



**Universidad Michoacana de
San Nicolás de Hidalgo Facultad de
Economía "Vasco de Quiroga" División de
Estudios de Posgrado**

**Estudio de factibilidad para el laboratorio estatal de salud pública de
Michoacán utilizando la radiación solar como alternativa de generación
de electricidad**

T E S I S

Para obtener el grado de

Maestro en Gestión Pública de la Sustentabilidad

P R E S E N T A

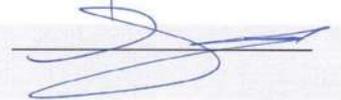
Antonio Rafael Ramos Arreola

Director de Tesis

Dr. José Manuel González Pérez

Morelia, Michoacán, abril 2017.



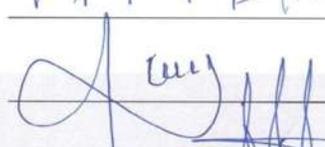


Morelia, Michoacán. Marzo del 2017



Tesis realizada por **Antonio Rafael Ramos Arreola**, bajo la asesoría del Comité Tutoral indicado, aprobada por el Jurado Sinodal y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

Maestro en Gestión Pública de la Sustentabilidad

COMITÉ TUTORAL	JURADO SINODAL	NOMBRE	FIRMA
Tutor 1 (Director de tesis)	Presidente	Dr. José Manuel González Pérez	
Tutor 2	Vocal 1	Dr. Hugo Amador Herrera Torres	
Tutor 3	Vocal 2	M.C. Rodolfo Aguilera Villanueva	
Tutor 4 (Lector Externo 1)	Vocal 3	Dr. Dante Ariel Ayala Ortiz	
Tutor 5 (Lector Externo 2)	Vocal 4	M.C. Carlos Alberto Gómez Prado	

Morelia, Michoacán. abril del 2017



AGRADECIMIENTOS:

Le agradezco a Dios por permitirme llegar a esta etapa de mi vida, por darme fortaleza y paciencia para poder concluir esta Maestría.

A mis hijas, Yulidiana y Anakarem, que las llevo en mi corazón y pensamiento; les dedico este trabajo porque fueron mi inspiración durante los dos años que duré estudiando el posgrado, y para que se sientan orgullosas de mí.

A mi madre, Rafaela Arreola Reynaga, que me dio su apoyo y no me abandonó en los momentos difíciles de esta etapa. A mi padre, Antonio Ramos Pacheco, por escucharme y alentarme en seguir adelante.

A mis hermanos, Huitzilopochtli, Netzahualcóyotl y Xochiquetzal, por apoyarme moralmente en todo momento.

A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, a José Manuel González Pérez, Guillermo Vargas Uribe, Hugo Amador Herrera Torres, Dante Ariel Ayala Ortiz, Hilda Rosalba Guerrero García Rojas, Rodolfo Aguilera Villanueva, Rubén Salazar Jasso, Jaime Rivera Velázquez y Carlos Alberto Gómez Prado; profesores investigadores de la Facultad de Economía “Vasco de Quiroga”, quienes durante el periodo 2014-2016 me dieron la oportunidad de asistir a las sesiones, me dieron todo el apoyo, consejos y asesoramiento para concluir el programa de maestría y terminación de la tesis.

Al Nelson Vladimir Yépez González, de la Universidad Internacional Iberoamericana, quien me dio el apoyo y consejos para iniciar y desarrollar este trabajo de investigación.

A mis compañeros de posgrado generación y amigos, que tuvieron a bien darme palabras de aliento para poder concluir con éxito este proyecto.

En especial agradezco a Mauricio Reyes Gutiérrez, quien me aportó las asesorías y conocimientos técnicos, así como préstamos de bibliografía específica para la realización de este trabajo.

Agradezco igualmente al Laboratorio Estatal de Salud Pública del Estado de Michoacán, a Max Rodrigo Rodríguez Ibarra y a Mario Alberto Zarazúa Ortega, quienes confiaron en mí y me dieron la oportunidad de realizar este proyecto, que espero les sea de utilidad para cumplir sus objetivos estratégicos institucionales.

A la Secretaría de Salud del Estado de Michoacán, al Comité Central de Capacitación y a Claudia Rojas Soriano, quienes confiaron en mí y me dieron las facilidades necesarias para asistir al programa de Maestría y poder concluir este proyecto.

Al grupo econotenia, proveedor de paneles solares fotovoltaicos que me proporcionaron la información de los materiales y equipos con los que cuentan un Sistema Fotovoltaico, así como los prepuestos para la elaboración de la información financiera de los flujos de inversión.

A todos, gracias.

COMPROMISO DE AUTOR

El que suscribe, Antonio Rafael Ramos Arreola, Licenciado en Administración de Empresas Agropecuarias, con matrícula 08500260X, egresado del programa académico de Maestría en Gestión Pública de la Sustentabilidad, declaro que:

El contenido del presente documento es un reflejo de mi trabajo personal y manifiesto que ante cualquier notificación de plagio, copia o falta a la fuente original, soy responsable directo legal, económico y administrativo sin afectar al Director de Tesis, a la Facultad de Economía "Vasco de Quiroga" de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y a cuantos asesores e instituciones hayan colaborado en dicho trabajo, asumiendo las consecuencias derivadas de tales prácticas.

Firma: _____

RESUMEN

Este trabajo, titulado *Estudio de factibilidad para el Laboratorio Estatal de Salud Pública de Michoacán utilizando la Radiación Solar como Alternativa de Generación de Electricidad*, se elaboró dentro de un marco teórico con base en fuentes bibliográficas primarias en las que se muestra que existe un problema mundial ante la creciente demanda de consumo energético por parte de hogares, comercios e industrias; por lo tanto, es necesario garantizar el suministro eléctrico adecuado para el desarrollo de sus actividades y esto puede ser posible gracias al empleo de energías renovables.

El objetivo de esta investigación es mostrar con claridad cuáles son las opciones para transitar de la energía convencional a la renovable en el edificio del Laboratorio Estatal de Salud Pública de Michoacán, cuáles serían los costos y cuánto el tiempo de recuperación en la inversión.

Ahora bien, los métodos empleados en la realización del estudio fueron el descriptivo y el analítico, obteniendo como resultado dos proyectos factibles: uno al 90.02%, donde se generarán 719,160.96 KW anuales, teniendo una entrada energética de \$71,919.60 dólares (USD); otro, al 52.08%, que producirá 416,100 KW al año, alcanzando un retorno energético de \$41,610 dólares (USD). En ambos escenarios la recuperación de la inversión se logra aproximadamente a los 11 años de su operación.

Palabras clave: Energías Renovables, Petróleo, Sistema Fotovoltaico, Dióxido de Carbono.

Abstract

This work, entitled Feasibility study for the Michoacán State Public Health Laboratory using Solar Radiation as Electricity Generation Alternative, was elaborated within a theoretical framework based on primary bibliographic sources showing that there is a global problem Given the growing demand for energy consumption by households, businesses and industries; Therefore, it is necessary to ensure adequate electricity supply for the development of its activities and this can be possible thanks to the use of renewable energies.

The objective of this research is to show clearly what the options are to move from conventional to renewable energy in the building of the State Public Health Laboratory of Michoacán, what the costs would be and how long the recovery time in the investment.

However, the methods used in the study were descriptive and analytical, resulting in two feasible projects: one at 90.02%, where 719,160.96 KW per year will be generated, with an energy input of \$ 71,919.60 (USD); another, to 52.08%, which will produce 416,100

KW per year, achieving an energy return of \$ 41,610 (USD). In both scenarios the recovery of the investment is achieved approximately 11 years after its operation.

Keywords: Renewable Energy, Oil, Photovoltaic System, Carbon Dioxide.

Índice

Introducción	1
Identificación y planteamiento del problema	4
Hipótesis	6
Objetivos del estudio	6
Objetivo general	6
Objetivos específicos	6
Justificación del estudio	7
CAPITULO PRIMERO	
1 FUNDAMENTACION TEORICA	9
1.1 Marco metodológico	9
1.1.1 Tipo de investigación	9
1.1.2 Determinación del área de estudio	10
1.2 Marco teórico conceptual	10
1.3 Marco referencial	15
1.3.1 Antecedentes de la investigación	15
1.4 Marco Legal	18
CAPITULO SEGUNDO	
2 Transición Energética	27
2.1 Situación mundial de la industria petrolera	27
2.1.1 Situación de la industria petrolera en México	30
2.1.2 Demanda mundial de energía eléctrica	31
2.1.3 Sector eléctrico en México	37
2.2. Energías renovables en México	43
2.2.1 Bioenergía	47
2.2.1.1 Generación por Biomasa	47

2.2.1.2	Generación por Biogás	49
2.2.1.3	Generación por Biocombustibles	50
2.2.1.3.1.	Bioetanol y Biodiesel	50
2.2.2	Energía Geotérmica	51
2.2.3	Energía Hidráulica	52
2.2.4	Energía solar Fotovoltaica en México	53
2.2.5	Energía Eólica	54
CAPITULO TERCERO		
3	Aspectos técnicos de un Sistema Fotovoltaico	56
3.1	Elementos de un Sistema Fotovoltaico	56
3.2	Condiciones de diseño	57
3.3	Descripción de los componentes	58
3.3.1	Sistema Fotovoltaico	58
3.3.2	Regulador	58
3.3.3	Baterías	58
3.3.4	Controlador de carga	59
3.3.5	Inversor	59
3.4	Objeto de estudio y el diseño de un Sistema fotovoltaico	59
3.4.1	Descripción del ámbito de estudio	59
3.4.1.1	Secretaría de Salud del Estado de Michoacán	59
3.4.1.2	Laboratorio Estatal de Salud Pública	60
3.5	Diseño del Sistema de energía solar fotovoltaica	62
3.5.1	Definición del tipo de planta	63
3.5.2	Determinación del consumo	63
3.6	Técnicas para la formulación de los resultados	65
3.6.1	Cálculo de los consumos	65
3.6.2	Características de la localización	67

3.6.3 Características y dimensiones del Sistema Fotovoltaico	68
3.6.4 Averías y mantenimiento	70
3.6.5 Riesgos	70
3.6.6 Impacto Ambiental	71
CAPITULO CUARTO	
4. Resultados de la Investigación	73
4.1 Análisis de los resultados	73
4.1.1 Cálculo de la superficie que ocupará la estructura fotovoltaica	73
4.1.2 Determinación de los Escenarios de paneles proyectados	74
4.1.3 Presupuestos de Materiales, estructuras y conectores	77
4.1.4 Presupuesto de Inversiones en base a escenarios	78
4.1.4.1 Características del Proyecto	79
4.1.4.2 Cálculo de los flujos de inversión	82
4.1.4.3 Periodos de pagos considerando los flujos netos no actualizados.	87
4.1.4.4 Cálculo del tiempo de recuperación de la inversión	88
4.1.4.5 Estimaciones de emisiones de CO2.	89
Conclusiones	90
Bibliografía	93

Índice de Tablas

Tabla 1	Participación Mundial en la oferta de la energía primaria	28
Tabla 2	Ranking de países por reservas y producción de crudo y gas natural durante el año 2012	29
Tabla 3	Distribución de las reservas totales de hidrocarburos por tipo de fluidos (2005-2015) en millones de barriles de petróleo	31
Tabla 4	Producción Nacional de crudo por tipo (2004-2014) en miles de barriles diarios	31
Tabla 5	Consumo total de energía comercializada en el mundo, por región y tipo de combustible, de 1990 al 2030 (miles de billones de Btu.)	34
Tabla 6	Consumo de energía según el tipo de combustible de 2010 y proyecciones a 2030	35
Tabla 7	Comportamiento de consumos de energía en México	38
Tabla 8	Comportamiento de consumos de energía de los meses de enero a mayo 2014 al 2016 en México	39
Tabla 9	Capacidad efectiva de generación (Mega-Watts)	40
Tabla 10	Consumo de combustible para la generación de energía eléctrica	40
Tabla 11	Proyectos de generación en procesos de construcción	41
Tabla 12	Participación de las energías renovables en la capacidad de generación (Junio 2015)	46
Tabla 13	Comportamiento de consumos en KW del Laboratorio Estatal de Salud Pública de los periodos 2013, 2014 y 2015	64
Tabla 14	Aumentos en los Consumos de Electricidad del Laboratorio Estatal de Salud Pública de Michoacán	65
Tabla 15	Reportes de insolación de México, Southwest Technology Development Institute NMSU 1999	68
Tabla 16	Especificaciones técnicas de una celda solar y espacio necesario para un Sistema Fotovoltaico	73
Tabla 17	Cantidad de paneles solares, producción de energía eléctrica y pérdidas	75-76
Tabla 18	Comparativo de escenarios del Sistema Fotovoltaico	77

Tabla 19	Presupuestos de materiales que conforman una estructura fotovoltaica	77
Tabla 20	Presupuesto basado en escenarios	78
Tabla 21	Comportamiento de pagos de energía eléctrica a CFE, por el Laboratorio Estatal de Salud Pública de Michoacán	79
Tabla 22	Características del Proyecto	80
Tabla 23	KW producidos por autogeneración eléctrica	80
Tabla 24	Comportamiento de pagos en dólares USD	81
Tabla 25	Ingresos por autogeneración eléctrica	82
Tabla 26	Características del proyecto al 100%	82
Tabla 27	Flujo de inversión al 100% de implementación	83
Tabla 28	Características del proyecto al 90.02%	83
Tabla 29	Flujo de inversión al 90.02% de implementación	84
Tabla 30	Características del proyecto al 52.08%	84
Tabla 31	Flujo de inversión al 52.08% de implementación	85
Tabla 32	Características del proyecto al 22.15%	85
Tabla 33	Flujo de inversión al 22.15% de implementación	86
Tabla 34	Ingresos por retorno de energía y recuperación de la inversión al 100%	87
Tabla 35	Ingresos por retorno de energía y recuperación de la inversión al 90.02%	87
Tabla 36	Ingresos por retorno de energía y recuperación de la inversión al 52.08%	88
Tabla 37	Ingresos por retorno de energía y recuperación de la inversión al 22.15%	88
Tabla 37A	Cálculo de tiempo de recuperación de la inversión	89
Tabla 38	Proyección de cálculo de Kg de emisiones de Dióxido de Carbono (CO ₂) por total de KW consumidos.	89

Índice de Figuras

Figura 1	Consumo de energía eléctrica (kW/h) per cápita	32
Figura 2	Consumo total de energía comercializada en los países pertenecientes y no pertenecientes a la OCDE (1990-2030)	33
Figura 3	Gráfica del comportamiento del consumo total de energía de acuerdo al tipo de combustible usado y su proyección al 2030	35
Figura 4	Generación de electricidad neta en los EE.UU. por el tipo de combustible (1990-2040). Plan de energía limpia con aceleración al crecimiento en la generación renovable	36
Figura 5	Evolución del PIB, consumo de energía, intensidad energética y emisiones de CO ² eq (1990-2008)	41
Figura 6	Comportamiento de consumos de energía en México, en los servicios domésticos e industrial (2014-2016)	38
Figura 7	Trayectoria de consumo autoabastecido de energía renovable (2012-2027) TWh	42
Figura 8	Participación de fuentes de suministro de energía primaria total mundial a 2014	43
Figura 9	Tasas de crecimiento anual mundial en el suministro de energías renovables 1990-2014	44
Figura 10	Distribución de contratos de interconexión bajo esquema de generación distributiva a particulares en KW y % (2014)	45
Figura 11	Participación por fuentes en el suministro de energía primaria	48
Figura 12	Capacidad instalada y generación bruta de electricidad con bagazo de caña	49
Figura 13	Capacidad efectiva instalada y generación bruta de energía eléctrica a partir de Biogás	50
Figura 14	Capacidad instalada y generación bruta en centrales geotérmicas	52
Figura 15	Capacidad instalada y generación bruta en centrales Hidroeléctricas	53
Figura 16	Capacidad efectiva instalada y generación bruta de centrales solares fotovoltaicas 2005-2014 (MW y GW/h) por año	54

Figura 17	Capacidad instalada y generación bruta en centrales Eólicas	55
Figura 18	Elementos de un sistema fotovoltaico de Autoconsumo	56
Figura 19	Elementos de un sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica existente	57
Figura 20	Gráfico comparativo de los comportamientos de consumo de KW del Laboratorio Estatal de Salud Pública de Michoacán	65
Figura 20A	Gráfico comparativo de comportamiento de consumos de KW del Laboratorio Estatal de Salud Pública anual	65
Figura 21	Ecuación de cálculo de los consumos medios diarios	66
Figura 22	Coordenadas geográficas del Laboratorio Estatal de Salud Pública de Michoacán	67
Figura 23	Especificaciones técnicas y dimensiones de un panel solar	74

Introducción

Desde mediados del siglo pasado a la fecha se ha generalizado el uso excesivo de los combustibles fósiles, ocasionando un aumento en las concentraciones de los Gases de Efecto Invernadero (GEI), atenuando la desaparición de áreas boscosas y favoreciendo a que gradualmente aumente la temperatura del planeta. Para calcular las concentraciones de GEI se puede consultar la calculadora de CO² de Arboliza (2016), en la cual se estima que el consumo de cada kilowatt de energía eléctrica emite 0.65 Kilogramos de CO², esto sucede principalmente en las actividades de los hogares e industriales.

La presente investigación pretende realizar un estudio de factibilidad para el Laboratorio Estatal de Salud Pública de Michoacán utilizando la radiación solar como alternativa de generación de electricidad, conteniendo elementos de variables cualitativas de implementación de un Sistema Fotovoltaico.

Nuestro país es un buen sitio para llevar a cabo la captura y el aprovechamiento solar, ya que geográficamente cuenta con una excelente ubicación y la media de luz solar es de 4.8 horas al día, lo cual es una fortaleza en tanto que alternativa de energía favorable al ambiente. Además, en la actualidad existen en el mercado económico de la región proveedores que ofrecen la tecnología de paneles solares a la venta para quienes cuenten con los recursos económicos de adquisición e instalación, los cuales se pueden ver en hoteles, edificios de oficinas, casas habitación, tiendas departamentales, entre otros, que se abastecen parcial o totalmente con este tipo de tecnología.

Para lograr el objetivo de este trabajo se realizó un análisis, el cual se proyectará cuatro escenarios, de los cuales dos están considerados como una propuesta de alternativa de instalación, con el único propósito de contar con una eficiencia energética en el LESPM.

Una de las limitantes para lograr dicho objetivo es el alto costo de adquisición en dólares estadounidenses de la tecnología necesaria, aun cuando los beneficios de ahorro económico y ambiental son amplios, y aun cuando se contaría con autogeneración de electricidad.

Considerando lo anterior, la estructura del trabajo es la siguiente:

Se trata de identificar el problema de la investigación, realizando una justificación para el planteamiento y desarrollo de los objetivos que se abordan en el presente trabajo.

En el capítulo primero se aborda la fundamentación teórica con aspecto metodológico que identifica el tipo de investigación así como el área de estudio en donde se elaborara el proyecto; se detalla los antecedentes abarcando los marcos de referencia y legal.

Mientras que en el capítulo segundo se aborda la situación que prevalece en la industria del petróleo y su completa conexión con la industria eléctrica, las cuales van de la mano por utilizar los hidrocarburos para la generación de energía eléctrica. Dicha situación es aplicable tanto en México como a nivel mundial, ya que ocasiona un problema ambiental, por lo que se pretende buscar y contar con una eficiencia energética que vaya incorporando fuentes renovables y aprovechando la radiación solar como fuente generadora de electricidad capaz de satisfacer algunas de las necesidades energéticas presentes y futuras de la sociedad.

Así mismo se aborda someramente lo referente a la necesidad de incursionar en fuentes renovables y la generación de electricidad. Se analizó la bioenergía, la energía hidráulica –que es la más utilizada–, la energía eólica y la radiación solar.

En el capítulo tercero se abordan los aspectos técnicos del estudio de factibilidad, tratando de aclarar algunas preguntas que tienen que ver con la forma en que la radiación solar se transforma en electricidad, a saber: ¿cómo es un Sistema

Fotovoltaico? ¿cómo es su funcionamiento? ¿cuáles son sus dimensiones? ¿cuáles son sus estructuras, sus componentes y materiales que lo constituyen? ¿cómo opera el sistema? En un Sistema Fotovoltaico (SF) la electricidad generada por el sistema puede ser almacenada en un banco de baterías para después utilizarla en lugares aislados, sin embargo, si no se cuenta con el espacio para instalar dicho banco de baterías, el proceso puede funcionar igual, sólo que al final estará interconectado al mismo sistema de distribución de energía eléctrica convencional. Y para la realización del estudio de factibilidad, se relata una breve historia en cómo se formalizó la Secretaría de Salud de Michoacán (SSM), para así dar inicio a las actividades del LESPM. Para después proceder al desarrollo teórico de su instalación, con sus posibles averías, su mantenimiento preventivo-correctivo, así como los latentes riesgos que implica el manejo de electricidad, por lo que se expresan también los requerimientos de supervisión y mantenimiento para que el SF opere en óptimas condiciones.

Posteriormente, en el capítulo cuarto se muestra los resultados en donde se conoce la cantidad espacial necesaria para la totalidad del proyecto, así como la utilización de la ecuación de cálculos de consumos medios diarios (Vega y Ramírez, 2014); con esto se puede estimar la cantidad de energía necesaria y así ajustarla a las necesidades de autoconsumo de electricidad requerida en el proyecto. Una vez conocidos los datos de la energía requerida aproximada, se empleó la fórmula para averiguar la cantidad de paneles solares, por lo que una vez interpretados los datos del objeto de estudio, sus necesidades energéticas, la cantidad espacial de metros cuadrados (m^2) necesarios para los paneles solares, así como su capacidad energética, para posteriormente proseguir con la realización de los flujos de inversión, obteniendo dos escenarios:

En el primer caso se propone la realización del 90.02% del proyecto y en el segundo, del 52.8%. También se generan las proyecciones de flujos netos, contemplando el análisis comparativo del TIR y VAN, así como la relación Beneficio/Costo. Para terminar el capítulo, se ofrece el aproximado de impacto ambiental.

Identificación y Planteamiento del Problema

La electricidad constituye un recurso esencial para el desarrollo de todas las actividades domésticas, empresariales e industriales, por lo que la falta de éste puede ocasionar una amenaza para la sostenibilidad económica, social y ambiental.

Para satisfacer las necesidades de consumo de energía, no deberíamos hacerlo a expensas del medio ambiente, por lo que se deben buscar alternativas limpias y ecológicas (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, et al., 2016, pp. 250-251), ya que actualmente, en su gran mayoría, se utilizan combustibles fósiles, que emiten altas concentraciones de GEI. Ante esto es necesario reducir las emisiones relacionadas con el consumo de energías, por lo que se proyecta implementar la eficiencia energética para acelerar el desarrollo económico y contribuir a mitigar el cambio climático, reduciendo la contaminación ambiental, siendo esta una prioridad del programa mundial de desarrollo sostenible, (United Nations-Environment Program [UNEP], 2016a).

Esta problemática mundial ha ocasionado que México realice reformas que pongan en marcha políticas energéticas adecuadas y eficientes, favoreciendo la sustentabilidad e impulsando otras alternativas tecnológicas que tengan la capacidad de transformación y distribución de energía eléctrica limpia a largo plazo (Secretaría de Energía, 2014, p.22).

Por otro lado, los aumentos de la demanda en los mercados del petróleo son controversiales porque, con base en las proyecciones de precios del barril,¹ tenemos que éste oscila alrededor de los \$47.57 dólares, pero este precio puede variar, incluso se espera que en el año 2020 se establezca en \$80 dólares, lo cual viene a repercutir en que la demanda de los combustibles fósiles esté repuntando.

¹ Esta información se obtuvo de: <http://www.preciopetroleo.net/>, el día 25 de junio de 2016. Como sabemos, el precio varía constantemente, por lo que esta cifra fue tomada como referencia pero es válida estrictamente para el día señalado.

La generación de energía eléctrica se encuentra estrechamente vinculada con el consumo de petróleo, carbón y gas, por lo que, aunque esta fuente muestra una ligera disminución de su uso, estos no están deslindados totalmente en la transformación de electricidad, ya que la tendencia es que se sigan utilizando de ese modo.

Durante los años 2013 a 2014 el suministro eléctrico mundial en energías renovables fue del 13.8%, contemplándose un aumento del 2.6% en dicho periodo, pero estos datos todavía se consideran bajos, debido principalmente al alto consumo de petróleo empleado en la generación eléctrica, el cual representa el 31.3% (EIA, 2016d).

Ante esto, la Secretaría de Energía (2013, p.3) menciona que México cuenta con una gran variedad geográfica, la cual es considerada como potencial en el desarrollo y crecimiento económico y social para el aprovechamiento de las energías renovables en la generación de energía eléctrica. Ya que actualmente se utilizan combustibles fósiles para la generación de esta energía, con el fin de dar cumplimiento al abastecimiento energético pero dichos combustibles ocasionan otro problema: la emisión de CO².

Una de las interrogantes es: ¿cómo ir sustituyendo la utilización de los combustibles fósiles por el uso de fuentes renovables para la conversión en electricidad? Se considera que para ir disminuyendo el uso de hidrocarburos se pueden capturar y aprovechar mejor las energías renovables, para así iniciar a la transición energética. Y surge otra cuestión: ¿de qué forma el aprovechamiento de la radiación solar y la utilización de un SF pueden resolver las necesidades energéticas actuales?

Considerando lo anterior, se desprenden las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿En qué medida el aprovechamiento de la radiación solar permitirá contar con energía eléctrica capaz de solventar el 100% de las necesidades del Laboratorio Estatal de Salud Pública de Michoacán?
2. ¿Qué factores pueden incidir en el desempeño del sistema fotovoltaico en la generación de electricidad, para el LESPM?

3. ¿Qué tipo de beneficio ofrecerá el estudio de factibilidad en la realización de un proyecto que favorezca en la sustitución de la energía convencional a solar fotovoltaica?
4. ¿Qué capacidad de generación de electricidad en operación tendrán los paneles solares?
5. ¿Cuáles serán los escenarios óptimos que favorezcan a que el sistema fotovoltaico tenga un mejor desempeño en la producción de electricidad?

Hipótesis

Al obtener energía eléctrica por medio del aprovechamiento solar, es posible establecer una propuesta fiable, que produzca un beneficio económico al Laboratorio Estatal de Salud Pública de Michoacán y que contribuya en la realización de un proyecto de eficiencia energética favoreciendo la disminución de emisiones de dióxido de carbono (CO²).

Objetivos del estudio

Objetivo General

- Generar un estudio de factibilidad mediante la utilización de un Sistema Fotovoltaico, para el Laboratorio Estatal de Salud Pública de Michoacán utilizando la radiación solar como alternativa de generación de electricidad que permita establecer la viabilidad de su implementación.

Objetivos Específicos

De acuerdo con el objetivo general, para conocer la propuesta de aplicación y determinar los componentes del estudio de factibilidad, se determinaron los siguientes objetivos específicos:

- Realizar un comparativo entre la energía convencional y la energía solar fotovoltaica, del LESPM.
- Elaborar una propuesta de aprovechamiento solar con la realización de cálculos para un abastecimiento de energía eléctrica en el Laboratorio Estatal de Salud Pública de Michoacán.
- Llevar a cabo una evaluación económica mediante flujos de inversión, que permita hacer un comparativo de alternativa entre las dos formas de energía.
- Hacer una propuesta para reducir los costos económicos en el consumo de energía eléctrica convencional.

Justificación del estudio

Todas las sociedades se apropian de la producción primaria neta del ambiente, teniendo flujos de materiales que son transformados en bienes y servicios necesarios para las poblaciones, poniendo en marcha la maquinaria socio-económica (Carpintero, 2007, p. 11).

Al intentar cumplir con las exigencias del desarrollo socio-económico, el planeta se ha visto severamente dañado por el crecimiento demográfico de los pueblos y ciudades, los cuales requieren de bienes y servicios que, a su vez, implican necesidades de energía, elevando los consumos energéticos y haciendo que las plantas generadoras de electricidad convencionales tengan que consumir más hidrocarburos para cubrir las demandas (UNEP, 2016b). Por esto, si queremos crear condiciones de desarrollo, éstas deben ser sustentables y evitar el deterioro ambiental, por lo que una de las soluciones es la utilización de las energías alternativas (UNEP, 2016c).

Existe una relación muy marcada entre el consumo de hidrocarburos y la electricidad, ya que el petróleo es utilizado para transformarse en energía eléctrica, por lo que se ha vuelto necesario recurrir a otras formas de suministro energético en las actividades del mercado económico (Martínez, 1998). Ante esto, algunos países han empezado a

emplear las energías renovables como alternativas de generación eléctrica adaptándolas a las circunstancias de cada localidad, existiendo varias formas de obtener dicha energía: por medio de radiación solar, con sistemas eólicos, maremotriz y de biomasa, entre otros (Cabello, 2006a, p. 7).

La forma de captura y aprovechamiento solar contribuye al abastecimiento de electricidad para las futuras generaciones (González, 2009a, p.44). Para que la captación solar se transforme en electricidad, es necesario utilizar paneles solares, que tienen la peculiaridad de transformarla (Cabello, 2006b, p. 27).

Lejos de ser sólo un experimento por cuestiones de planeación y de eficiencia energética, los resultados que se obtengan darán una aportación significativa que servirá de base en la forma de obtención de energía eléctrica. El beneficiario directo de este trabajo de investigación es el Laboratorio Estatal de Salud Pública de Michoacán, ya que se tratará de ayudar a disminuir sus consumos y los pagos de energía eléctrica convencional.

CAPITULO PRIMERO

FUNDAMENTACION TEORICA

1.1 Marco metodológico

1.1.1 Tipo de Investigación

En el presente trabajo se utilizó el Método Descriptivo y el Método de Análisis, logrando especificar el objeto de estudio en una situación concreta, señalando sus características y propiedades, combinando a la vez criterios de clasificación para ordenar, agrupar o sistematizar las necesidades de energía requerida en el proyecto. El objetivo principal es describir las energías renovables y el sistema fotovoltaico, conocer la estructura de los fenómenos, su dinámica e identificar los aspectos más relevantes (Behar, 2008).

Se utilizó técnicas cuantitativas (estudio del flujo de inversión, cuyos resultados obtenidos satisfacen las necesidades energéticas del objeto de estudio), así como cualitativas (consulta de datos investigados con anterioridad y realización del presente estudio de factibilidad).

En este tipo de metodología, la descriptiva, se articulan varios elementos para el desarrollo de este proyecto de tesis. La consulta e investigaciones hechas en fuentes bibliográficas y páginas de Internet tienen el objeto de comprender y exponer los aspectos básicos de la generación de energía eléctrica a partir de un sistema fotovoltaico, su funcionamiento, así como las partes que lo conforman, a saber, los paneles solares, los reguladores de carga, los inversores y otros elementos.

El método científico, como sabemos, analiza un conjunto de problemas y cada problema requiere de un conjunto de métodos o técnicas especiales, que a su vez requieren de la aplicación de procedimientos adecuados para el tratamiento de dichos problemas, hasta llegar al control de una propuesta para darle solución (Bunge, 2004).

En el presente trabajo consideramos el método científico porque tenemos premisas objetivas de las cuales partimos, sin embargo, nos centraremos en el método descriptivo y analítico.

Finalmente, es importante dar seguimiento a los objetivos específicos en el análisis de la información adquirida y proponer así una metodología afín al proyecto de tesis para posteriormente emplear el método cualitativo y analizar la información dándole un carácter interpretativo. Es fundamental también el análisis de las condiciones del Laboratorio Estatal de Salud Pública, pues es el ambiente en donde se desarrollará la investigación.

1.1.2 Determinación del área de estudio:

El área de estudio para esta investigación es el Laboratorio Estatal de Salud Pública, perteneciente a la Secretaría de salud. Dicho laboratorio se encuentra ubicado en la ciudad de Morelia, en el estado de Michoacán, México; está ubicado a 19°41'30.731" latitud norte y a 101°9'20.573" longitud Oeste², con domicilio en privada de Canadá N° 90, Fraccionamiento las Américas, C.P. 58270. La información que se mostrará en las tablas 15 y 15A, da la información respecto de los consumos de electricidad (968.16 KW) involucrados en la realización del estudio.

1.2 Marco Teórico Conceptual

Ante la demanda de electricidad y lo estimado por la EIA, los aumentos al consumo de energía eléctrica a nivel mundial serán del 46% al 58% del año 2004 al 2030³, reflejándose los mayores incrementos en los países en desarrollo, mientras que en los países desarrollados su consumo crecerá a un ritmo lento, apenas del 0.9%. Ante esta tendencia de aumento del consumo también se necesitarán mayores cantidades de petróleo, carbón y gas para la transformación de electricidad.

² Información de la página <http://www.coordenadas-gps.com/>

³ Como se mostrará en el capítulo 1.1.3

Algunos de los autores más renombrados que han dado definiciones para el término de energía renovable son Twidell y Weir, que señalan que se trata de la energía que se obtiene a partir de corrientes de energía continuas y recurrentes en el mundo natural, cuyas fuentes de abastecimiento proceden principalmente de la apropiación del sol, la gravedad, la rotación y el calor interno de la tierra. Se ha llegado a considerar que estos recursos son inagotables porque son productos originados principalmente por los ecosistemas existentes, sin embargo, esta situación no puede prevalecer debido a que la naturaleza se encuentra en constantes cambios cíclicos (González, 2009b, p. 47).

Hoy en día, y gracias a las nuevas tecnologías, surgen nuevas formas de aprovechar estos recursos, para así ir reduciendo ampliamente las emisiones de los gases de efecto invernadero y tratar de disminuir el calentamiento global (UNEP, 2016d).

Ante este panorama, la EIA menciona que las formas de energía hidráulica, eólica, fotovoltaica, termo-solar, geotérmica y otras renovables han superado a la de gas natural y nuclear para la generación de electricidad, esto en el año 2016; por esta razón, este organismo internacional apuesta al crecimiento de energías renovables, esperando que el consumo energético sea más limpio.

La energía alternativa producida en 2011 fue de un 4%, y se espera que la generación eólica y solar fotovoltaica crezcan hasta 8% para el año 2018. Para lograr que se pueda llevar a cabo este cambio energético la Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA), promueve que los países cambien y utilicen las formas de energía sostenibles tales como la bioenergía, la geotérmica, la hidroeléctrica, la solar y la eólica para el fortalecimiento del desarrollo de proyectos renovables (EnergyNews.es, 2013).

Con la ayuda de estas medidas implementadas por la EIA y la IRENA, se espera que ya no se incrementen más los consumos de petróleo, carbón y gas, para así comenzar la transición hacia las energías alternativas, ya que éstas aportan una solución para el desarrollo sustentable. Es así que depende de nosotros cómo decidimos racionar los

recursos e intentar preservarlos para las futuras generaciones y asegurar una calidad de vida aceptable y la equidad social (Cabello, 2006c, p. 7).

Con base en lo anterior, Hernández (2007a) reconoce la gran importancia de la aportación que traen consigo las fuentes renovables, siendo la energía solar una fuente primaria que se puede aprovechar sin importar el clima o el área geográfica, ya que no tiene externalidades negativas para el ambiente. Esta energía, llamada fotovoltaica, se genera con costos que permiten competir con la producción del sistema convencional (Hernández, 2007b).

Así, la utilización de paneles solares ayuda a reducir el consumo energético convencional en los hogares, por lo que también se logra una disminución en las facturas que deben pagar las familias. Si esto sucede, los subsidios otorgados por el Estado para el consumo convencional podrían ser dirigidos hacia la adquisición de un SF para la generación de energía eléctrica, contribuyendo además a la disminución de las emisiones de gases procedentes de la combustión de elementos fósiles (Domínguez, 2012, p. 18). Pero ¿cómo funciona específicamente la generación de energía eléctrica a partir de procesos fotovoltaicos? Veamos.

La radiación solar es el resultado del proceso de fusión nuclear que tiene lugar en el sol, el cual es el “motor” que mueve al medio ambiente (Agencia Estatal de Meteorología, 2016). Esta energía es recibida por la superficie terrestre y puede convertirse en energía térmica y/o eléctrica mediante las siguientes tecnologías: colector solar plano, sistemas foto térmicos de concentración y sistemas fotovoltaicos (Secretaría de Energía, 2015, p.99).

La energía captada directamente del sol puede ser transformada en energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico, que consiste en generar una tensión eléctrica para producir una corriente (Vega y Ramírez, 2014b, pp. 309-326). Las celdas solares se pueden utilizar en conexión con la red eléctrica, o bien en sitios aislados, por medio de

sistemas de almacenamiento que incluyen baterías (Secretaría de Energía, 2009, p.21).

En resumen, un sistema fotovoltaico es el conjunto de paneles de células individuales que se conectan juntas, en serie o en paralelo, para producir el voltaje y la corriente deseada. Las células generalmente están encapsuladas en un material protector transparente y típicamente alojadas en un bastidor de aluminio. Existe otro método, que consiste en el concentrado de la luz solar en un fluido de trabajo que cambia de fase para mover un generador de turbina, al cual se le denomina generación de energía solar térmica (Jiménez y Olson, 1998, pp.14, 43).

Uno de los principales motivos que dan lugar al uso y cambio hacia este tipo de tecnología es la estrategia de disminución de dependencia del petróleo, que en el aspecto económico logra un beneficio y fomenta la creación de fuentes propias de abastecimiento de electricidad y de generación de empleos (Blanco y López, 2009, p. 28). Mencionaremos algunos casos a continuación:

En países como España, Alemania o Japón las compañías de distribución eléctrica convencionales están obligadas por ley a comprar la energía inyectada a su red por las centrales fotovoltaicas (Gregori, 2009a, p. 14). En 2009 se llevó a cabo un estudio de viabilidad en instalación fotovoltaica desde un punto de vista económico realizado en la provincia de Ourense, España, donde la radiación solar media alcanza unos 4 kWh/m² llegando a 1,440 kWh/m² cada año, esto realizado con una inversión de sólo 50 000 Euros (Blanco y López, 2009, p. 30). Asimismo, se llevó a cabo con éxito la instalación de un sistema fotovoltaico en la localidad de San Lucas La mayor, también en España; dicho municipio se preocupó por otorgar energía eléctrica solar alternativa a toda la población, así como también a empresas hoteleras, abasteciendo a 200,000 habitantes (Cabello, 2006c, p. 27).

Otro de los proyectos sustentables para el desarrollo de sistemas fotovoltaicos que se puede mencionar es la instalación de 140 sistemas solares domésticos para el pueblo

Kwichua Sarayacu, localizado en el centro oriente Ecuatoriano, así como la instalación de una micro red fotovoltaica para la población de Cauchal, ubicada en la ciudad de Esmeraldas en la reserva de la Biósfera Sumaco, también en el oriente Ecuatoriano; ambos son modelos de sostenibilidad para el servicio de electrificación rural (Feijoo, 2009, p. 29).

En el año 2004 la mayor central de energía solar en el mundo se encontraba cerca de Leipzig Alemania, en la ciudad de Espenhain, en donde se tenían 33 500 paneles solares monocristalinos para abastecer a 1,800 casas con una capacidad de generación de 5 MW. También en Alemania, la compañía SAG Solarstrom ha construido el mayor huerto solar en el mundo, en la localidad de Erlasee, el cual viene a desplazar a Espehhain, contando con una capacidad de generación de 12 MW (Gregori, 2009b, p. 14).

Por su parte, la compañía alemana RWE SCHOTT Solar, con sede en Alzenau, Baviera, cuenta con la planta de producción fotovoltaica más moderna, completa e integrada del mundo. Mientras que en España, la provincia de Andalucía posee numerosas instalaciones pequeñas y en Castilla La Mancha se mantiene la única central, "Toledo", de generación de energía fotovoltaica con una potencia de 1MW. (Gregori, 2009c, pp.14, 17).

Una de las ventajas de la instalación de un sistema fotovoltaico es que puede ser conectado a las redes existentes, convirtiendo los lugares en donde se instalen en pequeñas centrales productoras de electricidad: se eleva la eficiencia energética por tener una dinámica renovable y es una medida adecuada para reducir los problemas al cambio climático dado que reduce ampliamente las emisiones de CO² (Gregori, 2009d, pp. 13, 17). Sin embargo, además de la energía fotovoltaica, existen otras formas de producir energía de manera alternativa: los biocombustibles, la geotérmica, la eólica y las represas hidroeléctricas.

Los biocombustibles permiten la generación de bioenergía (FAO, 2016), existiendo diferentes formas de poder utilizarla. La más importante es el aprovechamiento de las biomásas, tales como la leña, el carbón, los residuos agrícolas, el estiércol de animales, entre otros. Estos biocombustibles pueden ser utilizados para convertirlos en energía eléctrica (Secretaría de Energía, 2015a, p.57). Otras de las formas de aprovechamiento de la materia orgánica es con los desechos sanitarios, así como el estiércol y otros residuos orgánicos, que al entrar al proceso de descomposición liberan gas metano o biometano (CH₄), el cual es utilizado por las plantas generadoras como fuente para crear energía eléctrica (Secretaría de Energía, 2015b, p. 58).

La energía proveniente del núcleo de la Tierra (magma y materia incandescente) también se puede utilizar para generar electricidad (geotermia), o bien para aplicaciones térmicas como calefacción, procesos industriales o agroindustriales (D.O.F., 2014, p. 99).

La energía eólica, por su parte, es la energía producida por el movimiento de masas de aire existentes debido a las diferentes presiones de la atmósfera (masas de aire frío y caliente que se mueven en las zonas de alta o baja presión). Esta fuente de energía es otra de las alternativas para la generación de energía eléctrica (Vega y Ramírez, 2014c, pp. 309-326)

Finalmente, la forma más recurrente es la utilización de represas, las cuales almacenan grandes cantidades de agua que, aprovechando la presión y movimientos de la misma, son liberadas por el tren de desagüe para mover la turbina y así transformar el movimiento hidráulico en energía mecánica: al hacer rotar las hélices de la turbina, un alternador convierte ese movimiento en electricidad de manera automática (Vega y Ramírez, 2014a, pp. 309-326).

1.3 Marco Referencial

1.3.1 Antecedentes de la Investigación.

A lo largo de la historia, el ser humano se ha apropiado de grandes cantidades de recursos naturales, mismos que ha consumido y transformado en bienes y servicios para satisfacer sus necesidades esenciales, entre ellas, el movimiento de su maquinaria económica; sin embargo, el aumento de la población siempre ha requerido más consumo de energía, cuyos procesos de generación tienen, entre otras consecuencias, el incremento de los gases de efecto invernadero (GEI).

Ante esta problemática, las Naciones Unidas han llevado a cabo diversas conferencias sobre el cambio climático, logrando crear conciencia y estableciendo compromisos en la regulación de las emisiones de Dióxido de carbono (CO₂), así como la creación de mecanismos de mitigación, siempre con la ayuda de tecnologías alternativas que generen electricidad, con el único propósito de reducir la dependencia del petróleo (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, et al., 2016, pp. 250-251).

Durante la conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano, realizada en Estocolmo en 1972, por primera vez se introdujeron los principios 12 y 23 en la agenda política internacional; se comienza a pensar en el medio ambiente como condicionador y limitador del modelo tradicional para el crecimiento económico, buscando el desarrollo sostenible y poniendo en el centro los problemas relacionados con la degradación ambiental (ONU, 1992).

Como hemos mencionado, una de las formas de producir energía alternativa es el efecto fotovoltaico, cuyo pionero fue Alexandre Edmund Becquerel en el año 1839. Más tarde, Charles Fritts diseña y construye en 1883 la primera celda solar utilizando un semiconductor de silicio con una capa de oro, sin embargo el costo era alto y por esa razón no se utilizó para la generación de electricidad. No fue sino hasta 1946 que Russell Ohl creó y patentó la procesadora de celdas solares utilizando también el semiconductor de silicio. En el año de 1954 los laboratorios Bells las empezaron a distribuir en el mercado y tenían apenas un 6% de eficiencia, estas celdas fueron utilizadas en los satélites artificiales (Renovables Verdes, 2011).

Desde 1955, la industria en los Estados Unidos incursionó de la producción de paneles fotovoltaicos para aplicaciones espaciales, lo que permitió un gran desarrollo tecnológico en la fabricación de los mismos y generó la competencia necesaria para mejorar el rendimiento y bajar los costos de fabricación. Un caso importante fue el de la empresa Hoffman Electronic, que en 1955 ofreció las células de 14 mW de un rendimiento del 3% a un costo de \$ 1500/W; dos años después, esta misma empresa desarrolló células solares con un rendimiento del 8% (Sitiosolar.com. 2016).

Durante las décadas de 1970 y 1980 se empezaron a utilizar los paneles para uso doméstico en calculadoras y en techos de granjas y áreas rurales (Renovables Verdes, 2011). En esa época, Elliot Berman, con ayuda de la empresa EXXON, consiguió crear una célula solar más barata que reducía los costos de 100 a 20 dólares por watt, empleando un silicio con grado menor de pureza y con materiales más baratos. Ya con estos precios, comenzó a cambiar la situación del empleo de los paneles fotovoltaicos, siendo más económicamente viables y rentables para instalaciones aisladas de la red eléctrica. Para el año 1975, las aplicaciones terrestres habían superado a las espaciales, lo que empezó a generar ideas nuevas, por ejemplo, cómo extraer el agua de mantos acuíferos utilizando los paneles solares.

Ya entrada la década de los 80's se empezaron a electrificar poblaciones de países en desarrollo pero no se podían instalar redes complejas de distribución debido a que había asentamientos humanos muy dispersos, por lo que se prefirió seguir utilizando los paneles solares como se habían venido empleando (Sitiosolar.com. 2016). Más tarde, aparecen las primeras casas con electrificación fotovoltaica en los países desarrollados; este sistema permite que cada hogar pueda generar su propia energía en lugar de realizar el tendido de líneas desde una gran central de distribución de energía convencional (Sitiosolar.com. 2016).

1.4 Marco Legal

Las bases legales de esta investigación se encuentran representadas, en primer lugar, en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos del año de 1917, se destaca el Artículo 25, que establece que:

Corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional para garantizar que éste sea integral y sustentable, que fortalezca la Soberanía de la Nación y su régimen democrático y que, mediante el fomento del crecimiento económico y el empleo y una más justa distribución del ingreso y la riqueza, permita el pleno ejercicio de la libertad y la dignidad de los individuos, grupos y clases sociales, cuya seguridad protege esta Constitución. (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos [Const⁴.], 1917, p.24)

No obstante, para garantizar el desarrollo nacional de lo establecido en el citado artículo, es de fundamental importancia que éste sea integral y sustentable, manteniendo un control para su aplicación en la soberanía nacional.

También destacamos el artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, que en su párrafo sexto establece que:

El dominio de la Nación es inalienable e imprescriptible y la explotación, el uso o el aprovechamiento de los recursos de que se trata, por los particulares o por sociedades constituidas conforme a las leyes mexicanas, no podrá realizarse sino mediante concesiones, otorgadas por el Ejecutivo Federal, de acuerdo con las reglas y condiciones que establezcan las leyes. Las normas legales relativas a obras o trabajos de explotación de los minerales y sustancias a que se refiere el párrafo cuarto, regularán la ejecución y comprobación de los que se efectúen o deban efectuarse a partir de su vigencia, independientemente de la fecha de otorgamiento de las concesiones, y su inobservancia dará lugar a la cancelación de éstas. El Gobierno Federal tiene la facultad de establecer reservas nacionales y

⁴ Posteriormente solo se abreviará con las siglas *Const.*

suprimirlas. Las declaratorias correspondientes se harán por el Ejecutivo en los casos y condiciones que las leyes prevean. Tratándose del petróleo y de los carburos de hidrógeno sólidos, líquidos o gaseosos o de minerales radioactivos, no se otorgarán concesiones ni contratos, ni subsistirán los que en su caso se hayan otorgado y la Nación llevará a cabo la explotación de esos productos, en los términos que señale la Ley Reglamentaria respectiva. Corresponde exclusivamente a la Nación generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer energía eléctrica que tenga por objeto la prestación de servicio público. En esta materia no se otorgarán concesiones a los particulares y la Nación aprovechará los bienes y recursos naturales que se requieran para dichos fines. (Const., 1917, p.27)

En el fragmento anterior queda claro que el gobierno federal es el único facultado para el uso y aprovechamiento de los recursos naturales y que le corresponde de manera exclusiva la generación, transformación, distribución y abastecimiento de la energía eléctrica. En la última reforma al DOF, el día 12 de Enero de 2012, se observa la Ley de Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, donde destaca el artículo 1, estableciendo que:

La presente Ley es de orden público y de observancia general en toda la República Mexicana. Tiene por objeto regular el aprovechamiento de fuentes de energía renovables y las tecnologías limpias para generar electricidad con fines distintos a la prestación del servicio público de energía eléctrica, así como establecer la estrategia nacional y los instrumentos para el financiamiento de la transición energética.(Ley de Aprovechamiento, p.1)

En esta sección se establece que para generar electricidad se aprovecharán las fuentes renovables para su producción con la utilización de diversas tecnologías; en su artículo 2 (Ley de Aprovechamiento), determina que:

El aprovechamiento de las fuentes de energía renovable y el uso de tecnologías limpias es de utilidad pública y se realizará en el marco de la estrategia nacional para la transición energética mediante la cual el Estado mexicano promoverá la

eficiencia y sustentabilidad energética, así como la reducción de la dependencia de los hidrocarburos como fuente primaria de energía. (Ley de Aprovechamiento, p.2)

Además, los artículos 22, 23 y 24 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, permite establecer con precisión las condiciones para llevar a cabo la transición energética:

Artículo 22.- Establece la Estrategia como el mecanismo mediante el cual el Estado mexicano impulsará las políticas, programas, acciones y proyectos encaminados a conseguir una mayor utilización y aprovechamiento de las fuentes de energía renovables y las tecnologías limpias, promover la eficiencia y sustentabilidad energética, así como la reducción de la dependencia de México de los hidrocarburos como fuente primaria de energía. (Const., 1917, art. 22, p.7)

Artículo 23.- La Estrategia, encabezada por la Secretaría, tendrá como objetivo primordial promover la utilización, el desarrollo y la inversión en las energías renovables a que se refiere esta Ley y la eficiencia energética. (Const., 1917, art. 23, p.7)

Artículo 25.- Con el fin de ejercer con eficiencia los recursos del sector público, evitando su dispersión, la Estrategia comprenderá los mecanismos presupuestarios para asegurar la congruencia y consistencia de las acciones destinadas a promover el aprovechamiento de las tecnologías limpias y energías renovables mencionadas en el artículo anterior, así como el ahorro y el uso óptimo de toda clase de energía en todos los procesos y actividades, desde su explotación hasta su consumo. (Const., 1917, art. 24, p.7)

Estos artículos constituyen la base legal para los estudios de factibilidad y establecen su ejecución para la puesta en marcha en todo lo concerniente al mejor aprovechamiento de las energías renovables y de su explotación.

Otro fundamento es la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, publicada el 29 de diciembre de 1976, que establece las políticas energéticas de México e instruye, en el artículo 33, que a la Secretaría de Energía le corresponde:

Establecer y conducir la política energética del país, así como supervisar su cumplimiento con prioridad en la seguridad y diversificación energéticas, el ahorro de energía y la protección del medio ambiente, para lo cual podrá, entre otras acciones y en términos de las disposiciones aplicables, llevar a cabo la planeación energética a mediano y largo plazos, así como fijar las directrices económicas y sociales para el sector energético paraestatal. La planeación energética deberá atender los siguientes criterios: la soberanía y la seguridad energéticas, el mejoramiento de la productividad energética, la restitución de reservas de hidrocarburos, la reducción progresiva de impactos ambientales de la producción y consumo de energía, la mayor participación de las energías renovables en el balance energético nacional, la satisfacción de las necesidades energéticas básicas de la población, el ahorro de energía y la mayor eficiencia de su producción y uso, el fortalecimiento de las entidades públicas del sector energético como organismos públicos, y el apoyo a la investigación y el desarrollo tecnológico nacionales en materia energética; (Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, art., p.23)

En estos apartados de ley se prioriza la planeación energética a mediano y largo plazos contando con la seguridad y diversificación energéticas para el mejoramiento de su productividad y el ahorro de energía, protegiendo al medio ambiente, pero buscando también la satisfacción de las necesidades energéticas básicas de la población.

Ante este panorama y la propuesta de la utilización de energías renovables para la producción de energía eléctrica, en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018 del gobierno mexicano se menciona lo siguiente:

Durante la última década, los efectos del cambio climático y la degradación ambiental se han intensificado. Las sequías, inundaciones y ciclones entre 2000 y 2010 han ocasionado alrededor de 5,000 muertes, 13 millones de afectados y pérdidas económicas por 250,000 millones de pesos (mmp) (PND, 2013, p.77).

Por lo anterior, es de interés nacional revertir los impactos del cambio climático y ambiental intensificando el fomento del uso de las energías renovables para el desarrollo del país, como se exhibe en el siguiente apartado:

El mundo comienza a reducir la dependencia que tiene de los combustibles fósiles con el impulso del uso de fuentes de energía alternativas, lo que ha fomentado la innovación y el mercado de tecnologías, tanto en el campo de la energía como en el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. Hoy, existe un reconocimiento por parte de la sociedad acerca de que la conservación del capital natural y sus bienes y servicios ambientales, son un elemento clave para el desarrollo de los países y el nivel de bienestar de la población. (PND, 2013, p.77)

El uso y aprovechamiento de las energías renovables son fundamentales para el progreso del país, así se señala en los apartados siguientes:

El uso y suministro de energía son esenciales para las actividades productivas de la sociedad. Su escasez derivaría en un obstáculo para el desarrollo de cualquier economía. Por ello, es imperativo satisfacer las necesidades energéticas del país, identificando de manera anticipada los requerimientos asociados al crecimiento económico y extendiéndolos a todos los mexicanos, además de los beneficios que derivan del acceso y consumo de la energía. (PND, 2013, p.78)

De manera adicional, en 2011 la mitad de la electricidad fue generada a partir de gas natural, debido a que este combustible tiene el menor precio por unidad energética. En este contexto, tecnologías de generación que utilicen fuentes renovables de energía deberán contribuir para enfrentar los retos en materia de

diversificación y seguridad energética. A pesar del potencial y rápido crecimiento en el uso de este tipo de energías, en el presente, su aportación al suministro energético nacional es apenas el 2% del total. (PND, 2013, p.79)

Dentro de su plan de acción para eliminar las trabas que limitan el potencial productivo del país, se plantea abastecer de energía al país con precios competitivos, calidad y eficiencia a lo largo de la cadena productiva. Esto implica aumentar la capacidad del estado para asegurar la provisión de petróleo crudo, gas natural y gasolinas que demanda el país; fortalecer el abastecimiento racional de energía eléctrica; promover el uso eficiente de la energía, así como el aprovechamiento de fuentes renovables, mediante la adopción de nuevas tecnologías y la implementación de mejores prácticas; además de fortalecer el desarrollo de la ciencia y la tecnología en temas prioritarios para el sector energético. (PND, 2013, p.86)

Reducir la vulnerabilidad de las finanzas públicas federales ante caídas inesperadas del precio del petróleo y disminuir su dependencia estructural de ingresos de fuentes no renovables. (PND, 2013, p.131)

Asegurar el abastecimiento racional de energía eléctrica a lo largo del país y promover el uso eficiente de la energía, así como el aprovechamiento de fuentes renovables, mediante la adopción de nuevas tecnologías y la implementación de mejores prácticas. (PND, 2013, p. 137)

En ese sentido, lo establecido en estos apartados del Plan Nacional de Desarrollo pone de manifiesto que para el uso y suministro de energía se deben satisfacer las necesidades con el uso de tecnologías de producción que utilicen fuentes renovables debiendo contribuir a la diversificación y seguridad energética, y promoviendo el aprovechamiento de fuentes renovables en forma eficiente mediante la adopción de nuevas tecnologías y de mejores prácticas.

Otros de los fundamentos legales de esta investigación, es el Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2014-2018 (PNASE 2014-2018), donde textualmente se lee lo siguiente:

La SENER deberá llevar a cabo la planeación energética a mediano y largo plazos, así como fijar las directrices económicas y sociales para el sector energético paraestatal. Asimismo, esta fracción indica que la planeación energética deberá atender los siguientes criterios: la soberanía y la seguridad energéticas; el mejoramiento de la productividad energética; la restitución de reservas de hidrocarburos; la reducción progresiva de impactos ambientales de la producción y consumo de energía; la mayor participación de las energías renovables en el balance energético nacional; la satisfacción de las necesidades energéticas básicas de la población; el ahorro de energía y la mayor eficiencia de su producción y uso; el fortalecimiento de las entidades públicas del sector energético como organismos públicos; y el apoyo a la investigación y el desarrollo tecnológico nacionales en materia energética. (2014, pp. 2, 3)

En esta estrategia se destaca también la confirmación de utilización de energías renovables para el desarrollo de México⁵:

A partir de la implementación y el financiamiento de múltiples proyectos se aumentará la participación de las fuentes renovables de energía a gran escala, con lo cual también se crearán empleos verdes. Para ello se requiere de una sinergia entre la protección al medio ambiente y el establecimiento de relaciones con las comunidades donde se establezcan, basados en enfoques de sostenibilidad social y respeto a los derechos humanos. (2014, p.6)

También se retoma la importancia de las facilidades que se les da a los particulares para poder producir energía renovable en forma libre de participación de competencia con la Comisión Federal de Electricidad, como se describe a continuación:⁶

- Los privados aportarán una proporción importante de la ampliación de la capacidad de generación en el Sistema Eléctrico Nacional; bajo la figura de

⁵ Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2014-2018

⁶ Ídem

generadores libres, nuevos actores tendrán la posibilidad de participar en el mercado eléctrico, compitiendo en igualdad de condiciones con la CFE.

- Para fortalecer los proyectos de energías renovables, se facilitará su proceso administrativo, con lo que se incrementará su participación en la matriz energética.
- Los planes de inversión en energías alternativas requieren de una sinergia entre la protección al medio ambiente y el establecimiento de relaciones virtuosas con las comunidades donde se establezcan, basados en enfoques de sostenibilidad social y respeto a los derechos humanos.
- La producción de energía a partir de fuentes renovables propiciará un desarrollo sostenido y sustentable. Asimismo, se crearán empleos verdes basados en las energías renovables, como lo han hecho otros países.
- La creación de un mercado competitivo de generación eléctrica, administrado por el Estado a través de un operador independiente, así como el establecimiento de certificados de energías limpias, agregarán capacidad de este tipo de fuentes a gran escala.
- El aumento de participación de las energías renovables en la matriz de sector energético pasará a los hechos, gracias a la Reforma Energética, con la implementación y el financiamiento de múltiples proyectos. Los principales retos de la reforma energética son encontrar un punto central hacia una economía sustentable, baja en carbono y en elementos contaminantes, fundada en fuentes energéticas renovables y tecnologías limpias; en consecuencia, del empleo eficiente de los combustibles fósiles en los sectores que sea necesario.
- Diversificar proyectos.- Con la Reforma se busca que aquellos proyectos, y no sólo la extracción de crudo, que puedan derivar en un beneficio para el

país, se detonen. Su realización permitirá un mayor aprovechamiento del potencial de energía renovable con el que cuenta el país, de igual forma se detonará los proyectos de extracción y transporte de gas natural, se ampliará la capacidad de internación y producción de productos derivados, entre otros proyectos. De igual forma, diversificar las fuentes de energía, resulta en menores requerimientos de combustibles fósiles o en una reducción en las importaciones.

Lo anterior hace referencia a la responsabilidad del Gobierno Federal para llevar un buen control sobre los procedimientos a través de los cuales los particulares pueden participar en la generación de energía eléctrica a partir de formas sustentables.

CAPITULO SEGUNDO

2. Transición Energética

2.1 Situación mundial de la industria petrolera

Con base en los informes de la Agencia Internacional de Energía (IEA), se ven señales muy marcadas para promover el cambio de energía derivado principalmente de la caída del petróleo y del hecho de que los precios de los demás combustibles oscilan en forma similar. Países como la India e Indonesia han aprovechado esta caída del petróleo para ir eliminando su dependencia, casi la mitad de la generación de energía eléctrica en el año 2014 fue a partir de fuentes renovables.

La obligatoriedad de las normas y los compromisos establecidos en la Convención realizada en París Francia (COP21), sobre el cambio climático, han dado un nuevo impulso para lograr el avance de la eficiencia energética con menos emisiones de dióxido de carbono (CO²), pero sin alterar las necesidades mundiales de energía. En dicha convención, realizada en París en 2015, se estableció la agenda hacia 2030 con énfasis en el desarrollo sostenible, reconociendo que el cambio climático es una amenaza latente e irreversible para la humanidad y el planeta. Por esta razón, se pidió la colaboración de todos los países miembros, señalando la necesidad urgente de la reducción de las emisiones de CO².

Los descensos más fuertes en el consumo de petróleo y sus derivados se muestran en la Unión Europea en un 15% hasta el año 2040; Japón, por su parte, lo ha reducido en un 12%; y en lo que respecta a los Estados Unidos, estos lo han reducido sólo en un 3%. China, por su parte, se ha vuelto el mayor productor y consumidor de carbón, por lo que dentro de sus planes de desarrollo en función del aumento de demanda de energía eléctrica es utilizar fuentes renovables y ampliarlo hacia el 2030, ya que

estiman que su demanda energética para el 2040 será casi el doble que la de los Estados Unidos.

Ante el aumento en la demanda del mercado de petróleo, el precio del barril⁷ se ha establecido en 47.57 dólares, pero este costo seguirá variando, de hecho, se espera que para el año 2020 se estabilice llegando a los 80 dólares. La IEA ha propuesto que el 17% de la población mundial, que sigue sin tener acceso a la energía eléctrica (1200 millones personas) cuente con este acceso de un modo fiable, moderno y sostenible. El consumo mundial de energía primaria va en aumento, como se muestra en la tabla 1, donde se observa que aunque esté disminuyendo relativamente el consumo de combustibles fósiles (hablando de petróleo, carbón y gas) éstos siguen en la tendencia de seguir utilizándose para la generación de energía eléctrica.

Tabla 1
Participación mundial en la oferta de energía primaria

Año	Nivel de Crecimiento (millones de toneladas de petróleo crudo equivalente)				tmca 2007-2030	Participación (%)			
	2007	2010	2020	2030		2007	2010	2020	2030
Petróleo	4,045	3967	4457	4902	0.8	36.4	35.1	33.1	31.0
Carbón	3,129	3225	3871	4438	1.5	28.2	28.5	28.8	28.1
Gas	2,479	2551	3124	3808	1.9	22.3	22.6	23.2	24.1
Nuclear	736	759	873	1065	1.6	6.6	6.7	6.5	6.7
Hidro	268	289	366	448	2.3	2.4	2.6	2.7	2.8
Biomasa	394	446	618	840	3.4	3.5	3.9	4.6	5.3
Otras renovables	59	73	151	303	7.4	0.5	0.6	1.1	1.9
Total	11,110	11,310	13,460	15,804	1.5	100	72	100	100

Nota. Fuente: World Oil Outlook, 2009 (OPEP)

Los países productores de petróleo cuentan con las reservas necesarias para las necesidades de sus poblaciones e industria y su sostenimiento por otro siglo más, pero este panorama puede cambiar ante los nuevos descubrimientos de yacimientos porque, como se observa en la tabla 2, los principales países industrializados, a partir de los nuevos avances tecnológicos, han realizado más explotación de petróleo crudo, con lo cual han elevado sustancialmente sus reservas. Así lo muestran las estadísticas de la IEA: Arabia Saudita sigue siendo el mayor productor con 11.5 de millones de barriles diarios; Rusia, con 10.6; Estados Unidos con 8.9; China con 4.1; Canadá con 3.7; e Irán con 3.6 millones de barriles diarios.

⁷ Información tomada de: <http://www.preciopetroleo.net/>, el día 25 de junio del 2016, sujeta a cambios.

Ante este panorama internacional y considerando los acuerdos derivados de los objetivos de la COP21 de las Naciones Unidas, es urgente ir disminuyendo las emisiones anuales de los gases de efecto invernadero y reducir el aumento de la temperatura mundial por debajo de los 2° centígrados, promoviendo además el acceso universal a las energías renovables para el 2030 especialmente en los países en desarrollo. De acuerdo a la BP Energy Outlook (2016) se espera que el consumo mundial de electricidad aumente en un 34% entre los años 2014 y 2035, es decir, con una tasa anual de crecimiento del 1.4%, lo que exige que los nuevos combustibles sean de baja emisión de carbono y que los países se encuentren preparados para la transición a fuentes de energía de origen renovable.

Tabla 2
Ránking de países por reservas y producción de crudo y gas natural durante el año 2012

País	Petroleo Reserva*	Petroleo Producción**	Gas Natural Reserva***	Gas Natural Producción****
Venezuela	297.60		5.6	
Arabia Saudita	265.90	11,530.00	8.2	102.8
Canada	173.90	3,741.00		156.5
Iran	157.00	3,680.00	33.6	160.5
Irak	150.00	3,115.00		
Omán	101.50			
Emiratos Arabes	97.80	3,380.00	6.1	
Rusia	87.20	10,643.00	32.9	592.3
Libia	48.00			
Nigeria	37.20		5.2	
E.U.		8,905.00	8.5	681.4
China		4,155.00		107.2
Kuwait		3,127.00		
México		2,911.00		
Qatar			25.1	157
Turkmenistan			17.5	
Argelia			4.5	81.5
Noruega		114.9		
Indonesia				71.1
Total	1,668.90	86,152.00	187.3	3363.9
	Miles de millones de barriles	Miles de barriles diarios	Billones de M3	Miles de millones de m3

Nota. Elaboración propia. Fuente: Periodico Electronico Expanción.com

* Valores de reservas de petróleo. ** Valores de producción de petróleo. *** Valores de reservas de gas natural. **** Valores de producción de gas natural

2.1.1 Situación de la industria petrolera de México

La Secretaría de Energía señala, en las prospectivas de petróleo crudo y petrolíferos 2015-2029, que México, a partir del 1 de enero de 2015 ha registrado reservas por 37,408.8 millones de barriles de petróleo crudo, lo cual refleja una caída del 11.3% en comparación con el año 2014 (tabla 3). La obtención de petróleo crudo tuvo una caída del 3.7%, con un total de 2,428.8 millones de barriles diarios de producción (tabla 4).

Esta disminución en la producción de petróleo se encuentra justificada por la tendencia en el cambio de tecnologías necesarias para la generación de electricidad. El Programa Nacional de Infraestructura ha desarrollado un plan de producción de energía eléctrica aprovechando mejor los combustibles, obteniendo a un menor costo y con menor impacto ambiental, ya que se ha sustituido el combustóleo por el gas natural obteniendo un menor consumo de combustible sin afectar la oferta de producción de energía eléctrica.

La CFE, empresa gubernamental encargada de la generación y distribución de energía eléctrica en el país, ha procurado retirar las centrales convencionales para disminuir los consumos de combustibles fósiles contaminantes (combustóleo y diésel) en un 56.3%, para que esto ocurriera se comenzó a utilizar más el gas natural, el cual incrementó su consumo en un 51.3%; también aumentó el consumo de carbón en un 30.0%, así como del diésel, en un 4.9%, esto durante los últimos 10 años (Secretaría de Energía, 2015: p.50)

Fijando esta tendencia a la baja en la utilización del petróleo como combustible para la transformación de energía en el país, México, al ser miembro de la Convención sobre el Cambio Climático, en 2015 se comprometió a buscar otras alternativas para la generación de energía eléctrica e ir disminuyendo las emisiones de dióxido de carbono (CO²) y utilizar fuentes renovables.

Tabla 3

Distribución de las reservas totales de Hidrocarburos por tipo de fluido (2005-2015) en millones de barriles de petróleo

Concepto	Datos anuales											Variación 2015/2014	tmca 2005-2015
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015		
Total	49,914.1	46,417.5	45,376.3	44,482.7	43,562.6	43,074.7	43,073.6	43,837.3	44,530.0	42,158.4	37,404.8	-11.3%	(2.2)
Aceite	33,312.2	33,093.0	31,908.8	31,211.6	30,929.8	30,497.3	30,559.8	30,612.5	30,816.5	29,327.8	25,825.1	-11.9%	(2.5)
Condensado	835.3	863.0	941.2	879.0	561.7	417.3	294.1	367.8	328.1	295.6	260.2	-12.0%	(11.0)
Líquido de plantas	3,412.6	3,479.4	3,417.5	3,574.7	3,491.3	3,563.1	3,573.3	3,953.1	4,010.4	3,575.0	2,917.7	-18.5%	(1.6)
Gas seco equivalente	9,354.0	8,982.2	9,108.9	8,817.4	8,579.7	8,597.0	8,646.5	8,903.9	9,375.0	8,960.1	8,404.8	-6.2%	(1.1)

Fuente: Secretaría de Energía (2016). Prospectivas de petróleo crudo y petrolíferos 2015-2029 (p.40)

Tabla 4

Producción Nacional de crudo por tipo (2004-2014) en miles de barriles diarios

Concepto	Datos anuales											Variación 2014/2013	tmca 2004-2014
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014		
Total crudo	3,382.9	3,333.3	3,255.6	3,075.7	2,791.6	2,601.5	2,577.0	2,552.6	2,547.9	2,522.1	2,428.8	-3.7%	(3.3)
Pesado	2,458.0	2,387.0	2,243.8	2,039.4	1,765.6	1,520.0	1,464.0	1,417.1	1,385.0	1,365.1	1,265.5	-7.3%	(6.4)
Ligero	789.6	802.3	831.5	837.7	815.5	811.8	792.3	798.3	834.0	847.1	864.2	2.0%	0.9
Superligero	135.3	144.1	180.4	198.6	2,010.4	269.7	320.7	337.2	328.9	310.0	299.0	-3.5%	8.3

Fuente: Secretaría de Energía (2016). Anuario estadístico 2014 de Prospectivas de petróleo crudo y petrolíferos 2015-2029 (p.47)

2.1.2 Demanda mundial de energía eléctrica

Ante el aumento de las demandas de energía eléctrica, derivado principalmente del crecimiento demográfico en las regiones en desarrollo, los países requerirán de más bienes y servicios para sus necesidades básicas y para que el crecimiento económico se expanda en sus territorios. De acuerdo con los datos del Banco Mundial (2016), el consumo de energía irá en aumento (figura 1), por lo que es necesario crear políticas y mecanismos de desarrollo de nuevas formas de generación de energía eléctrica sustentables.



Figura 1. Consumo de energía eléctrica (kWh per cápita)

Fuente: Banco Mundial (2016). Comportamiento del gasto de energía eléctrica desde los años 2000 al 2012.

Ante este contexto, la IEA estima que el aumento del consumo a nivel mundial entre 2004 y 2030 será del 46 al 58% (figura 2), registrándose los mayores incrementos en los países en desarrollo, mientras que en las naciones con economías más maduras y con un crecimiento poblacional relativamente escaso crecerá a un ritmo lento, específicamente del 0.9% anual. Para poder generar la electricidad en ambos casos será necesario utilizar la mayor parte de combustibles petrolíferos (EIA, 2007a).

Se prevé un aumento en el uso de energía a partir de fuentes no renovables (petróleo, carbón y gas), que a nivel mundial se traduce en un 0.8%. Los mayores incrementos se verán en los países no miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), con un aumento del 2.6% anual, incremento creciente hacia el 2030, como se advierte en la figura 2 y la tabla 5 (EIA, 2007b).

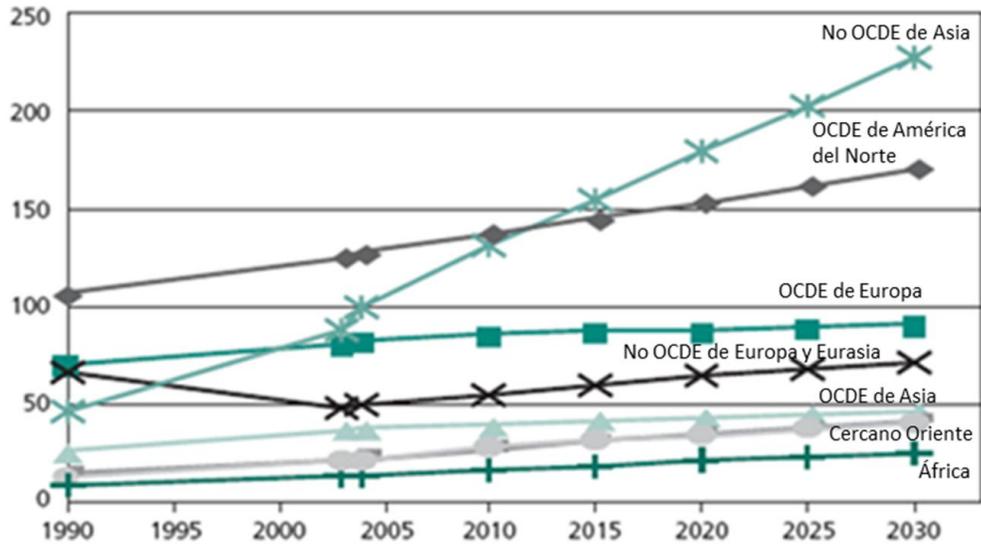


Figura 2. Consumo total de energía comercializada en los países pertenecientes y no pertenecientes a la OCDE (1990-2030)
 Fuente: International Energy Agency (IEA, 2007). Las proyecciones están consideradas posteriores al 2004. No se incluye la biomasa tradicional

La IEA estima que el mayor consumo a nivel mundial durante los años de 2004 a 2030 para la producción de energía eléctrica, lo encabeza el uso del carbón, con una tasa anual del 2.2%, seguido del gas natural con el 1.9%, que sustituye con 0.5% al petróleo, dejándolo en una tasa anual del 1.4%. La energía nuclear, en penúltimo lugar y antes de otros combustibles varios, tiene una tasa anual de crecimiento del 1.9% (EIA, 2007c).

Tabla 5
Consumo total de energía comercializada en el mundo, por región y tipo de combustible de 1990 al 2030 (miles de billones de Btu)

Región	Año*					Aumento percentual anual (2004-
	1990	2004	2010	2020	2030	
Países de América del Norte pertenecientes a la OCDE	100.8	120.9	130.3	145.1	161.6	1.1
Países de Europa pertenecientes a la OCDE	69.9	81.1	84.1	86.1	89.2	0.4
Países de Asia pertenecientes a la OCDE	26.6	37.8	39.9	43.9	47.2	0.9
Países de Europa y Euroasia no pertenecientes a la OCDE	67.2	49.7	54.7	64.4	74.5	1.4
Países de Asia no pertenecientes a la OCDE	47.5	99.9	131.0	178.8	227.6	3.2
Cercano Oriente	11.3	21.1	26.3	32.6	38.2	2.3
África	9.5	13.7	16.9	21.2	24.9	2.3
América Central y del Sur	14.5	22.5	27.7	34.8	41.4	2.4
Total de países pertenecientes a la OCDE	197.4	239.8	254.4	275.1	298	0.8
Total de países no pertenecientes a la OCDE	150.0	206.9	256.6	331.9	403.5	2.6
Tipo de Combustible						
Petróleo	136.2	168.2	183.9	210.6	238.9	1.4
Gas Natural	75.2	103.4	120.6	147.0	170.4	1.9
Carbón	89.4	114.5	136.4	167.2	199.1	2.2
Nuclear	20.4	27.5	29.8	35.7	39.7	1.4
Otros	26.2	33.2	40.4	46.5	53.5	1.9
Total Mundial	347.4	446.8	511.1	607.0	701.6	1.8

Fuente: Energy International Agency (EIA, 2007)

* Los valores reflejados están contemplados desde el año 1990 y con proyecciones en el año 2030. No considerándose el gasto de la biomasa tradicional

Ante los informes presentados, la tendencia es que el consumo de electricidad a partir del petróleo vaya en aumento, a pesar de la estimación proyectada desde el año 1990 y hacia el 2030, que era del 1.4% y que preveía que el uso del carbón vendría a sustituir al petróleo en un 0.8%. Si se compara esa misma tabla pero considerando los años 2010 a 2030 se ve que la utilización del petróleo no ha decaído, sino al contrario, pues a pesar de haber un mayor consumo de carbón, el petróleo sigue siendo el primer combustible utilizado en las plantas transformadoras de energía eléctrica (como se muestra en la tabla 6 y la figura 3). El uso del petróleo se mantiene en un 34.05%, lo que implica un gasto de 28.30 mil millones de Btu, en contraste con los 31.90 mil millones de Btu consumidos por el uso del carbón.

Tabla 6.
Consumo de Energía según el tipo de combustible del 2010 y proyección al 2030

Tipo de combustible	2010*	2030**	diferencias***	% incremento****
Petróleo	210.60	238.90	28.30	34.05
Gas natural	147.00	170.40	23.40	24.29
Carbón	167.20	199.10	31.90	28.38
Nuclear	35.70	39.70	4.00	5.66
Otros	46.50	53.50	7.00	7.63
total	607.00	701.60	94.60	100.00

Elaboración propia.

Fuente: Energy International Agency (EIA) 2007. *Valores de consumo del año 2010. ** Valores de consumo proyectado para el año 2030. *** Valores de diferencias de consumo. **** Valores porcentuales de los consumos. El gasto de la energía está considerado en miles de millones de Btu.

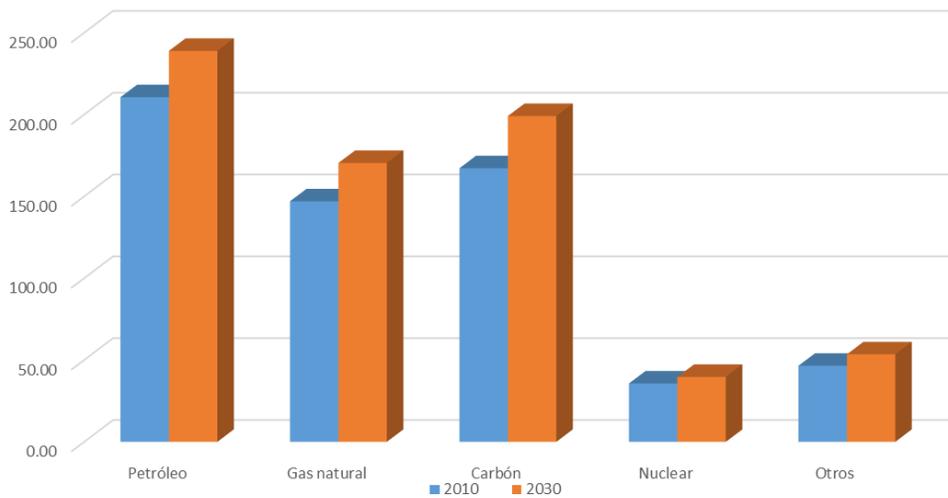


Figura 3
 Gráfica del comportamiento de consumo total de energía de acuerdo al tipo de combustible usado y su proyección al 2030
 Elaboración propia en base a la fuente: Energy International Agency (EIA), 2007

Sólo el 1.9% de la energía mundial proviene de otras fuentes, tales como la hídrica, la geotérmica, la solar, la eólica y la mareomotriz, pero en gran medida están siempre dependiendo de las políticas públicas y su aplicación proyecciones sustentables. Esto sin considerar todavía el uso de la biomasa, que es renovable, junto con los desechos urbanos.

La generación de energía basada en fuentes renovables podría aumentar en el 2040 hasta en un 50% en la Unión Europea, mientras que en China y Japón, en un 30%, y en los Estados Unidos y la India, 25%. Esto podrá ser factible si los costos de extracción de petróleo y de gas natural siguen en aumento al tiempo que los costos de adquisición de tecnologías, aparatos y equipos utilizados para la producción alternativa de la energía eléctrica son más eficientes y siguen a la baja. Por ejemplo, la utilización de aerogeneradores eólicos y paneles solares fotovoltaicos, que son más comerciales y con mayor uso, debido a la facilidad de su instalación en lugares remotos y poco accesibles.

Los informes de la U.S. Energy Information Administration (2016) nos dan un panorama de lo que se espera para el año 2022 respecto al uso del gas natural para la generación de electricidad, el cual supera a la utilización del carbón, por lo que se estima que para el año 2029 incluso se iguale con la forma eólica y solar en los Estados Unidos, (figura 4).

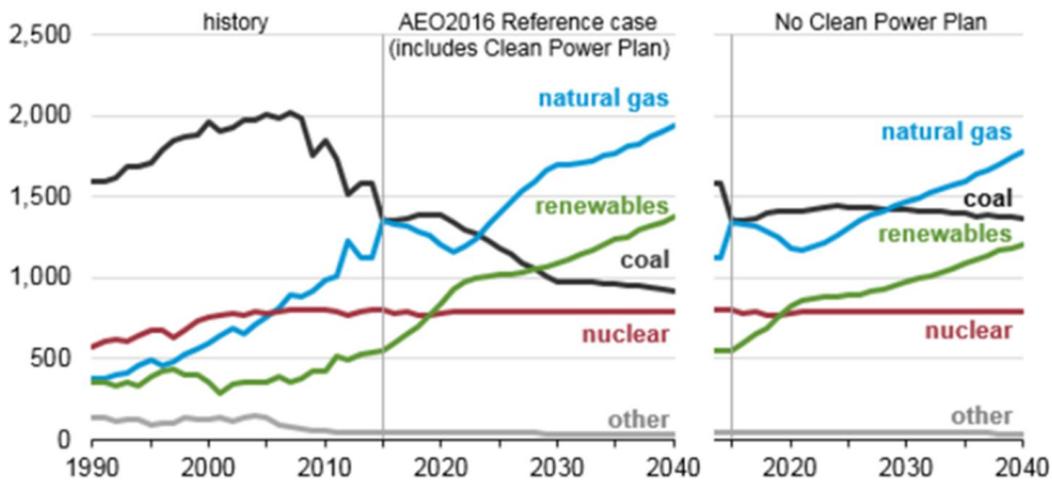


Figura 4. Generación de electricidad neta en los EE.UU., por combustible (1990-2040). Plan de energía limpia con aceleración al crecimiento en la generación renovable.
Fuente: U.S. Energy Information Administration. Anual Energy Outlook (2016).

2.1.3 Sector Eléctrico en México

Analizando el comportamiento en el ámbito internacional y ante los incrementos de las demandas de energía, en México, se correlaciona fuertemente el crecimiento de la actividad económica con el consumo nacional humano de energía en función del Producto Interno Bruto (PIB):

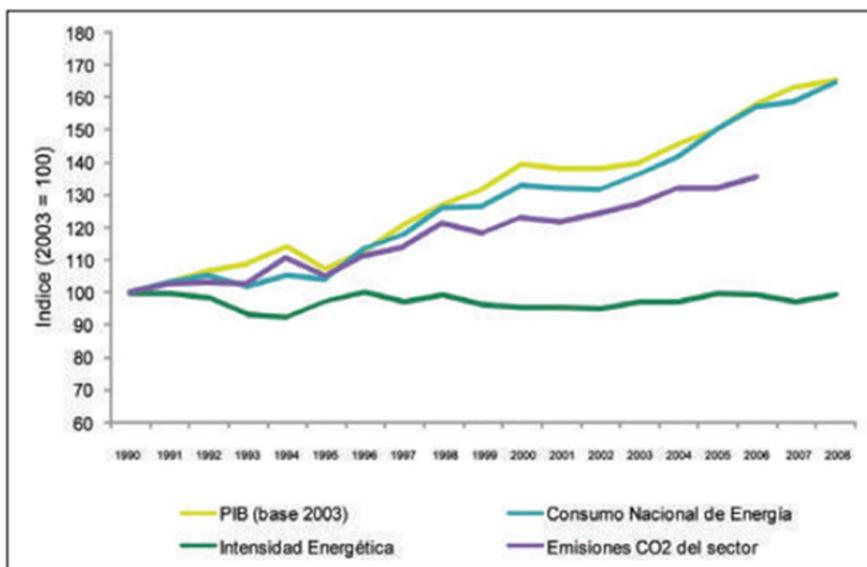


Figura 5. Evolución del PIB, consumo de energía, intensidad energética y emisiones de CO₂ eq. (1990-2008)
Fuente: SENER.BNE (2008)//INE-SEMARNAT, Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero.

El INEGI (2016) pronostica que la demanda de energía irá en aumento (figura 5) ante esto, la CFE requiere no sólo mantener la capacidad de proporcionar el servicio de electricidad, sino que debe expandir el suministro.⁸

Basándonos en los análisis de datos obtenidos durante 2014, tenemos que el consumo de electricidad nacional doméstico fue de 41,676 MMW/h, mientras que en 2015 se tuvo un incremento al llegar a los 43,453 MMW/h; la diferencia fue de 1,777 MMW/h. En este mismo panorama se encuentra el consumo de energía de las industrias, que asciende a los 106,714 MMW/h en 2014 y a los 107,158 MMW/h en 2015, implicando una variación de 444 MMW/h, cifra menor en comparación al incremento en el uso doméstico (tablas 7 y figura 6).

⁸ Información obtenida de: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/cuadrostadisticos/GeneraCuadro.aspx?s=est&nc=652&c=33196>, con acceso el día 13 de Julio del 2016.

Tabla 7
Comportamiento de consumos de energía en México

Periodo	Consumo Domestico*		Consumo Industrial**	
	2014	2015	2014	2015
Enero	3230	3229	8362	8414
Febrero	3176	3212	8001	8083
Marzo	3005	3043	9081	9291
Abril	3119	3188	8894	8892
Mayo	3382	3483	9299	9222
Junio	3543	3678	9349	9318
Julio	3820	3896	9456	9488
Agosto	3985	4142	9571	9693
Septiembre	3950	4190	9111	9279
Octubre	3743	4063	9259	9251
Noviembre	3512	3847	8331	8409
Diciembre	3211	3482	8000	7818
Total	41676	43453	106714	107158

Elaboración propia. Fuente: Comisión Federal de Electricidad. Informe mensual de operación (2016). Cuadros estadísticos de consumos de energía en México. *.** Valores en miles de millones de whatts/hora de consumo doméstico e industrial. Periodo comprendido de enero a diciembre de los años 2014.-2015

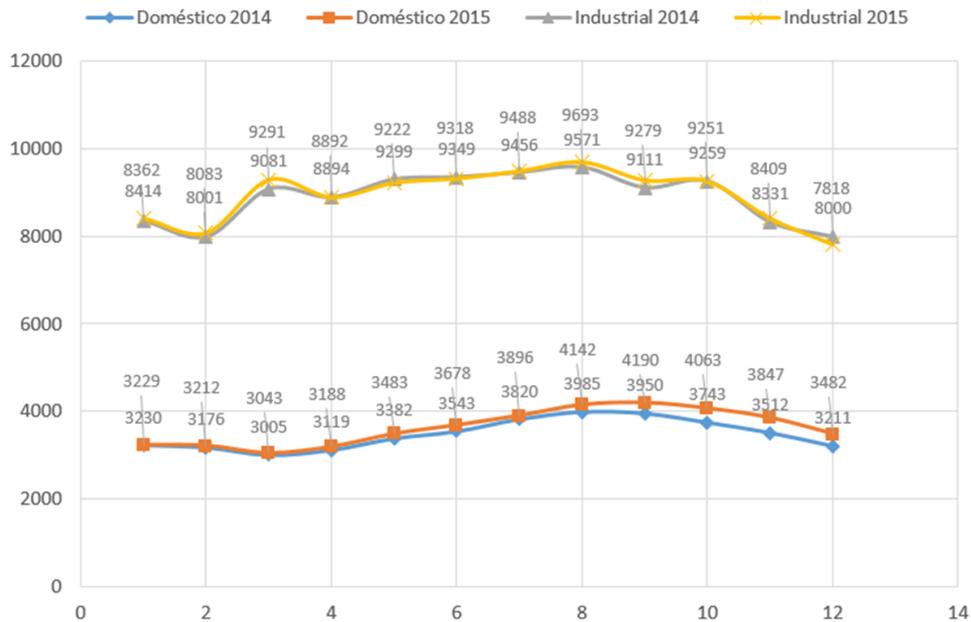


Figura 6. Comportamiento de Consumos de energía en México, en los servicios domésticos e industrial (2014-2015)
Fuente: Comisión Federal de Electricidad. Informe mensual de operación (2016). Cuadros estadísticos de consumos de energía en México. Los valores están representados en miles de millones de whatts/hora de consumo doméstico.

Ahora bien, de enero a mayo de 2016, se tuvo un consumo nacional doméstico de 16,769 MMW/h. En 2014, en los mismos meses, fue de 15,912 MMW/h, mientras que en 2015 alcanzó la cifra de 16,155 MMW/h. Es decir, el consumo ha ido aumentando significativamente. Por su parte, en el sector industrial, los consumos de estos mismos periodos alcanzaron cifras menores en comparación al sector doméstico (tabla 8).

Ante estos informes no cabe duda que el mayor desafío de México es satisfacer la demanda, que se acentuará en el sector doméstico año con año. Caso contrario a lo que sucede con la industria, que ha tenido poco crecimiento debido principalmente al interés de reducir sus consumos de electricidad en aras de reducir los costos y repercutiendo así en sus ciclos de producción. Un elemento importante son los ahorros que han logrado al haber adquirido proyectos mediante créditos ofrecidos principalmente por el Fideicomiso para el Ahorro de Energía (FIDE).

Tabla 8.
Comportamiento de consumos de energía de los meses de enero a mayo del 2014 al 2016 en México

Periodo	Consumo Domestico*			Consumo Industrial**		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Enero	3230	3229	3415	8362	8414	8052
Febrero	3176	3212	3330	8001	8083	8261
Marzo	3005	3043	3063	9081	9291	8929
Abril	3119	3188	3284	8894	8892	9330
Mayo	3382	3483	3677	9299	9222	9608
Total	15912	16155	16769	43637	43902	44180

Elaboración propia. Fuente: Comisión Federal de Electricidad. Informe mensual de operación (2016). Cuadros estadísticos de consumos de energía en México. **.*** Valores en miles de millares de watts/hora de consumo doméstico e industrial. Periodo comprendido de enero a mayo de los años 2014-2015 y 2016

El FIDE (2012) señala como uno de sus objetivos estratégicos “financiar programas y proyectos de eficiencia energética (eléctrica y térmica), cogeneración y generación distribuida con fuentes renovables en industrias, comercios, servicios y vivienda”. Por tanto, puede y debe facilitar créditos para el acceso a las energías renovables y el abastecimiento de energía eléctrica (solar o eólica).

La Secretaría de Energía (2016) ha reportado (como se puede observar en la tabla 9) que desde los años 2010 y hasta 2015 se ha incrementado la capacidad de generación de electricidad, pasando de 52,945 a 54,852 Mega watts.

Tabla 9

Capacidad efectiva de generación(1) Mega watts

Año	Hidroeléctrica	Termoeléctrica (2)	Ciclo Combinado-CFE	Ciclo Combinado-PEE's (3)	Duales (4)	Carboeléctrica	Nucleoeléctrica	Geotermoeléctrica	EOeléctrica-CFE	EOeléctrica-PEE's (3)	Fotovoltaica	Total
2010	11,503	15,627	6,115	11,907	2,778	2,600	1,365	965	85	-	-	52,945
2011	11,453	14,732	6,122	11,907	2,778	2,600	1,365	887	87	-	-	51,931
2012	11,498	14,608	6,122	11,907	2,778	2,600	1,610	812	87	511	1	52,534
2013	11,509	14,022	7,420	12,340	2,778	2,600	1,400	823	87	511	6	53,496
2014	12,269	14,002	7,557	12,340	-	5,378	1,400	812	86	511	6	54,361
2015	12,028	14,451	7,567	12,340	-	5,378	1,510	874	86	613	6	54,853

Nota. Fuente. Secretaría de Energía/Comisión Federal de Electricidad (2016)

1) Al término de cada periodo no se incluye la capacidad de cogeneradores y auto abastecedores. 2) incluye ciclo de vapor, Turbogas y combustión interna, 3) comprende la capacidad instalada de los productores externos de energía. 4) las centrales duales pueden operar con carbón o combustóleo.

En la siguiente tabla 10, podemos ver cómo se ha disparado el uso de combustibles, principalmente el carbón, que ha pasado de 14,694 a 15,687 toneladas, a pesar de que en 2013 tuvo una decaída de 976 toneladas. En lo que respecta al gas natural, ha pasado de 378,229 a 542,609 millones de pies cúbicos. El combustóleo y el diésel, por otro lado, han mantenido una baja en el gasto de barriles.

Tabla 10

Consumo de combustibles para la generación de energía eléctrica

Año	Combustóleo (miles de barriles)	Diesel (miles de barriles)	Carbón (miles de toneladas)	Gas Natural (millones de pies cúbicos)*
2010	57,170	2,402	14,694	378,229
2011	64,564	2,964	15,521	390,854
2012	73,537	4,565	15,453	417,914
2013	61,595	4,059	14,477	447,382
2014	40,464	2,080	15,529	478,543
2015	37,710	2,161	15,687	542,609

Nota. Fuente. Secretaría de Energía/Comisión Federal de Electricidad (2016)

* No incluye el consumo de Gas Natural de los productores externos.

Considerando lo anterior, es fundamental promover más proyectos de producción alternativa de electricidad, según las perspectivas del sector eléctrico en el periodo 2014-2028. Esta producción debe tener un mínimo costo, ser estable, de calidad y asegurar el suministro del fluido eléctrico con el menor impacto ambiental posible. La Secretaría de Energía, pretende promover estos proyectos para así aumentar la infraestructura eléctrica, construyendo nuevas plantas generadoras y así pasar de una producción de 1,800 MW a 1,913 MW.

La reducción del uso del petróleo es una prioridad y se la apuesta a la transición hacia las energías fotovoltaica y eólica, las cuales cuentan con una mayor participación de fuentes renovables en el mercado.

Tabla 11
Proyectos de generación en procesos de construcción (1)

Proyecto	Ubicación	Tecnología	Capacidad esperada (MW)			Total
			2016*	2017**	2018***	
Productores externos de energía						
CC Baja California III	Baja California	Ciclo combinado	294			294
CC Norte III	Chihuahua	Ciclo combinado		907		907
CC Noreste	Nuevo León	Ciclo combinado			857	857
		Subtotal	294	907	857	2,058
Obra Pública Financiada						
CCI Guerrero Negro III	Baja California Sur	Combustión interna	11			11
CCI Guerrero Negro IV	Baja California Sur	Combustión interna		8		8
CC Agua Prieta II (Con campo solar) (1ra. Fase)	Sonora	Ciclo combinado	408			408
CC Centro	Morelis	Ciclo combinado	642			642
CCI Baja California Sur V	Baja California Sur	Combustión interna	47			47
CH Chicoasén II	Chiapas	Hidroeléctrica			240	240
GT Los Humeros III fase II	Puebla	Geotermoeléctrica	25			25
GT Los Azufres III fase II	Michoacán	Geotermoeléctrica			25	25
CC Cogeneración Salamanca	Guanajuato	Ciclo combinado	373			373
Empalme I	Sonora	Ciclo combinado		770		770
CC Empalme II	Sonora	Ciclo combinado			791	791
CC Valle de México II	Estado de México	Ciclo combinado		615		615
		Subtotal	1,506	1,393	1,056	3,955
		Total	1,800	2,300	1,913	6,013

Nota. Fuente: Secretaría de Energía/Comisión Federal de Electricidad (2016)

1) No se incluye proyectos de rehabilitación y modernización. *capacidad instalada

Ante esta situación, y con la apertura del sistema eléctrico, se prevé una participación de particulares en conjunto con la CFE dentro de los sistemas de autoabastecimiento; se anticipan los impactos sobre la expansión del SEN prevaleciendo estos en cuestión a la demanda. Así, las proyecciones en la planeación de la Secretaría de Energía se pretenden lograr que en 2019 las cargas de energía sean con participación de fuentes renovables y para el 2028 se agreguen 2,000 MW más, logrando con este fin producir energía limpia. (2013, p. 92-102)

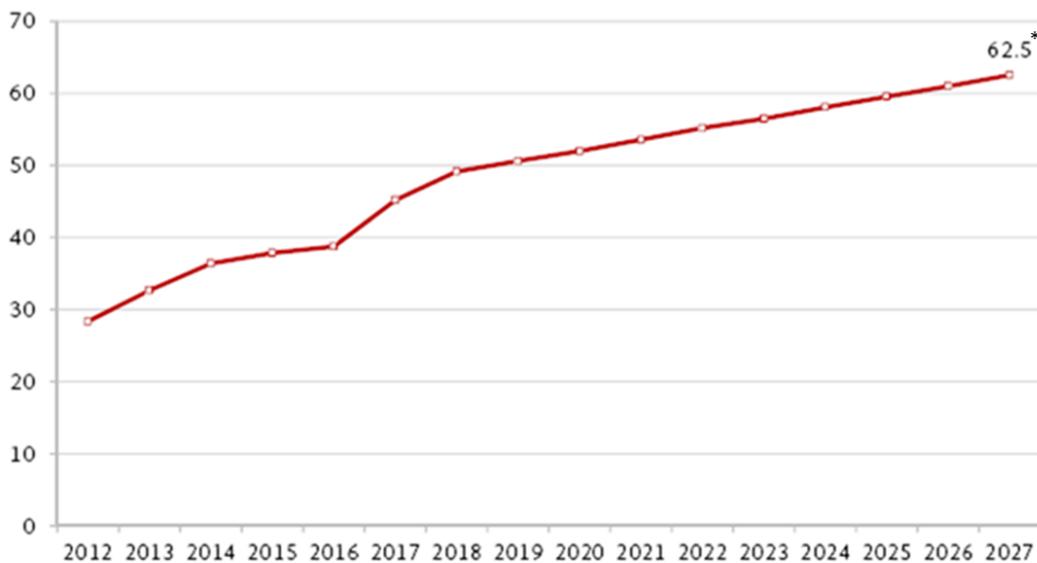


Figura 7. Trayectoria del consumo autoabastecido de energía renovables 2012-2027 (TWh)
Fuente: SENER, CRE, CFE, IMP y PEMEX (2016). Prospectivas del sector eléctrico, (p.115). * El valor esta proyectado al consumo de 62.5 (Twh) al año 2027.

Finalmente, hay que señalar que con la Ley General de Cambio Climático, publicada el 6 de junio de 2012 (p. 57), se pretende transitar e impulsar las energías renovables con bajas emisiones de carbono, creando la modalidad del autoabastecimiento, logrando tener un crecimiento en los proyectos en pequeña producción eólica y solar. Sin embargo, a pesar del esfuerzo de incorporar energías renovables, nuestro país contó en 2012 con una capacidad instalada en energía hidroeléctrica de 11.7 GW, siendo apenas el 18.7% de la demanda nacional, lo que muestra que todavía se tiene una gran dependencia a los combustibles fósiles, que representan el 79.8% de la capacidad instalada. (Ley General de Cambio Climático, 2012, p. 38)

2.2 Energías renovables en México

Conforme a la información de la IEA (2016), hemos visto que las energías renovables van en aumento a nivel internacional, siendo ésta la segunda fuente de energía importante en la producción de electricidad. En la figura 8 podemos apreciar que las energías renovables han aumentado, representando el 13.8% del total del suministro energético mundial.

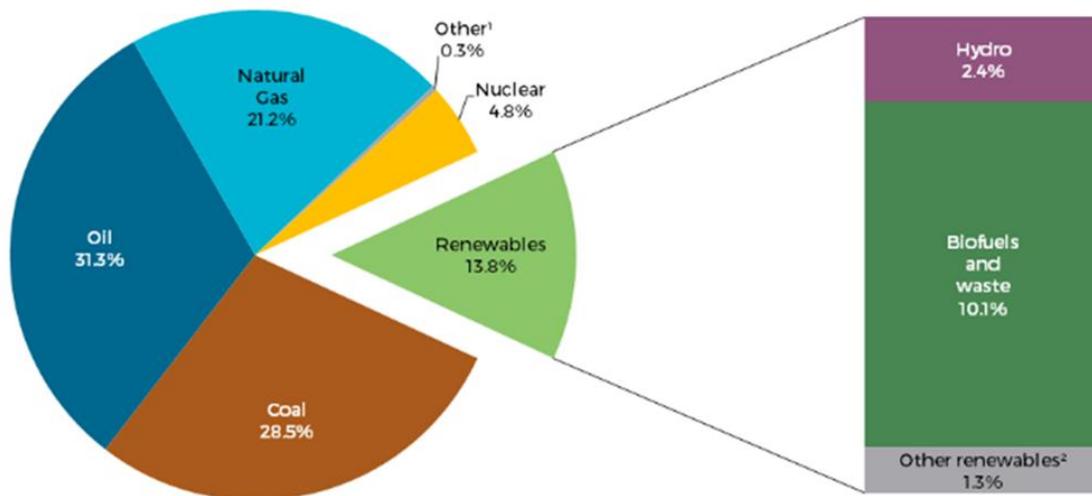


Figura 8. Participaciones de fuentes de suministro de energía primaria total mundial al 2014
Fuente: Agencia Internacional de Energía (IEA) 2016.

Esta proporción todavía es baja comparada con el consumo de petróleo, que representa el 31.3%, El crecimiento en la utilización de las fuentes renovables ha sido lento y su incorporación a la transición es paulatino, siendo la energía solar fotovoltaica la que se ha desarrollado más en la producción de electricidad, con un 46.2%, siguiéndole la eólica con un 24.3% en los países pertenecientes a la OCDE y China.

La IEA (2016) ha informado que desde 1990 al 2014, la energía de fuentes renovables ha crecido a una tasa anual de 2.2%, superior a la tasa de crecimiento del 1,9% del Suministro Total de Energía Primaria (STEP). Dicho crecimiento se debe sobre todo al desarrollo de la generación hidráulica y de biocombustibles sólidos, que siguen siendo

la forma más utilizada de energía renovable, y que crecieron en línea con el STEP general, de 2.5% y 1.5% por año, respectivamente (figura 9).

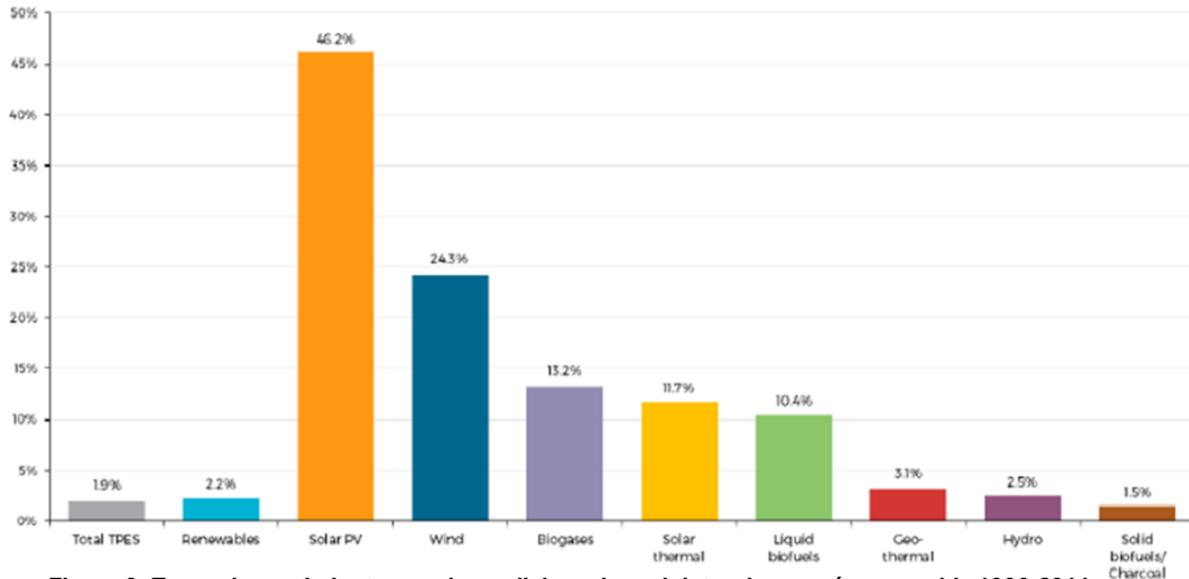


Figura 9. Tasas de crecimiento anual mundial en el suministro de energía renovable 1990-2014
 Fuente: Agencia Internacional de Energía (IEA) 2016

Por otro lado, el panorama energético de México se ve alentador, esto debido a las reformas aprobadas, que tendrán efectos a mediano plazo en el desarrollo del sector energético del país. La tarea de la Secretaría de Energía, junto con la Comisión Federal de Electricidad, es realizar un análisis que evalúe el impacto potencial de las reformas en el sector privado donde 39,314 contratos son de pequeña escala, mientras que 18,933 contratos están en mediana escala, en inversiones de generación solar interconectados a las redes de distribución de energía eléctrica, lo cual repercutirá en la economía en general (figura 10).

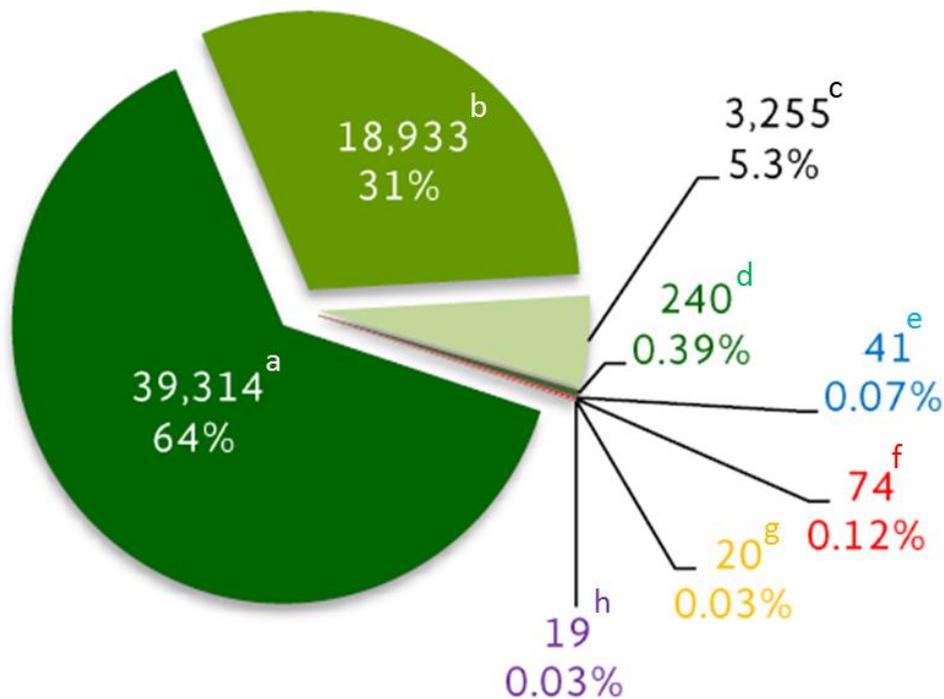


Figura 10. Distribución de contratos de interconexión, bajo esquema de generación distributiva a particulares en KW y % (2014).

Fuente: SENER-CFE-CRE (2016). Prospectivas de Energía Renovables 2015-2029 (p.59)

a) Generación solar en pequeña escala, b) Generación solar en mediana escala, c) Generación por Biogás en mediana escala, d) Generación por Biomasa en mediana escala, e) Generación combinada solar eólica en mediana escala, f) Generación por Biogás en pequeña escala, g) Generación eólica en pequeña escala y h) Generación combinada solar eólica en pequeña escala. Los valores están considerados en Kilo watts (KW) y el porcentaje de producción.

Es así que la Secretaría de Energía (2015, p. 51) contempló el desarrollo de las Prospectivas de Energías Renovables 2015-2029, analizando el tiempo necesario para cumplir con su objetivo de realizar la incorporación de fuentes de energía con desarrollo sustentable. Entretanto, señala que México cuenta con un gran potencial para explotar los recursos renovables y que se podrían generar hasta 100.278 Gwh por año, lo que representa el 33% de los 301.462 Gwh producidos en 2014.

Ahora bien, la demanda de energía eléctrica en México creció de 2010 a 2015 un 3.48%, es decir 1,907 Mega Watts; para mantener los requerimientos de energía es necesario recurrir a otras formas de generación de energía que permitan garantizar la disponibilidad de la misma, la solución es recurrir justamente a las fuentes renovables.

El proyecto de inserción de energías renovables en una forma integral va a depender de la demanda y la oferta que se tenga. La energía generada por fuentes eólicas y solares deberá estar interconectada con las redes convencionales para garantizar la continuidad del suministro eléctrico.

La mayor participación de energías renovables en México a partir del mes de junio de 2015, como se expone en la tabla 12, se encuentra en las hidroeléctricas, teniendo una participación del 18.6% del total de 12,453.8 Mw de electricidad generada, siguiéndole la eólica con el 4.1%, la geotérmica con el 1.3%, la utilización del bagazo con el 1.3% y en lo que respecta a la solar fotovoltaica, tenemos que alcanzó solo el 0.2 %, y en combinación con el eólico, apenas el <0.1%; lo que representa el 25.3% del total de la generación: 66,864.9 Mw (p.53).

Tabla 12

Participación de las energías renovables en la capacidad de generación (junio 2015)

Tecnología	Capacidad MW	Capacidad %
Hidroeléctrica	12,453.8	18.6
Bagazo	208.4	0.3
Biogás	62.1	0.1
Geotermia	898.8	1.3
Fotovoltaica (1)	113.0	0.2
Eólica	2,760.3	4.1
Sistemas Híbridos (2)	0.1	<0.1
Cogeneración eficiente	442.6	0.7
Sistemas rurales no interconectados (3)	13.4	<0.1
Subtotal de Capacidad a partir de renovables	16,952.5	25.3
Centrales eléctricas legadas y Centrales externas legadas no renovables	41,240.0	61.7
Contratos de interconexión legados no renovables	8,671.7	13.0
Subtotal de capacidad a partir de no renovables	49,911.7	74.7
Total de Capacidad de generación eléctrica	66,864.9	100

Fuente: Secretaría de Energía (2016). Informe semestral de energías renovables junio 2015 de las Prospectivas de Energías Renovables 2015-2029 (p.53)

1) incluye contratos de interconexión en Baja California Sur, 2) Sistemas combinados solar-eólico, 3) generación eléctrica por biogás a partir de excretas animales.

2.2.1 Bioenergía

La bioenergía es la energía obtenida a partir de la biomasa, de cuya materia están constituidos los seres vivos, sus excretas y sus restos no vivos. De aquí se derivan los biocombustibles, y estos pueden ser, o no, transformados o procesados (Masera et al., 2011a, p. 7).

La Asociación Global para la Bioenergía (GBEP) tiene la misión de promover una mayor producción y utilización de la bioenergía, la cual crece en los países que buscan promover el desarrollo sustentable en la calidad del ambiente, así como promover el desarrollo económico, siendo la única energía renovable que puede sustituir al uso de los combustibles fósiles en forma de calor, motriz, electricidad y biocarburantes líquidos. Este tipo de energía mantiene grandes beneficios de acceso pero manteniendo constantes pérdidas de biodiversidad debido a la deforestación y la presión en los recursos hídricos, por exceder las demandas de energía, tierra y materia primas (The Global Bioenergy Partnership Sustainability Indicators for Bioenergy, 2011, p. 9).

La biomasa se puede encontrar en residuos de actividades humanas, así como en el estiércol de animales y en desechos de cultivos o subproductos agroindustriales, que se pueden aprovechar para la producción de sistemas de suministro energético (Masera et al., 2011b, p. 24).

2.2.1.1 Generación por Biomasa

A nivel internacional, la bioenergía o energía obtenida por la biomasa, de acuerdo a la figura 11, representa el 10% del consumo total de energía y el 77% de las energías renovables. Se estima que para el año 2035 ésta pueda crecer en un 25% y que sea uno de los elementos principales en la transición hacia las fuentes renovables y la energía limpia (Masera et al., 2011e, p. 5)

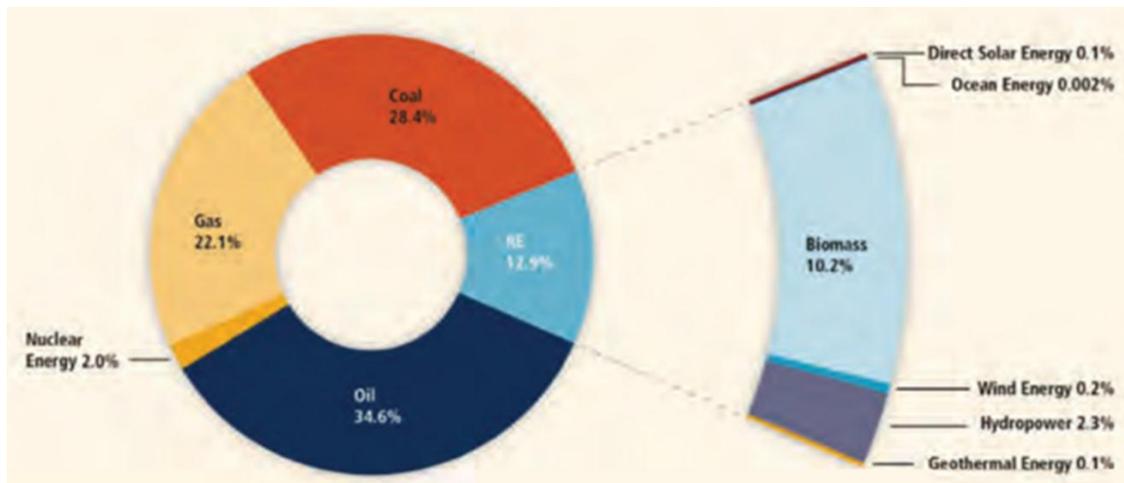


Figura 11. Participación por fuentes en el suministro de energía primaria
Fuente: Masera, et al., 2011: p11.

El uso de la biomasa en México es común, pues empleamos la leña, el carbón, los residuos agrícolas y el estiércol de animales para las cocinas y la generación de calor residencial, lo que representa una baja conversión del aprovechamiento energético, entre el 10 y 20%. La utilización del bagazo de la caña de azúcar en los ingenios azucareros para convertirlo en energía eléctrica es también muy limitada (Secretaría de Energía, 2015, p. 57), se empezó a utilizar desde el año 2004 con una capacidad instalada de 50.00 MW, logrando generar hasta 90.86 GW; pero a pesar de que se incrementaba la capacidad instalada, como se presenta en la figura 13, durante el año 2010 la generación cayó a 54.01 GW, pero en los años sucesivos, 2011 a 2014, se logró incrementar la capacidad instalada hasta 300.00 MW, logrando un gran repunte en la generación de energía eléctrica: 507.97 GW, (SENER, 2015, p. 58).

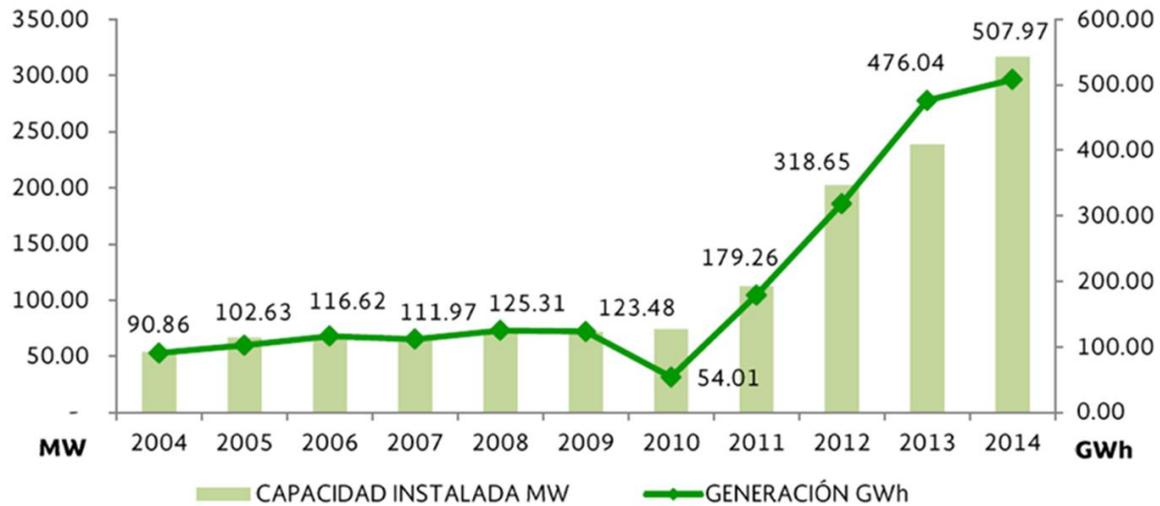


Figura 12. Capacidad instalada y generación bruta de electricidad con bagazo de caña
Fuente: Secretaría de Energía (SENER) con información de CFE y CRE, contenido dentro de las Prospectivas de energías renovables 2015-2029
Nota. Los valores están desde el año 2004 al 2014, la capacidad instala esta representada en MW y de generación en GW

2.2.1.2 Generación por Biogás

La generación por biogás ha tenido grandes aplicaciones en varios países, como en China, donde se desarrolló un programa en la década de los 70's del siglo XX, obteniendo resultados alentadores: 7 millones de biodigestores que posteriormente aplicaron nuevas tecnologías e infraestructura logrando instalar y operar 5 millones más de biodigestores domésticos hasta mediados de los 90's. En la India se instalaron 2.8 millones, pretendiendo instalar posteriormente 12 millones más. En Europa, en 2010, se tenía ya instalada una capacidad de carga de 2,300 MW en plantas de biogás, que se estima que aumentará a 1,700 MW para 2015 (Matera, et al., 2011, p.21).

La Secretaría de Energía (2015, p. 58) considera que México cuenta con un potencial para la generación de energía eléctrica a partir del aprovechamiento del metano originado por los residuos animales, los residuos sólidos urbanos (RSU) y el tratamiento de aguas negras. Se estima que se incremente la generación eléctrica a partir del aprovechamiento y utilización del biogás, que se empezó a utilizar desde 2004 con una capacidad para generar 57.71 GW. Lo que sucedió en 2010 fue que la generación cayó hasta 25.50 GW, siendo menor a su capacidad instalada, como se

presenta en la figura 13, pero luego se tuvo un incremento provocando un gran repunte, llegando hasta los 150.65 GW, cifra mucho mayor a su capacidad instalada.



Figura 13. Capacidad efectiva instalada y generación bruta de electricidad a partir de biogás
Fuente: Secretaría de Energía (SENER) con información de CFE y CRE, contenido dentro de las Prospectivas de energías renovables 2015-2029
Nota. Los valores están desde el año 2004 al 2014, la capacidad instala esta representada en MW y de generación en GW

2.2.1.3 Generación por Biocombustibles

Los biocombustibles son elementos de origen biológico que no se ha fosilizado y se clasifican dependiendo de la materia de la que están originados: cultivos de especies vegetales energéticas, restos de cultivos, plantaciones forestales o desperdicios agroindustriales (Vega y Ramírez, 2014D, p. 322). También se pueden catalogar de acuerdo a su estado, y pueden ser gaseosos, como el biogás, pero en este apartado haremos referencia sólo a los biocombustibles en estado líquido, como lo son el bioetanol y el biodiesel.

2.2.1.3.1 Bioetanol y Biodiesel

Para la Secretaría de Energía (2015, pp. 60-61), la producción de caña de azúcar y sorgo son los insumos necesarios para originar el bioetanol, que se usa principalmente

para abastecer las gasolineras tipo magna. Hasta ahora, se ha impulsado su introducción en los estados de San Luis Potosí y Veracruz, específicamente en el sector de transporte. En lo que respecta al biodiesel, éste es proveniente de semillas de jathropa, higuierilla y aceite de palma; se utiliza como aditivo para mejorar la lubricidad del diésel y así obtener índices bajos en azufre.

2.2.2 Energía Geotérmica

Es la energía que se obtiene del calor natural interno de la tierra y que puede ser aprovechada para producir calor y electricidad equivalente a 167 TWh/año, lo que constituye una gran ventaja, ya que este tipo de energía no está sometida a variaciones de horarios ni situaciones climáticas. Tuvo una capacidad de generación mundial instalada de alrededor de 12.1 GW durante el año 2014, y las proyecciones estipuladas podrían alcanzar los 13.9 GW hacia a fines de 2017 (caf.com, 2016)

El Banco de Desarrollo de América Latina (2016) menciona que durante el año 2013 se tenía una capacidad geotérmica 1,438.3 MW, donde México concentro el 60% en generación (823.4 MW), ante este panorama alentador las proyecciones de la IEA manifiestan que América Latina estaría generando aproximadamente 14.0 TWh para el año 2018, implicando un crecimiento del 43%, siendo en México el país que tendrá un mayor crecimiento debido a las recientes reformas al sector eléctrico.

El aprovechamiento de la geotermia para la generación de energía eléctrica en México, de acuerdo con la figura 14, tuvo una caída durante los años de 2010 a 2014, presentando una disminución del 15.7%.

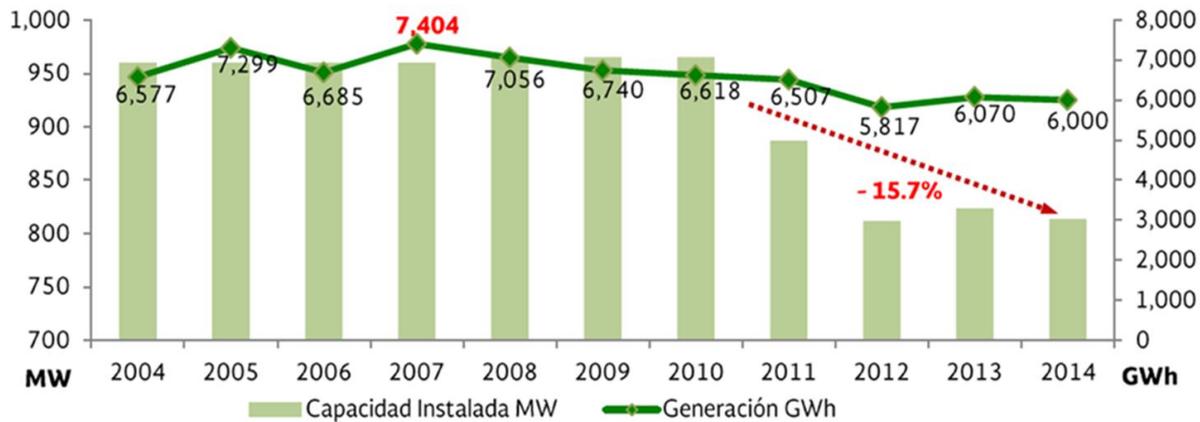


Figura 14. Capacidad instalada y generación bruta en Centrales geotérmicas

Fuente: Secretaría de Energía (SENER) con información de CFE y CRE, contenido dentro de las Prospectivas de energías renovables 2015-2029 (p.56)

Nota. Los valores están desde el año 2004 al 2014, la producción se notan en MW en capacidad instalada y GWh en generación.

2.2.3 Energía Hidráulica

Es la energía cinética derivada del movimiento del agua disponible que es almacenada en embalses o presas, en donde se instalan centrales hidroeléctricas que se encargan de aprovechar la caída del agua, la cual pasa por una turbina haciendo rotar las aspas, ocasionando un movimiento mecánico que es aprovechado por un alternador interno, mismo que transforma la fuerza mecánica en energía eléctrica (Vega y Ramírez, 2014f, p. 491).

En lo que respecta a la generación de electricidad por parte de las centrales hidroeléctricas, éstas han sobrepasado su capacidad instalada, pudiendo producir más energía y pasando de los 25,076 GWh de 2004 a 38,822 GWh en 2014 y originando así un aumento de 13,746 GWh, equivalente a un crecimiento del 64.59%. Como se muestra en la figura 15, se realizó una comparación entre el año 2013, donde se obtuvieron 27,958 GWh, con el cierre del año 2014, teniendo una tasa de crecimiento del 72.01%.

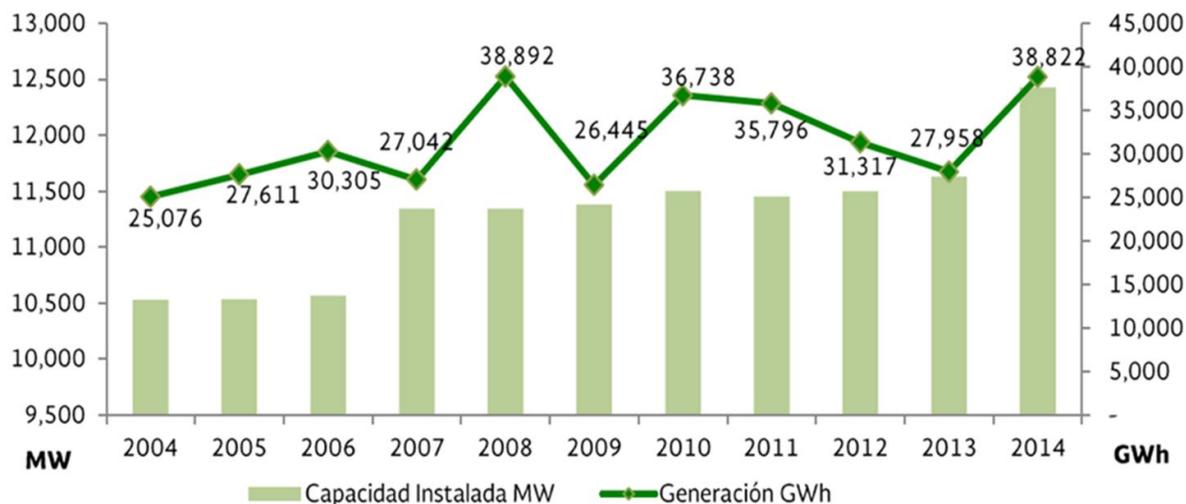


Figura 15. Capacidad instalada y generación en Centrales Hidroeléctricas
Fuente: Secretaría de Energía (SENER) con información de CFE y CRE, contenido dentro de las Prospectivas de energías renovables 2015-2029 (p.55)
Nota. Los valores están desde el año 2004 al 2014, la producción se notan en MW en capacidad instalada y GWh en generación.

2.2.4 Energía solar fotovoltaica en México

Este tipo de energía permite convertir directamente la radiación solar en energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico, que consiste en generar una tensión eléctrica que produce a su vez una corriente eléctrica (Vega y Ramírez, S, 2014g, p. 277).

Desde 2007, varios proyectos de implementación de paneles solares, se empezaron a interconectar en pequeña escala en México, pero no fue sino hasta que se empezaron a realizar a gran escala, contando ya con una capacidad instalada de 18.53 Mw y de generación de 19.46 GWh. Para 2014, estos se incrementaron a 118 Mw y 102.86 GWh⁹, como se muestra en la figura 17.

⁹ La "capacidad instalada" en el caso de una estructura fotovoltaica en condiciones especificadas normales es la capacidad que tiene para la transformación de electricidad; ésta puede ser superada o no alcanzada, ya que los paneles solares, en su capacidad de generación, están condicionados por la radiación solar y la temperatura ambiente. Cuanto mayor es la radiación solar, mayor es la capacidad. Si las condiciones climáticas son favorables y se tiene una buena radiación, se tendrá una mayor generación de energía eléctrica.

Los Mw son los Mega Wattios, la potencia; y los GWh son los Giga Wattios-hora, la energía producida

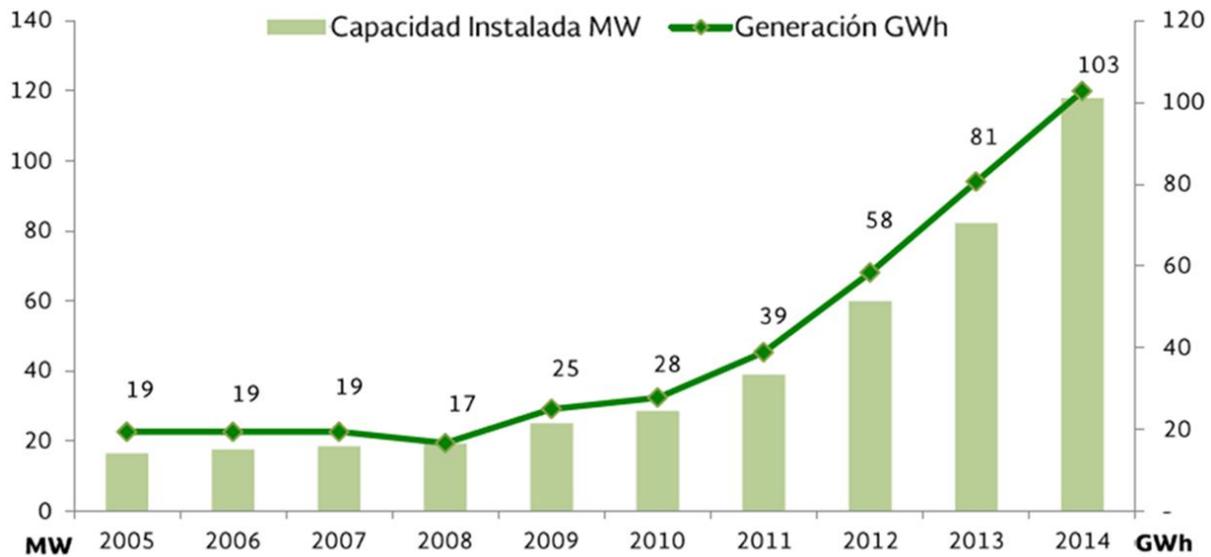


Figura 16. Capacidad Efectiva instalada y generación bruta de centrales solares fotovoltaicas 2005-2014 (MW y GWh / año)
Fuente: Secretaria de Energía (2016). Prospectivas de Energías Renovables 2015-2029 (p.57)

2.2.5 Energía Eólica

La energía eólica, de acuerdo con Vega y Ramírez (2014h, p. 426), es la energía proveniente de masas de aire producidas por las diferencias de presiones atmosféricas; estas masas se mueven de las zonas altas a zonas de baja presión, moviendo los rotores de los aerogeneradores y accionando un generador que transforma la fuerza del viento en energía eléctrica.

En lo que respecta al nivel internacional, la capacidad instalada a finales de 2014 fue de 830 MW, mientras que en 2013 la cifra que se obtuvo fue de 749 MW y en 2012 de 678 MW. Esto implica una tasa de crecimiento del 18.31%. China, por otro lado, cuenta con el 41% de la capacidad mundial; Estados Unidos, con el 30% y Reino Unido, con el 15% (WWEA Bulletin Issue, 2016).

En lo que respecta a México, la capacidad instalada en energía eólica alcanzó un crecimiento progresivo a partir del año 2012, generando 1,744 GWh; siguiendo esa tendencia, en el año 2013 se alcanzó una ampliación de 4,185 GWh y continuando con

este desarrollo, en 2014 la generación alcanzada fue de 6,426 GWh, lo que implica que si se sigue esta tendencia, se obtendrá la mayor cantidad de energía renovable en los próximos años, pues la tasa de crecimiento del último año estudiado (2014), en comparación con el anterior fue del 54% (figura 17).

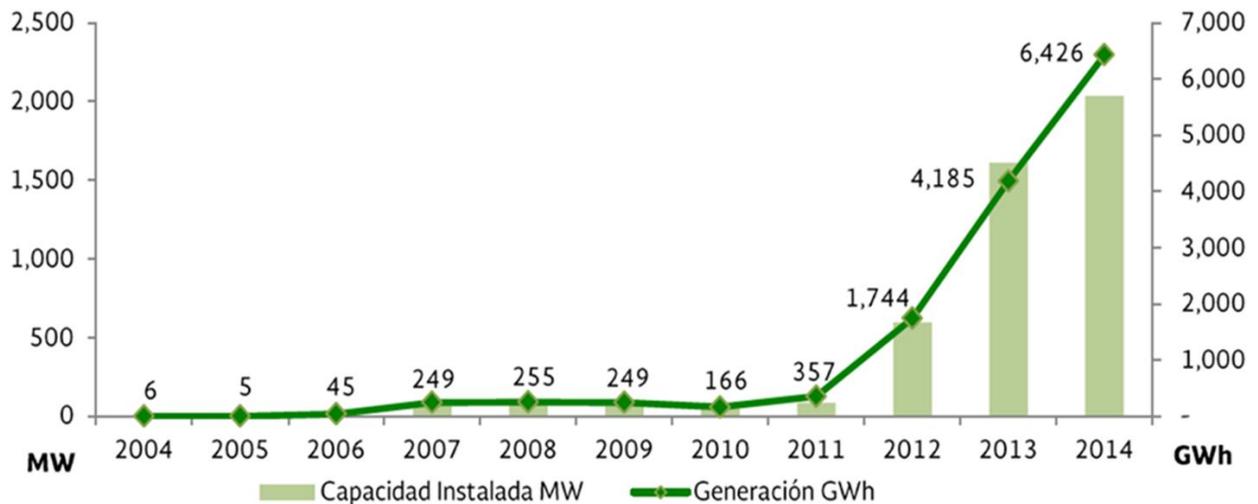


Figura 17. Capacidad instalada y generación bruta de centrales eólicas
 Fuente: Secretaría de Energía (2016). Prospectivas de Energías Renovables 2015-2029 (p.56)
 Nota. Los valores reflejados son desde el año 2004 al 2014. La producción se encuentran en MW en capacidad instalada y GWh en generación

CAPÍTULO TERCERO

3. Aspectos técnicos del Sistema Fotovoltaico

3.1 Elementos de un Sistema Fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico depende de la cantidad de paneles solares que se le instalen (econotecnia.com, 2016). A través de estos, la radiación solar es captada y transformada en energía eléctrica (figura 18) al pasar por un generador fotovoltaico (1) que recoge la energía y la conduce a un sistema de regulación (2), lo que permite que envíe la energía continua al sistema de acumulación (3) para posteriormente, cuando sea utilizada, ésta fluya al inversor (4), mismo que la transforma en corriente alterna que puede ser consumida (Alonso, J. 2016a: p.1).

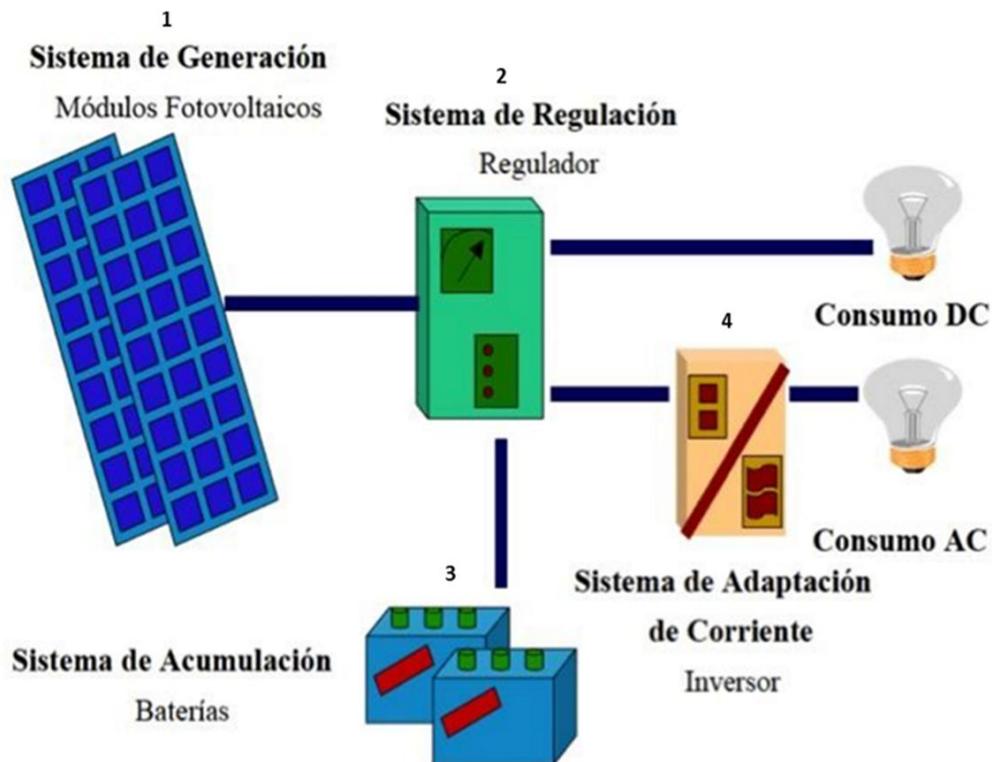


Figura 18. Elementos de un Sistema Fotovoltaico Autónomo
Fuente: Manual de cálculo de sistemas fotovoltaicos aislados autónomos, (2016)

También existen sistemas fotovoltaicos conectados a redes de electrificación ya existentes, como se ilustra en la figura 19; estos son más flexibles porque se eliminan los componentes de acumulación y se cambian por los inversores solares, permitiendo que se autogenera energía eléctrica y que fluya a las redes de distribución permitiendo a su vez utilizarla posteriormente, ya sea en viviendas urbanas o rurales, negocios o industrias (econotecnia.com, 2016).

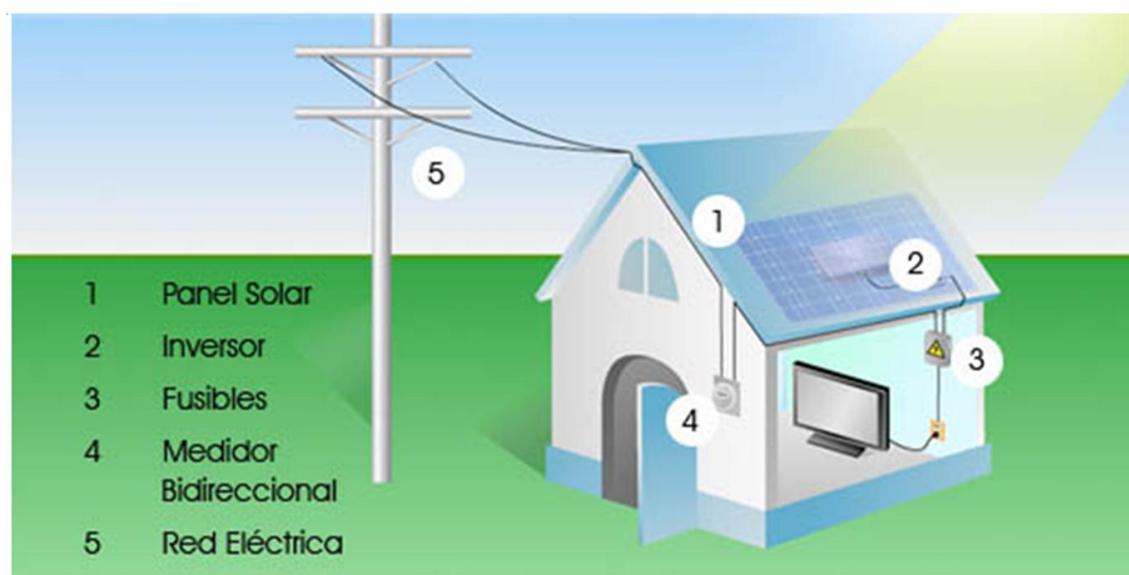


Figura 19. Elementos de un Sistema Fotovoltaico conectado a la red eléctrica existente
Fuente: econotecnia.com (2016)

3.2 Condiciones de diseño

El sistema debe ser capaz de soportar la acción del medio ambiente local, y debe ser seguro, confiable, de operación automática y de mantenimiento simple. La energía debe ser suficiente para suministrar por lo menos 13 Amp/hr por día a la carga que se pretenda satisfacer y debe proporcionarla también en los días de baja insolación. Además, se espera que el sistema suministre electricidad por un periodo aproximado de 20 años, por lo que todos los elementos que conforman el sistema fotovoltaico deben ser de excelente calidad para así asegurar una operación eficiente y confiable, que pueda operar sin necesidad de asistencia técnica (Agredano, Munguía, Huacuz y Flores, 2016, p.7).

3.3 Descripción de los componentes

3.3.1 Sistema Fotovoltaico

El SF es el conjunto de celdas solares interconectadas entre sí cuya función es generar electricidad en corriente directa bajo la luz solar no concentrada. El panel o celda es de forma rectangular y plano, debe estar protegido contra la acción del ambiente y recubierto por diversos materiales. En la parte posterior, tiene terminales de conexión externa para así entregar la corriente que produce (Agredano et al., 2016, p.7).

Los paneles se pueden clasificar en monocristalinos y policristalinos, están unidos en series de células y su voltaje oscila entre los 12 y los 18 voltios cuando se tienen uniones de 36 células. También permiten contar con voltajes de 24 a 34 voltios cuando las uniones se encuentran en 72 células, esto dependerá principalmente de los fabricantes (Alonso, J. 2016b, p.3).

3.3.2 Regulador

El regulador se encarga de controlar las cargas, para que no existan descargas o sobrecargas de voltaje. Es un componente que se mantiene cerrado cuando está conectado en serie entre los paneles y a las baterías para el proceso de la carga, pero puede ser abierto cuando la batería está completamente cargada. Las intensidades máximas de entrada y salida (picos de irradiación) dependerán de la corriente que pueda producir el sistema fotovoltaico, pero es conveniente que ésta sea de un 15 a un 25% mayor a la corriente que llega al sistema de conversión (Alonso, J. 2016c: p.4).

3.3.3 Baterías

Son las encargadas de acumular la energía eléctrica transformada por los paneles solares y el regulador, para posteriormente disponer de ella cuando no existan las condiciones favorables insolación. Las baterías más recomendadas son de 2Vcc

conectadas en serie o en paralelo hasta completar los 12, 24 o 48 Vcc, (Alonso, 2016d: p.4)

3.3.4 Controlador de Carga

De acuerdo con las especificaciones de Agredano et al. (2016: pp. 7-8), el controlador de carga es un dispositivo electrónico cuya función es la de proteger la batería contra posibles sobrecargas causadas por excesos de corriente provenientes del módulo fotovoltaico. También sirve para evitar que la corriente llegue a fluir de la batería hacia el módulo fotovoltaico en períodos sin sol, por lo que también evita que la batería opere durante estados de carga bajos con voltajes por debajo de lo permitido, protegiendo la batería y el cableado del sistema.

3.3.5 Inversor

Basándose en la información proporcionada por econotecnia.com, (2016). Los inversores solares son dispositivos que permiten transformar la corriente directa (Vdc), en corriente alterna (Vac) para que pueda utilizarse en cualquier dispositivo casero o comercial.

3.4 El objeto de estudio y el diseño de un Sistema Fotovoltaico

3.4.1 Descripción del ámbito de estudio

3.4.1.1 Secretaría de Salud del Estado de Michoacán

El día 23 de septiembre de 1996 se publicó en el Periódico Oficial del Gobierno Constitucional del Estado de Michoacán de Ocampo el Decreto que creó el Organismo Público Descentralizado de Servicios de Salud de Michoacán, el cual tiene por objeto prestar servicios de salud a la población abierta en el Estado de Michoacán, mientras que el 24 de Septiembre de ese mismo año, se firmó la Declaración de los

Servicios de Salud, y en 1 de enero de 1997, de acuerdo con la Ley Orgánica de la Administración Estatal, se creó la dependencia Secretaría de Salud en Michoacán, que es auxiliada por el anunciado organismo público descentralizado, cuyo objetivo es impulsar la salud de todos los mexicanos, brindando servicios y prestaciones oportunas, eficaces, equitativas y humanitarias que coadyuven eficientemente al mejoramiento de las condiciones de bienestar social, poniendo especial énfasis en las áreas marginadas, urbanas y rurales, con el concurso de las comunidades y los niveles de gobierno como medio eficaz para asegurar los recursos necesarios (SSA, 2016a).

Dentro de las estrategias generales se planteó mejorar la calidad de los servicios, atenuar las desigualdades sociales, modernizar el Sistema de Salud y descentralizar y consolidar la coordinación de los Servicios de Salud en todo el territorio Michoacano (SSA, 2016b).

3.4.1.2 Laboratorio Estatal de Salud Pública

Tiene sus orígenes en el año de 1934, en un antiguo laboratorio clínico que controlaba agua y leche utilizando solo la observación del microscopio. Para 1975 se amplió en el estado la red de laboratorios clínicos, en apoyo a los programas nacionales de brucelosis, tuberculosis y lepra, estandarizando la metodología con reactivos del cuadro básico de la SSA (2016a) y con la finalidad de reforzar el diagnóstico.

En 1986 fue considerada la necesidad de que Michoacán contara con un “Laboratorio Estatal de Salud Pública” para llevar a cabo los servicios de vigilancia sanitaria y vigilancia epidemiológica. Y en marzo de 1987 se elaboró un anteproyecto de dicho laboratorio utilizando para ello un anexo del Hospital “Dr. Miguel Silva”, pero no fue posible la realización de este proyecto en dicha área y fue reasignado a una superficie de 185.5 m² ubicada en el Centro de Salud “Dr. Manuel González Ureña” de la ciudad

de Morelia. Ya en 1989 se integraron actividades de los laboratorios a los programas de salud para apoyar al Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), implementándose la red de laboratorios de VIH y el Centro Estatal de la Transfusión Sanguínea. En 1991 se amplió la red diagnóstica en microbiología, conformándose el laboratorio de referencia para los laboratorios de la red estatal encargados del diagnóstico de cólera y enfermedades diarreicas (SSA, 2016b).

En 1995 se creó el Laboratorio de Vigilancia Epidemiológica con la implementación de la vigilancia de las enfermedades prevenibles por vacunación (sarampión y rubéola), dengue, hepatitis y el control de calidad estatal del programa de tuberculosis y lepra. En ese mismo año el Laboratorio Estatal de Salud Pública de Michoacán todavía dependía de la Dirección de Regulación y Fomento Sanitario pero en 1988 pasó a depender del Departamento de Epidemiología, para posteriormente depender de la Dirección de Regulación Sanitaria en noviembre de 2007 (SSA, 2016c).

Y no fue sino hasta el periodo 2002-2008, en la administración del C. Lázaro Cárdenas Batel, Gobernador del Estado de Michoacán, y la C. Dra. María Eugenia Austria Palacios, Secretaria de Salud en el Estado, que se retoma un proyecto de construcción y equipamiento para el nuevo LESPM, con una inversión de \$38 602 198.00 y una infraestructura de 7,122 m distribuida de la siguiente manera: planta alta: 598.62 m² (Oficinas de gobierno, Biblioteca, Aula para capacitación, Informática); planta baja: 1,626 m² (Recepción de muestras, Área de laboratorios de vigilancia epidemiológica, Área de laboratorios de vigilancia sanitaria); sótano: 2,016 m²; almacén 240 m²; estacionamiento 1,776 m²; auditorio: 389.5m²; plazoleta: 2,491 m² (SSA, 2016d). Este edificio está integrado por las áreas de Vigilancia Epidemiológica, Vigilancia Sanitaria y Administrativa; su construcción fue concluida el 23 de Agosto de 2007, para entrar en operaciones el 8 de febrero de 2008 (SSA, 2016e).

La misión del LESPM es realizar procedimientos analíticos confiables, basados en la evidencia científica, realizados con tecnología de vanguardia y enfocados a fortalecer el Sistema de Salud Mexicano en materia de vigilancia epidemiológica y de protección

contra riesgos sanitarios; sus procedimientos son guiados por valores organizacionales, apegados a la normatividad vigente y tienen el fin de brindar servicios de calidad que contribuyan a mejorar las condiciones de salud de la población (LESPM, 2016a).

La visión del LESPМ es ser líder aplicando metodologías analíticas y de diagnóstico, contribuyendo a la ciencia en materia de investigación en salud y servicios que satisfagan las necesidades, ya que están apegados a los sistemas de gestión de calidad basados en las normas oficiales mexicanas NMX-EC-17025-IMNC-2006, NMX-EC-15189-IMNC-2008 y NMX-CC-9001-IMNC-2008 (LESPM, 2016b).

Debido a las múltiples actividades realizadas por el LESPМ y a la red diagnóstica de microbiología y de vigilancia epidemiológica, se requieren equipos e instrumentos de alta precisión, así como contar con una red de enfriamiento que preserve las muestras y reactivos necesarios para la realización de sus actividades.

Dado que el LESPМ mantiene constantes consumos de electricidad e, incluso, ante una eventual contingencia de falta de energía se recurre a la planta de emergencia, sería importante que este organismo público pudiera aprovechar la radicación solar para la generación de electricidad, y que esto les permita disminuir sus consumos, teniendo un ahorro energético, contribuyendo además el cambio climático al disminuir los gases de efecto invernadero.

3.5 Diseño del Sistema de energía solar fotovoltaica

La metodología utilizada para el diseño, de acuerdo a Vega y Ramírez (2014i, p. 407), es la siguiente:

1. Definición de tipo de Sistema Fotovoltaico a utilizar
2. Determinación del consumo
3. Características de la localización

4. Características y dimensión (número de paneles, cuadros de distribución, batería, regulador e inversor).

3.5.1 Definición del tipo de planta

Las dimensiones de la instalación deben de ser capaces de alimentar las cargas conectadas durante la mayor parte del periodo de radiación solar y permitir la carga de las baterías o, en su caso, que la energía producida fluya por las redes de electrificación convencional. La corriente continua (CC) producida por un SF requiere ser transformada en corriente alterna (CA) por medio de un inversor. Aquí es importante señalar que las pérdidas energéticas podrían constituir un factor importante para la evaluación de los rendimientos.

3.5.2 Determinación del Consumo

Para poder determinar el consumo de una vivienda con un uso diario durante todo el año, y debido al factor de pérdida de los equipos y otros elementos, se considera un margen de seguridad del 20%, un rendimiento de la batería del 95%, un 100% en el regulador, 90% en el inversor y 100% en los conductores.

Los consumos de energía eléctrica del Laboratorio Estatal de Salud Pública de Michoacán se muestran en la tabla 13 y 14, mientras que los comportamientos de los aumentos de consumo de electricidad en la figura 20 y 20-A.

Tabla 13**Comportamiento de Consumos de KW del Laboratorio Estatal de Salud Pública de Michoacán (2013-2015)**

Periodo	2013	2014	2015
Enero	22,449	23,697	25,813
Febrero	23,214	26,645	28,160
Marzo	24,811	30,853	31,199
Abril	30,071	31,590	33,243
Mayo	31,806	32,088	34,923
Junio	30,216	32,901	34,128
Julio	27,746	31,861	34,646
Agosto	27,837	32,557	36,757
Septiembre	26,392	31,321	35,069
Octubre	30,721	30,880	33,309
Noviembre	25,526	28,985	28,333
Diciembre	21,186	24,955	24,231
Total KW	321,975	358,333	379,811
KW/día	882.12	981.73	1,040.58
Total KW acumulado años 13-14-15			1,060,119
media anual en el consumo de KW			353,373
media diaria en los consumos de KW			968.15

Nota. Elaboración propia. Fuente: recibos de energía eléctrica de CFE. Los valores reflejan los consumos de electricidad de los períodos 2013-2014-2015.

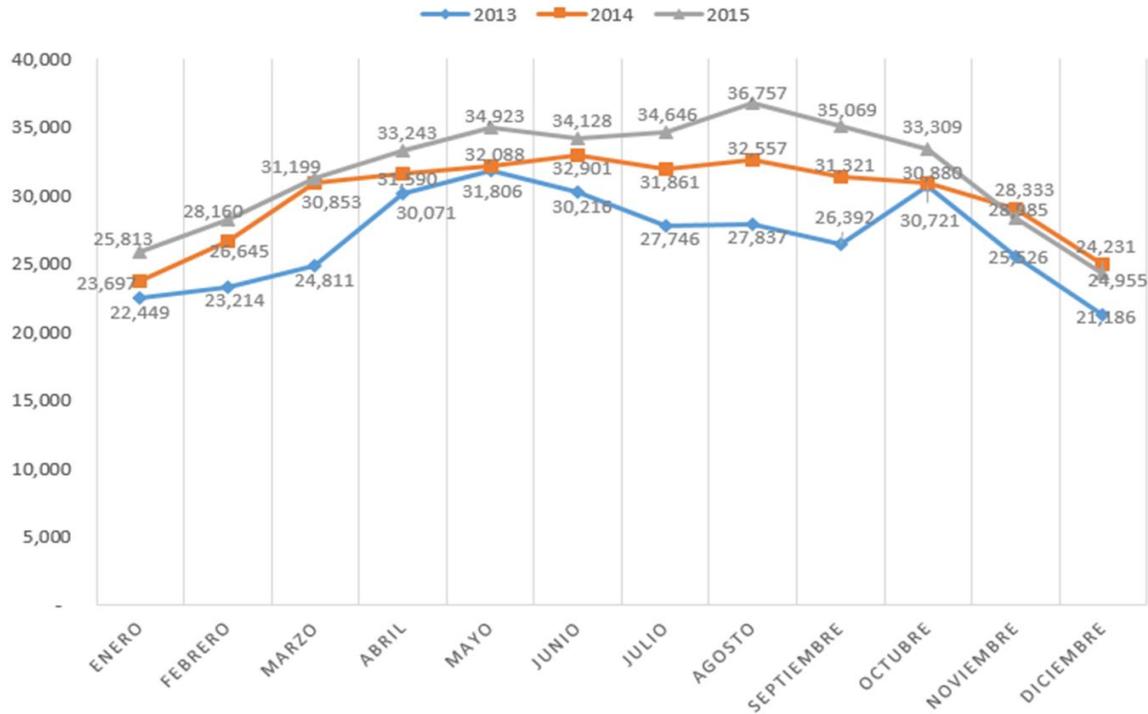


Figura 20. Gráfico comparativo de los comportamientos de consumos de KW del Laboratorio Estatal de Salud Pública de Michoacán. Elaboración propia en base a la fuente de recibos de energía eléctrica de CFE del periodo del 2013-2014-2015

Tabla 14

Aumentos en los consumo en el Laboratorio Estatal de Salud Pública de Michoacán

Año	Consumo en KW anual	Diferencias en KW anual
2013	321,975	-
2014	358,333	36,358
2015	379,811	21,478
Total	1,060,119	57,836

Nota. Elaboración propia. Fuente: recibos de energía eléctrica de CFE. Los valores reflejados muestran el comportamiento en los consumos de KW

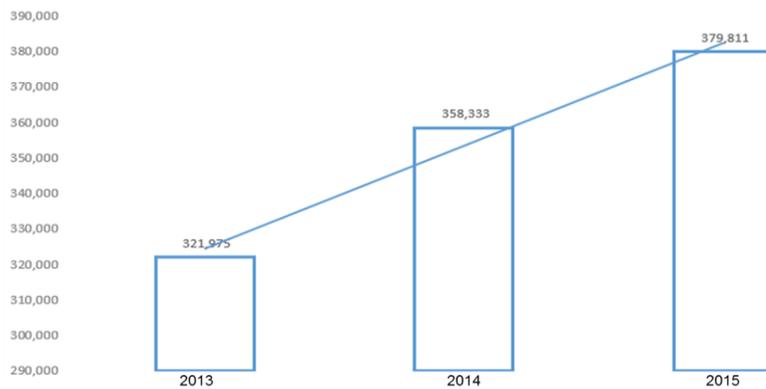


Figura 20-A. Gráfico comparativo de comportamiento anual de consumos de KW del Laboratorio Estatal de Salud Pública de Michoacán. Elaboración propia en base a la fuente de recibos de energía eléctrica de CFE del periodo del 2013-2014-2015

3.6 Técnicas para la formulación de los resultados

3.6.1 Cálculo de los consumos

De acuerdo a la figura 21, en el cálculo de los consumos medios diarios se utiliza la ecuación:

$$L_{md} = \frac{L_{md,DC} + \frac{L_{md,AC}}{\eta_{inv}}}{\eta_{bat} \cdot \eta_{con}}$$

Figura 21. Ecuación de cálculo de los consumos medios diarios
Fuente.: Vega, J. y Ramírez, S. (2014: p. 408).

Donde:

L_{md} = consumo medio de energía diario (484.07 KW).

$L_{md, DC}$ = consumo medio de energía diario de cargas de corriente continua (968.15 KW).

η_{bat} = rendimiento de la batería (95%)

η_{con} = rendimiento de los conductores (100%)

η_{inc} = rendimiento del inversor (90%)

Cabe señalar que para un Sistema Fotovoltaico conectado a la red convencional, el rendimiento de la batería se considera de la misma manera.

Dentro del cálculo, se requiere contar con un 20% extra de seguridad; así, considerando que la media de consumo diario es de 484.07 KW, el 20% se traduce en 96.81 KW, cantidades que sumadas nos dan el total de 580.88. El consumo medio de cargas de corriente continua es 968.15 KW, se le agrega el 20%, que es 193.63 KW y tenemos como total 1161.78 KW, estos datos se pasarán a la fórmula quedando de la siguiente forma:

$$L_{md} = \frac{L_{md,DC} + \frac{L_{md,AC}}{\eta_{inv}}}{\eta_{bat} \cdot \eta_{con}} = \frac{580.88 + \frac{1161.78}{0.90}}{0.95 \cdot 1} = 1970.25 \text{ KWh/día}$$

3.6.2 Características de la localización

El Laboratorio Estatal de Salud Pública de Michoacán está ubicado en las coordenadas geográficas 19°41'30.731" latitud norte y 101°9'20.573" longitud Oeste, con una irradiación media promedio de 4.9 kW-h/m² (véanse figura 22 y tabla 16).

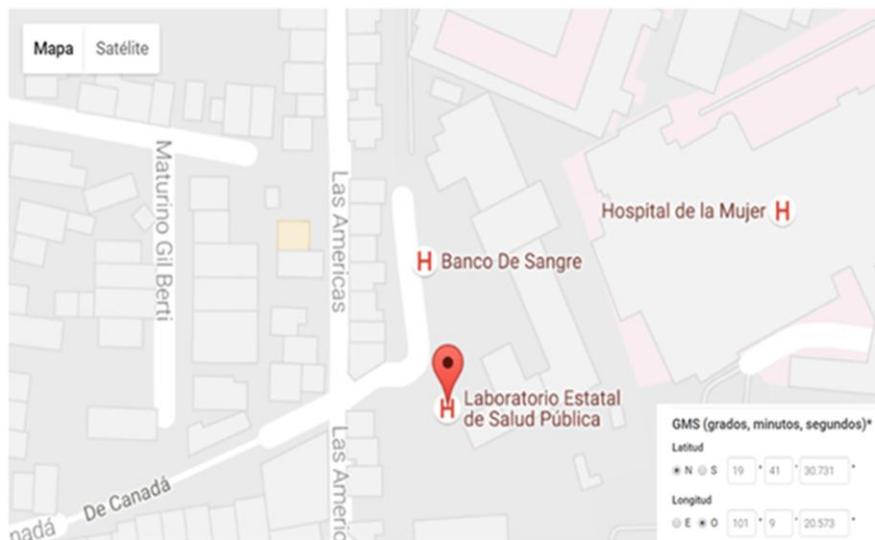


Figura 22. Coordenadas Geográficas del Laboratorio Estatal de Salud Pública de Michoacán.
Fuente: Mapa Google - Coordenadas GPS. Google Maps (2016)

Tabla 15

Reportes de insolación de México, Southwest Technology Development Institute, NMSU, 1999

Estado	Ciudad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Min	Max	Med
Jalisco	Colotlán	4.6	5.7	6.5	7.5	8.2	6.6	6	5.6	5.8	5.3	4.9	4.1	4.1	8.2	5.9
Jalisco	Guadalajara	4.6	5.5	6.3	7.4	7.7	5.9	5	5.3	5.2	4.9	4.8	4	4	7.7	5.6
Jalisco	L. de Moreno	4.5	5.3	6.1	6.7	7.2	6.1	6	5.6	5.5	5	4.7	4	4	7.2	5.5
Jalisco	Puerto Vallarta	5.2	5.7	6	5.8	5.7	5.5	6	5.7	5.5	5.6	5.2	4.7	4.7	6	5.5
México	Chapingo	4.5	5.1	5.6	5.8	5.9	5.4	5	5.2	5	4.7	4.6	3.9	3.9	5.9	5.1
Michoacán	Morelia	4.2	4.9	5.5	5.8	5.9	5.2	5	5.1	4.9	4.6	4.3	3.7	3.7	5.9	4.9
Nayarit	Tepic	3.9	4.3	4.8	5.5	6.1	5.3	5	5.3	4.4	4.4	4	4.8	3.9	6.1	4.8
Nvo. León	Monterrey	3.2	3.6	4.1	4.3	4.8	5.5	6	5.6	5	3.8	3.3	3	3	6.1	4.4
Oaxaca	Oaxaca	4.9	5.7	5.8	5.5	6	5.4	6	5.6	5	4.9	4.8	4.4	4.4	6	5.3
Oaxaca	Salina Cruz	5.4	6.3	6.6	6.4	6.1	5	6	5.9	5.2	5.9	5.7	5.2	5	6.6	5.8
Puebla	Puebla	4.9	5.5	6.2	6.4	6.1	5.7	6	5.8	5.2	5	4.7	4.4	4.4	6.4	5.5

Fuente: Actualización de los Mapas de Irradiación Global solar en la Republica Mexicana (R. Almaza S., E. Cajigal R., J. Barrientes A. 1997) de radiación solar - econotecnia (2016).

3.6.2 Características y dimensiones del Sistema Fotovoltaico

Con base en la información de Domínguez, (2012, p. 137), para obtener el número de paneles fotovoltaicos requeridos en el proyecto propuesto se debe determinar la potencia obtenida mediante la fórmula:

$$Potencia\ requerida = \frac{Energía\ (\frac{kW * h}{diarias})}{Irradiación\ del\ lugar * Eficiencia\ (0.9)}$$

$$Potencia\ requerida = \frac{1970.25\ kW * h/diarias}{4.8\ (kW * h/m^2) * (0.9)} = 456.07\ kW$$

Como cada panel tiene una potencia de 250 W, lo que equivale a 0.25 KW, para poder obtener la cantidad de 1 KW exacto se ocuparían 4 paneles solares, por lo que es necesario dividir la media de 353,373.00 KW entre los 365 días del año, teniendo como resultado 968.15 KW hora al día. Además, hemos dicho que se tiene que considerar el 20% por posibles pérdidas, lo que equivaldría a 1161.78 KW. Esta última cifra se aplica

a la ecuación de consumos medios, quedando en un total de 1970.25 KW. Este resultado se multiplica por 1000 para convertirse en vatios, quedando en 1, 970, 250 vatios por día, para posteriormente dividirlo entre la multiplicación del promedio de 4.8 horas de sol al día por el 0.9 de eficiencia, lo que resulta en 456,076.38 vatios/hora.

El resultado anterior se divide entre la carga de 250W de cada panel, lo que indica que deben utilizarse 1,824 paneles solares para pensar en un rendimiento del 100%, mismo que trataría de igualar el suministro convencional que proporciona la CFE.

Ahora bien, si no nos basamos en el 100%, sino considerando una cuarta parte del proyecto que será de aproximadamente del 22.15% lo que equivaldría a tener 214.44 KW, más considerando el 20% de pérdidas (42.88 KW), obtenemos 257.32 KW, por lo que aplicando la fórmula anterior tendríamos lo siguiente:

$$L_{md} = \frac{L_{md,DC} + \frac{L_{md,AC}}{\eta_{inv}}}{\eta_{bat} \cdot \eta_{con}} = \frac{128.66 + \frac{257.32}{0.90}}{0.95 \cdot 1} = 436.38 \text{ KWh/día}$$

Para obtener la cantidad de paneles solares se aplicará la fórmula siguiente:

$$Potencia\ requerida = \frac{Energía \left(\frac{kW \cdot h}{diarias} \right)}{Irradiación\ del\ lugar \cdot Eficiencia \ (0.9)}$$

$$Potencia\ requerida = \frac{436.38 \text{ kW} \cdot h/diarias}{4.8 \text{ (kW} \cdot h/m^2) \cdot (0.9)} = 101.013 \text{ kW}$$

De acuerdo con los datos anteriores, se tienen 257.32 KW que sumados con el 20% por pérdidas, el consumo quedaría en 436.38 KW/h por día, para posteriormente multiplicarlo por 1000 para convertirlo en vatios, resultando en 436,380 vatios por día.

Esto se divide entre la multiplicación del promedio de 4.8 horas de sol al día por 0.9 de eficiencia, dando como resultado 101,013.88 vatios/hora, cantidad que dividiremos entre la carga de 250W de cada panel, lo que indicaría que se utilizaran 404 paneles solares, representando esto el 22.15 % del proyecto.

3.6.3 Averías y mantenimiento

En todo proceso de generación de energía eléctrica, las averías pueden ocasionar pérdidas energéticas, lo cual afecta el rendimiento del sistema. De ahí que sea necesario realizar un mantenimiento en los Sistemas Fotovoltaicos conectados a una red y realizar revisiones preventivas periódicas una vez al año, realizando un informe técnico para cerciorarse de que todos sus elementos funcionan correctamente (Rosell, 2008, p.28).

Sin embargo, Rosell (2008, pp. 28-29) menciona que los paneles fotovoltaicos requieren muy poco mantenimiento porque carecen de partes móviles, y porque todos los circuitos interiores y conexiones se encuentran protegidas. Lo que sí se recomienda es una limpieza para quitar la suciedad y polvo acumulados, que pueden aminorar el rendimiento del sistema. También se tiene que realizar una inspección visual para poder detectar posibles fallos de los componentes, como pueden ser la rotura del cristal del panel, la oxidación de los circuitos y el cableado eléctrico, y la corrosión de la estructura metálica. También el mantenimiento del sistema de regulación y control es necesario, incluyendo las conexiones a tierra.

3.6.4 Riesgos

En el manejo de la electricidad es común que se detecten peligros que pueden ocasionar severos daños, por lo tanto, es importante identificar los posibles riesgos y su relación con la actividad específica que se va a desarrollar. Rosell (2008, p.28) señala que existen varios riesgos a considerar:

1. Riesgo en la ruptura de la instalación eléctrica.
2. Riesgo en el contacto accidental en la instalación eléctrica.
3. Riesgo al manejar el sistema existiendo la presencia de electricidad.
4. Riesgo en la presencia de agua en circuitos y cableado eléctrico.

También es fundamental adoptar medidas de seguridad empleando equipos de protección individual, como el uso del casco para evitar choques, descargas y quemaduras eléctricas, o el uso de ropa de trabajo adecuada, de botas o zapatos de seguridad dieléctrica, así como de gafas protectoras y guantes aislantes de electricidad.

3.6.5 Impacto Ambiental

En la instalación del Sistema Fotovoltaico para la producción de energía eléctrica el proceso es totalmente silencioso, ya que el inversor trabaja en una frecuencia no audible al ser humano; debido al tipo de transformación de electricidad no se realiza ninguna combustión y por tanto no hay emisiones de CO². Además, no perjudica ni destruye la flora y fauna existente en la localidad, ya que los equipos en la instalación no contienen ni generan residuos tóxicos (Escuela Politécnica de Catalunya. 2010).

Uno de los impactos negativos es el hecho de que se requieren extensiones de terreno amplias para captar la radiación solar cuando es débil y difusa. Otro, se relaciona con la fabricación de los módulos fotovoltaicos, que requieren una gran cantidad de energía para reducir el mineral de óxido de silicio a silicio de muy alta pureza y por lo tanto se obtienen cantidades considerables de residuos de este material (Vega y Ramírez, 2014k, p. 426). Finalmente, González (2009c, p. 52), menciona que dentro de las emisiones de contaminantes, está considerada la fabricación de la estructura fotovoltaica, ya que para la producción de 1 GW de energía eléctrica se generan 5.9 Kilogramos de CO².

A nivel mundial, se considera que las actividades que provocan las emisiones de los gases de efecto invernadero, de acuerdo a la convención del Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), son las del sector energético así como el de las industrias. El estimado es que de la producción de 1KW de energía eléctrica se genera una emisión de 0.65 Kg de Co^2 a la atmosfera.

CAPITULO CUARTO

4. Resultados de la Investigación

4.1 Análisis de los resultados

4.1.1 Cálculo de la superficie que ocupará la estructura fotovoltaica

Las celdas tienen una dimensión de 80 x 150 mm aproximadamente, y éstas se pueden construir en tiras para conformar el panel, así que de acuerdo al proveedor que deseen contratar habrá variantes pero por lo general se pueden utilizar 6 tiras de 10 celdas, lo que equivaldría a que un panel solar tuviera 60 celdas, las cuales pueden conectarse en serie con una capacidad de 250 watts (econotecnia.com. 2016).

De acuerdo con las especificaciones, la dimensión de un módulo equivaldría a 1640mm de largo x 992mm de ancho, con un grosor de 40 mm y un peso aproximado de 18.5 kg (figura 23). Considerando los 404 paneles necesarios para el proyecto ideal, las dimensiones para construir el SF son de 657.26 Mts² (tabla 16).

Tabla16

Especificaciones técnicas de una celda solar y el espacio necesario para un Sistema Fotovoltaico (SF)

Concepto	Dimensión			Peso en KG	Total
	Largo	Ancho	Grosor		
1 panel solar en mm	1640	992	40	18.5	1,626,880.00
1 panel solar en cms	164	99.2	40	18.5	16,268.80
1 panel solar en mts	1.64	0.992	40	18.5	1.63
404 paneles en mts ²	Espacio necesario para el SF al 22.15%				657.26
950 paneles en mts ²	Espacio necesario para el SF al 52.08%				1,545.54
1642 paneles solares en mts ²	Espacio necesario para el SF al 90.02%				2,671.34
1824 paneles solares en mts ²	Espacio necesario para el SF al 100%				2,967.43

Nota. Elaboración propia. Fuente: grupo proveedor econotecnia.com, (2016)

Para conocer el peso de toda la estructura sólo basta multiplicar 18.5 Kg por la cantidad total de paneles, pero este peso es relativo, ya que se desconoce el peso de

toda la estructura ya finalizada, aunque se puede calcular que el peso de 404 paneles será de 7,474 Kg.

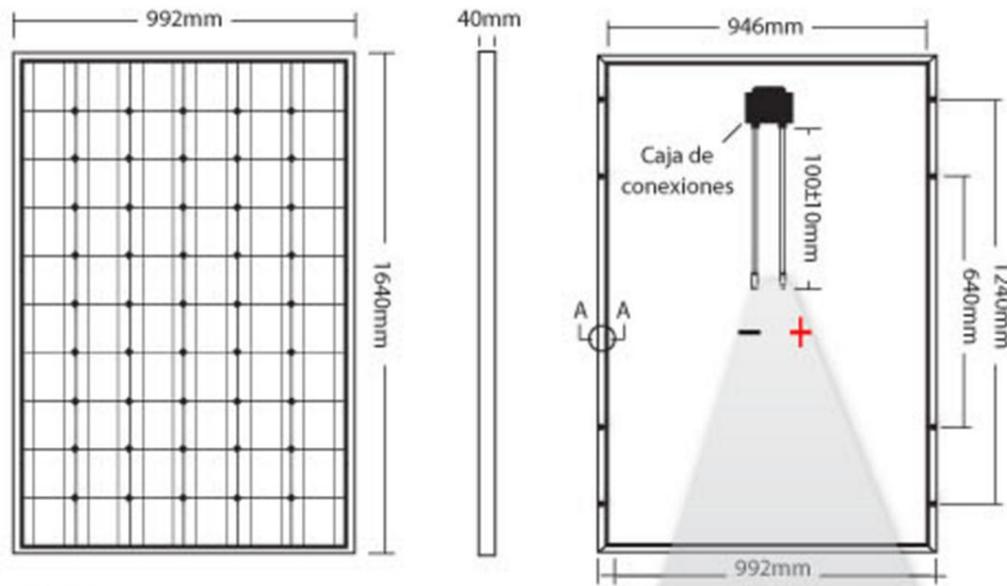


Figura 23. Especificaciones técnicas y dimensiones de un panel solar
Fuente: econotecnica.com (2016)

4.1.2 Determinación de los Escenarios de paneles proyectados

En esta sección se presentan cuatro escenarios en relación con la cantidad de paneles solares, pero solo dos serán los necesarios para igualar la energía eléctrica que puede cubrir los requerimientos del Laboratorio Estatal de Salud Pública de Michoacán (véanse tablas 17 y 18).

Tabla. 17

CANTIDAD DE PANELES SOLARES, PRODUCCION DE ENERGÍA ELECTRICA Y PERDIDAS

Parte 1/2

panel solar	Whatts producidos	Kwh producidos	horas de aprovechamiento diario soleado	perdidas promedio del sistema 20%(0.05)	Energia acumulada producida por panel solar (KW)	energía requerida por el LESPM (KW)	DIFERENCIAS ENERGIA PRODUCIDA MENOS CONSUMO	%
1	250.00	0.25	4.80	0.05	1.15	1,970.25	1,969.10	0.05
2	500.00	0.50	4.80	0.05	2.35	1,970.25	1,967.90	0.11
3	750.00	0.75	4.80	0.05	3.55	1,970.25	1,966.70	0.16
4	1,000.00	1.00	4.80	0.05	4.75	1,970.25	1,965.50	0.22
10	2,500.00	2.50	4.80	0.05	11.95	1,970.25	1,958.30	0.55
15	3,750.00	3.75	4.80	0.05	17.95	1,970.25	1,952.30	0.82
20	5,000.00	5.00	4.80	0.05	23.95	1,970.25	1,946.30	1.10
25	6,250.00	6.25	4.80	0.05	29.95	1,970.25	1,940.30	1.37
30	7,500.00	7.50	4.80	0.05	35.95	1,970.25	1,934.30	1.64
35	8,750.00	8.75	4.80	0.05	41.95	1,970.25	1,928.30	1.92
40	10,000.00	10.00	4.80	0.05	47.95	1,970.25	1,922.30	2.19
45	11,250.00	11.25	4.80	0.05	53.95	1,970.25	1,916.30	2.47
50	12,500.00	12.50	4.80	0.05	59.95	1,970.25	1,910.30	2.74
55	13,750.00	13.75	4.80	0.05	65.95	1,970.25	1,904.30	3.02
60	15,000.00	15.00	4.80	0.05	71.95	1,970.25	1,898.30	3.29
65	16,250.00	16.25	4.80	0.05	77.95	1,970.25	1,892.30	3.56
70	17,500.00	17.50	4.80	0.05	83.95	1,970.25	1,886.30	3.84
75	18,750.00	18.75	4.80	0.05	89.95	1,970.25	1,880.30	4.11
80	20,000.00	20.00	4.80	0.05	95.95	1,970.25	1,874.30	4.39
85	21,250.00	21.25	4.80	0.05	101.95	1,970.25	1,868.30	4.66
90	22,500.00	22.50	4.80	0.05	107.95	1,970.25	1,862.30	4.93
95	23,750.00	23.75	4.80	0.05	113.95	1,970.25	1,856.30	5.21
100	25,000.00	25.00	4.80	0.05	119.95	1,970.25	1,850.30	5.48
150	37,500.00	37.50	4.80	0.05	179.95	1,970.25	1,790.30	8.22
200	50,000.00	50.00	4.80	0.05	239.95	1,970.25	1,730.30	10.96
250	62,500.00	62.50	4.80	0.05	299.95	1,970.25	1,670.30	13.71
300	75,000.00	75.00	4.80	0.05	359.95	1,970.25	1,610.30	16.45
350	87,500.00	87.50	4.80	0.05	419.95	1,970.25	1,550.30	19.19
400	100,000.00	100.00	4.80	0.05	479.95	1,970.25	1,490.30	21.93
404	101,000.00	101.00	4.80	0.05	484.75	1,970.25	1,485.50	22.15

Fuente: Recibos de energía eléctrica de CFE.

Nota. Elaboración Propia. El punto de equilibrio de retorno de la energía es considerado a 1642 paneles solares que es el 90.02% de total del proyecto. Al tamaño de 22.15% de 404 paneles solares estará produciendo 484.75 KW y se seguiría consumiendo 1485.50 KW a CFE

Tabla. 17

CANTIDAD DE PANELES SOLARES, PRODUCCION DE ENERGÍA ELECTRICA Y PERDIDAS

Parte 2/2

panel solar	Whatts producidos	Kwh producidos	horas de aprovechamiento diario soleado	perdidas promedio del sistema 20% (0.05)	Energía acumulada producida por panel solar (KW)	energía requerida por el LESPM (KW)	DIFERENCIAS ENERGIA PRODUCIDA MENOS CONSUMO	%
450	112,500.00	112.50	4.80	0.05	539.95	1,970.25	1,430.30	24.67
500	125,000.00	125.00	4.80	0.05	599.95	1,970.25	1,370.30	27.41
550	137,500.00	137.50	4.80	0.05	659.95	1,970.25	1,310.30	30.15
600	150,000.00	150.00	4.80	0.05	719.95	1,970.25	1,250.30	32.89
650	162,500.00	162.50	4.80	0.05	779.95	1,970.25	1,190.30	35.64
700	175,000.00	175.00	4.80	0.05	839.95	1,970.25	1,130.30	38.38
750	187,500.00	187.50	4.80	0.05	899.95	1,970.25	1,070.30	41.12
800	200,000.00	200.00	4.80	0.05	959.95	1,970.25	1,010.30	43.86
950	237,500.00	237.50	4.80	0.05	1,139.95	1,970.25	830.30	52.08
1000	250,000.00	250.00	4.80	0.05	1,199.95	1,970.25	770.30	54.82
1050	262,500.00	262.50	4.80	0.05	1,259.95	1,970.25	710.30	57.57
1100	275,000.00	275.00	4.80	0.05	1,319.95	1,970.25	650.30	60.31
1150	287,500.00	287.50	4.80	0.05	1,379.95	1,970.25	590.30	63.05
1200	300,000.00	300.00	4.80	0.05	1,439.95	1,970.25	530.30	65.79
1250	312,500.00	312.50	4.80	0.05	1,499.95	1,970.25	470.30	68.53
1300	325,000.00	325.00	4.80	0.05	1,559.95	1,970.25	410.30	71.27
1350	337,500.00	337.50	4.80	0.05	1,619.95	1,970.25	350.30	74.01
1400	350,000.00	350.00	4.80	0.05	1,679.95	1,970.25	290.30	76.75
1450	362,500.00	362.50	4.80	0.05	1,739.95	1,970.25	230.30	79.50
1500	375,000.00	375.00	4.80	0.05	1,799.95	1,970.25	170.30	82.24
1550	387,500.00	387.50	4.80	0.05	1,859.95	1,970.25	110.30	84.98
1600	400,000.00	400.00	4.80	0.05	1,919.95	1,970.25	50.30	87.72
1641.913	410,478.25	410.48	4.80	0.05	1,970.25	1,970.25	0.00	90.02
1650	412,500.00	412.50	4.80	0.05	1,979.95	1,970.25	-9.70	90.46
1700	425,000.00	425.00	4.80	0.05	2,039.95	1,970.25	-69.70	93.20
1750	437,500.00	437.50	4.80	0.05	2,099.95	1,970.25	-129.70	95.94
1800	450,000.00	450.00	4.80	0.05	2,159.95	1,970.25	-189.70	98.68
1824	456,000.00	456.00	4.80	0.05	2,188.75	1,970.25	-218.50	100.00

Fuente: Recibos de energía eléctrica de CFE.

Nota. Elaboración Propia. El punto de equilibrio de retorno de la energía es considerado a 1642 paneles solares que es el 90.02% de total del proyecto. Al tamaño de 22.15% de 404 paneles solares estara produciendo 484.75 KW y se seguiría consumiendo 1485.50 KW a CFE

Como se muestra en la tabla 17, al contar con el 100% del Sistema Fotovoltaico, se puede asegurar la continuidad del suministro eléctrico. En la tabla 18 se presentan 4 escenarios, los cuales dependerán de la toma de decisiones de las autoridades de la Secretaría de Salud, que deben considerar los aspectos espaciales y realizar un estudio económico.

Tabla.18
Comparativo de escenarios de Sistema Fotovoltaico

%	Cantidad de paneles solares	Energía producida de los paneles	Consumo de Electricidad sin paneles	Consumo de Electricidad con paneles	Excedente
22.15	404	484.75	1970.25	1485.5	Ninguno
52.08	950	1139.95	1970.25	830.3	Ninguno
90.02	1642	1970.25	1970.25	0	Punto de Eq.
100	1824	2188.75	1970.25	218.5	11.08

Fuente: Recibos de energía eléctrica de CFE.

Nota. Elaboración Propia. El punto de equilibrio de retorno de la energía es considerado a 1642 paneles solares que es el 90.02% de total del proyecto. A una cuarta parte del tamaño del proyecto es de 404 paneles solares los cuales darán 484.75 KW y se seguiría consumiendo 1485.50 KW a CFE. Al 100% del proyecto se tendría un excedente de energía del 11.08%

4.1.3 Presupuestos de materiales, estructuras y conectores

El presupuesto de los componentes unitarios, integran la instalación fotovoltaica para la producción de energía eléctrica, los cuales se desglosan de la siguiente manera:

Tabla 19
Presupuesto de materiales que conforman la estructura fotovoltaica

No. Cons.	Componentes del Sistema Fotovoltaico	Precio Unitario dólares
		\$\$
1	Panel solar ET250PC 250W	250.00
2	Micro Inversor 250W, 30Vdc-240Vac 60Hz	178.35
3	Riel Aluminio, 210cm 2.18Kg	14.90
4	Riel Aluminio, 415cm 4.35Kg	29.79
5	Extensor Al para rieles E y C	9.39
6	Base Tipo D Aluminio 20 grados, incluye tornillos y taquetes expansivos	42.00
7	Separador Aluminio	0.94
8	Terminador Aluminio 40mm	2.29
9	0.50in Tornillo SS 1/4in - 20 1/2in SS304	0.22
10	1.50 Tornillo SS	0.44
11	Tuerca SS 1/4in - 20 Seguridad SS304	0.27
12	TornilloSS 3/8in - 16 1in SS304	0.80
13	Tuerca SS 3/8in - 16 Seguridad SS304	0.48
14	Anclotaquete TX 1/4in	0.30
15	Soportes Concreto (Suministro local)	2.00
16	EndCable	33.40
17	EndCap	4.93
18	GE Centro Carga 12 ranuras IP55 Plástica Fusibles Térmicos Riel	21.95
19	GE Fusibles Térmicos 20A 3 Fase	14.91
20	Conectores Glándula 3/4"	1.86
21	Conectores Luiquidtight	1.99
22	Indiana Cable Pelón Tierra AWG12 100m	47.99
23	Terminador Ojo 1/4in Amarillo 10 a12	0.10
24	Supresor Picos 275Vac, 30-60kA, 3P	32.68
25	Medidor kWh tres fase LCD 230Vac	84.85
Total		776.83

Nota. Elaboración propia. Fuente: grupo proveedor econotecnia.com
 Los costos estan mostrados en dólares estadounidenses.

4.1.4 Presupuesto de Inversiones en base a escenarios.

A continuación se presentan los materiales necesarios para la construcción del SF, así como sus costos. La tabla 20 muestra la cantidad de materiales, incluyendo los importes, más el Impuesto al Valor Agregado (IVA) en dólares norteamericanos.

Tabla 20

Presupuestos de los Componentes del Sistema Fotovoltaico en base a escenarios

Ramal	Componentes del Sistema Fotovoltaico	Precio Unitario	Cantidad estructural al 22.15%	Cantidad estructural al 52.08%	Cantidad estructural al 90.02%	Cantidad estructural al 100%	Importe al 22.15%	importe al 52.08%	Importe al 90.02%	Importe al 100%
cantidad de paneles solares (SOLO PARA REFERENCIA)		250	404	950	1642	1824	101,000.00	237,500.00	410,500.00	456,000.00
8000032	Panel solar ET250PC 250W	250.00	404	950	1,642	1,824	101,000.00	237,500.00	410,500.00	456,000.00
8000203	Micro Inversor 250W, 30Vdc-240Vac 60Hz	178.35	271	543	814	1,085	48,332.85	96,844.05	145,176.90	193,509.75
8000014	Riel Aluminio, 210cm 2.18Kg	14.90	54	109	163	217	804.60	1,624.10	2,428.70	3,233.30
8000015	Riel Aluminio, 415cm 4.35Kg	29.79	108	217	236	434	3,217.32	6,464.43	7,030.44	12,928.86
8000027	Extensor Al para rieles E y C	9.39	108	217	236	434	1,014.12	2,037.63	2,216.04	4,075.26
8000055	Base Tipo D Aluminio 20 grados, incluye tornillos y taquetes expansivos	42.00	81	163	244	326	3,402.00	6,846.00	10,248.00	13,692.00
8000021	Separador Aluminio	0.94	488	977	1,465	1,953	458.72	918.38	1,377.10	1,835.82
8000065	Terminador Aluminio 40mm	2.29	108	217	236	434	247.32	496.93	540.44	993.86
8000100	0.50in Tornillo SS 1/4in - 20 1/2in SS304	0.22	325	652	977	1,302	71.50	143.44	214.94	286.44
8000103	1.50 Tornillo SS	0.44	596	1,195	1,791	2,387	262.24	525.80	788.04	1,050.28
8000106	Tuerca SS 1/4in - 20 Seguridad SS304	0.27	2	1,846	2,768	3,689	0.54	498.42	747.36	996.03
8000110	TornilloSS 3/8in - 16 1in SS304	0.80	-	-	-	-	-	-	-	-
8000111	Tuerca SS 3/8in - 16 Seguridad SS304	0.48	-	-	-	-	-	-	-	-
8110117	Anclotaquete TX 1/4in	0.30	325	652	977	1,302	97.50	195.60	293.10	390.60
	Soportes Concreto (Suministro local)	2.00	325	652	977	1,302	650.00	1,304.00	1,954.00	2,604.00
8000205	EndCable	33.40	27	54	81	109	901.80	1,803.60	2,705.40	3,640.60
8000206	EndCap	4.93	27	54	81	109	133.11	266.22	399.33	537.37
Subtotal estructural de acuerdo a los escenarios previstos		570.50	3,249	8,498	12,688	16,907	160,593.62	357,468.60	586,619.79	695,774.17

Presupuestos del Material Eléctrico y conectores en base a escenarios

Eléctrico	Material Eléctrico y conectores	Precio Unitario	Cantidad estructural al 22.15%	Cantidad estructural al 52.08%	Cantidad estructural al 90.02%	Cantidad estructural al 100%	Importe al 22.15%	importe al 52.8%	Importe al 90.02%	Importe al 100%
8020603	GE Centro Carga 12 ranuras IP55 Plástica Fusibles Térmicos Riel	21.95	81.00	163.00	244.00	326.00	1,777.95	3,577.85	5,355.80	7,155.70
8020733	GE Fusibles Térmicos 20A 3 Fase	14.91	81.00	163.00	244.00	326.00	1,207.71	2,430.33	3,638.04	4,860.66
8140026	Conectores Glándula 3/4"	1.86	81.00	163.00	244.00	326.00	150.66	303.18	453.84	606.36
8140031	Conectores Luiquidtight	1.99	81.00	163.00	244.00	326.00	161.19	324.37	485.56	648.74
8030502	Indiana Cable Pelón Tierra AWG12 100m	47.99	20.00	41.00	61.00	81.00	959.80	1,967.59	2,927.39	3,887.19
8140001	Terminador Ojo 1/4in Amarillo 10 a12	0.10	2,439.00	4,887.00	7,326.00	9,765.00	243.90	488.70	732.60	976.50
8000903	Supresor Picos 275Vac, 30-60kA, 3P	32.68	81.00	163.00	244.00	326.00	2,647.08	5,326.84	7,973.92	10,653.68
8000806	Medidor kWh tres fase LCD 230Vac	84.85	81.00	163.00	244.00	326.00	6,872.85	13,830.55	20,703.40	27,661.10
SUBTOTAL por Ramal		206.33	2,945.00	5,906.00	8,851.00	11,802.00	14,021.14	28,249.41	42,270.55	56,449.93
IVA (16%)							27938.36	61714.88	100622.45	120355.86
TOTAL ESTRUCTURA Y MATERIAL ELECTRICO		776.83	6,194.00	14,404.00	21,539.00	28,709.00	202,553.12	447,432.89	729,512.79	872,579.96

Nota. Elaboración propia, en base al grupo proveedor econotecnia. Los valores de Importes, IVA y Total están considerados en dólares USD

De acuerdo con las especificaciones realizadas en la tabla anterior se muestra que para garantizar el propósito de aprovechamiento de la radiación solar para generar electricidad y llevar a cabo el proyecto basado en los cuatro escenarios propuestos, los

cuales se menciona que el tamaño del 22.15% es necesario invertir la cantidad de \$202,553.12 dólares; para la proyección al 52.8% es necesario invertir \$447,432.89 dólares; en lo que respecta al 90.02% (considerado el punto de equilibrio de la propuesta) es necesario invertir \$729,512.79 dólares; y para el 100% se requieren \$872,579.96 dólares.

Más adelante se realizará el análisis financiero de acuerdo con la información de la tabla 21, con el flujo de la inversión, así como con el Valor Presente Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el análisis Costo Beneficio (CB).

Tabla 21
Comportamiento de pagos de energía eléctrica a CFE

MES/AÑO	2013		2014		2015		TOTAL	
	Pesos Mex	Dólares USD	Pesos Mex	Dólares USD	Pesos Mex	Dólares USD	Pesos Mex	Dólares USD
ENERO	51,199.00	2,671.28	49,719.00	2,594.06	39,823.47	2,077.76	140,741.47	7,343.10
FEBRERO	52,944.00	2,762.32	55,905.00	2,916.81	43,444.35	2,266.68	152,293.35	7,945.81
MARZO	56,586.00	2,952.34	64,734.00	3,377.46	48,132.82	2,511.30	169,452.82	8,841.09
ABRIL	68,582.00	3,578.22	66,280.00	3,458.12	51,286.23	2,675.83	186,148.23	9,712.17
MAYO	72,539.00	3,784.68	67,325.00	3,512.64	53,878.08	2,811.05	193,742.08	10,108.37
JUNIO	68,913.00	3,595.49	69,030.00	3,601.60	52,651.58	2,747.06	190,594.58	9,944.15
JULIO	63,280.00	3,301.59	66,848.00	3,487.75	53,450.74	2,788.76	183,578.74	9,578.10
AGOSTO	63,487.00	3,312.39	68,309.00	3,563.98	56,707.52	2,958.68	188,503.52	9,835.05
SEPTIEMBRE	60,192.00	3,140.48	65,715.00	3,428.64	54,103.33	2,822.81	180,010.33	9,391.92
OCTUBRE	70,065.00	3,655.60	64,790.00	3,380.38	51,388.06	2,681.14	186,243.06	9,717.11
NOVIEMBRE	58,217.00	3,037.44	60,814.00	3,172.93	43,711.24	2,280.61	162,742.24	8,490.97
DICIEMBRE	48,319.00	2,521.01	52,359.00	2,731.80	37,382.81	1,950.42	138,060.81	7,203.24
TOTAL	734,323	38,312.84	751,828	39,226.15	585,960	30,572.10	2,072,111.23	108,111.09
\$ Kw/diario	2,011.84	104.97	2,059.80	107.47	1,605.37	83.76	5,677.02	296.19
COSTO MEDIO MENSUAL	61,193.58	3,192.74	62,652.33	3,268.85	48,830.02	2,547.68	172,675.94	9,009.26
COSTO MEDIO DIARIO	2,012	104.97	2,060	107.47	1,605	83.76	5,677.02	296.19
COSTO MEDIO DIARIO ACUMULADO	1,892	98.73		COSTO MEDIO ANUAL ACUMULADO			690,703.74	36,037.03

Elaboración propia, en base a los datos proporcionador por los recibos de Energía de CFE, en pesos mexicanos para la conversión a dólares USD se divide por \$19.1665 pesos por cada dólar al día 03/10/16

4.1.4.1 Características del Proyecto

Los datos reflejados en la tabla 21 son los pagos realizados a la CFE por parte del LESPM y están considerados en dólares (USD) para la realización del análisis económico (véanse también las tablas 15 y 15A del Capítulo 4.2, Determinación del Consumo).

Tabla 22
Características del Proyecto

Concepto	Cantidad
Precio del Dólar al 03/10/16	19.1665
Capacidad de generación por panel solar (Watt/hr)	250
Horas de radicación solar promedio	4.8
Energía requerida por el LESPM	1,970.25
Cantidad de paneles solares al 100% del proyecto	1,824
Cantidad de paneles solares al 90.02% del proyecto	1,642
Cantidad de paneles solares al 52.08% del proyecto	950
Cantidad de paneles solares al 22.15% del proyecto	404

Elaboración propia

Se tomarán como referencia los datos de la tabla 22 y los KW que se producirán considerándose el proyecto al 100%, siendo la media anual de 353,373 KW consumidos, por lo que si instalaran 1,824 paneles solares se tendría una producción de 456 KW/hr, considerando la media de 4.8 horas de radiación solar se obtendrían 2,188.80 KW diarios producidos; de esa forma se autogeneran 66,576 KW mensuales, obteniendo cada año 798,912 KW (tabla 23).

Tabla 23
Kw producidos por autogeneración eléctrica

CONCEPTO	PANALES A UTILIZAR	COSTO DEL PROYECTO	WHATT/PRODUCIDOS POR HORA	KW PRODUCIDOS POR HORA	KW PRODUCIDO EN OPERACIÓN 4.8 HRS (DIARIOS)	KW PRODUCIDO EN OPERACIÓN AL MES	KW PRODUCIDO EN OPERACIÓN AL AÑO
PROYECTO AL 100%	1,824	872,579.96	456,000.00	456.00	2,188.80	66,576.00	798,912.00
PROYECTO AL 90.02%	1,642	729,512.79	410,500.00	410.50	1,970.40	59,933.00	719,196.00
PROYECTO AL 52.08%	950	447,432.89	237,500.00	237.50	1,140.00	34,675.00	416,100.00
PROYECTO AL 22.15%	404	202,553.12	101,000.00	101.00	484.80	14,746.00	176,952.00
PROYECTO AL 0.05%	1	250.00	250.00	0.25	1.20	36.50	438.00

Elaboración propia en base a la información del proveedor econotenia y a los datos de la radiación solar proporcionador por Southwest Technology Development Intitute

Al considerar el proyecto al 52.08% se generan 1,140KW diarios de electricidad, y se tendrá un margen para que el LESPM pueda consumir 752 KW mensuales de la red convencional de CFE, mientras que en la muestra seleccionada del 22.15% se obtendrían sólo 484 kW diarios.

Tabla 24
Comportamiento de pagos en dólares USD

Concepto	\$ Pesos MX	\$ Dólares USD
Precio de dólar al 03-10-2016	1	19.1665
Costo medio KW	1.95	0.10
Costo medio diario	1,892	98.73
Costo medio mensual	57,558.65	3,003.09
Costo medio anual	690,703.74	36,037.03

Nota. Elaboración propia en base a los costos de energía eléctrica

De acuerdo a los KW producidos por el SF y las tarifas HM de energía eléctrica por parte de la CFE, se calculó una media de costo energético de 1 KW/h dividiendo el costo total medio anual de \$36,037.03 dólares entre el consumo de 353,373 KW anuales, teniendo como resultado 0.10 centavos de dólar (tabla 24). Cabe hacer la observación de que las tarifas que maneja CFE son variables. Ahora bien, si el proyecto se llevara a cabo al 100%, esto equivaldría a dejar de pagar la electricidad convencional y se obtendría un ahorro de \$ 79,891.20 dólares, instalando los 1,824 paneles solares que autogeneran anualmente 798,912 KW. Si se considera el proyecto en un 90.02%, se proyectaría obtener al año 719,196 KW y un ahorro de \$71,919.60 dólares; por lo que respecta al 52.08%, se tendría una producción anual de 416,100 KW, con un ahorro planteado de \$ 41,610 dólares; mientras que para el proyecto al 22.15% de generación de electricidad, se pretende obtener al año 176,952 KW, por lo que el ahorro se formularía de \$17,695.20 dólares (tabla 25).

Tabla 25**Ingresos por autogeneración eléctrica**

CONCEPTO	PANALES A UTILIZAR	KW/PRODUCIDO POR DIA	INGRESOS/PRODUCIDO POR/4.8 HRS (DIARIOS)	INGRESO/PRODUCIDO POR KW/MES	INGRESO/PRODUCIDO POR KW/AÑO
PROYECTO AL 100%	1,824	2,188.80	218.88	6,657.60	79,891.20
PROYECTO AL 90.02%	1,642	1,970.40	197.04	5,993.30	71,919.60
PROYECTO AL 52.08%	950	1,140.00	114.00	3,467.50	41,610.00
PROYECTO AL 22.15%	404	484.80	48.48	1,474.60	17,695.20
PROYECTO AL 0.05%	1	1.20	0.12	3.65	43.80

Elaboración propia en base a los datos proporcionados por la CFE. *Costo de energía (0.21 dlls)

4.1.4.2 Cálculo de los flujos de inversión

Tabla 26**Característica del proyecto al 100%**

1 Panel solar	250.00	Watts/h
Radiación Solar	4.80	h/día
Electricidad Generada	1,200.00	Watts/h
Total paneles a instalar	1,824.00	piezas
	456.00	KW/h
Electricidad Generada	2,188.80	KW/día
	798,912.00	KW/año
Tarifa KW	0.10	cents dólar
Costo total KW	79,891.20	dólares
Costo del proyecto	872,579.96	dólares

Nota. Elaboración propia

Considerando los 1824 paneles solares que complementan al SF y considerando también que se obtendrán 798,912 KW anuales mediante la autogeneración de electricidad, se pretende obtener un ingreso por retorno de energía de \$79,891 dólares (véase tabla 26), además cabe mencionar que los costos de obra civil para la construcción del SF se encuentran considerados con los presupuestos antes mencionados, por lo que con estos datos podemos realizar el flujo de inversión en la tabla 27.

Tabla 27

Flujo de Inversión al 100% de implementación

COSTO DEL PROYECTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	AÑO 11	AÑO 12	AÑO 13	AÑO 14	AÑO 15	AÑO 16	AÑO 17	AÑO 18	AÑO 19	AÑO 20
(872,579.96)	79,891.20	79,891.20	79,891.20	79,891.20	79,891.20	79,891.20	79,891.20	79,891.20	79,891.20	79,891.20	79,891.20	79,891.20	79,891.20	79,891.20	79,891.20	79,891.20	79,891.20	79,891.20	79,891.20	79,891.20

Elaboración propia en base a los datos obtenidos de las características del proyecto

TIR	6.61%	Se acepta	Relación Beneficio/Costo
Van 6.5%	\$7,701.81	Se acepta	EGRESOS (872,579.96)
			INGRESOS 1,597,824.00
			SALDO B/C 1.83

Como se aprecia en la tabla 27, se tiene un retorno de energía mediante autoconsumo de 20 años del ciclo de vida del SF, por lo que de acuerdo a la inversión y descontando los ingresos, se tiene una TIR de 6.61%, la cual es aceptable, mientras que el VAN al 6.5%, se encuentra en \$7,701.81 dólares USD y en lo que respecta a la relación Beneficio/Costo estimado en términos de valores nominales no actualizados, los flujos que se obtendrán serán de 0.83 centavos por cada 1.00 dólar de inversión.

Tabla 28

Característica del proyecto al 90.02%

1 Panel solar	250.00	Watts/h
Radiación Solar	4.80	h/día
Electricidad Generada	1,200.00	Watts/h
Total paneles a instalar	1,642.00	piezas
	410.50	KW/h
Electricidad Generada	1,970.40	KW/día
	719,196.00	KW/anual
Tarifa KW	0.10	cents dólar
Costo total KW	71,919.60	dólares
Costo del proyecto	729,512.79	dólares

Nota. Elaboración propia

En la información de la tabla 28 se muestra que con 1642 paneles, por autogeneración se obtendrán 719,196 KW anuales de electricidad, teniendo un ingreso por retorno de energía de \$71,919 dólares, con esto se procederá a la realización del flujo de inversión en la tabla 29.

Tabla 29

Flujo de Inversión al 90.02% de implementación

COSTO DEL PROYECTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	AÑO 11	AÑO 12	AÑO 13	AÑO 14	AÑO 15	AÑO 16	AÑO 17	AÑO 18	AÑO 19	AÑO 20
(729,512.79)	71,919.60	71,919.60	71,919.60	71,919.60	71,919.60	71,919.60	71,919.60	71,919.60	71,919.60	71,919.60	71,919.60	71,919.60	71,919.60	71,919.60	71,919.60	71,919.60	71,919.60	71,919.60	71,919.60	71,919.60

Elaboración propia en base a los datos obtenidos de las características del proyecto

TIR	7.57%	Se acepta	Relación Beneficio/Costo
Van 6.5%	\$62,933.84	Se acepta	EGRESOS (729,512.79)
			INGRESOS 1,438,392.00
			SALDO B/C 1.97

Aquí se tiene un retorno de energía y un autoconsumo de 20 años de ciclo de vida del SF, por lo que de acuerdo a la inversión y descontando los ingresos, se tiene una TIR de 7.57%, con un VAN del 6.5% alcanza los \$62,933.84 dólares USD, en lo que respecta a la relación Beneficio/Costo estimado en términos de valores nominales no actualizados, los flujos que se obtendrán son de 0.97 centavos por cada 1.00 dólar de inversión.

Tabla 30

Característica del proyecto al 52.08%

1 Panel solar	250.00	Watts/h
Radiación Solar	4.80	h/día
Electricidad Generada	1,200.00	Watts/h
Total paneles a instalar	950.00	piezas
	237.50	KW/h
Electricidad Generada	1,140.00	KW/día
	416,100.00	KW/anual
Tarifa KW	0.10	cents dólar
Costo total KW	41,610.00	dólares
Costo del proyecto	447,432.89	dólares

Nota. Elaboración propia

En la tabla 30, considerando el proyecto al 52.08%, de los 950 paneles se obtienen 416,100 KW anuales con un retorno de energía de \$41,610 dólares, datos con los que se procedió a realizar el flujo de inversión en la tabla 31.

Tabla 31

Flujo de Inversión al 52.08% de implementación

COSTO DEL PROYECTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	AÑO 11	AÑO 12	AÑO 13	AÑO 14	AÑO 15	AÑO 16	AÑO 17	AÑO 18	AÑO 19	AÑO 20
(447,432.89)	41,610.00	41,610.00	41,610.00	41,610.00	41,610.00	41,610.00	41,610.00	41,610.00	41,610.00	41,610.00	41,610.00	41,610.00	41,610.00	41,610.00	41,610.00	41,610.00	41,610.00	41,610.00	41,610.00	41,610.00

Elaboración propia en base a los datos obtenidos de las características del proyecto

TIR	6.81%	Se acepta	Relación Beneficio/Costo
Van 6.5%	\$11,047.19	Se acepta	EGRESOS (447,432.89)
			INGRESOS 832,200.00
			SALDO B/C 1.86

En la tabla anterior se aprecia un retorno de electricidad aceptable, por lo que se tiene una TIR de 6.81%, y una VAN de \$11,047.19 dólares USD, mientras que en la relación Beneficio/Costo estimado en términos de valores nominales no actualizados, los flujos que se obtendrán son de 0.89 centavos por cada 1.00 dólar de inversión.

Tabla 32

Característica del proyecto al 22.15%

1 Panel solar	250.00	Watts/h
Radiación Solar	4.80	h/día
Electricidad Generada	1,200.00	Watts/h
Total paneles a instalar	404.00	piezas
	101.00	KW/h
Electricidad Generada	484.80	KW/día
	176,952.00	KW/año
Tarifa KW	0.10	cents dólar
Costo total KW	17,695.20	dólares
Costo del proyecto	202,553.12	dólares

Nota. Elaboración propia

En la tabla 32, con el proyecto al 22.15%, se muestra que de los 404 paneles se obtienen 176,952 KW anuales, manteniendo un retorno de electricidad de \$17,695.20 dólares, con estos datos se procede a realizar el flujo de inversión en la tabla 33.

Tabla 33

Flujo de Inversión al 22.15% de implementación

COSTO DEL PROYECTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	AÑO 11	AÑO 12	AÑO 13	AÑO 14	AÑO 15	AÑO 16	AÑO 17	AÑO 18	AÑO 19	AÑO 20
(202,553.12)	17,695.20	17,695.20	17,695.20	17,695.20	17,695.20	17,695.20	17,695.20	17,695.20	17,695.20	17,695.20	17,695.20	17,695.20	17,695.20	17,695.20	17,695.20	17,695.20	17,695.20	17,695.20	17,695.20	17,695.20

Elaboración propia en base a los datos obtenidos de las características del proyecto

TIR	6.02%	Se acepta	Relación Beneficio/Costo
Van 6.5%	(\$7,578.43)	Se rechaza	EGRESOS (202,553.12)
			INGRESOS 353,904.00
			SALDO B/C 1.75

En este flujo de inversión, se mantiene la TIR al 6.02%, pero el VAN con la misma tasa del 6.5% nos da un porcentaje negativo de -\$7,578.43 dólares USD, por lo que no es aceptable en su implementación; aunque el costo beneficio es de 0.75 centavos por cada 1.00 dólar en la inversión, el riesgo es más fuerte en este escenario, por lo que no es viable para su implementación.

En forma de conclusión de este apartado y con base en la información del análisis de los flujos de inversión se tienen dos alternativas, una al 90.02% de generación de electricidad, que mantiene una TIR de 7.57% y en lo que respecta al VAN nos da \$62,933.84 dólares USD, mientras que al 52.08%, se tiene una TIR del 6.87% y un VAN de \$11,047.19 dólares USD, las cuales se consideran como adecuadas y factibles en relación con términos financieros calculados a un horizonte temporal de 20 años de flujos de ingreso energético, por lo que se justifica la inversión.

Sin embargo en el proyecto al 22.15%, se obtiene una TIR del 6.02% y el VAN es negativo de -\$7,578.43 dólares USD, resultado el cual no es indicado para la inversión ya que esta no será recuperada en el futuro, es decir, que sumando los 20 años de los flujos del ingreso energético que se esperan durante todo el horizonte temporal del proyecto, se obtiene un total inferior a la inversión inicial, por lo que no se justifica su puesta en marcha.

4.1.4.3 Periodos de pagos considerando los flujos netos no actualizados.

Para todos los escenarios proyectados, se muestra que los flujos son constantes y no se actualizan para la realización de este estudio, encontrándose que los ingresos por autogeneración eléctrica se mantienen hasta el onceavo año en operación, pero en el escenario muestra se expanden al doceavo año, por lo que se ve que se tendrá un año menos de retorno energético.

Tabla 34

Ingresos por retorno de energía y recuperación de la inversión del 100%

SISTEMA FOTOVOLTAICO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	AÑO 11
COSTO DEL PROYECTO	872,579.96	792,688.76	712,797.56	632,906.36	553,015.16	473,123.96	393,232.76	313,340.56	233,447.36	153,553.16	73,657.96
INGRESO/GENERACION ANUAL	79,891.20	79,891.20	79,891.20	79,891.20	79,891.20	79,891.20	79,892.20	79,893.20	79,894.20	79,895.20	79,896.20
DIFERENCIAS ANUALES	792,688.76	712,797.56	632,906.36	553,015.16	473,123.96	393,232.76	313,340.56	233,447.36	153,553.16	73,657.96	(6,238.24)

Nota. Elaboración propia

En la tabla 34, con el SF al 100% de autogeneración de electricidad, se aprecia que al inicio del onceavo año el costo del proyecto es de \$73,657.96 dólares, y el ingreso por generación al final sería de \$6,238.24 dólares, quedando un margen de utilidad de \$719,065.80 dólares por retorno energético.

Tabla 35

Ingresos por retorno de energía y recuperación de la inversión del 90.02%

SISTEMA FOTOVOLTAICO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	AÑO 11
COSTO DEL PROYECTO	729,512.79	657,593.19	585,673.59	513,753.99	441,834.39	369,914.79	297,995.19	226,074.59	154,152.99	82,230.39	10,306.79
INGRESO ANUAL	71,919.60	71,919.60	71,919.60	71,919.60	71,919.60	71,919.60	71,920.60	71,921.60	71,922.60	71,923.60	71,924.60
DIFERENCIAS ANUALES	657,593.19	585,673.59	513,753.99	441,834.39	369,914.79	297,995.19	226,074.59	154,152.99	82,230.39	10,306.79	(61,617.81)

Nota. Elaboración propia

En la tabla 35, al 90.02% de producción de electricidad, se muestra que en el inicio del onceavo año se tiene un costo del proyecto de \$10,306.79 dólares, al cual se le resta el ingreso, quedando \$61,617.81 dólares de retorno energético, manteniendo una utilidad hasta el año 20 de \$647,321.40 dólares por el mismo concepto.

Tabla 36

Ingresos por retorno de energía y recuperación de la inversión del 52.08%

SISTEMA FOTOVOLTAICO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	AÑO 11
COSTO DEL PROYECTO	447,432.89	405,822.89	364,212.89	322,602.89	280,992.89	239,382.89	197,772.89	156,161.89	114,549.89	72,936.89	31,322.89
INGRESO ANUAL	41,610.00	41,610.00	41,610.00	41,610.00	41,610.00	41,610.00	41,611.00	41,612.00	41,613.00	41,614.00	41,615.00
DIFERENCIAS ANUALES	405,822.89	364,212.89	322,602.89	280,992.89	239,382.89	197,772.89	156,161.89	114,549.89	72,936.89	31,322.89	(10,292.11)

Nota. Elaboración propia

Considerando el proyecto al 52.08%, en la tabla 36 se aprecia que al inicio del onceavo año se tiene un costo de \$31,322.89 dólares, con un margen de retorno energético al finalizar ese mismo año de \$10,292.11 dólares y una utilidad de \$374,535.00 dólares, por retorno energético.

Tabla 37

Ingresos por retorno de energía y recuperación de la inversión del 22.15%

SISTEMA FOTOVOLTAICO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10	AÑO 11	AÑO 12
COSTO DEL PROYECTO	202,553.12	184,857.92	167,162.72	149,467.52	131,772.32	114,077.12	96,381.92	78,685.72	60,988.52	43,290.32	25,591.12	7,890.92
INGRESO ANUAL	17,695.20	17,695.20	17,695.20	17,695.20	17,695.20	17,695.20	17,696.20	17,697.20	17,698.20	17,699.20	17,700.20	17,701.20
DIFERENCIAS ANUALES	184,857.92	167,162.72	149,467.52	131,772.32	114,077.12	96,381.92	78,685.72	60,988.52	43,290.32	25,591.12	7,890.92	(9,810.28)

Nota. Elaboración propia

En la muestra de la tabla 37, se aprecia que al inicio del doceavo año se tiene un costo del proyecto de \$7,890.92 dólares por lo que se tiene un año menos de retorno energético de \$9,810.28 dólares, restando solo ocho años de utilidad con un monto de \$141,609.60 dólares por retorno energético.

4.1.4.4 Cálculo del tiempo de recuperación de la inversión

De acuerdo a las proyecciones de generación de energía eléctrica, en los cuatro escenarios se observa que todos a excepción del proyecto al 22.15%, mantienen una recuperación por retorno de energía a partir del año 11, mientras que el último presenta una variación de \$194,647.20 dólares USD, con respecto al costo de la inversión de \$202,553 dólares USD, lo que representa que la recuperación será hasta el año 12 (tabla 37A).

En este sentido se puede manifestar que el proyecto al 90.02% presenta un retorno de energía por la cantidad de \$791,115.60 dólares USD, en comparación con el costo del proyecto que es de \$729,512.79 dólares USD, lo que se observa que se proyecta contar con una ganancia de \$61,602.81 dólares.

Así mismo en el proyecto al 55.08% presenta un retorno de energía por la cantidad de \$457,710 dólares USD, en comparación con el costo del proyecto que es de \$447,4323.89 dólares USD, lo que se observa que se proyecta contar con una ganancia de \$10,277.11 dólares.

Tabla 37A

Calculo de tiempo de recuperación de la inversión

% Proyecto	Costo de la inversión (\$USD)	\$ Energía anual producida	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Diferencias
100	872,579.96	79,891.20	79,891.20	159,782.40	239,673.60	319,564.80	399,456.00	479,347.20	559,238.40	639,129.60	719,020.80	798,912.00	878,803.20	6,223.24
90.02	729,512.79	71,919.60	71,919.60	143,839.20	215,758.80	287,678.40	359,598.00	431,517.60	503,437.20	575,356.80	647,276.40	719,196.00	791,115.60	61,602.81
52.08	447,432.89	41,610.00	41,610.00	83,220.00	124,830.00	166,440.00	208,050.00	249,660.00	291,270.00	332,880.00	374,490.00	416,100.00	457,710.00	10,277.11
22.15	202,553.12	17,695.20	17,695.20	35,390.40	53,085.60	70,780.80	88,476.00	106,171.20	123,866.40	141,561.60	159,256.80	176,952.00	194,647.20	(7,905.92)

Nota. Elaboración propia en base a las proyecciones de producción de electricidad del SF

4.1.4.5 Estimaciones de emisiones de CO².

En lo que respecta a las disminuciones del CO², con el escenario del 90.02% considerado como el ideal por tener la mejor rentabilidad de inversión, se dejaría de emitir la cantidad de 206,769.14 Kg al año, mientras que en el segundo escenario sugerido, del 52.08%, la proporción de emisiones sería de alrededor de los 121,277.61 Kg anuales.

Tabla 38

Proyección de cálculo de Kg de emisiones de Dióxido de Carbono (CO2) por total de KW consumidos

Concepto	Consumo diario	Consumo anual	Factor de emisiones (Kg de CO2 eq/Kwh)	Kg de CO2 diarios	Kg de CO2 anual	%	
Eléctricidad	968.00	353,373	0.65	Kg de CO2 eq/Kwh	629.20	229,692.45	100
	873.39	318,106	0.65	Kg de CO2 eq/Kwh	567.70	206,769.14	90.02
	801.50	186,581	0.65	Kg de CO2 eq/Kwh	520.98	121,277.61	52.8
	214.41	78,272	0.65	Kg de CO2 eq/Kwh	139.37	50,876.88	22.15

Nota. Elaboración propia, en base a la Fuente: 51. de cálculo de las emisiones de CO2. arboliza.es. Np. (2016)

Los valores expresados están considerados al consumo medio diario y anual total de KWh

Conclusiones

Ante la creciente demanda, se utilizan en primer lugar los combustibles fósiles para seguir abasteciendo la electricidad, pero estos ocasionan externalidades negativas al emitir gases de efecto invernadero (GEI), perjudicando tanto al ser humano como al medio ambiente. Frente a este problema, una alternativa es la captura y aprovechamiento de las energías renovables para la generación de energía eléctrica¹⁰.

La utilización de fuentes renovables para la generación mundial de electricidad podría aumentar en un 52% para el 2040; en la Unión Europea y China sólo crecerá en un 30%, mientras que en Estados Unidos y Japón crecerá en un 25%.

En lo que respecta a México, con base en las estadísticas de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), en el año 2014 el consumo doméstico alcanzó los 41,676 MMW/h (miles de millones de watts/hora), mientras que en 2015 se incrementó a 43,453 MMW/h; ante este panorama, los pronósticos de demanda de energía aumentarán.

En el presente trabajo se utilizaron el método descriptivo y el método de análisis para lograr especificar el objeto de estudio en la situación concreta de la investigación, señalando las características principales del diagnóstico y tratando de hacer un acercamiento a la situación por la que atraviesa el sector eléctrico. Se buscó información sobre el diseño de un Sistema Fotovoltaico (SF) para describir la estructura de sus fenómenos, su dinámica e identificar los aspectos más relevantes.

Para lo anterior, se realizó un análisis de los flujos de inversión utilizando diferentes escenarios, consultando bases de datos en las páginas de internet de la EIA, del Banco Mundial (BM), del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), recibos de consumo de electricidad del Laboratorio Estatal de Salud Pública de Michoacán (LESPM), datos estadísticos de la CFE, de fuentes bibliográficas, de libros electrónicos y tesis de Maestría, para así diseñar el estudio de factibilidad.

¹⁰ Esta información se obtuvo de: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2015ES_SPANISH.pdf, el día 20 de junio de 2016

La necesidad de desarrollar este tipo de proyectos en las instituciones públicas promueve el cuidado del medio ambiente, principalmente con la reducción del efecto invernadero y la emisión de gases, así como con la reducción de la quema de los hidrocarburos para la generación de energía eléctrica.

Si se mantienen las condiciones del consumo de electricidad en el LESPM y si el SF es interconectado a la red de CFE se tendrá una eficiencia y un ahorro energético a través del uso de fuentes renovables que contribuirán no sólo a mejorar las condiciones de la misma Secretaría de Salud, sino también de la región de Morelia, para que posteriormente se pueda hacer de forma extensiva en todo el estado de Michoacán.

Valorando todo lo anterior y considerando las preguntas de investigación, se concluye lo siguiente:

1. Que el beneficio que ofrece el estudio de factibilidad es conocer el SF, sus dimensiones, su capacidad de generación de energía eléctrica, su forma de operación e instalación y los flujos de inversión.
2. Que la capacidad de generación de electricidad dependerá de la cantidad de paneles solares que se requieran, teniendo que al 90.02% de capacidad de autogeneración se obtendrían 719,196 KW anuales, y al 52.08%, 416,100 KW anuales.
3. Que los escenarios óptimos de acuerdo al estudio planteado son al 90.02% y al 52.08% de capacidad de autogeneración eléctrica.
4. Que el escenario al 100% representa contar con una recuperación de inversión proyectada inferior al de los dos escenarios óptimos.
5. Que el escenario al 22.15% sobre pasa las proyecciones, manifestando una recuperación un año después que los escenarios propuesto, lo que viene a repercutir con el tiempo de recuperación de la inversión.

De acuerdo con las anteriores consideraciones se responde también la hipótesis planteada, ya que al aprovecharse la radiación solar a partir del uso de un SF, se

obtiene un beneficio económico y además se obtiene un cálculo de disminución de CO².

De esta forma, se cumple el objetivo general planteado en el estudio de factibilidad para el LESPM, utilizando la radiación solar como una alternativa de generación de electricidad que permita la viabilidad de la implementación de un SF.

Asimismo se alcanzaron los objetivos específicos, ya que: se realizó un análisis comparativo entre las dos fuentes de energía (convencional y fotovoltaica); se elaboró una propuesta con la realización de cálculos que llevaron a una evaluación económica mediante los flujos de inversión desarrollando el análisis comparativo; se estableció una conclusión y la recomendación de tener una propuesta alternativa de reducción de consumos de electricidad así como contar con un margen de ahorro.

Se debe considerar el aspecto ambiental, el cual se calcula dejar de emitir de 121,277.61 Kg anuales de CO² en el proyecto al 52.08% a 206,769.14 Kg de CO² en el 90.02%. En el aspecto social, el beneficio es amplio porque promueve el consumo de energías renovables.

Considerando el estudio realizado y para una mejor aplicación de los recursos, se recomienda gestionar ante el gobierno estatal un presupuesto de inversión por los \$729,512.79 dólares ya que el ingreso por retorno energético es de aproximadamente de \$71,919.60 dólares, pues durante los 20 años del ciclo de vida del SF se calcula obtener \$1,438,392.00 dólares; sólo así se puede cumplir el objetivo del proyecto, que es satisfacer la demanda de electricidad en forma renovable con el aprovechamiento de radiación solar.

En lo que respecta a los apoyos financiados por parte de FIDE, este no se puede solicitar y llevar a cabo porque este organismo solo favorece a industrias o empresas que les pueda garantizar la recuperación de los préstamos a proyectos verdes.

Bibliografía

Agencia Estatal de Meteorología, (2016). *La Radiación Solar*. España: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

Agredano, J. et al. (2016). *Especificaciones Técnicas para sistemas fotovoltaicos de iluminación domestica rural. Unidad De Electrificación* (Edición Revisada). Recuperado el 20 de Mayo de 2016, de: http://www.catalogosolar.mx/download/especificacion_SFV.pdf

Agredano, J., Munguía, G., Huacuz, J. & Flores, R. (2016). *Especificaciones Técnicas para sistemas fotovoltaicos de iluminación domestica rural. Unidad De Electrificación* (Edición Revisada). Recuperado el 20 de Mayo de 2016, de: http://www.catalogosolar.mx/download/especificacion_SFV.pdf

Alonso, J. (2016). *Manual De Cálculo De Sistemas Fovovoltaicos Aislados/Autónomos. Sfe-solar*. Recuperado el 22 de Septiembre de 2016, de: https://www.sfe-solar.com/wp-content/uploads/2011/08/Sunfields_Manual-Calculo_Fotovoltaiica_Autonomas.pdf

arboliza.es. (2013). Calculadora de CO2. Recuperado el 20 de Mayo de 2016, de: <http://arboliza.es/compensar-co2/calculo-co2.html>

Artacho, A. (2015). *Regla de tres. Matemáticas cercanas*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2016, de: <http://matematicascercanas.com/2015/08/25/regla-de-tres/>

bancomundial.org. (2016). Consumo de energía eléctrica (kWh per cápita). Recuperado el 30 de Julio de 2016, de: <http://datos.bancomundial.org/indicador/EG.USE.ELEC.KH.PC?end=2013&start=2000&view=chart>

Behar, D. (2008). *Metodología de la Investigación* (1st ed.). Shalom. S/C. Recuperado el 20 de Mayo de 2016, de: <http://www.trabajosocialbadajoz.es>

Blanco, F. y López, A. (2009). *Estudio de viabilidad de una instalación fotovoltaica de coste 50.000 euros en España*. Universidad de Santiago de Compostela-Universidad Católica de Ávila. Pecunia, versión electrónica 9: pp. 28-30. Recuperado el 25 de Julio de 2016, de: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3318347.pdf>

BP Energy Outlook. (2016). *Transición a un futuro bajo en carbono*. BP Energy Outlook 2035. Recuperado el 25 de Junio de 2016, de: http://www.bp.com/es_es/spain/conozca-bp/informes-y-publicaciones/bp-energy-outlook.html

Bunge, M. (2004). *La Investigación Científica: Su estrategia y su filosofía*. México: Siglo veintiuno.

Cabello, A. (2006). *Energías alternativas. Solución para el desarrollo sustentable*. Argentina: Refinor. Recuperado el 09 de Julio de 2016, de: http://dspace.usalca.cl/bitstream/1950/3467/2/cabello_quinones_am.pdf

caf.com. (2016). La energía geotérmica en América Latina: en su etapa de inicio. Recuperado el 21 Septiembre de 2016, de: <https://www.caf.com/es/actualidad/noticias/2016/03/la-energia-geotermica-en-america-latina-en-su-etapa-de-inicio/?parent=14092>

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (29 de diciembre de 1976). Ley orgánica de la Administración Pública Federal. DO: [Diario Oficial de la Federación] Recuperado el 25 de Marzo de 2016 de: <http://sre.gob.mx/component/phocadownload/category/2-marco-normativo?download=5:ley-organica-de-la-administracion-publica-federal> (p.23)

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión (12 de enero del 2012). Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética. [Diario Oficial de la Federación] Recuperado el 25 de Marzo del 2016 de: http://www.senado.gob.mx/comisiones/energia/docs/marco_LAERFTE.pdf

Carpintero, O. (2007). La apropiación humana de producción primaria neta (AHPPN) como aproximación al metabolismo económico, *Revista científica y técnica ecológica y medio ambiente*, 3, 11.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos [Const.]. (1917). Recuperado el 5 de Septiembre de 2016 de: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/htm/1.htm> (p.24-27)

Domínguez, H. (2012). *Diseño de un Sistema Fotovoltaico para la Generación de Energía Eléctrica en el COBAEV 35 Xalapa*. (tesis de maestría). Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica-Universidad Veracruzana. Veracruz, México.

econotecnia.com. (2016). Radiación solar. Recuperado el 26 de Septiembre de 2016, de: <http://econotecnia.com/radiacion-solar.html>

econotecnia.com. (2016). Sistema Autónomo Econotecnia. Recuperado el 22 de Septiembre de 2016, de: <http://www.econotecnia.com/sistema-solar-autonomo.html>

energynews.es. (2013). IRENA, la Agencia Internacional de Energías Renovables, apuesta por el sector en España. Recuperado el 26 de Agosto de 2016, de: <http://www.energynews.es/irena-la-agencia-internacional-de-energias-renovables-apuesta-por-el-sector-en-espana/>

Escalante, C. (2016). *El Tamaño de una Muestra en un estudio de Prevalencia* [www.dialnet.unirioja.es] Recuperado el 16 Septiembre de 2016, de: <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/5599214.pdf>

Escuela Politécnica de Catalunya. (2010). *Memoria Técnica. Instalación Solar Fotovoltaica Conectada A Red*. Recuperado el 30 de Septiembre de 2016, de: <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/7170/MEMORIA%20TECNICA.pdf>

ewind.com. (2016). *Agencia Internacional de Energía (IEA): las energías renovables (eólica, fotovoltaica y termosolar) serán la segunda fuente en 2016*. REVE – Revista Eólica y del Vehículo Eléctrico. Versión electrónica, recuperado el 7 de Septiembre de 2016, de: <http://www.ewind.com/2013/06/27/agencia-internacional-de-energia-IEA-las-energias-renovables-eolica-fotovoltaica-y-termosolar-seran-la-segunda-fuente-en-2016/>

fao.org. (s.f.). *Oferta y demanda de energía: tendencias y perspectivas*. Versión electrónica, pp. 9-10. Recuperado el 28 de Julio de 2016, de: <http://ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/i0139s/i0139s03.pdf>

fao.org. (2016). *La Bioenergía y los Biocombustibles*. [www.fao.org] Recuperado el 29 Agosto de 2016, de: <http://www.fao.org/3/a-ar589s.pdf>

Feijoo, J. (2009). *Proyecto de Implementación de Paneles Solares en Haciendas alejadas de la fuente de energía convencional. Caso: Hacienda “El Vado”*. Tecnológica de la Escuela Superior Politécnica del Litoral. Centro de Investigación Científica y Tecnológica, p.29. Recuperado el 29 de Agosto de 2016, de: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10352/1/D-42260.pdf>

Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica. (2012). *Objetivos estratégicos*. FIDE. Recuperado el 13 de Julio de 2016, de: http://www.fide.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=123&Itemid=21

2

globalbionergy.org. (2011). *The Global Bioenergy Partnership Sustainability Indicators for Bioenergy*. Recuperado el 19 de Septiembre de 2016, de:

http://www.globalbioenergy.org/fileadmin/user_upload/gbep/docs/Indicators/GBEP_Report-traducci%C3%B3n_espa%C3%B1ol.pdf

Gobierno de la República. (2013). Estrategia nacional de energía 2013-2027. Recuperado el 10 de Febrero de 2016, de: <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=37957550> (p. 3).

Gobierno de la República. (2016). Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. DO: [Diario Oficial de la Federación]. Recuperado el 25 de Marzo de 2016, de: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5299465 (p.77-137)

Gobierno de la República. (2016). Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2014-2018. DO: [Diario Oficial de la Federación]. Recuperado el 25 de Marzo de 2016, de: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342503&fecha=28/04/2014 (p.2-3)

González, J. (2009). *Energías Renovables*. Barcelona: Reverte.

Gregori, J. (2009). *Estudio de Viabilidad de los Paneles de Energía Solar como Fuente de Ingresos para las Empresas de los Polígonos Industriales de Gandía*. (pp. 13,14 y17). Recuperado el 7 de Agosto de 2016, de: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/33934/PFC.pdf?sequence=1>

Hernández, L. (2007). *Energía, energía fotovoltaica y celdas solares de alta eficiencia*. Revista Digital Universitaria-UNAM. Recuperado el 1 de Agosto de 2016, de: <http://www.revista.unam.mx/vol.8/num12/art89/int89.htm>

Instituto de Energías Renovables. (2010). *Cuadros estadísticos. Prospectivas del petróleo crudo 2010-2025*. Universidad Nacional Autónoma de México. Versión electrónica. Recuperado el 25 de Junio de 2016, de: www.cie.unam.mx/.../CuadrosEstadisticosProspectivaPetroleoCrudo2010-2025.xls

International Energy Agency. (2015). Resumen ejecutivo. World Energy Outlook. IEA. Versión electrónica, recuperado el 20 de Junio de 2016, de: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2015ES_SPANISH.pdf

International Energy Agency. (2016). Renewable energy continuing to increase market share. IEA. Versión electrónica. Recuperado el 1 de Agosto de 2016, de: <http://www.iea.org/newsroomandevents/news/2016/july/renewable-energy-continuing-to-increase-market-share.html>

Irastorza, V. y Fernández X. (2010). *Balance nacional de energía y su relación con el inventario nacional de emisiones*. Revista Realidad, Datos y Espacio. Revista Internacional de Estadística y Geografía. Versión electrónica. Recuperado el 13 de Julio de 2016, de: http://www.inegi.org.mx/RDE/rde_01/rde_01_art6.html

Jiménez, A. y Olson, K. (1998). *Energía Renovable para Centros de Salud Rurales*. 1st ed. Versión electrónica. Washington, D.C.: Departamento de Energía de EE.UU, p.14. Recuperado el 9 de Julio de 2016 de: <http://www.nrel.gov/docs/fy99osti/26224.pdf>

Laboratorio Estatal de Salud Pública de Michoacán. (2016). ¿Quiénes Somos? Recuperado el 20 de Septiembre de 2016, de: <http://www.LESPMich.jimdo.com>

Laboratorio Estatal de Salud Pública De Michoacán. (2016). Salud Michoacán. Misión, visión, valores y políticas de calidad del. Presentación en web. Recuperado el 8 de Agosto de 2016, de: <http://salud.michoacan.gob.mx/laboratorio-estatal/>

Masera, O. et al. (2011). *La Bioenergía en México. Situación actual y perspectivas*. Cuadernos Temáticos Sobre Bioenergía, (4), 5. (p.7). Recuperado el 21 de Septiembre de 2016, de: <http://rembio.org.mx/wp-content/uploads/2014/12/CT4.pdf>

Mapa Google. (2016). Coordenadas-gps. Recuperado el 27 de Septiembre de: 2016, de: <http://www.coordenadas-gps.com/>

ONU. (1992). Declaración de Río Sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Recuperado el 25 de Septiembre de 2016, de: <http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/documents/declaracionrio.htm>

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, et al. (s/f) *Desarrollo de la Energía para satisfacer la necesidad del desarrollo*. Organización de las Naciones Unidas. Parte III. pp. 250-251. Recuperado el 27 de Mayo de 2016 de: http://webworld.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr1/pdf/chap10_es.pdf

Page Polo, David. (2013). *El nuevo mapa de los gigantes del petróleo y gas*. [expansión.com] Recuperado el 26 de Junio de 2016, de: <http://www.expansion.com/2013/06/25/empresas/energia/1372172739.html#>

Preciopetroleo.com. (2016). Bienvenidos al Precio del Petróleo. Versión electrónica. Recuperado el 25 de Junio de 2016, de: <http://www.preciopetroleo.net>

renovablesverdes.com. (2011). Orígenes e historia de la energía solar fotovoltaica. Versión electrónica. Recuperado el 06 de Septiembre de 2016, de: <http://www.renovablesverdes.com/origenes-e-historia-de-la-energia-solar-fotovoltaica/>

Rosell, M. (2008). *Proyecto de Construcción e Instalación de una Planta Solar Fotovoltaica conectada a la Red de 113.4 KWp en LLeida* (1st ed., pp. 27-30). Catalunya: Ingeniería Alternativa Energética 300. Recuperado el 30 de Septiembre de 2016, de: http://www.paeria.es/informacio-urbanistica/expedients_posteriors/documents/0272008gppe/01.MEMORIES/11.MEM/Memoria.pdf

Secretaría de Energía. (2013). Prospectivas del Sector Eléctrico 2013-2027. México, D.F.: Talleres de la Secretaría de Energía. Versión electrónica. Recuperado el 13 de Julio de 2016, de:

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62949/Prospectiva_del_Sector_Elctrico_2013-2027.pdf

Secretaría de Energía. (2014). Estrategia Nacional de Energía 2014-2028. Recuperado el 25 de Marzo de 2016, de:

<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/214/ENE.pdf>

Secretaría de Energía. (2015). Prospectivas de Energías Renovables 2015-2029. México, D.F.: Gobierno de México. Versión electrónica. Recuperado el 28 de Julio de 2016, de:

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/44324/Prospectiva_Energias_Renovables_2015_-_2029_VF_22.12.15.pdf (pp.50-51)

Secretaría de Energía, (2015). Prospectivas de Petróleo crudo y Petrolíferos 2015-2029. México, D.F.: Gobierno Federal.

Secretaría de Energía. (2016). Prospectivas del Sector Eléctrico 2014-2028. México, D.F.: Talleres de la Secretaría de Energía. Versión electrónica. Recuperado el 13 de Julio de 2016, de:

http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62947/Sector_Elctrico_2014-2028.pdf

Secretaría de Energía. (2016). Sector Eléctrico Nacional. Subsecretaría de Electricidad. Versión electrónica. Recuperado el 13 de Julio de 2016, de:

<http://egob2.energia.gob.mx/portal/electricidad.html>

Secretaría de Salud. (2012). Manual de organización general de la Secretaría de Salud. México, D.F.: Diario Oficial de la Federación, recuperado el 25 de Septiembre de 2016, de: www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regla/n236.doc

Secretaría de Salud. (2016). Secretaría De Salud-Historia; recuperado el 20 de Septiembre de 2016, de: www.salud.michoacan.gob.mx/historia

senado.gob.mx. (2016). Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética. Versión electrónica. Recuperado el 25 de Marzo de 2016, de:

http://www.senado.gob.mx/comisiones/energia/docs/marco_LAERFTE.pdf (p.1-7)

sitiosolar.com. (2016). La historia de la energía solar fotovoltaica | sitiosolar. Versión electrónica. Recuperado el 6 de Septiembre de 2016, de: <http://www.sitiosolar.com/la-historia-de-la-energia-solar-fotovoltaica/>

U.S. Energy Information Administration. (2016). Today in Energy. Independent Statistics & Analysis. Versión electrónica. Recuperado el 13 de Julio de 2016, de: <http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=26712>

United Nations-Environment Programme. (2016). Climate Change-Success Stories-The Accelerated Path To Energy Efficiency Dublin. *Unep.org*. N.p., 2016. Recuperado el 27 de Mayo de 2016, de:

<http://www.unep.org/climatechange/SGSummit2014/Stories/TheacceleratedpathtoenergyefficiencyDublin/tabid/794350/Default.aspx>

Vega, J. y Ramírez, S. (2014). *Fuentes de Energías Renovables y no Renovables*. México: Alfaomega.

wwindea.org. (2016). WWEA Bulletin Issue, Small Wind Special. Recuperado el 21 de Septiembre del 2016, de: <http://www.wwindea.org/wwea-bulletin-issue-2-2016-small-wind-special/>