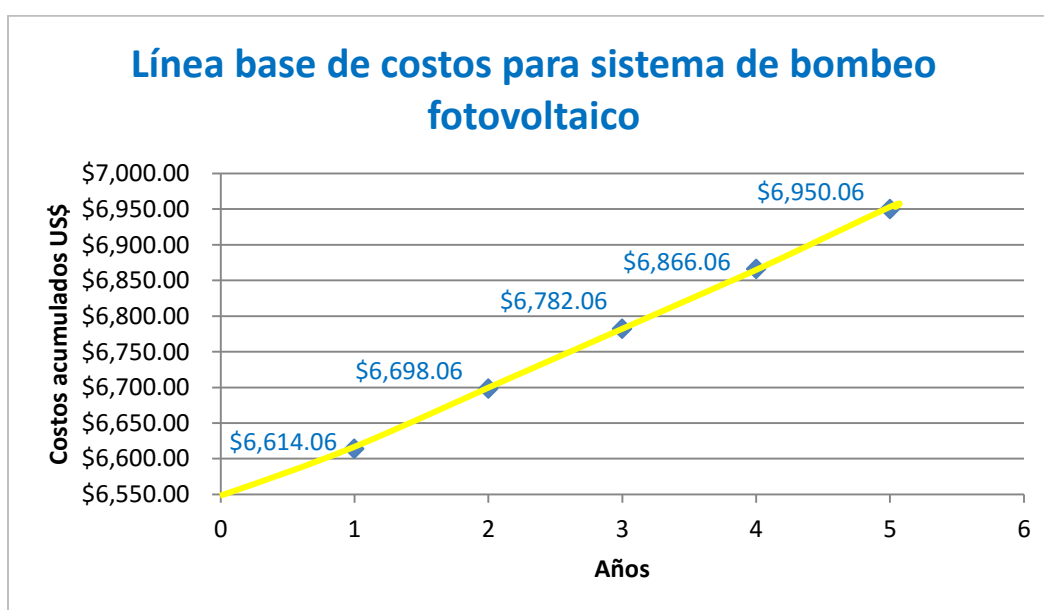


Gráfico 5.3- 3: Línea base de costos para el sistema de bombeo fotovoltaico.

## 5.4 FUENTES Y ESTRUCTURA DE FINANCIAMIENTO

A toda estrategia productiva le corresponde una estrategia financiera, la cual se traduce en el empleo de fuentes de financiamiento concretas; en este sentido (Aguirre, 1992)<sup>114</sup> define la estructura de financiación como “la consecución del dinero necesario para el financiamiento de

<sup>114</sup> Aguirre Sábada, Alfredo. Fundamentos de Economía y Administración de Empresas. Ediciones Pirámide, S.A. año 1992 Pág.: 401.



la empresa (proyecto) y quién ha de facilitarla”, es decir la obtención de recursos o medios de pago que se destinan a la adquisición de los bienes que el proyecto necesita para cumplir con sus objetivos.

Weston y Copeland (1995)<sup>115</sup> definen la estructura de financiamiento como “la forma en la cual se financian los activos de la empresa (proyecto)”.

Mary A. Vera Colina, (2001)<sup>116</sup> plantea que se denomina estructura financiera a “la forma cómo están distribuidas las diferentes fuentes de financiamiento de la empresa (proyecto)”.

Otra definición es “la manera de cómo una entidad (proyecto) puede allegarse de fondos o recursos financieros para llevar a cabo sus metas”<sup>117</sup>.

Todo proyecto requiere de recursos para realizar sus actividades o para ampliar las ya existentes. El inicio de nuevos proyectos requiere una inversión monetaria, por lo que las fuentes de financiamiento juegan un papel muy importante, siendo estas muy diversas; las más utilizadas en nuestro país son: Préstamos a través de banca comercial, fondos propios, préstamo a entidades no bancarias, préstamo a terceros y fondos de inversión facilitados como donación por parte de alguna empresa, ONG, etc. Para el presente proyecto la fuente de financiamiento será donación, la cual realizará la empresa que apoya el presente estudio ALBA Petróleos de El Salvador S.E.M. de C.V. por medio de la división ALBATECH GREEN ENERGY S.A. de C.V. por un monto equivalente al total de la inversión de \$6,530.06 (ver *Tabla 5.2- 1*).

---

<sup>115</sup> Weston, J. Fred; Copeland, Thomas E. Finanzas en Administración, Tomo 1. McGraw-Hill, Novena Ed. 1995.

<sup>116</sup> Vera Colina, Mary A. Gestión financiera de la pequeña y mediana industria de la ciudad de Maracaibo. Revista de Ciencias Sociales (ISSN 1415-9518). Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, Universidad del Zulia. Vol. VI. No. 1. pp. 65 – 89. Abril de 2001.

<sup>117</sup> Domínguez Fernández, Iviam C. Fundamentos teóricos y conceptuales sobre estructura de financiamiento. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, departamento de Contabilidad y Finanzas, Facultad Industrial de Economía. Matanzas, Cuba 2009.

En la *Imagen 5.4-1* se muestran las tasas de interés vigentes a la fecha, para actividades productivas de algunas instituciones financieras con actividades en El Salvador, mismas que podrían aportar los fondos requeridos para aquellos casos distintos al presente, en los que se necesite una fuente de financiamiento de este tipo.

 <b>GOBIERNO DE EL SALVADOR</b> UNÁMONOS PARA CRECER Superintendencia del Sistema Financiero																		<b>Tasas de Interés, Comisiones, Recargos y Cargos a Cuentas de Terceros.</b> Vigentes del 1 al 31 de enero de 2016					
<b>TASAS DE INTERÉS ACTIVAS</b>																							
Tasas activas del 1 al 31 de enero de 2016																							
Tasas Activas		Banco Agrícola, S.A.		Banco Citibank de El Salvador, S. A.		Banco Davivienda Salvadoreño, S. A.		Banco Hipotecario de El Salvador, S. A.		Banco de Fomento Agropecuario.		Banco G&T Continental El Salvador, S. A.		Banco Promérica, S. A.		Scotiabank El Salvador, S. A.							
Crédito	Descripción	Tasa Nominal	Tasa Efectiva	Tasa Nominal	Tasa Efectiva	Tasa Nominal	Tasa Efectiva	Tasa Nominal	Tasa Efectiva	Tasa Nominal	Tasa Efectiva	Tasa Nominal	Tasa Efectiva	Tasa Nominal	Tasa Efectiva	Tasa Nominal	Tasa Efectiva						
Créditos para Actividades Productivas	A 1 año plazo	Hasta 17.50%	Hasta 26.50%	15.00%	19.00%	19.25%	80.25%	Hasta 20.00%	43.59%	Hasta 13.50%	Hasta 16.62 %	Hasta 20.00%	20.51%	19.91%	Hasta 23.37%	17.00%	35.97%						
	Mas de 1 año plazo	Hasta 19.50%	Hasta 22.00%	15.00%	19.00%	21.25%	66.25%	Hasta 21.00%	29.13%	Hasta 13.50%	Hasta 18.16 %	Hasta 21.00%	Hasta 21.54%	19.91%	Hasta 23.37%	22.00%	35.00%						
	Con Recursos Ajenos	10.75%	Hasta 17.67%	Hasta 5% s/costo de recursos		*	*	Hasta 21.00%	43.59%	Hasta 13.50%	Hasta 18.16 %	Hasta 5% s/costo de recursos		*	Hasta 7% s/costo de recursos		13.25%	21.00%					

*Imagen 5.4- 1: Tasas de interés de las instituciones financieras más importantes de El Salvador (vigentes a la fecha).*

### Ejemplo de cálculo de una anualidad

A continuación se muestra el cálculo de valor futuro, intereses, anualidades y pagos mensuales bajo un supuesto crédito bancario con una tasa del 13.50% de interés (*Imagen 5.4- 1*), para un monto de \$6,600.00 (aproximación del monto real) pagaderos a 5 años:

**Valor futuro (F):**  $P = \$6,600.00$ ,  $i = 13.50\%$  y  $n = 5$  años.

$$F = P(1 + i)^n$$

$$F = 6,600.00(1 + 0.1350)^5$$

$$F = \$12,431.49$$

**Intereses a pagar (I)**

$$I = F - P$$

$$I = 12,431.49 - 6,600.00$$

$$I = \$5,831.49$$

**Anualidades (A)**

$$A = P \left[ \frac{i(1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} \right]$$

$$A = 6,600.00 \left[ \frac{0.1350(1 + 0.1350)^5}{(1 + 0.1350)^5 - 1} \right]$$

$$A = \$1,899.42$$

**Mensualidades ( $A_m$ )**

$$A_m = P \left[ \frac{i(1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} \right]$$

$$A_m = 6,600.00 \left[ \frac{0.1350/12 \left(1 + 0.1350/12\right)^{60}}{\left(1 + 0.1350/12\right)^{60} - 1} \right]$$

$$A_m = \$151.86$$

Monto	Tasa de interés	Valor Futuro	Intereses	Anualidad	Mensualidad
\$6,600.00	13.50%	\$12,431.49	\$5,831.49	\$1,899.42	\$151.86

Tabla 5.4 - 1: Resumen de cálculos ejemplo de crédito, Banco de Fomento Agropecuario, tasa vigente al 31/ene/2016.

## 5.5 ANÁLISIS ECONÓMICO

En el apartado 5.2.2 Presupuesto de operación, se han expuesto los ingresos anuales actuales y los que se proyectan con el uso del nuevo sistema de bombeo fotovoltaico, además se hace un análisis de los flujos netos de efectivo para cinco años de operación del sistema propuesto, en donde queda evidenciado el gran potencial económico que conlleva su utilización, sin embargo existe otro tipo de impacto económico que no se ha mencionado hasta el momento, este es el ahorro asociado con el uso de la energía fotovoltaica en contraposición con el uso de combustible diésel (o gasolina).

La *Tabla 5.5 - 1* muestra el detalle de ahorro que habrá mediante el uso del sistema propuesto en este proyecto, siendo de **US\$448.55** con respecto al uso de gasolina lo cual representa un **84.22%** de disminución. Asimismo para el diésel se observa un ahorro anual de **US\$370.25**, equivalente a un **81.51%** de disminución.

Costos del sistema de bombeo actual contra costos del sistema fotovoltaico							
Actividad	Gasolina costo anual	Diésel costo anual	Fotovoltaico costo anual	Diferencia (gasolina)	% de ahorro	Diferencia (diésel)	% de ahorro
Operación	\$422.55 <sup>118</sup>	\$344.25 <sup>119</sup>	—	\$422.55	100	\$344.25	100
Mantenimiento	\$50.00 <sup>120</sup>	\$50.00 <sup>121</sup>	\$24.00	\$26.00	48	\$26.00	48
Resguardo	\$60.00	\$60.00	\$60.00	\$0.0	0	\$0.0	0
<b>Total</b>	<b>\$532.55</b>	<b>\$454.25</b>	<b>\$84.00</b>	<b>\$448.55</b>	<b>84.22</b>	<b>\$370.25</b>	<b>81.51</b>

*Tabla 5.5 - 1: Costo del sistema de bombeo actual contra costos del sistema de bombeo fotovoltaico.*

<sup>118</sup> Calculado con base a \$3.13, costo promedio por galón de gasolina en El Salvador para el periodo del 17 de febrero de 2015 al 1 de febrero de 2016. Fuente: Precios de referencia para los combustibles, MINEC, Dirección Reguladora de hidrocarburos y minas <https://www.edrhym.gob.sv/drhym/precios.aspx>

<sup>119</sup> Calculado con base a \$2.55, costo promedio por galón de diésel en El Salvador para el periodo del 17 de febrero de 2015 al 1 de febrero de 2016. Fuente: Precios de referencia para los combustibles, MINEC, Dirección Reguladora de hidrocarburos y minas <https://www.edrhym.gob.sv/drhym/precios.aspx>

<sup>120</sup> Costo de mano de obra e insumos para mantenimiento de rutina, no se incluye mantenimiento correctivo.

<sup>121</sup> Costo de mano de obra e insumos para mantenimiento de rutina, no se incluye mantenimiento correctivo.

La *Tabla 5.5 - 2* muestra una comparación entre el saldo (Ingresos menos egresos) generado por el sistema de bombeo actual (el cual utiliza combustible derivado del petróleo para accionar la bomba encargada de extraer el agua) a cinco años de funcionamiento, y el generado por el sistema de bombeo fotovoltaico propuesto para el mismo periodo. El sistema FV generará un FNE de **US\$193,305** al final del quinto año de uso, siendo un monto al menos **62.31%** superior al generado con gasolina y un mínimo de **62.51%** para el diésel.

Comparación del saldo generado por el sistema de bombeo actual y el sistema de bombeo fotovoltaico propuesto							
Periodo	Actividad	Gasolina		Diésel		Fotovoltaico	
		Ingresos	Egresos	Ingresos	Egresos	Ingresos	Egresos
Año 1	Operación	—	\$422.55	—	\$344.25	—	—
	Producción	\$27,298.59	\$3,430.00	\$27,298.59	\$3,430.00	\$40,947.89	\$3,430
	Mantenimiento	—	\$50.00	—	\$50.00	—	\$24
	Resguardo	—	\$60.00	—	\$60.00	—	\$60
<b>Saldo<sub>1</sub> =</b>		<b>\$23,336.04</b>		<b>\$23,414.34</b>		<b>\$37,434.00</b>	
Año 2	Operación	—	\$429.31	—	\$349.76	—	—
	Producción	\$27,735.37	\$3,484.00	\$27,735.37	\$3,484.00	\$41,601.00	\$3,484
	Mantenimiento	—	\$52.00	—	\$52.00	—	\$26
	Resguardo	—	\$62.00	—	\$62.00	—	\$62
<b>Saldo<sub>2</sub> =</b>		<b>\$23,708.06</b>		<b>\$23,787.61</b>		<b>\$38,037</b>	
Año 3	Operación	—	\$436.18	—	\$355.36	—	—
	Producción	\$28,179.14	\$3,540.00	\$28,179.14	\$3,540.00	\$42,266	\$3,540
	Mantenimiento	—	\$54.00	—	\$54.00	—	\$28
	Resguardo	—	\$64.00	—	\$64.00	—	\$64
<b>Saldo<sub>3</sub> =</b>		<b>\$24,084.96</b>		<b>\$24,165.78</b>		<b>\$38,650.00</b>	
Año 4	Operación	—	\$443.16	—	\$376.68	—	—
	Producción	\$28,630.01	\$3,596.00	\$28,630.01	\$3,596.00	\$42,943	\$3,596
	Mantenimiento	—	\$56.00	—	\$56.00	—	\$30
	Resguardo	—	\$66.00	—	\$66.00	—	\$66
<b>Saldo<sub>4</sub> =</b>		<b>\$24,468.85</b>		<b>\$24,535.33</b>		<b>\$39,275.00</b>	
Año 5	Operación	—	\$450.25	—	\$382.71	—	—
	Producción	\$29,088.09	\$3,653.00	\$29,088.09	\$3,653.00	\$43,630	\$3,653
	Mantenimiento	—	\$58.00	—	\$58.00	—	\$32
	Resguardo	—	\$68.00	—	\$68.00	—	\$68
<b>Saldo<sub>5</sub> =</b>		<b>\$24,858.84</b>		<b>\$24,926.38</b>		<b>\$39,909.00</b>	
<b>SALDO TOTAL A 5 AÑOS =</b>		<b>\$120,456.75</b>		<b>\$120,829.44</b>		<b>\$193,305.00</b>	

Tabla 5.5 - 2: Comparación de saldos a 5 años, entre el sistema actual y el sistema de bombeo fotovoltaico.

## 5.6 CONCLUSIONES

- El costo total para instalación y puesta en funcionamiento del sistema de bombeo fotovoltaico para agua propuesto en éste estudio, requiere un monto de **US\$6,530.06**, el cual será financiado por la empresa ALBATECH GREEN ENERGY S.A. DE C.V. por lo que el propietario de las tierras de cultivo no incurrirá en gastos de instalación.
- El propietario de las tierras deberá invertir una pequeña cantidad de dinero (egresos) igual a **\$84** al año (sin sumar costos de producción), en concepto de mantenimiento del sistema, el cual consiste en una limpieza general de los paneles solares y otros componentes.
- Se tendrá un aumento de la producción de sandía de 7,042.25 kg/mz a **10,563.38 kg/mz**, y para el tomate de 12,800 kg/mz a **19,200 kg/mz**.
- El uso del sistema de bombeo fotovoltaico para agua que se propone, tendrá un efecto positivo en la producción de los cultivos seleccionados (sandía y tomate), genera importantes ingresos para el productor, siendo estos: **US\$4,050.00** para la sandía, lo que representa un aumento del **50%** respecto a los ingresos actuales; asimismo el ingreso para el cultivo de tomate será de **US\$9,600.00**, siendo un considerable aumento del **50%** en relación a los ingresos generados con la producción actual.

Por lo anterior se concluye que es económicamente factible la implementación de un sistema de bombeo fotovoltaico para agua, en la tierra de cultivo para la cual se realizó el presente estudio, ubicada en el Caserío “El Tesoro”, Cantón San Cristóbal, municipio de El Porvenir, departamento de Santa Ana.

# **CAPÍTULO VI**

## **ESTUDIO FINANCIERO**

## **6.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO FINANCIERO**

### *General*

- Realizar un análisis financiero de la implementación de un sistema de bombeo fotovoltaico en el caserío “El Tesoro”, Cantón San Cristóbal, Municipio de El Porvenir, Departamento de Santa Ana.

### *Específicos*

- Determinar si el proyecto es rentable utilizando el análisis de Valor Presente Neto (VPN).
- Determinar si el proyecto es rentable por medio del análisis de la Tasa Interna de Retorno (TIR).
- Evaluar si el proyecto está económicamente justificado con el análisis de Beneficio/Costo (B/C).



## 6.2 EVALUACIÓN FINANCIERA

Tomando en cuenta las consideraciones hechas desde el Estudio Técnico y Estudio Económico, con la evaluación financiera se pretende comprobar la rentabilidad económica del proyecto usando diferentes herramientas, cuya misión es brindar un diagnóstico preciso y ajustado sobre la situación del proyecto a través del paso del tiempo.

### 6.2.1 Valor Presente Neto (VPN)

Es el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados a la inversión inicial. Este método es utilizado por dos razones, la primera porque es de muy fácil aplicación y la segunda porque todos los ingresos y egresos futuros se transforman en dólares de hoy y así puede verse fácilmente; si los ingresos son mayores que los egresos.

Si el VPN es menor que cero, implica una pérdida a una cierta tasa de interés; por el contrario si VPN es mayor que cero se presenta una ganancia, y si el VPN es igual a cero se dice que el proyecto es indiferente.

La ecuación para calcular VPN es la siguiente:

$$VPN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \frac{FNE_4}{(1+i)^4} + \frac{FNE_5}{(1+i)^5}$$

Dónde:

$P = Inversión\ Inicial = \$ 6,530.06^{122}$      $i = Tasa\ de\ Interés = 13.5\%^{123}$      $n = Número\ de\ años = 5$

$FNE_n = Flujos\ Netos\ de\ Efectivo\ (del\ año\ 1\ al\ 5)^{124}$

Año	1	2	3	4	5
FNE	\$10,136	\$10,296	\$10,458	\$10,624	\$10,792

<sup>122</sup> Estudio Económico, tabla 5.2-1.

<sup>123</sup> Estudio Económico, imagen 5.4-1

<sup>124</sup> Estudio Económico, tabla 5.2-7.

Introduciendo los datos anteriores obtenemos el siguiente Valor Presente Neto

$$VPN = -6,530.06 + \frac{10,136}{(1 + 0.135)^1} + \frac{10,296}{(1 + 0.135)^2} + \frac{10,458}{(1 + 0.135)^3} + \frac{10,624}{(1 + 0.135)^4} + \frac{10,792}{(1 + 0.135)^5}$$

$$VPN = \$26,146.82$$

El VPN es mayor que cero, por lo tanto el proyecto presenta ganancia y *se acepta*.

### 6.2.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

Es la tasa de descuento por la cual el VPN es igual a cero, es decir, es la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial.

Este método consiste en encontrar una tasa de interés ( $i$ ) que indique el valor real del rendimiento del dinero en la inversión. Se llama tasa interna de rendimiento porque supone que el dinero que se gana año con año se reinvierte en su totalidad

Si la TIR es mayor que la TMAR acepte la inversión; es decir, si el rendimiento del proyecto es mayor que el mínimo fijado como aceptable, la inversión es económicamente rentable.

Lo que nos lleva a utilizar la siguiente ecuación:

$$0 = -P + \frac{FNE_1}{(1 + i)^1} + \frac{FNE_2}{(1 + i)^2} + \frac{FNE_3}{(1 + i)^3} + \frac{FNE_4}{(1 + i)^4} + \frac{FNE_5}{(1 + i)^5}$$

Dónde:

$P =$  Inversión inicial = \$ 6,530.06<sup>125</sup>     $n =$  Número de años = 5

$FNE_n =$  Flujos Netos de Efectivo (del año 1 al 5 respectivamente)<sup>126</sup>

Año	1	2	3	4	5
FNE	\$10,136	\$10,296	\$10,458	\$10,624	\$10,792

<sup>125</sup> Estudio Económico, tabla 5.2-1.

<sup>126</sup> Estudio Económico, tabla 5.2-7.

Se despeja la incógnita  $i$ , que se determina por medio de tanteos (prueba y error), hasta que  $i$  sea igual a la suma de los flujos descontados a la inversión inicial.

$$0 = -6,530.06 + \frac{10,136}{(1+i)^1} + \frac{10,296}{(1+i)^2} + \frac{10,458}{(1+i)^3} + \frac{10,624}{(1+i)^4} + \frac{10,762}{(1+i)^5}$$

La TIR que iguala a cero los flujos a la inversión inicial es igual a **155%**.

La TIR es mayor que la TMAR del **13.5%**, por lo tanto es el proyecto es *aceptado*.

Claramente la TIR obtenida sobrepasa de 100% y es mayor que la TMAR, existen varias razones para que se presente esta situación:

1. No se ha solicitado ningún financiamiento, de solicitarse, anualmente se harían pagos (anualidades) por un monto de \$2,819.01<sup>127</sup> por 3 años.
2. No existe ninguna clase de desembolso adicional (para este caso en particular) a los contemplados en el Estudio Económico (presupuesto de operación<sup>128</sup>) durante el periodo de años establecido.

### 6.2.3 Beneficio/Costo del proyecto (B/C)

La razón Beneficio Costo se considera el método de análisis fundamental para proyectos del sector público. Existen diversas variaciones de la razón B/C; sin embargo, el enfoque fundamenta es el mismo. Todos los cálculos de costos y beneficios deberán convertirse a una unidad monetaria de equivalencia común (Valor Presente, Valor Anual o Valor Futuro) a la tasa de interés.

<sup>127</sup> Estudio Económico, pagina 134.

<sup>128</sup> Estudio Económico, tabla 5.2-2.

La directriz para aceptar o rechazar un proyecto es la siguiente:

**Si B/C es mayor o igual que 1;** se determina que el proyecto es económicamente aceptable para los estimados y la tasa de descuento aplicada.

**Si B/C es menor que 1;** el proyecto no es económicamente aceptable.

**Si el valor de B/C es igual o está muy cerca de 1.0;** los factores no económicos ayudarán a tomar la decisión.

Existen dos maneras de poder realizar el análisis de B/C; una convencional y otra modificada.

**B/C convencional**, probablemente la más utilizada, se calcula de siguiente manera:

$$B/C = \frac{(\text{beneficios} - \text{contrabeneficios})}{\text{Costos}}$$

**B/C modificada** incluye los costos de mantenimiento y operación (M&O) en el numerador y los trata de forma similar a los contrabeneficios. El denominador incluye solamente el costo de la inversión inicial y se calcula de la siguiente manera:

$$B/C = \frac{(\text{beneficios} - \text{contrabeneficios} - \text{costos M\&O})}{\text{inversion inicial}}$$

**B – C:** B es el beneficio neto y en C los costos incluyendo el costo anual de M&O, si B – C es mayor o igual a cero, el proyecto es aceptado.

Utilizando los datos obtenidos en el estudio económico, se calcula el B/C de la siguiente manera:

*VP de costo de Inversión* \$6,530.06<sup>129</sup>

---

<sup>129</sup> Estudio Económico, tabla 5.2-1

*VP Beneficio*

Ingresos anuales por cada producto agrícola en 5 años:

Año	1	2	3	4	5
Sandía	\$4,050	\$4,115	\$4,181	\$4,248	\$4,315
Tomate	\$9,600	\$9,754	\$9,910	\$10,068	\$10,229
<b>Total</b>	<b>\$13,650</b>	<b>\$13,869</b>	<b>\$14,091</b>	<b>\$14,316</b>	<b>\$14,544</b>

El VP de los beneficios se obtiene de la siguiente manera:

$$P = \frac{13,650}{(1 + 0.135)^1} + \frac{13,869}{(1 + 0.135)^2} + \frac{14,091}{(1 + 0.135)^3} + \frac{14,316}{(1 + 0.135)^4} + \frac{14,544}{(1 + 0.135)^5}$$

$$P = \$48,777.80$$

VP del costo de M&O:

Costos de Mantenimiento y Operación					
Año	1	2	3	4	5
Operación	\$3,430.00	\$3,484.00	\$3,540.00	\$3,595.00	\$3,653.00
Resguardo	\$60.00	\$62.00	\$64.00	\$66.00	\$68.00
Limpieza	\$24.00	\$26.00	\$28.00	\$30.00	\$32.00
<b>Total</b>	<b>\$3,514.00</b>	<b>\$3,572.00</b>	<b>\$3,632.00</b>	<b>\$3,691.00</b>	<b>\$3,753.00</b>

El VP de los costos de Mantenimiento y Operación se obtiene de la siguiente manera:

$$VP = \frac{3,514}{(1 + 0.135)^1} + \frac{3,572}{(1 + 0.135)^2} + \frac{3,632}{(1 + 0.135)^3} + \frac{3,691}{(1 + 0.135)^4} + \frac{3,753}{(1 + 0.135)^5}$$

$$VP = 12,569.43$$

*Contra beneficios = 0*

*Nota aclaratoria de contrabeneficio: No existe ninguna actividad adicional que represente un desembolso económico que no haya sido considerado en el Estudio Económico y evaluado como costo.*

$$B/C_{convencional} = \frac{48,777.80}{6,530.06} = 7.47$$

El proyecto se acepta, ya que  $B/C_{convencional}$  es mayor que cero.

$$B/C_{modificada} = \frac{48,777.80 - 12,569.43}{6,530.06} = 5.54$$

El proyecto se acepta, ya que  $B/C_{Modificada}$  es mayor que cero.

$$B - C = 48,777.80 - (6,530.06 + 12,569.43) = 29,678.31$$

Puesto que (B-C) es mayor que cero, el proyecto se acepta.

### 6.3 CONCLUSIONES

- Al realizar la evaluación financiera se obtuvo un **VPN = \$26,146.82**.
- Se obtuvo una Tasa Interna de Retorno **TIR = 155%** la cual es mayor que la **TMAR = 13.5%**.
- En el análisis de **Beneficio Costo B/C**; en cada uno de sus variantes los resultados son **mayores que cero** por lo tanto, el proyecto se acepta.

**CAPÍTULO VII**  
**EVALUACIÓN DEL IMPACTO**  
**AMBIENTAL Y SOCIAL**

## **7.1 OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL**

### ***Objetivo General***

- Elaborar un Estudio de Impacto Ambiental para la implementación de un sistema de bombeo fotovoltaico en caserío “El Tesoro”, Cantón San Cristóbal, Municipio de El Porvenir, Departamento de Santa Ana.

### ***Objetivos específicos***

- Realizar una descripción del Impacto Ambiental del proyecto.
- Realizar una descripción del Impacto Social del proyecto.



## 7.2 IMPACTO (ASPECTOS INTRODUCTORIOS)

### 7.2.1 Impacto

“El impacto<sup>130</sup> está compuesto por los efectos a corto, mediano o largo plazo que tiene un proyecto sobre la población objetivo del mismo y para su entorno, sean estos efectos o consecuencias deseadas (según lo planificado y/o estimado) o no deseadas (contrario a lo esperado o incluso no considerado en la planificación).

*La evaluación del impacto* tiene por objeto determinar si el proyecto produjo los efectos deseados en las personas, familias, hogares, instituciones, localidad, etc. y si dichos efectos son atribuibles a la intervención del proyecto. También permite examinar consecuencias no prevista en los beneficiarios, ya sean positivas o negativas.

El impacto no se produce inmediatamente finalizado el proyecto, requiere tiempo para desarrollarse, tiempo durante el cual el número de factores que interviene aumenta (económicos, sociales, ambientales, etc.), lo que hace más difícil la atribución de un cambio a un único factor”.

Es importante recordar que el presente estudio abarca hasta la instalación y puesta en marcha del proyecto y no más allá, por lo que el análisis del impacto de este, se enmarca dentro de estimaciones que se pueden realizar con base en los hallazgos de los estudios Diagnóstico, Técnico, Económico y Financiero. Puesto que no se contará con el tiempo necesario para medir in situ los efectos generados en el mediano y largo plazo para la comunidad del caserío “El Tesoro”.

---

<sup>130</sup> Evaluación de Impacto, Curso Taller por Rosario Bello (consultora ILPES/CEPAL). Santiago de Chile, Noviembre de 2009.

### 7.3 IMPACTO AMBIENTAL

En la actualidad existe una preocupación mundial respecto al endeble equilibrio del medio ambiente contra la creciente explotación de los recursos naturales, especialmente aquellos de origen fósil como los hidrocarburos. La gran mayoría de las actividades humanas requiere el uso en mayor o menor medida de fuentes de energía, por lo que el creciente uso de combustibles como gasolina o diésel, está ocasionando grandes desbalances entre la explotación y la regeneración de los recursos utilizados, asimismo contribuye al aumento del efecto invernadero. Para el presente proyecto se hace uso de la energía solar fotovoltaica, una energía limpia, segura, abundante en nuestro país, además de ser renovable y prácticamente inagotable. A continuación se detalla el impacto que el proyecto generará al medio ambiente de la zona de estudio.

El caserío “El Tesoro”, Cantón San Cristóbal, se encuentra fuera de la zona urbana al noroeste del municipio de El Porvenir y la distribución de las propiedades de los terrenos no es homogénea, ya que no todos los agricultores tienen la misma cantidad de tierra, ni la utilizan para la siembra de los mismos productos.

“El Tesoro” (y todo el municipio), se caracteriza por poseer un suelo franco-arcilloso, es un suelo de elevada productividad agrícola en virtud de su textura relativamente suelta (propiciada por la arena), fertilidad (aportada por los limos), adecuada retención de humedad (favorecida por la arcilla). Aunque la composición del suelo franco-arcilloso puede variar ligeramente, se pueden considerar uniformes las proporciones porcentuales siguientes: Arena: 45%, Limo 40% y Arcilla 15%. La cualidad principal de este tipo de suelo es que no es demasiado arcilloso, ni muy arenoso.

Respecto al recurso hídrico, el espejo de agua en esta zona se encuentra de 1.5 a 3.0 metros de profundidad.

Los cultivos que se producen varían según las dos estaciones del año que se presentan marcadas en nuestro país, invierno y verano. En invierno se produce arroz alrededor de 500 manzanas, en verano se producen hortalizas como tomate, chile verde, frijol, sandía, entre otras.

El sistema de bombeo actual<sup>131</sup> consiste en una motobomba (Honda WB30XT de combustión interna) la cual extrae el agua desde un pozo tipo de puntera de 4" de diámetro. El método de riego varía de acuerdo al productor, cultivo y la estación del año (invierno y verano). En invierno se siembra arroz y generalmente no es necesario el riego (a excepción de fenómenos meteorológicos) puesto que se crean ciénagas de forma natural por efecto de las lluvias. En verano el riego se realiza por goteo, aspersión, vertido, etc. impulsando y dirigiendo el agua por medio de tuberías, con la ayuda de la motobomba.

Para evitar el daño que pudiese ocasionar el exceso de humedad del suelo en invierno, las células FV serán montadas lejos del suelo sobre postes, a una altura mayor a dos metros. Además, los postes serán empotrados en hormigón<sup>132</sup>, lo que le dará al arreglo la estabilidad necesaria para soportar el peso de los componentes (alrededor de 100 kilogramos)<sup>133</sup>, así como la influencia del viento generalmente Sur-Oeste con velocidad anual de 7.8 km/h<sup>134</sup>, la lluvia (1,400 y 2,000 mm anuales)<sup>135</sup> y sismos.

---

<sup>131</sup> Estudio Diagnóstico, 3.3.1 Recursos con los que cuenta la zona de estudio, Materiales, Gráfico 3.3-1.

<sup>132</sup> Estudio Técnico, 4.6.1 Definición del producto o servicio, Estructura de soporte.

<sup>133</sup> Estudio Técnico 4.6.5 Materiales e insumos, Paneles solares fotovoltaicos, Gráfico 4.6-9, Peso.

<sup>134</sup> Estudio Diagnóstico, 4.2.1 Características de la comunidad, Geografía, Clima.

<sup>135</sup> Estudio Diagnóstico, 4.2.1 Características de la comunidad, Geografía, Clima.

### 7.3.1 Atmósfera

#### Aire

Se producen 8.91 kg de CO<sub>2</sub> en la combustión de un galón de gasolina y 10.15 kg de CO<sub>2</sub> en la combustión de un galón de diésel<sup>136</sup>. Actualmente se utilizan en promedio 0.75 galones de combustible al día<sup>137</sup>, lo que genera entre **6.68 kg** y **7.61 kg** de CO<sub>2</sub> por día siendo expulsados a la atmósfera junto a otros gases residuales o “de escape”.

Cuando se habla de la composición de los gases de “escape” de un motor, se utilizan siempre los mismos términos: Monóxido de Carbono, óxido nítrico, partículas de hollín o hidrocarburos. Los componentes de los gases de escape son descritos en la *Tabla 7.3- 1* y su proporción según el tipo de combustible se muestra en el *Gráfico 7.3- 1*.

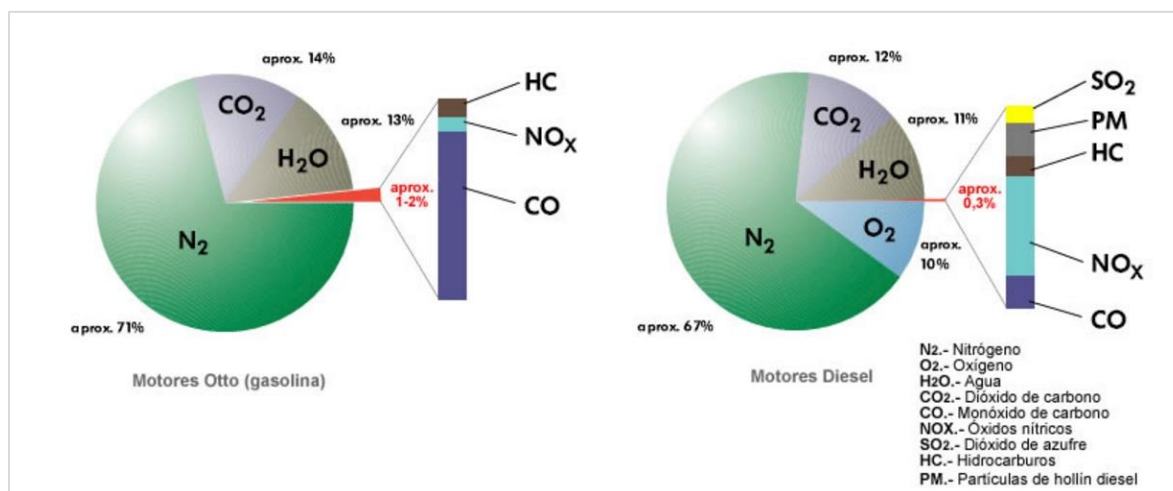


Gráfico 7.3- 1: Proporción de gases de escape para gasolina y diésel.

El aire está compuesto básicamente por dos gases, Nitrógeno (N<sub>2</sub>) y Oxígeno (O<sub>2</sub>). En un volumen determinado de aire se encuentra una proporción de Nitrógeno (N<sub>2</sub>) del 79% mientras que el contenido de Oxígeno es aproximadamente de un 21%.

<sup>136</sup> [https://es.wikipedia.org/wiki/Humo\\_Diésel](https://es.wikipedia.org/wiki/Humo_Diésel)

<sup>137</sup> Dato obtenido con base al tipo y modelo de bomba (Motobomba Honda WB30XT) y a régimen diario de uso.

El Nitrógeno durante la combustión, en principio, no se combina con nada y es expulsado al exterior sin modificación alguna, excepto en pequeñas cantidades, para formar óxidos de Nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ). El oxígeno es el elemento indispensable para producir la combustión de la mezcla.

Gases de “escape” generados por la combustión de gasolina y/o diésel <sup>138</sup>	
<b>Nitrógeno (<math>\text{N}_2</math>)</b>	El nitrógeno es un gas no combustible, incoloro e inodoro, se trata de un componente esencial del aire que respiramos (78% nitrógeno, 21% oxígeno, 1% otros gases) y alimenta el proceso de la combustión conjuntamente con el aire de admisión. La mayor parte del nitrógeno aspirado vuelve a salir puro en los gases de escape; sólo una pequeña parte se combina con el oxígeno $\text{O}_2$ para formar óxidos nítricos ( $\text{NO}_x$ ).
<b>Oxígeno (<math>\text{O}_2</math>)</b>	Es un gas incoloro, inodoro e insípido. Es el componente más importante del aire que respiramos (21%). Es imprescindible para el proceso de combustión, con una mezcla ideal el consumo de combustible debería ser total, pero en el caso de la combustión incompleta, el oxígeno restante es expulsado por el sistema de escape.
<b>Agua (<math>\text{H}_2\text{O}</math>)</b>	Es aspirada en parte por el motor (humedad del aire) o se produce con motivo de la combustión “fría”(fase de calentamiento del motor). Es un subproducto de la combustión y es expulsado por el sistema de escape. Es un componente inofensivo de los gases de escape.
<b>Dióxido de carbono (<math>\text{CO}_2</math>)</b>	El carbono se combina en la combustión con el oxígeno aspirado. Es un gas incoloro, no combustible. El dióxido de carbono $\text{CO}_2$ a pesar de ser un gas no tóxico, reduce el estrato de ozono ( $\text{O}_3$ ) de la atmósfera terrestre que protege contra la penetración de los rayos UV.
<b>Monóxido de carbono (<math>\text{CO}</math>)</b>	Se produce con motivo de la combustión incompleta de combustibles que contienen carbono. Es un gas incoloro, inodoro, explosivo y altamente tóxico. Bloquea el transporte de oxígeno por parte de los glóbulos rojos. Es mortal, incluso en una baja concentración en el aire que respiramos.
<b>Óxidos nítricos (<math>\text{NO}_x</math>)</b>	Son combinaciones de nitrógeno ( $\text{N}_2$ ) y oxígeno ( $\text{O}_2$ ). El monóxido de nitrógeno ( $\text{NO}$ ), es un gas incoloro, inodoro e insípido. Al combinarse con el oxígeno del aire, es transformado en dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), de color pardo rojizo y de olor muy penetrante, provoca una fuerte irritación de los órganos respiratorios.
<b>Dióxido de azufre (<math>\text{SO}_2</math>)</b>	El dióxido de azufre o anhídrido sulfuroso propicia las enfermedades de las vías respiratorias, pero interviene sólo en una medida muy reducida en los gases de escape. Es un gas incoloro, de olor penetrante, no combustible. Si se reduce el contenido de azufre en el combustible es posible disminuir las emisiones de dióxido de azufre.
<b>HC – Hidrocarburos</b>	Son restos no quemados del combustible, que surgen en los gases de escape después de una combustión incompleta. Los hidrocarburos HC se manifiestan en diferentes combinaciones y actúan de diverso modo en el organismo. Algunos de ellos irritan los órganos sensoriales, mientras que otros son cancerígenos (por ejemplo el benceno).
<b>Las partículas de hollín MP</b>	Del inglés “particulated matter” (materia particulada); son generadas en su mayor parte por los motores diésel, se presentan en forma de hollín o cenizas. Los efectos que ejercen sobre el organismo humano todavía no están aclarados por completo.

Tabla 7.3- 1: Gases generados como residuo de la combustión de gasolina y/o diésel.

<sup>138</sup> <http://www.aficionadosalamecanica.net/emision-gases-escape.htm>

La generación de energía a partir de la luz solar no requiere combustión, por lo tanto no habrá contaminación térmica, ni emisión de material particulado, gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono u otro tipo de residuo hacia la atmósfera.

## **Ruido**

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) el oído humano puede tolerar **55 decibeles**<sup>139</sup> sin ningún daño a su salud. Y dependiendo del tiempo de exposición, ruidos mayores a los **60 decibeles** pueden provocar malestares físicos. El sistema de bombeo actual utiliza una motobomba Honda WB30XT la cual genera un nivel de presión sonora en el puesto de trabajo (del inglés sound pressure level at workstation) de **88 decibeles**<sup>140</sup> y un nivel garantizado de potencia de sonido (del inglés guaranteed sound power level) de **106 decibeles** ambos muy por encima del nivel máximo permitido por la OMS (WHO por sus siglas en inglés).

Los paneles fotovoltaicos **no producen ningún tipo de ruido**, por lo que no existirá contaminación acústica que pudiera afectar a humanos y/o animales por parte de estos componentes. El sonido generado por la bomba Grundfos<sup>®</sup> SQF 11A-3 es inferior a los valores indicados en la Directiva sobre Maquinaria de la Comunidad Europea (CE)<sup>141</sup>, y por si fuera poco el sonido que genere será atenuado por el medio acuático y los estratos del suelo por lo tanto, no producirá contaminación sonora.

---

<sup>139</sup> <http://www.who.int/topics/noise/es/>

<sup>140</sup> <http://www.dualpumps.co.uk/files/pdf/products/Spec%20Sheets/Honda/HON%20WATER%20PUMP%20RANGE.pdf>

<sup>141</sup> Catálogo Grundfos SQFlex. Datos técnicos bomba SQF, página 31.

### 7.3.2 Suelo

Las células fotovoltaicas están compuestas de silicio, elemento de origen natural abundante en el planeta, obtenido de la arena, del cual no se requieren grandes cantidades, por lo que el impacto ambiental de estas es nulo.

Los elementos que más espacio requieren son los paneles FV, sin embargo, el área que se utilizará no excede 8.05 m<sup>2</sup> (1.61 m<sup>2</sup> por panel). Los materiales para su instalación están hechos de minerales naturales (acero, aluminio, grava, cemento, arena y agua) por lo tanto no se producen contaminación del suelo, no hay desechos vertidos hacia la tierra, no se realizarán grandes excavaciones o remociones de tierra para las zapatas donde se empotrarán los soportes, por lo que la incidencia sobre características físicas y químicas del terreno (franco - arcilloso) será nula.

### 7.3.3 Acuífero

No se producirá alteración de la composición química del agua, tanto superficial como subterránea, no hay contaminación por desechos y/o residuos vertidos, además de no existir impacto en el reservorio acuífero por el uso, el espejo de agua permanecerá sin alteración relevante en su nivel a una profundidad aproximada de entre 1.5 m y 3 m<sup>142</sup>.

### 7.3.4 Vegetación y fauna

No se dañará la fauna o flora del caserío “El Tesoro”, cantón San Cristóbal, porque no se requiere de cambio alguno en el actual paisaje, el sistema de bombeo se integrará perfectamente al entorno, no se requerirá talar árboles (0% de deforestación respecto al estado actual), tampoco se pondrá en riesgo la vida y/o subsistencia de aves, mamíferos, peces, reptiles o

---

<sup>142</sup> Estudio Diagnóstico, 3.3.1 Recursos con los que cuenta la zona de estudio, Naturales, Agua.

anfibios porque no afectará la composición física o química del suelo (0% de contaminación de cualquier tipo en la tierra); asimismo, no se producirá polución por residuos o desechos (0% de emisión de gases residuales “de escape” o material particulado) a la atmósfera. Por tanto no habrá alteración al hábitat natural de fauna y flora.

Características del impacto ambiental <sup>143</sup>		
Característica	Tipo	Descripción
Signo	Positivo	Mejora las condiciones del entorno actual al reducir la contaminación (atmosférica y sonora)
Intensidad	Baja	No generará destrucción del medio ambiente
Extensión	Puntual	Su instalación afectará un área de 8.05 m <sup>2</sup> de superficie
Momento	Inmediato	Reducción de la polución atmosférica (de 6.68 kg y 7.61 kg de CO <sub>2</sub> a 0) y sonora (de 88 dB a ≤0)
Persistencia	Permanente	Sus efectos positivos se mantendrán el tiempo que esté en funcionamiento.
Recuperación	Recuperable	Aire, suelo y agua se recuperarán de conformidad a los ciclos naturales
Suma de efectos	Sinérgico	Cada efecto positivo individual suma al resultado final
Periodicidad	Continuo	Los efectos positivos se verán de forma continua mientras esté funcionando

Tabla 7.3- 2: Características del impacto ambiental que generará el sistema FV.

## 7.4 IMPACTO SOCIAL

### 7.4.1 Comunidad

El presente proyecto es un sistema innovador que se utilizará por primera vez en la zona y establecerá un punto de referencia para la implementación futura de la tecnología propuesta en otras áreas del municipio (así como fuera de él), el impacto social de este sistema de bombeo fotovoltaico radica entre otras cosas, en la generación de una consciencia del autoabastecimiento

<sup>143</sup> <http://www4.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/15HombAmb/150ImpAmb.htm>



y la sustentabilidad energética y productiva en los habitantes del caserío “El Tesoro”, un proyecto como este puede ser observado por entidades como las Asociaciones de Desarrollo Comunal, Alcaldías, Organizaciones no Gubernamentales de apoyo al sector agrícola y empresas dedicadas a hacer función social en el rubro de la agricultura para sacar conclusiones acerca de los resultados a corto, mediano y largo plazo. Se espera que este modelo de bombeo por energía fotovoltaica sea replicado en otras zonas y que con ella se pueda generar cambios significativos en la vida de muchas comunidades agrícolas en un futuro no muy distante.

La comunidad de “El Tesoro” se verá beneficiada por medio de la generación de empleos, puesto que se necesita de personal para las actividades agrícolas; con la producción actual se necesitan 12 personas, pero con el 50% de aumento pronosticado en el Estudio Técnico y Estudio Económico se necesitarán alrededor de 18 personas (número que aumenta en el periodo de cosecha) por lo que se beneficia a por lo menos 6 familias directamente. Durante la cosecha es necesario el transporte de mercadería con lo que se beneficia a los transportistas del lugar (dueños de camiones y pick ups), entre otros.

Lo anteriormente descrito puede parecer poco en principio, pero hay que recordar que este proyecto consiste en un solo sistema de bombeo, en solo una propiedad de cultivo (22 manzanas aproximadamente); pero si en el futuro se instalan sistemas fotovoltaicos a lo largo y ancho de la planicie de cultivo del municipio de El Porvenir, los beneficios sociales incrementarán en relación al aumento de la producción agrícola. Dicha planicie potencialmente cultivable, cuenta con una extensión aproximada de 500 manzanas, y según lo manifestado por los productores,

actualmente se requiere de un trabajador por manzana cultivable<sup>144</sup>, con base en esto se podrían generar al menos 500 empleos directos, beneficiando a igual número de familias y comunidad en general. Las comunidades aledañas también se verán beneficiadas con el aumento de los cultivos pues habrá un mejor abastecimiento de productos agrícolas (sandía y tomate), y por ser cultivados cerca tendrán un costo menor que aquellos que son traídos de otras regiones o incluso de otros países hasta los mercados locales.

#### 7.4.2 Productor

El productor aportará a la comunidad de “El Tesoro” con la implementación del sistema de bombeo fotovoltaico, aproximadamente un **50% de aumento** en la cosecha de tomate (19,200.00 kg/mz) y de sandía (10,563.38 kg/mz) respectivamente (*Tabla 5.2-4*) e ingresos de **US\$40,863.89** anuales (lo que se desglosa en US\$28,800.00 para tomate más US\$12,147.89 para sandía) según lo mostrado en la *Tabla 5.2-5* del Estudio Económico.

Al mismo tiempo se ahorrará US\$448.55 anuales en costo de gasolina y US\$370.25 en diésel, equivalente al 84.22% y 81.51% de los costos anuales actuales respectivamente (ver *Tabla 5.5-1*).

Pero más allá de lo económico existe un componente intangible, la satisfacción de usar un método de cultivo autosustentable que utiliza energía limpia de una fuente inagotable, que armoniza con el entorno y no afecta negativamente el equilibrio del ecosistema.

---

<sup>144</sup> Estudio Diagnóstico, 3.3.1 Recursos con los que cuenta la zona de estudio, Humanos.

## 7.5 CONCLUSIONES

Con base a lo expuesto en las páginas anteriores se concluye:

- El sistema de bombeo fotovoltaico a instalarse en el caserío “El Tesoro”, cantón San Cristóbal, municipio de El Porvenir, departamento de Santa Ana; no producirá un efecto negativo en el equilibrio del ecosistema de la zona antes mencionada, por lo que no hay indicios que contravengan la implementación de este.
- El sistema de bombeo fotovoltaico a instalarse en el caserío “El Tesoro”, cantón San Cristóbal, municipio de El Porvenir, departamento de Santa Ana; generará un impacto social positivo en la zona antes mencionada por medio de la generación de empleos (6) y aseguramiento de los ya existentes (12), con esto se logrará dinamizar la economía en la zona a través del aumento de los ingresos por transporte y la reventa de los productos cosechados.

# **CAPÍTULO VIII**

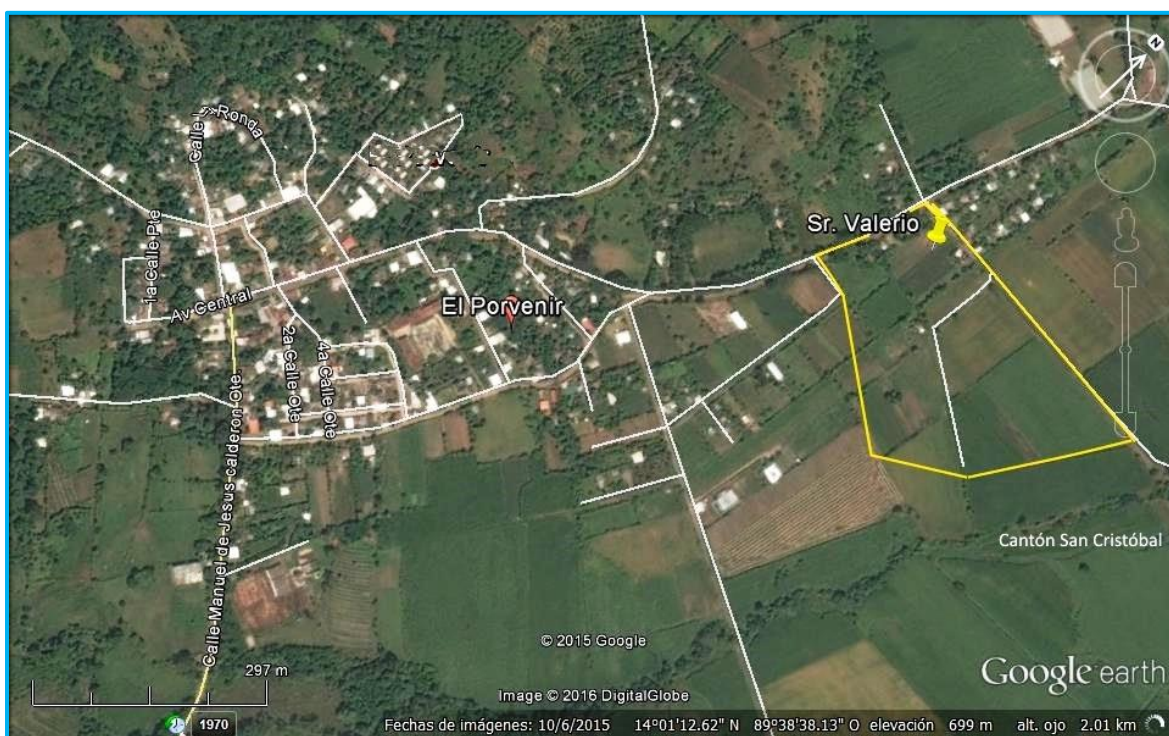
## **RESUMEN EJECUTIVO**

## 8.1 GENERALIDADES DEL PROYECTO

### 8.1.1 Datos generales del proyecto

**Nombre del proyecto:** Factibilidad técnica y económica para la implementación de un sistema de bombeo fotovoltaico en una zona de riego agrícola.

**Ubicación:** Caserío “El Tesoro”, cantón San Cristóbal, municipio de El Porvenir, departamento de Santa Ana, específicamente en la propiedad del Señor Valerio (*Mapa 8.1- 1*).



Mapa 8.1- 1: Ubicación geográfica estimada de las tierras de cultivo propiedad del señor Valerio.

**Tipo de proyecto:** Sistema de bombeo para agua subterránea para cultivo de tomate y sandía.

### 8.1.2 Descripción del proyecto

**Característica diferenciadora:** Impulsado por energía solar fotovoltaica generada por celdas de silicio.

**Ventaja competitiva:** Energía limpia y renovable, bajo costo de operación y mantenimiento, larga vida útil (20 años con uso adecuado).

**Idea de la necesidad u oportunidad:** La idea surge de la necesidad de un nivel constante de humedad que no se vea afectado por la estacionalidad climatológica y garantice la producción en la temporada seca.

**Objetivos (resultados esperados):** Aumento en la producción del cultivo de tomate y sandía.

**Estrategia del proyecto:** Implementación de un sistema piloto en la propiedad de uno de los productores de la zona.

**Inversión requerida:** US\$6,530.06.

**Rentabilidad esperada:** Al menos un incremento del 50% en la producción de tomate y de sandía respectivamente.

**Impacto ambiental:** Positivo, reduce la emisión de gases de efecto invernadero como el CO<sub>2</sub>, material particulado y no produce contaminación sonora.

**Conclusión general del proyecto:** Es técnica, económica, ecológica y socialmente factible la implementación del sistema de bombeo fotovoltaico en esta zona de cultivo.

## 8.2 GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO

### 8.2.1 Características de la zona de estudio

**Suelo:** El caserío “El Tesoro”, Cantón San Cristóbal Municipio de El Porvenir se caracteriza por poseer un suelo franco-arcilloso, es suelo de elevada productividad agrícola, en virtud de su textura relativamente suelta (propiciada por la arena), fertilidad (aportada por los limos), adecuada retención de humedad (favorecida por la arcilla). Aunque la composición del suelo franco-arcilloso puede variar ligeramente, se pueden considerar uniformes las proporciones porcentuales siguientes:

- Arena: 45%
- Limo: 40%
- Arcilla: 15%

La cualidad principal de este tipo de suelo es que no es demasiado arcilloso, ni muy arenoso.

**Acuífero subterráneo:** El espejo de agua en esta zona se encuentra de 1.5 a 3 metros de profundidad.

**Productos:** Los cultivos que se producen varían según las dos épocas del año que se presentan marcadas en nuestro país, invierno y verano. En invierno se produce arroz alrededor de 500 manzanas, en verano se producen hortalizas como tomate, chile verde, frijol, sandía, entre otras.

**Sistema de bombeo actual (combustión interna impulsado por diésel):** El método de riego varía de acuerdo al cultivo y la estación del año (invierno y verano). En invierno se siembra arroz

y el riego se realiza en ciénagas, creadas de forma natural por las lluvias (inundación). En verano el riego se realiza por goteo impulsando y dirigiendo el agua por medio de tuberías, con la ayuda de una motobomba para agua.

### **8.2.2 Situación problemática**

Existe una necesidad de irrigación de los suelos de cultivo, para mantener la producción agrícola durante todo el año, de forma que no se dependa exclusivamente de la precipitación pluvial en época de invierno.

### **8.2.3 Diagrama de Causa y efecto de la situación problemática**

**Alto costo de los combustibles (bombas):** Los precios de los combustibles derivados del petróleo como el diésel, reportan a través del histórico de referencias incrementos (en su mayoría, a pesar de leves disminuciones en ciertos meses, datos del MINEC<sup>145</sup>) y se proyectan incrementos futuros, por lo que generan un fuerte impacto al costo de la producción agrícola, con un sistema de bombeo por bomba de combustión impulsado por diésel.

**Bajo nivel de humedad del suelo por ausencia de lluvia:** En época seca la ausencia total de precipitación pluvial genera sequedad en los suelos, lo que hace muy difícil la producción porque éstos no alcanzan la humedad requerida por algunos productos como hortalizas. En época de invierno, la variabilidad que presentan las lluvias por fenómenos atmosféricos como el niño, las canículas, entre otros, generan daños severos a los cultivos.

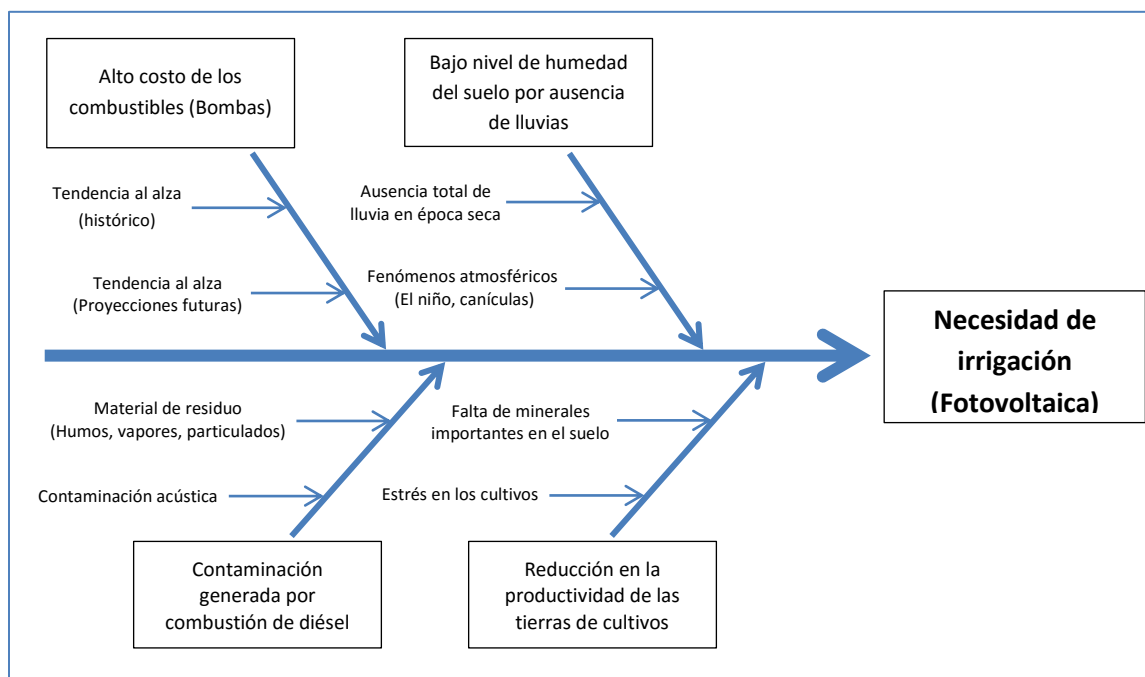
---

<sup>145</sup> [www.minec.gob.sv](http://www.minec.gob.sv)



**Contaminación generada por combustión de diésel:** El uso de combustibles fósiles genera contaminación, al expulsar grandes cantidades de residuos y material particulado a la atmósfera, en forma de humo, vapor, entre otros. Además producen contaminación acústica por funcionamiento del motor.

**Reducción en la productividad de las tierras de cultivos:** A falta de un buen suministro de agua, los cultivos sufren daños considerables, estrés por reducción en los niveles de humedad (distintos para cada cultivo particular) y por ausencia de minerales esenciales, lo que conlleva un decremento de la producción (*Gráfico 8.2- 1*).



*Gráfico 8.2- 1: Causas que originan la necesidad de cambio de tecnología para la irrigación de los suelos.*

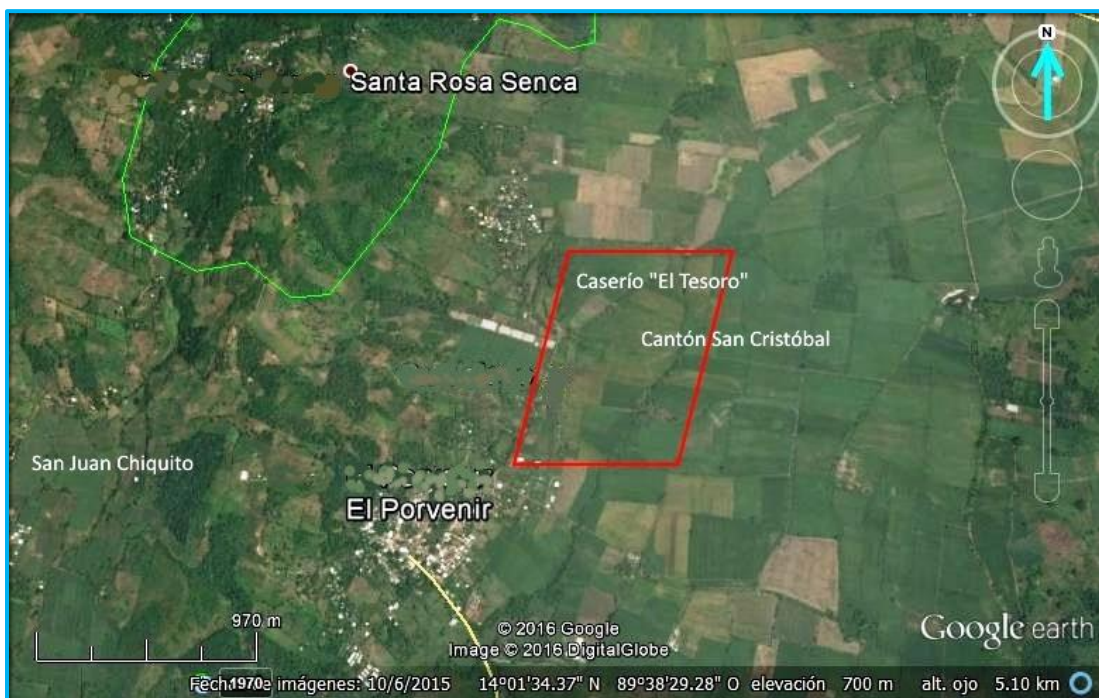
## 8.3 ESTUDIO DIAGNÓSTICO

### 8.3.1 Características de la zona de cultivo

#### Ubicación de la zona de cultivo

La zona de cultivos se encuentra fuera de la zona urbana al norte-oeste del municipio de El Porvenir, en la zona correspondiente al caserío “El Tesoro”. El territorio está ubicado en una semi-planicie limitada por cerros y consta de recursos necesarios para desarrollar la actividad agrícola, las vías de acceso a las zonas de cultivo son sendas o calles de tierra (*Mapa 8.3- 1*).

La distribución de las propiedades de los terrenos no es homogénea, ya que no todos los agricultores tienen la misma cantidad de tierra, ni la utilizan para la siembra de los mismos productos agrícolas, por lo que el tipo de cultivo puede variar de un propietario a otro, y por la rotación de cultivos puede ser diferente aun dependiendo de la estación, cambiando la topografía de la zona.



*Mapa 8.3- 1: Ubicación general de la zona de cultivo.*

## Composición del suelo de la zona de estudio

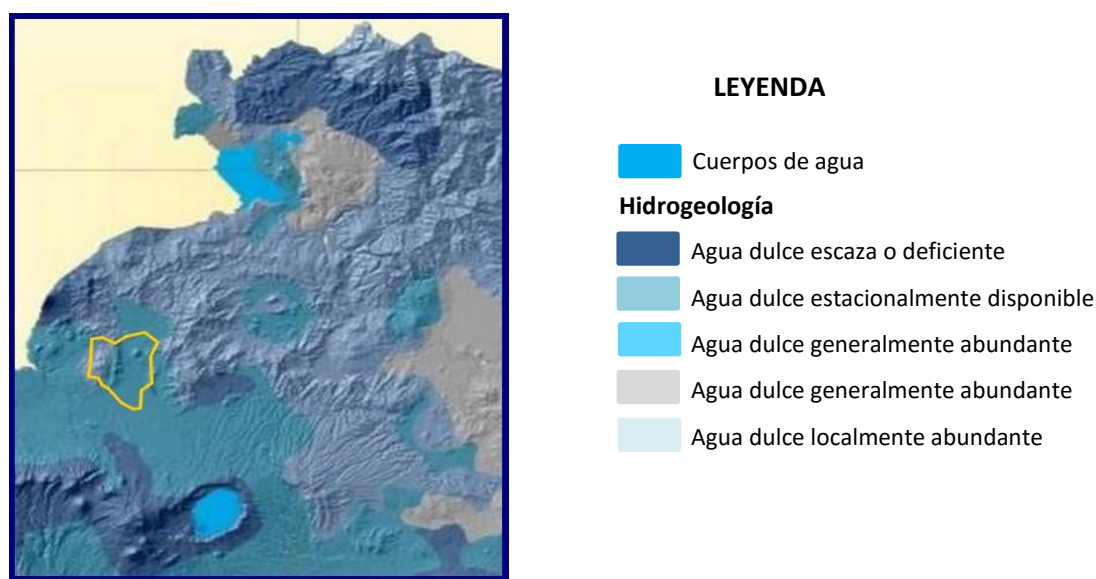
Por su composición el suelo del caserío “El Tesoro” se considera de tipo **franco arcilloso** el cual posee buenas propiedades para el cultivo (*Tabla 8.3- 1*)<sup>146</sup>.

Tipo	Contenido %	Tamaño medio
Limo	40%	< 0,0039 mm
Arena	45%	0,0039 - 0,0625 mm
Arcilla	15%	< 0,0039 mm

*Tabla 8.3- 1: Composición del suelo en la zona de estudio.*

## Agua subterránea

Representa una fracción de masa de agua importante y se aloja en los acuíferos (tipo confinado) bajo la superficie de la tierra, y por lo tanto se mantiene almacenada ahí durante invierno y verano, teniendo una gran importancia para la actividad agrícola, gracias a su capacidad de explotación durante la época seca o durante canículas o ceses de lluvia en épocas de invierno. El nivel del acuífero no se ve comprometido aun cuando la extracción de agua es simultánea por parte de todos los productores (*Mapa 8.3- 2*).

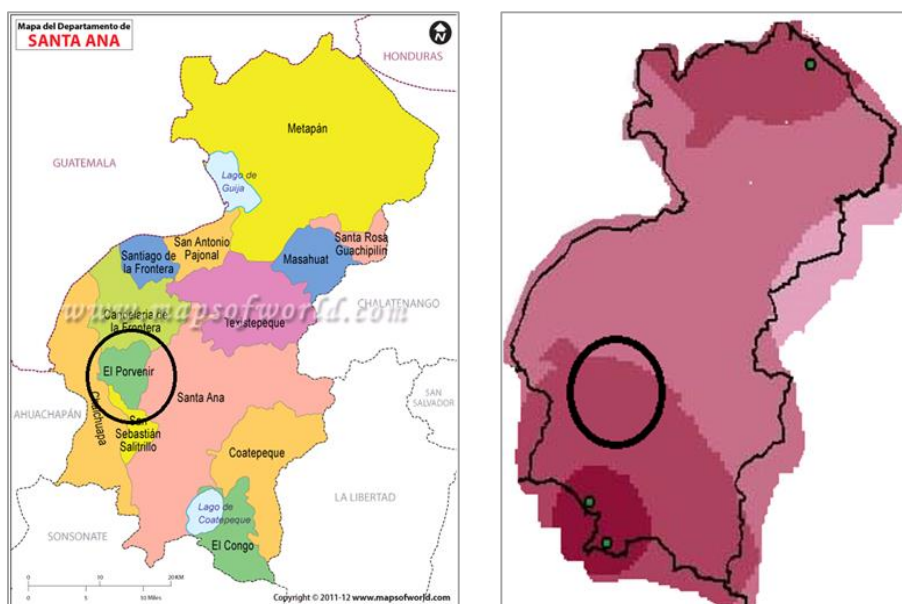


*Mapa 8.3- 2: Hidrología de la zona de estudio.*

<sup>146</sup> Propiedades físicas del suelo, facultad de agronomía, Universidad de la Facultad depto. De suelos y aguas Montevideo Uruguay 2004.

## Radiación solar

El mapa de irradiación solar en El Salvador fue creado bajo el proyecto SWERA, el cual muestra el potencial de irradiación solar en promedio diario de un año. Para la zona de estudio la irradiación es aproximadamente entre 4.45 – 4.92 KW/m<sup>2</sup>/día<sup>147</sup> según lo muestra el *Mapa 8.3- 3*.



Mapa 8.3- 3: Irradiación del departamento de Santa Ana.

## Bombeo e irrigación

El sistema de riego varía de un productor a otro, así como de acuerdo al cultivo y la estación del año. En invierno se siembra arroz y por lo general no se necesita de irrigación dado que las lluvias por la naturaleza de los suelos forman ciénagas. En verano algunos productores realizan riego por goteo, impulsando el agua que es extraída de los pozos “de puntera” (diámetro de 4 pulgadas) con la ayuda de una bomba achicadora diésel/gasolina de 5 HP (*Imagen 8.3- 1*) la cual utiliza en promedio 6 galones de combustible para 16 horas<sup>148</sup> de riego y dirigiendo el agua por medio de tuberías (de 2 pulgadas para tuberías principales y de ½ pulgada para tubería

<sup>147</sup> Consejo Nacional de Energía: [ww.cne.gob.sv/index.php?option=com\\_content&view=article&id=114&Itemid=197](http://ww.cne.gob.sv/index.php?option=com_content&view=article&id=114&Itemid=197)

<sup>148</sup> Fuente: Agricultores de la zona.

secundaria perforada) dispuestas a lo largo de los surcos, con perforaciones que permiten el paso de un pequeño volumen de agua (Imagen 8.3- 2).



Imagen 8.3- 1: Motobomba utilizada para extraer el agua del pozo tipo puntera.



Imagen 8.3- 2: Disposición de tuberías secundarias para riego por goteo.

RESUMEN DE DATOS IMPORTANTES DEL ESTUDIO DIAGNÓSTICO	
Área de cultivo	22 manzanas
Horario de riego	1 a 2 horas por día
Promedio de insolación del sitio	4.92 kWh/día
Nivel desde el suelo hasta el espejo de agua	3 metros
Cultivos seleccionados	Sandía y tomate

Tabla 8.3- 2: Resumen de los datos más relevantes del Estudio Diagnóstico.

### 8.3.2 Conclusiones del Estudio Diagnóstico

En el Estudio Diagnóstico, se analizaron las características físicas de la zona de estudio, habiéndose registrado hallazgos importantes, entre ellos:

- **Demografía**, El Porvenir cuenta con una población masculina de 981 y femenina de 1,075 personas. En la zona rural la población masculina es de 112, mientras que la femenina es de 115, estas personas en su mayoría poseen un nivel de escolaridad de sexto grado.
- **Economía**, el sector productivo predominante es el primario, dinamizado primordialmente por la producción agrícola, aunque también se realiza ganadería y acuicultura (en muy pequeñas cantidades).
- **Accesibilidad**, cuenta con vías de comunicación terrestres en buen estado y transitables, a pesar de no ser pavimentadas en su mayoría, no presentan inconvenientes, a excepción de temporadas con excesiva lluvia, lo que genera desbordamiento de ríos e interrupción del tráfico en el principal puente de acceso al municipio de El Porvenir.
- **Suelo, franco-arcilloso** de alta capacidad y fertilidad para los cultivos, dado su distribución porcentual de arcilla, arena y limo en su composición (15%, 45% y 40% respectivamente), de gran potencial para el cultivo de tomate y sandía.
- **Aguas superficiales**, posee cuatro cuencas principales río Singüil, río Las Tres Ceibas, río El Brujo y río Ayutica, las cuales son explotadas mayormente en invierno debido a la subida de sus niveles, al punto de desbordar y generar ciénagas, mismas que son aprovechadas para el cultivo de arroz. Asimismo, las quebradas se llenan de agua y sirven de desagüe natural para las corrientes provenientes de las zonas de recarga como Santa Rosa Senca.

- **Acuífero subterráneo**, localizado en toda la planicie de El Porvenir, este mantiene un nivel estable entre 1.5 y 3 metros el cual soporta el uso continuo y simultáneo por parte de todos los productores, al punto de presentar rebalse de pozos en época lluviosa.
- **Bombeo e irrigación**, actualmente el agua es bombeada desde pozos tipo “puntera” de 4” a 6” de diámetro, por medio de bomba achicadora (diésel/gasolina), siendo transferida por medio de tuberías (4”, 2” y ½”) si el riego es por goteo; o por mangueras, aspersores o barriles si el riego es manual.

Los sistemas actuales de bombeo suplen de agua las tierras pero con **poca eficiencia, alto gasto de combustible y tiempo** para irrigar la propiedad.

Para el riego por goteo la humedad es localizada y el desperdicio de agua es menor, en tanto que la bomba trabaja menos, pero no todos los productores irrigan de esta forma. El tiempo de riego usando goteo es de 1 a 2 horas diarias.

- **Radiación solar**, la zona de estudio posee niveles de radiación solar (o irradiancia) promedio de  $4.45 - 4.92 \text{ kW/m}^2/\text{día}$ , el cual es un muy buen parámetro para la sostenibilidad de un sistema fotovoltaico.

Con base en lo expuesto anteriormente se concluye, que el caserío “El Tesoro” posee recursos naturales y humanos suficientes para la implementación de un **sistema de bombeo fotovoltaico** como el propuesto en este proyecto.

## 8.4 ESTUDIO TÉCNICO

### 8.4.1 Definición técnica del producto o servicio

El producto que se entregará, es un sistema de bombeo para agua para el riego agrícola, accionado por medio de energía eléctrica generada por celdas fotovoltaicas; el cual abastecerá del vital líquido a los productos cultivados en la zona de estudio, permitiendo mantener (o elevar) la productividad de las tierras, con una reducción de los costos por riego.

Una instalación de bombeo fotovoltaico (FV) está compuesta principalmente por un generador FV comúnmente llamados paneles solares, los cuales son un arreglo de células fotovoltaicas, un motor/bomba, un pozo, un sistema de tuberías y un depósito de acumulación o tanque.

El sistema ha de estar debidamente instalado y protegido (*Gráfico 8.4- 1*), utilizando controladores, protecciones, sensores de nivel para el agua tanto en el pozo como en el depósito de acumulación (tanque) con el fin de evitar daños y desperdicio del agua así como la operación en vacío.



*Gráfico 8.4- 1: Componentes típicos de un sistema de bombeo fotovoltaico.*



En el *Gráfico 8.4- 2*, se detalla la configuración propuesta para el sistema de bombeo fotovoltaico (para ver el plano con mayor resolución y detalle, vea la sección de anexos), en el cual se observan los distintos componentes que lo conforman:

1. Paneles solares fotovoltaicos.
2. Estructura de soporte para paneles.
3. Cableado de conducción eléctrica: Cable fotovoltaico y cable para interiores.
4. Cajas de interruptores.
5. Protecciones contra sobretensiones.
6. Pozo.
7. Cable de alimentación sumergible.
8. Bomba.
9. Tubería de PVC para conducción de agua.
10. Tanque de captación para agua.
11. Tubería metálica.

La configuración propuesta del sistema se compone de 5 paneles policristalinos de 250W marca Canadian Solar<sup>®</sup>, montados en un soporte de aluminio anodizado anclados a poste de acero galvanizado, a una altura de dos metros; un SQFlex Solar Water Package<sup>®</sup>, marca Grunfos<sup>®</sup> (bomba sumergible SQFlex<sup>®</sup> 11A-3, interruptores SQFlex<sup>®</sup> IO 100, cable de alimentación sumergible con electrodo de nivel, cable de refuerzo de acero inoxidable) y demás accesorios. El sistema tendrá una capacidad máxima de bombeo de **14, 110.47 litros por hora.**

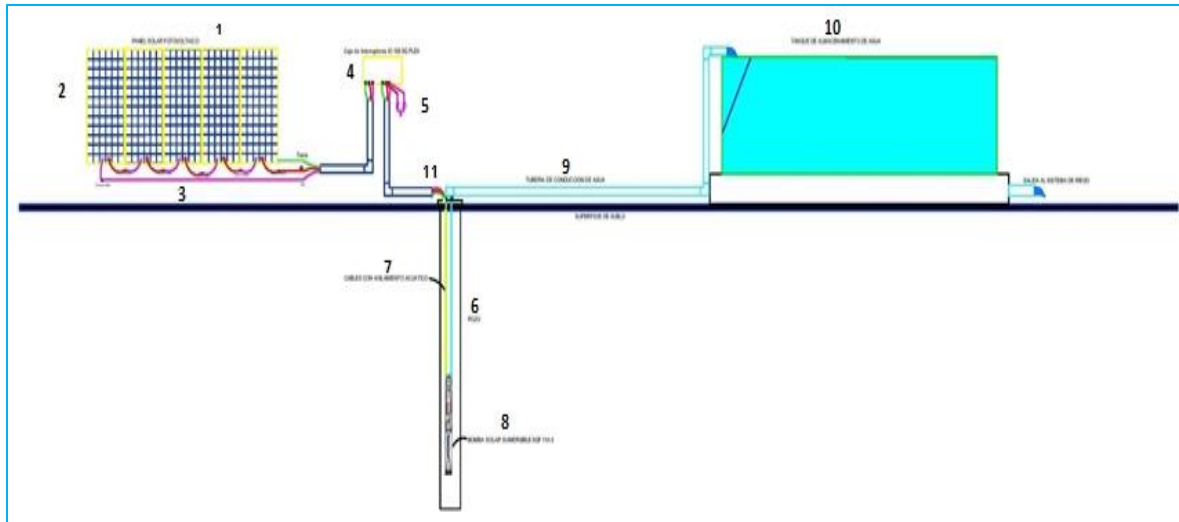


Gráfico 8.4- 2: Esquema de configuración propuesta para el sistema de bombeo fotovoltaico.

#### 8.4.2 Conclusiones del Estudio Técnico

- Mediante análisis de la cadena de valor, se determina que existen condiciones adecuadas para llevar a cabo tanto actividades primarias como secundarias (o de apoyo). Por ejemplo en Operaciones (primaria), una de las más importantes el traslado de los insumos hasta el lugar de ensamble, las vías de comunicación terrestres lo permiten. Respecto a las actividades de apoyo, estas son igualmente realizables sin contratiempo.
- La capacidad diseñada e instalada que tendrá el proyecto será de un sistema de bombeo fotovoltaico.
- El ángulo de inclinación al cual deben ser colocados los paneles fotovoltaicos respecto a la horizontal será de  $14^\circ$ , asimismo su cara deberá estar orientada hacia el sur.

- Los paneles solares serán montados en una estructura de aluminio, misma que será soportada por tres postes de acero galvanizado.
- La capacidad de bombeo del sistema será de 14,110.47 litros/hora (14.12 m<sup>3</sup>/h).
- La configuración propuesta del sistema de bombeo se compone de 5 paneles policristalinos de 250 W marca Canadian Solar<sup>®</sup>, montados en un soporte de aluminio anodizado anclados a postes de acero galvanizado, a una altura de dos metros, un SQFlex Solar Water Package<sup>®</sup> marca Grunfos<sup>®</sup> (bomba sumergible SQFlex 11A-3), interruptores SQFlex IO 100, cable de alimentación sumergible con electrodo de nivel y demás accesorios.
- No se requiere la construcción de tanque de almacenamiento puesto que la propiedad ya cuenta con este.
- Los recursos humanos necesarios son: Propietario de la tierra donde se instalará el sistema, trabajador (es) que ayudarán durante la instalación y posteriormente realizaran mantenimiento al mismo y técnico(s) instalador/electricista que será responsable del ensamble de los componentes y puesta en marcha del sistema.
- Respecto al marco legal, no existe ningún impedimento para la instalación del sistema propuesto, ya que no se incumple con ninguna ley de la república ni reglamento.

## 8.5 ESTUDIO ECONÓMICO

### 8.5.1 Presupuesto de inversión

La *Tabla 8.5- 1* muestra el presupuesto de inversión para el proyecto, dicha inversión se realizará una sola vez para instalar el sistema de bombeo.

Insumo, componente o actividad	Costo unitario <sup>149</sup>	Cantidad	Costo (Año 0)
Paneles fotovoltaicos	\$341.26	5	\$1,706.30
Soporte tipo "H"	\$385.00	1	\$385.00
Poste de acero 4"	\$19.34	3	\$58.02
Cable fotovoltaico	\$2.14	15 m	\$32.00
Caja de interruptores	\$451.00	1	\$451.00
Protección (sobretensiones)	\$22.16	1	\$22.16
Protección (rayos)	\$74.42	1	\$74.42
Cable (sumergible)	\$4.20	3 m	\$12.60
Bomba	\$2,285.00	1	\$2,285.00
Tubería de PVC 3"	\$1.83	13	\$23.79
Unión PVC 3"	\$2.80	2	\$5.60
Codo PVC 3"	\$6.70	3	\$20.10
Pegamento para PVC ½ Gal	\$17.25	1	\$17.25
Flotador interruptor	\$38.00	1	\$38.00
Conectores macho y hembra	\$2.25	5(5)	\$22.50
Barra de polo a tierra	\$12.50	1	\$12.50
Cable de puesta a tierra	\$6.67	3 m	\$20.01
Hormigón	\$37.80	±1 m <sup>3</sup>	\$37.80
<b>Sub total</b>			<b>\$5,224.05</b>
Transporte, instalación y mano de obra	\$1,306.01 <sup>150</sup>	-	\$1,306.01
<b>TOTAL</b>			<b>\$6,530.06</b>

*Tabla 8.5- 1: Presupuesto de inversión para el sistema de bombeo fotovoltaico.*

### 8.5.2 Presupuesto de operación

Una vez instalado y puesto en marcha el sistema de bombeo, los costos se reducen dando paso a los costos mostrados en la *Tabla 8.5- 2*, los cuales serán los mismos para un período igual

<sup>149</sup> Precios a enero de 2016, fuente: Principales ferreterías del país y Técnico ALBATECH GREEN ENERGY S.A. de C.V.

<sup>150</sup> Equivalente al 25% del costo de los materiales. Incluye, adquisición y transporte hacia el lugar de instalación de todos los insumos y materiales, pago de mano de obra, instalación y otros. Fuente: Ing. Meléndez, Técnico en ALBATECH GREEN ENERGY S.A. de C.V.

o mayor de 5 años, ya que en ese periodo con certeza no habrá necesidad de ningún tipo de gasto adicional, a menos que hubiera uso incorrecto del sistema, esto debido a las características de los componentes y a la vida útil de los mismos (alrededor de 25 años con uso adecuado).

Actividad	Responsable	Insumos	Pago en concepto de servicios		
			Mensual	Anual	A 5 años
Resguardo del sistema	Propietario del terreno	Vallas y cercos (del terreno)	\$5	\$60	\$300
Limpieza de paneles y otros elementos	Trabajador	Paño de franela, agua	\$2	\$24	\$120
<b>TOTAL</b>			<b>\$7</b>	<b>\$84</b>	<b>\$420</b>

Tabla 8.5- 2: Presupuesto de operación para el sistema de bombeo fotovoltaico.

En la **Tabla 8.5- 3** se muestran los datos de producción actuales y los que se proyectan con la instalación del sistema de bombeo, en donde se puede apreciar un importante aumento en los ingresos de un 50% para sandía y tomate respectivamente.

Producto	Producción actual <sup>151</sup>	Precio de venta <sup>152</sup>	Ingresos anuales actuales	Producción proyectada <sup>153</sup>	Ingresos anuales proyectados	Aumento de ingresos	% de aumento ingresos
Sandía	7,042.25 kg/mz	\$1.15 kg	\$8,098.59	10,563.38 kg/mz	\$12,147.89	<b>\$4,049.30</b>	<b>50</b>
Tomate	12,800.00 kg/mz	\$1.5 kg	\$19,200.00	19,200.00 kg/mz	\$28,800.00	<b>\$9,600.00</b>	<b>50</b>

Tabla 8.5- 3: Datos de producción de sandía y tomate actuales y proyectados.

De los datos mostrados en la **Tabla 8.5- 2**, **Tabla 8.5- 3** y los costos de producción **Tabla 5.2-3** y **Tabla 5.2-4**, se obtienen los flujos netos de efectivo a partir del año uno hasta el año cinco de operación del sistema de bombeo fotovoltaico (**Tabla 8.5- 4**); todos los datos se calcularon

<sup>151</sup> Estudio Técnico, tabla 4.4-1.

<sup>152</sup> www.mag.gob.sv. Precios de referencia mercado nacional, enero de 2016.

<sup>153</sup> Estudio Técnico, tabla 4.4-1.

tomando como base los precios de referencia y/o promedio de precios en el mercado nacional, y se proyecta su cambio haciendo uso del 1.6% de inflación<sup>154</sup>.

Flujos netos de efectivo para el sistema de bombeo fotovoltaico					
Flujos	Años				
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>Ingresos:</b>					
Sandía	\$4,050	\$4,115	\$4,181	\$4,248	\$4,315
Tomate	\$9,600	\$9,754	\$9,910	\$10,068	\$10,229
<b>Egresos:</b>					
Operación	\$3,430	\$3,484	\$3,540	\$3,596	\$3,653
Resguardo	\$60	\$62	\$64	\$66	\$68
Limpieza	\$24	\$26	\$28	\$30	\$32
<b>FNE =</b>	<b>\$10,136</b>	<b>\$10,296</b>	<b>\$10,458</b>	<b>\$10,624</b>	<b>\$10,792</b>

Tabla 8.5- 4: Flujos netos de efectivo para el sistema de bombeo fotovoltaico.

La *Tabla 8.5- 5* muestra el detalle de ahorro que habrá mediante el uso del sistema propuesto en este proyecto, siendo de **US\$448.55** con respecto al uso de gasolina lo cual representa un **84.22%** de disminución. Asimismo para el diésel se observa un ahorro anual de **US\$370.25**, equivalente a un **81.51%** de disminución.

Costos del sistema de bombeo actual contra costos del sistema fotovoltaico							
Actividad	Gasolina costo anual	Diésel costo anual	Fotovoltaico costo anual	Diferencia (gasolina)	% de ahorro	Diferencia (diésel)	% de ahorro
Operación	\$422.55 <sup>155</sup>	\$344.25 <sup>156</sup>	—	\$422.55	100	\$344.25	100
Mantenimiento	\$50.00 <sup>157</sup>	\$50.00 <sup>158</sup>	\$24.00	\$26.00	48	\$26.00	48
Resguardo	\$60.00	\$60.00	\$60.00	\$0.0	0	\$0.0	0
<b>Total</b>	<b>\$532.55</b>	<b>\$454.25</b>	<b>\$84.00</b>	<b>\$448.55</b>	<b>84.22</b>	<b>\$370.25</b>	<b>81.51</b>

Tabla 8.5- 5: Costo del sistema de bombeo actual contra costos del sistema de bombeo fotovoltaico.

<sup>154</sup> <http://datos.bancomundial.org/indicador/FP.CPI.TOTL.ZG> Dato 1.60%.

<sup>155</sup> Calculado con base a \$3.13, costo promedio por galón de gasolina en El Salvador para el periodo del 17 de febrero de 2015 al 1 de febrero de 2016. Fuente: Precios de referencia para los combustibles, MINEC, Dirección Reguladora de hidrocarburos y minas <https://www.edrhym.gob.sv/drhym/precios.aspx>

<sup>156</sup> Calculado con base a \$2.55, costo promedio por galón de diésel en El Salvador para el periodo del 17 de febrero de 2015 al 1 de febrero de 2016. Fuente: Precios de referencia para los combustibles, MINEC, Dirección Reguladora de hidrocarburos y minas <https://www.edrhym.gob.sv/drhym/precios.aspx>

<sup>157</sup> Costo de mano de obra e insumos para mantenimiento de rutina, no se incluye mantenimiento correctivo.

<sup>158</sup> Costo de mano de obra e insumos para mantenimiento de rutina, no se incluye mantenimiento correctivo.

### 8.5.3 Fuentes y estructura de financiamiento

Todo proyecto requiere de recursos para realizar sus actividades o para ampliar las ya existentes. El inicio de nuevos proyectos requiere una inversión monetaria, por lo que las fuentes de financiamiento juegan un papel muy importante, siendo estas muy diversas; las más utilizadas en nuestro país son: Préstamos a través de banca comercial, fondos propios, préstamo a entidades no bancarias, préstamo a terceros y fondos de inversión facilitados como donación por parte de alguna empresa, ONG, etc. Para el presente proyecto la fuente de financiamiento será donación, la cual realizará la empresa que apoya el presente estudio ALBA Petróleos de El Salvador S.E.M. de C.V. por medio de la división ALBATECH GREEN ENERGY S.A. de C.V. por un monto equivalente al total de la inversión de **US\$6,530.06** (ver *Tabla 8.5- 1*).

### 8.5.4 Conclusiones del Estudio Económico

- El costo total para instalación y puesta en funcionamiento del sistema de bombeo fotovoltaico para agua propuesto en éste estudio, requiere un monto de **US\$6,530.06**, el cual será financiado por la empresa ALBATECH GREEN ENERGY S.A. DE C.V. por lo que el propietario de las tierras de cultivo no incurrirá en gastos de instalación.
- El propietario de las tierras deberá invertir una pequeña cantidad de dinero (egresos) igual a **\$84** al año (sin sumar costos de producción), en concepto de mantenimiento del sistema, el cual consiste principalmente en una limpieza general de los paneles solares.
- Se tendrá un aumento de la producción de sandía de 7,042.25 kg/mz a **10,563.38 kg/mz**, y para el tomate de 12,800 kg/mz a **19,200 kg/mz**.

- El uso del sistema de bombeo fotovoltaico para agua que se propone, tendrá un efecto positivo en la producción de los cultivos seleccionados (sandía y tomate), genera importantes ingresos para el productor, siendo estos: **US\$4,049.30** para la sandía, lo que representa un aumento del **50%** respecto a los ingresos actuales; asimismo el ingreso para el cultivo de tomate será de **US\$9,600.00**, siendo un considerable aumento del **50%** en relación a los ingresos generados con la producción actual.

Por lo anterior se concluye que es económicamente factible la implementación de un sistema de bombeo fotovoltaico para agua, en la tierra de cultivo para la cual se realiza el presente estudio, ubicada en el Caserío “El Tesoro”, Cantón San Cristóbal, municipio de El Porvenir, departamento de Santa Ana.

## **8.6 ESTUDIO FINANCIERO**

### **8.6.1 Valor Presente Neto (VPN)**

Es el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados a la inversión inicial.

Este método es utilizado por dos razones, la primera porque es de muy fácil aplicación y la segunda porque todos los ingresos y egresos futuros se transforman en dólares de hoy y así puede verse fácilmente; si los ingresos son mayores que los egresos.

Si el VPN es menor que cero, implica una pérdida a una cierta tasa de interés; por el contrario si VPN es mayor que cero se presenta una ganancia y si el VPN es igual a cero se dice que el proyecto es indiferente.



La ecuación para calcular VPN es la siguiente:

$$VPN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \frac{FNE_4}{(1+i)^4} + \frac{FNE_5}{(1+i)^5}$$

Dónde:  $P$  = Inversión inicial,  $FNE_n$  = Flujos Netos de Efectivo,  $i$  = Tasa de interés  
 $n$  = Número de años.

### 8.6.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

Es la tasa de descuento por la cual el VPN es igual a cero, es decir, Es la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial.

Este método consiste en encontrar una tasa de interés ( $i$ ) que indique el valor real del rendimiento del dinero en la inversión. Se llama tasa interna de rendimiento porque supone que el dinero que se gana año con año se reinvierte en su totalidad

Si la TIR es mayor que la TMAR acepte la inversión; es decir, si el rendimiento del proyecto es mayor que el mínimo fijado como aceptable, la inversión es económicamente rentable.

Lo que nos lleva a utilizar la siguiente ecuación:

$$0 = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \frac{FNE_4}{(1+i)^4} + \frac{FNE_5}{(1+i)^5}$$

Dónde:  $P$  = Inversión inicial,  $FNE_n$  = Flujos Netos de Efectivo,  $i$  = Tasa de interés  
 $n$  = Número de años.

### 8.6.3 Beneficio/Costo del proyecto (B/C)

La razón Beneficio Costo se considera el método de análisis fundamental para proyectos del sector público. Existen diversas variaciones de la razón B/C; sin embargo, el enfoque fundamenta es el mismo. Todos los cálculos de costos y beneficios deberán convertirse a una unidad monetaria de equivalencia común (Valor Presente, Valor Anual o Valor Futuro) a la tasa de interés.

La directriz para aceptar o rechazar un proyecto es la siguiente:

**Si B/C es mayor o igual que 1;** se determina que el proyecto es económicamente aceptable para los estimados y la tasa de descuento aplicada.

**Si B/C es menor que 1;** el proyecto no es económicamente aceptable.

**Si el valor de B/C es igual o está muy cerca de 1.0,** los factores no económicos ayudaran a tomar la decisión.

Existen dos maneras de poder realizar el análisis de B/C; una convencional y otra modificada.

**B/C convencional,** probablemente la más utilizada, se calcula de siguiente manera:

$$B/C = \frac{(Beneficios - Contrabeneficios)}{Costos}$$

**B/C modificada**, incluye los costos de mantenimiento y operación (M&O) en el numerador y los trata de forma similar a los contrabeneficios. El denominador incluye solamente el costo de la inversión inicial y se calcula de la siguiente manera:

$$B/C = \frac{(\text{Beneficios} - \text{Contrabeneficios} - \text{Costos M\&O})}{\text{Inversión inicial}}$$

**B – C:** B es el beneficio neto y en C los costos incluyendo el costo anual de M&O, si **B – C es mayor o igual a cero**, el proyecto es aceptable.

<b>Cuadro resumen de los datos más relevantes del Estudio Financiero</b>	
<b>Valor Presente Neto (VPN)</b>	US\$26,146.82
<b>Tasa Interna de Retorno (TIR)</b>	155%
<b>Beneficio/Costo (B/C)</b>	B/C <sub>Convencional</sub> = 7.47
	B/C <sub>Modificada</sub> = 5.54
	B – C = 29,678.31
<b>Conclusión financiera sobre el proyecto</b>	<b>ACEPTABLE</b>

Tabla 8.6- 1: Resumen de los datos más relevantes del Estudio Financiero.

#### 8.6.4 Conclusiones del Estudio Financiero

- Al realizar la evaluación financiera se obtuvo un **VPN = \$26,146.82**.
- Se obtuvo una Tasa Interna de Retorno **TIR = 155%** la cual es mayor que la **TMAR = 13.5%**.
- En el análisis de **Beneficio Costo B/C**; en cada uno de sus variantes los resultados son **mayores que cero** por lo tanto, el proyecto se acepta.

# **GLOSARIO**

## GLOSARIO DE CONCEPTOS

### A

---

**Acuífero:** Que conduce sustancias líquidas, especialmente agua. Reservorio de agua.

**Aire:** El aire está compuesto básicamente por dos gases, nitrógeno (N<sub>2</sub>) y oxígeno (O<sub>2</sub>). En un volumen determinado de aire se encuentra una proporción de nitrógeno (N<sub>2</sub>) del 79% mientras que el contenido de oxígeno es aproximadamente de un 21%.

**Amorfo:** Célula fotovoltaica de silicio que no posee estructura cristalina definida. El silicio durante su transformación, produce un gas que se proyecta sobre una lámina de vidrio. La celda es gris muy oscuro.

**Arcilla:** La arcilla es un suelo o roca sedimentaria constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados, procedentes de la descomposición de rocas que contienen feldespato, como el granito. Presenta diversas coloraciones según las impurezas que contiene, desde el rojo anaranjado hasta el blanco cuando es pura. Se caracteriza por adquirir plasticidad al ser mezclada con agua, y también sonoridad y dureza al calentarla por encima de 800 °C.

**Arena:** La arena es un conjunto de partículas de rocas disgregadas. En geología se denomina arena al material compuesto de partículas cuyo tamaño varía entre 0,063 y 2 milímetros (mm). Una partícula individual dentro de este rango es llamada «grano de arena».

**Autosustentable:** Que puede sostenerse por sí mismo.

**Axonomorfa o pivotante, Raíz:** Está compuesta por una raíz que contiene mayor espesor, considerada la principal, y otras que salen de ella y que se caracterizan por ser más delgadas.

## B

---

**Basales, Hojas:** Crecen en la parte baja de la planta, teniendo contacto con el suelo.

**Bomba Hidráulica:** Es una máquina que transforma la energía mecánica en energía incompresible de fluido que se mueve.

**Bombeo, Sistema de:** Un sistema de bombeo consiste en un conjunto de elementos que permiten el transporte a través de tuberías y el almacenamiento temporal de los fluidos, de forma que se cumplan las especificaciones de caudal y presión necesarias en los diferentes sistemas y procesos.

## C

---

**Caudal:** Es la cantidad de fluido medido en volumen, que se mueve en una unidad de tiempo.

**Célula Fotovoltaica:** También llamada celda fotovoltaica. Es un dispositivo electrónico que permite transformar la energía lumínica en energía eléctrica.

**Cespitosa:** Planta de rizomas (es un tallo subterráneo con varias yemas que crecen de forma horizontal emitiendo raíces y brotes herbáceos de sus nudos) cortos que crecen dando matas densas y cuyas innovaciones se desarrollan próximas a los tallos del año anterior.

**Ciénaga (pantano/humedal):** Pantano: Gran masa de agua estancada y poco profunda en la cual crece una vegetación acuática a veces muy densa. Humedal: Zona de tierras, generalmente planas, cuya superficie se inunda de manera permanente o intermitentemente.

**Clasificación climática de Köppen:** La clasificación climática de Köppen, también llamada de Köppen-Geiger fue creada en 1900 por el científico ruso de origen alemán Wladimir Peter

Köppen y posteriormente modificada en 1918 y 1936. Consiste en una clasificación climática mundial que identifica cada tipo de clima con una serie de letras que indican el comportamiento de las temperaturas y precipitaciones que caracterizan dicho tipo de clima.

Clasificación climática de Köppen							
		Humedad					
Temperatura		S	W	f	m	w	s
<b>A</b>	<b>Tropical</b>	–	–	Ecuatorial <i>Af</i>	Monzónico <i>Am</i>	Tropical de sabana <i>Aw</i>	Tropical de sabana <i>As</i>
<b>B</b>	<b>Seco</b>	Estepario <i>BS</i>	Desértico <i>BW</i>	–	–	–	–
<b>C</b>	<b>Templado</b>	–	–	Subtropical sin estación seca (pampeano o chino) <i>Cfa</i> , Oceánico <i>Cfb</i>	–	Subtropical de altura <i>Cwa</i> , <i>Cwb</i>	Mediterráneo <i>Csa</i> , Oceánico de veranos secos <i>Csb</i>
<b>D</b>	<b>Continental</b>	–	–	Continental <i>Dfa</i> , <i>Dfb</i> , Subártico <i>Dfc</i> , <i>Dfd</i>	–	Manchuriano <i>Dwa</i> , <i>Dwb</i>	–
		<b>T</b>			<b>F</b>		
<b>E</b>	<b>Frío</b>	Clima de Tundra <i>ET</i>			Polar <i>EF</i>		

**Combustión, Interna:** Es proceso de quemado de una mezcla comprimida de aire y combustible, una vez mezclados íntimamente y confinados en un espacio denominado cámara de combustión, los gases son encendidos para quemarse (combustión).

**Corrosión:** Deterioro de un material a consecuencia de electroquímicos por su entorno.

**Cultivo autosustentable:** Es aquel que el sistema genera los recursos mismos para mantenerse a largo plazo.

## D

---

**Decibeles:** Expresa la razón entre dos cantidades y no cantidades. En nuestro proyecto es la comparación entre dos cantidades de sonidos. Representado por dB.

**Decumbente:** Planta, postrada, que tiene los tallos rastreros y tendidos sobre el suelo, pero sin que arraiguen en él. Se aplica también al tallo que presenta dicho hábito de crecimiento.

**Demanda de Productos:** Cantidad y calidad de bienes o servicios que pueden ser adquiridos en los diferentes precios del mercado.

**Demografía:** Es la ciencia que tiene como objetivo el estudio de las poblaciones humanas, de su dimensión, estructura, evolución y características generales. La demografía estudia estadísticamente la estructura y la dinámica de las poblaciones, así como los procesos concretos que determinan su formación, conservación y desaparición. Tales procesos, en su forma más agregada, son los de fecundidad, mortalidad y migración: emigración e inmigración.

**Drenaje del suelo:** Permisibilidad del drenaje del agua que se acumula.

## E

---

**Erecta o trepadora:** Una planta de guía o guiadora (en inglés vine) es una planta con tallos alargados y delgados, que nunca se sostienen por sí mismos ni se engrosan especialmente. Si se interpreta cada nudo (con su respectivo entrenudo y sus respectivas hojas y yemas o ramificaciones) como un módulo, se observa que todos los módulos de la planta tienen un grosor y funciones más o menos similares. Las plantas de guía pueden ser anuales o perennes, herbáceas o leñosas, trepadoras o no (véase también la voz caribeña bejuco); todas coinciden en la estrategia ecológica de buscar el sol alejadas de su sitio de germinación sin necesidad de sostenerse por sí mismas.



**Espejo de agua:** Capa de agua profunda que se encuentra en un lago o bajo la superficie terrestre.

## F

---

**Financiamiento:** Es el mecanismo por medio del cual una empresa o personas obtienen recursos para un proyecto específico.

**Fluido:** Conjunto de partículas que se encuentran unidas entre sí por fuerzas cohesivas débiles y las paredes de un recipiente.

## G

---

**Galvanizado:** Proceso electroquímico con el que se puede recubrir un metal con otro.

**Geografía:** Es la ciencia que trata de la descripción o de la representación gráfica de la Tierra. En sentido amplio es la ciencia que estudia la superficie terrestre, las sociedades que la habitan y los territorios, paisajes, lugares o regiones, que la forman al relacionarse entre sí.

**Geografía Física:** Comprende climatología, geomorfología, hidrología, glaciología, biogeografía, edafología, paleogeografía, geografía litoral y ecología del paisaje

**Geología:** Es la ciencia que estudia la composición y estructura interna de la Tierra, y los procesos por los cuales ha ido evolucionando a lo largo del tiempo geológico.

**Glabrescente:** En botánica, (1) Casi desprovisto de pelos. (2) Que con el tiempo se vuelve glabro o casi.

**Glabro:** Desprovisto absolutamente de pelos.

**Glanduloso:** Provisto de glándulas.

**Glóbulos rojos:** Son los elementos de la sangre encargados del transporte de oxígeno.

**Google:** Compañía multinacional estadounidense especializada en productos y servicios relacionados con internet, software y dispositivos electrónicos y otras tecnologías. El principal producto es el motor de búsqueda con el mismo nombre.

También ofrece otros servicios como:

- Google Maps
- Google Earth
- Google Books
- Google News
- Youtube
- Otros

**Grumosoles:** Suelos muy arcillosos de color gris a negro con vegetación de morros, cuando están muy mojados son muy pegajosos y muy plásticos. Cuando están secos son muy duros y se rajan. En la superficie son de color oscuro pero con poco humus o materia orgánica. El subsuelo es gris oscuro. Son muy profundos poco permeables por lo que la infiltración de agua lluvia es muy lenta. Su uso potencial es de moderada a baja, no apta para cultivos permanentes de alto valor comercial porque al rajarse rompen las raíces de las plantas.

## H

---

**Herbácea:** En botánica, una hierba o yerba es una planta que no presenta órganos decididamente leñosos. Los tallos de las hierbas son verdes y mueren generalmente al acabar la buena estación, siendo sustituidos por otros nuevos si la hierba es vivaz.

**Hidrocarburos:** Son compuestos orgánicos formados únicamente por carbono y hidrogeno, el petróleo es una mezcla de compuesto orgánicos principalmente hidrocarburos insolubles en agua.

**Hidrogeología:** «La hidrogeología es la ciencia que estudia el origen y la formación de las aguas subterráneas, las formas de yacimiento, su difusión, movimiento, régimen y reservas, su interacción con los suelos y rocas, su estado (líquido, sólido y gaseoso) y propiedades (físicas, químicas, bacteriológicas y radiactivas); así como las condiciones que determinan las medidas de su aprovechamiento, regulación y evacuación» (Mijailov, L. 1985. Hidrogeología. Editorial Mir. Moscú, Rusia. 285 p.).

**Hidrografía:** es la parte de la geografía que se encarga de la descripción de las aguas del planeta Tierra. El concepto se utiliza también para nombrar al conjunto de las aguas de una región o de un país. En el estudio de las aguas continentales, las características hidrográficas importantes de los ríos son: caudal, cuenca, vertiente hidrográfica, cauce o lecho, régimen fluvial, dinámica fluvial, erosión, sedimentación fluvial, tipos de valles y pendientes.

**Hirsuto:** Dicho de un órgano cubierto de pelos rígidos y ásperos al tacto.

**Híspido:** Dicho de un órgano, cubierto de pelos muy tiesos y muy ásperos al tacto, casi punzantes.

**Hollín:** Se llama hollín a las partículas sólidas de tamaño muy pequeño, desde unos 100 nanómetros (100 nm) hasta 5 micras (5  $\mu\text{m}$ ) como máximo. En su mayoría compuestas de carbono impuro, pulverizado, y generalmente de colores oscuros.

**Hormigón:** Un material compuesto empleado en construcción. Formado esencialmente por aglomerante al que se le añade partículas o fragmentos de agregados, agua y aditivos específicos.

---

**I**

**Impacto Ambiental:** Es el efecto que produce la actividad humana en el medio ambiente.

**Impacto Social:** Es el efecto de la inversión planteada sobre la sociedad.

**Implementación:** Poner en función o llevar a cabo una acción; en este estudio la acción está orientada a la ejecución del proyecto.

**Incoloro:** Que no posee color.

**Inodoro:** Que no tiene olor.

**Insumos:** Todo aquello disponible para el uso y el desarrollo desde la naturaleza o creados por el ser humano, es decir la materia prima de un proceso.

**Inversión:** Es el acto mediante el cual se usan ciertos bienes con el fin de obtener ingresos.

**Irradiación (Radiación):** Radiación solar es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol. La potencia de la energía proveniente del sol se denomina irradiancia.

**Irrigación:** Se puede definir la irrigación como el conjunto de dispositivos socio-técnicos que permiten aportes artificiales de agua sobre tierras, para obtener una producción agrícola. Estos aportes de agua establecen o restablecen en el suelo la humedad necesaria para la vegetación; pueden también proveer de nutrientes útiles a las plantas.

---

**L**

**Latitud:** Es la distancia angular entre la línea ecuatorial y cualquier parte de la tierra.

**Latosoles Arcillo Rojizos:** Suelos arcillosos de color rojizo en lomas y montañas. Son bien desarrollados con estructura en forma de bloques con un color generalmente rojo aunque algunas veces se encuentran amarillentos o cafésosos. Esta coloración se debe principalmente a la presencia de minerales de hierro de distintos tipos. La fertilidad puede ser alta en terrenos protegidos, pudiéndose utilizar maquinaria agrícola cuando la pendiente es moderada. Son suelos aptos para casi todos los cultivos.

**Limo:** El limo es un sedimento clástico incoherente transportado en suspensión por los ríos y por el viento, que se deposita en el lecho de los cursos de agua o sobre los terrenos que han sido inundados. Para que se clasifique como tal, el diámetro de las partículas de limo varía de 0,0039 mm a 0,0625 mm.

**Lóbulos:** Lobo o gajo pequeño. Lobo: División poco profunda y más o menos redondeada de un órgano laminar. Se usa más el diminutivo lóbulo.

## M

---

**Marketing:** En español mercadotecnia. Es un proceso que comprende la identificación de necesidades de un mercado objetivo, la formulación de objetivos orientados al consumidor, la construcción de estrategias que generen valor superior.

**Monocristalino:** Basados en secciones de una barra de silicio perfectamente cristalizado en una sola pieza. Al enfriarse, el silicio fundido se solidifica formando solo un único cristal de grandes dimensiones. Luego se corta el cristal en delgadas capas que dan lugar a las células. Estas células generalmente son de un azul uniforme.

**Monoica:** En botánica, se denomina monoicas a las especies en las cuales ambos sexos se presentan en una misma planta.

## O

---

**Orografía:** Según el diccionario de la RAE se refiere tanto a las elevaciones que puedan existir en una zona en particular (región, país, etc.), como a la descripción de las mismas que realiza la geomorfología.

## P

---

**Panel Solar:** Es un dispositivo que capta la radiación solar para su aprovechamiento.

**Parámetro:** Es una constante o variable que aparece en una expresión matemática y cuyos distintos valores dan lugar a distintos casos en problemas.

**Pedología:** es el estudio de los suelos en su ambiente natural. Es una de las dos ramas de la ciencia del suelo siendo la otra la edafología, ésta última más relacionada con la agronomía por dedicar su estudio al aprovechamiento de los suelos. La pedología, en cambio, está relacionada y se considera también como una rama de la geografía que estudia el suelo en lo concerniente a la pedogénesis (el origen del suelo, su formación), clasificación, morfología, taxonomía, y también su relación e interacción con el resto de los factores geográficos.

**Pluvial:** Relativo a la lluvia.

**Policristalino:** Las células policristalinas se basan en secciones de una barra de silicio que se ha estructurado desordenadamente en forma de pequeños cristales; durante el enfriamiento del silicio en un molde, se forman varios cristales. La fotocélula es de aspecto azulado, pero no es uniforme, se distinguen diferentes colores creados por los diferentes cristales. Son visualmente muy reconocibles por presentar su superficie un aspecto granulado.

**Polución:** Aquello que afecta a la naturaleza.

**Pubescente:** En botánica, hoja que presenta una superficie cubierta de pelillos que retienen el rocío matutino.

## R

---

**Radiación:** Radiación solar es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol. La potencia de la energía proveniente del sol se denomina irradiancia.

**Radiación de Albeldo:** El albedo es el porcentaje de radiación que cualquier superficie refleja respecto a la radiación que incide sobre la misma. Las superficies claras tienen valores de albedo superiores a las oscuras, y las brillantes más que las mates. El albedo medio de la Tierra es del 37-39% de la radiación que proviene del Sol.

**Radiación Difusa:** La radiación difusa es aquella recibida de la atmósfera como consecuencia de la dispersión de parte de la radiación del sol en la misma. Esta energía puede suponer aproximadamente un 15% de la radiación global en los días soleados, pero en los días nublados, en los cuales la radiación directa es muy baja, la radiación difusa supone un porcentaje mucho mayor. Por otra parte, las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben, ya que "ven" toda la semiesfera celeste, mientras que las superficies verticales reciben menos porque solo "ven" la mitad de la semiesfera celeste.

**Radiación Directa:** La radiación directa es la que llega directamente del foco solar, sin reflexiones o refracciones intermedias.

**Rastrero:** Dicho de un tallo o un rizoma, que se tumba y crece apoyado en el suelo.

**Rayos Ultravioleta:** (o rayos UVA) Radiación electromagnética cuya longitud de onda es menor que cualquiera de las del espectro visible, esto es, anterior al violeta, y que puede llegar a ser perjudicial para los seres vivos.

**Riego por goteo:** igualmente conocido bajo el nombre de «riego gota a gota», es un método de irrigación utilizado en las zonas áridas pues permite la utilización óptima de agua y abonos. El agua aplicada por este método de riego se infiltra hacia las raíces de las plantas irrigando directamente la zona de influencia de las raíces a través de un sistema de tuberías y emisores (goteros). Esta técnica es la innovación más importante en agricultura desde la invención de los aspersores en los años 1930.

## S

---

**Sinérgico:** Que interactúa o se relaciona.

**Sistema de escape:** En un equipo o vehículo que use un motor de combustión interna, es el conjunto de tubos que permiten a los gases de combustión de los motores escapar al ambiente.

**Solarimetría:** Medición de la intensidad solar.

**Suministro:** O Abastecimiento, es la actividad económica encaminada a cubrir necesidades de consumo.

## T

---

**Topografía:** es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie terrestre, con sus formas y detalles; tanto naturales como artificiales (véase planimetría y altimetría). Esta representación tiene lugar sobre superficies planas, limitándose a pequeñas extensiones de terreno, utilizando la



denominación de «geodesia» para áreas mayores. De manera muy simple, puede decirse que para un topógrafo la Tierra es plana (geoméricamente), mientras que para la geodesia no lo es.

## U

---

**Unisexuales:** En botánica, flores que poseen únicamente órganos femeninos (pistilos) o masculinos (estambres).

**Urbanismo:** es el conjunto de disciplinas que se encarga del estudio de los asentamientos humanos para su diagnóstico, comprensión e intervención.

## V

---

**Vida Útil:** Es la duración estimada que un objeto puede tener, cumpliendo correctamente la función para la cual fue creado.

**Volubles:** Dicho de una planta trepadora, que se enrosca a un soporte dando vueltas alrededor del tallo. Las enredaderas en que la planta posee la especialización de enroscarse alrededor de un sustrato sin hacer uso de órganos especializados para ello, son llamadas plantas volubles (en inglés twining vine o bine). En las plantas volubles es el tallo el que posee la morfología distintiva: es robusto y vigoroso y posee la adaptación de desarrollarse contra el sustrato girando alrededor de él (normalmente se aclara en las descripciones si preferentemente gira en sentido horario o en sentido antihorario). Algunas plantas volubles como el lúpulo, *Humulus lupulus*, pueden tener pelos o tricomas en gancho que mejore su agarre a las estructuras sobre las que están trepando.

**Volumen de líquido:** Extensión de tres dimensiones de un líquido contenido en un recipiente, en este proyecto es una pila de contención.

## Z

---

**Zarcillos:** En botánica un zarcillo es un tallo, hoja o pecíolo especializado del que se sirven ciertas plantas trepadoras para sujetarse a una superficie o a otras plantas.

## GLOSARIO DE SIGLAS

### A

---

**ADESCO:** Asociación de Desarrollo Comunal.

**AES CLESA:** Compañía distribuidora de energía eléctrica que sule a gran parte de la zona occidental de El Salvador.

**AMD:** Siglas en ingles de “Advanced Micro Devices”.

**ANDA:** Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados.

### B

---

**B/C:** Beneficio – Costo.

### C

---

**CE:** Comunidad Europea.

**CEL:** Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Rio Lempa.

**CN:** Partido de Concertación Nacional.

**CNE:** Consejo nacional de energía.

**CSJ:** Corte Suprema de Justicia.

## D

---

**DDR3:** Siglas en ingles de “Doble Data Rate Type Three Synchronous Dynamic Random-Access Memory”. Es un tipo de memoria RAM de una computadora.

## F

---

**FISDL:** Fondo de Inversión Social Para Desarrollo Local.

**FNE:** Flujo Neto de Efectivo.

## I

---

**ISDEM:** Instituto Nacional de Desarrollo Comunal.

## L

---

**LAN:** Siglas en ingles de “Local Área Network”.

## M

---

**M&O:** mantenimiento y operación.

**MAG:** Ministerio de Agricultura y Ganadería.

**MARN:** Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

**Min. De Justicia y S.S.:** Ministerio de Justicia y Seguridad Social.

**MINEC:** Ministerio de Economía de EL Salvador

**MINED:** Ministerio de Educación.

## O

---

**OMS:** Siglas en español de la Organización Mundial de la Salud.

**ONG:** Organización no gubernamental.

## P

---

**PNC:** Policía Nacional Civil.

**PVC:** Poli-cloruro de Vinilo  $(C_2H_3Cl)_n$ .

## S

---

**SIGET:** Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones.

**SNET:** Servicio Nacional de Estudios Territoriales.

**SWERA:** Del inglés "Solar and Wind Energy Resource Assessment".

## T

---

**TIR:** Tasas Interna de Retorno.

**TMAR:** Tasa Mínima de Aceptable Rendimiento.

## U

---

**UCA:** Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas".

**UES - FMOcc.:** Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria de Occidente.

## V

---

**VPN:** Valor Presente Neto.

## W

---

**WHO:** Siglas en ingles de “World Health Organization” que al traducirlas al español se pueden escribir como “Organización mundial para la salud” (OMS).

## GLOSARIO DE ABREVIATURAS

## A

---

**A:** Amperios o Ampere (Unidad de medida de corriente eléctrica).

**A:** Anualidad (Estudio económico)

**AC:** Corriente Alterna o variable.

**Ah:** Amperios por hora (Unidad de medida de corriente en un lapso de tiempo).

## C

---

**CC:** Corriente Continua o Directa. (También se conoce como DC).

**CD:** Carga Dinámica.

**CDT:** Nivel estático más atura de descarga más abatimiento más fricción.

**CO<sub>2</sub>:** Dióxido de carbono.

**CoAj:** Corriente Ajustada.

## D

---

**DC:** Corriente Directa o Continua. (También se conoce como CC).

**DeCorr:** Carga Eléctrica Corregida.

## F

---

**F:** Valor futuro de una inversión.

**Fdc:** Factor de conversión.

**Fig.:** Figura.

**FV:** Fotovoltaico.

## E

---

**EHid:** Energía Hidráulica.

## H

---

**HC:** Hidrocarburos.

**Hf:** Incremento en la presión causada por la fricción y expresada en distancia lineal.

**HP:** Horse Power o caballos de fuerza

**H<sub>2</sub>O:** Molécula de agua o simplemente agua.

## I

---

**i:** Tasa de interés.

## K

---

**K:** Constante empírica con unidades  $(\text{m}^3/\text{s})^{-2}$ .

**Kg:** Kilogramos (unidad de medida de masa).

**kW/h:** Kilowatts hora (unidad de medida de potencia).

## L

---

**L:** Distancia total recorrida por el agua en las tuberías.

**L:** Litro (también se representa con una Lts.)

## M

---

**m:** metro (unidad de longitud).

**m<sup>2</sup>:** Metro cuadrado (unidad de superficie).

**m<sup>3</sup>:** Metro cubo (unidad de medida de volumen).

## N

---

**N<sub>2</sub>:** nitrógeno molecular o di nitrógeno.

**NO<sub>x</sub>:** El óxido de nitrógeno (II), óxido nítrico o monóxido de nitrógeno (NO) es un gas incoloro y poco soluble en agua. La letra "X" representa un número entero.

## O

---

**O<sub>2</sub>:** Oxígeno molecular o de oxígeno, generalmente llamado oxígeno.

**O<sub>3</sub>:** Ozono.

## Q

---

**Q:** Es el caudal de agua en metros cúbicos por segundo.

## R

---

**RBom:** Régimen de bomba.

## S

---

**SO<sub>2</sub>:** Dióxido de azufre.

## T

---

**T:** Tanque de captación.

## U

---

**UV (Rayos):** Rayos Ultravioleta.

## V

---

**V:** Voltaje (unidad de medida del Fuerza eléctrica también conocida como tensión eléctrica).

## W

---

**W:** Watts (unidad de medida de Energía).

**Wh:** Watts Hora (unidad de medida de potencia).





# **BIBLIOGRAFÍA**

## LIBROS

---

- **Aguirre Sábada**, Alfredo. Fundamentos de Economía y Administración de Empresas. Ediciones Pirámide, S.A. año 1992 Pág.: 401.
- **Baca Urbina**, Gabriel. Formulación y Evaluación de Proyectos. 4 Edición. Graw Hill.
- **Beltrán P.**, Rafael. Introducción a la Mecánica de Fluidos. Bogotá. McGraw Hill Uniandes, 1991. 346 p.
- **Castro**, Alfredo Antonio. Sistema de bombeo solar directo con presión y caudal constante.
- **Chiavenato**, Idalberto. Planeación Estratégica, Fundamentos y Aplicaciones, página 123.
- **Córdoba Padilla**, Marcial. Formulación y evaluación de proyectos. 2006. Ecoe.
- **Guía para el desarrollo de proyectos de Bombeo de Agua con Energía Fotovoltaica.** Vol.1 Libro de Consulta. Pág.: 41-45.
- **FINTRAC-IDEA.** Manual del cultivo de Tomate. Año 2004. Pág.: 29.
- **Fondo de Crédito Industrial**, Manual para formulación y evaluación de proyectos, caracas Venezuela, 3ª edición.
- **GILES**, Ranald V. fluid mechanics and hydraulics. Teoría y Problemas de Mecánica de Fluidos e Hidráulica. Serie de Compendios Schaum, McGraw Hill de México, México, 1969, 273 p.
- **M. Sc. Ing. Carlos Orbeozo, Ing. Roberto Arivilca.** Energía Solar Fotovoltaica, 2010.

- **Miranda Miranda**, Juan José. Gestión de Proyectos, Identificación – Formulación, Evaluación. 4a Ed. Pág. 129.
- **Pimentel**, Edmundo. Formulación y Evaluación de proyectos de inversión, aspectos teóricos y prácticos, 2008.
- **Potter**, Merle C. y Wiggert, David C. Mecánica de fluidos, 3ª Ed. México. Thompson, 2002. 769 p.
- **Sampieri**, Collado, Baptista. Metodología de la Investigación. McGraw-Hill. 1ª Ed. 1991.
- **Sampieri**, Collado, Baptista. Metodología de la Investigación. McGraw-Hill. 5ª Ed. México D.F., México 2010.
- **Shames**, Irving H. Mecánica de fluidos, 3ª Ed. Santafé de Bogotá. McGraw Hill, 1998. 825 p.
- **Solar Energy**. Renewable Energy and the Environment By Robert Foster, Majid Ghassemi, Alma Cota.
- **Weston**, J. Fred; Copeland, Thomas E. Finanzas en Administración, Tomo 1. McGraw-Hill, Novena Ed. 1995.
- **Weston**, J. Fred; Copeland, Thomas E. Finanzas en Administración, Tomo 1. McGraw-Hill, Novena Ed. 1995.

## TESIS, DOCUMENTOS CIENTÍFICOS Y DOCUMENTOS ACADÉMICOS.

---

- **Aquevenque** Medina, Emilio Javier. (2009). Bombeo de agua para riego en el cerro Calan utilizando energía solar fotovoltaica. Universidad de Chile, facultad de ciencias físicas y matemáticas, departamento de ingeniería civil. Santiago de Chile.
- **Avella**, Romero. Master en Energías Renovables y Mercado Energético, Energía Solar Fotovoltaica, Escuela de Organización Industrial. CIEMAT. “Sistemas de Bombeo Fotovoltaico”.
- **Cando**, Meza. “Diseño de un sistema de riego por goteo para producción de hortalizas y semillas en Zamorano, Honduras. Noviembre 2011.
- **CENTA**, Guía Técnica para el cultivo de sandía. Datos en toneladas por hectárea.
- **Cervantes** Herrejón, José. “Estudio de Sistemas de Bombeo Fotovoltaicos”. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico. Departamento de Ingeniería Electrónica. Cuernavaca, Morelos, México. Septiembre 2009.
- **CEPAL**, Manual formulación y evaluación de proyectos sociales.
- **CEPAL, División de desarrollo económico, Cristian Aedo**, Evaluación de impacto, Chile noviembre 2005.
- **CINEDET Centro Nacional de Desarrollo tecnológico**, Estudios de Sistemas de riego Fotovoltaico, Cuernavaca, Morelos México, Septiembre de 2009.

- **Curso Taller por Rosario Bello (consultora ILPES/CEPAL)**, Evaluación de Impacto, Santiago de Chile, Noviembre de 2009.
- **Cruz Baldán, David**. “Estudio del ahorro mediante bombeo solar”, Universidad Internacional de Andalucía, 2011.
- **Domínguez Fernández, Iviam C**, Fundamentos teóricos y conceptuales sobre estructura de financiamiento. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, departamento de Contabilidad y Finanzas, Facultad Industrial de Economía. Matanzas, Cuba 2009.
- **Escuela de organización Industrial Mater en energía renovable**, Sistema de bombeo de Bombeo fotovoltaico.
- **FIRCO**. “Energía Solar para bombeo de agua: Experiencias con ranchos sustentables en Baja California Sur, elaborado por Ing. Jaime Rochín Garcés, Ing. Simón Ortiz G., Fideicomiso de Riesgo Compartido La Paz, Baja California Sur. E Ing. Abraham Ellis Saldaña, Instituto de Desarrollo Tecnológico del Suroeste (SWTDI), Las Cruces, New Mexico.
- **FOCER** Fortalecimiento de la Capacidad en Energía Renovable para América Central. Manual sobre energía renovable: Solar Fotovoltaica. Manuales sobre energía renovable: Solar Fotovoltaica/Biomass Users Network (BUN-CA).1ª Ed. San José, C.R.: Biomass Users Network (BUN-CA), Septiembre 2002.
- **Guerrero Claudia, Mercado Noemy y Sánchez Iris, Universidad de El Salvador**: Plan de Desarrollo Turístico Sustentable para el Departamento de Santa Ana, UES 2011.
- **José Luis Aguirre Cando y María José Meza Molina**, Diseño de sistema de riego por goteo para producción de hortalizas y semillas en Zamorano Honduras.

- **Instituto Internacional de cooperación para la agricultura**, Guía técnica para el cultivo del frijol, Cooperación Suiza en América central, Nicaragua.
- **Luis Bérriez Pérez Manuel Álvarez González, CUBAENERGIA**, Influencia del ángulo de inclinación de una superficie captadora solar sobre la radiación incidente.
- **MAG** Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección General de Ordenamiento Forestal, Cuencas y Riego. Departamento de Planificación: Agua subterránea de la República de El Salvador, C.A. Mayo 2013.
- **MAG** Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección General de Ordenamiento Forestal, Cuencas y Riego. Distritos de riego y avenamiento de El Salvador, C.A. Julio 2012.
- **MAG** Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección General de Ordenamiento Forestal, Cuencas y Riego. Departamento de planificación: Zonas potenciales para riego de la República de El Salvador, C.A. Julio 2013.
- **MAG** Ministerio de Agricultura y Ganadería, Clasificación de suelos por división política de El Salvador C.A. (Marzo de 2012).
- **MAG** Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección General de Ordenamiento Forestal, Cuencas y Riego, División de Riego y Drenaje, Área de Gestión y Tecnología de Riego.
- **MARN** Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2005). Determinación del potencial solar y eólico de El Salvador. San Salvador, El Salvador.

- **MAG.** Clasificación de suelos por división política de El Salvador, C.A. Dirección General de Ordenamiento Forestal, Cuencas y Riego, División de Riego y Drenaje, Área de Gestión y Tecnología de Riego (marzo 2012).
- **MAG,** Dirección General de Ordenamiento Forestal, Cuencas y Riego, Distrito de Riego y Avenamiento de El Salvador, C.A., publicación de Julio 2012.
- **MAG,** Dirección General de Ordenamiento Forestal, Aguas subterráneas en El Salvador, Mayo de 2013.
- **MAG,** Dirección General de Ordenamiento Forestal, Zonas potenciales para riego de El Salvador, Julio de 2013.
- **MAG,** Ministerio de Agricultura y Ganadería, “Hortalizas”, Dirección General de Economía Agropecuaria, Unidad de Información Geográfica.
- **Ministerio de Agricultura y Ganadería Costa Rica y Fundacooperación,** Resultado de investigación sobre niveles de N-P-K y épocas de aplicación de fertilizantes.
- **PNUD,** Manuales sobre energía solar, Solar fotovoltaica.
- **UCA,** Caracterización de los riesgos geológicos y dimensionamiento de los recursos hidroeléctricos de Nejapa, agosto 2003.
- **Universidad Antonio de Nebrija.** Ander Guerediaga Zuriarain. Diseño de instalación eléctrica solar fotovoltaica para generación de energía eléctrica y bombeo de agua de un centro de salud.



- **Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y matemáticas**, Bombeo de Agua para Riego, Octubre 2009.
- **Universidad de la Facultad**, Propiedades físicas del suelo, facultad de agronomía, depto. De suelos y aguas Montevideo, Uruguay 2004.
- **Universidad Francisco Gavidia**, Aspectos Generales del Departamento de Santa Ana y sus Municipios.
- **Universidad de San Carlos Guatemala**. Eddie Alberto Maldonado Rodas. Paneles solares como fuente de energía eléctrica para sistemas de mini riego de hortalizas en el departamento de Quiché, Agosto de 2011.
- **Vera Colina**, Mary A. Gestión financiera de la pequeña y mediana industria de la ciudad de Maracaibo. Revista de Ciencias Sociales (ISSN 1415-9518). Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, Universidad del Zulia. Vol. VI. No. 1. pp. 65 – 89. Abril de 2001.

## PAGINAS ELECTRÓNICAS

---

- Aficionados a la mecánica:  
<http://www.aficionadosalamecanica.net/emision-gases-escape.htm>
- Agrosiembra:  
[http://www.agrosiembra.com/?NAME=r\\_c\\_sembrar&c\\_id=227](http://www.agrosiembra.com/?NAME=r_c_sembrar&c_id=227)
- Agromatica UC:  
<http://www.agromatica.es/rendimiento-por-hectarea-de-los-cultivos> para diversos cultivos

<http://desafio1710.blogspot.com/2010/04/produccion-por-hectarea-y-rendimiento.html>

- Artusol. Webcindario:  
[www.antusol.webcindario.com/instalacion.html](http://www.antusol.webcindario.com/instalacion.html)
- Autodesk.es:  
<http://www.autodesk.es/products/autocad/features/all/gallery-view>
- Cadena Hortofrutícola:  
<http://www.cadenahortofruticola.org/admin/bibli/418sandia.pdf> Documento: Guía técnica para el cultivo de la “Sandía”.
- Catálogo de productos Grundfos SQFlex:  
[www.grundfos.com.mx](http://www.grundfos.com.mx)
- Canadian Solar:  
[www.canadiansolar.com](http://www.canadiansolar.com).
- CEL El salvador:  
[www.cel.gob.sv](http://www.cel.gob.sv)
- Concejo Nacional de Energía:  
[www.cne.gob.sv](http://www.cne.gob.sv)  
[www.cne.gob.sv/index.php?option=com\\_content&view=article&id=114&Itemid=197](http://www.cne.gob.sv/index.php?option=com_content&view=article&id=114&Itemid=197)
- COMURES El Salvador:  
<http://www.comures.org.sv/html/agremiados/listado.html>

- Corte Suprema de Justicia:  
[www.csj.gob.sv](http://www.csj.gob.sv)
- Diario Digital Contrapunto:  
<http://www.contrapunto.com.sv/sociedad/ambiente/julio-mes-mas-seco-en-la-historia-salvadorena>
- Dual Pumps:  
<http://www.dualpumps.co.uk/files/pdf/products/Spec%20Sheets/Honda/HON%20WATER%20PUMP%20RANGE.pdf>
- El mundo:  
<http://elmundo.com.sv/perdidas-provocadas-en-maiz-por-la-sequia-suman-50-millones>
- Felipe Calderón Sáenz:  
[http://www.drcalderonlabs.com/Cultivos/Tomate/Requerimientos\\_Nutricionales.htm](http://www.drcalderonlabs.com/Cultivos/Tomate/Requerimientos_Nutricionales.htm)
- FISDL, Fondo de Desarrollo Social para el Desarrollo local:  
[www.fisd.l.gob.sv](http://www.fisd.l.gob.sv)
- Google (referencias a):  
[es.wikipedia.org/wiki/Google\\_Earth](http://es.wikipedia.org/wiki/Google_Earth)  
[es.wikipedia.org/wiki/Google\\_Maps](http://es.wikipedia.org/wiki/Google_Maps)
- Hewlett-Packard (HP):  
[support.hp.com/lamerica\\_nsc\\_cnt\\_amer-es/product/HP-15-Notebook-PC-series/6894379/model/6878451/document/c04093779](http://support.hp.com/lamerica_nsc_cnt_amer-es/product/HP-15-Notebook-PC-series/6894379/model/6878451/document/c04093779)

- Ingeniería solar:  
[www.seesa.com.sv](http://www.seesa.com.sv)
- ISDEM Instituto Salvadoreño de Desarrollo Municipal:  
[www.isdem.gob.sv](http://www.isdem.gob.sv)  
[www.isdem.gob.sv/index.php?option=com\\_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=14&sobi2Id=19&Itemid=137](http://www.isdem.gob.sv/index.php?option=com_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=14&sobi2Id=19&Itemid=137)
- Microsoft:  
<http://windows.microsoft.com/es-xl/windows-8/why-windows>  
<http://products.office.com/es/business/explore-office-365-for-business>
- Ministerio de Agricultura Y Ganadería (MAG):  
[http://www.mag.gob.sv/index.php?option=com\\_content&view=section&id=7&Itemid=56](http://www.mag.gob.sv/index.php?option=com_content&view=section&id=7&Itemid=56)  
[www.mag.gob.sv](http://www.mag.gob.sv). Precios de referencia mercado nacional, enero de 2016.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica:  
[http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/tec-pepino.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec-pepino.pdf)  
[http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/tec\\_tomate.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec_tomate.pdf)
- Ministerio de Economía (MINEC):  
[www.minec.gob.sv](http://www.minec.gob.sv)  
<https://www.edrhym.gob.sv/drhm/precios.aspx>
- Ministerio de Educación (MINED), Gerencia de Monitoreo, Evaluación y Estadística. Base Oficial de Centros Escolares que Reportaron Censo Inicial 2011:  
<http://www.mined.gob.sv/index.php/directorio-de-centros-educativos.html#>

- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN):  
[www.marn.gob.sv](http://www.marn.gob.sv)
- Ministerio de Justicia y Seguridad Pública:  
[www.seguridad.gob.sv](http://www.seguridad.gob.sv)
- Metrix S.A. de C.V.:  
[www.metrix-elsalvador.com](http://www.metrix-elsalvador.com)
- Mi pueblo y su gente:  
<http://www.mipuebloysugente.com/apps/blog/show/31962907-el-porvenir-santa-ana>.
- PVSYST:  
<http://www.pvsyst.com/> y <http://energiadoblezero.com/herramientas-de-diseno-y-calculo/pvsyst>
- Skyscrapercity:  
<http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=911918>
- SNET, Centro nacional de estudios territoriales  
[www.snet.gob.sv](http://www.snet.gob.sv)
- Solarinnova:  
[www.solarinnova.net/es/servicios/herramientas/fotovoltaica/brujula](http://www.solarinnova.net/es/servicios/herramientas/fotovoltaica/brujula)  
[http://www.uac.edu.co/images/stories/publicaciones/revistas\\_cientificas/prospectiva/volumen-10-no-1/11\\_articulo\\_vol\\_10\\_1.pdf](http://www.uac.edu.co/images/stories/publicaciones/revistas_cientificas/prospectiva/volumen-10-no-1/11_articulo_vol_10_1.pdf)
- Tecnosolar de El Salvador:  
[www.asolanosolar.com](http://www.asolanosolar.com)

- TecTum:  
<http://www4.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/15HombAmb/150ImpAmb.htm>
- Tribunal Supremo Electoral:  
[www.tse.gob.sv/resultados2015/concejos/mun030.html](http://www.tse.gob.sv/resultados2015/concejos/mun030.html)
- Wikipedia:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/El\\_Porvenir\\_\(El\\_Salvador\)](http://es.wikipedia.org/wiki/El_Porvenir_(El_Salvador))  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Santa\\_Ana\\_%28El\\_Salvador%29](http://es.wikipedia.org/wiki/Santa_Ana_%28El_Salvador%29)  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Panel\\_fotovoltaico](http://es.wikipedia.org/wiki/Panel_fotovoltaico)  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Humo\\_Diésel](https://es.wikipedia.org/wiki/Humo_Diésel)
- WHO (OMS) Organización Mundial de la Salud:  
<http://www.who.int/topics/noise/es/>

## LEGISLACIÓN

---

- **ASAMBLEA LEGISLATIVA - REPUBLICA DE EL SALVADOR.** “Código Municipal”. DECRETO N° 274 (1986).
- **MAG.** “Reglamento General de la Ley de Riego y Avenamiento”. Materia: Derecho Agrario Categoría: Reglamento. Estado: Vigente Naturaleza: Decreto Ejecutivo N°: 17 Fecha: 28/02/73 D. Oficial: 48 Tomo: 238 Publicación DO: 09/03/1973 Reformas: S/R.
- **MAG,** Dirección general de ordenamiento forestal, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) marzo de 2012.

- **Reglamento General de la Ley del Medio Ambiente.** Decreto N° 17, D. Oficial: Tomo 347, Publicación D.O.: 12, 04, 2000.
- **SIGET.** “Ley General de Electricidad” (Junio de 2009).

## **OTRAS FUENTES**

---

- Alcaldía Municipal de El Porvenir (Oficina de Catastro de Inmuebles).
- Agricultores de la zona de estudio.
- Director de USCFI El Porvenir, Noviembre de 2014.
- Ficha técnica módulos fotovoltaicos CS6P 220/225/230/235/240/245/250P.

**ANEXOS**



**Anexo 1: Carta de aprobación de los agricultores de la zona de estudio**

El Porvenir, 20 de mayo de 2014.

Inga. Soraya Lisette Barrera de García.

Jefa del Departamento de Ingeniería y Arquitectura, UES-FMOcc.

Presente.

Reciba un cordial y respetuoso saludo, deseando muchos éxitos en sus labores en busca del desarrollo académico y mejoramiento continuo del departamento al que dirige.



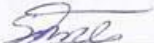


El motivo de la presente es para manifestar nuestra aprobación para que los jóvenes: Br. Gilberto Vladimir Delgado García (DG03006), Br. Saúl Sigfredo Reina Hernández (RH03007) y Br. Silsa Merari Morán Coto (MC04073), todos egresados de la carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad Multidisciplinaria de Occidente, realicen en ésta zona su trabajo de grado que lleva por título: **Factibilidad técnica y económica; para la implementación de un sistema de bombeo fotovoltaico para una zona de riego agrícola, en el municipio de El Porvenir, departamento de Santa Ana, El Salvador.** En el periodo comprendido por el segundo semestre del corriente año, por lo que el grupo de trabajo junto con el equipo asesor que les apoya, ha hecho de nuestro conocimiento de forma clara y oportuna el contenido, alcances y objetivos del estudio, mismos con los que estamos de acuerdo.

Comprendiendo el beneficio social que motiva el estudio, reiteramos a través de este medio nuestro apoyo y colaboración.

Sin más que agregar por el momento.

Atentamente,

Agricultores de la zona de riego del Caserío El Tesoro, Cantón San Cristóbal, del municipio  
El Porvenir:

Nombre	Firma
Carlos Alberto Campos Salinas	
Juan Manuel Campos	Juan manuel Campos
Reyes Arnoldo Lima Barrera	
Esteban de Jesús Morales Campos	
Samuel Antonio Morán Estrada	
Adán Cruz	
César Cristóbal Cortez Cruz	cortez CRUZ César cristóbal
Wilmer Alfredo Cruz	CRUZ WILMER ALFREDO

**Anexo 1.2: Carta de compromiso ALBA Petróleos de El Salvador y UES-FMOcc**

**FRANCISCO HUMBERTO CASTANEDA MONTERROSA**, de treinta y nueve años de edad, Licenciado en Ciencias de la Educación, del domicilio de San Sebastián Salitrillo, Departamento de Santa Ana, portador de mi Documento Único de Identidad número Cero dos millones setenta y ocho mil seiscientos noventa y dos-siete y Número de Identificación Tributaria Cero doscientos nueve-veintiocho cero nueve setenta y cuatro-ciento uno-nueve; actuando en nombre y representación en mi calidad de Director Vicepresidente de Junta Directiva y Representante Legal de la Sociedad **ALBA PETRÓLEOS DE EL SALVADOR, SOCIEDAD POR ACCIONES DE ECONOMÍA MIXTA, DE CAPITAL VARIABLE**, que puede abreviarse **ALBA PETRÓLEOS DE EL SALVADOR, S.E.M. DE C.V., ALBA PETRÓLEOS, S.E.M. DE C.V.**, o simplemente **ALBA PETRÓLEOS, DE C.V.**, del domicilio de San Salvador, con Número de Identificación Tributaria Cero seiscientos catorce-cero cinco cero cuatro cero seis-ciento tres-tres, personería que legítimo con la siguiente documentación: 1) Testimonio de la Escritura Pública de constitución de la sociedad otorgada en la ciudad de San Salvador, Departamento de San Salvador, a las quince horas del día cinco de abril del año dos mil seis, inscrita en el Registro de Comercio al número VEINTINUEVE, Libro DOS MIL CIENTO TREINTA del Registro de Sociedades, así como el Testimonio de la Escritura Pública de Modificación de Pacto Social de la sociedad, por medio de la cual se modificaron las cláusulas I, IV, VI, XX, XXXI, XXXII, XXXIII y XXXV del Pacto Social, otorgada en la ciudad de San Salvador, Departamento de San Salvador, a las quince horas del día veintiocho de diciembre del año dos mil siete, inscrita en el Registro de Comercio al número CUARENTA Y TRES, Libro DOS MIL TRESCIENTOS VEINTICINCO del Registro de Sociedades, ambas otorgadas ante los oficios de notario de José Salomón Padilla, de las que entre otras cosas consta que la naturaleza Jurídica de la Sociedad es por Acciones de Economía Mixta, de nacionalidad salvadoreña y se denomina "ALBA PETRÓLEOS DE EL SALVADOR, SOCIEDAD POR ACCIONES DE ECONOMÍA MIXTA, DE CAPITAL VARIABLE", que puede abreviarse "ALBA PETRÓLEOS DE EL SALVADOR, S. E. M. DE C. V.", "ALBA PETRÓLEOS, S. E. M. DE C. V.", o simplemente "ALBA PETRÓLEOS, DE C. V."; que su domicilio es el de la ciudad de San Salvador, pero que podrá establecer agencias, sucursales, dependencias, corresponsalías y oficinas, en cualquier otro lugar, incluso en el

extranjero, siempre que fueren necesarias para la realización de su finalidad; que su finalidad será, entre otras, la realización de actividades comerciales e industriales en general, la importación, comercialización, distribución, transporte e investigación de combustibles y fuentes de energía, teniendo estos orígenes en recursos renovables o no renovables; que la administración de la sociedad estará a cargo de una Junta Directiva compuesta por seis Directores Propietarios e igual número de Suplentes, compuesta de un Director Presidente, un Director Vicepresidente, un Director Secretario, un Director Tesorero, y el resto como Directores; que la Junta Directiva tiene extensas facultades para administrar y gobernar la Sociedad y para ejecutar todos los actos y operaciones de gestión relacionados con su objeto; que corresponde al Director Presidente de la Junta Directiva la representación judicial y extrajudicial de la Sociedad y el uso de la firma social, pero que la Junta Directiva podrá delegar la representación judicial de la Sociedad en otro Director, en el Gerente General, en otro Gerente o persona especialmente designada; que salvo las excepciones consignadas en las cláusulas XXXII y XXXIII de los presentes Estatutos, previo acuerdo de la Junta Directiva, el Presidente y Representante Legal de la Sociedad o quien haga sus veces, podrá celebrar contratos, contraer obligaciones, otorgar escrituras públicas y/o privadas, otorgar Poderes Generales y/o Especiales y revocarlos, enajenar y/o gravar inmuebles, muebles, valores y/o derechos y efectuar toda clase de contrataciones, negocios y operaciones; que en caso de ausencia, indisponibilidad o cuando la Junta Directiva lo considere conveniente a los intereses de la Sociedad, esta podrá delegar la representación legal y el uso de la firma social en el Vicepresidente de la misma, quien previa inscripción de la delegación en el Registro correspondiente, tendrá las mismas facultades que el Presidente. 2) Credencial de Elección de Junta Directiva y Delegación de Representación Legal en el Vicepresidente, de la Sociedad ALBA PETRÓLEOS DE EL SALVADOR, SOCIEDAD POR ACCIONES DE ECONOMÍA MIXTA, DE CAPITAL VARIABLE, inscrita en el Registro de Comercio al número CIENTO DOS del Libro DOS MIL NOVECIENTOS OCHENTA Y UNO del Registro de Sociedades, el día treinta y uno de agosto de dos mil doce, de la que consta la certificación del Punto Octavo de Acta de la Décimo Primera Asamblea General Ordinaria de Accionistas de la sociedad, celebrada el día treinta

de abril de dos mil doce, extendida por la Secretaria de la Décimo Primera Asamblea General Ordinaria de Accionistas de la Sociedad, Doctora Luz Estrella Rodríguez de Zúniga, el día ocho de agosto de dos mil doce, punto de Acta según el cual, en dicha Asamblea General se eligió la nueva Junta Directiva de la sociedad, para el plazo de tres años contados a partir de la inscripción de la certificación del punto de Acta en el Registro de Comercio, obteniendo el licenciado Francisco Humberto Castaneda Monterrosa el cargo de Vicepresidente de la misma, en quien además, según sus estatutos, se delegó la Representación Legal y el uso de la firma social de la Sociedad, motivo por el cual el compareciente está facultado para otorgar actos como el presente, quien en el transcurso del presente instrumento me denominaré **"LA EMPRESA"** y **RAUL ERNESTO AZCÚNAGA LOPEZ**, de cuarenta y tres años de edad, Máster en Derechos Humanos, del domicilio de Santa Ana, departamento de Santa Ana, portador de mi Documento Único de Identidad número cero dos seis tres ocho tres cuatro siete - seis y Numero de Identificación Tributaria cero quinientos dos - cero siete cero dos setenta y uno - ciento uno - cero, actuando en mi calidad de Decano y Representante Legal de la Facultad Multidisciplinaria de Occidente de la Universidad de El Salvador, cuya personería compruebo de ser legítima y suficiente por medio de certificación de punto IX.18, de acta numero dieciséis de Sesión Plenaria Ordinaria celebrada por la Asamblea General Universitaria, de fecha lunes diez de octubre de dos mil once que literalmente dice: **"XXXXXXXXXX IX. Análisis, discusión y toma de acuerdo, relativo a la elección de Autoridades, Funcionarios a nivel Central y de las Facultades de la Universidad de El Salvador, período 2011-2015. IX.18 Elección de Decano/a de la Facultad Multidisciplinaria de Occidente.** La Asamblea General Universitaria, con base a los artículos 16, 19 letra "e" y 62 de la Ley Orgánica de la Universidad de El Salvador y 49 del Reglamento Electoral de la Universidad de El Salvador, por 60 votos a favor, 0 abstenciones y 1 voto nulo **ACUERDA: Elegir al Lic. Raúl Ernesto Azcúnaga López, para el cargo de Decano de la Facultad Multidisciplinaria de Occidente de la Universidad de El Salvador, para el período 2011-2015, comprendido del 28 de octubre del año 2011 al 28 de octubre del año 2015; quien en el transcurso del presente instrumento me denominaré "FMOcc – UES", suscribimos la presente CARTA DE**

**COMPROMISO**, que se encuentra integrada por los/las alumnos/as en calidad de egresados de la carrera de Ingeniería Industrial, del Departamento de Ingeniería y Arquitectura, de la FMOcc-UES, los cuales se encuentran enlistados en el ANEXO I (el cual forma parte de la presente carta de compromiso) y que han sido asignados por esta facultad porque han demostrado durante su periodo de formación académica el conjunto de aptitudes y actitudes necesarias para realizar el trabajo final de Graduación, el cual será denominado académicamente: **"FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA, PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO, PARA LA ZONA DE RIEGO AGRÍCOLA UBICADA EN CASERILLO EL TESORO, CANTÓN SAN CRISTOBAL, MUNICIPIO DE EL PORVENIR, DEPARTAMENTO DE SANTA ANA"** y el mismo se desarrollará de acuerdo con las siguientes Clausulas:

**PRIMERA.- OBJETO DEL COMPROMISO:** a) Que los alumnos/as relacionados en el ANEXO I, tengan la oportunidad de combinar sus conocimientos teóricos con los de contenido práctico en el campo de la Formulación y Evaluación de Proyectos que impliquen el uso de Energías Renovables no Convencionales a través del desarrollo del trabajo de graduación denominado **"FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA, PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO, PARA LA ZONA DE RIEGO AGRÍCOLA UBICADA EN CASERILLO EL TESORO, CANTÓN SAN CRISTOBAL, MUNICIPIO DE EL PORVENIR, DEPARTAMENTO DE SANTA ANA"**, el cual consistirá en la elaboración de un Diagnóstico de campo en una de las zonas de riego del Municipio El Porvenir, que aporte los elementos para una evaluación de la viabilidad técnica y económica de la implementación de un sistema de bombeo fotovoltaico para riego agrícola a implementarse, en el una segunda etapa (no contemplada bajo esta carta de compromiso), en cualquier región del país, es decir que el proyecto incluirá una plantilla de Excel que permita determinar la viabilidad técnica y económica de cualquier zona de riego agrícola, una vez conocidas las variables específicas de la zona en evaluación (niveles de irradiancia solar, horas de sol pico equivalentes, profundidad del manto acuífero, etc.), estas variables serán definidas durante el desarrollo del proyecto. b) Este estudio será el reflejo de un interés común por el cuidado del medio ambiente y de la salud humana de los agricultores que utilizan sistemas de riego, puesto que las técnicas actuales de bombeo implican el uso de tecnologías que son

perniciosas a la salud humana y del medio ambiente, por lo que se estima que el estudio tendrá un impacto positivo en la sociedad y significará beneficios en el proceso de aprendizaje para los estudiantes de la Universidad vinculados a este proyecto.

**SEGUNDA.- PLAZO:** El presente compromiso se establece para un período de DOCE MESES, contados a partir del día veintiocho de Agosto de 2014, fecha en la cual los alumnos/as iniciarán con las actividades preparatorias del trabajo de graduación.

**TERCERA.- RELACION EMPRESA- ALUMNOS/AS:** a) La relación ALUMNOS/AS - EMPRESA no supondrá más compromiso que el estipulado en el objeto de la presente carta de compromiso, de la cual no se deriva obligación alguna para la EMPRESA propia de un contrato laboral, sin embargo no se expresan limitaciones en cuanto a la formalización de contrato de laborales entre la EMPRESA y los alumnos/as, esta acción será producto de las necesidades de personal de la EMPRESA y de las habilidades y competencias que cada uno de los alumnos/as presenten en el proceso de selección de personal. La EMPRESA, deberá comunicar a FMOcc-UES, las posibles contrataciones de los alumnos/as. b) Las actividades que impliquen la presencia de los alumnos/as dentro de las instalaciones y oficinas administrativas de la EMPRESA no podrán perjudicar en modo alguno a los trabajadores de las mismas debiendo respetar los derechos de éstos en toda su integridad incluso en relación con las horas extraordinarias que vinieran desarrollando. c) Los alumnos/as quedarán sometidos/as al régimen de funcionamiento de la EMPRESA en cuanto a todo lo que resulte compatible con la normativa aquí establecida.

**CUARTA.- RESPONSABILIDAD DE LA EMPRESA:** a) Proporcionar oportunamente, a través del tutor asignado por la empresa, la información que resulte ser indispensable para los alumnos/as durante el desarrollo del proyecto. b) Los gastos de movilización de los alumnos/as para el desarrollo de trabajo de campo que se requiera para el desarrollo de la presente carta de compromiso serán asumidos por la EMPRESA, tomando en consideración que el punto de encuentro será las oficinas administrativas de la Empresa. c) los alumnos/as tendrán derecho a la impresión de un ejemplar (blanco y negro) de los borradores presentados al grupo de tutores designados por la EMPRESA y la FMOcc-UES,

en cada una de las etapas de revisión y seguimiento del desarrollo del trabajo de graduación, recomendándose a los tutores el manejo de versiones digitales a fin de facilitar el proceso de revisión y por los efectos positivos que esto trae al medio ambiente.

**d)** Para el seguimiento de las actividades relacionadas con el desarrollo del trabajo de graduación, esencialmente en los aspectos técnicos relacionados al uso de tecnologías que aprovechan el uso de recurso renovables, la Empresa designará a un tutor responsable, que se especifica en el Anexo I, que mantendrá las relaciones de la Empresa con los alumnos/as y con sus profesores, quien además deberá emitir un informe final luego de finalizado el período de desarrollo establecido del trabajo de graduación en cuestión, sobre la valoración, aprovechamiento, actitudes y aptitudes identificadas durante dicho período.

**e)** Los alumnos/as tendrán derecho a la impresión de tres ejemplares (a colores) de la versión final del documento del trabajo de graduación. Los gastos que no se encuentren descritos en la presente carta de compromiso no serán responsabilidad de la empresa, sin embargo en su momento los alumnos/as podrán presentar un escrito con las necesidades de recursos materiales que les son indispensables y que estén relacionadas con el desarrollo del trabajo de graduación, tales solicitudes serán sometidas a la consideración de las autoridades competentes de la Empresa.

**QUINTA.- RESPONSABILIDAD DE LOS ALUMNOS/AS:** **a)** Realizar el diagnóstico de campo en una de las zonas de riego del Municipio El Porvenir, que aporte los elementos para una evaluación de la viabilidad técnica y económica de la implementación de un sistema de bombeo fotovoltaico para riego agrícola a implementarse, en una segunda etapa (no contemplada bajo esta carta de compromiso), en cualquier región del país, es decir que el proyecto incluirá una plantilla en Excel que permita determinar la viabilidad técnica y económica de cualquier zona de riego agrícola, una vez conocidas las variables específicas de la zona en evaluación (niveles de irradiación solar, horas de sol pico equivalentes, profundidad del manto acuífero, etc.), estas variables serán definidas durante el desarrollo del proyecto.

**b)** Presentar cronograma de actividades junto con la guía metodológica, documentos que conformarán el Anexo II de la presente carta de compromiso, donde se fijarán las fechas de inicio y finalización del



proyecto, el horario, lugar de desarrollo y alcance específico del trabajo de graduación a desarrollar, previa aprobación de las autoridades pertinentes de la FMOcc-UES y del tutor de la Empresa. **c)** Respetar los derechos de los y las trabajadores de la EMPRESA en toda su integridad. **d)** Respetar el horario establecido por la EMPRESA para el desarrollo de las actividades. **e)** Elaborar reportes mensuales con evaluaciones, observaciones y recomendaciones para los tutores tanto de la empresa como de la FMOcc-UES, reportes que serán remitido el último día de cada mes vía correo electrónico a los coordinadores delegados para la verificación del cumplimiento del presente compromiso. **f)** Quedando establecido bajo esta carta de compromiso que es responsabilidad tanto del grupo de alumnos/as como de los tutores, el desarrollo y feliz término del proyecto según los alcances acá establecidos.

**SEXTA.- COORDINACION DE COMPROMISO EMPRESA- FMOcc-UES:** La coordinación para la verificación del cumplimiento del presente Compromiso será realizada por un docente designado por la FMOcc-UES, y por una persona designada por parte de la Empresa, ambas relacionadas en el **ANEXO I**.

**SEPTIMA.- RESPONSABILIDADES DE LA COORDINACION PARA LA VERIFICACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DEL COMPROMISO EMPRESA- FMOcc-UES:** **a)** Controlar la efectividad y el correcto desarrollo del trabajo por parte de los alumnos/as, **b)** La valoración, aprovechamiento, actitudes y aptitudes identificadas en alumnos/as y tutores durante el período de la presente carta de compromiso. **c)** Buscar la conciliación de las partes en caso de conflicto por actividades propias del presente compromiso. **d)** La notificación a las partes de la finalización del presente compromiso, bien sea por la aprobación del trabajo de graduación ante las autoridades de la Universidad de El Salvador, por incumplimiento de las cláusulas por cualquiera de las partes o por que la conciliación no ha sido posible.

**OCTAVA.- RESPONSABILIDADES DE LOS TUTORES DE LA EMPRESA Y DE LA FMOcc-UES:** **a)** Programar reuniones para discusión técnica y revisión de avances del proyecto elaborado

por los alumnos/as. **b)** Aprobación del cronograma de actividades junto con la guía metodológica los cuales conformarán el Anexo II de la presente carta de compromiso, donde se fijarán las fechas de comienzo y finalización del proyecto, el horario, lugar de desarrollo y alcance específico del trabajo de graduación a desarrollar. Estos podrán ser ajustados según las necesidades de avance, actividades no identificadas o aspectos y condiciones no previstas siempre y cuando los cambios efectuados sean de común acuerdo entre las partes involucradas. **c)** Elaborar reportes mensuales sobre el cumplimiento de los compromisos adquiridos por los alumnos/as en esta carta de compromiso.

**NOVENA.- MODIFICACION DE CARTA DE COMPROMISO:** Cualquier modificación que altere sustancialmente lo establecido en la presente Carta de Compromiso, habrá de ser pactada para ser válida, previo acuerdo de las partes, mediante escrito que se adjuntará al presente documento como anexo.

**DECIMA.- REUNIONES ALUMNOS/AS, FMOcc-UES, EMPRESA:** La periodicidad con la que se desarrollarán reuniones para discusión técnica y revisión de avances se realizará de forma estándar cada 15 días calendario, lo cual aplicará al periodo previo a la definición de una guía metodológica y del correspondiente cronograma de trabajo, cuya elaboración será responsabilidad de los alumnos/as con apoyo y orientación de los tutores, posterior a su creación será el cronograma el que delimitará la periodicidad con la que se realizarán tales reuniones. Podrá haber reuniones extraordinarias cuando las partes lo consideren necesario.

**DECIMA PRIMERA.-CONFIDENCIALIDAD:** En virtud de la suscripción de la presente Carta de Compromiso de Cooperación Educativa, todo estudiante o asesor de la FMOcc-UES que establezca un intercambio de experiencias académicas, científicas y tecnológicas en el marco de esta cooperación interinstitucional se compromete a: 1) Manejar de manera confidencial la información que como tal le sea presentada y entregada, y toda aquella que se genere en torno a ella como fruto del proceso de cooperación. 2) Guardar confidencialidad sobre esa información y no emplearla en beneficio propio o de terceros

mientras conserve sus características de confidencialidad o mientras sea manejada como un secreto empresarial o comercial. Por lo anterior, la edición del material que será expuesto públicamente (dado el carácter público que tienen los trabajos de grado en la FMOcc-UES) será una responsabilidad del grupo de trabajo de graduación y requerirá un aval del tutor designado por la UES y la EMPRESA- 3) Solicitar previamente y por escrito, autorización para cualquier publicación relacionada con los productos de la cooperación, autorización que debe solicitarse ante las autoridades pertinentes de la EMPRESA y de la FMOcc-UES, presentando el texto a publicar con un mes de antelación a la fecha en que desea enviar a edición. 4) Informar inmediatamente, a los asesores asignados por parte de la EMPRESA sobre cualquier hallazgo o innovación alcanzada en el desarrollo de sus investigaciones, a colaborar con la mayor diligencia en la documentación y declaración de lo hallado y a mantener sobre todo ello los compromisos de confidencialidad requeridos y necesarios.

El incumplimiento de esta cláusula dará como resultado la finalización automática de esta carta de compromiso, sin responsabilidad alguna sobre los efectos en el proceso de graduación de los alumnos/as que no se encuentren involucrados en el incumplimiento de la misma.

**DECIMA SEGUNDA.- TERMINACION CARTA DE COMPROMISO:** El presente Compromiso finalizará a) Al momento en que la versión final del trabajo de graduación es aprobada por el tribunal evaluador conformado por el Departamento de Ingeniería y Arquitectura y aprobado por la Junta Directiva de la FMOcc-UES, y con el visto bueno del tutor nombrado por la empresa, quien tendrá la responsabilidad de seleccionar la información que es propiedad de la Empresa y que podrá ser publicada en el trabajo de grado con aprobación de las autoridades correspondientes al interior de la Empresa, posterior a este proceso el documento podrá ser sometido a la aprobación de las autoridades correspondientes dentro de la Universidad de El Salvador. b) En caso de existir inconformidad por cualquiera de las partes con el desarrollo del trabajo, ambas estarán en libertad de solicitar por escrito a la otra parte, la anulación del compromiso presentando las justificaciones a los

coordinadores delegados para la verificación del cumplimiento del presente compromiso, quienes harán la evaluación del caso y determinarán la viabilidad de conciliación para su continuidad o la anulación del proyecto. c) Por incumplimiento a la clausula **DECIMA PRIMERA.-CONFIDENCIALIDAD.**

Las partes ratifican el contenido de la presente Carta de Compromiso y firman por duplicado en la Ciudad Universitaria, a los veintiocho días del mes de Agosto de dos mil catorce.

POR ALBA PETROLEOS DE EL SALVADOR S.E.M. DE C.V.	POR LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 LIC. FRANCISCO HUMBERTO CASTANEDA MONTERROSA REPRESENTANTE LEGAL	 LIC. RAÚL ERNESTO AZCÚNAGA DECANO



**ANEXO I**

## Programa de Cooperación Académica

### Título del Trabajo de Graduación a desarrollar:

"FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA, PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO FOTOVOLTAICO, PARA LA ZONA DE RIEGO AGRÍCOLA UBICADA EN CASERILLO EL TESORO, CANTÓN SAN CRISTOBAL, MUNICIPIO DE EL PORVENIR, DEPARTAMENTO DE SANTA ANA".

### Objetivos del Trabajo de Graduación:

- Determinar si es técnica y económicamente factible para los agricultores de El Porvenir, la implementación de un sistema de bombeo fotovoltaico.
- Determinar las variables independientes de las cuales depende la determinación de la viabilidad técnica y económica de proyectos de bombeo fotovoltaico que se utilicen en regadíos agrícolas.
- Desarrollar una plantilla en Excel que permita evaluar la viabilidad técnica y económica de proyectos de bombeo fotovoltaico en zonas de riego, para la cual será utilizado como modelo la zona de riego ubicada en EL PORVENIR, Santa Ana.
- Determinar la factibilidad técnica para la implementación del sistema de bombeo fotovoltaico, así como su configuración óptima.
- Comparar el beneficio de la implementación del sistema de bombeo fotovoltaico contra el sistema de bombeo actual en términos económicos.

### Alcances del Trabajo de Graduación:

El alcance de este estudio involucra tres estudios los cuales se efectuarán como ejemplo, en una de las zonas de riego agrícola ubicada en el Caserío El Tesoro, Cantón San Cristóbal, del municipio El Porvenir en el departamento de Santa Ana, El Salvador, en el periodo correspondiente al segundo trimestre del año 2014.

Los estudios a realizar son los siguientes:

- Diagnóstico de la situación actual en lo referente a los medios utilizados para el bombeo y el riego agrícola.
- Estudio de viabilidad técnica.
- Estudio de viabilidad económica y financiera.


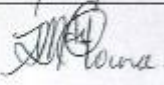

A partir de estos estudios de la zona modelo, se desarrollará una plantilla en Excel que permitirá evaluar técnica económicamente distintas zonas de riego que deseen implementar un sistema de bombeo fotovoltaico.

Esta herramienta informática servirá como una base objetiva que ayude a minimizar riesgos financieros en la toma de decisiones de los Inversores de proyectos similares al estudiado

**Periodo estimado de ejecución**

Fecha de Inicio	28 de Agosto de 2014	Fecha de finalización	28 de Agosto de 2015
-----------------	----------------------	-----------------------	----------------------

**ESTUDIANTES QUE ADQUIEREN EL COMPROMISO DE DESARROLLAR EL TRABAJO DE GRADUACIÓN**

Nombre	Teléfono de Contacto	Correo Electrónico	Firma
Gilberto Vladimir Delgado García	7346-2412	gvladimird@gmail.com	
Silsa Merari Moran de Rivera	7881-9789	silsammc@hotmail.com	
Saúl Sigfredo Reina Hernández	7538-8070	reynasaul@gmail.com	

**LUGAR DE REALIZACIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN:**

Zona de Riego Caserío El Tesoro, Cantón San Cristóbal, del municipio El Porvenir El Provenir.

**RESPONSABILIDADES Y OBLIGACIONES DE LOS ALUMNOS/AS:**

- Elaboración del documento final con todos sus anexos.
- Elaboración de la guía metodológica, con orientación de los tutores.
- Elaboración de Cronograma, con apoyo de los tutores.
- Elaboración de reportes con evaluaciones, observaciones y recomendaciones para los tutores, los cuales serán remitidos el último día de cada mes por vía electrónica a los dos coordinadores delegados para la verificación del cumplimiento del presente compromiso.
- Asistir puntualmente a las presentaciones de las reuniones que se hayan establecido en el cronograma de actividades, así como a las reuniones extraordinarias que las partes

estimen necesarias.

**TUTOR DESIGNADOS POR LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE**

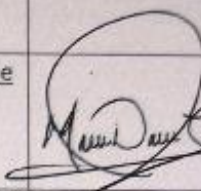
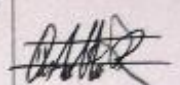
Nombre	Cargo	Teléfono de Contacto	Correo Electrónico	Firma
Rodolfo Hernán Duque Munguía	Docente Director	7183-6137	rodolfoduque@yahoo.com	

**RESPONSABILIDADES Y OBLIGACIONES DEL TUTOR FMO-UES:**

- Será el responsable de coordinar y evaluar el trabajo de grado en todos sus componentes, bajo la supervisión de un Coordinador General de Procesos de Graduación de la FMOcc-UES.
- Hacer recomendaciones sobre la parte metodológica y técnica del trabajo, recomendando y orientando de acuerdo a su experiencia y en virtud de alcanzar los objetivos planteados, respetando la visión proporcionada por el tutor empresarial, por su íntima vinculación con el problema analizado.
- Desarrollar un rol administrativo y de seguimiento al cumplimiento de los tiempos cronogramados para la realización del trabajo.
- Es quien ejerce la calificación de las diferentes etapas que se van evaluando de acuerdo a ley orgánica de la Universidad de El Salvador.
- Elaboración de reportes mensuales sobre el cumplimiento de los compromisos adquiridos por los alumnos/as en esta carta de compromiso, tales reportes serán remitidos el último día de cada mes por vía electrónica a los dos coordinadores delegados para la verificación del cumplimiento del presente compromiso.



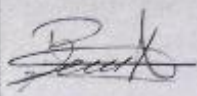
## TUTORES DESIGNADOS POR LA EMPRESA

Nombre	Cargo	Teléfono de Contacto	Correo Electrónico	Firma
Marilyn Olinda Idalia Deleón Castro	Analista de Proyectos Estratégicos	7861-6763	<a href="mailto:mdeleon@albapetroleos.com.sv">mdeleon@albapetroleos.com.sv</a>	
Oscar Aníbar Meléndez Ramírez	Asistente Técnico	7414-1425	<a href="mailto:amelendez@albapetroleos.com.sv">amelendez@albapetroleos.com.sv</a>	


## RESPONSABILIDADES Y OBLIGACIONES DEL TUTOR EMPRESARIAL:

- Mantendrá las relaciones de la Empresa con los alumnos/as y con sus profesores, en el proceso de asesoramiento técnico para el desarrollo del trabajo de graduación.
- Proporcionar oportunamente la información que los alumnos/as requieran para la evaluación técnica del proyecto.
- Emitir un informe final luego de finalizado el período de desarrollo establecido del trabajo de graduación en cuestión, sobre la valoración, aprovechamiento, actitudes y aptitudes identificadas en los alumnos y las autoridades estudiantiles durante dicho período.
- Seleccionar la información que es propiedad de la Empresa y que podrá ser publicada en el trabajo de grado con aprobación de las autoridades correspondientes al interior de la Empresa, posterior a este proceso el documento podrá ser sometido a la aprobación de las autoridades correspondientes dentro de la Universidad de El Salvador.
- Elaboración de reportes mensuales sobre el cumplimiento de los compromisos adquiridos por los alumnos/as en esta carta de compromiso, tales reportes serán remitidos el último día de cada mes por vía electrónica a los dos coordinadores delegados para la verificación del cumplimiento del presente compromiso.

**COORDINADOR DELEGADO POR LA FMOcc-UES PARA LA VERIFICACIÓN DEL  
CUMPLIMIENTO DEL PRESENTE COMPROMISO**

Nombre	Cargo	Teléfono de Contacto	Correo Electrónico	Firma
Soraya Lissette Barrera Rivera	Jefe del Departamento de Ingeniería y Arquitectura	7601-6245 2484-0880	soraya.barrera@ues .edu.sv	

**COORDINADOR DELEGADO POR LA EMPRESA PARA LA VERIFICACIÓN DEL  
CUMPLIMIENTO DEL PRESENTE COMPROMISO**

Nombre	Cargo	Teléfono de Contacto	Correo Electrónico	Firma
Néstor Miguel Guzmán Paz	Jefe de Certificación y Procesos	7851-4696	nguzman@albapetr oleos.com.sv	

Ciudad Universitaria, a los veintiocho días del mes de agosto de dos mil catorce.

## Anexo 2: Guion de preguntas para los productores

*Las preguntas están redactadas de tal manera que sean comprensibles para los entrevistados, evitando el uso desmesurado de tecnicismos que puedan entorpecer la fluidez de la información o generar incomodidad.*

- ¿Cuántos meses al año usa el sistema de riego?
- ¿Cuál es el tipo de cultivo que siembra más (usando el riego)?
- ¿Cuál es la profundidad hasta el espejo de agua?
- ¿Posee sistema de riego?
- ¿Cuánto tiempo riega los cultivos al día y cuántas veces al día?
- ¿Cuánto combustible consume por cada hora de riego? (O cualquier tipo de medida que utilice en volumen por unidad de tiempo)
- Háblenos de las características de la bomba, por ejemplo ¿Cuál es la potencia de la bomba? ¿De cuántos caballos es la bomba?
- ¿Cada cuánto tiempo le da mantenimiento a la bomba? ¿Cuánto le cuesta ese mantenimiento?
- ¿Cuánto tiempo pasa para que deba cambiar la bomba por una nueva?
- ¿En cuánto tiempo llena un barril con agua?
- ¿El nivel del espejo de agua se mantiene igual o cambia con el uso? (¿Cuánto baja el nivel del agua?)
- ¿Tiene algún conocimiento sobre energía solar fotovoltaica o paneles solares?

- ¿Cuántos metros de tuberías tiene instalados? ¿Cuál es el diámetro de la tubería? ¿Cuál es la longitud de la tubería (el largo de la tubería)?
- ¿Cuántos pozos hay en su propiedad? ¿Cuál es la distancia entre pozos?
- ¿Cuántos surcos hace por parcela? ¿Cuál es la distancia entre surcos?
- ¿Cuántas manzanas para siembra posee? ¿Y cuánto produce de su cultivo principal (usando riego)?
- ¿Cuál es la distancia desde el pozo hasta tanque?
- ¿Cuál es el cultivo que demanda más agua?
- ¿Cuál es la altura desde pozo hasta tanque de almacenamiento? (De no existir tanque, ver la posible ubicación de uno a construir para el sistema solar).
- ¿Se inunda su propiedad?
- ¿Hay árboles u otra obstrucción cerca del pozo?
- ¿Considera que esta zona es segura o hay problemas de delincuencia?
- ¿La bomba está en instalación fija o se instala cada vez que riegan?, ¿De estar fija, dan vigilancia en las noches?
- ¿Cómo es el ciclo de rotación de cultivos, anual, semestral, otro?
- Características de la bomba
- ¿El terreno es propio o arrendado?

## Anexo 3: Hoja de datos paneles solares



# CS6P

220/225/230/235/240/245/250P



### Características principales

- El mejor clasificado para una producción energética más alta, según PVUSA(PTC) en California
- 6 años de garantía (materiales y mano de obra); 25 años de garantía de producción
- Tolerancia positiva de potencia líder del sector: +5W (+2%)
- Módulo de marco robusto, sometido a una prueba de carga mecánica de 5400 Pa con el fin de soportar una mayor carga de nieve
- Altamente fiable en atmósferas corrosivas, verificado según el test de corrosión por niebla salina IEC61701
- Primer fabricante de la industria fotovoltaica certificado según la norma ISO:TS16949 (el sistema de gestión de calidad en el sector del automóvil) en producción de módulos desde 2003
- ISO17025 para el laboratorio de pruebas del propio fabricante, en estricto cumplimiento de las normas de pruebas IEC, TUV y UL

### Módulo conectado a la red

El CS6P es un robusto módulo solar grande equipado con 60 células solares. Estos módulos se pueden utilizar para aplicaciones solares conectadas a la red. Nuestro diseño y técnicas de producción meticulosos garantizan un alto y duradero rendimiento para cada uno de los módulos que producimos. Nuestro riguroso control de calidad y las pruebas realizadas en las plantas de nuestra empresa garantizan que los módulos de Canadian Solar cumplen con las normas de calidad más exigentes.

### Aplicaciones

- Instalaciones conectadas a red o aisladas sobre tejado residencial
- Instalaciones conectadas a red o aisladas sobre tejado comercial/industrial
- Plantas solares.
- Otras aplicaciones conectadas a la red y aisladas

### Certificados de calidad

- IEC 61215, IEC 61730, IEC61701, UL 1703, aprobado CEC, CE, KEMCO, MCS
- ISO9001:2008: Normas para los sistemas de gestión de calidad
- ISO/TS16949:2009: El sistema de gestión de calidad en el sector del automóvil
- QC 080000 HSPM: El certificado sobre las Normativas sobre Sustancias Peligrosas



[www.canadiansolar.com](http://www.canadiansolar.com)

## CS6P-220/225/230/235/240/245/250P

### Datos eléctricos

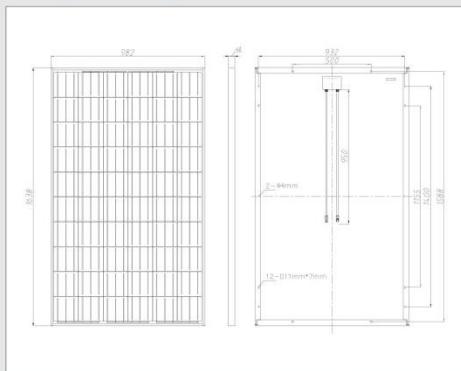
	CS6P-220P	CS6P-225P	CS6P-230P	CS6P-235P	CS6P-240P	CS6P-245P	CS6P-250P
Potencia nominal máxima en STC (Pmax)	220W	225W	230W	235W	240W	245W	250W
Tensión de funcionamiento óptimo (Vmp)	29.2V	29.4V	29.6V	29.8V	29.9V	30.0V	30.1V
Corriente de funcionamiento óptimo (Imp)	7.53A	7.65A	7.78A	7.90A	8.03A	8.17A	8.30A
Tensión de circuito abierto (Voc)	36.6V	36.7V	36.8V	36.9V	37.0V	37.1V	37.2V
Corriente de corto circuito (Isc)	8.09A	8.19A	8.34A	8.46A	8.59A	8.74A	8.87A
Temperatura de trabajo	-40°C~+85°C						
Tensión máxima del sistema	1000V (IEC) /600V (UL)						
Valor máximo del fusible de la serie	15A						
Tolerancia de potencia	+5W						
Coeficiente de temperatura	Pmax	-0.43%/°C					
	Voc	-0.34 %/°C					
	Isc	0.065 %/°C					
	NOCT	45°C					

\*Condiciones estándar de prueba (STC): Irradiación de 1000 W/m<sup>2</sup>, espectro AM 1,5 y temperatura de la célula de 25°C

### Datos técnicos

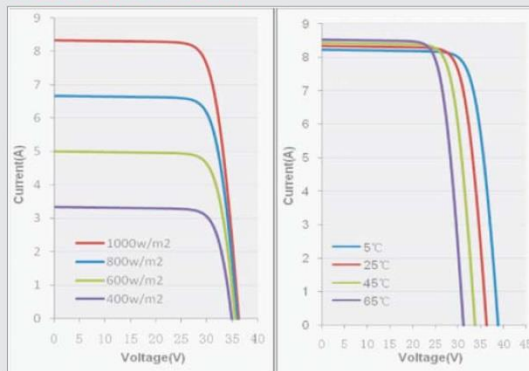
Tipo de células	Policristalino
Disposición de las células	60 (6 x 10)
Dimensiones	1638 x 982 x 40 mm (64.5 x 38.7 x 1.57 in)
Peso	20 kg (44.1 lbs)
Cubierta frontal	vidrio templado
Material del marco	aleación de aluminio anodizado
Embalaje (módulos por palet)	20pcs

### Dibujos de ingeniería



\*Las especificaciones que se incluyen en esta hoja de datos están sujetas a modificación sin previo aviso.

### IV curva (CS6P-250P)



ES-Rev 3.33 Copyright © 2010 Canadian Solar Inc.

### Sobre Canadian Solar

Canadian Solar Inc. es una de las mayores compañías solares del mundo. Como fabricante líder y verticalmente integrado de lingotes, obleas, células, módulos y sistemas solares, Canadian Solar proporciona productos de energía solar de calidad inigualable a sus clientes en todo el mundo. Canadian Solar cuenta con un equipo de profesionales de primera clase a nivel mundial que colabora estrechamente con nuestros clientes para proporcionarles soluciones para todas sus necesidades de tecnología solar.

Canadian Solar se fundó en Canadá en 2001 y fue satisfactoriamente incluida en la bolsa de valores NASDAQ (símbolo: CSIQ) en noviembre de 2006. Canadian Solar está en el buen camino para ampliar la capacidad celular hasta 700 MW y la capacidad modular hasta 1,3 GW en 2010.

Headquarters | 650 Riverbend Drive, Suite B Kitchener, Ontario Canada N2K 3S2 | Tel: +1-519-954-2057 | Fax: +1-519-578-2097  
inquire.ca@canadiansolar.com

European Office | Canadian Solar Deutschland GmbH | Landsberger Strasse 94 | 80339 Munich | Germany  
Tel: +49 (0) 89 - 51 996 89 - 0 | Fax: +49 (0) 89 - 51 996 89 - 11  
inquire.eu@canadiansolar.com

## Anexo 4: CATÁLOGO GRUNDFOS

# SQFlex

Sistemas de suministro de agua basados en energías renovables  
50/60 Hz



## Datos de producto

SQFlex

### Aplicaciones

Diseñado tanto para funcionamiento continuo como intermitente, el sistema SQFlex es especialmente adecuado para aplicaciones de suministro de agua a lugares remotos, por ejemplo:

- aldeas, colegios, hospitales, viviendas unifamiliares, etc.
- granjas
  - abrevaderos
  - riego de campos e invernaderos
- parques de ocio y granjas escuelas
  - aplicaciones de riego
- parques naturales
  - bombeo de aguas superficiales
- instalaciones de bomba flotante para bombear agua de estanques y lagos.

### El sistema SQFlex

El sistema SQFlex es un sistema fiable de suministro de agua, basado en fuentes de energía renovables, por ejemplo la energía solar y la eólica. El sistema SQFlex incorpora una bomba sumergible SQF.

Es muy flexible respecto al suministro de energía y funcionamiento, por lo que puede combinarse y adaptarse a cualquier necesidad según las condiciones del lugar de instalación.

El sistema consta de los siguientes componentes

- bomba sumergible SQF
- unidad de control CU 200 SQFlex
- caja de conexiones IO 100 SQFlex
- caja de conexiones IO 101 SQFlex
- caja de control IO 102 SQFlex
- controlador de carga
- suministro de energía:
  - paneles solares
  - turbina eólica
  - generador
  - baterías.

### Bomba

La gama de bombas SQF abarca dos tecnologías de bombeo:

- bomba de rotor helicoidal (3") para gran altura y poco caudal.
- bomba centrífuga (4") para poca altura y gran caudal.

Las curvas siguientes muestran la actuación de la bomba para las dos tecnologías de bombeo.

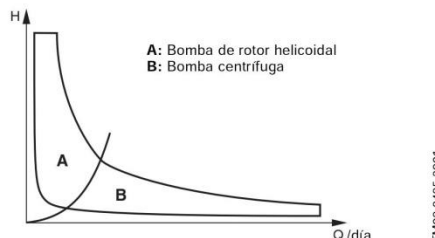


Fig. 1 Rangos de actuación de bombas de rotor helicoidal y bombas centrífugas

Todos los tipos de bomba están disponibles en dos variantes de material:

- SQF es la versión estándar fabricada en acero inoxidable DIN W.-Nr. 1.4301
- SQF-N está fabricada en acero inoxidable DIN W.-Nr. 1.4401.

### Motor

El motor ha sido desarrollado especialmente para el sistema SQFlex y está diseñado según el principio de imán permanente con una unidad electrónica incorporada.

La gama de motores SQFlex 3" incluye solo dos tamaños de motor, p. ej.

- MSF 3 con entrada de potencia máxima ( $P_1$ ) de 900 W y
- MSF 3 con entrada de potencia máxima ( $P_1$ ) de 1400 W.

La velocidad del motor es de 500-3600 rpm, dependiendo de la potencia de entrada y de la carga.

El motor está disponible en dos variantes de material:

- MSF 3 es la versión estándar fabricada en acero inoxidable DIN W.-Nr. 1.4301
- MSF 3 N está fabricada en acero inoxidable DIN W.-Nr. 1.4401.

El motor tiene tres limitaciones internas:

- Entrada de potencia máxima ( $P_1$ ) de
  - 900 W (si se instala en bombas de rotor helicoidal)
  - 1400 W (si se instala en bombas centrífugas)
- corriente máxima de 8,4 A
- velocidad máxima de
  - 3000 rpm (si se instala en bombas de rotor helicoidal)
  - 3600 rpm (si se instala en bombas centrífugas).

La bomba obtiene su rendimiento máximo cuando se alcanza una de las limitaciones anteriores.



# Datos de producto

SQFlex

## Tensión de alimentación

El motor, flexible en lo relativo al suministro de potencia y al rango de potencia, puede funcionar con corriente alterna o continua:

- 30-300 VDC, PE
- 1 x 90-240 V -10%/+6%, 50/60 Hz, PE.

## Unidad de control CU 200 SQFlex

CU 200 es una unidad de control combinada para indicación del estado y control del sistema SQFlex. Permite además conectar un interruptor de nivel colocado en un depósito de agua o tanque similar.

## Caja de conexiones IO 100 SQFlex

IO 100 es un interruptor on/off (arranque/parada) para conectar y desconectar la tensión de alimentación del sistema. Se utiliza con sistemas SQFlex alimentados solo por paneles solares.

## Caja de conexiones IO 101 SQFlex

IO 101 es un interruptor on/off (arranque/parada) para conectar y desconectar la tensión de alimentación del sistema.

IO 101 se utiliza con sistemas SQFlex alimentados por paneles solares y con suministro de reserva mediante generador.

## Caja de frenado IO 102 SQFlex

IO 102 es una caja de frenado on/off (arranque/parada) para conectar y desconectar la tensión de alimentación del sistema.

IO 102 se utiliza con sistemas SQFlex accionados por turbina eólica, así como por combinación de energía solar y eólica.

IO 102 permite reducir la velocidad de la turbina eólica o pararla.

## Controlador de carga

El controlador de carga se utiliza cuando se instala un sistema de reserva de batería con un sistema de bombeo SQFlex.

## Módulos solares

Los módulos solares Grundfos han sido desarrollados especialmente para el sistema SQFlex. Los módulos solares están equipados con clavijas y enchufes para conexión rápida.

Para más información sobre módulos solares, póngase en contacto con Grundfos.

## Generador

En el caso de suministro eléctrico temporalmente insuficiente de la fuente de energía principal, el sistema SQFlex puede funcionar con un generador, que puede ser de diesel o gasolina.

## Baterías

El sistema SQFlex puede funcionar con baterías con una tensión de alimentación de 30-300 VCC, intensidad máxima 8.4 A.

## Nomenclatura

### Nomenclatura para bombas de rotor helicoidal

Ejemplo	SQF	1.2	-2	x
Tipo				
Caudal nominal a 3000 rpm [m <sup>3</sup> /h]				
Número de etapas				
En blanco = acero inoxidable DIN W.-Nr. 1.4301 N = acero inoxidable DIN W.-Nr. 1.4401				

### Nomenclatura para bombas centrífugas

Ejemplo	SQF	5A	-3	x
Tipo				
Caudal nominal a 3000 rpm [m <sup>3</sup> /h] y versión de la bomba				
Número de etapas				
En blanco = acero inoxidable DIN W.-Nr. 1.4301 N = acero inoxidable DIN W.-Nr. 1.4401				

## Líquidos bombeados

Las bombas SQF están diseñadas para bombear líquidos ligeros, limpios, no agresivos y no explosivos, que no contengan partículas sólidas o fibras mayores que los granos de arena.

pH: 5 - 9.

Temperatura del líquido: 0°C a +40°C.

La bomba puede funcionar libre de convención (~ 0 m/s) a máx. +40°C.

## Contenido de arena

Contenido máximo de arena: 50 g/m<sup>3</sup>.

Un mayor contenido de arena acortará considerablemente la vida de la bomba debido al desgaste.

## Contenido de sal

La siguiente tabla muestra la resistencia del acero inoxidable a Cl<sup>-</sup>. Los datos de la tabla están basados en un líquido bombeado con un pH de 5 a 9.

Acero inoxidable DIN W.-Nr.	Contenido de Cl <sup>-</sup> [ppm]	Temperatura del líquido [°C]
1.4301	0-300	< 40
	300-500	< 30
1.4401	0-500	< 40

## Características y beneficios

SQFlex

### Protección contra marcha en seco

La bomba SQF está protegida contra marcha en seco con el fin de evitar daños en la misma. La protección contra marcha en seco se activa por el electrodo de nivel de agua, colocado en el cable del motor 0,3 - 0,6 m por encima de la bomba, dependiendo del tipo de bomba.

El electrodo de nivel mide la resistencia de contacto a la camisa del motor a través del agua. Cuando el nivel de agua desciende por debajo del electrodo de nivel de agua la bomba se desconecta. Se vuelve a conectar automáticamente cuando el nivel de agua lleve 5 minutos por encima del electrodo del nivel de agua.

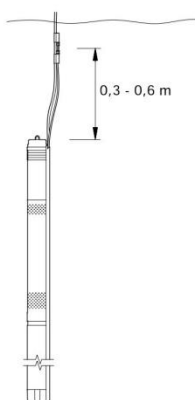


Fig. 2 Instalación vertical

TM02 2436 3901

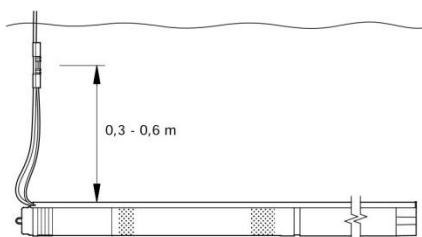


Fig. 3 Instalación horizontal

TM02 2435 3901

### Alto rendimiento

El motor MSF 3 es un motor de imán permanente (motor PM) que proporciona un mayor rendimiento dentro de la gama de potencias si lo comparamos con un motor asíncrono convencional.

Además, el estator segmentado del motor contribuye considerablemente al alto rendimiento.

El motor MSF 3 se caracteriza también por el alto par de arranque, incluso con bajo suministro de potencia.

### Protección contra sobrevoltaje y bajo voltaje

Cuando la tensión de alimentación es inestable puede producirse sobrevoltaje o bajo voltaje.

La bomba parará si la tensión cae fuera de la gama de tensión permitida. El motor vuelve a arrancar automáticamente cuando la tensión esté dentro de la gama permitida. Por consiguiente no se necesita ningún relé de protección adicional.

**Nota:** El motor MSF 3 está protegido contra perturbaciones transitorias de la tensión de alimentación según IEC 60664-1 "categoría III de sobretensión" (4 kV). En áreas con alta intensidad de rayos, se recomienda protección externa contra rayos.

### Protección contra sobrecarga

Si se sobrepasa el límite superior de entrada de potencia, el motor lo compensará automáticamente, reduciendo la velocidad. Si la velocidad baja a menos de 500 rpm, el motor parará automáticamente.

El motor estará parado durante 10 segundos. Pasado este tiempo, la bomba intentará automáticamente el re arranque.

La protección contra sobrecarga evita que el motor se quemara, por lo que no se necesita ninguna protección adicional del motor.

### Protección contra sobretemperatura

Un motor de imán permanente desprende muy poco calor. Este hecho, junto con un eficaz sistema de circulación interna que aleja el calor del rotor, estator y cojinetes, garantiza unas condiciones de funcionamiento óptimas del motor.

Como protección adicional, la unidad electrónica incorpora un sensor de temperatura. Cuando la temperatura sube por encima de 85°C, el motor para automáticamente; cuando la temperatura haya bajado a 75°C, el motor vuelve a arrancar automáticamente.

## Características y beneficios

SQFlex

### Seguimiento de punto de máxima potencia (MPPT)

La unidad electrónica incorporada le proporciona una serie de ventajas al sistema SQFlex si comparamos con productos convencionales. Una de estas ventajas es el microprocesador incorporado con MPPT (seguimiento del punto de máxima potencia).

Gracias a la función del MPPT, el punto de trabajo de la bomba se optimiza continuamente según la potencia de entrada disponible. El MPPT sólo está disponible para bombas conectadas a corriente continua.

### Amplia gama de tensiones

Una amplia gama de tensiones permite que el motor funcione a cualquier tensión de 30-300 DC ó 90-240AC, por lo que la instalación y el dimensionamiento resultan especialmente fáciles.

### Fiabilidad

El motor MSF 3 ha sido desarrollado pensando en una alta fiabilidad, que se consigue mediante las siguientes características:

- cojinetes de carbono/cerámica
- excelentes características de arranque
- varias facilidades de protección.

### Instalación

Las siguientes características garantizan una fácil instalación de la bomba SQF:

- ligera para fácil manejo
- instalación en pozos de 3", 4" o mayores
- sólo se necesita un interruptor on/off (arranque/parada), lo que significa que no se necesita arrancador de motor / caja de arranque adicional
- SQF está disponible con cable con tapa y clavija.

**Nota:** La instalación horizontal requiere que se coloque el electrodo de nivel de agua 0,3 a 0,6 m por encima de la bomba para garantizar la protección contra marcha en seco.

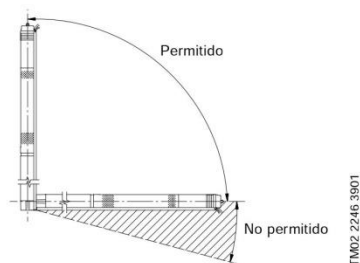


Fig. 4 Instalación de bombas SQF

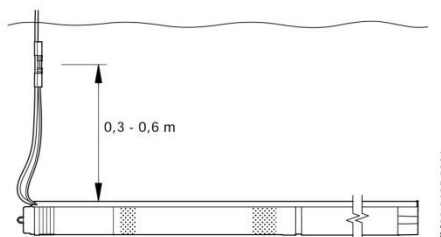


Fig. 5 Instalación horizontal

### Mantenimiento

El diseño modular de bomba y motor simplifica la instalación y mantenimiento. El cable y la tapa final con clavija están montados en la bomba con tuercas, por lo que se pueden sustituir.

## Componentes del sistema

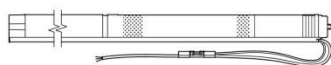
SQFlex

### Bomba sumergible SQF

La bomba SQF está disponible únicamente como unidad completa.

La bomba SQF consta de

- motor
- cable de 2,0 m con electrodo de nivel de agua y manguito
- protector de cable.

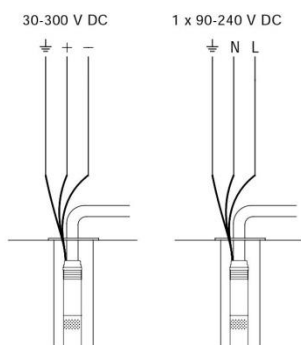


TM02 2217 3901

Fig. 15 Bomba SQF

Hay que conectar el motor MSF al suministro de potencia tal y como se muestra en la fig. 16.

Dado que la unidad electrónica integrada permite al motor funcionar con corrientes de alimentación DC y AC, es indiferente el modo de conexión de los cables "+" y "-" o "N" y "L".



TM02 2437 3901

Fig. 16 Esquema de conexiones eléctricas

### Unidad de control CU 200 SQFlex

La unidad de control CU 200 es una unidad combinada de estado, control y comunicación desarrollado especialmente para el sistema SQFlex. Permite además conectar un interruptor de nivel.

El CU 200 incorpora entradas de cable para...

- conexión al suministro de potencia (pos. 6)
- conexión a la bomba (pos. 7)
- conexión a tierra (pos. 8)
- conexión a interruptor de nivel (pos. 9).

(Los números de posición en paréntesis se refieren a la fig. 17.)

La comunicación entre el CU 200 y la bomba se realiza mediante el cable de suministro de potencia de la bomba. Esto se llama Comunicación a través de cable eléctrico de potencia y este principio significa que no se necesitan cables adicionales entre el CU 200 y la bomba.

Se puede arrancar, parar y rearmar la bomba mediante el botón de on/off (arranque/parada) (pos. 1).

El CU 200 ofrece:

- Control del sistema
- Indicación de alarma.

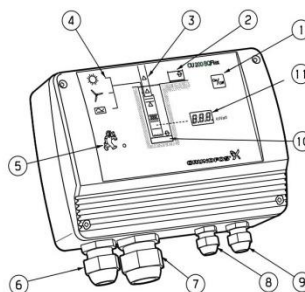
Las siguientes indicaciones permiten controlar el funcionamiento de la bomba:

- Tanque de agua lleno (interruptor de nivel) (pos. 2)
- Bomba funcionando (pos. 3)
- Potencia de entrada (pos. 11).

El CU 200 ofrece las siguientes posiciones de alarma:

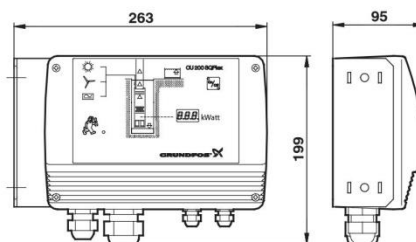
- Marcha en seco (pos. 10)
- Reparación necesaria (pos. 5) en el caso de:
  - Sin contacto con la bomba
  - Sobrevoltaje
  - Sobretemperatura
  - Sobrecarga.

Además, el CU 200 indica los símbolos de las opciones de suministro de energía (pos. 4).



TM02 2325 1206

Fig. 17 Elementos del CU 200



Dimensiones indicadas en mm.

TM02 2323 1206

Fig. 18 Dimensiones

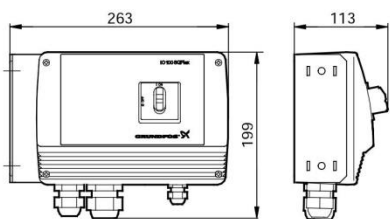
## Componentes del sistema

SQFlex

### Caja de interruptores IO 100 SQFlex

La caja de interruptores IO 100 está diseñada especialmente para los sistemas solares SQFlex.

Permite el arranque y parada manual de la bomba en un sistema SQFlex Solar y funciona como una caja de conexiones que une todos los cables necesarios.



Dimensiones indicadas en mm.

Fig. 20 Dimensiones

TM02 2545 4003

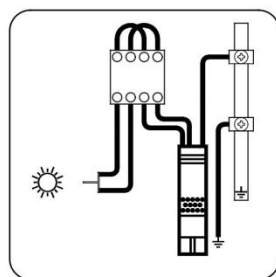


Fig. 21 Esquema de conexiones eléctricas

TM02 4058 4701

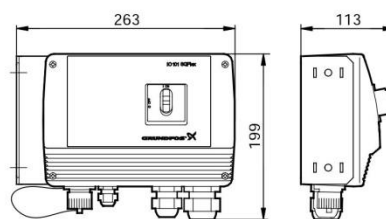
### Caja de conexiones IO 101 SQFlex

La caja de interruptores IO 101 está diseñada especialmente para los sistemas solares SQFlex.

Permite la conexión de un suministro de reserva con generador en el caso de irradiación solar insuficiente. Hay que hacer el cambio entre la energía solar y el generador manualmente.

Si se para el generador a mano o si se queda sin combustible, la IO 101 cambiará automáticamente a energía solar.

La IO 101 funciona como una caja de conexiones que une todos los cables necesarios.



Dimensiones indicadas en mm.

Fig. 22 Dimensiones

TM02 2546 4003

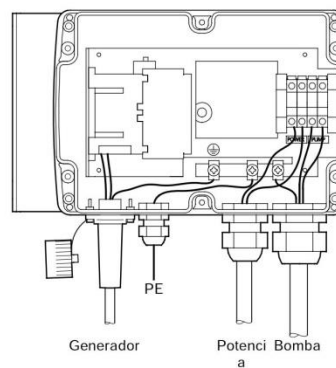


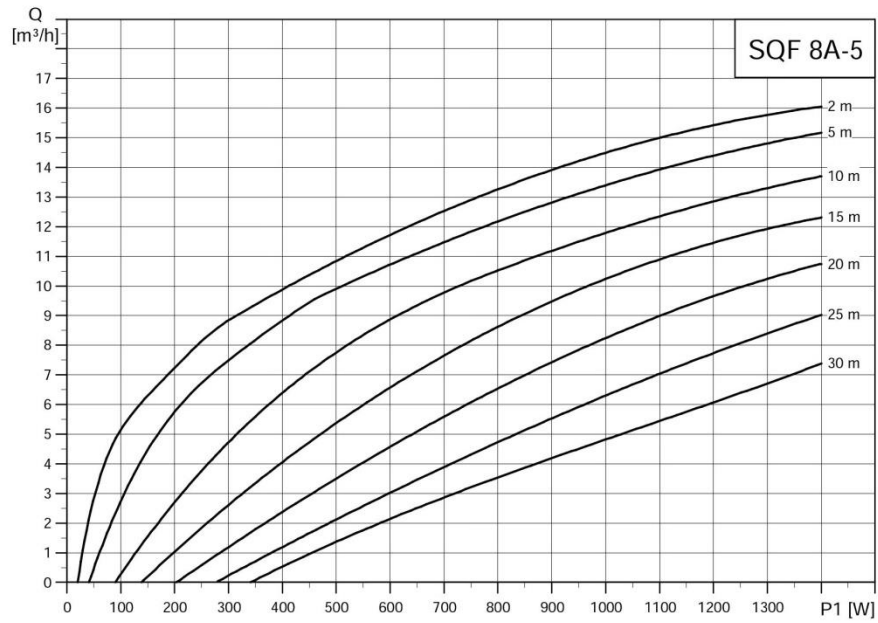
Fig. 23 Conexiones eléctricas

TM02 4162 5001

# Curvas características

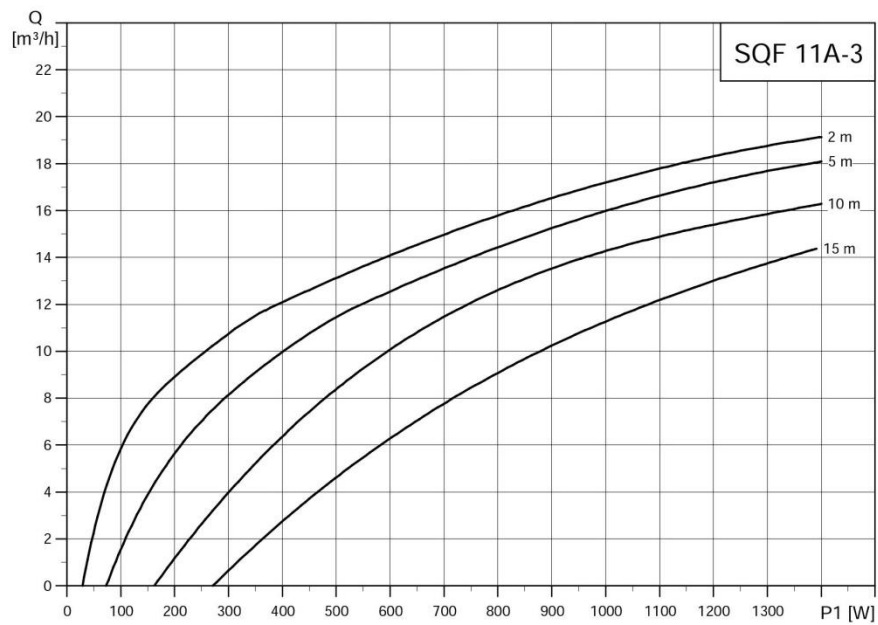
SQF 8A-5  
SQF 11A-3

## SQF 8A-5



TM03 3928 1206

## SQF 11A-3

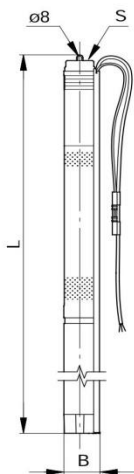


TM03 3929 1206

## Datos técnicos

SQFlex

### Dimensiones y pesos



TM02.2209.3901

Tipo de bomba	Dimensiones [mm]			Peso neto [kg]*	Peso bruto [kg]*	Volumen de embarque [m <sup>3</sup> ]*
	L	B	S			
SQF 0,6-2	1185 *	74	Rp 1½	7,6	9,4	0,0242
SQF 0,6-2 N	1185 *	74	Rp 1½	7,6	9,4	0,0242
SQF 0,6-3	1235 *	74	Rp 1½	7,9	9,7	0,0242
SQF 0,6-3 N	1235 *	74	Rp 1½	7,9	9,7	0,0242
SQF 1,2-2	1225 *	74	Rp 1½	7,9	9,7	0,0242
SQF 1,2-2 N	1225 *	74	Rp 1½	7,9	9,7	0,0242
SQF 2,5-2	1247 *	74	Rp 1½	8,2	10,0	0,0242
SQF 2,5-2 N	1247*	74	Rp 1½	8,2	10,0	0,0242
SQF 3A-10	968	101	Rp 1½	9,5	11,0	0,0282
SQF 3A-10 N	1012	101	Rp 1½	11,1	12,6	0,0282
SQF 5A-3	821	101	Rp 1½	8,1	9,6	0,0282
SQF 5A-3 N	865	101	Rp 1½	9,3	10,8	0,0282
SQF 5A-6	884	101	Rp 1½	8,8	10,3	0,0282
SQF 5A-6 N	928	101	Rp 1½	10,2	11,7	0,0282
SQF 8A-3	927	101	Rp 2	9,5	11,0	0,0282
SQF 8A-3 N	927	101	Rp 2	9,5	11,0	0,0282
SQF 8A-5	1011	101	Rp 2	10,5	12,0	0,0282
SQF 8A-5 N	1011	101	Rp 2	10,5	12,0	0,0282
SQF 11A-3	982	101	Rp 2	10,9	12,4	0,0282
SQF 11A-3 N	982	101	Rp 2	10,9	12,4	0,0282

\* Bomba completa

### Datos eléctricos

30-300 V DC o 1 x 90-240 V AC, 50/60 Hz

Tipo de bomba	Tipo de motor	Entrada de potencia máxima (P1) [W]	Intensidad máxima [A]
SQF 0,6-2 (N)	MSF 3 (N)	900	8,4
SQF 0,6-3 (N)	MSF 3 (N)	900	8,4
SQF 1,2-2 (N)	MSF 3 (N)	900	8,4
SQF 2,5-2 (N)	MSF 3 (N)	900	8,4
SQF 3A-10 (N)	MSF 3 (N)	1400	8,4
SQF 5A-3 (N)	MSF 3 (N)	1400	8,4
SQF 5A-6 (N)	MSF 3 (N)	1400	8,4
SQF 8A-3 (N)	MSF 3 (N)	1400	8,4
SQF 8A-5 (N)	MSF 3 (N)	1400	8,4
SQF 11A-3 (N)	MSF 3 (N)	1400	8,4

## Datos técnicos

SQFlex

### Bomba SQF

<b>Suministro a la bomba</b>	30-300 V DC, PE. 1 x 90-240 V -10%/+6%, 50/60 Hz, PE.
<b>Tiempo de arranque</b>	Dependiendo de la fuente de potencia.
<b>Arranque/parada</b>	Número ilimitado de arranques/paradas por hora.
<b>Grado de protección</b>	IP 68.
<b>Protección de motor</b>	Incorporada en la bomba. Protección contra <ul style="list-style-type: none"> <li>• marcha en seco mediante un electrodo de nivel de agua</li> <li>• sobrevoltaje y subvoltaje</li> <li>• sobrecarga</li> <li>• sobretensión.</li> </ul>
<b>Conductividad</b>	≥ 70 µs/cm (micro siemens).
<b>Nivel de ruido</b>	El nivel de ruido de la bomba es inferior a los valores límite indicados en la Directiva sobre Maquinaria de la CEE.
<b>Ruido radioeléctrico</b>	SQF cumple con la Norma CEM 89/336/CEE. Homologada según las normas EN 61000-6-2 y EN 61000-6-3.
<b>Función de rearme</b>	SQF puede rearmarse mediante el CU 200 o desconectando la potencia de suministro durante 1 minuto.
<b>Factor de potencia</b>	PF = 1.
<b>Funcionamiento mediante generador</b>	Tensión: 230 V AC -10%/+6%. La salida del generador debe ser de <ul style="list-style-type: none"> <li>• mínimo 1 k VA (bombas de rotor helicoidal)</li> <li>• mínimo 1,5 k VA (bombas centrifugas).</li> </ul>
<b>Diferencial a tierra</b>	Si la bomba está conectada a una instalación eléctrica donde se utiliza un diferencial a tierra (ELCB) como protección adicional, tiene que ser del tipo que se dispara cuando se producen derivaciones a tierra de corriente continua (pulsante).
<b>Diámetro de perforación</b>	SQF 0,6, SQF 1,2, SQF 2,5: Mínimo: 76 mm. SQF 3A, SQF 5A, SQF 8A, SQF 11A: Mínimo: 104 mm.
<b>Profundidad de instalación</b>	Mínimo: La bomba tiene que estar completamente sumergida en el líquido de bombeo. Máximo: 150 m por encima del nivel estático del agua (15 bar).
<b>Filtro de aspiración</b>	Orificios del filtro de aspiración: SQF 0,6 (N), SQF 1,2 (N), SQF 2,5 (N): ø2,3 mm. SQF 3A (N), SQF 5A: ø2,5 mm. SQF 5A N, SQF 8A (N), SQF 11A (N): 4 mm x 20 mm.
<b>Líquidos bombeados</b>	pH 5 a 9. Contenido de arena hasta 50 g/m <sup>3</sup> .
<b>Marca</b>	CE.

### Unidad de control CU 200 SQFlex

<b>Tensión</b>	30-300 V DC, 8,4 A. 90-240 V AC, 8,4 A.
<b>Consumo de potencia</b>	5 W.
<b>Consumo de corriente</b>	Máximo 130 mA.
<b>Cable de la bomba</b>	Longitud máxima entre la CU 200 y la bomba: 200 m. Longitud máxima entre la CU 200 y el interruptor de nivel: 500 m.
<b>Fusible de reserva</b>	Máximo 10 A.
<b>Ruido radioeléctrico</b>	La CU 200 cumple con la Norma CEM 89/336/CEE. Homologada según las normas EN 55014 y 55014-2.
<b>Humedad relativa del aire</b>	95%.
<b>Grado de protección</b>	IP 55.
<b>Temperatura ambiente</b>	Durante el funcionamiento: -30°C a +50°C. Durante el almacenaje: -30°C a +60°C.
<b>Marca</b>	CE.
<b>Peso</b>	2 kg.

### Caja de interruptores IO 100 SQFlex

<b>Tensión</b>	Máximo 300 V DC, 8,4 A. Máximo 265 V AC, 8,4 A.
<b>Grado de protección</b>	IP 55.
<b>Temperatura ambiente</b>	Durante el funcionamiento: -30°C a +50°C. Durante el almacenaje: -30°C a +60°C.
<b>Marca</b>	CE.



## Datos técnicos

SQFlex

### Caja de conexiones IO 101 SQFlex

<b>Tensión</b>	230 V AC -15%/+10%, 50/60 Hz (relé interno). Máximo 225 V DC, 8,4 A. Máximo 265 V AC, 8,4 A.
<b>Grado de protección</b>	IP 55.
<b>Temperatura ambiente</b>	Durante el funcionamiento: -30°C a +50°C. Durante el almacenaje: -30°C a +60°C.
<b>Marca</b>	CE.

### Caja de frenado IO 102 SQFlex

<b>Tensión</b>	Máximo 225 V DC, 8,4 A. Máximo 265 V AC, 8,4 A.
<b>Grado de protección</b>	IP 55.
<b>Temperatura ambiente</b>	Durante el funcionamiento: -30°C a +50°C. Durante el almacenaje: -30°C a +60°C.
<b>Marca</b>	CE.

### Controlador de carga

<b>Tensión (entrada solar)</b>	Máximo 110 V DC.
<b>Corriente (entrada solar)</b>	Máximo 15 A.
<b>Intensidad de salida (carga)</b>	Máximo 15 A.
<b>Temperatura ambiente</b>	-40°C a +60°C.
<b>Peso</b>	0,34 kg.

## Datos técnicos

SQFlex

### Especificación de materiales, bomba centrífuga

Pos.	Componente	Material	SQF		SQF-N	
			EN/DIN	AISI	EN/DIN	AISI
1	Alojamiento de la válvula	Acero inoxidable	1.4301	304	1.4401	316
4	Cámara, superior	Acero inoxidable	1.4301	304	1.4401	316
6	Brida superior	NBR				
7	Anillo cierre	NBR/PPS				
8	Cojinete	NBR				
9	Cámara, completa	Acero inoxidable	1.4301	304	1.4401	316
11	Tuerca para el casquillo cónico	Acero inoxidable	1.4301	304	1.4401	316
12	Casquillo cónico	Acero inoxidable	1.4301	304	1.4401	316
13	Impulsor	Acero inoxidable	1.4301	304	1.4401	316
14	Pieza interior	Acero inoxidable	1.4301	304	1.4401	316
14a	Pieza de conexión, completa (adaptador MSF 3)	Acero inoxidable	1.4301	304	1.4401	316
15	Filtro	Acero inoxidable	1.4301	304	1.4401	316
16	Eje, cilíndrico	Acero inoxidable	1.4057	431	1.4460	329
17	Tirante	Acero inoxidable	1.4301	304	1.4401	316
18	Protector del cable, bomba	Acero inoxidable	1.4301	304	1.4401	316
18c	Protector del cable, motor	Acero inoxidable	1.4301	304	1.4401	316
19	Tuerca para tirante	Acero inoxidable	1.4301	304	1.4401	316
19a	Tuerca	Acero inoxidable	1.4401	316	1.4401	316
24	Acoplamiento con tuerca	Acero inoxidable	1.4462	329	1.4462	329
24a	Anillo soporte	Acero inoxidable	1.4401	316	1.4401	316
24b	Protector de estrías	NBR				
25	Fijación para el anillo de desgaste, completo	Acero inoxidable	1.4301	304	1.4401	316
85	Anillo de tope (solo SQF 5A y SQF 11A)	PTFE de grafito de carbono				
	Tornillos para el protector del cable	Acero inoxidable	1.4401	316	1.4401	316

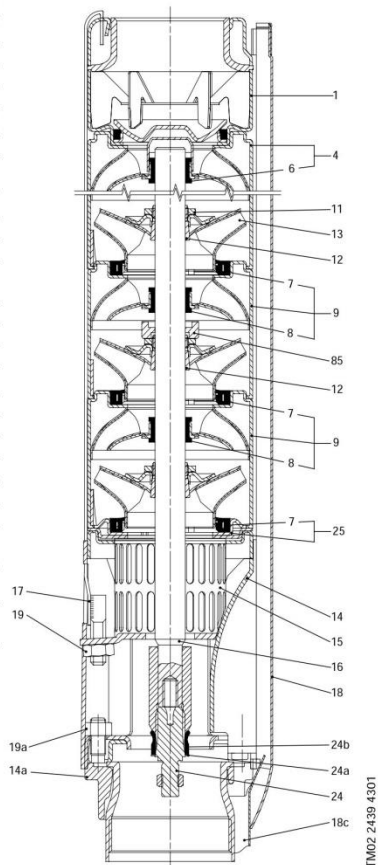


Fig. 27 Ejemplo: SQF 11A-3

TM02 2439 4301

## Datos técnicos

SQFlex

### Materiales, motor

Pos.	Componente	Material	MSF 3		MSF 3 N	
			EN/DIN	AISI	EN/DIN	AISI
201	Estator con manguito, completo	Acero inoxidable	1.4301	304	1.4401	316
202	Rotor	Acero inoxidable	1.4301	304	1.4401	316
202a	Anillo de tope	PP				
202c	Extremo de eje	Acero inoxidable	1.4401	316	1.4401	316
203	Cojinete de empuje, estacionario	Acero inoxidable/ carburo	1.4401	316	1.4401	316
205	Cojinete radial	Carburo de silicio	1.4301	304	1.4401	316
206	Cojinete de empuje, giratorio	Acero inoxidable/ óxido de aluminio Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.4401	316	1.4401	316
220	Cable de motor con clavija					
222a	Tapón de llenado	NBR				
223	Unidad electrónica					
224	Junta tórica	MSF 3: NBR. MSF 3 N: FKM.				
225	Tapa superior	NBR				
232	Cierre	MSF 3: NBR. MSF 3 N: FKM.				
243	Alojamiento cojinete de empuje Cuatro tuercas (M4)	Acero inoxidable	1.4408	316	1.4408	316

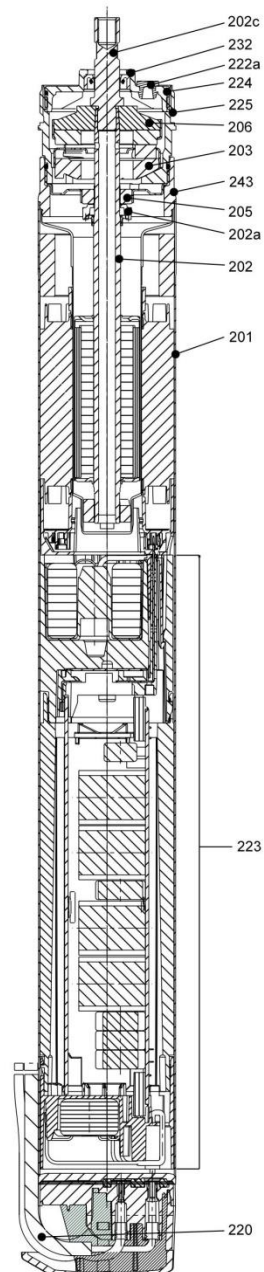


Fig. 28 MSF 3

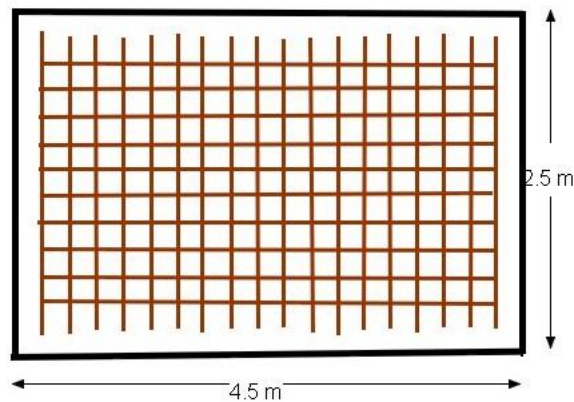
TM02 2215 1406

### Anexo 5: Especificaciones del tanque de captación para agua (si fuera necesario construirlo)

A pesar de no estar propuesta su construcción debido a su existencia en la zona de estudio, el tanque de almacenamiento para agua, se compone de:

#### Losa

Una losa de una mezcla de arena, cemento y grava, con un enrejado de varillas de hierro bajo norma de  $\frac{1}{4}$ " , a 20 cm de separación entre cada una de ellas, lo cual se necesitan 18 varillas de 2.4 m para lo ancho y 10 varillas de 4.40 m de largo.



#### Superficie de la pila de captación de agua

Con una superficie de y considerando un consumo de 46 ladrillos por metro, la cantidad de ladrillo que consumiría esta área es de 380 ladrillos.

$$\text{Area Lateral} = 2 \text{ Area frontal} + 2 \text{ area longitudinal}$$

$$\text{Area Lateral} = 2(0.75 * 1.8) + 2(0.75 * 3.7)$$

$$\text{Area Lateral} = 8.25 \text{ m}^2$$

$$\text{N}^\circ \text{ de ladrillos} = (8.25)(46)$$

$$\text{N}^\circ \text{ de ladrillos} = 380 \text{ ladrillos.}$$

#### Solera

La solera tiene un volumen de  $0.156 \text{ m}^3$  considerando una altura de 0.10 m arriba de la última hilera de ladrillos, reforzada con varilla de hierro  $\frac{3}{8}$ " corrugada bajo norma y con ganchos tipo

triangular de varilla 3/8 lisa. Además con una relación de 50% arena 25% cemento y 25% grava #1.

### Repello

Sobre toda la superficie lateral se considera un repello de 1 cm de ancho, para evitar pérdidas de agua en el tanque de captación debido a filtraciones.

Delos cálculos anteriores podemos resumir en la siguiente tabla que muestra la cantidad de materia prima a utilizar en la construcción de dicho tanque de captación de agua.

Cantidades de material para elaboración de tanque de captación						
	Arena (m <sup>3</sup> )	Cemento (bolsas)	Grava #1 (m <sup>3</sup> )	Hierro 3/8"	Hierro 1/4"	Ladrillos (unidades)
Losa	1.67	12.67	0.84	--	15 varillas	--
Superficie de captación	0.01	0.50	--	--	--	380
Repello	0.13	0.66	--	--	--	--
Solera	0.78	0.10	0.10	6	--	--
Totales	2.59	13.93	0.94	6	15 varias	380

Cuadro de costos para fabricar el tanque:

TANQUE PARA AGUA	Unidad de medición	Costo individual	Unidades necesarias	Costo total
<b>Materia prima</b>				
Arena	Metro cubo	\$20.00	2 metros	\$40.00
Cemento	bolsa	\$8.00	14 bolsas	\$112.00
Hierro 3/8"	Quintal	\$40.00	6 varillas	\$17.15
Hierro 1/4" (6m por varilla)	Quintal	\$40.00	15 varillas	\$37.50
Grava # 1	Metro cubo	\$22.00	1 metro	\$22.00
Ladrillos	unidad	\$0.15	380 ladrillos	\$60.00
Tablas	vara	\$3.00	18 varas	\$54.00
Tubo de 4"	metro	\$2.00	1 metro	\$2.00
Tapón de tubo 4"	unidad	\$ 3.00	2 unidades	\$6.00
Pita	rollo	\$1.50	rollo	\$1.50
Clavos	libra	\$1.00	1 libra	\$1.00
Alambre	libra	\$2.00	2 libras	\$4.00
<b>Mano de Obra</b>				
Maestro de obra	Personas	1	1	\$300.00
<b>Total</b>				<b>\$657.15</b>