



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

---

---

**PLAN DE COMERCIALIZACIÓN DE SISTEMAS  
FOTOVOLTAICOS PARA EL SECTOR RESIDENCIAL**

TESINA

VÍA CURSOS DE EDUCACIÓN CONTINUA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**INGENIERA QUÍMICA**

PRESENTA

**MARIANA MAR LUCAS**



MÉXICO D.F.

2014



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**JURADO ASIGNADO:**

**PRESIDENTE:** ALEJANDRO LEON IÑIGUEZ HERNÁNDEZ  
**VOCAL:** NAYELI MANZANO SANCHEZ  
**SECRETARIO:** DOSITEO ENRIQUE ANGELES CISNEROS  
**1<sup>er.</sup> SUPLENTE:** JORGE RAFAEL MARTINEZ PENICHE  
**2° SUPLENTE:** MARCOS ENRIQUEZ RODRIGUEZ

**SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:**

**FACULTAD DE QUÍMICA, UNAM.**

**ASESOR DEL TEMA:**

\_\_\_\_\_  
**M.EN A. DOSITEO ENRIQUE ANGELES CISNEROS**

**SUSTENTANTE:**

\_\_\_\_\_  
**MARIANA MAR LUCAS**

## Índice

<b>Introducción</b>	<b>1</b>
Planteamiento del proyecto	1
Propósitos generales del proyecto	4
Objetivos particulares del proyecto	4
Alcance del proyecto	4
Justificación del proyecto	5
<b>Capítulo 1 Panorama general sobre energías renovables en el mundo y en México.</b>	<b>6</b>
1.1 Uso de tecnologías sustentables para el aprovechamiento de energías renovables.	6
1.2 Las energías renovables en México y el mundo.	11
1.2.1 Energía eólica	11
1.2.2 Radiación solar para aplicaciones térmicas	12
1.2.3 Bioenergía	13
1.2.4 Geotermia	13
1.2.5 Radiación solar para generación de electricidad	14
1.3 Uso de Energía solar fotovoltaica para la generación de electricidad en el mundo y en México.	17
1.4 Situación actual en México de la energía solar fotovoltaica	22
1.5 Marco Legal, regulatorio y normativo	24
<b>Capítulo 2. Generalidades de la Tecnología Solar</b>	<b>27</b>
2.1 Componentes	27
2.1.1 Celdas Solares	27
2.1.2 Paneles Solares	29
2.1.2.1 Tipos de Paneles	30
2.1.2.1.1 Paneles de Silicio monocristalino	30
2.1.2.1.2 Paneles de Silicio policristalino	31

2.1.2.1.3 Paneles de Capa Delgada	32
2.1.2.1.4 Paneles de Capa Delgada de Silicio Amorfo	32
2.1.2.1.5 Paneles de Concentración Solar	32
2.1.3 Controlador	33
2.1.4 Inversor	34
2.1.5 Baterías	34
2.1.6 Medidor bidireccional	35
2.2 Funcionamiento del Sistema Fotovoltaico	36
2.2.1 Tipos de Sistemas Solares	37
2.2.1.1 Aplicaciones de sistemas fotovoltaicos interconectados	37
2.2.1.2 Aplicaciones de sistemas fotovoltaicos autónomos	37
<b>Capítulo 3. Análisis del Mercado de Sistemas Fotovoltaicos</b>	<b>39</b>
3.1 Sector Eléctrico Nacional	39
3.2 Sector residencial en México	44
3.3 Estudio de Mercado para sistemas fotovoltaicos	49
3.3.1 <i>Sistemas aislados</i>	51
3.3.2 <i>Sistemas Interconectados al Sistema Nacional de Electricidad (SNE)</i>	51
<b>Capítulo 4. Planeación estratégica de mercadotecnia: “Marketing Mix”</b>	
<b>Mezcla comercial</b>	<b>57</b>
4.1 Misión y visión del proyecto	57
4.1.1 Misión	57
4.1.2 Visión	57
4.2 Análisis de la situación	57
4.2.1 Mercado objetivo y público objetivo.	58
4.3 Producto	60
4.3.1 Análisis FODA de Sistemas Fotovoltaicos	62
4.3.1.1 <i>Fortalezas</i>	63
4.3.1.2 <i>Oportunidades</i>	64
4.3.1.3 <i>Debilidades</i>	65

4.3.1.4 Amenazas	66
4.4 Precio	66
4.5 Medios de Promoción de sistemas fotovoltaicos	69
4.6 Estrategias de Puntos de Venta	73
4.6.1 Stand en plazas comerciales	74
4.6.2 Alianzas estratégicas con tiendas electrónicas.	74
4.6.3 Creación de sitios web.	75
4.6.4 Ferias y eventos ecológicos.	76
<b>Capítulo 5. Análisis Financiero</b>	<b>78</b>
5.1 Proyección de ventas de Sistemas fotovoltaicos interconectados.	79
5.2 Objetivos, alcance y enfoque.	80
<b>Conclusiones y Beneficios esperados</b>	<b>81</b>
<b>Beneficios económicos</b>	<b>82</b>
<b>Beneficios Sociales</b>	<b>83</b>
<b>Beneficios ambientales</b>	<b>83</b>
<b>Acciones prospectivas para garantizar la vigencia del proyecto.</b>	<b>83</b>
<b>Referencias bibliográficas</b>	<b>84</b>
<b>Anexos</b>	
Anexo 1. Cálculo del área teórica para la cobertura total de la demanda energética con sistemas fotovoltaicos.	87
Anexo 2. Estudio de rentabilidad por región de Tarifa DAC y tomando como ejemplo una ciudad representativa.	88
Anexo 3. Cargas de aparatos eléctricos domésticos para el cálculo de la energía equivalente por los sistemas fotovoltaicos	99

## Índice de cuadros

Cuadro 1.1 Utilización de fuentes de energías limpias y renovables	3
Cuadro 1.2 Resumen de países de gran impacto, 2010	7
Cuadro 1.3 Dependencia de fuentes fósiles	8
Cuadro 1.4 Deterioro del medio ambiente	9
Cuadro 1.5 Incremento y volatilidad de precios	9
Cuadro 1.6 Desarrollo de las energías renovables en el mundo.	10
Gráfico 1.7 Evolución de la participación de fuentes de energía en la generación de electricidad en México, 1933-2017	11
Cuadro 1.8 Aprovechamiento de las fuentes renovables de energía	16
Cuadro 1.9 Participación de las fuentes renovables por tipo de uso.	19
Cuadro 1.10 Consumo de energía eléctrica por región generada con fuentes renovables	19
Cuadro 1.11 Empleos directos e indirectos en el sector de energía renovable a nivel mundial por industria, 2013.	21
Cuadro 1.12 Niveles de Radiación en la República Mexicana	22
Cuadro 1.13 Utilidad del Mercado Fotovoltaico en México	24
Cuadro 4.1 Tamaño del hogar	59
Cuadro 4.2 Edad del Jefe del hogar	59
Cuadro 4.3 Tipo de hogar	60
Cuadro 4.4 Matriz FODA	63

## Índice de Tablas

Tabla 3.2 1 Sistema tarifario del sector residencial en México	44
Tabla 3.2.2 Límites para cada tarifa para ingresar a la tarifa DAC	45
Tabla 3.3.1 Comparación entre fabricantes mexicanos	50
Tabla 3.3.2.1 Tipos de nicho de acuerdo a la rentabilidad que ofrece el sistema FV	52
Tabla 3.3.2.2 Número de hogares por tarifa con mayor potencial en la aplicación de SFV	53
Tabla 4.1 Especificaciones de kits solar fotovoltaicos	62
Tabla 4.2 Porcentaje de inversión que representa cada componente en el precio total de un sistema fotovoltaico	67
Tabla 4.3 Lista de precios de sistemas fotovoltaicos de diferente capacidad y la equivalencia en equipos que aprovechan la energía generada	69



## Índice de figuras

Figura 1.1 Energía Eólica	12
Figura 1.2 Calentador Solar	13
Figura 1.3 Fogón tradicional	13
Figura 1.4 Energía Hidrotermal	14
Figura 1.5 Espejos parabólicos	15
Figura 2.1. Estructura cristalina de Silicio Dopado y efecto de la unión PN	28
Figura 2.2. Funcionamiento de una celda fotovoltaica	29
Figura 2.3. Ensamble de un panel fotovoltaico	30
Figura 2.4 Panel Fotovoltaico monocristalino	31
Figura 2.5. Panel fotovoltaico policristalino	31
Figura 2.6. Paneles de capa delgada	32
Figura 2.7 Paneles de concentración solar	33
Figura 2.8 Segmentación de Mercado por capacidad e irradiación	33
Figura 2.9 Controlador	34
Figura 2.10 Inversor	34
Figura 2.11Batería	35
Figura 2.12 Medidor bidireccional	35
Figura 2.13 Funcionamiento de Sistema Fotovoltaico	36
Figura 2.14 Sistemas solares interconectados	37
Figura 2.15 Sistemas Solares autónomos	38
Figura 2.16 Comparación entre sistemas interconectados y aislados	38
Figura 3.1.1 Regiones para el análisis de mercado Eléctrico Nacional	39
Figura 4.1 Descripción del Sistema Fotovoltaico	61
Figura 4.2 Anuncios en buscador Google	70
Figura 4.3 Directorio Las páginas verdes	71
Figura 4.4 Páginas web	72
Figura 4.5 Parques y escuelas con sistemas fotovoltaicos	73
Figura 4.6 Stand en plazas comerciales	74
Figura 4.7 Alianza con tiendas distribuidoras material electrónica	75
Figura 4.8 Creación de sitios web	76

Figura 4.9 The GREEN Expo 2013	76
Figura 4.10 Ecofest	77
Figura 5.1 Proyección del costo instalado de Sistemas Fotovoltaicos	78
Figura 5.2 Composición típica de costos de inversión de Sistemas Fotovoltaicos	79

### **Índice de gráficos**

Gráfica 1.1 Estructura de energía primaria por tipo de energético	15
Gráfica 1.2. Evolución del suministro de energía primaria a nivel global (Millones de toneladas de petróleo equivalentes).	17
Gráfica 1.3. Desarrollo del consumo de energía primaria bajo el escenario de evolución energética.	18
Gráfica 1.4. Generación de electricidad a partir de energías renovables	18
Gráfica 1.5 Evolución de la capacidad de generación electricidad a partir de energías renovables en el periodo 2000- 2011 en el ámbito global.	20
Gráfica 1.6 Escenario del mercado anual global para el 2016.	21
Gráfica 1.7 Evolución de la capacidad instalada y generación de electricidad con sistemas FV en México	23
Gráfica 3.1.1 Ventas internas de energía eléctrica por entidad federativa MWh en el año 2013. Fuente: SIE con información de CFE	40
Gráfica 3.1.2 Ventas internas de energía eléctrica en MWh por tarifa	41
Gráfica 3.1.3 Ventas internas de energía eléctrica en MWh por tarifa	41
Gráfica 3.1.4 Evolución de los precios de la tarifa de electricidad en el periodo 2003-2013	42
Gráfica 3.1.5 Ventas internas de energía eléctrica anuales en el periodo 2000-2013 en el Sector Doméstico.	43
Gráfica 3.2.1 Consumo medio por tarifa (en kWh)	46
Gráfica 3.2.2 Factura por Tarifa (Centavos/kWh)	47
Gráfica 3.2.3 Factura por Tarifa (Pesos/kWh)	47

Gráfica 3.2.4 Facturación de Usuario Doméstico de alto Consumo (Tarifa DAC) en el año 2013	48
Gráfica 3.2.5 Facturación de Usuario Doméstico de alto Consumo (Tarifa DAC) en el periodo 2010-2013	48
Gráfica 3.3.2.1 Evolución de los contratos de Interconexión en Pequeña y mediana escala	54
Gráfica 3.3.2.2 Potencia instalada por tipo de energía	54
Gráfica 3.3.2.3 Evolución de la capacidad instalada a pequeña y mediana escala	55

## **Introducción**

De acuerdo con el Centro de Investigación para el Desarrollo (CIDAC) el país enfrenta una creciente presión energética, debido a que cada vez resulta más difícil satisfacer las necesidades energéticas de la sociedad a partir de fuentes fósiles de energía, en particular con hidrocarburos<sup>1</sup>.

En su informe Renovando el futuro energético de México refiere que tan sólo de 1971 a 2010, las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) aumentaron 330%, por ello urge elaborar políticas públicas específicas para su transición energética a través del impulso al desarrollo de energías renovables ya que no existe un plan de fomento de las energías renovables anclado a una política de desarrollo eco-eficiente que permita la transición energética del país hacia fuentes de energía más limpias, trayendo consigo efectos negativos como cambio climático en donde aproximadamente 1 de cada 5 mexicanos vive en municipios de alta vulnerabilidad a cambios climáticos.

De ahí la importancia de promover una mayor difusión de los beneficios y costos de las energías renovables para eliminar la asimetría existente entre potenciales usuarios y proveedores de las tecnologías; reducir la incertidumbre de los inversionistas respecto a la fiabilidad de las energías renovables; y, finalmente, promover el desarrollo de más productos financieros adecuados a las necesidades de cada proyecto; lo anterior para fomentar un desarrollo sustentable a través de la generación de electricidad a partir de energías renovables.

## **Planteamiento del proyecto**

En México el sector energético tiene gran relevancia ya que busca garantizar la sustentabilidad energética con el fin de incrementar la eficiencia y aprovechamiento de energías renovables<sup>2</sup> con una visión de largo plazo, por ello están incluidas en la política

---

<sup>1</sup> El CIDAC entiende la transición energética como la diversificación de la canasta energética que permita a México lograr un desarrollo sustentable, esto es, que le permita ejecutar sus actividades productivas sin detrimento al medio ambiente.

<sup>2</sup> De acuerdo con el Artículo 3o de la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento a la Transición Energética, las energías renovables son aquellas que utilizan energía aprovechable por la humanidad que se generan naturalmente, por lo que se encuentran disponibles de forma continua o periódica, y que se enumeran a continuación: a) el viento, b) radiación solar, en todas sus formas; c) el movimiento del agua en cauces naturales o artificiales; d) la energía oceánica en sus distintas formas: maremotriz, maremotérmica, de las olas, de las corrientes marinas y del gradiente de concentración de sal; e) el calor de los yacimientos geotérmicos; f) los bioenergéticos, que determine la Ley de Promoción

pública mexicana desde hace décadas, pero es la primera vez que ocupan un lugar importante en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018<sup>3</sup>, pues están explícitamente incluidas tanto en la agenda internacional como nacional del medio ambiente y desarrollo sustentable, siendo México, participante activo en temas como cambio climático y biodiversidad.

Sin embargo, el crecimiento económico del país sigue estrechamente vinculado a procesos de degradación ambiental<sup>4</sup>, lo que implica retos importantes para propiciar el crecimiento y desarrollo económico mexicano asegurando que los recursos naturales continúen proporcionando seguridad ambiental con el fin de garantizar el bienestar local, municipal, nacional y mundial.

Es así como el uso y suministro de energía son esenciales para las actividades productivas de la sociedad ya que su escasez derivaría en un obstáculo para el desarrollo del país, de ahí la importancia de satisfacer las necesidades energéticas de México, identificando de manera anticipada los requerimientos asociados al crecimiento económico<sup>5</sup>, por lo que se requiere un nuevo marco institucional que permita al Estado Mexicano aumentar su capacidad para producir energía de manera eficiente y barata, a fin de asegurar el abasto para la economía nacional.

Para efectos de este trabajo analizaremos lo referido al servicio de electricidad<sup>6</sup>, el cual se ha expandido y actualmente cubre alrededor del 98% de la población pero en el futuro con la incorporación de nuevos usuarios significará un reto para satisfacer las necesidades de energía eléctrica de la población y la planta productiva del país.

---

y Desarrollo de los bioenergéticos, y g) aquellas otras que, en su caso determine la Secretaría de Energía (Programa Sectorial de Energía 2013-2018, DOF, 2013.)

<sup>3</sup> El Plan Nacional de Desarrollo (PND) plantea como objetivo general llevar a México a su máximo potencial en un sentido amplio, considera el crecimiento económico, factores como el desarrollo humano, la igualdad sustantiva entre mujeres y hombres, la protección de los recursos naturales, la salud, educación, participación política y seguridad, como parte integral de la visión que se tiene para alcanzar dicho potencial (Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, DOF, 2013).

<sup>4</sup> La emisión de compuestos de efecto invernadero, generación excesiva de residuos sólidos contaminantes a la atmósfera, aguas residuales no tratadas y pérdida de bosques y selvas son algunos factores de degradación ambiental (SEMARNAP, 2011).

<sup>5</sup> En México, la producción de energía primaria registró una disminución promedio anual de 0.3% entre 2000 y 2011, mientras que el consumo de energía creció a un promedio anual de 2.1% en el mismo periodo. (INEGI, 2011).

<sup>6</sup> Electricidad: Es la energía transmitida por electrones en movimiento. Este rubro incluye la energía eléctrica generada por el Sistema Eléctrico Nacional (SEN), los Productores Independientes de Energía (PIE) y los autogeneradores.

En este sentido se requieren de tecnologías de generación de fuentes renovables de energía con el fin de enfrentar los retos en materia de diversificación y seguridad energética. Por ello en el Programa Sectorial de Energía 2013-2018 a través de la meta 4.6.2 que plantea “Asegurar el abastecimiento racional de energía eléctrica [a través de la utilización de fuentes de energías limpias y renovables, promoviendo la eficiencia energética y la responsabilidad social y ambiental] a lo largo del país” como se muestra en el siguiente cuadro.

**OBJETIVO 5: AMPLIAR LA UTILIZACIÓN DE FUENTES DE ENERGÍA LIMPIAS Y RENOVABLES, PROMOVRIENDO LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y LA RESPONSABILIDAD SOCIAL Y AMBIENTAL.**

ELEMENTO	CARACTERÍSTICAS
<b>Indicador:</b>	Participación de energías renovables y tecnologías limpias en capacidad instalada de generación de electricidad en el Sistema Eléctrico.
<b>Objetivo sectorial:</b>	Objetivo 5. Ampliar la utilización de fuentes de energías limpias y renovables, promoviendo la eficiencia energética y la responsabilidad social y ambiental, en el marco de la sustentabilidad.
<b>Descripción general:</b>	<p>Mide la participación de energías renovables y tecnologías limpias en la capacidad instalada de generación de electricidad en el Sistema Eléctrico Nacional. Se determina sumando el total de capacidad instalada de generación de electricidad con energías renovables y tecnologías limpias dividida por el total de capacidad instalada de generación.</p> $P_{CIL} = C_{Limpia} / C_{Total}$ <p>Dónde:  <math>P_{CIL}</math> : Participación de energías renovables y tecnologías limpias en capacidad instalada de generación de electricidad (%)  <math>C_{Limpia}</math> : Capacidad Instalada de Generación Eléctrica con Energías Renovables y Tecnologías Limpias (MW)  <math>C_{Total}</math> : Capacidad Instalada de Generación Eléctrica total (MW)</p>
<b>Observaciones:</b>	<p>El Sistema Eléctrico incluye al Servicio Público y el Autoabastecimiento Remoto.</p> <p>Se consideran Energías Renovables aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por la humanidad, que se regeneran naturalmente, por lo que se encuentran disponibles de forma continua o periódica: viento, radiación solar en todas sus formas, movimiento del agua en cauces naturales o artificiales, energía oceánica en sus distintas formas (maremotriz, maremotérmica, de las olas, de las corrientes marinas y del gradiente de concentración de sal), el calor de los yacimientos geotérmicos, bioenergéticos, aquellas otras que, en su caso, determine la Secretaría de Energía (LAERFTE).</p> <p>Se considera Tecnologías Limpias a la Energía Nuclear, la Cogeneración Eficiente, tecnologías de generación eléctrica con procesos de captura y secuestro de CO2 asociados, y aquellas otras que, en su caso, determine la Secretaría de Energía.</p>
<b>Periodicidad:</b>	Anual
<b>Fuente:</b>	CFE
<b>Referencias adicionales:</b>	Participación de energías renovables y tecnologías limpias en capacidad instalada de generación de electricidad en el Sistema Eléctrico
Línea base 2013 28.4%	Meta 2018 Mayor o igual a 34.6%

cuadro 1.1 Utilización de fuentes de energías limpias y renovables  
Fuente: Programa Sectorial de Energía 2013-2018, DOF, 2013.

De ahí la importancia del presente proyecto de energía solar<sup>7</sup> ya que con la implementación de tecnologías de conversión fotovoltaica<sup>8</sup> a través del efecto fotoeléctrico, la luz solar se convierte en electricidad sin usar ningún proceso intermedio.

### **Propósitos generales del proyecto**

- Promover el uso de tecnologías sustentables que utilizan energías renovables en México.
- Diseñar una propuesta de instalación de sistemas fotovoltaicos interconectados al sistema eléctrico nacional.
- Identificar el mercado potencial para promover sistemas fotovoltaicos.

### **Objetivos particulares del proyecto**

- Identificar las posibilidades para el desarrollo de un plan comercial para la venta de sistemas fotovoltaicos para espacios residenciales.
- Definir las características que impulsen la comercialización del proyecto, así como las vías de promoción de los sistemas fotovoltaicos.

### **Alcance del proyecto**

Este proyecto integra una mirada al uso de tecnologías sustentables que utilizan energías renovables, realizando un análisis de las posibilidades de mercado de los sistemas fotovoltaicos, identificando usuarios potenciales así como la forma en la que se podría diversificar comercialmente en el país.

---

<sup>7</sup> La energía solar es la energía que se produce en el Sol debido a la continua reacción termonuclear que en su interior se lleva a cabo a temperaturas de varios millones de grados. La reacción básica en el interior del Sol es la fusión nuclear en la cual cuatro protones (de hidrógeno) se combinan para formar un átomo de Helio; como consecuencia de ello, la masa “perdida” se convierte en energía en forma de radiación (energía electromagnética). Este proceso tienen lugar en el núcleo de la esfera solar para luego ser transferida a la superficie a través de una sucesión de procesos radiacionales y convectivos, incluidos los fenómenos de emisión, absorción y “re-radiación”; de tal manera que la energía solar que nos llega a la Tierra es radiada por el Sol, desde la parte más externa de la esfera solar llamada la fotosfera, a una razón de 66 MW/m<sup>2</sup>.

<sup>8</sup> Los dispositivos donde se lleva a cabo la transformación de luz solar en electricidad se llaman generadores fotovoltaicos y la unidad mínima en la que se realiza dicho efecto son las celdas solares, que al conectarse en serie y/o paralelo se forman los paneles fotovoltaicos.

Desde la concepción técnica hasta la distribución comercial del producto, se hace una propuesta para implementar sistemas fotovoltaicos particularmente en viviendas, planteando alternativas de solución a los desafíos energéticos que México enfrenta actualmente y poder optar por energías limpias y renovables.

### **Justificación del proyecto**

El cuidado del ambiente es un tema que preocupa y ocupa a todos los países. Las consecuencias de modelos de desarrollo, pasados y actuales, que no han tomado en cuenta al medio ambiente, se manifiestan problemas de orden mundial como lo es el cambio climático por ello el reto de promover y propiciar el desarrollo sustentable a través del uso eficiente energía renovable para bien de las futuras generaciones y en favor de la economía presente y futura.

México tiene un gran potencial no sólo para la generación de electricidad a partir de energías renovables, pero actualmente el uso de tecnologías para aprovecharla todavía se encuentra en una etapa de desarrollo, en particular para la energía solar fotovoltaica, cuyo desarrollo se centra principalmente en mejorar su eficiencia y garantizar un almacenamiento adecuado de la energía producida.

Por ello el presente proyecto sustenta el potencial de los sistemas de energía solar fotovoltaica (FV) mostrando su viabilidad en el ámbito de aplicación de casas-habitación que se encuentran interconectados con la Comisión Federal de Electricidad, planteando el ahorro hasta el 100% del consumo de energía de su actual recibo de luz. De esta manera se contribuyen al cuidado del medio ambiente, al desarrollo sustentable, asumiendo un compromiso fuerte y decidido de mitigar el deterioro medioambiental que está dañando al planeta.



## **Capítulo 1 Panorama general sobre energías renovables en el mundo y en México.**

A nivel mundial el aumento en la inversión en tecnologías renovables ha permitido el desarrollo de infraestructura en materia de generación de energía, su capacidad operativa y de producción de biocombustibles para el periodo 2006-2011 fue del 58% para fotovoltaica, 37% para la energía térmica solar concentrada 27% para biocombustibles, 26% para eólica, 17% para calentamiento solar, 17% para etanol, 3% para hidroeléctrica y 2% para geotérmica.

Sin embargo a pesar de que México posee alta viabilidad en materia de energías renovables, en su transición de producción energética sustentable debe promoverse a toda su población como usuarios potenciales.

### **1.1 Uso de tecnologías sustentables para el aprovechamiento de energías renovables.**

De acuerdo con el Banco Mundial, (2013), más de 1,200 millones de personas no tienen electricidad en todo el mundo. Otros 2,800 millones dependen de combustibles sólidos para cocinar, lo que provocó más de 3,5 millones de muertes prematuras debido a la contaminación al interior de los hogares en 2010.

Por ello en 2011 la Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó a 2012 “Año internacional de la energía sostenible para todos” a través de esta iniciativa de Energía Sostenible para Todos se plantea que a más tardar en el 2030 se duplique la cuota global de las energías renovables de 18 % a 36 %; se aceleren las mejoras en la eficiencia energética con el fin de garantizar el acceso a toda la población. De dicha iniciativa, un total de 77 países ha decidido participar y diversos organismos públicos, privados y no gubernamentales están apoyando su implementación, necesitando más del doble de las inversiones en energía existentes \$ 409 mil millones. Siendo necesario añadir al menos \$ 600 millones de dólares más cada año hasta 2030; \$ 45 mil millones para la expansión de la electricidad, \$ 4.4 mil millones en la cocina moderna, 394 mil millones dólares en la eficiencia energética y 174 mil millones dólares en energías renovables.

Durante los últimos 20 años el mundo ha logrado importantes avances en materia energética. De las ventajas de la electrificación se han beneficiado 1700 millones más de personas, sin embargo, el rápido crecimiento demográfico y económico durante los últimos 20 años ha diluido hasta cierto punto el impacto de estos avances.

Aunque es importante avanzar en todos los países, la consecución de los objetivos *globales* de la iniciativa Energía Sostenible para Todos dependerá esencialmente de los esfuerzos de ciertos *países de gran impacto* que tienen una relevancia especialmente elevada en el resultado total agregado. Dos grupos parcialmente coincidentes de 20 países de este tipo en Asia y África representan aproximadamente dos tercios del déficit global de electrificación y cuatro quintos de déficit global en el acceso a combustibles no sólidos (ver cuadro 1.2).

Déficit de acceso a electricidad (en millones)		Déficit de acceso a combustibles no sólidos (en millones)		Demanda de energía principal (en exajulios)	
India	Afganistán	India	Tanzania	China	Indonesia
Nigeria	Corea del Norte	China	Sudán	EE. UU.	Reino Unido
Bangladesh	Madagascar	Bangladesh	Kenya	Rusia	México
Etiopía	Filipinas	Indonesia	Uganda	India	Italia
Congo, R.D.	Pakistan	Nigeria	Afganistán	Japón	Arabia Saudita
Tanzania	Burkina Faso	Pakistan	Nepal	Alemania	Sudáfrica
Kenya	Níger	Etiopía	Mozambique	Brasil	Ucrania
Sudán	Indonesia	Congo, R.D.	Corea del Norte	Francia	España
Uganda	Malawi	Viet Nam	Ghana	Canadá	Australia
Myanmar		Filipinas		Corea del Sur	
Mozambique		Myanmar		Irán	

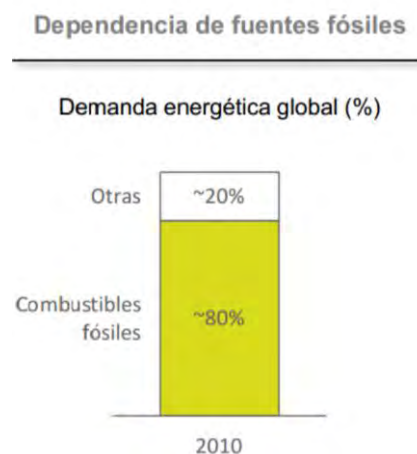
Cuadro 1.2. Resumen de países de gran impacto, 2010

Fuente: Resumen Ejecutivo del Marco de seguimiento global de la iniciativa energía sostenible para todos, 2013.

De ahí la importancia de que México tenga que aprovechar su potencial energético planteando una gran oportunidad para la sustentabilidad energética, que busca incrementar la eficiencia energética y el aprovechamiento de las energías renovables en México, con una visión de largo plazo.

Si bien a lo largo de la historia de la humanidad, se ha aprovechado la energía de la biomasa, la radiación solar directa, del viento, del movimiento del agua y de la geotermia de distintas maneras, es sólo es a partir de la revolución industrial cuando se comenzó a utilizar a gran escala la enorme cantidad de energía contenida principalmente en recursos no renovables: carbón, petróleo, gas natural y uranio. A la fecha, las fuentes no renovables de energía proporcionan el 87% de la oferta primaria de energía en el mundo, mientras que en nuestro país este porcentaje es de 89%<sup>9</sup>.

Es durante las últimas décadas que se ha dado a nivel mundial un proceso de transición hacia el uso de energías renovables, impulsado, por un lado, por la necesidad de garantizar el abasto de energía en países importadores de energía, sobre todo a partir de las crisis petroleras, y por el otro, por la cada vez mayor volatilidad de los precios de los combustibles, finalmente por la preocupación en el impactos ambiental de los sistemas energéticos en particular la lluvia ácida y, más recientemente, el cambio climático; de tal manera que este proceso de transición, impulsado por nuevas tecnologías y menores precios que son el resultado del desarrollo tecnológico e industrial, se ha acelerado desde finales de la década de los noventas en varios países del Mundo, entre los cuales resaltan Alemania, España, Dinamarca, Estados Unidos, Brasil, India y China.

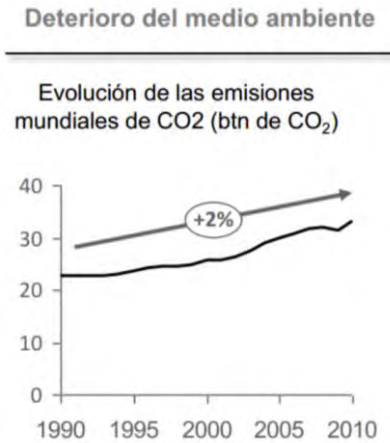


Cuadro 1.3 .Dependencia de fuentes fósiles  
Fuente: Secretaría de Energía, 2012.

---

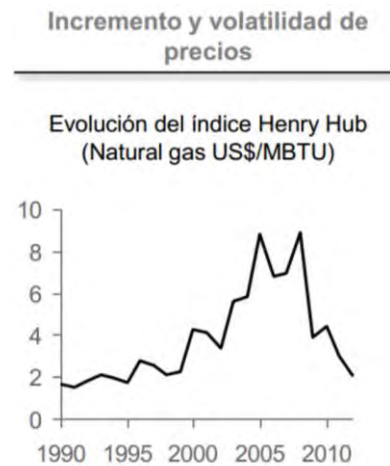
<sup>9</sup> Balance Nacional de Energía 2007. El 36% de la energía primaria renovable corresponde al uso de leña para cocción, en condiciones no sustentables.

El ~80% de la demanda de energía mundial se abastece con combustibles fósiles.  
El ~80% de la generación eléctrica en México proviene de combustibles fósiles.



Cuadro 1.4 Deterioro del medio ambiente  
Fuente: Secretaría de Energía, 2012.

Las emisiones globales de CO<sub>2</sub> aumentan desde 1990 a una Tasa Anual Compuesta de Crecimiento ~2%. La generación eléctrica es responsable del ~20% de las emisiones en México y el sector con mayor potencial de abatimiento.



Cuadro 1.5. Incremento y volatilidad de precios  
Fuente: Secretaría de Energía, 2012.

La volatilidad del precio del petróleo y del gas natural ha sido muy alta en los últimos años. Existe gran incertidumbre sobre la evolución futura de los precios; por ello a partir de una inversión anual aproximada de 40 mil millones de dólares en el año

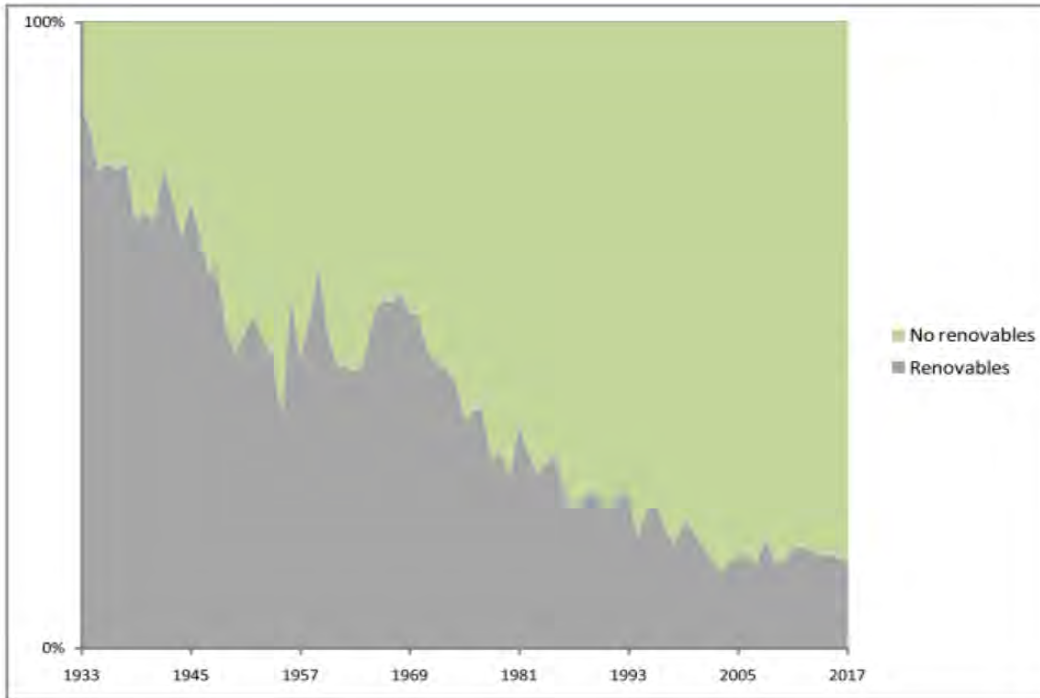
2005 y de 71 mil millones en el 2007, la capacidad instalada y la producción de energía se han disparado en estos últimos años (ver cuadro 1.6).

Aplicaciones	Fuentes / tecnologías	Capacidad Agregada en 2008 [GW]	Capacidad existente a finales de 2008 [GW]
Electricidad	Eoloeléctrica	27	121
	Solar fotovoltaica en red	5.4	13
	Concentración solar	0.06	0.5
	Grandes hidroeléctricas	25-30	860
	Pequeñas hidroeléctricas	6-8	85
	Bioenergía	2	52
	Geotermoeléctrica	0.4	10
Calor	Calentadores solares de agua	19	145
	Bioenergía	n/d	~250
	Geotermia	n/d	~50
Combustibles líquidos	Bioetanol	17	67
	Biodiesel	3	12

Cuadro 1.6 Desarrollo de las energías renovables en el mundo.  
Fuente: Red de Políticas de Energía Renovable para el siglo 21, 2013.

Como se puede observar, la capacidad eólica es un buen indicador de este rápido crecimiento. Mientras que en 1985, la capacidad mundial era de 1,020 MW (equivalentes a menos de la mitad de la central termoeléctrica de Tuxpan), para el 2008 rebasó los 120,000 MW (es decir, más del doble de la capacidad total de generación de electricidad en México).

Si bien en México, la energía hidráulica fue el principal motor de la industrialización en el siglo XIX. Ingenios azucareros y fábricas de hilados y tejidos con ruedas hidráulicas se multiplicaron en muchas regiones del país. En el último tercio del siglo, las ruedas se sustituyeron por turbinas hidráulicas, y comenzó la generación de electricidad con esta tecnología. La energía hidráulica siguió desempeñando un papel importante en la oferta interna de energía pero su participación decayó durante la primera mitad del siglo XX ante el gran crecimiento en la utilización de combustibles fósiles, impulsado entre otros factores por la disponibilidad de petrolíferos y de gas natural, en ese entonces baratos (véase 1.7).



Cuadro 1.7 Evolución de la participación de fuentes de energía en la generación de electricidad en México, 1933-2017

Fuente: Registros y prospectivas de la Secretaría de Energía.

De acuerdo con la Prospectiva del Sector Eléctrico, la tendencia decreciente en la participación relativa de las energías renovables en la matriz energética del servicio público continuará durante los próximos años. Sin embargo, si se toman en cuenta los proyectos de autoabastecimiento y cogeneración, la participación de las energías renovables aumentará en los próximos años.

## 1.2 Las energías renovables en México y el mundo.

Es importante acotar en el siguiente apartado, las tecnologías sustentables que se ocupan actualmente para el aprovechamiento de las energías renovables y su potencial en México. No se incluyen aquí las tecnologías que se encuentran todavía en una etapa de desarrollo, tales como las oceánicas.

### 1.2.1 Energía eólica

Las turbinas eólicas transforman la energía cinética del viento en energía mecánica, ya sea para mover directamente una máquina tal como una bomba de agua, o bien para impulsar un generador eléctrico.

Existen turbinas de muchos tamaños, desde unos 500 W, hasta más de 7 MW. Las de mayor tamaño están destinadas principalmente a granjas eólicas marinas. En el transcurso de las últimas dos décadas la tecnología de las turbinas eólicas ha avanzado radicalmente y sus costos se han reducido hasta hacerse competitivos con las tecnologías convencionales en contextos geográficos favorables.



Figura 1.1 Energía Eólica

### **1.2.2 Radiación solar para aplicaciones térmicas**

La radiación solar se aprovecha tradicionalmente para una gran variedad de aplicaciones térmicas tales como la calefacción o refrigeración pasiva de edificios, la producción de sal o el secado de ropa, grano, madera, pescado y carne, en magnitudes que no se han cuantificado. Existen asimismo diversas tecnologías comerciales para el calentamiento de agua u otros fluidos o bien para refrigeración. No se abarcan aquí las tecnologías de refrigeración solar dado que no han alcanzado todavía una etapa de difusión comercial.

La principal tecnología para el aprovechamiento térmico de la radiación solar es el calentador solar de agua los cuales se dividen principalmente en dos tipos: colectores solares planos y tubos evacuados. Los primeros constan a menudo de una placa metálica que recibe la radiación y que está soldada a tubos por los que circula el agua, todo colocado dentro de una caja cuya parte superior es de vidrio o de algún otro material transparente. Hay también colectores de bajo costo con tubos

de plástico, que se usan para aplicaciones que requieren temperaturas menores, tales como el calentamiento de agua para albercas.



Figura 1.2 Calentador solar

### 1.2.3 Bioenergía

La bioenergía en sus distintas formas se puede aprovechar en aplicaciones térmicas, para la generación de electricidad o para la producción de biocombustibles líquidos para transporte. Por lo que se refiere a las aplicaciones térmicas, las tecnologías más usadas en México son los fogones tradicionales de leña, utilizados para cocción y para calefacción en viviendas rurales y de pequeñas ciudades. Asimismo, la leña se utiliza en microempresas y en pequeñas industrias para la producción de cerámica, ladrillos, pan y otros productos. En las últimas décadas se han desarrollado distintos modelos de estufas y hornos de leña mejorados con el fin de reducir los impactos en la salud que provoca el humo de los fogones tradicionales, así como reducir el consumo de leña.



Figura 1.3 Fogón tradicional

### 1.2.4 Geotermia



La geotermia o calor de la corteza terrestre se puede utilizar para generar electricidad o bien para aplicaciones térmicas como calefacción de interiores, balnearios y procesos industriales o agroindustriales.

Existen cinco tipos de recursos geotérmicos, y cada uno está asociado con tecnologías específicas para su aprovechamiento: (a) hidrotermales, (b) roca seca caliente, (c) geopresurizados, (d) marinos y (e) magmáticos. Los primeros son los que se explotan actualmente en México y en otros países, mientras que los otros cuatro se encuentran en proceso de investigación y desarrollo.

Los recursos hidrotermales se dividen a su vez en recursos de alta entalpía y de baja entalpía. Los primeros se pueden utilizar para la generación de electricidad, mientras que los segundos se utilizan normalmente sólo para aplicaciones térmicas.



Figura 1.4 Energía Hidrotermal

### **1.2.5 Radiación solar para generación de electricidad**

Existen dos tecnologías para la generación de electricidad a partir de radiación solar: la concentración solar y la fotovoltaica.

Las centrales de concentración solar, la radiación solar calienta un fluido, que a su vez mueve una máquina térmica y un generador eléctrico. El calentamiento del fluido se hace por lo general por medio de dispositivos ópticos que concentran la radiación solar, logrando altas temperaturas, del mismo modo en que con una lupa se puede quemar un pedazo de papel. Una de las versiones de esta tecnología consiste en espejos parabólicos que concentran la radiación solar en un tubo en el cual circula un fluido mientras que en la otra versión un conjunto de espejos concentran la radiación en una torre denominada torre solar.

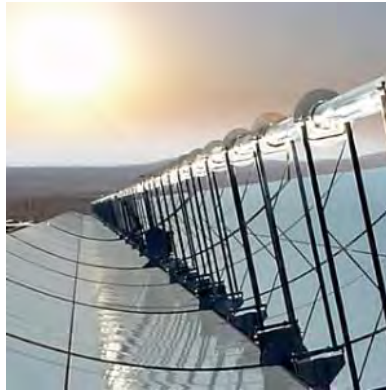
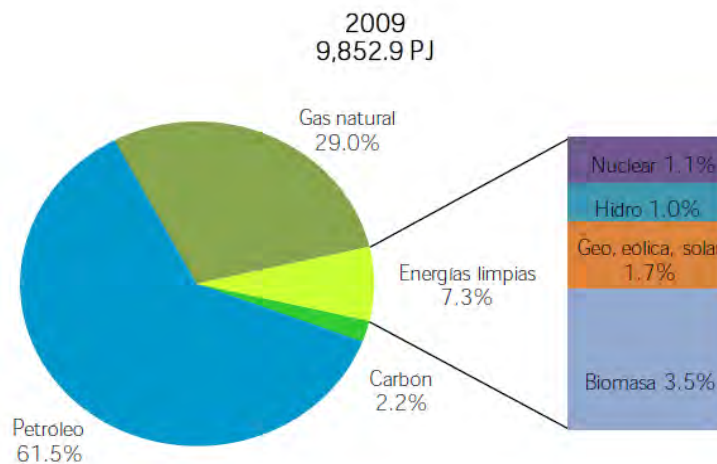


Figura 1.5 Espejos Parabólicos

Las celdas fotovoltaicas -motivo de este proyecto-, se desarrollarán con mayor profundidad en el próximo capítulo, transforman directamente la radiación solar en electricidad, por medio de un fenómeno físico denominado efecto fotovoltaico. Las celdas fotovoltaicas se pueden utilizar en conexión con la red eléctrica, o bien en sitios aislados, por medio de sistemas que incluyen baterías.

Con la Estrategia Nacional para la Transición Energética y el aprovechamiento sustentable de la Energía, (2011), la participación de las energías limpias<sup>10</sup> (hidroenergía, geoenergía, energía eólica, energía solar, bagazo de caña y leña) representa el 7.3% de la energía primaria en 2009. La energía solar junto con las energías eólica y geotérmica aporta el 1.7%, como se ilustra en la gráfica 1.1.



<sup>10</sup> La energía limpia es un sistema de producción de energía con exclusión de cualquier contaminación o la gestión mediante la que nos deshacemos de todos los residuos peligrosos para nuestro planeta, no generan residuos, utiliza fuentes naturales tales como el viento, el agua, la energía solar.

Gráfica 1.1 Estructura de energía primaria por tipo de energético  
Fuente: Balance Nacional de Energía 2009, SENER.

Así también, en el siguiente cuadro se puede observar cómo ha evolucionado la explotación de las energías renovables en el periodo 2005-2009.

En el caso de la energía solar fotovoltaica, la capacidad instalada muestra un aumento superior del 100% en 2009 respecto al 2008.

Fuente	Características	2005	2006	2007	2008	2009
Radiación Solar	<b>Calentadores solares planos</b>					
	Instalado en dicho año (miles de m <sup>2</sup> )	100.3	96.7	154.3	165.6	233.3
	Total Instalado (miles de m <sup>2</sup> )	743	839.7	994	1,159.60	1,392.90
	Generación (PJ)	3.507	3.913	4.525	5.584	6.71
	<b>Módulos fotovoltaicos</b>					
	Instalado en dicho año (kW)	515	1,056	901	872	5,712
	Total Instalado (kW)	16,577	17,633	18,534	19,406	25,118
Generación (PJ)	0.0327	0.0347	0.0319	0.0334	0.0429	
Viento	Instalado en dicho año (kW)	5	8	12	85,000	500,000
	Total Instalado (kW)	2,542	2,550	2,562	2,562	502,562
	Generación (PJ)	0.0321	0.0322	0.0323	0.032	6.34
Aerobombas de agua	Instalado en dicho año (kW)	4	5	7	7	7
	Total Instalado (kW)	2,176	2,181	2,188	2,195	2,202
	Generación (PJ)	0.0172	0.0172	0.0172	0.0173	0.0174
Biomasa	<b>Motogeneradores a biogás</b>					
	Instalado en dicho año (kW)				10,900	9,600
	Total Instalado (kW)				34,420	44,020
Generación (PJ)				0.82	0.95	

Cuadro 1.8 Aprovechamiento de las fuentes renovables de energía  
Fuente: Asociación Nacional de Energía Solar,

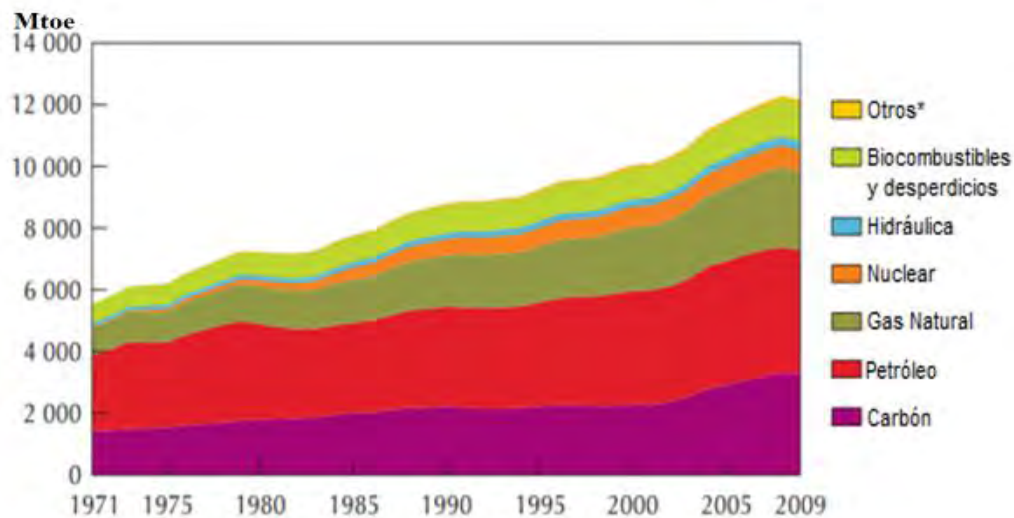
### 1.3 Uso de Energía solar fotovoltaica para la generación de electricidad en el mundo y en México.

En 2012 la capacidad total instalada para la generación de energía eléctrica con energía renovable (ER) alcanzó un total de 1,471 GW, de los cuales el 67% fue aportado por centrales de energía hidráulica y el 19% por parques eólicos.

De acuerdo con la Perspectiva global de la Energía, 2013, la electricidad generada por energía renovada (ER) representó aproximadamente un 26% de la generación total de energía eléctrica global (5,640 GW). Algunos de los factores que han impulsado la industria de ER, en especial en los nichos de energía eólica y solar, han sido: el avance tecnológico, la disminución de costos en tecnologías, la promoción de los gobiernos para el desarrollo sustentable, entre otros factores.

En 2011 Alemania lidera en la capacidad de instalación acumulada de celdas fotovoltaicas, Estados Unidos lidera en capacidad instalada de energía geotérmica y biomasa, y China lidera en energía eólica (Departamento de energía EEUU, 2013).

En la gráfica 1.2 se muestra la evolución histórica de las energías renovables, mostrando una tendencia en aumento sobre el uso de éstas.

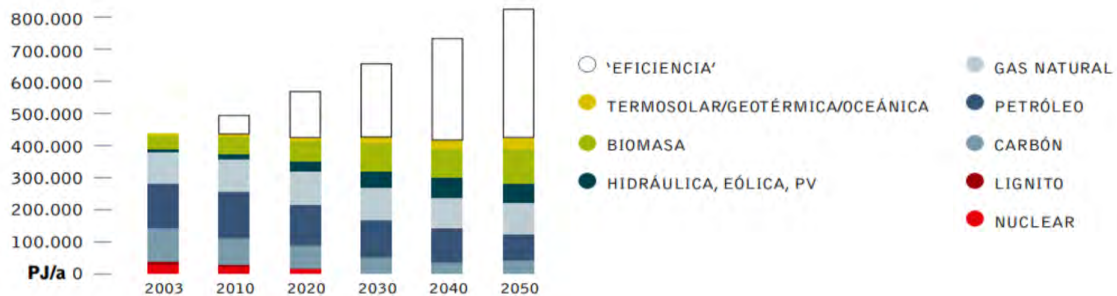


Gráfica 1.2 Evolución del suministro de energía primaria a nivel global (Millones de toneladas de petróleo equivalentes).

Fuente: Laboratorio Nacional de Energías renovables, 2013.

A pesar del gran crecimiento del uso de la energía solar, se observa que la participación de esta energía en comparación con las otras aún es muy inferior, quedando opacada por otras fuentes como son biomasa, energía hidráulica, y energía eólica. Sólo una pequeña porción de la energía solar es utilizada.

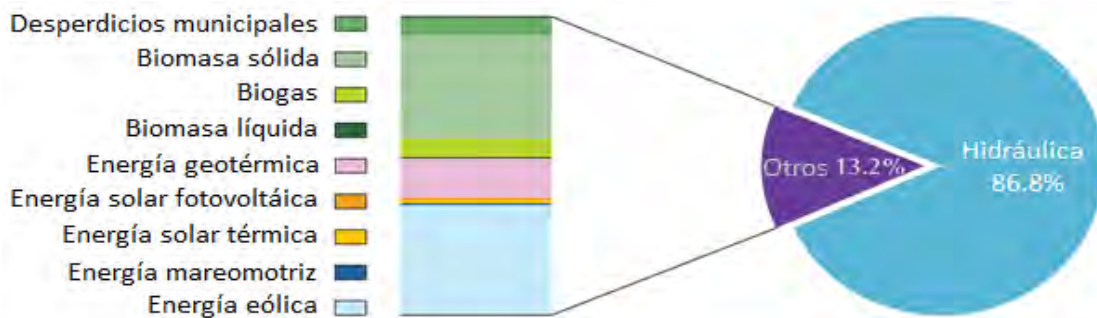
Sin embargo, se estima que para el año dos mil cincuenta la mitad de la demanda de energía primaria será cubierta por fuentes de energía renovable como se muestra en la gráfica 1.3.



Gráfica 1.3. Desarrollo del consumo de energía primaria bajo el escenario de evolución energética  
Fuente: Laboratorio Nacional de Energías renovables, 2013.

Con el fin de lograr un crecimiento atractivo desde el punto de vista económico de las fuentes de energía renovable, resulta de gran importancia una oportuna movilización equilibrada de todas las tecnologías renovables, algo que depende de potenciales técnicos, potenciales de reducción de costos y madurez tecnológica.

Sin embargo, en la Gráfica 1.4 observamos que para el 2007 la energía fotovoltaica aún no está totalmente explotada pese a la gran disponibilidad de esta energía.



Gráfica 1.4. Generación de electricidad a partir de energías renovables  
Fuente: Perspectivas tecnológicas de Energías renovables, 2011.

Para 2035 se pronostica que la capacidad instalada para la generación de electricidad con fuentes renovables será de 3,437 GW, lo que representará el 40% del total del sistema eléctrico mundial, siendo la energía hidráulica y eólica las principales fuentes de generación de electricidad como se observa en el siguiente cuadro.

	ELECTRICIDAD (TWH)		
	2010	2020	2035
<b>Generación de electricidad</b>	<b>4,206</b>	<b>7,443</b>	<b>15,293</b>
Bioenergía	331	750	2,033
Hidráulica	3,431	4,658	6,263
Eólica	342	1,442	4,281
Geotérmica	68	150	449
Solar fotovoltaica	32	376	1,371
Solar de alta concentración	2	51	815
Mareomotriz	1	6	82
<b>Participación en la generación total</b>	<b>20%</b>	<b>28%</b>	<b>48%</b>
Demanda de calor (Mtoe)	337	461	715
Industria	207	263	345
Edificios y agricultura	131	198	370
<b>Participación en la generación total</b>	<b>10%</b>	<b>13%</b>	<b>19%</b>
Biocombustibles (mboe/d)	1.3	2.8	8.2
Transporte terrestre	1.3	2.8	6.8
Aviación	-	-	0.8
Otras	-	-	0.6
<b>Participación en el transporte total</b>	<b>2%</b>	<b>5%</b>	<b>14%</b>

Cuadro 1.9. Participación de las fuentes renovables por tipo de uso.  
Fuente: Perspectiva global de la energía, 2012.

Con relación al consumo de electricidad generada por fuentes renovables hubo un crecimiento el mundo de un 8% de 2009 a 2010. En este último año, se alcanzó un total de 4,154 terawatt hora (TWh), lo que representa 22% de participación en el consumo total de energía eléctrica global. Las regiones que lideran en el consumo de ER son Asia-Pacífico, Norteamérica y Europa como se muestra en el cuadro 1.9.

REGIÓN	CONSUMO 2010 TWH	CRECIMIENTO 2009-2010	PARTICIPACIÓN
Asia Pacífico	1,254	15%	30%
América del Norte	841	1%	20%
Europa	948	12%	23%
Centro y Sudamérica	736	2%	18%
Resto del Mundo	375	4%	9%
<b>Total</b>	<b>4,154</b>	<b>8%</b>	<b>100%</b>

Cuadro 1.10. Consumo de energía eléctrica por región generada con fuentes renovables  
Fuente: Administración de la Información de la Energía, EEUU.

En la última década la tecnología fotovoltaica ha demostrado un crecimiento impresionante, y aún se espera que siga aumentando a partir de la toma de conciencia de sus ventajas, proyectando esta tecnología como uno de los recursos mayores para generar electricidad en el mundo.



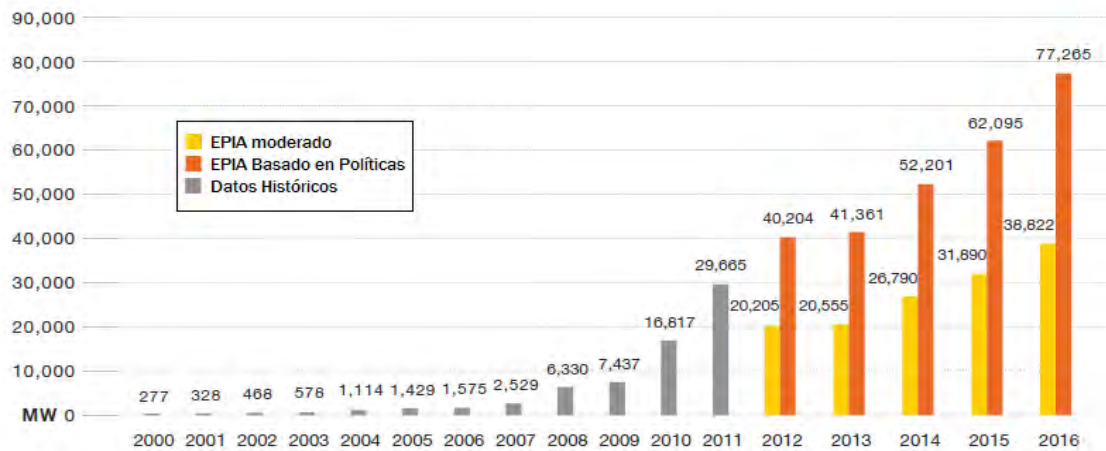
Gráfica 1.5. Evolución de la capacidad de generación eléctrica a partir de energías renovables en el periodo 2000- 2011 en el ámbito global.

Fuente: Laboratorio Nacional de Energías renovables, 2013.

Como se aprecia la capacidad instalada de energía generada por celdas fotovoltaicas ha aumentado a lo largo del periodo 2000 - 2011.

Para complementar esta información la Asociación Europea de la Industria Fotovoltaica, (2012), hace un pronóstico del mercado global anual hasta el 2016 contemplando un escenario moderado y uno basado en políticas globales.

Como se muestra en la gráfica 1.5 podemos observar un aumento positivo que favorece el crecimiento del mercado el cual está condicionado al costo de los paneles así como de las políticas que promuevan el uso de esta tecnología impulsadas por los gobiernos de las naciones involucradas.



Gráfica 1.6. Escenario del mercado anual global para el 2016.  
Fuente: Asociación Europea de la industria fotovoltaica, 2012

Podemos predecir que esta tecnología seguirá ganando participación de mercado en países donde existen incentivos financieros respaldados por el gobierno, sin embargo, en México el costo de la energía eléctrica producida con paneles solares es demasiado alto debido a que los componentes de los paneles son caros y la eficiencia de conversión de la energía solar en electricidad es muy baja.

Se espera que el sector de energías renovables siga creciendo en los siguientes años, especialmente la industria de equipo solar y eólico. Las tecnologías seguirán presentando una disminución en los costos de producción debido al aceleramiento del progreso tecnológico y al crecimiento en la manufactura de equipo verde.

Pais	Bio-masa	Solar fotovoltaica	Solar (Calentación y enfriamiento)	Eólica	Geotérmica	Mini-hidráulica	Solar alta concentración	Total
<b>Miles de Trabajos</b>								
China	380	300	800	267	--	--	--	1,747
Unión Europea	454	312	32	270	51	24	36	1,179
Brasil	804	--	--	29	--	--	--	833
Estados Unidos	369	90	12	81	35	8	17	612
India	178	112	41	48	--	12	0	391
Alemania	130	88	11	118	14	7	2	370
España	44	12	1	28	0	2	34	121
<b>Mundo</b>	<b>2,398</b>	<b>1,360</b>	<b>892</b>	<b>753</b>	<b>180</b>	<b>109</b>	<b>53</b>	<b>5,745</b>

Cuadro 1.11. Empleos directos e indirectos en el sector de energía renovable a nivel mundial por industria, 2013.

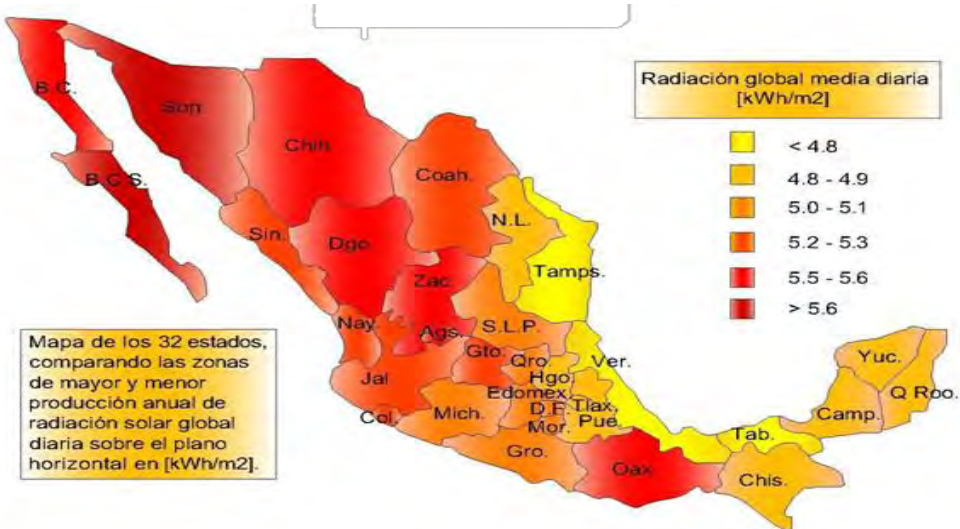
Fuente: Reporte del estatus global de energías renovables, 2012



Cabe resaltar otro dato significativo que se considera en el presente proyecto referido a la generación de empleo, ya que un estimado de 5.7 millones de personas trabajan actualmente de forma directa o indirecta en el sector de ER, de los cuales más del 64% se encuentran concentrados en 5 países, liderados por China y Estados Unidos. Los sectores de biomasa y solar fotovoltaico generaron en 2012 el 65% del total de empleos a nivel mundial como se observa en el cuadro 1.11. Como consecuencia del impulso que ha recibido la industria, se ha incrementado de manera significativa la inversión en la investigación y desarrollo con el fin de reducir costos para desarrollar equipos de energía solar fotovoltaica.

**1.4 Situación actual en México de la energía solar fotovoltaica**

La energía solar en México, en particular los sistemas fotovoltaicos, cuenta con un diagnóstico muy positivo dado que el país cuenta con niveles privilegiados de irradiación con un promedio de 5 kWh/m<sup>2</sup>, es decir, lo equivalente a 33 focos ahorradores de 30 W encendidos durante cinco horas, y uno de los más altos del mundo.



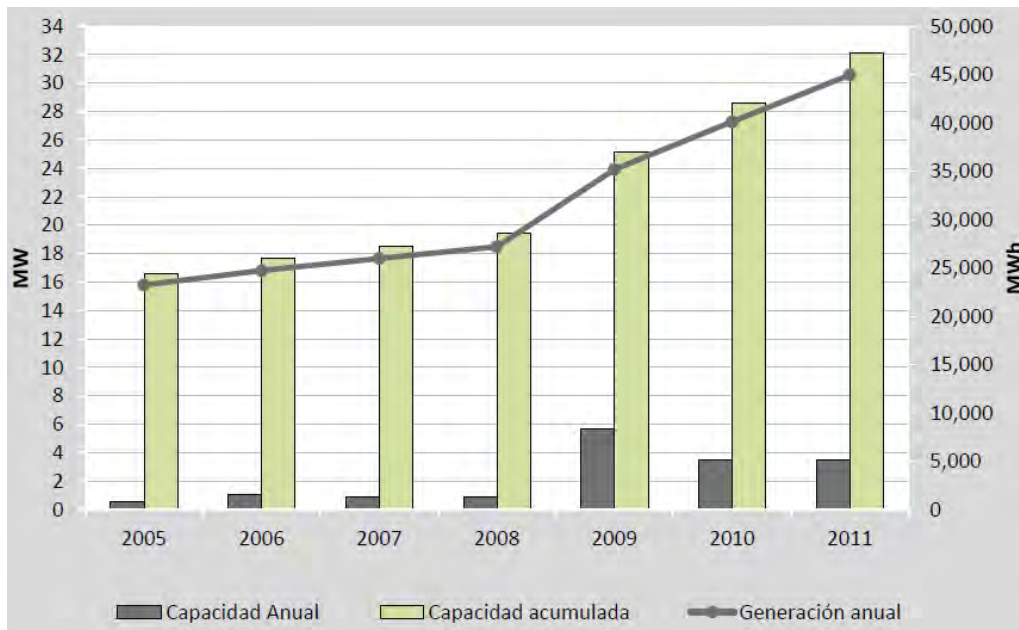
Cuadro 1.12 Niveles de Radiación en la República Mexicana  
Fuente: Corporativo de ventas energía eléctrica, PESCO, 2011.

Para darse una idea del gran potencial de la energía fotovoltaica y su aplicación en México, se puede calcular el área necesaria para cubrir la demanda de energía eléctrica nacional que se reporta en 2012, obteniendo que se necesita tan sólo del

0.055% del territorio nacional para satisfacer dicha demanda de tal manera que el área de los techos puede aprovecharse (Anexo 1).

En un inicio, los sistemas fotovoltaicos instalados en México hasta 2006 eran de tipo aislado y se aplicaban para proyectos de electrificación rural, comunicaciones, señalamientos, bombeo de agua y refrigeración y es el año 2007 cuando se registran por primera vez aplicaciones conectadas a la red eléctrica; consecuentemente en el año 2010, de los 3.5 MWp instalados en ese año, alrededor del 94% fueron sistemas conectados a la red eléctrica.

En la siguiente gráfica se muestra la capacidad anual instalada (sistemas aislados y conectados a la red) en el periodo 2005 – 2010. En términos acumulados, la capacidad aumentó de 16.5 MWp a 28.62 MWp. Respecto a la generación anual de electricidad, esta aumentó de 23,235 MWh en el año 2005 a 40,115 MWh en el año 2010.



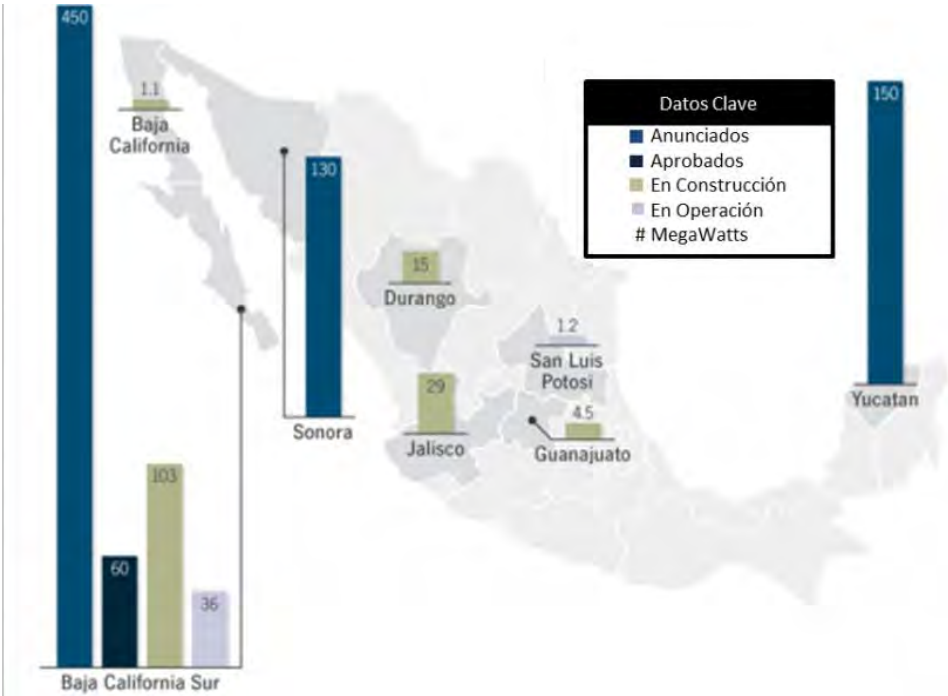
Gráfica 1.7 Evolución de la capacidad instalada y generación de electricidad con sistemas FV en México

Fuente: Secretaría de Energía, 2012.

Por otro lado con el Programa de Fomento de Sistemas Fotovoltaicos en México, (2012), se presenta un análisis realizado por *Greentech Media* en 2011, y México representa el mercado de energía solar más atractivo a corto plazo.

La capacidad instalada de energía solar en México se cuadruplicará de 60 MW a 240 MW en 2014, impulsado por los proyectos aprobados en el marco del Programa de Pequeños Productores de Energía, la fuerte demanda de viviendas, y proyectos de autoabastecimiento para clientes comerciales, industriales y agrícolas.

Actualmente existen 219 MW de utilidad de proyectos fotovoltaicos en construcción en todos los estados de México, de los cuales cerca de la mitad son en Baja California Sur. Estados con un crecimiento a futuro son Yucatán y Sonora, que han anunciado un total de 280 MW de proyectos fotovoltaicos.



Cuadro 1.13. Utilidad del Mercado Fotovoltaico en México  
Fuente: Secretaría de Energía, 2012.

**1.5 Marco Legal, regulatorio y normativo**

Actualmente México cuenta con instrumentos legales y regulatorios que permiten el aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica en conexión a la red:

- Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE, 2008) y su reglamento. Esta Ley se publicó en 2008 en el Diario Oficial de la Federación. Su propósito es regular el aprovechamiento de las energías renovables para la generación de electricidad “con fines distintos a la prestación del servicio público”. De esta ley deriva el

reglamento que incluye aspectos más específicos para la remuneración de proyectos de energía renovable.

- Contrato de Interconexión para Fuente de Energía Renovable o Sistema de Cogeneración en Pequeña y Mediana Escala. En este se establecen los derechos y obligaciones de un usuario que interconecta una fuente de energía renovable al Sistema Eléctrico Nacional. Estos contratos de interconexión se basan en el principio de “medición neta”. De esta forma, cuando el usuario inyecta energía el medidor de luz gira en sentido inverso. Al final del período de facturación, este último sólo paga por su consumo neto el cual resulta del total de energía eléctrica consumida menos el total de energía eléctrica generada por la fuente de energía renovable. En el caso de pequeña escala es posible conectar un sistema FV a la red eléctrica de CFE en tensiones inferiores a 1 kV y hasta con una capacidad de 30 kW. En el caso de mediana escala, el principio es el mismo, solo que se permite entregar la energía asociada hasta una capacidad máxima de 500 kW y en tensiones que no sean mayores a 69 kV.
- Contrato de Interconexión para Fuente Colectiva de Energía Renovable o Sistema Colectivo de Cogeneración en Pequeña Escala (será publicado por la CRE). A este tipo de contrato aplica todo lo relacionado a generación en Pequeña Escala descrita en el párrafo anterior. Con la característica de que la fuente colectiva de generación de energía eléctrica le pertenece a un grupo de generadores. Además la energía generada por la fuente colectiva. Es dividida, para efectos de facturación, entre los dueños dependiendo del porcentaje en la inversión realiza por cada uno de los dueños.

Además la Comisión de Regulación de Energía (CRE) y la Comisión Federal de Electricidad (CFE) han desarrollado un marco normativo que deben seguirse en la instalación de Sistemas Solares Fotovoltaicos interconectados a la red, ya que los sistemas fotovoltaicos pueden disminuir o dejar de generar electricidad de forma repentina, por ejemplo, en días parcialmente nublados:

- ESPECIFICACIÓN CFE G0100-04 (Especificaciones de interconexión a la red en baja tensión de sistemas fotovoltaicos con capacidad hasta 30kW)
- Anexos al Contrato de Interconexión en Mediana Escala:

Características de los equipos de medición y comunicación (Anexo E-RMT) y  
Requisitos técnicos para la interconexión (Anexo ERD-T).

- Reglas Generales de Interconexión al SEN para generadores o permisionarios con fuentes de energías renovables o cogeneración eficiente (publicadas en el D.O.F. por la CRE, el 22 de mayo de 2012).
- NORMA ELECTRICA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE-2012: Instalaciones eléctricas (utilización). (Reglamento de instalaciones en México).

## **Capítulo 2. Generalidades de la Tecnología Solar**

Como hemos venido presentando, el aprovechamiento de la energía solar requiere de la utilización de dispositivos que capten la energía proveniente del sol y la transformen en otra forma de energía compatible con la demanda que se pretende satisfacer y una de las alternativas posibles para realizar estas transformaciones es la conversión fotovoltaica. Esta tecnología fotovoltaica busca convertir directamente la radiación solar en electricidad. Basada en el efecto fotoeléctrico, en el proceso emplea unos dispositivos denominados celdas fotovoltaicas, los cuales son semiconductores sensibles a la luz solar; de manera que cuando se expone a esta, se produce en la celda una circulación de corriente eléctrica entre sus dos caras. Los componentes de una sistema fotovoltaico dependen del tipo de aplicación que se considera (conectada o no a la red) y de las características de la instalación. Una instalación fotovoltaica aislada está formada por los equipos destinados a producir, regular, acumular y transformar la energía eléctrica.

### **2.1 Componentes**

#### **2.1.1 Celdas Solares**

La luz solar está compuesta de partículas llamadas fotones que contienen diversas cantidades de energía correspondientes a las diferentes longitudes de onda del espectro solar. Cuando los fotones golpean una celda fotovoltaica, éstos pueden ser reflejados, absorbidos, o pueden pasar a través de ésta. Sólo los fotones absorbidos generan electricidad. Cuando esto sucede, la energía del fotón es transferida al electrón de un átomo liberándose de su posición normal y convirtiéndose en parte de la corriente en un circuito eléctrico. Los electrones al dejar su posición actual van dejando “huecos”.

Las celdas solares están hechas de materiales semiconductores, como el silicio, el segundo elemento más común en la Tierra. Una ventaja de los semiconductores es que se puede modificar su conductividad al introducir impurezas en su red cristalina. De esta manera el silicón que contiene 4 electrones de valencia puede aumentar su conductividad, a este proceso se le conoce como dopaje. En un lado de la celda se

utiliza como impureza el fósforo con 5 átomos de valencia (capa-N) que dona sus electrones débilmente unidos al silicio creando exceso de carga negativa. Del otro lado se agregan átomos de boro con 3 electrones de valencia (capa-P) estableciendo una mayor afinidad hacia los electrones. Al estar en contacto la superficie de ambas capas (unión PN) los electrones en exceso de la capa-N fluyen hacia la capa-P y los huecos se dirigen a la capa-N estableciendo un campo eléctrico y evitando que las cargas sigan difundándose. (Ver figura 2.1)

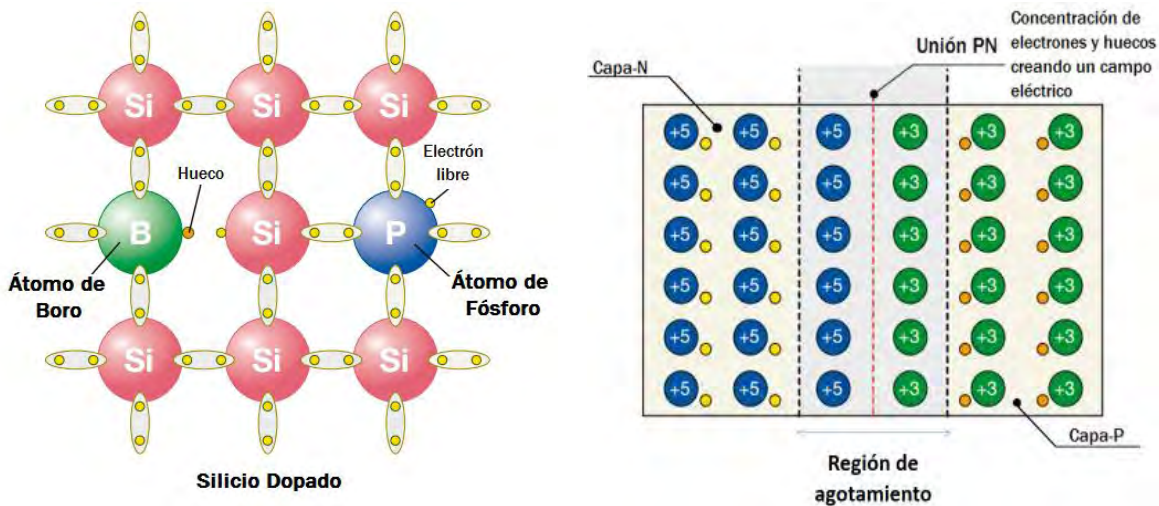


Figura 2.1. Estructura cristalina de Silicio Dopado y efecto de la unión PN

Al aplicar un voltaje externo la unión PN permite que el flujo de electrones fluya en una sola dirección. Cuando la celda es expuesta a la luz solar se generan parejas electrón-hueco en la región N y en la región P. El campo eléctrico interno permite que los electrones en exceso se separen de los huecos y los empuja en direcciones opuestas en relación uno de otro. En consecuencia, una vez que los electrones dejan la zona de agotamiento, éstos no pueden regresar ya que el campo se los impide (Ver figura 2.2).

Una celda bajo condiciones estándares de operación ( $1 \text{ W/m}^2$  de radiación a una temperatura de  $25^\circ\text{C}$ ) genera una corriente aproximada de 3A con un voltaje de 0.5V y una potencia pico  $1.5\text{-}1.7\text{Wp}^{11}$ .

<sup>11</sup> Wp-Watt-peak, unidad para expresar potencia nominal.

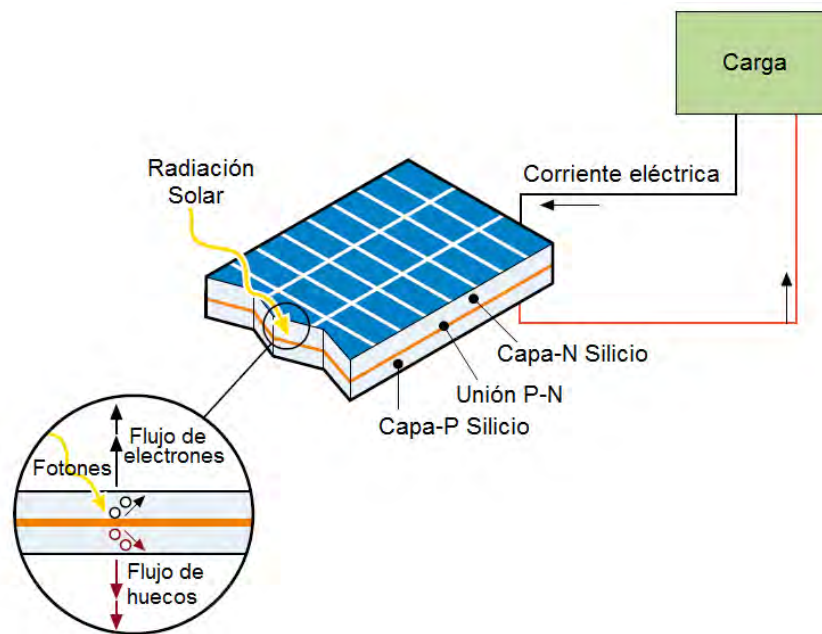


Figura 2.2. Funcionamiento de una celda fotovoltaica

### 2.1.2 Paneles Solares

Los paneles solares están constituidos por celdas fotovoltaicas, la configuración más común incluye 36 celdas en 4 filas paralelas conectadas en serie, con una superficie de 0.5 a 1 m<sup>2</sup>. Las celdas están encapsuladas en un sistema ensamblado que las aisle eléctricamente del exterior, las proteja contra las condiciones atmosféricas adversas y tensiones mecánicas, que resista los rayos UV a bajas temperaturas, cambios bruscos de temperatura, abrasión y que disipe el calor pues éste interfiere en el rendimiento de la celda. Dicho ensamble se realiza de la siguiente manera:

- Vidrio templado, el cual es transparente y permite el paso de la luz;
- Etilvinilacetato, material que evita el contacto entre las celdas y el vidrio, aislando eléctricamente la celda del resto de los otros módulos;
- Soporte de vidrio, metal o plástico al reverso del panel;
- Marco de metal, generalmente hecho de aluminio (Ver figura 2.3).



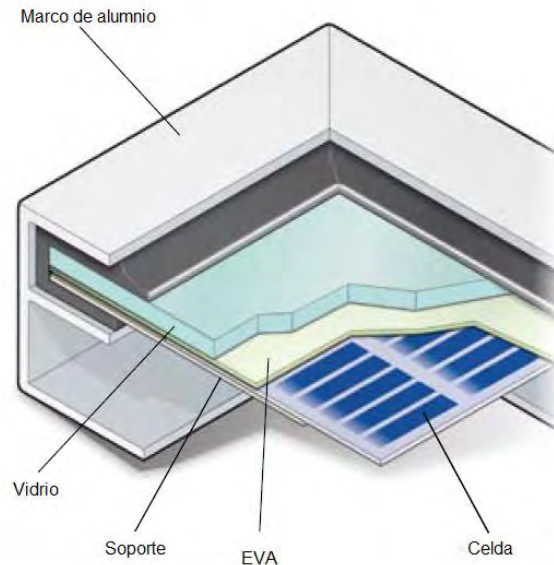


Figura 2.3. Ensamble de un panel fotovoltaico

Hoy en día el mercado está dominado por la tecnología de silicio cristalino, que representa alrededor del 90% de la misma. Este tipo de tecnología es conveniente en términos de rendimiento y de costos de fabricación. Probablemente continuará dominando el mercado en el corto-medio plazo.

### 2.1.2.1 Tipos de Paneles

#### 2.1.2.1.1 Paneles de Silicio monocristalino

Fabricado con cristales homogéneos hechos de silicio cristalino de alta pureza. El lingote de silicio monocristalino tiene forma cilíndrica, 13-20 cm de diámetro y 200 cm de longitud, y se obtiene por el crecimiento de un cristal filiforme en rotación lenta. Después, este cilindro se corta en obleas de 200 a 250 micras de espesor y la superficie superior es tratada para obtener "microsurcos" diseñadas para minimizar las pérdidas por reflexión. La principal ventaja de estas celdas es la eficiencia (14 a 17%), junto con una alta duración y sustento de las características. El costo de estos módulos es de aproximadamente 20 pesos mexicanos por watt ( $\$/W$ )<sup>12</sup> y los paneles fabricados con esta tecnología se caracteriza generalmente por un color homogéneo azul oscuro.

<sup>12</sup> El costo aproximado se calculó a partir de los costos del mercado en México.



Figura 2.4 Panel Fotovoltaico monocristalino

#### 2.1.2.1.2 Paneles de Silicio policristalino.

Los cristales que constituyen este tipo de celdas se unen tomando diferentes formas y direcciones. De hecho las coloraciones que típicamente presentan los paneles de silicio policristalino son causadas por la diferente dirección de los cristales y en consecuencia presentan un comportamiento diferente con respecto a la luz. El lingote de silicio policristalino se obtiene por fusión y fundición del silicio en un molde con forma de paralelepípedo. Las obleas así obtenidos son de forma cuadrada y tienen estrías típicas de 180-300 micras de espesor.

La eficiencia es menor en comparación con el silicio monocristalino (12 a 14%), así como el costo de 19 pesos mexicanos aproximadamente por watt (\$/ W). De todos modos la duración es larga (comparable a la de silicio monocristalino) y el rendimiento se mantiene a lo largo del tiempo (85% de la eficiencia inicial después de 20 años). Las celdas elaboradas con dicha tecnología se pueden reconocer por el aspecto de la superficie donde los granos de cristal son muy visibles.



Figura 2.5. Panel fotovoltaico policristalino

#### 2.1.2.1.3 Paneles de capa delgada

Estos paneles están compuestos de mezclas de gases depositados sobre soportes como vidrio, polímeros, aluminio, que dan consistencia física a la mezcla de semiconductor. La capa de película de semiconductor tiene apenas algunas micras de espesor menos que las celdas de silicio cristalino cuyo espesor es del orden de 100 micras. Como consecuencia, el ahorro de material es notable y la posibilidad de tener un soporte flexible aumenta el campo de aplicación de las celdas de película fina. Los paneles más comunes de capa delgada son los de silicio amorfo.

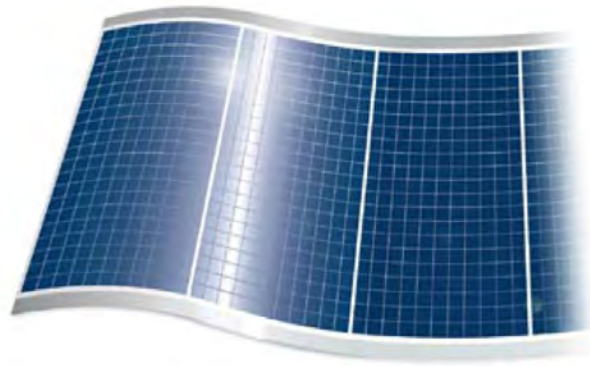


Figura 2.6. Paneles de capa delgada

#### 2.1.2.1.4 Paneles de capa delgada de Silicio amorfo.

El silicio amorfo se deposita en forma de película sobre un soporte (por ejemplo, aluminio). Éste ofrece la oportunidad de contar con la tecnología fotovoltaica a un menor costo en comparación con el silicio cristalino, pero la eficiencia de estas celdas tiende a empeorar con el tiempo. El silicio amorfo también puede ser "rociado" en una hoja delgada de material plástico o flexible.

Se utiliza sobre todo cuando es necesario reducir al máximo el peso del panel y para adaptarlo a las superficies curvas. El rendimiento es muy bajo (5 % a 6 %) debido a que hay mayor resistencia al flujo de los electrones.

#### 2.1.2.1.5 Paneles de concentración solar

Estos paneles son fabricados con materiales semiconductores compuestos como el arseniuro de galio, que aprovechan la radiación solar con una eficiencia de un 40%, el doble que las convencionales. No obstante, como los materiales que precisa son muy caros, se instalan células muy pequeñas (entre dos milímetros cuadrados y dos

centímetros cuadrados). Para contrarrestar este reducido tamaño, se utilizan diversos medios, como espejos, lentes, prismas que concentran los rayos solares sobre las células y los amplían hasta mil veces.



Figura 2.7 Paneles de concentración solar.

La elección del tipo de paneles depende de las condiciones climatológicas y geográficas ya que la temperatura puede afectar negativamente el rendimiento de los sistemas instalados. Como muestra la figura 2.7 las celdas de Silicio monocristalino o policristalino y los paneles de capa delgada son los más adecuados para sistemas residenciales cuya capacidad máxima es de 10 kW.

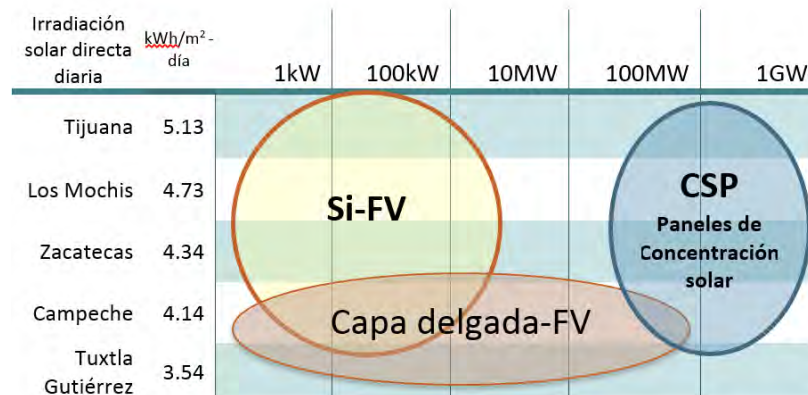


Figura 2.8 Segmentación de Mercado por capacidad e irradiación.

### 2.1.3 Controlador

Este elemento regula la carga de corriente directa que sale del arreglo fotovoltaico, y varía en el transcurso del día debido a la radiación solar. Por la mañana y por la tarde la generación de corriente es baja mientras que al medio día alcanza los niveles más altos incluso mayor a la capacidad de las baterías. Por lo tanto su función principal es proteger las baterías de las sobrecargas o descargas.



Figura 2.9 Controlador

#### 2.1.4 Inversor

Transforma la corriente directa en corriente alterna y al mismo tiempo sube el bajo voltaje de las baterías al voltaje que es suministrado por la red eléctrica. Por ejemplo el voltaje de los arreglos de paneles solares es compatible con un banco de baterías, éstos pueden ser de 12, 24 o 48 V, pero en sistemas interconectados, se manejan voltajes más altos, 90 a 600 V.



Figura 2.10. Inversor

#### 2.1.4 Baterías

Son parte del sistema de almacenamiento de la energía generada por el sistema. Cuando la radiación solar disminuye, éstas proveen la energía. Existen diferentes tipos de baterías, las más recomendables son las que permiten descargas profundas. Las baterías de Plomo-ácido están formadas por varias placas de plomo en una solución de ácido sulfúrico. Las baterías de Níquel-Cadmio utilizan hidróxido de níquel (polo positivo) y óxido de Cadmio en lugar de Plomo, utilizando

el hidróxido de potasio como electrolito. Son más caras que las de Plomo-ácido.



Figura 2.11 Batería

### 2.1 5 Medidor bidireccional

En el contrato de Interconexión se establece que para contabilizar por separado la energía entregada a la carga por la CFE y la recibida por el suministrador debido a un excedente en la generación FV se requiere de un medidor bidireccional. Éste es instalado por la CFE con cargo equivalente a la diferencia en costo con el medidor convencional.



Figura 2.12 Medidor bidireccional

## 2.2 Funcionamiento del Sistema Fotovoltaico

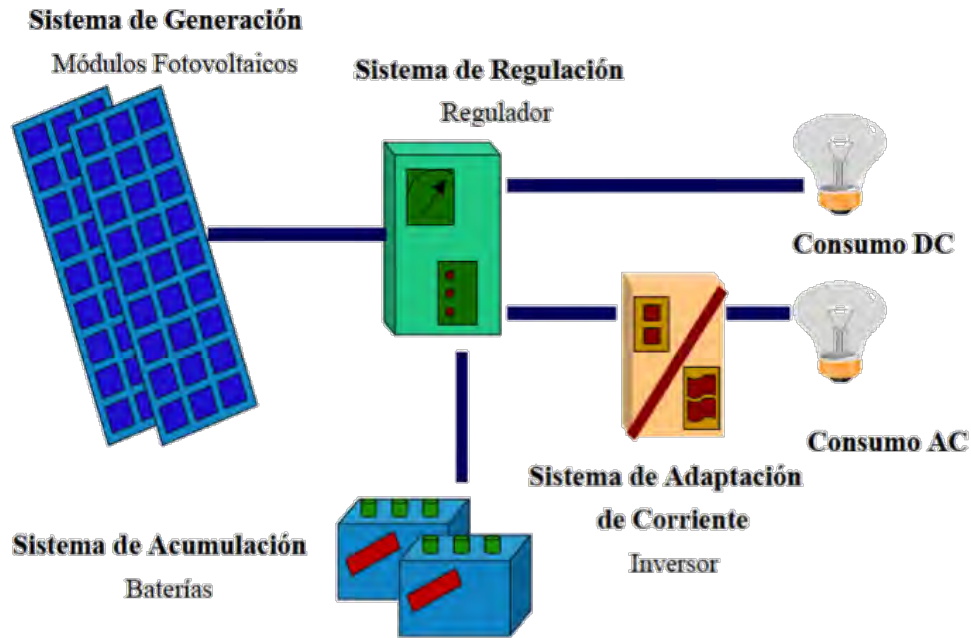


Figura 2.13 Funcionamiento de Sistema Fotovoltaico

El funcionamiento de un Sistema Fotovoltaico sigue el siguiente proceso:

- a) La luz solar entra sobre la superficie del arreglo fotovoltaico, donde es convertida en energía eléctrica de corriente directa, después esta energía es conducida hasta un controlador de carga con la función de enviarla toda o parte de ésta hasta el banco de baterías en donde es almacenada, cuidando que no se excedan los límites de sobrecarga y sobre descarga. En sistemas FV conectados a la red, no se usan bancos de baterías.
- b) La energía almacenada o enviada a la red se utiliza para abastecer las cargas durante la noche o en días de baja insolación o cuando el arreglo fotovoltaico es incapaz de satisfacer la demanda. Si las cargas a alimentar son de corriente directa, estas pueden hacerse a través del arreglo fotovoltaico o desde la batería. Cuando las cargas son de corriente alterna, la energía proveniente del arreglo y de las baterías, limitadas por el controlador, es enviada a un inversor de corriente, en donde es convertida a corriente alterna.

## 2.2.1 Tipos de Sistemas Solares

Sistemas Solares Interconectados, se trata de un conjunto de paneles solares que generan electricidad en corriente directa y a través de un dispositivo electrónico llamado inversor es convertida en corriente alterna, la cual se pone en sincronía con la fuente eléctrica convencional.

### 2.2.1.1 Aplicaciones sistemas solares interconectados

- Telecomunicaciones
- Supervisión remota
- Abastecimiento para comunidades rurales
- Casas de vacaciones
- Calculadoras, relojes
- Satélites espaciales.



Figura 2.14 Sistemas solares interconectados

Sistemas solares autónomos, son los que utilizan baterías y aparatos de regulación y control. El almacenamiento de la energía eléctrica en baterías hace de los sistemas solares fotovoltaicos una fuente de energía eléctrica, la cual podemos utilizar de día como de noche, no importando las inclemencias del clima.

### 2.2.1.2 Aplicaciones de sistemas fotovoltaicos autónomos

- Ciudades y centros urbanos
- Uso residencial



- Uso comercial
- Uso industrial

La principal diferencia entre ambos sistemas es que en el sistema aislado almacenamos la energía generada en los paneles en baterías, mientras que en el sistema interconectado no almacenamos energía, sino que enviamos la energía generada a la red eléctrica y tomamos la energía de esta durante las noches

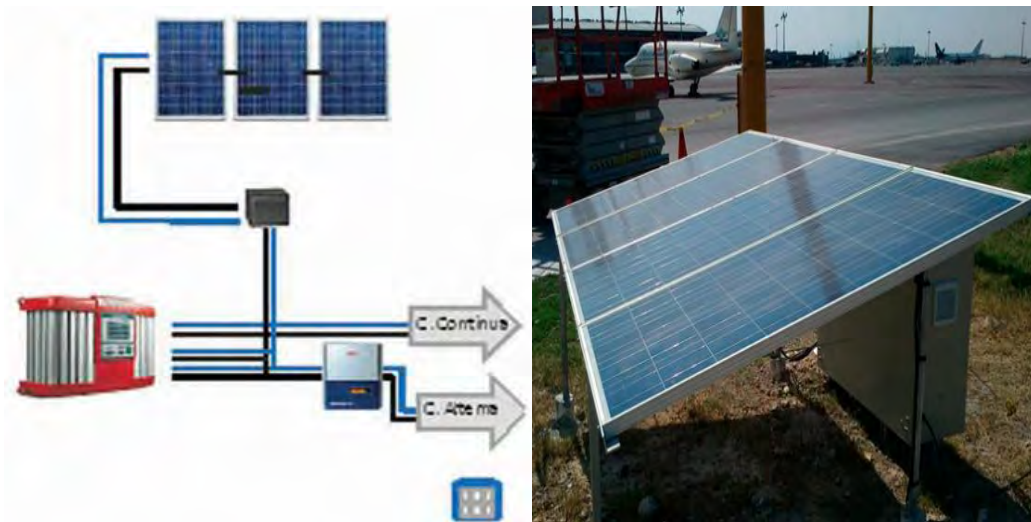


Figura 2.15 Sistemas Solares autónomos

En la siguiente imagen podemos ver una comparación entre ambos sistemas.

	Interconectados	Aislados
<b>Costo Iniciales</b>	Económico	Costoso (baterías)
<b>Costos Mantenimiento</b>	Mínimos sólo limpieza	Limpieza más costos de baterías
<b>Flexibilidad</b>	No hay problema por sobre-uso	NO podemos gastar más de lo que calculamos
<b>Independencia</b>	Dependemos del sistema eléctrico nacional	Totalmente independientes
<b>Obligaciones Legales</b>	Necesitamos avisar y hacer contrato con CFE	No debemos avisar ni pedir permiso a nadie
<b>Implementación</b>	Fácil	Poco más complicado

Figura 2.16 Comparación entre sistemas interconectados y aislados

### Capítulo 3. Análisis del Mercado de Sistemas Fotovoltaicos

En este capítulo abordaremos el análisis del mercado eléctrico nacional centrandolo nuestra atención en el sector residencial, objetivo del proyecto, determinado en términos financieros y en términos de capacidad (MWp) estimaciones de rentabilidad para el usuario final a partir de sus parámetros de consumo.

#### 3.1 Sector Eléctrico Nacional

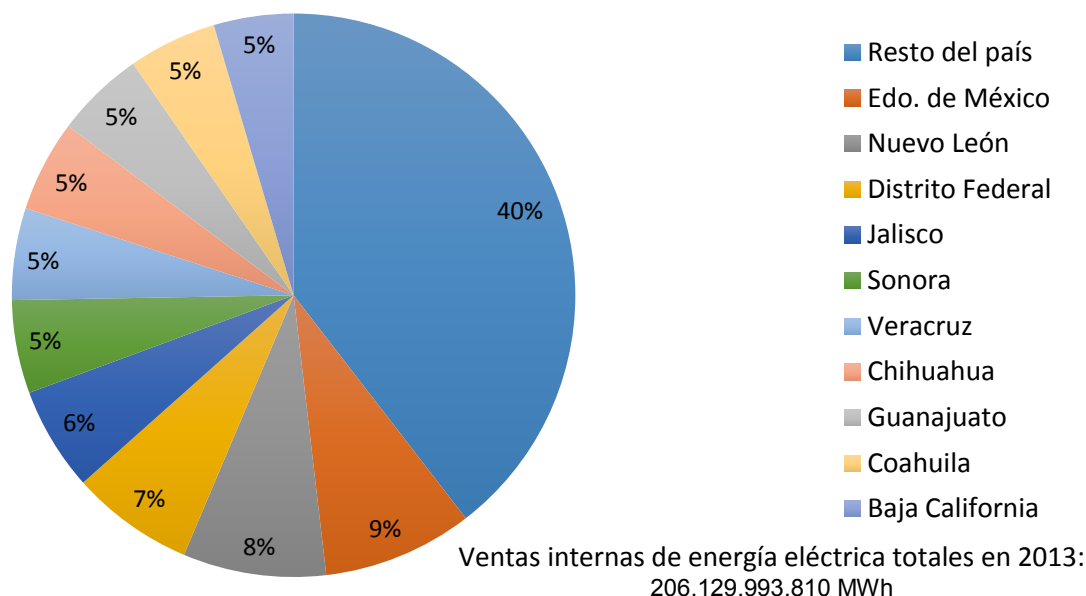
La Comisión Federal de Electricidad (CFE) es la empresa gubernamental en México, encargada de la prestación de servicio público de este tipo de energía. De acuerdo con el artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y el primero de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica la nación tiene el ejercicio exclusivo de generar, transportar, modificar, distribuir y abastecer el recurso eléctrico.

En México se identifican cinco regiones estadísticas para el análisis del mercado eléctrico nacional (véase Figura 3.1.1). Es importante señalar que debido a la infraestructura y operación del Sistema Eléctrico Nacional (SEN), la CFE lo divide en nueve regiones: Baja California, Baja California Sur, Noroeste, Norte, Noreste, Occidental, Central, Oriental y Peninsular.



Figura 3.1.1 Regiones para el análisis de mercado Eléctrico Nacional

### Ventas internas de energía eléctrica por entidad federativa MWh en el año 2013



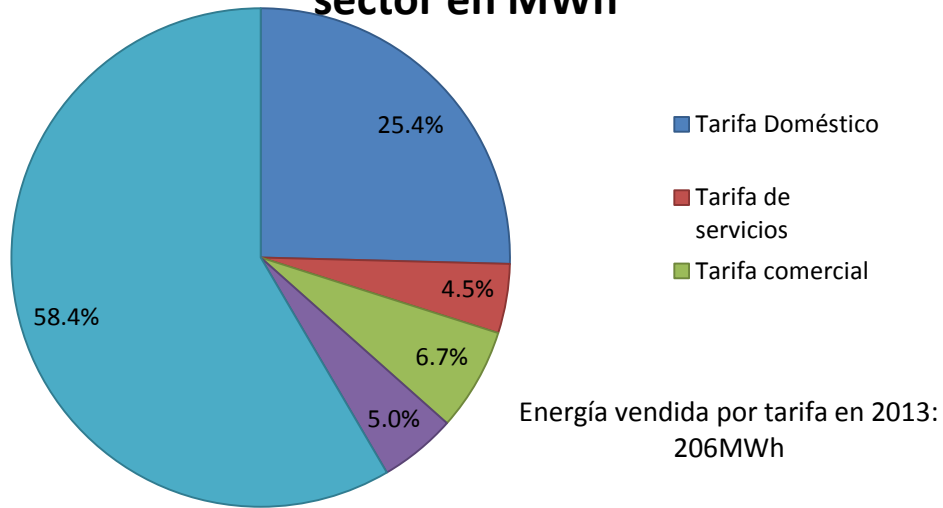
Gráfica 3.1.1 Ventas internas de energía eléctrica por entidad federativa MWh en el año 2013. Fuente: SIE con información de CFE

De acuerdo con la gráfica anterior, en orden de magnitud descendiente en el consumo de energía eléctrica reportado por el Sistema de Información Energética, las entidades con mayor participación durante 2013 fueron: Estado de México, Nuevo León, Distrito Federal, Jalisco, Sonora, Veracruz, Chihuahua, Guanajuato, Coahuila y Baja California. Estas entidades representan el 60 % de las ventas internas en el país.

De estas ventas en 2013, sólo un porcentaje corresponde al sector doméstico. La gráfica 3.1.2 presenta la proporción correspondiente a las ventas por tipo de tarifa.

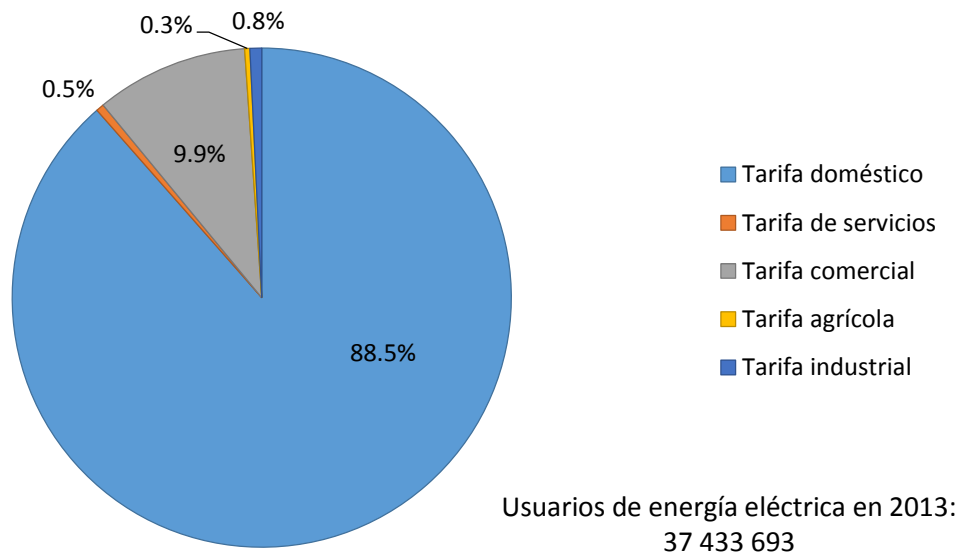
Por otra parte la gráfica 3.1.3 muestra el número de usuarios por tarifa. Al comparar estas dos gráficas observamos que el sector industrial cuenta con un mayor volumen de ventas con un 58.4%, pero sólo abarca el 0.8% de los usuarios, una porción muy inferior comparada con el número de usuarios con los que cuenta el sector doméstico. El sector Doméstico cuenta con un volumen de ventas de 25.4% y un 88.4% de número de usuarios.

### Ventas internas de energía eléctrica por sector en MWh



Gráfica 3.1.2 Ventas internas de energía eléctrica en MWh por tarifa  
Fuente: Fuente: SIE con información de CFE

### Usuarios de energía eléctrica por sector



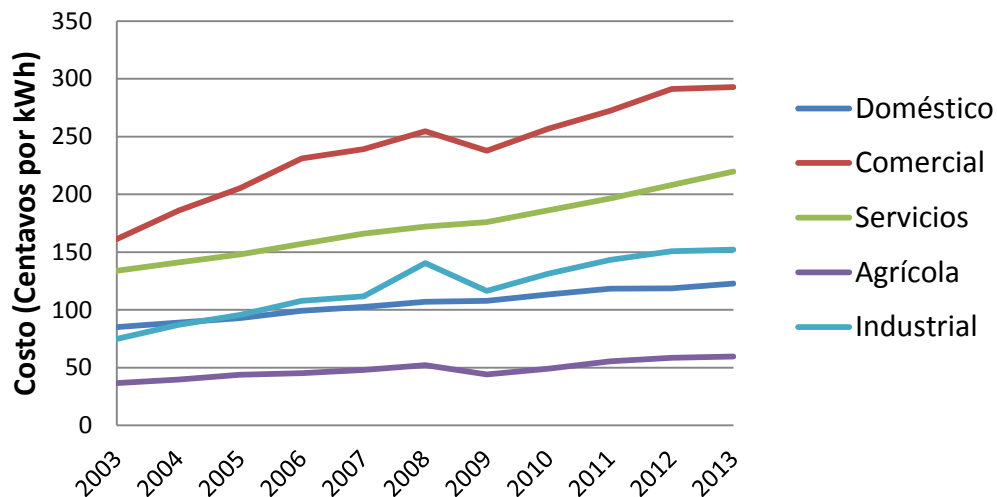
Gráfica 3.1.3 Ventas internas de energía eléctrica en MWh por tarifa  
Fuente: Fuente: SIE con información de CFE

Por otro lado la evolución histórica de los precios muestra que a partir de 1986 comienza una escalada de precios tendientes a disminuir los subsidios con el objeto

de permitir posteriormente la incorporación de la generación privada bajo el esquema de cogeneración.

En la gráfica 3.1.4 se muestra la evolución de la tarifa de la electricidad del periodo 2003-2013 en diferentes sectores con una tendencia al aumento. Recientemente la tarifa aumentó 8.7% para los usuarios domésticos de alto consumo quienes consumen más de 500 kWh al bimestre<sup>13</sup>.

### Evolución histórica de los precios de electricidad CFE



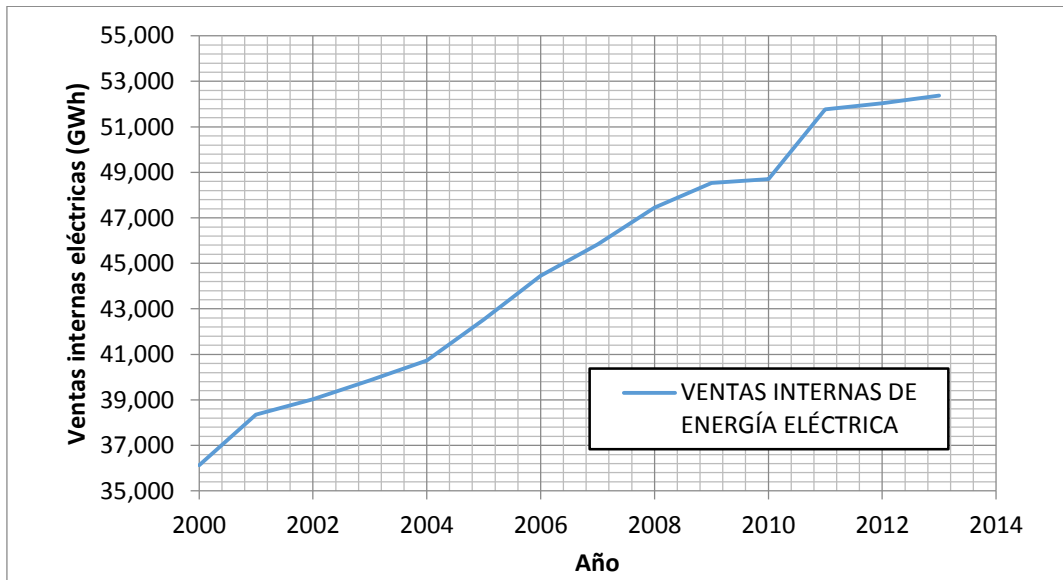
Gráfica 3.1.4 Evolución de los precios de la tarifa de electricidad en el periodo 2003-2013  
Fuente: Elaboración propia con datos de SIE

Esta alza de precios se debe a la alta dependencia a los combustibles fósiles para la generación de electricidad. Para salir del cargo de una tarifa DAC no basta con cambiar los aparatos eléctricos por unos con características ahorradoras, en este caso, la diferencia es mínima. En cambio una inversión en una tecnología verde disminuye inmediatamente el consumo de la energía que provee la CFE pues se genera energía que se autoconsume y que se distribuye a la red. De esta forma los

<sup>13</sup> El Universal 2 de mayo: sitio revisado el (26-06-2013):  
<http://www.eluniversal.com.mx/notas/920414.html>

sistemas fotovoltaicos se presentan como una solución inmediata y lo que se deja de pagar a CFE se puede invertir en una instalación fotovoltaica.

Por otro lado la evolución del consumo doméstico ha ido en constante crecimiento en el periodo 2000-2013, este comportamiento se aprecia en la Gráfica 3.1.5.



Gráfica 3.1.5 Ventas internas de energía eléctrica anuales en el periodo 2000-2013 en el Sector Doméstico.

Fuente: Elaboración Propia con datos de SENER

Como se puede observar las ventas internas de la energía eléctrica han aumentado desde el 2000 hasta el 2013 en el sector doméstico según la gráfica anterior con una tasa promedio anual del 3.4%. Esta tendencia se traduce en una demanda creciente no solamente sobre la energía eléctrica sino también sobre las diversas fuentes a partir de las cuales ésta se obtiene, es decir, las energías fósiles cuyo costo aumenta de acuerdo a la inflación y que además su uso provoca graves consecuencias al medio ambiente al producir grandes concentraciones de CO<sub>2</sub>.

Aunado a esta fuerte demanda, el aumento de las tarifas puede ser un promotor para impulsar el aprovechamiento de la energía solar. Como área potencial para desarrollar proyectos de instalación fotovoltaica se perfila la zona de Baja California Sur y la Zona peninsular que cuentan con una tasa media de crecimiento anual de

6.2% y 5%<sup>14</sup> respectivamente, sin olvidar que el área de operación con mayor consumo es la zona central. Es por ello que en cualquiera de estos lugares se puede intensificar la distribución para los sistemas fotovoltaicos, es decir, convertirse en el mercado potencial de esta tecnología.

### 3.2 Sector residencial en México

De acuerdo con la CFE, las tarifas que se aplican en el sector residencial en México están estructuradas en función al volumen de consumo mensual de energía eléctrica (kilowatt-horas), así como a la temperatura media durante el verano de la localidad. Véase la tabla 3.2.1.

Tarifa	Descripción
1	Doméstico
1 A	Doméstico para localidades con temp. media mínima en verano de 25°C
1 B	Doméstico para localidades con temp. media mínima en verano de 28°C
1 C	Doméstico para localidades con temp. media mínima en verano de 30°C
1 D	Doméstico para localidades con temp. media mínima en verano de 31°C
1 E	Doméstico para localidades con temp. media mínima en verano de 32°C
1 F	Doméstico para localidades con temp. media mínima en verano de 32°C
DAC	Doméstico Alto Consumo

Tabla 3.2 1 Sistema tarifario del sector residencial en México  
Fuente: CFE

Existen límites de consumo de energía dentro de cada tarifa, los cuales al ser rebasados ocurre un cambio, pasando de la tarifa 1-1F a una tarifa DAC. En la tabla 3.2.2 se muestran los límites para cada tarifa para ingresar a la tarifa DAC.

<sup>14</sup> Dirección General de Planeación Energética de la Secretaría de Energía, SENER “Prospectiva del sector eléctrico 2010-2025”, México 2010

### Límites para ingresar a la tarifa doméstica de alto consumo

Tarifa	Límite para ingresar a tarifa de alto consumo
<b>1</b>	500 kWh/ bimestre
<b>1A</b>	600 kWh/ bimestre
<b>1B</b>	800 kWh/ bimestre
<b>1C</b>	1,700 kWh/ bimestre
<b>1D</b>	2,000 kWh/ bimestre
<b>1E</b>	4,000 kWh/ bimestre
<b>1F</b>	5,000 kWh/ bimestre

Tabla 3.2.2 Límites para cada tarifa para ingresar a la tarifa DAC

Fuente: CFE

El tipo de consumo que se lleva a cabo en las diferentes zonas tarifarias varía debido a la situación climatológica de cada región; es así como lo analiza el instituto de investigaciones eléctricas, (2011), en el área central cuyo clima es templado correspondiente a los estados de Morelos, Guerrero, Distrito Federal, Estado de México y Puebla, el consumo es casi el mismo a lo largo de todo el año. En las zonas semicálidas del centro como Cuernavaca, la carga del refrigerador representa un 35.5%, otros usos son la bomba de agua 3.8%, cafetera 1.1%, microondas, lavadora, aire acondicionado, plancha que en conjunto representan el 2.9% y el residual con un 56.7% en donde se contempla a la iluminación.

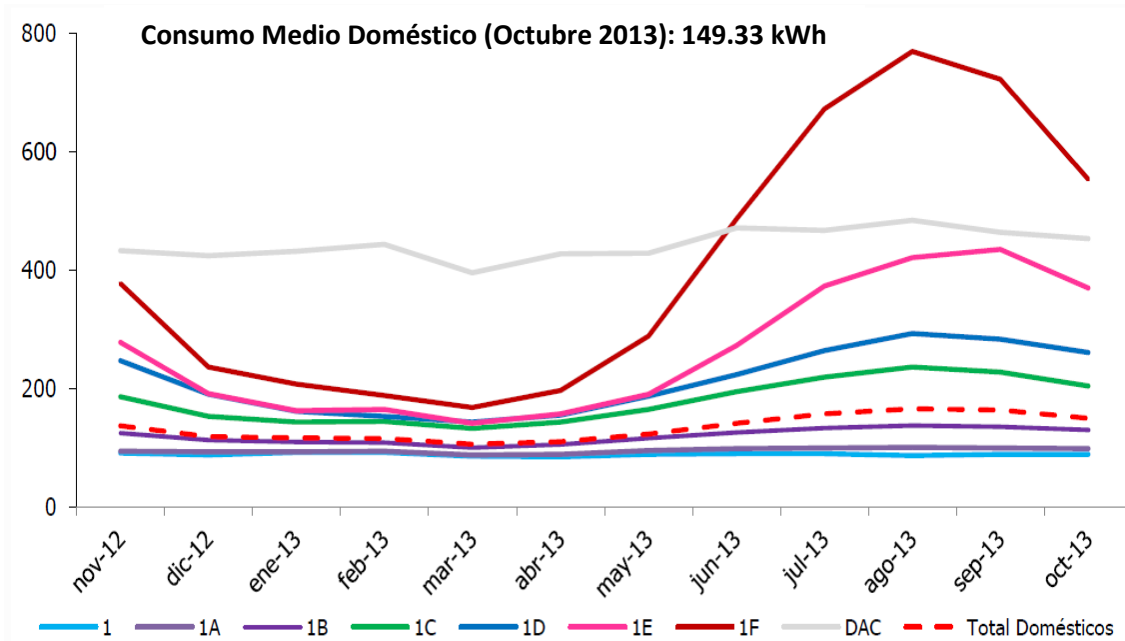
En una zona templada como el Distrito Federal, las cargas se distribuyen en un 56.2% en residual (iluminación), 38.8% refrigeración, 4.3% lavavajillas y el 0.7% de otras cargas.

En el área peninsular (Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco y Chiapas) el consumo en el mes de julio es superior a la demanda del mes de enero. Como caso de estudio, la ciudad de Mérida, Yucatán, muestra una distribución de las cargas aire acondicionad 20%, refrigerador 16%, Ventilador 5% y el residual de 59%.

En la Gráfica 3.2.1 se aprecia el consumo medio por tarifa. Como se comenta anteriormente, el consumo varía de acuerdo al sitio geográfico y tipo de clima. Como se aprecia para tarifas 1, 1A y 1B el consumo es casi el mismo durante todo el año

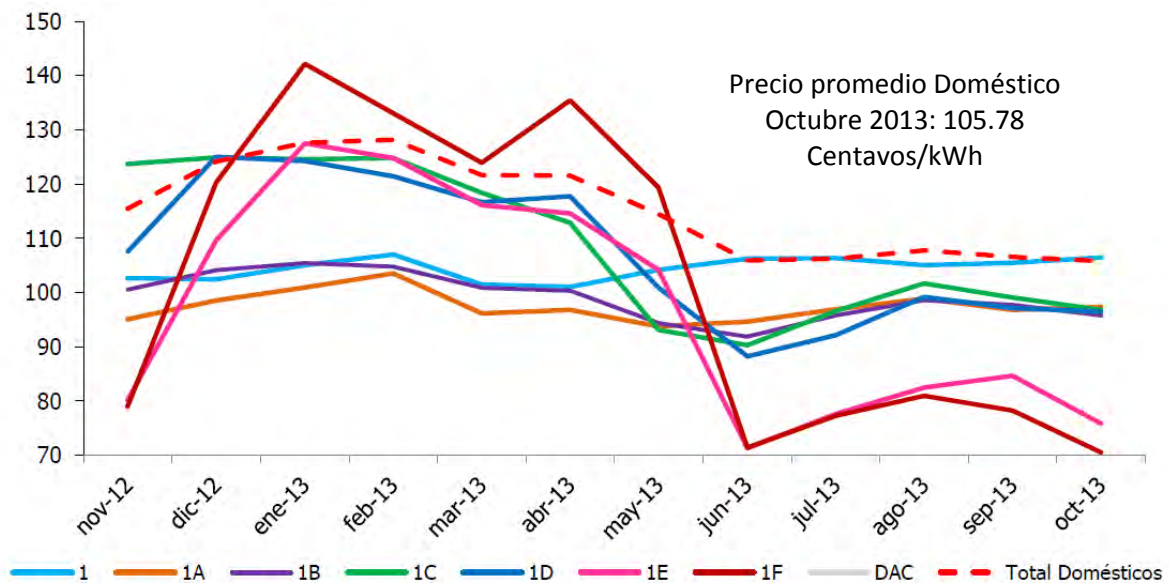


mientras que para regiones donde la temperatura aumenta en el verano el consumo aumenta drásticamente en los meses de junio a agosto.

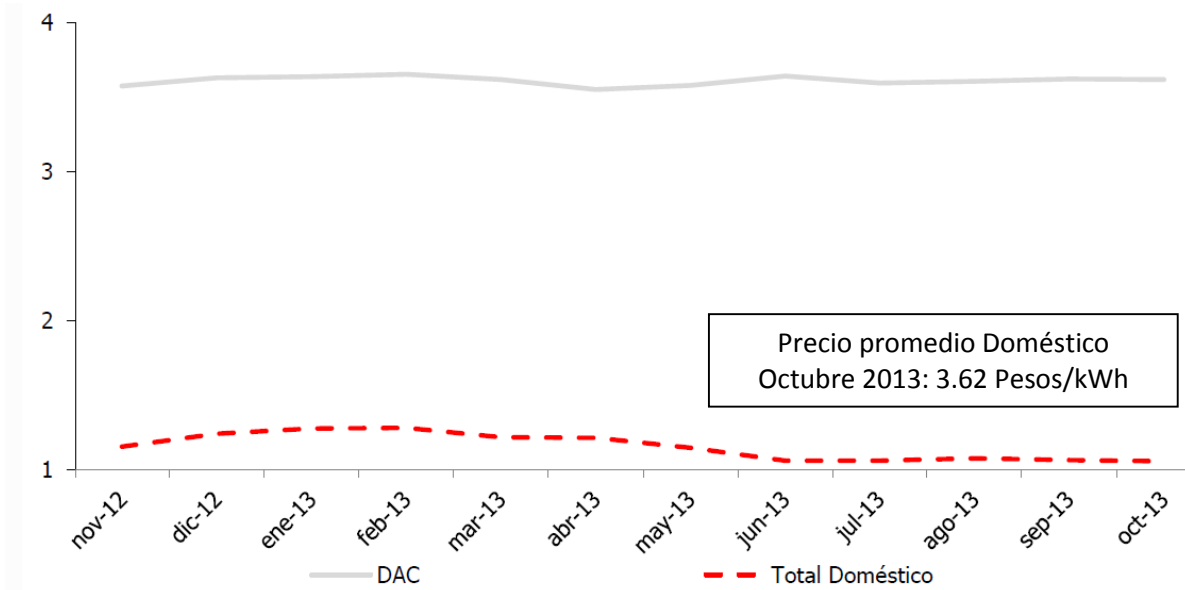


Gráfica 3.2.1 Consumo medio por tarifa (en kWh)  
Fuente: CRE

En las gráficas 3.2.2 y 3.2.3 se muestra lo que un usuario factura por tarifa. Se observa que cada usuario doméstico pagó en promedio 1.06 pesos por kWh, mientras que un usuario de tarifa DAC facturó en promedio más del triple de una tarifa normal, 3.62 pesos/kWh (Octubre 2013).

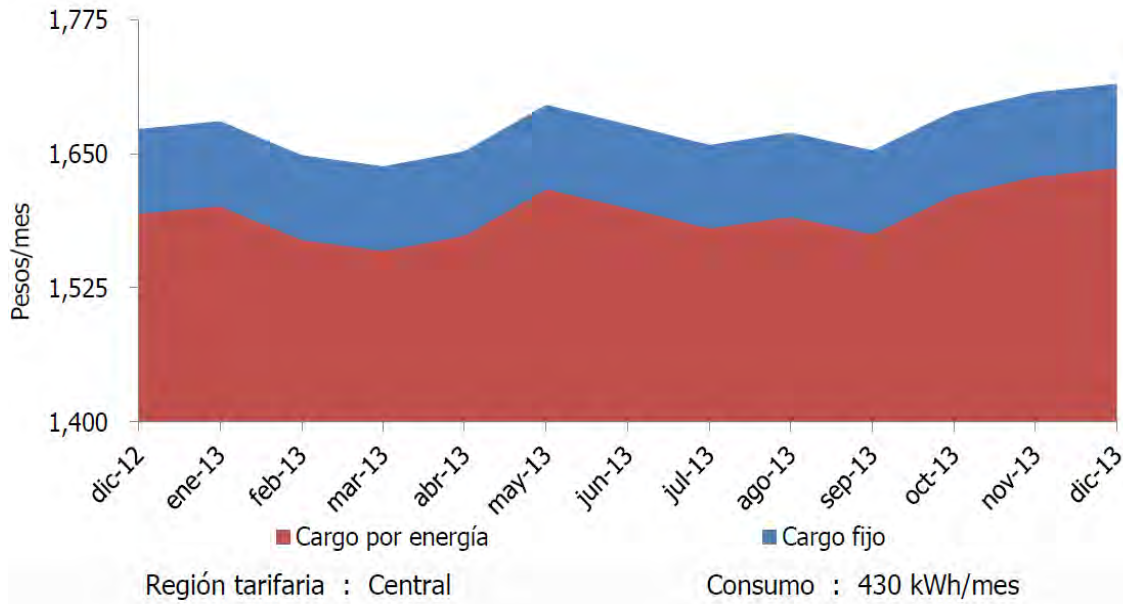


Gráfica 3.2.2 Factura por Tarifa (Centavos/kWh)  
Fuente: CRE

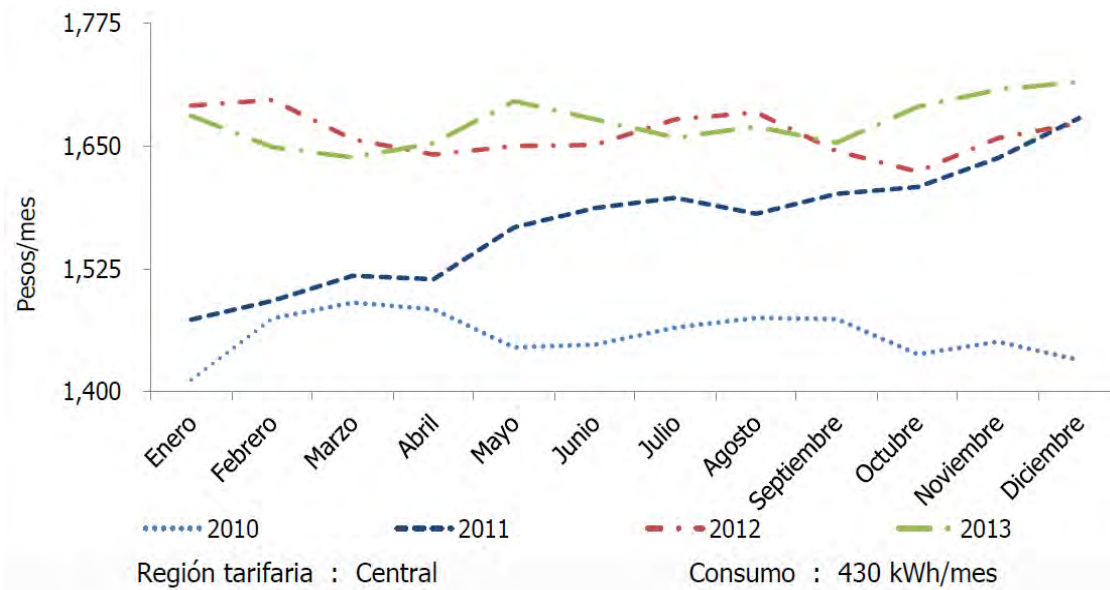


Gráfica 3.2.3 Factura por Tarifa (Pesos/kWh)  
Fuente: CRE

Finalmente el historial de la facturación promedio de un usuario de tarifa DAC en el área central durante el año 2013 se ilustra en la Gráfica 3.2.4, en ésta se contempla el cargo por energía derivado del consumo promedio y el cargo fijo por el servicio. Con un consumo promedio de 430kWh/mes a lo largo del año el usuario de tarifa DAC paga 1700 pesos mensuales aproximadamente.



Gráfica 3.2.4 Facturación de Usuario Doméstico de alto Consumo (Tarifa DAC) en el año 2013  
Fuente CRE



Gráfica 3.2.5 Facturación de Usuario Doméstico de alto Consumo (Tarifa DAC) en el periodo 2010-2013  
Fuente CRE

En la gráfica anterior la facturación por un usuario de tarifa DAC ha aumentado durante el periodo 2010-2013. Recordando que es en 2009 cuando Luz y Fuerza del Centro cierra operaciones se aprecia el reajuste de tarifa durante el año 2011, teniendo un incremento pronunciado que alcanza los niveles de los dos últimos años. Aunque en los últimos dos años se ven muy similares las curvas, se puede

apreciar que hay un incremento pequeño en el mes de diciembre 2013 con respecto al año 2012.

Esta tendencia puede modificarse al implementar los sistemas fotovoltaicos, con los cuales el usuario deja de facturar cifras elevadas, pues su consumo tomado de la red del sistema eléctrico nacional disminuirá dado que será la energía solar la principal fuente de electricidad. En el siguiente apartado se realiza el estudio de mercado para los sistemas fotovoltaicos.

### **3.3 Estudio de Mercado para sistemas fotovoltaicos**

La energía solar se aplica generalmente a pequeña escala dada la capacidad que tienen (hasta 10kW) comparada con la energía eólica gestada en turbinas (estas generan aproximadamente de 700kW a 3MW). Dadas estas condiciones los paneles solares son mayormente utilizados por propietarios de casa, cooperativas y firmas de negocios, de acuerdo con la revista Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2012.

El programa de Sistemas energéticos fotovoltaicos de la Agencia Internacional de Energía publica en sus reportes anuales que en 2006 la capacidad instalada de sistemas fotovoltaicos fue de 19MWp y se distribuye de la siguiente manera:

- 511 kWp para electrificación rural.
- 33 kWp para sistemas de bombeo.
- 110 kWp para sistemas conectados a la red<sup>15</sup>.
- 55 kWp para aplicaciones profesionales.
- 340 kWp de sistemas aislados para aplicaciones no especificadas<sup>16</sup>.

En 2010 la capacidad instalada estimada es de 5.58 MW con un crecimiento latente de la participación en el mercado de los sistemas interconectados a la red<sup>17</sup>. En 2011 se logra instalar una capacidad aproximada de 6.5 MW y ensambladoras mexicanas reportan ventas de alrededor de 3 MW<sup>18</sup>. En 2012 se alcanza doblar la

---

<sup>15</sup> Este Proyecto del Gobierno del Estado de Baja California consiste en instalar una capacidad de 220 kWp en una comunidad de bajos recursos. En Diciembre de 2006 se instala los primeros 110kWp.

<sup>16</sup> Photovoltaic Power Systems- Annual Report 2006. International Energy Agency (IEA).

<sup>17</sup> Photovoltaic Power Systems- Annual Report 2010. International Energy Agency (IEA).

<sup>18</sup> Photovoltaic Power Systems- Annual Report 2011. International Energy Agency (IEA).

capacidad de instalación de sistemas fotovoltaicos con una capacidad de 14.5 MW respecto al año 2011<sup>19</sup>.

En México existen dos fabricantes para el mercado Nacional: Solartec Energía Renovable y ERDM Solar. La primera se encuentra en Guanajuato y recientemente compró una fábrica belga para realizar la manufactura completa de las celdas solares, mientras que ERDM Solar importa las celdas desde Alemania (el proveedor es Q-Cells). En la tabla 3.3.1 se hace una comparación de las dos empresas mexicanas en la cual se evalúan los años de experiencia, capacidad de producción y calidad de los productos.

**Comparación entre fabricantes mexicanos: Solartec Energías Renovables y ERDM-SOLAR.**

	Solartec energía Renovable	ERDM-SOLAR
<b>Año de inicio de operaciones de producción</b>	2010	2007
<b>Capacidad de producción anual</b>	12.5 MW	15MW con posible ampliación a 80MW con la adquisición de 5 líneas de producción.
<b>Tecnología de Paneles</b>	Cristalinas: Monocristalino, Policristalino Película delgada	Monocristalino y policristalino
<b>Crecimiento anual</b>	<b>47%</b>	<b>35%</b>
<b>Asociaciones importantes, alianzas estratégicas</b>	Pertenciente a un grupo empresarial conformado por CATSA, Conduotec, Paktec, Ecotek. Colaboración con Centros de Investigación mexicanos: CONACYT, CINVESTAV, CIATEQ. Asociada con empresas en Suiza y Australia y con centros de investigación en Japón, Corea e Inglaterra	Q-Cells, Surrette Batteries en Canadá, Southwest Windpower, Outback Power Systems y Blue Sky de Estados Unidos, Powermaster en Taiwan, Suntech Power
<b>Certificaciones</b>	UL, Sello FIDE	
<b>Casos de éxito</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corporativo Walmart</li> <li>• Sucursal de HSBC</li> <li>• Schneider Electric</li> <li>• Firestone</li> <li>• Luminarias en Estado de México</li> <li>• Residencial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CONAFOR, Guadalajara</li> <li>• KOGI Indians, Santa Marta, Columbia</li> <li>• INFONAVIT, Fortin, Veracruz</li> </ul>

Tabla 3.3.1 Comparación entre fabricantes mexicanos  
Fuente: Elaboración propia, considerando información de cada empresa.

A partir de esta tabla queda claro que *Solartec* es una empresa muy enfocada a la calidad y a la Investigación. Muestra una mayor consolidación en los negocios obteniendo una tasa de crecimiento mayor. Ambas compañías han incursionado en

<sup>19</sup> Photovoltaic Power Systems- Annual Report 2012. International Energy Agency (IEA).

la fabricación de paneles solares de forma diferente y con estrategias diferentes. Mientras que *Solartec Energías Renovables* busca la innovación constante para expandir sus productos, certificándose con la marca UL, la cual tiene la mayor aceptación en los Estados Unidos; la empresa *ERDM* cuenta con una ubicación estratégica para exportaciones. Ambas empresas tienen sus fortalezas y en cuestión de precios, *Solartec* presenta precios más elevados en sus productos, pero están respaldados por las certificaciones con las que cuenta.

### **3.3.1 Sistemas aislados**

En 2012 la CFE emite un reporte sobre el acceso al sistema de energía eléctrica y la sustentabilidad para alcanzar un mayor índice de electrificación ya que comunidades rurales no cuentan con este servicio debido a una situación geográfica remota y una población pequeña. En este reporte se estima que el 98% de la población tiene acceso a la electricidad, sin embargo existen 130 000 comunidades pequeñas que no lo poseen.

La CFE en conjunto con los gobiernos estatales inició en 2011 una campaña para llevar electricidad mediante el uso de pequeñas plantas fotovoltaicas (30 kW). También las Organizaciones No Gubernamentales trabajan conjuntamente implementando instalaciones residenciales a comunidades remotas.

### **3.3.2 Sistemas Interconectados al Sistema Nacional de Electricidad (SNE)**

Un estudio realizado en el año 2009 por la SENER a través de la CONUEE y con el apoyo de la *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH* titulado “Nichos de Mercado para Sistemas Fotovoltaicos en Conexión a la Red Eléctrica en México” revela que el nicho con el potencial actualmente más grande es el sector residencial.

En dicho estudio se proponen dos nichos principales para la aplicación de Sistemas FV, los cuales se identifican de acuerdo a la rentabilidad que ofrecen, éstos se muestran en la tabla 3.3.2.1 Asimismo éste plantea que los grupos con mayor beneficio de una aplicación FV son hogares con un volumen de consumo eléctrico dentro del rango DAC con una tarifa promedio superior a los 3.2 MXN/kWh y dentro

del “rango alto” con una tarifa en el rango de 1.6 – 2 MXN/kWh. Además se hace un análisis del impacto que la implementación de estos sistemas tiene en los subsidios eléctricos que otorga el Estado.

**Tipos de nicho de acuerdo a la rentabilidad que ofrece el sistema FV**

<p><b>Nicho con Rentabilidad Alta</b></p>	<p>Es aquel hogar cuya tarifa DAC pasa a un rango alto de la tarifa residencial que rige en su región.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Beneficios:</b> el costo de generación por kWh con el sistema fotovoltaico es menor que el precio por kWh de la tarifa DAC y se reduce el precio por kWh que el hogar recibe de CFE.</li> <li>• <b>Impacto en los subsidios:</b> Pasar de una tarifa DAC al rango alto de una tarifa residencial, aumentaría el monto destinado de los subsidios otorgados por el Gobierno Federal.</li> </ul>
<p><b>Nicho con Rentabilidad Media</b></p>	<p>Es aquel hogar cuya tarifa pasa de un rango alto a un rango básico de la tarifa residencial que rige en su región.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Beneficio:</b> Reducción en el precio por kWh que el hogar recibe de CFE</li> <li>• <b>Impacto en los subsidios:</b> Pasar de una tarifa DAC al rango alto de una tarifa residencial, reduciría el monto destinado de los subsidios otorgados por el Gobierno Federal.</li> </ul>

Tabla 3.3.2.1 Tipos de nicho de acuerdo a la rentabilidad que ofrece el sistema FV  
Fuente: Elaboración propia considerando información, *SENER, GIZ*, 2012.

La tabla 3.3.2.2 muestra la cantidad de los hogares mexicanos con un volumen de consumo eléctrico dentro del rango DAC y dentro del rango alto.

**Número de hogares por tarifa con mayor potencial en la aplicación de sistemas FV**

<b>Tarifa</b>	<b>Cantidad de hogares en rango alto y DAC</b>
<b>1</b>	3,735,698
<b>1A</b>	473,611
<b>1B</b>	483,987
<b>1C</b>	1,186,823
<b>1D</b>	217,895
<b>1E</b>	96,765
<b>1F</b>	863,778
<b>DAC</b>	511,472
<b>Total</b>	6,214,806

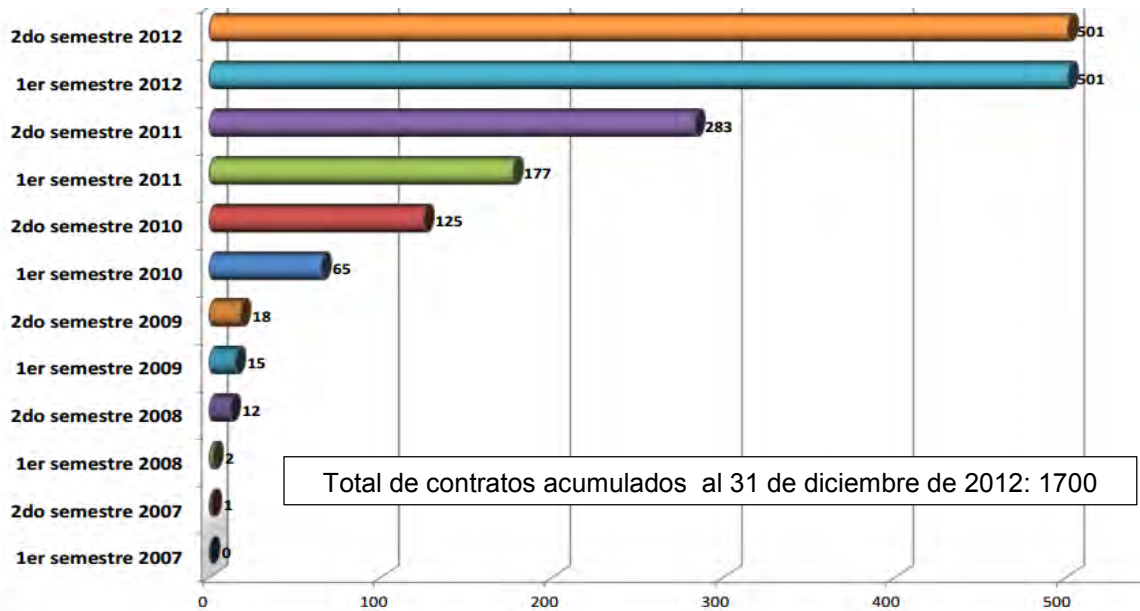
Tabla 3.3.2.2 Número de hogares por tarifa con mayor potencial en la aplicación de SFV  
 Fuente: Elaboración GIZ con datos del Sistema Sectorial de Información Energética (2010) y CFE (2006)

En conclusión el sector residencial ofrece una atractiva oportunidad para la comercialización de sistemas fotovoltaicos conectados a la red. Dentro de este nicho se puede diferenciar a los potenciales consumidores cuya tarifa es la DAC.

En dicho nicho, se obtiene el mejor rendimiento sin embargo comparado con la cantidad de usuarios de otras tarifas, es un nicho escaso. Por otro lado, el grupo en donde se encuentra el rango alto de las tarifas 1-1F es un nicho más grande y tiene implicaciones positivas para los usuarios y el estado, pues se reduce el monto destinado a subsidios eléctricos.

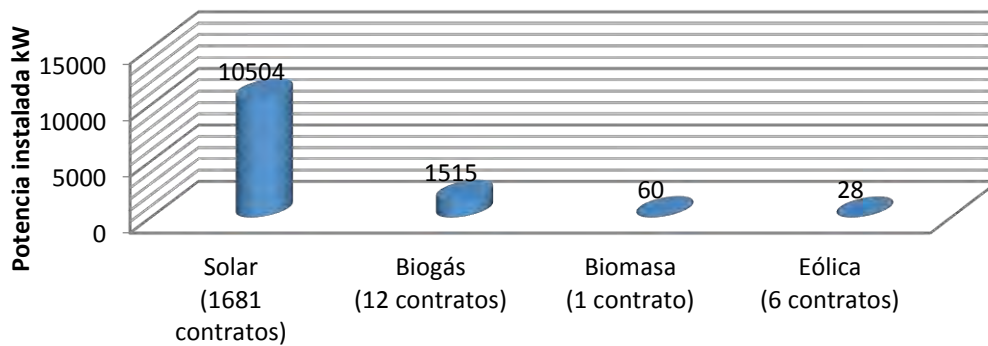
La comisión Reguladora de Energía reporta las estadísticas de contratos de interconexión en pequeña y mediana escala aprobados al 31 de diciembre de 2012, informando que hasta esta fecha se tienen 1681 contratos de generación eléctrica a partir de energía fotovoltaica, 12 contratos a partir de biogás, 6 por energía eólica y 1 por biomasa, haciendo un total de 1700 contratos. La gráfica 3.3.2.1 muestra la cantidad de contratos de sistemas que han sido instalados desde el 2007 hasta el 2012.





Gráfica 3.3.2.1 Evolución de los contratos de Interconexión en Pequeña y mediana escala.

Fuente: Comisión de Regulación de Energía, 2012.



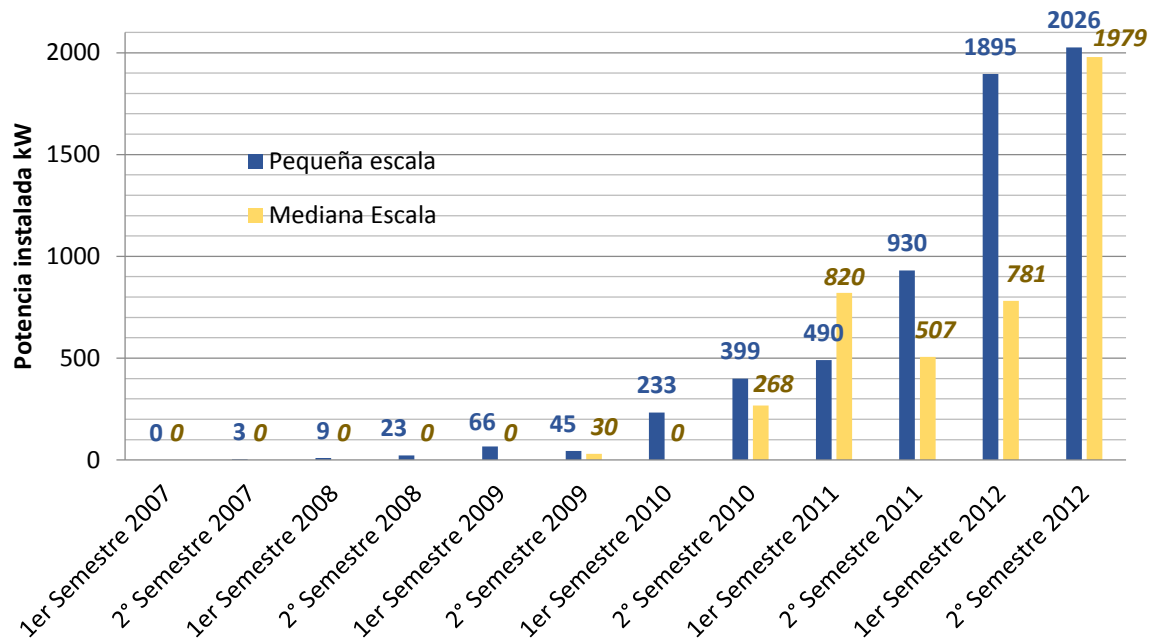
Tipo de Energía y número de Contratos correspondiente

Gráfica 3.3.2.2 Potencia instalada por tipo de energía

Fuente: Elaboración propia con datos de CRE.

De los 1,681 contratos de cogeneración utilizando energía solar, 1461 corresponden a contratos para personas físicas, es decir, instalaciones de pequeña escala no mayores a 10kW (Gráfica 3.3.2.2).

En la gráfica 3.3.2.3 se puede observar cómo la capacidad instalada de sistemas fotovoltaicos a menor y mediana escala evoluciona en el periodo de 2007 a 2012.



Gráfica 3.3.2.3 Evolución de la capacidad instalada a pequeña y mediana escala  
Fuente: Elaboración propia considerando datos de CRE.

Según la gráfica 3.3.2.3 la capacidad instalada a pequeña escala es casi igual a la capacidad de mediana escala, esto se debe a que la potencia máxima instalada a pequeña escala es de 10 kW, mientras que para mediana escala el límite es de 30 kW, sin embargo existe un mayor número de contratos de pequeña escala, obteniendo una capacidad mayor que se distribuye en varios contratos, mientras que a mediana escala un mismo contrato puede generar la potencia de 3 contratos de pequeña escala.

Se puede observar que el primer contrato se obtiene a partir del segundo semestre de 2007 ya que es en este periodo cuando se publicó en el diario oficial de la federación la resolución No. RES/176/2007, por la que se aprueba el modelo de contrato de interconexión para fuentes de energía solar en pequeña escala. En dicho documento se define que:

- Una Fuente de Energía Solar en Pequeña Escala es la que utiliza como energético primario la energía solar.
- El Generador: es la persona física o moral que cuente con un equipo de generación eléctrica con Fuente de Energía Solar en Pequeña Escala.

- El suministrador: son los organismos públicos descentralizados Luz y Fuerza del centro y la Comisión Federal de Electricidad

Este contrato de interconexión es aplicable a todos los Generadores con Fuente de Energía Solar en Pequeña Escala con capacidad hasta de 10 kW para usuarios con servicio de uso residencial y hasta 30 kW para usuarios con servicio de uso general en baja tensión.

Si bien es cierto que los sistemas aislados fueron los primeros en desarrollarse en México gracias al impulso de gobiernos estatales para cubrir la demanda eléctrica en comunidades rurales, el mercado más interesante es el de los sistemas interconectados, ya que cuenta con un mayor número de usuarios, 98% de la población.

Es en este nicho donde se puede alcanzar una mayor penetración si los precios de los componentes del sistema disminuyen como en varios estudios se predice, además de los usuarios de alto consumo así como los de rango de alto consumo, pueden incluirse personas interesadas generar su propia electricidad.

## **Capítulo 4. Planeación estratégica de mercadotecnia: “Marketing Mix” Mezcla comercial.**

En este capítulo abordaremos el proceso de *marketing*, es decir el proceso por el que la empresa plantea el desarrollo del proyecto “*Plan de comercialización de Sistemas fotovoltaicos para el sector residencial*”, partimos del análisis de la situación que guarda el consumo de energía eléctrica de nuestros clientes potenciales para determinar los objetivos que persigue el proyecto y la elección de las estrategias para alcanzar dichos objetivos.

### **4.1 Misión y visión del proyecto**

Asumir que existe una planeación estratégica, es en principio definir la misión y visión del proyecto.

En este proyecto, la misión y visión planteadas son:

#### **4.1.1 Misión**

*Desarrollar un proyecto sustentable y eficiente para la generación de energía eléctrica a través del uso de sistemas fotovoltaicos que responda a las necesidades de nuestros clientes.*

#### **4.1.2 Visión**

*Ser una empresa líder en el desarrollo de energías renovables.*

### **4.2 Análisis de la situación.**

Como se ha venido analizando las condiciones marco para aumentar la eficiencia energética y el uso de energías renovables ha mejorado, sin embargo, los usuarios potenciales tienen aún grandes dudas sobre el impacto en su economía ya que el costo/beneficio es a largo plazo, así como en el impacto ambiental que se tendría al hacer uso de estas tecnologías, por ello es necesario estudiar el mercado objetivo y público objetivo con mayor detenimiento.

#### **4.2.1 Mercado objetivo y público objetivo**

Los sistemas fotovoltaicos están dirigidos a mexicanos cuyo consumo energético exceda el límite establecido por la CFE en la tarifa doméstica (1, 1A-1F), y les interesa invertir en un proyecto fotovoltaico que les permita aminorar el costo de este servicio. Este segmento incluye a gente que está consciente y comprometida a reducir la huella ecológica<sup>20</sup>, es decir, que por decisión propia busca alternativas para llevar un estilo de vida orgánico y sustentable.

En el artículo “Hogares y Consumo energético en México”, 2012, se investiga el consumo de los hogares utilizando datos de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de Hogares 2010(ENIGH) para explicar la distribución sociodemográfica del consumo energético. A partir de este análisis se hace puntual que la electricidad es la mayor fuente de energía en hogares urbanos y que en el periodo 1992-2008 se ha hecho mayor el uso de la electricidad en hogares rurales. Con esta información se perfila la aplicación de los sistemas fotovoltaicos de acuerdo al tipo de hogar, siendo el sistema interconectado para hogares urbanos los cuales tienen fácil acceso al Sistema Eléctrico Nacional y los sistemas de tipo isla para hogares rurales.

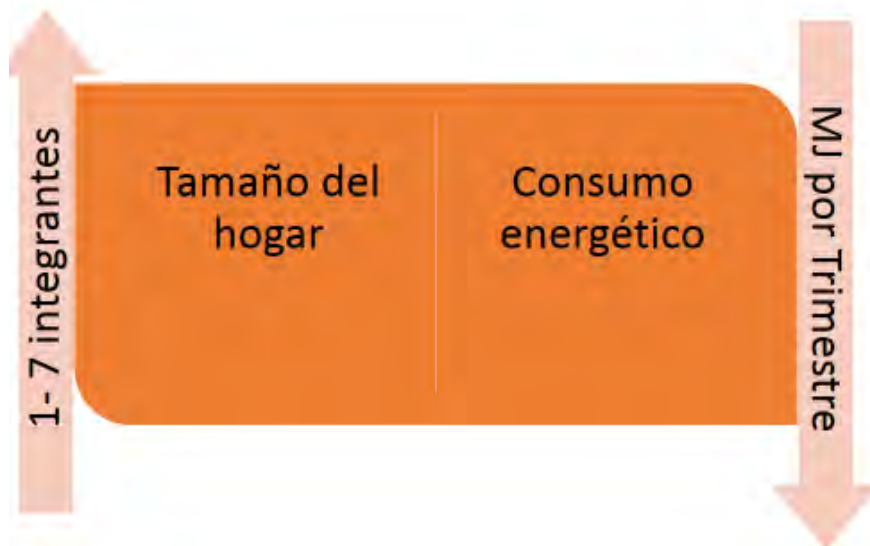
Además se puede clasificar al consumidor de Tarifa DAC dentro de un nivel socioeconómico alto ya que en dicho estudio se identifica un alto consumo de energía en los deciles que tienen un mayor ingreso, es decir que el consumo energético aumenta con el nivel de ingresos.

Para concluir con el perfil del cliente potencial de sistemas fotovoltaicos, este estudio también brinda relevante información sobre tres aspectos que permiten entender la estructura de la vivienda y su relación con el consumo de sus habitantes:

\*Tamaño del hogar: La vivienda con menor número de habitantes tiene un consumo promedio superior.

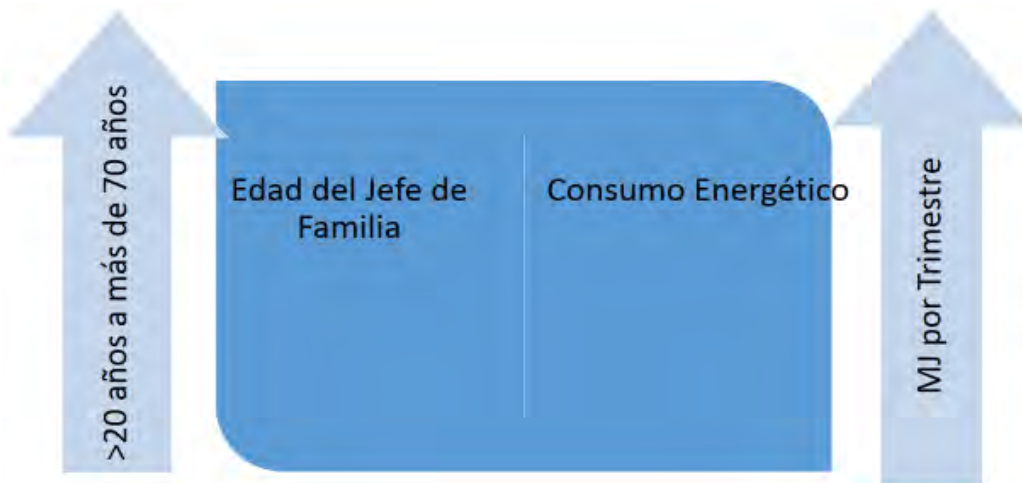
---

<sup>20</sup> La huella ecológica es un indicador del impacto ambiental que evalúa la capacidad del planeta para responder a la demanda y uso de los recursos naturales por el ser humano.



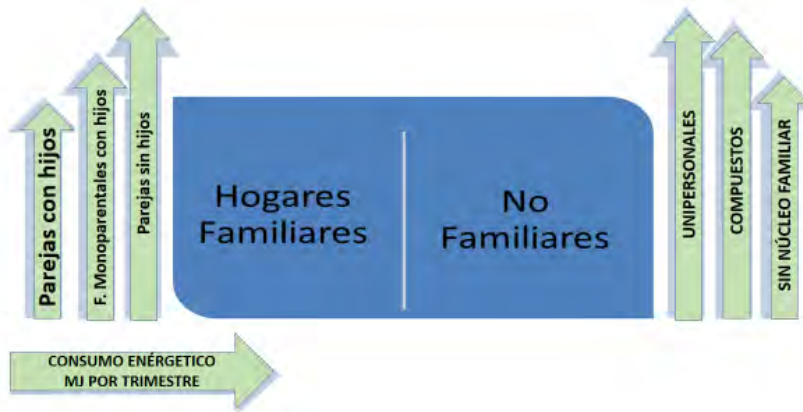
Cuadro 4.1 Tamaño del hogar

\*Edad del jefe del hogar: El consumo energético tiene una tendencia al aumento mientras la edad del jefe de familia es más avanzada.



Cuadro 4.2 Edad del Jefe del hogar

\*Tipo de hogar: Familiares (Parejas sin hijos los de mayor consumo energético) y no familiares (Unipersonales)



Cuadro 4.3 Tipo de hogar

Este análisis nos ayuda a consolidar el perfil del cliente a quien va dirigido el producto; siendo los hogares unipersonales, parejas sin hijos, con jefes de familia de edad avanzada y hogares con pocos integrantes los de mayor consumo energético, y por ende posibles usuarios de tarifa DAC.

### 4.3 Producto

Como se trató anteriormente en el estudio de mercado, los sistemas solares fotovoltaicos de interconexión son el producto a promover. Dicho producto está constituido fundamentalmente de un panel solar, un inversor de corriente CD/CA, un sistema de monitoreo, un medidor bidireccional, el cableado apropiado para conectarse a la red eléctrica circundante, además de una estructura y cimientos del arreglo. La figura 4.1 ilustra la forma en que se lleva a cabo la instalación.

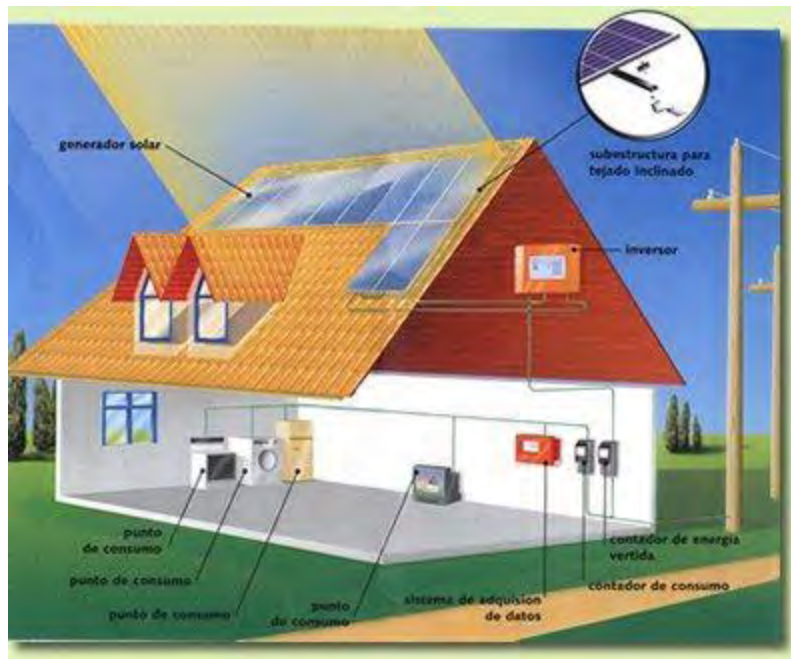


Figura 4.1 Descripción del Sistema Fotovoltaico

El producto se diversifica de acuerdo a la capacidad instalada del sistema fotovoltaico en unidades de kWp<sup>21</sup>, es decir la capacidad de los paneles, a partir de este valor dependerá el dimensionamiento del inversor, para poder armar un kit que incluya, además de estos elementos, la estructura o soporte metálico donde se colocarán los paneles, el cableado y la instalación.

Con ayuda de estas especificaciones técnicas se definen las características comerciales del producto, el cual dará la información de kWh generados mensualmente, para que el cliente pueda comparar con su consumo referido en el recibo de luz y tomar una elección con información con la cual está más familiarizado. Sobre todo es muy importante puntualizar el ahorro que con este producto se genera.

En la siguiente tabla se enlistan los productos con las características comerciales y especificaciones técnicas.

<sup>21</sup> kWp-Kilowatt-pico es la unidad de la potencia máxima generada por una celda que recibe una irradiación de 1000 W/m<sup>2</sup> en condiciones estándar (25°C, presión atmosférica).



Especificaciones	Descripción /capacidad	Equipo	
Kit solar fotovoltaico 2 conectado a la red 460 watts 1.8 a 2.3 kWh por día	Uso residencial de un consumo moderado de 375 a 460 Wh.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 paneles solares 230 W</li> <li>• 2 inversores 230 W 130 Vac</li> <li>• 2 rieles E (210 mm)</li> <li>• 3 bases triangulares</li> <li>• 2 separadores U040</li> <li>• 4 terminadores B040</li> <li>• 8 tornillos SS 1/4" x 2"</li> <li>• 12 tornillos SS 1/4" x 1/2"</li> <li>• 20 tuercas seguridad SS 1/4"</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 broca 3/16"</li> <li>• 10 remaches Pop</li> </ul>
Kit 3 de energía solar fotovoltaica	Uso residencial de un consumo moderado de 2.8 a 3.5 kWh por día	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 paneles solares 230 W</li> <li>• 3 inversores 230 W 130 Vac</li> <li>• 2 rieles E (420 mm)</li> <li>• 2 bases triangulares</li> <li>• 2 separadores U040</li> <li>• 4 terminadores B040</li> <li>• 6 tornillos SS 1/4" x 2"</li> <li>• 8 tornillos SS 1/4" x 1/2"</li> <li>• 14 tuercas seguridad SS 1/4"</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 broca 3/16"</li> <li>• 10 remaches Pop</li> </ul>
Especificaciones	Descripción /capacidad	Equipo	
Kit 4 de energía solar fotovoltaica	Uso residencial o empresarial de un consumo moderado de 3.7 a 4.6 kWh por día	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 paneles solares 230 W</li> <li>• 4 inversores 230 W 130 Vac</li> <li>• 2 rieles E (420 mm)</li> <li>• 3 bases triangulares</li> <li>• 6 separadores U040</li> <li>• 4 terminadores B040</li> <li>• 10 tornillos SS 1/4" x 2"</li> <li>• 14 tornillos SS 1/4" x 1/2"</li> <li>• 24 tuercas seguridad SS 1/4"</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 broca 3/16"</li> <li>• 15 remaches Pop</li> </ul>
Kit 6 de energía solar fotovoltaica	Uso residencial de un consumo moderado de 5.5 a 6.9 kWh por día.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6 paneles solares 230 W</li> <li>• 6 inversores 230 W 130 Vac</li> <li>• 4 rieles E (420 mm)</li> <li>• 4 bases triangulares</li> <li>• 10 separadores U040</li> <li>• 2 extensores XT</li> <li>• 4 terminadores B040</li> <li>• 14 tornillos SS 1/4" x 2"</li> <li>• 20 tornillos SS 1/4" x 1/2"</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 34 tuercas seguridad SS 1/4"</li> <li>• 1 broca 3/16"</li> <li>• 10 remaches Pop</li> </ul>

Tabla 4.1 Especificaciones de kits solar fotovoltaicos

#### 4.3.1 Análisis FODA de Sistema Fotovoltaico

El análisis **FODA** permite el examen cuidadoso del producto objeto de estudio, brindando una situación puntual a través del escrutinio de variables representadas en la matriz para después de examinarlas, tomar decisiones estratégicas para mejorar la situación actual en el futuro.

<p style="text-align: center;"><b><u>Fortalezas</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación autónoma de energía eléctrica.</li> <li>• Mayor ahorro de energía y disminución de CO2.</li> <li>• Reducción del uso de energías fósiles.</li> <li>• Aumento del valor agregado de la propiedad.</li> <li>• Fácil mantenimiento y bajos costos de operación.</li> <li>• Reducción en la tarifa DAC y ahorro en pago de consumo.</li> <li>• Su valor no depende de la fluctuación de los precios de energías fósiles.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b><u>Oportunidades</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Son adaptables a las condiciones y estilo de vida del consumidor y se ajustan a las necesidades de la vivienda.</li> <li>• Tecnología de vanguardia.</li> <li>• Atracción del mercado inmobiliario.</li> <li>• Con la implementación de la Reforma Energética se pueden captar segmentos que no cuentan con fondos suficientes para desarrollar el sistema fotovoltaico.</li> <li>• Reducción del 100% del ISR,</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b><u>Debilidades</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El retorno de la inversión es a mediano plazo.</li> <li>• Baja difusión sobre los beneficios de esta tecnología.</li> <li>• No existe una conciencia social sobre el cuidado del medio ambiente no siendo atractivo para los usuarios por considerarlo innecesario..</li> <li>• Subsidio en las tarifas de CFE, no siendo atractivo el ahorro tarifario a través de la instalación de Sistemas fotovoltaicos.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b><u>Amenazas</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Existencia de amplia variedad de tecnologías verdes haciendo muy competitivo el mercado.</li> <li>• Amplia cobertura de mercado extranjero elevando los costos de los componentes.</li> <li>• Mayor dependencia al petróleo como fuente de electricidad.</li> <li>• Contratos complejos para la interconexión de Sistemas fotovoltaicos.</li> <li>• Visión a corto plazo, no permitiendo despertar el interés por este proyecto a largo plazo.</li> <li>• La disminución de costos no es inmediata por lo tanto el beneficio no resulta atractivo a inversionistas ni a usuarios.</li> </ul>

Cuadro 4.4 Matriz FODA. Elaboración propia.

#### **4.3 1.1 Fortalezas**

México posee un altísimo potencial para el desarrollo de tecnologías de aprovechamiento de energía solar, debido a los altos niveles de radiación que recibe. El aumento de la conciencia por el cuidado del medio ambiente por parte de la comunidad favorece el desarrollo de negocios asociados a él.

Con este sistema aprovechamos la fuente inagotable del sol ya que la radiación recibida se convierte directamente en energía eléctrica generando modularmente sólo la cantidad de energía eléctrica que se requiere.

Con los sistemas fotovoltaicos, se reduce considerablemente el pago de la tarifa del servicio eléctrico hasta un 90% los cuales son compatibles con 110 y 220 volts.

Se reduce la generación de CO<sub>2</sub>, ya que convierten directamente la energía solar en electricidad sin producir ninguna emisión o contaminación dañina, contribuyendo a la lucha contra el cambio climático y un futuro más limpio para las siguientes

#### **4.3.1.2 Oportunidades**

Los sistemas fotovoltaicos son adaptables a las condiciones y estilo de vida del consumidor y se ajustan a las necesidades de la vivienda ya que se pueden instalar en ubicaciones que ya cuentan con electricidad mediante la red de energía, pero que desean reducir y eventualmente eliminar sus costos de electricidad; también son la opción más barata y viable en aquellas situaciones en las que la red de electricidad está muy lejos. El sistema tiene dos opciones de instalación, uno que puede ser totalmente autónomo (fuera de red) o conectado a la red.

Una vez instalado el servicio no se requiere de muchos cuidados, sólo mantener limpios los paneles es suficiente para garantizar la conservación y el buen funcionamiento del sistema.

Tienen una vida útil de hasta 20 años y garantía de 25 años, además de poder ser reciclados.

El mercado apunta que el precio de los paneles solares ha ido bajando conforme a los años debido a la expansión de este tipo de tecnología en el mercado.

Con la reforma energética se pretende impulsar el desarrollo de fondos económicos que promuevan el impulso de las energías renovables.

El mercado inmobiliario puede llegar a ser un aliado importante para la implementación de sistemas fotovoltaicos, ya que al instalarlos durante la construcción de nuevos departamentos se busca prevenir la incidencia en una tarifa DAC o una tarifa alta. Incluso desde el diseño de estos edificios se puede llegar a establecer alianzas estratégicas con despachos de arquitectos e ingenieros civiles que requieran de los servicios de asesoría y distribución de paneles solares.

Establecimiento de alianzas estratégicas con bancos de desarrollo o bancos comerciales para que el consumidor pueda utilizar créditos con tasas de interés atractivas en la instalación de tecnologías verdes, además esta tecnología reduce la necesidad del uso de energías fósiles las cuales son cada vez más caras.

Al implementar esta tecnología se proyecta una imagen social al colocarse como un hogar de vanguardia en su compromiso con la protección del medio ambiente, que económicamente influye positivamente al aumentar el valor agregado de la propiedad.

La Ley del ISR, artículo 40, fracción XII, dice: “Todos los contribuyentes que inviertan en maquinaria o equipo de energías renovables podrán deducir el 100% de la inversión en un solo ejercicio.”

#### **4.2.1.3 Debilidades**

Se requiere de una inversión elevada para instalar un sistema fotovoltaico, aunado al largo periodo de recuperación del capital invertido, poniendo en riesgo el interés de los inversionistas.

No existe una buena difusión de la información sobre los beneficios de las energías verdes o alternativas, en particular de los sistemas fotovoltaicos.

Los subsidios en las tarifas eléctricas en varios sectores representan una barrera que obstaculiza el crecimiento de esta tecnología. Se necesita ofrecer un precio competitivo para poder abarcar un mayor mercado, tal es el caso de las tarifas 1-1F en alto rango.

Se necesita crear una mayor conciencia ecológica sobre el daño al medio ambiente que causa el uso de energías fósiles en la generación de energía eléctrica, y sobre la producción de dióxido de carbono como subproducto de este proceso, dañando la capa de ozono y contribuyendo al efecto invernadero. De esta manera, el interés de los consumidores aumentará y buscará opciones más sustentables que aminoren los daños causados a lo largo de estos años; comenzarán a ver el producto como una necesidad para evitar el deterioro del ecosistema.

Siendo una tecnología relativamente nueva en el país no existe la suficiente capacitación del personal de CFE para la instalación de medidores, así como la falta de una ventanilla exclusiva para la gestión de los trámites necesarios para la

interconexión de los sistemas fotovoltaicos de forma que se lleven a cabo de forma más eficiente y transparente.

Finalmente la falta de información de los requisitos de los contratos de interconexión.

#### **4.2.1.4 Amenazas**

La existencia en el mercado de otras tecnologías que utilizan energías renovables pueden llamar la atención del consumidor ya que sus costos son más baratos, resultando ser más seductoras que los sistemas fotovoltaicos. Si a esto se añade el esquema de subsidios en la mayoría de las tarifas eléctricas es muy difícil generar condiciones óptimas que propicien el desarrollo del mercado de la tecnología fotovoltaica.

Las inconsistencias de tipo legal, regulatorio y normativo representan un problema para los consumidores, ya que los contratos de interconexión son poco eficaces en la práctica debido a trámites complejos, falta de normas que garanticen la calidad de los equipos fotovoltaicos y su instalación, además de un limitado número de instaladores y técnicos en el campo.

En términos técnicos, no hay claridad en las especificaciones para los medidores de pequeña escala que además de ser costosos, parecen ser demasiado exigentes para una interconexión de pequeña escala. Esto conlleva a una escasez de medidores bidireccionales que satisfagan los requisitos que se exigen para llevar a cabo la interconexión.

#### **4.4. Precio**

El precio de esta tecnología ha demostrado ser un factor decisivo para adoptar el sistema. Es necesaria una fuerte inversión para disfrutar de los beneficios a largo plazo que ofrece el sistema fotovoltaico, es por ello que los estudios de rentabilidad son la base para convencer al cliente sobre las ventajas que aporta esta fuerte inversión. Para ello se requiere obtener un tiempo de recuperación a corto plazo.

En el anexo 2 se puede apreciar el estudio de rentabilidad del Sistema interconectado. Principalmente se realiza el análisis de la tarifa DAC ya que ofrece mejores resultados. Cabe mencionar que la flexibilidad de estos sistemas depende

de la capacidad instalada del sistema así como del consumo del usuario. Estos factores tienen un impacto importante, llegando a modificar el tiempo de recuperación de la inversión.

Para generar la lista de precios se pidieron varias cotizaciones a diferentes empresas dedicadas al desarrollo de proyectos de instalación de sistemas Fotovoltaicos. Encontrando la siguiente distribución.

Componente	%
Fotoceldas	40%
Inversor	20%
Monitoreo	14.50%
Cables + Conexiones	10%
Rieles	12%
Medidor	3.00%

Tabla 4.2 Porcentaje de inversión que representa cada componente en el precio total de un sistema fotovoltaico.

Estos son los precios de los sistemas Fotovoltaicos propuestos para su comercialización. Se calcularon las cargas equivalentes de aprovechamiento de la energía generada, éstas se encuentran en el **Anexo 3**.

Por otro lado, se plantea un 20% de margen de ganancia con respecto al precio de lista para los sistemas con paneles monocristalinos mientras que se utiliza un 15% para paneles policristalinos.

Capacidad (kWp)	Mono-cristalino	Poli-cristalino	kWh/día	kWh/mes	Equivalencia en Equipos	
1	\$56,800.00	\$56,700.00	5.30	159.00	✓ 15-20 focos ahorradores de 30W	✓ Lavadora 10 kg
1.5	\$76,200.00	\$77,700.00	7.95	238.50	✓ Refrigerador 170L	✓ TV LCD 32"
					✓ Transmisor Wi-Fi	✓ Microondas
						✓ Lap Top
						✓ Plancha
2	\$101,800.00	\$105,500.00	10.60	318.00	✓ 20 focos ahorradores de 30W,	✓ Lavadora 10 kg,
					✓ Aire acondicionado,	✓ Secadora de ropa,
					✓ Refrigerador 170L,	✓ TV LCD 32",
					✓ Transmisor Wi-Fi,	✓ Microondas,
						✓ Lap Top,
						✓ Plancha
3	\$142,100.00	\$141,800.00	15.90	477.00	✓ 20 -25 focos ahorradores de 30W	✓ Lavavajillas
					✓ Estufa eléctrica	✓ Transmisor Wi-Fi
					✓ Bomba de agua 1.5hp	✓ Lavadora 10 kg
					✓ Aire acondicionado	✓ Secadora de ropa
					✓ Refrigerador 170L	✓ TV LCD 32"
						✓ 2 Lap Top
						✓ Microondas, plancha, Licuadora

Capacidad (kWp)	Mono-cristalino	Poli-cristalino	kWh/día	kWh/mes	Equivalencia en Equipos	
3.5	\$159,700.00	\$159,300.00	18.55	556.50	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 20 -25 focos ahorradores de 30W</li> <li>✓ Estufa eléctrica</li> <li>✓ Bomba de agua 1.5hp</li> <li>✓ Aire acondicionado</li> <li>✓ Refrigerador 170L</li> <li>✓ Lavavajillas</li> <li>✓ Transmisor Wi-Fi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Lavadora 10 kg</li> <li>✓ Secadora de ropa</li> <li>✓ 2-4 TV LCD 32"</li> <li>✓ 2 Lap Top</li> <li>✓ Consola de videojuegos</li> <li>✓ Portero eléctrico motor</li> <li>✓ Microondas, plancha, Licuadora</li> </ul>
4	\$186,100.00	\$185,600.00	21.20	636.00	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 25 -30 focos ahorradores de 30W</li> <li>✓ Estufa eléctrica</li> <li>✓ Bomba de agua 1.5hp</li> <li>✓ Aire acondicionado</li> <li>✓ Refrigerador 170L</li> <li>✓ Lavavajillas</li> <li>✓ Transmisor Wi-Fi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Lavadora 10 kg</li> <li>✓ Secadora de ropa</li> <li>✓ 2-4 TV LCD 32"</li> <li>✓ 2-4 Lap Top</li> <li>✓ Consola de videojuegos</li> <li>✓ 2-4 Cargadores de teléfono</li> <li>✓ Portero eléctrico motor</li> <li>✓ Microondas, plancha, Licuadora</li> </ul>
5	\$229,200.00	\$228,700.00	26.50	795.00	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 20 -25 focos ahorradores de 30W</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Secadora de ropa</li> <li>✓ 2-4 TV LCD 32"</li> </ul>
6	\$280,800.00	\$280,100.00	31.80	954.00	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Estufa eléctrica</li> <li>✓ Bomba de agua 1.5hp</li> <li>✓ Aire acondicionado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 2 Lap Top</li> <li>✓ Consola de videojuegos</li> <li>✓ Cargadores de teléfono</li> </ul>
7	\$320,400.00	\$319,600.00	37.10	1,113.00	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Refrigerador 170L</li> <li>✓ Lavavajillas</li> <li>✓ Transmisor Wi-Fi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Portero eléctrico motor</li> <li>✓ Microondas, plancha, Licuadora</li> </ul>
8	\$360,600.00	\$359,800.00	42.40	1,272.00	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Transmisor Wi-Fi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Microondas, plancha, Licuadora</li> </ul>
10	\$439,700.00	\$438,600.00	53.00	1,590.00	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Lavadora 10 kg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Otro aparatos eléctricos</li> </ul>

Tabla 4.3 Lista de precios de sistemas fotovoltaicos de diferente capacidad y la equivalencia en equipos que aprovechan la energía generada

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.5 Medios de Promoción de sistemas fotovoltaicos

La forma para darse a conocer es muy importante para combatir la falta de difusión sobre los sistemas fotovoltaicos, ya que a la fecha el esparcimiento de datos relevantes sobre esta tecnología no se difunde fácilmente en medios informativos de uso cotidiano tales como revistas, radio, televisión.

Si bien la manera de difundir la información se ha diversificado permitiendo tener un mayor alcance con el público sobre todo a través del internet, la importancia de generar propuestas para promocionar los sistemas fotovoltaicos es fundamental para el conocimiento de empresas que promueven la tecnología fotovoltaica.



Una de las herramientas de búsqueda en este espacio es el buscador Google herramienta muy poderosa para obtener en cuestión de segundos información relevante.

Según Statcounter<sup>22</sup> en el periodo 2012-2013 Google abarca más del 90% del mercado de motores de búsqueda, por ello es necesario aprovechar programas de publicidad online de Google como *AdWords*, que mientras el usuario navega por sitios web o ingresa palabras o frases o de temas relacionados con el giro del negocio, en este caso, energías renovables o tecnologías sustentables, el anuncio puede aparecer en Google y el costo de este servicio se cobrará sólo cuando el cliente hace clic en el anuncio.



Figura 4.2 Anuncios en buscador Google

Existe también en México un directorio llamado *Las Páginas Verdes*<sup>23</sup> con un tiraje de 150,000 ejemplares el cual es distribuido en puntos estratégicos como *Starbucks* (cadena internacional de café con aproximadamente 17.800 locales en 49 países), *Superama* (tiendas de autoservicio en México que ofrece abarrotes, perecederos, vinos y licores, alimentos preparados y artículos para el hogar y de limpieza, pero enfocado al nivel socioeconómico alto), *The Body Shop* (compañía de belleza de renombre internacional con más de 2.600 tiendas en todo el mundo, productos 100% vegetarianos y un 65% de sus productos contiene ingredientes de Comercio Justo con Comunidades), *Merca 2.0* (ofrece información sobre

---

<sup>22</sup>StatCounter es una página dedicada a monitorear las visitas de una página web, recabando los datos estadísticos y ordenándolos periódicamente.

[http://gs.statcounter.com/#search\\_engine-ww-yearly-2010-2013-bar](http://gs.statcounter.com/#search_engine-ww-yearly-2010-2013-bar) (24-03-2014)

<sup>23</sup><http://laspaginasverdes.com/>

publicidad, mercadotecnia, medios, comunicación y marketing de México y el mundo), entre otros, y disponible en su sitio web<sup>24</sup> para descargarse.

La organización *Las Páginas Verdes* anuncia empresas sustentables y está dirigido al público que está consciente de la huella ecológica que genera en el planeta, su *Target*, es decir, *cliente potencial* está muy definido a personas interesadas en salud, bienestar, productos orgánicos y alternativos, las energías renovables y el ecoturismo, con una conciencia y formación preocupada por la sociedad y el medio ambiente, lo cual determina en gran medida sus decisiones de compra. Estos factores son más determinantes que el precio para comprar un producto”<sup>25</sup>.



Figura 4.3 Directorio Las páginas verdes

Esta descripción se apega perfectamente al tipo de cliente al que se quiere llegar. Además la organización, *Las páginas verdes*, cuenta con un sitio de Internet al cual se puede suscribir cualquier empresa sustentable gratis, aunque también existe la versión Plus y Premium que permiten colocar más fotos de productos y aparecer en el directorio como una de las primeras opciones, posteriormente los anunciantes aparecen por orden alfabético.

Para hacer uso de las herramientas mencionadas previamente es necesario contar con una página web en la que se proporcione información sobre la empresa y se presenten los productos que se quieren vender, explicando su funcionamiento, así como diferentes opciones de crédito y pago para adquirirlos, orientando al cliente y él mismo pueda tomar la decisión de optar por el sistema que más le convenga.

<sup>24</sup> [www.merca20.com](http://www.merca20.com)

<sup>25</sup> <http://laspaginasverdes.com/quienes-somos-y-que-hacemos/>

Adicionalmente se pueden exhibir proyectos y casos aplicados con éxito que generen confianza en el cliente.



Figura 4.4 Páginas web

Para garantizar el éxito en la difusión del proyecto de deben considerar además claridad en su funcionamiento, es decir, generarán resultados muy específicos para los sectores público (municipal), comercial y residencial (en un principio la vivienda DAC y posteriormente usuarios con un perfil de “rango alto” e interés social). dimensionamiento y capacidad; costos; incentivos; rentabilidad y requisitos técnicos y administrativos, es decir, trámites de interconexión.

Finalmente, se deben considerar los motivos de los clientes potenciales para invertir en los sistemas fotovoltaicos a partir del interés por la protección ambiental, considerando a la energía solar como una alternativa para el uso de energía limpia, interés técnico, incentivo financiero (reducción de costos en la tarifa de electricidad DAC) y autonomía.

En varios sitios de Internet de compañías que se dedican a la comercialización de sistemas fotovoltaicos se utilizan diversas estrategias que permiten probar virtualmente los beneficios que ofrece el sistema, tales como aplicaciones digitales que permiten hacer una cotización de la energía que se generaría si se instalara en cierta área de techo un sistema fotovoltaico, dicha proyección utiliza *google maps* para localizar el techo en el que se desea instalar el sistema, en el caso de instalaciones residenciales; y además permite estimar, de acuerdo al tipo de techo,



comunicar la estrategia de *marketing* y, de esta manera, poder alcanzar sus objetivos comerciales.

A continuación se esbozan los puntos de venta seleccionados para difundir el proyecto.

#### 4.6.1 Stand en plazas comerciales

Se analizó también la posibilidad de un local permanente de exhibición, que si bien restringe geográficamente el alcance y la distribución de los sistemas fotovoltaicos, brinda confianza al cliente al entablar una entrevista directa con el consumidor, con el fin de resolver dudas que esta nueva tecnología genera..



Figura 4.6 Stand en plazas comerciales

#### 4.6.2 Alianzas estratégicas con tiendas electrónicas.

Se plantea el establecimiento de alianzas estratégicas con tiendas de electrónica como **Steren** México, Grupo COEL, Alcione con el fin de ofrecer asesoría y diseño de proyectos de acuerdo a las necesidades del usuario.



Figura 4.7 Alianza con tiendas distribuidoras material electrónica

#### 4.6.3 Creación de sitios web.

Se pretende utilizar un medio virtual con la información de contacto que le permita al cliente dar acercarse a los productos que se ofrecen. Dentro del sitio web se podrá generar una petición de cotización para que el cliente obtenga un bosquejo del producto así como las ventajas como reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> y el ahorro económico que implica utilizar la tecnología solar.



Figura 4.8 Creación de sitios web

#### 4.6.4 Ferias y eventos ecológicos.

Los eventos y ferias ecológicas son también puntos de comercialización estacionales que ayudan a generar mayores ventas, pues el segmento de mercado al que se quiere llegar estará presente y un contacto directo genera una mayor confianza.

Dichos eventos, por mencionar algunos:

The GREEN Expo 2013 (21<sup>a</sup> edición) está integrado por 4 grandes segmentos: medio ambiente, energía, agua y ciudades sustentables. Se lleva a cabo en Septiembre y cuenta con la participación de 450 marcas y 250 compañías expositoras (datos en su edición 2013). La entrada es libre y se organizan además distintas conferencias para el público asistente.



Figura 4.9 The GREEN Expo2013

Ecofest, evento anual abierto al público general que va en su 5<sup>a</sup> edición y se lleva a cabo en Marzo, 2014 con el fin de promover las compras verdes. Se reportan más

de 60 000 visitantes, participan 180 expositores y se lleva a cabo al aire libre, la entrada es gratuita y también se organizan talleres, conferencias, actividades culturales y deportivas. Está organizado por las páginas verdes



Figura 4.10 Ecofest, 2014.



## Capítulo 5. Análisis Financiero

A través de un plan de inversión inicial que hace referencia a los recursos necesarios para poder llevar a cabo el proyecto.

Al adquirir un sistema fotovoltaico, se requiere considerar el costo de inversión para montar el equipo así como el costo de energía.

El costo de inversión depende de varios factores tales como: la capacidad del sistema, la preparación y ejecución del proyecto, lo que incluye diseño, instalación, interconexión y puesta en marcha del sistema; las características tecnológicas y económicas de los componentes, principalmente de los módulos y el inversor.

Se debe resaltar que en promedio el costo de los módulos ha venido disminuyendo y se espera que en los próximos años esta tendencia continúe.

Es necesario valorar si en la casa que se integrará ya existe el sistema o será construido, así como el lugar donde se montará.

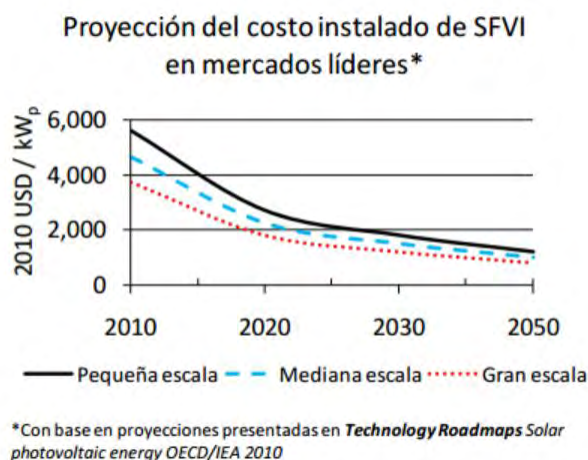


Figura 5.1 Proyección del costo instalado de Sistemas Fotovoltaicos

Composición típica en el ámbito internacional de costos de inversión de SFVI de pequeña escala

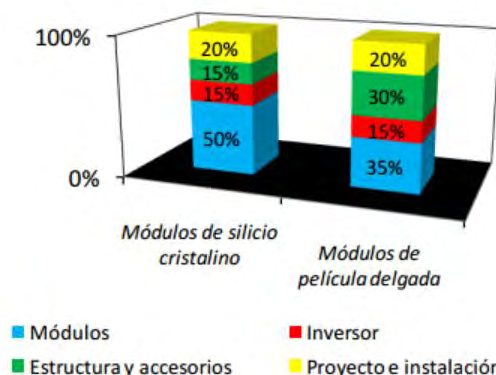


Figura 5.2 Composición típica de costos de inversión de Sistemas Fotovoltaicos

El costo de energía se refiere al costo por cada kilowatt-hora de electricidad producida por el sistema fotovoltaico. En el ámbito técnico se denomina costo nivelado de energía y se puede comparar directamente contra el precio de electricidad de la red.

En su determinación intervienen los siguientes factores, el monto de la inversión, la eficiencia con la cual se estará efectuando la conversión de energía solar a eléctrica, la localidad donde se instalará el sistema, de lo cual dependerá la disponibilidad de energía solar aprovechable, así como también la afectación por sombreados y finalmente la vida útil del sistema.

### 5.1 Proyección de ventas de Sistemas fotovoltaicos interconectados.

Los sistemas fotovoltaicos requieren una importante inversión de capital inicial, pero tienen unos gastos de mantenimiento bajos.

El análisis de todos los aspectos económicos relativos a un sistema fotovoltaico es complejo. De hecho, es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones: Cada aplicación tiene que ser contemplada en su contexto particular, evaluando condiciones locales como, por ejemplo, la normativa, la radiación solar, el espacio disponible, entre otros.

Para realizar una comparación correcta es necesario hablar de valor de la energía producida y no de coste de la energía. Esto es así porque la calidad de la energía

producida por una fuente fotovoltaica no es la misma que la de las fuentes tradicionales.

Para realizar la proyección de las ventas de un sistema fotovoltaico conectado al Sistema Nacional de Electricidad se requiere estudiar la evolución de los contratos de interconexión a pequeña y mediana escala. Dicha información se abordó en el estudio de mercado y en el análisis de información histórica detectando la evolución de los contratos de interconexión, específicamente los contratos a pequeña escala, a partir de los cuales podemos hacer una proyección del comportamiento de los contratos en 5 años, y fijar metas de ventas como cubrir el 5% de este mercado de generación de energía eléctrica a partir de sistemas fotovoltaicos.

## **5.2 Objetivos, alcance y enfoque.**

Los objetivos fundamentales de este proyecto son los siguientes:

- Impulsar en el corto (1 año) y mediano (5 años) plazo la tecnología solar FV en áreas residenciales.
- Garantizar el crecimiento del mercado solar FV con calidad en servicios asociados.
- Desarrollar un mercado local que impacte en la industria nacional de la tecnología solar FV.

## **Conclusiones y Beneficios esperados**

La energía solar fotovoltaica como fuente renovable representa una alternativa sustentable con el medio ambiente, ya que es una energía que está disponible en la mayor parte del planeta y no depende de las fluctuaciones del mercado como por ejemplo es el caso del petróleo.

La energía solar fotovoltaica suministra un servicio eficiente, ecológico y moderadamente económico. Son sistemas simples y modulares, que se instalan fácilmente y pueden ampliar el sistema eléctrico. La reparación y cambio de componentes es fácil y económica. Los sistemas son adaptables a la mayoría de comunidades y a las necesidades, siempre y cuando haya luz solar.

Las placas fotovoltaicas tienen una vida útil de más de veinte años prácticamente con un mínimo de mantenimiento. Los reguladores de carga y los onduladores tienen al menos diez años de vida útil. Las baterías solo necesitan un mantenimiento simple, pero regular. No emiten gases que contribuyan al efecto invernadero o humos tóxicos.

La producción de energía generada es consumida en el mismo lugar donde se produce y esta hace que disminuyan las pérdidas de energía eléctrica en la red (actualmente se calcula que se pierde alrededor de un 9% de la energía eléctrica que se produce por las líneas de distribución)

La totalidad de la producción eléctrica es susceptible de ser utilizada entendiendo la red eléctrica como una batería "infinita". En el caso de acumuladores de baterías, una vez que están llenos, la energía sobrante se pierde en forma de calor.

Las posibilidades de integración de esta tecnología en casas habitación son muy diversas, pero es necesario considerar el tiempo de construcción, tipo de instalación eléctrica, orientación, ubicación, entre otros.

Se requiere mayor participación del gobierno para la creación de programas que incentiven la implementación de sistemas fotovoltaicos. En dichos programas las empresas generadoras de energía eléctrica (equivalentes a la CFE en México) estarán obligadas a dar acceso a la red eléctrica a los pequeños usuarios que produzcan energía “verde” (en exceso a su propio consumo) y comprar toda la energía eléctrica generada en exceso por los usuarios en base a fuentes renovables; además establecer contratos de largo plazo (15-20 años) pagando tarifas por arriba del mercado ya que el uso de créditos fiscales o de fondos revolventes que apoyen a empresas y pequeños usuarios.

Se necesita implementar una base de datos sobre el consumo energético en el país, dicha información podría ser solicitada en la Encuesta Nacional de Ingresos y gastos de los hogares con preguntas más específicas sobre los hábitos de consumo.

Por otra parte fomentar y difundir el apoyo a empresas mexicanas que se dedican a la Industria Solar es una vía para generar el reconocimiento de la calidad de los productos mexicanos en el mercado. De esta manera se promueve la ampliación del mercado fotovoltaico lo que implica una disminución en los costos de producción de los componentes.

El aprovechamiento de la energía solar ofrece una gran cantidad de beneficios que en su mayoría resultan de la reducción del consumo de combustibles fósiles como energía primaria para la generación de electricidad.

Los principales beneficios esperados de la implementación del Proyecto se clasificarían en beneficios económicos, sociales y ambientales.

### **Beneficios económicos**

- Ahorros fiscales para el Gobierno Federal por la reducción en el consumo de energía eléctrica subsidiada.
- Ahorros económicos para el usuario final resultado de la reducción de gastos de energía eléctrica proveniente de CFE (véase la sección 2.3).

### **Beneficios sociales**

- Creación de nuevos empleos por crecimiento de la industria local de tipo PyME y de la industria solar en México.

### **Beneficios ambientales**

- Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Reducción de emisiones de gases dañinos para la salud humana y el medio ambiente.

### **Acciones prospectivas para garantizar la vigencia del proyecto.**

- Implementar estudios de seguimiento sobre normas y/o especificaciones de productos e instalaciones que son necesarios para garantizar la calidad de sistemas FV en aplicaciones a escala chica, que permitan pronosticar efectos en mediana y gran escala.
- Impulsar la elaboración de normas como seguridad, durabilidad, eficiencia necesarias para garantizar la calidad de sistemas FV y de su instalación.
- Promover mecanismo de certificación de sistemas FV.
- Identificar instituciones que actualmente ofrecen cursos o programas de capacitación sobre sistemas FV.
- Informar a los usuarios sobre las posibilidades de ahorro con sistemas FV y sobre posibles mecanismos de financiamiento a través de la facturación de CFE.

## Referencias bibliográficas

- Asociación Europea de la Industria Fotovoltaica. (2012). Pronóstico del mercado global para sistemas fotovoltaicos hasta el 2016. Bélgica: EPIA.
- Banco Mundial. (2013). *Resumen Ejecutivo del Marco de seguimiento global de la iniciativa energía sostenible para todos*. EEUU: BM.
- Diario Oficial de la Federación. (2008). *Ley para el aprovechamiento de energías renovables y el Financiamiento de la transición energética*. México: Cámara de diputados del H. Congreso de la Unión. Secretaría General Secretaría de Servicios Parlamentarios
- Diario Oficial de la Federación. (2013). *Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables, Últimas reformas publicadas*. México: Secretaria de Gobernación.
- Diario Oficial de la Federación. (2013). *Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018*. México: Secretaria de Gobernación.
- Diario Oficial de la Federación. (2013). *Programa Sectorial de Energía 2013-2018*. México: Secretaria de Gobernación.
- Instituto de Investigaciones Eléctricas. (2012). *Uso sustentable de recursos energéticos mexicanos. Reporte anual 2012*. México: IIE.
- Instituto de Investigaciones Eléctricas. (2012). *Fuentes Renovables de Energía*. México: IIE.
- Instituto de Investigaciones Eléctricas. (2012). *Eficiencia energética y ahorro energético*. México: IIE.
- Laboratorio Nacional de Energías renovables. (2013). *Datos de energía renovable 2011*. EEUU: Departamento de Energía.
- Perspectiva global de la Energía. (2013). *Resumen Ejecutivo*. Paris: Agencia Internacional de la Energía.
- ProMéxico. (2013). *Energías renovables. Unidad de inteligencia de negocios*. México: ProMéxico.
- Red de Políticas de Energía Renovable para el siglo 21. (REN21). (2012). *Artículos académicos*. Red de Políticas de Energía Renovable para el siglo 21. Paris: REN21.
- Secretaría de Energía.(SENER). (2012). *Iniciativa para el desarrollo de las energías renovables en México. Energía solar FV*. México: SENER.
- Secretaría de Energía (SENER). (2012). *Programa de Fomento de Sistemas Fotovoltaicos en México (ProSolar)*. México: SENER/GIZ.

Sovacool, B. K., Lakshmi, P. R. (2012). "Conceptualizing the acceptance of wind and solar electricity" En: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (2012), 5268–5279.

### **Fuentes electrónicas**

Contrato de interconexión <http://www.cre.gob.mx/documento/1316.pdf>

Doc. Residential, Commercial, and Utility-Scale Photovoltaic (PV) System Prices in the United States: Current Drivers and Cost-Reduction. Opportunities <http://www.nrel.gov/docs/fy12osti/53347.pdf>

Fuentes de energía no renovables (Documentos, Modelos de contratos y Convenios) <http://www.cre.gob.mx/articulo.aspx?id=183>

Generación de Electricidad en 2007 Solar energy Perspectives [http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Solar\\_Energy\\_Perspectives2011.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Solar_Energy_Perspectives2011.pdf)

Guía para trámites con la comisión Reguladora para permisos de generación e importación de energía eléctrica con energías renovables, cogeneración y fuente firme Descripción de los componentes de un sistema fotovoltaico [http://www.energianow.com/Instructivos/Componentes\\_Sistema\\_Fotovoltaico.pdf](http://www.energianow.com/Instructivos/Componentes_Sistema_Fotovoltaico.pdf)

International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme, Reportes anuales 2006-2012

National PV Cost Values, for: NARUC 7-Member Consortium for PV Resource Characterization1 December 21, 2009) [http://www1.eere.energy.gov/solar/pdfs/national\\_cost\\_benchmarks\\_report.pdf](http://www1.eere.energy.gov/solar/pdfs/national_cost_benchmarks_report.pdf)

Nichos de mercado para sistemas fotovoltaicos en conexión a la red eléctrica en México. <http://www.giz.de/en/downloads/en-market-niches-for-gride-connected-photovoltaic-systems-mexico.pdf>

Photovoltaic (PV) Pricing Trends: Historical, Recent, and Near-Term Projections <http://www.nrel.gov/docs/fy13osti/56776.pdf>



Programa de fomento de sistemas fotovoltaicos en México  
<http://www.giz.de/en/downloads/2012-giz-sistemas-fotovoltaicos-mexico-prosolar-es.pdf>

Recomendación estratégica sobre tecnologías y subsectores como orientación para sustentar acciones de eficiencia energética en el sector PyME.  
<http://www.giz.de/en/downloads/2012-giz-empfehlungen-energieeffizienz-kmu-es.pdf>

Renewable Energy Data Book US Department of Energy This report was produced by Rachel Gelman, edited by Scott Gossett, and designed by Stacy Buchanan of the National Renewable Energy Laboratory (NREL)  
<http://www.nrel.gov/docs/fy13osti/54909.pdf>

Sánchez, Landy (2012) “Hogares y consumo energético en México”. En: Revista electrónica Universitaria, UNAM.  
<http://www.revista.unam.mx/vol.13/num10/art101/#up>

Solar PV cost update Department of Energy & Climate Change, May 2012  
[https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/43083/5381-solar-pv-cost-update.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/43083/5381-solar-pv-cost-update.pdf)

ANEXO 1. Cálculo del área teórica necesaria para la cobertura total de la demanda energética con sistemas fotovoltaicos

<b>Datos sobre paneles fotovoltaicos</b>			
<b>a</b>	Rendimiento del sistema instalado	73 %	
<b>b</b>	Eficiencia de la celda fotovoltaica	16 %	
<b>Información sobre México</b>			
<b>c</b>	Consumo de electricidad	841.709 PJ/año	
<b>d</b>	Área del territorio mexicano	1,984,375,000,000.00m <sup>2</sup>	
<b>e</b>	Radiación global diaria	5 kWh/m <sup>2</sup> ·día	
<b>f</b>	Radiación global anual	1825 kWh/m <sup>2</sup> ·año	
<b>Área teórica necesaria para la cobertura total con sistemas fotovoltaicos</b>			
<b>g</b>	Electricidad producida por los sistemas fotovoltaicos en kWh/m <sup>2</sup>	f*a*b	213.16 kWh/m <sup>2</sup> ·año
<b>h</b>	electricidad producida por los sistemas fotovoltaicos en PJ/m <sup>2</sup> ·año	g*3600/1·10 <sup>12</sup>	7.67E-07 PJ/ m <sup>2</sup> ·año
<b>i</b>	Área requerida de sistemas fotovoltaicos	c/h	1,096,866,464.42 m <sup>2</sup>
<b>j</b>	Porcentaje del territorio total	i*100/d	<b>0.055 %</b>

Fuente: elaboración propia tomando como referencia Estudio realizado por GIZ “Nichos de mercado para sistemas fotovoltaicos interconectados en México”, 2009.

- Cálculo de la producción de electricidad por los sistemas fotovoltaicos anualmente en kWh/m<sup>2</sup>·año:

$$\text{Radiación anual} \left[ \frac{kWh}{m^2 \text{ año}} \right] \times \text{Rendimiento del sistema} [\%] \times \text{Eficiencia de los paneles} [\%]$$

- Para el cálculo de la producción de los sistemas fotovoltaicos anualmente en PJ/m<sup>2</sup>·año se multiplica por el factor de conversión E:

$$\left[ \frac{kWh}{m^2 \text{ año}} \right] \times \frac{3600}{1 \cdot 10^{12}} \frac{PJ}{1 kWh}$$

- El área requerida se obtiene dividiendo el consumo global anual entre la producción de energía de los sistemas fotovoltaicos:

$$\frac{\text{Consumo de electricidad}}{\text{Electricidad generada con Sistemas fotovoltaicos}} = \frac{\left[ \frac{PJ}{\text{año}} \right]}{\left[ \frac{PJ}{m^2 \text{ año}} \right]} = m^2$$

- Finalmente se obtiene el porcentaje necesario para instalar sistemas fotovoltaicos en el territorio nacional.

$$\frac{\text{Área requerida}}{\text{Área territorio Nacional}} \times 100 = \%$$

ANEXO 2 Estudio de rentabilidad por región de Tarifa DAC tomando como ejemplo una ciudad representativa.

Tarifa	1	1A	1B	1C
Región DAC	Central	Sur y Peninsular	Sur y Peninsular	Norte y Noreste
Ciudad	Distrito Federal	Cuautla	Acapulco	Monterrey
Límite de consumo Mensual [kWh]	<b>250</b>	<b>300</b>	<b>400</b>	<b>850</b>
Electricidad requerida en el año [kWh]	3000	3600	4800	10200
Radiación [kWh/m <sup>2</sup> -día]	5.73	5.73	5.73	5.73
Eficiencia del Módulo [%]	18%	18%	18%	18%
Performance ratio [%]	73%	73%	73%	73%
Eficiencia real <sup>27</sup>	73.00%	73.00%	72.45%	72.09%
Tasa de descuento[%]	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%
Costos de operación y mantenimiento para el sistema FV [%]	0.50%	0.50%	0.50%	0.50%
Tasa del incremento en las tarifas eléctricas [%]	4%	4%	4%	4%
Tiempo de operación del sistema fotovoltaico[años]	20	20	20	20
IVA [%]	16%	16%	16%	16%
Energía total generada al año [kWh]	274.8	274.8	272.8	271.4
Área Total requerida [m <sup>2</sup> ]	10.9	13.1	17.6	37.6
Capacidad total necesaria de instalación [kWp]	1.97	2.36	3.17	6.77
Electricidad producida al año [kWh]	3,010.00	3,610.00	4,840.00	10,340.00
Precio por kWp policristalino TOTAL	\$94,363.00	\$113,044.00	\$151,843.00	\$307,358.00
O&M	\$ 471.82	\$ 565.22	\$ 759.22	\$ 1,536.79
VPN de O&M	\$ 6,245.10	\$ 7,481.44	\$ 10,049.22	\$ 20,341.46
Inversor	\$ 12,727.72	\$ 12,727.72	\$ 12,727.72	\$ 10,993.45
Gasto de Inversión total en Sistema Fotovoltaico	<b>\$ 113,335.82</b>	<b>\$ 133,253.16</b>	<b>\$ 174,619.94</b>	<b>\$ 338,692.91</b>
Gasto total en Electricidad sin Sistema Fotovoltaico (\$ M.N.)	\$ 445,753.35	\$ 500,468.75	\$ 669,030.35	\$ 1,405,409.98
Ahorro Total (\$ M.N.)	\$ 332,417.52	\$ 367,215.59	\$ 515,349.15	\$ 1,151,631.38
Ahorro Anual (\$ M.N.)	\$ 16,620.88	\$ 18,360.78	\$ 25,767.46	\$ 57,581.57
Ahorro Mensual (\$ M.N.)	\$ 1,385.07	\$ 1,530.06	\$ 2,147.29	\$ 4,798.46
Tiempo de recuperación	6.8	7.3	6.0	4.4
Ahorro en emisiones CO <sub>2</sub> al año	433.1	518.9	691.7	1469.8
Ahorro en emisiones CO <sub>2</sub> ciclo de vida Sistema Fotovoltaico (toneladas)	8.7	10.4	13.8	29.4

<sup>27</sup> La eficiencia se reduce debido a un factor de pérdida de eficiencia por Temperatura: la eficiencia disminuye 0.5% por cada °C arriba de 25°C

Tarifa	1D	1E	1F
Región DAC	Baja California Sur	Noroeste	Baja California
Ciudad	La Paz	Guaymas	Mexicali
Límite de consumo Mensual [kWh]	<b>1000</b>	<b>2000</b>	<b>2500</b>
Electricidad requerida en el año [kWh]	12000	24000	30000
Radiación [kWh/m <sup>2</sup> -día]	5.73	5.73	5.73
Eficiencia del Módulo [%]	18%	18%	18%
Performance ratio [%]	73%	73%	73%
Eficiencia real <sup>28</sup>	71.91%	71.72%	71.54%
Tasa de descuento[%]	4.30%	4.30%	4.30%
Costos de operación y mantenimiento para el sistema FV [%]	0.50%	0.50%	0.50%
Tasa del incremento en las tarifas eléctricas [%]	4%	4%	4%
Tiempo de operación del sistema fotovoltaico[años]	20	20	20
IVA [%]	16%	16%	16%
Energía total generada al año [kWh]	270.7	270.0	269.3
Área Total requerida [m <sup>2</sup> ]	44.3	88.9	111.4
Capacidad total necesaria de instalación [kWp]	7.98	10 (16) <sup>29</sup>	10 (20.06) <sup>30</sup>
Electricidad producida al año [kWh]	12,190.00	15,010.00	14,970.00
Precio por kWp policristalino TOTAL	\$ 362,292.00	\$ 454,000.00	\$ 454,000.00
O&M	\$1,811.46	\$ 2,270.00	\$ 4,553.62
VPN de O&M	\$ 23,977.08	\$ 30,046.47	\$ 60,273.21
Inversor	\$10,993.45	\$10,993.45	\$ 10,993.45
<b>Gasto de Inversión total en Sistema Fotovoltaico (\$ 0.00 MXN)</b>	<b>\$ 397,262.53</b>	<b>\$ 495,039.91</b>	<b>\$ 525,266.66</b>
Gasto total en Electricidad sin Sistema Fotovoltaico (\$M.N.)	\$ 1,707,591.43	\$ 3,204,520.23	\$ 4,006,607.68
Ahorro Total (\$M.N.)	\$ 1,310,328.90	\$ 2,141,400.00	\$ 2,492,400.00
Ahorro Anual (\$M.N.)	\$ 65,516.44	\$ 109,200.00	\$ 126,400.00
Ahorro Mensual (\$M.N.)	\$ 5,459.70	\$ 9,100.00	\$ 10,533.33
Tiempo de recuperación	6.1	4.5	4.2
Ahorro en emisiones CO <sub>2</sub> al año	1728.1	3456.1	4322.1
Ahorro en emisiones CO <sub>2</sub> ciclo de vida Sistema Fotovoltaico (toneladas)	34.6	69.1	86.4

<sup>28</sup> La eficiencia se reduce debido a un factor de pérdida de eficiencia por Temperatura: la eficiencia disminuye 0.5% por cada °C arriba de 25°C

<sup>29 y 4</sup> La capacidad máxima de instalación de sistemas fotovoltaicos interconectados para uso doméstico establecida por la Comisión Federal es de 10 kW, es por ello que se toma como capacidad necesaria 10 kW para tarifas 1E y 1F que claramente exceden en su consumo la capacidad establecida por CFE.

Los datos de la tabla anterior se obtienen a partir de cálculos utilizando las siguientes fórmulas:

Energía Total generada en el año [kWh]:

$$Energía_{Total} = 365 \times Radiación \times Eficiencia \text{ del Módulo} \times Eficiencia \text{ real}$$

Área total requerida [m<sup>2</sup>]:

$$\hat{Área}_{Total} = \frac{Electricidad \text{ requerida en el año}}{Energía_{Total}} = \frac{Consumo \text{ mensual} \times 12}{Energía_{Total}}$$

Capacidad total necesaria de instalación [kWp]:

$$Capacidad_{instalación} = \hat{Área}_{Total} \times Eficiencia \text{ del Módulo} \times 1 \frac{kW}{m^2}$$

La siguiente tabla muestra los precios de los sistemas fotovoltaicos por kWp la cual se obtuvo a partir de un análisis de los precios que se manejan actualmente en el mercado:

	Monocrystalino	Policristalino	Inversores
<b>Precio por (0.5-1 kWp)</b>	\$ 56,800.00	\$ 56,700.00	\$ 13,029.71
<b>Precio por (1.5 kWp-5 kWp)</b>	\$ 47,900.00	\$ 48,300.00	\$ 8,354.25
<b>Precio por (5 kWp-10 kWp)</b>	\$ 45,400.00	\$ 45,300.00	\$ 7,215.90

La operación y el mantenimiento representan el 0.50% del precio del sistema fotovoltaico. Dado que la inversión se calcula en el presente, se necesita calcular el valor presente de una anualidad, la cuota de operación y mantenimiento durante el ciclo de vida del sistema, es decir por un periodo de 20 años.

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

Donde  $C$  es el valor de los pagos de operación y mantenimiento en cada periodo,  $i$  es la tasa de descuento,  $n$  es el número de periodos de pago.

Al mismo tiempo el inversor se recomienda ser cambiado después de 10 años de uso por ello se calcula su valor en el futuro para conocer el total de la inversión en el presente.

Esta ecuación también sirve para proyectar el aumento en las tarifas de CFE y copararlas con la inversión en el sistema fotovoltaico.

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

Donde  $C$  es el valor del inversor,  $i$  es la tasa de descuento,  $n$  es el número de periodos equivalente a 10 años.

El Gasto de inversión total se calcula a partir de la suma del precio total del sistema fotovoltaico, el valor presente de los gastos de operación y mantenimiento, y el valor futuro del inversor.

El ahorro total resulta de restar la factura acumulada del consumo eléctrico que se pagaría durante 20 años sin un Sistema fotovoltaico instalado en contraste con la inversión total en el sistema fotovoltaico. Por ejemplo para la tarifa 1, la inversión en el Sistema fotovoltaico es aproximadamente \$ 113,335.82 y el gasto sin sistema fotovoltaico aumenta a \$ 445,753.35, es decir:

$$\text{Ahorro total: } \$ 445,753.35 - \$ 113,335.82 = \$1, 310, 328.90$$

El ahorro total se divide entre el ciclo de vida del sistema fotovoltaico para obtener el ahorro anual y posteriormente entre 12 para calcular el ahorro mensual.

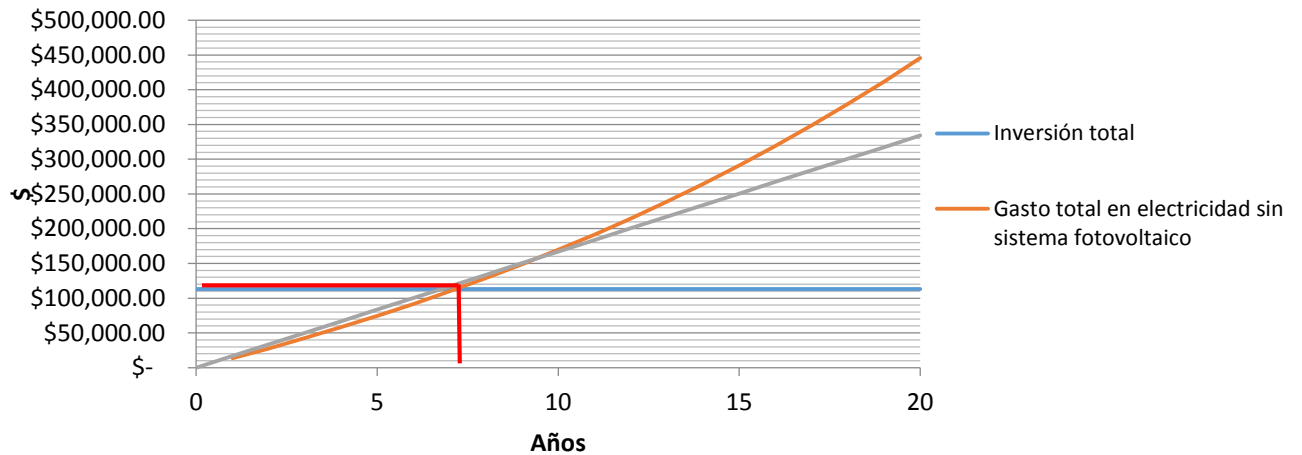
Finalmente el tiempo de recuperación resulta de dividir el gasto de la inversión total en el sistema fotovoltaico entre el ahorro anual generado por el sistema fotovoltaico. Por ejemplo en la tarifa 1, el monto de la inversión \$ 113,335.82 se divide entre \$16,620.88.

$$\text{Tiempo de recuperación} = \$ 113,335.82 / \$16,620.88 = 6.8 \text{ años}$$

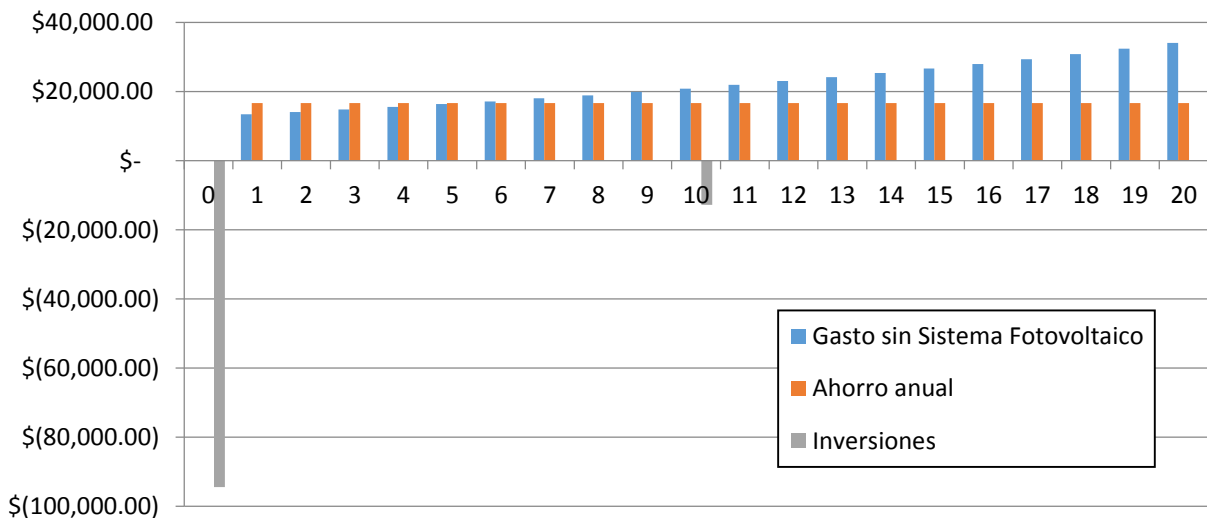
A continuación se muestra gráficamente el análisis de rentabilidad de los siete casos de estudio de la tarifa DAC.

### Tarifa 1. Región Central

## Comparativo de Gasto sin Sistema Fotovoltaico vs. Ahorro con Sistema Fotovoltaico



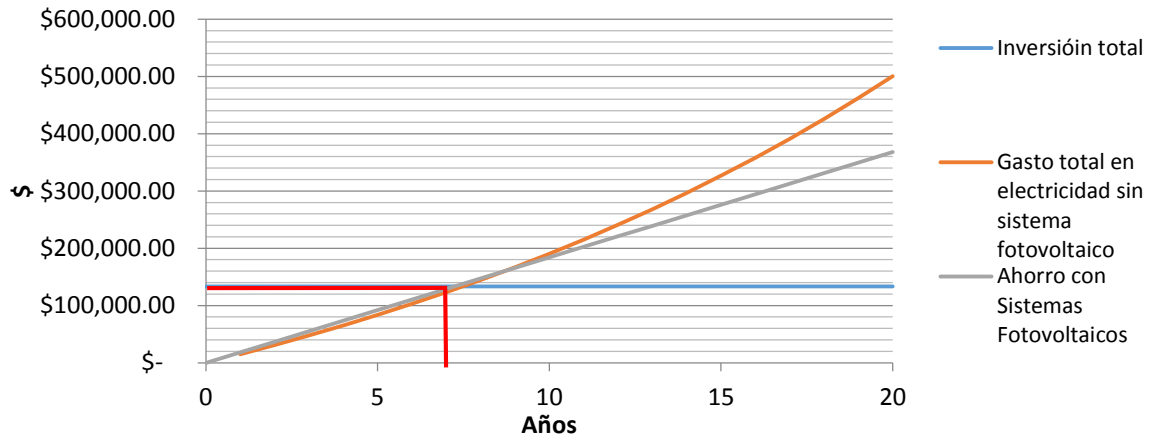
Se observa que el tiempo de recuperación es de 6.8 años aproximadamente, además el gasto total en electricidad sin sistema fotovoltaico sigue aumentando.



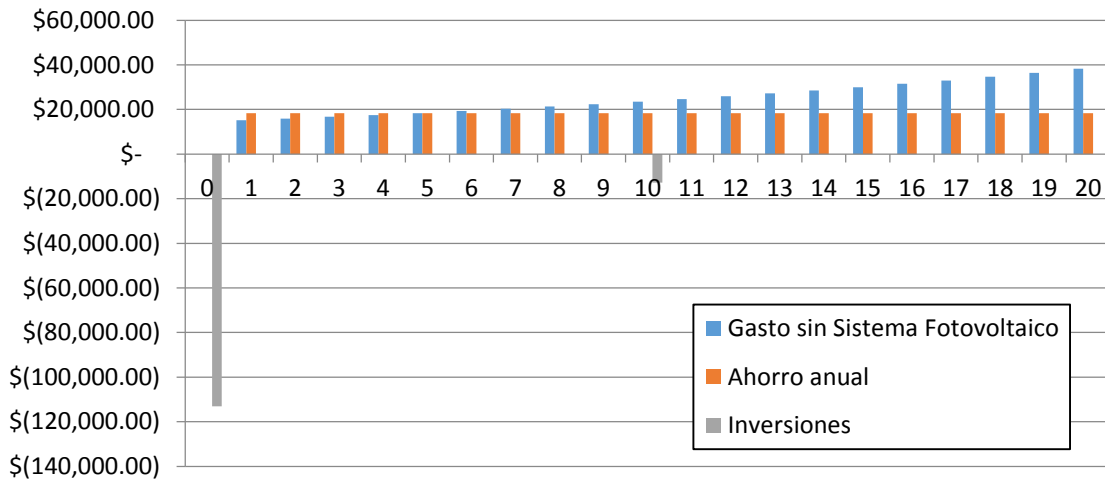
Se observa a partir del 5° año los beneficios de la inversión en un sistema fotovoltaico ya que el ahorro anual es superado por el gasto anual en electricidad sin sistema fotovoltaico, demostrando la competitividad de esta tecnología para amortiguar el aumento tarifario.

Tarifa 1A. Región Sur – Peninsular.

### Comparativo de Gasto sin Sistema Fotovoltaico vs. Ahorro con Sistema Fotovoltaico



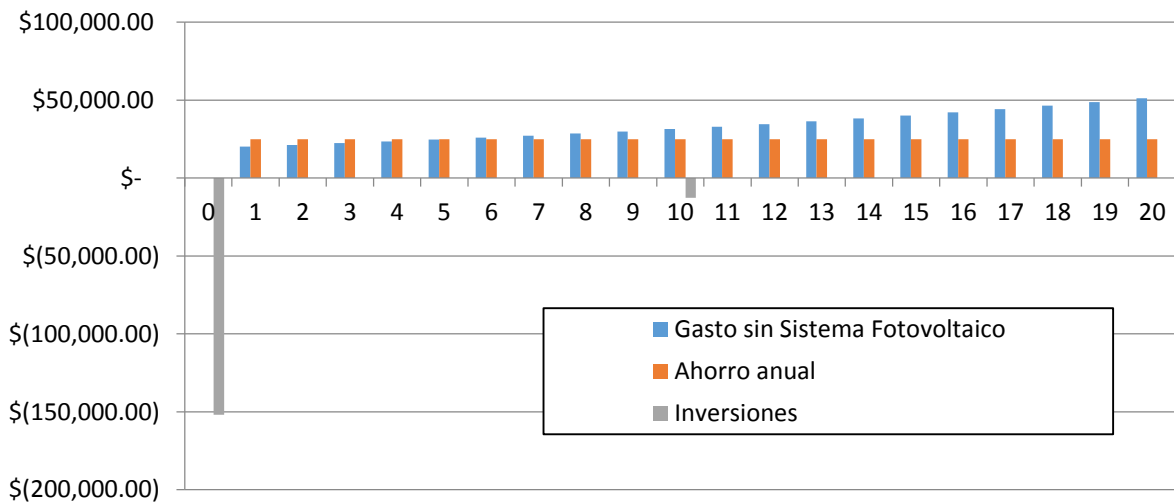
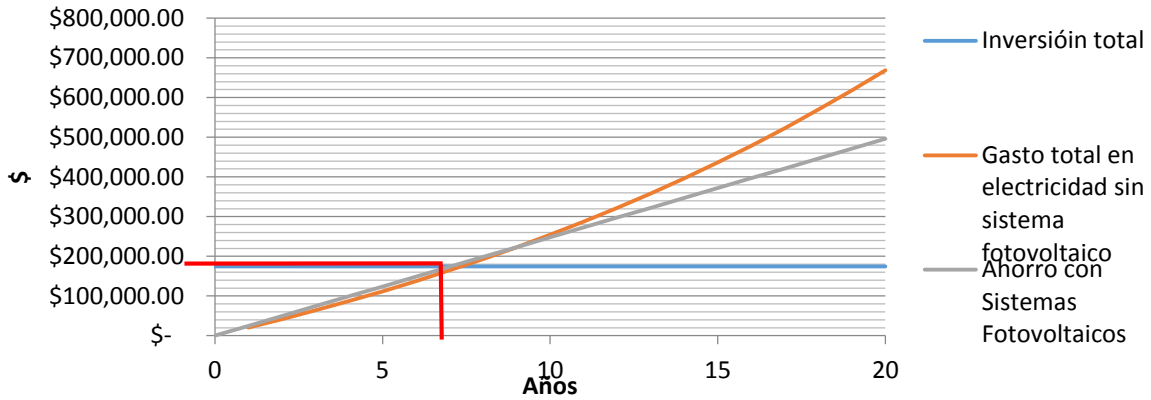
Se observa que el tiempo de recuperación es de 7.3 años aproximadamente.



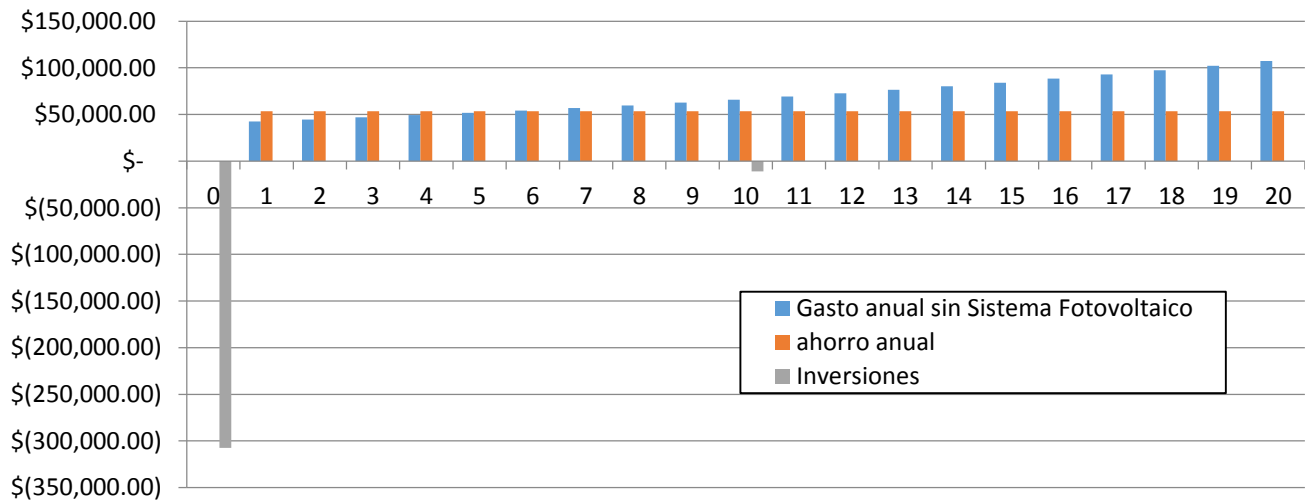
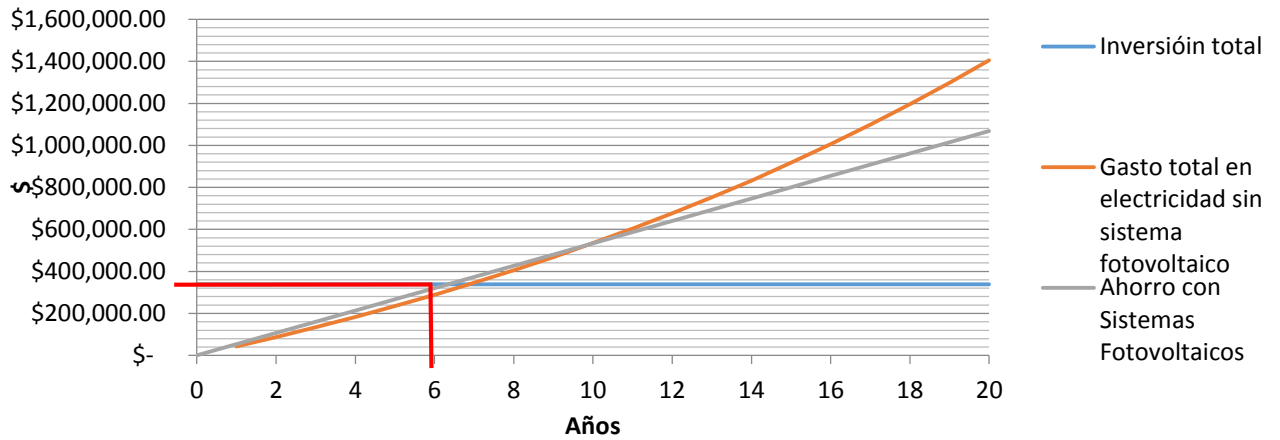


Tarifa 1B. Región Sur Peninsular.

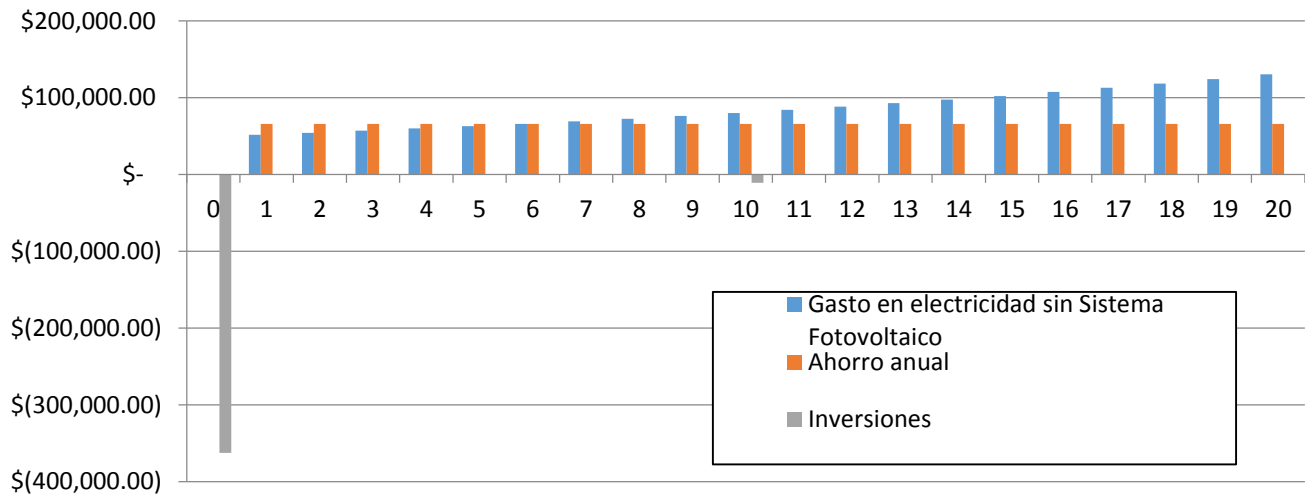
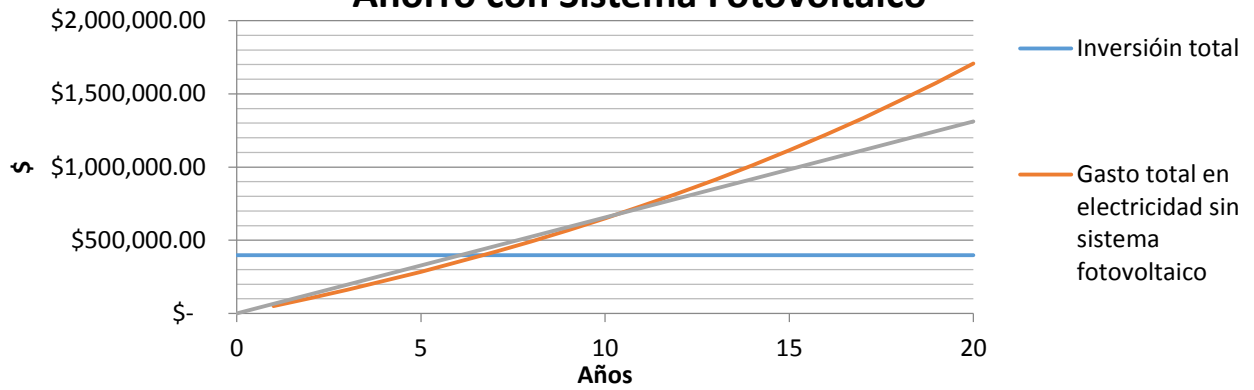
### Comparativo de Gasto sin Sistema Fotovoltaico vs. Ahorro con Sistema Fotovoltaico



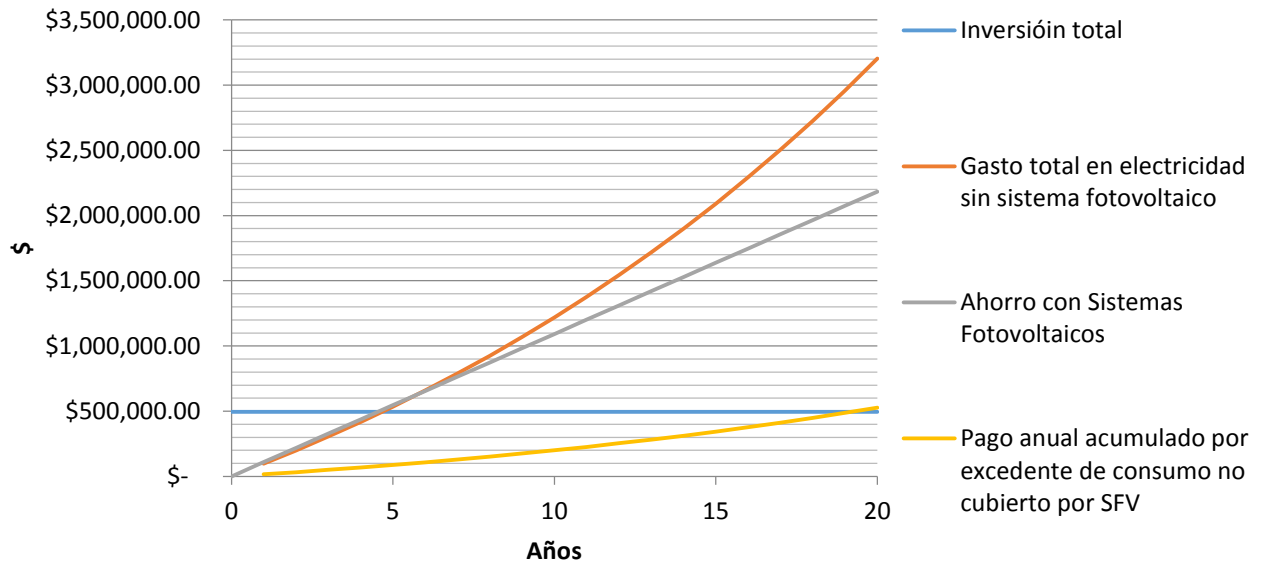
### Comparativo de Gasto sin Sistema Fotovoltaico vs. Ahorro con Sistema Fotovoltaico



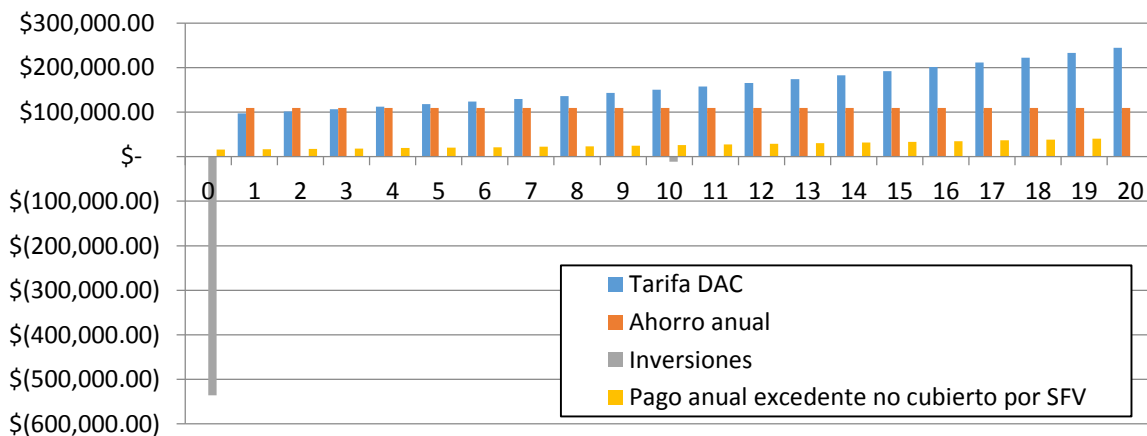
### Comparativo de Gasto sin Sistema Fotovoltaico vs. Ahorro con Sistema Fotovoltaico



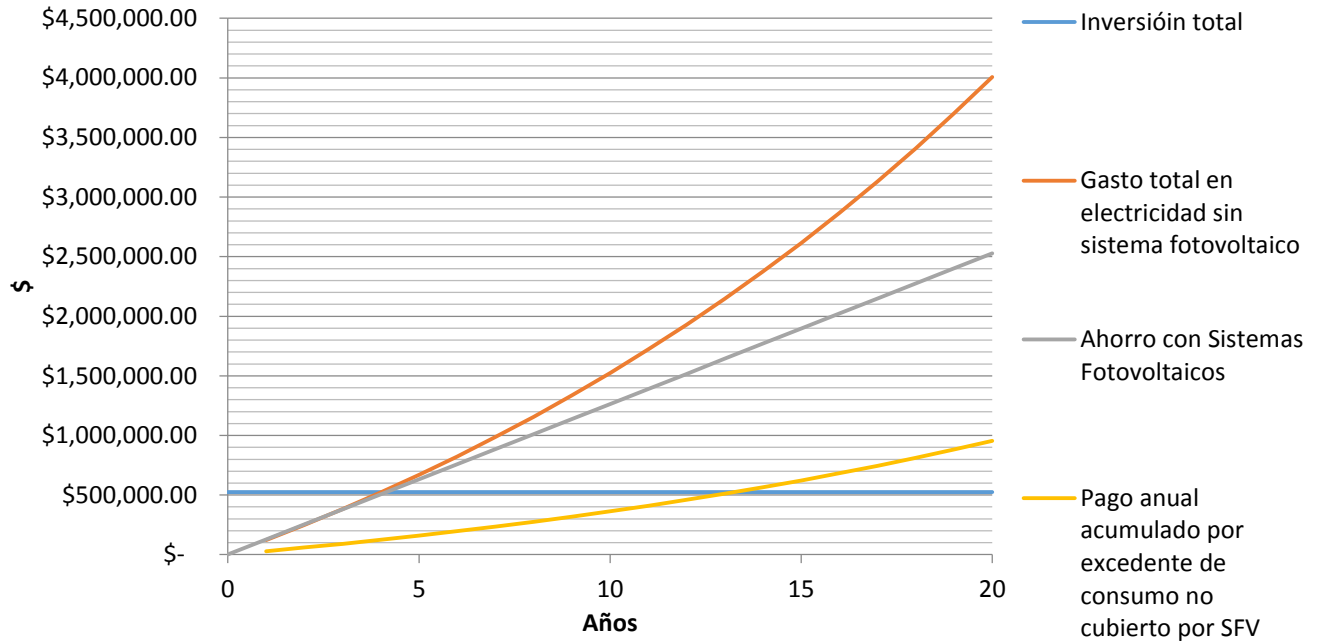
### Comparativo de Gasto sin Sistema Fotovoltaico vs. Ahorro con Sistema Fotovoltaico



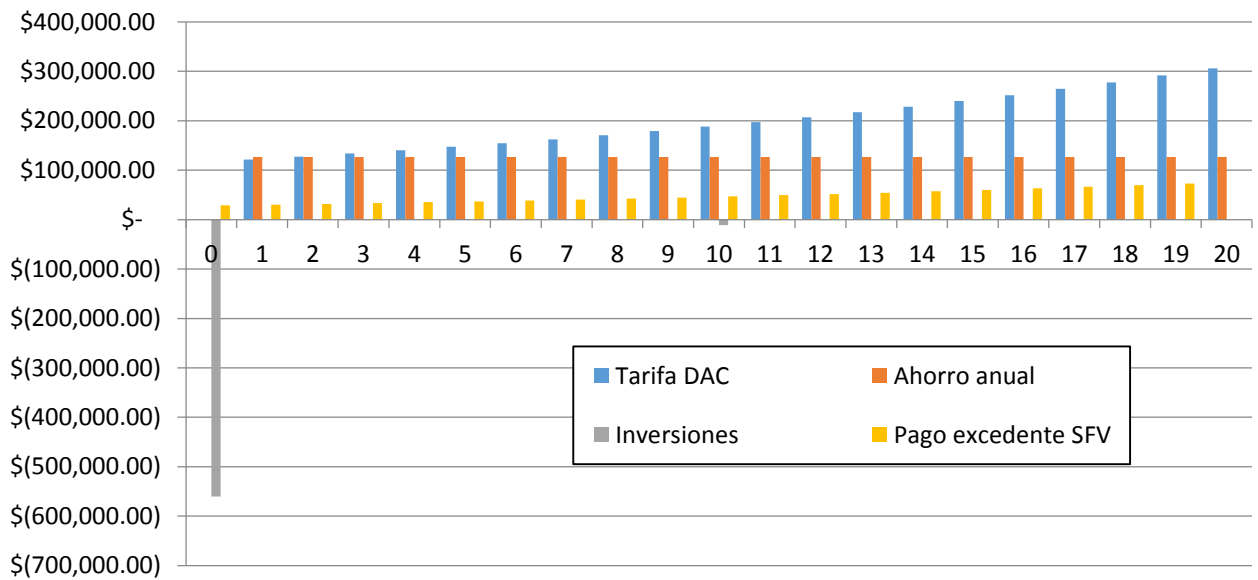
En esta gráfica así como en la Gráfica de la Tarifa 1F, se presenta una curva de pago anual acumulado por el excedente de consumo que no puede ser cubierto por el sistema fotovoltaico, ya que el consumo excede la energía proporcionada por el sistema fotovoltaico, el cual está limitado a 10 kWp (capacidad máxima permitida por CFE), el excedente debe pagarse a CFE por el usuario. A pesar de esto, se obtiene un tiempo de recuperación de 4 años y medio.



### Comparativo de Gasto sin Sistema Fotovoltaico vs. Ahorro con Sistema Fotovoltaico



En esta gráfica se presenta de nuevo una curva de pago anual acumulado por el excedente de consumo que no puede ser cubierto por el sistema fotovoltaico. A pesar de esto, se obtiene un tiempo de recuperación de 4.2 años.



### ANEXO 3

Cargas de aparatos eléctricos domésticos para el cálculo de la energía equivalente por los sistemas fotovoltaicos

Dispositivo	Watts	Cantidad.*	Volts CA	Corriente CA	Utilización		Consumo (Wh/Día) CA
					Hr/ Día	Días/S em.	
Estufa eléctrica	1500	2	120	25.0	2	5	4,285.7
aire acondicionado central para habitación	1000	2	120	16.7	2	7	4,000.0
Foco ahorrador 30W	30	30	120	7.5	3.5	7	3,150.0
Secadora de ropa eléctrica	4,000	2	120	66.7	2.0	2	2,285.7
Refrigerador 170 L	71	1	120	0.6	24.0	7	1,705.5
Lavavjillas	1200	1	120	10.0	1	5	857.1
LapTop	65	4	120	2.2	2	7	520.0
Transmisor inalámbrico Wi-Fi	20	1	120	0.2	24.0	7	480.0
Lavadora de ropa 10 kg	800	1	120	6.7	2.0	2	457.1
Consola de videojuegos	250	1	120	2.1	5.0	2	357.1
TV color LCD 32"	135	4	120	4.5	2.0	7	270.0
Plancha **	1,000	1	120	8.3	0.2	7	200.0
Portero eléctrico con Motor	746	1	120	6.2	0.2	7	149.2
Microondas casero	1,000	1	120	8.3	0.1	7	132.0
Bomba de Agua 1 1/2 hp	119	1	120	1.0	2	2	68.0
Licuadora	300	2	120	5.0	0.1	5	42.9
Cargador de teléfono	20	4	120	0.7	2.0	7	40.0
Ventilador de mesa	20	1	120	0.2	2.0	7	40.0

\*Las cantidades pueden variar dependiendo del tipo de vivienda.