

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA



**“PROYECTO FEL I SOBRE LA FACTIBILIDAD DE UNA TECNOLOGÍA
SUSTENTABLE PARA SATISFACER EL REQUERIMIENTO ENERGÉTICO EN
LA FIQ DE LA BUAP”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MAESTRO EN INGENIERÍA QUÍMICA

PRESENTA

I.Q. EDGAR CARMONA CUEVAS

H. PUEBLA DE Z., PUEBLA, MÉXICO

2016



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA QUÍMICA



ACTA DE REVISIÓN, LIBERACIÓN E IMPRESIÓN DE TESIS

Nombre del estudiante: EDGAR CARMONA CUEVAS

Matrícula: 213471022

Nombre del asesor: DANIEL CRUZ GONZÁLEZ

Nombre del coasesor: CELSO MOISÉS BAUTISTA RODRÍGUEZ

Título de la Tesis:

"PROYECTO FEL I SOBRE LA FACTIBILIDAD DE UNA TECNOLOGÍA SUSTENTABLE PARA SATISFACER EL REQUERIMIENTO ENERGÉTICO EN LA FIQ DE LA BUAP"

Comisión Revisora:

Presidente: J. Elías Jiménez Salgado

Secretario(a): Juan Carlos Pichardo Macías

Vocal (1): Daniel Cruz González

Vocal (2): Celso M. Bautista Rodríguez

Firma: 

Firma: _____

Firma: 

Firma: 

Los integrantes de la Comisión Revisora expresamos que hemos leído y revisado el manuscrito de la tesis de maestría que presenta el (la) estudiante arriba indicado, por lo que **estamos de acuerdo en que se proceda con la impresión definitiva de la tesis y que el (la) estudiante presente su defensa y examen de grado en la fecha, horario y lugar que se indican a continuación.**

Fecha de examen: _____ Hora: _____

Día de la semana: _____ Lugar: _____

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo no se habría podido realizar sin la colaboración de muchas personas e instituciones que me han brindado su ayuda, conocimiento y apoyo en general. En esta sección quiero agradecerles a todos ellos.

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla por su apoyo y patrocinio para la realización de este proyecto de tesis.

A mí director de tesis el Dr. Celso Moisés Bautista Rodríguez por haber creído en este proyecto y cuya orientación, soporte y discusión crítica hizo posible alinear el trabajo realizado.

A mí asesor el Dr. Daniel Cruz González por su disposición de aclarar mis dudas, por sus invaluable contribuciones y consejos a lo largo del posgrado.

Agradezco a la Dirección General de Obras (DGO) por su amable y atenta colaboración al proporcionarnos información relevante para el proyecto.

Mi más sincero agradecimiento al Dr. Álvaro Sampieri Croda por su constante apoyo, consejo y paciencia desde mis primeros pasos por la institución.

A mis compañeras y compañeros de posgrado, en especial a las ingenieras Mariana López, Erika Rivera, Patricia Flores y a los ingenieros Alfonso Mata, Rogelio Flores, José Muñoz, Rogelio Fortunio y Víctor Ruiz los cuales me brindaron su simpatía y amistad a lo largo del posgrado.

Finalmente agradezco a mi padre Humberto, a mi madre Manuela, a mi hermana Daniela y a mis hermanos Humberto y Alejandro, los cuales me han apoyado directa e indirectamente a lo largo de todos los proyectos que he emprendido.

Muchas gracias a todos.

ÍNDICE

	Página
CAPÍTULO I. Introducción	
Producción energética y cambio climático.....	1
<i>Producción y recursos energéticos mundiales</i>	
<i>Costos y consumos de producción</i>	
<i>Energía y cambio climático</i>	
Tendencia mundial sobre la generación de energía.....	13
<i>La tendencia en África, América, Asia, Europa y Oceanía</i>	
Energía y sustentabilidad	18
<i>Energía, productividad y cambio climático</i>	
<i>Sustentabilidad, conceptos y definiciones</i>	
<i>Producción de energía sustentable</i>	
CAPÍTULO II. Planteamiento del problema	
Producción de energía en México.....	22
<i>Producción en México</i>	
<i>Tecnologías aplicadas en México para la generación de energía</i>	
<i>Costos de instalación, operación y venta de electricidad en México</i>	
La reforma energética en México.....	39
<i>Principales características de la reforma energética</i>	
<i>La participación de energías renovables en el sector energético nacional</i>	
<i>Proyectos de generación de energía a partir de la reforma energética</i>	
Condiciones de suministro energético en la facultad de ingeniería química..	47
de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla	
<i>Sobre el consumo de energía en la facultad</i>	
<i>Distribución de la red de suministro de energía</i>	
<i>Principales centros de consumo</i>	
Prospectiva del requerimiento energético en la facultad de ingeniería.....	52
química de la BUAP	
<i>Sobre el requerimiento actual y a 20 años</i>	
<i>Propuesta tecnológica sustentable en la facultad de ingeniería química</i>	

CAPÍTULO III. Marco teórico

Ingeniería y administración de proyectos.....	54
<i>Definición de proyectos y sus etapas</i>	
<i>Tópicos de administración de proyectos</i>	
<i>Ingeniería de proyectos</i>	
Fundamentos <i>Front End Loading</i>	59
<i>Definición y clasificación</i>	
<i>Aplicaciones y beneficios</i>	
Sustentabilidad y factibilidad de proyectos.....	65
<i>Proyectos de sustentabilidad</i>	
<i>Conceptos y definiciones de la factibilidad</i>	
<i>El estudio de factibilidad en los proyectos</i>	
Propuesta sustentable para el suministro energético en la FIQ-BUAP.....	68
<i>Definición y clasificación de las energías renovables</i>	
<i>Sobre la evaluación de recursos renovables y selección de tecnología</i>	
<i>Espacios y tópicos de rentabilidad</i>	
<i>Sobre el financiamiento y normatividad en proyectos de energías renovables</i>	
CAPÍTULO IV. Resultados y discusión	
Estimación del requerimiento energético en la FIQ de la BUAP.....	92
<i>Resultado del estimado energético actual</i>	
<i>Resultado energético a 20 años</i>	
Aplicación FEL I.....	97
<i>Selección de tecnología</i>	
<i>Análisis técnico – económico</i>	
<i>Selección del equipo de proyecto</i>	
Factibilidad del proyecto en la FIQ de la BUAP.....	111
<i>Resultado del estudio</i>	
<i>Previsión para un nuevo planteamiento del proyecto</i>	
<i>Propuesta para el financiamiento</i>	
Conclusiones	119
Recomendaciones	121
Referencias	122
Anexos	131

La tarea no consiste en ver lo que nadie ha visto todavía, sino en pensar lo que nadie ha pensado todavía acerca de aquello que todos ven.

Arthur Schopenhauer.

CAPÍTULO I

PRODUCCIÓN DE ENERGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

PRODUCCIÓN Y RECURSOS ENERGÉTICOS MUNDIALES // COSTOS Y CONSUMOS DE
PRODUCCIÓN // ENERGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

La búsqueda de la energía ilimitada ha sido por años uno de los objetivos de la humanidad, ha creado y destruido fortunas, levantado y arrasado naciones, y ha transformado por completo la forma en que los seres humanos viven. El consumo energético va de la mano con los avances tecnológicos y por ende con la constante evolución de la civilización. Desde aquellos antepasados que descubrieron el fuego y que a través del consumo de la madera y el carbón vegetal dieron pie a las eras de los metales (cobre, bronce y hierro), periodos que se caracterizan por una deforestación y erosión significativa, pasando por Simon Stevin (1548 – 1620) matemático, ingeniero militar e hidráulico belga que, a través de la tecnología de los molinos de viento fomentó a los Países Bajos a crear el primer banco central y la primera bolsa de valores del mundo; seguido por los británicos James Watt (1736 – 1819) y Richard Trevithick (1771 – 1833) con sus máquinas de vapor impulsadas por carbón mineral que dieron pie a la revolución industrial, hasta uno de los más grandes descubrimientos tecnológicos a manos del italiano Alessandro Volta (1745 – 1827), la pila voltaica, la cual abrió el panorama energético y generó un gran interés en los conceptos de electricidad y magnetismo que, el británico Michael Faraday (1791 – 1867) llevó a la práctica con la invención del primer motor eléctrico (Cook, 2010).

Uno de los inventos que más llamó la atención del mundo fue el bombillo y la electricidad que lo alimentaba. Bajo el patrocinio de J.P. Morgan (1837 – 1913), Thomas A. Edison (1847 - 1931) comenzó la carrera por electrificar Estados Unidos de Norte América (EUA) y el mundo, carrera que ganó George Westinghouse (1846 – 1914) y Nikola Tesla (1856 – 1943) con su corriente alterna. Mientras que John D. Rockefeller (1839 – 1937) y su *Standard Oil* revolucionaron la industria de los combustibles líquidos a través de la comercialización de la gasolina y el uso del motor de combustión interna.

La invención del automóvil expandió el consumo energético en forma de combustibles para el transporte, en donde Henry Ford (1863 – 1947) y su Modelo T, con sus técnicas de producción, cambiaron la cara de la manufactura y el consumismo a gran escala de todo tipo de productos que conllevó a una gran necesidad de energía. Las grandes compañías como la norteamericana *General Electric Company* empezaron a mover la industria eléctrica y la *Standard Oil* a la industria petroquímica que se encontraba estrechamente relacionada (Cook, 2010).

El petróleo modernizó la automatización y veía su auge en EUA que se encontraba unos pasos delante de sus competidores europeos y del resto del mundo, con la aceleración de la globalización industrial el “oro negro” vio nacer a grandes empresas como la angloholandesa *Royal Dutch Shell* y la anglopersiana *British Petroleum*. Los grandes yacimientos de oriente medio y la cada vez más importante industria del transporte hicieron que en el siglo XX el petróleo se convirtiera en un recurso estratégico, la primera guerra mundial (1914 – 1918) demostró este hecho y las llamadas “siete hermanas”, cinco norteamericanas y dos inglesas (*Shell, British Petroleum, Esso, Chevron, Texaco, Mobil y Gulf*), acapararon el mercado global e influían en todos aquellos países que les autorizaban la concesión de explotar sus recursos petroleros a cambio de una muy pequeña aportación económica. México fue pionero en hacerles frente a las grandes industrias petroleras y el 18 de Marzo de 1938 el presidente Lázaro Cárdenas (1895 – 1970) decretó la nacionalización de las diecisiete empresas angloamericanas que controlaban toda la industria petrolera en México, sustituyéndolas por Petróleos Mexicanos (PEMEX).

Entrado los años 30's el fascismo ascendía en el poder de algunos países europeos y la estrategia de las grandes potencias apuntaba al acaparamiento de todo tipo de recursos y en especial, recursos energéticos como el petróleo. La segunda guerra mundial (1939 – 1945) estalló y los yacimientos petroleros de todo el mundo eran el blanco estratégico de las potencias en combate; en 1941 la política de neutralidad de EUA se desmembró al ser atacado por el imperio japonés debido a que los norteamericanos cortaron su suministro de combustible. Después de la guerra el petróleo se convirtió en el recurso energético más importante dejando al carbón en un segundo plano (Cook, 2010).

A comienzos del siglo XX el descubrimiento de un nuevo elemento químico asombró a la humanidad, el elemento químico denominado “radio”. La forma en que este elemento se comportaba hacia parecer que creaba energía de la nada y las “misteriosas propiedades” de este alimentaban la imaginación de las personas. Fue hasta que Marie Curie (1867 – 1934) y Pierre

Curie (1859 – 1906) aislaron por primera vez el elemento radio cuando se empezaron a dar cuenta de su asombroso potencial para la generación de energía. Los científicos no podían explicar de dónde esta pequeña cantidad de materia generaba tanta energía, pero Albert Einstein (1879 – 1955) veía las cosas de forma muy diferente, su teoría de la relatividad y su ecuación que la describía, mostró que había una simetría entre energía y materia, es decir, la energía que el Ra emitía no provenía de la “nada” sino de la masa misma del elemento, este concepto llevaría eventualmente al surgimiento de la tecnología nuclear a base de otros elementos radioactivos como el uranio (Cook, 2010).

En 1945 la segunda guerra mundial se encontraba en declive, Alemania se había rendido y las fuerzas del eje prácticamente se encontraban destrozadas, pero Japón seguía luchando. EUA estaba a la vanguardia en la investigación y desarrollo de tecnología nuclear y en agosto de ese año se puso punto final a la guerra al lanzar dos bombas atómicas en Hiroshima y Nagasaki, se estima que las bombas mataron al instante a más de 200,000 personas y otra gran cantidad murieron debido a lesiones o enfermedades atribuidas al envenenamiento por radiación. El mundo se horrorizó del poder y consecuencias que este tipo de energía puede provocar pero, entrados los años 50's la emoción por la energía nuclear se veía más allá que las tecnologías bélicas, se empezaron a diseñar los primeros reactores nucleares pensando que esta asombrosa y nueva forma de generar energía eliminaría de una vez y para siempre las tecnologías a base de combustibles fósiles.

En 1955 el primer reactor del mundo no bélico comenzó a realizar pruebas para el suministro de energía en una pequeña ciudad de Idaho, EUA; la era nuclear parecía despuntar, sin embargo en 1979 un incidente en una central nuclear de Pennsylvania, EUA, provocó que pequeñas cantidades de desechos radiactivos se emitieran al exterior, esto desató el temor público a todo lo relacionado con la energía nuclear y en 1986 dicho temor quedó justificado en Ucrania al explotar el reactor de la central de Chernóbil en una prueba rutinaria, gran cantidad de personas murieron debido al contacto directo o indirecto con la radiación, y a más de veintiocho años del suceso el reactor sigue emitiendo radiación y la actual ciudad abandonada de Chernóbil dejó una enorme marca en la humanidad y una justificada desconfianza en este tipo de energía (Oteen, 2012).

En 2011 nuevamente Japón fue azotado por el temor nuclear; un terremoto de 9.0 puntos en la escala de *Ritcher* provocó un tsunami que desafortunadamente mató a más de 20,000 personas y

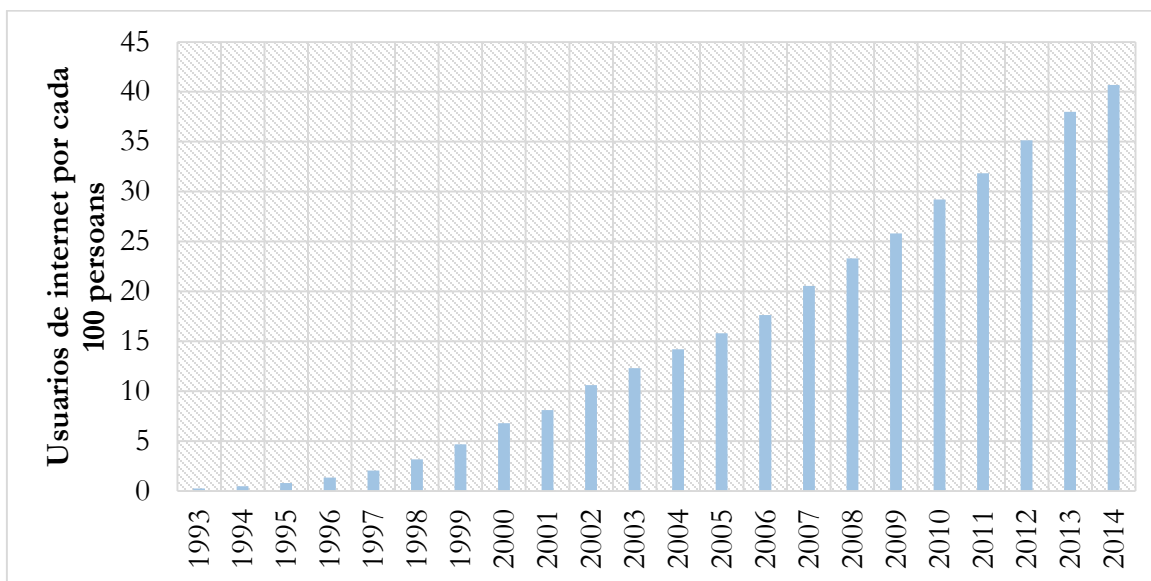
descontroló a la planta de energía nuclear de Fukushima Daiichi al crear un fallo del sistema de refrigeración de los reactores provocando emisiones de gases radiactivos al exterior, la cifra total de personas afectadas directamente por el incidente en la central fue de veintitrés heridos y más de veinte afectados por la contaminación radiactiva, sin incluir las afecciones en la vida vegetal y animal tanto terrestre como marina (Godoy 2011). Este tipo de incidentes ha ensombrecido a la energía nuclear como la esperanza a la alternativa de los combustibles fósiles y más por su escasa sustentabilidad provocada por los desechos nucleares, una realidad que se encuentra enterrada o almacenada en contenedores de todo el mundo, cuyas fugas o filtraciones a las aguas subterráneas son latentes y reales.

Por otra parte a finales del siglo XX una gran cantidad de sucesos se encontraban forjando el nuevo panorama mundial y entre todos ellos estaba un avance tecnológico utilizado en la segunda guerra mundial y afinada en los años posteriores, la electrónica. El circuito integrado, microchip o simplemente chip, una tecnología a base de silicio con transistores interconectados se encontraba a la vanguardia tecnológica, en 1965 solo se podían colocar entre diez y quince componentes electrónicos en un trozo de silicio pero, conforme la tecnología fue avanzando, esta cantidad se ha ido incrementando considerablemente (actualmente caben millones) bajo la llamada “Ley de Moore” (Moore,1965) publicada en un artículo de *Electronics Magazine* el 19 de abril de 1965 por el norteamericano Gordon E. Moore cofundador de *Intel*, la cual en realidad es una observación empírica en la que Moore afirma que aproximadamente cada 18 meses se duplica el número de transistores en un circuito integrado en relación al costo de sus componentes, por lo que el rendimiento se duplica mientras el precio permanece estable, sin embargo en 1975 modificó su propia “ley” afirmando que la capacidad de integración se duplicaría cada 24 meses. El chip dio pie al gran desarrollo de las computadoras y en los años 70’s llegaron al mercado las primeras computadoras personales. *IBM, Fairchild, Hewlett-Packard, Xerox PARC, Intel, Apple, Adobe, Sun* y *Cisco* nacieron bajo esta nueva “burbuja”. Las computadoras han modificado la manera en que los seres humanos trabajan, se comunican, se entretienen y desarrollan sus vidas. El cambio tecnológico, después del chip, fue considerablemente rápido y generó un nuevo mercado electrónico y una nueva forma de vida en donde lo grande y obsoleto dio pie a lo pequeño e “inteligente”.

En los años 90’s sale a la luz pública “la Internet”, una forma de conectar pequeñas redes de computadoras a otras mayores y finalmente a una central en donde se puede compartir todo tipo

de información. La nueva “burbuja” ahora se encontraba en los servidores y navegadores web y el uso de internet se propagó rápidamente en el mundo (véase gráfica 1.1.1) dando pie a la llamada “tercera revolución industrial”.

Gráfica 1.1.1. Usuarios de internet en el mundo (por cada 100 personas).



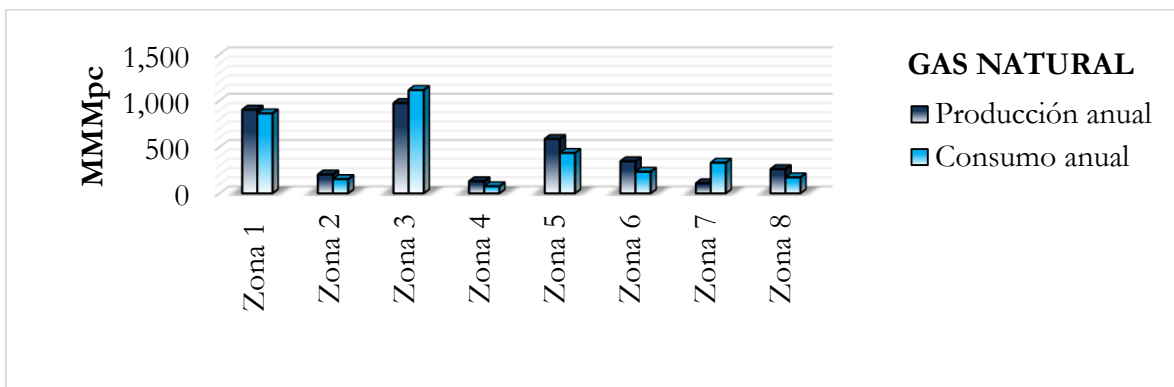
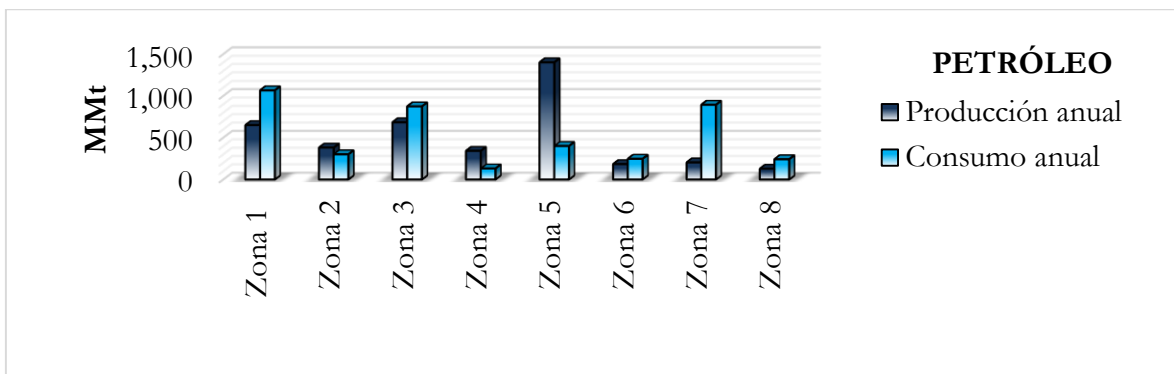
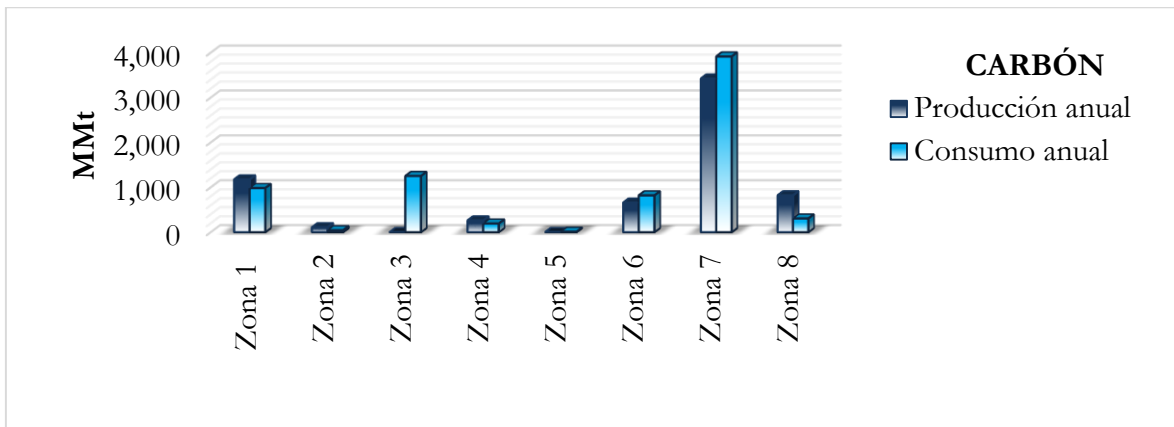
Fuente: El banco mundial.

La era de la informática vio nacer a un nuevo tipo de empresas e industrias, *Google*, *AOL*, *Yahoo*, *Amazon* y las grandes industrias de telecomunicaciones. Todas ellas con un solo común denominador, la energía. El siglo XXI se ha caracterizado, hasta ahora, por cambios considerables en la forma de comprensión y utilización de la energía, sobre todo en comparación con el siglo pasado, y las energías alternativas han abierto un nuevo frente en la búsqueda de la energía del futuro.

El sector energético es una de las varias condiciones para el crecimiento económico de los países debido a la estrecha relación que existe entre el crecimiento del producto interno bruto (PIB) y la demanda de energía de cada país. En este punto es importante señalar que el sector energético es un medio y no un fin, el fin es el bienestar de las personas presentes y futuras.

Los recursos energéticos se encuentran natural y aleatoriamente distribuidos, la gráfica 1.1.2 muestra la producción y consumo anual de carbón y petróleo en millones de toneladas (MMt) y de igual manera la producción de gas en miles de millones de pies cúbicos (MMMpc) en diferentes zonas del mundo.

Gráfica 1.1.2 Producción y consumo de carbón, petróleo y gas por zonas del mundo.



En donde:

Zona 1: Norte américa, **Zona 2:** América latina, **Zona 3:** Europa, **Zona 4:** África, **Zona 5:** Oriente medio y norte de África, **Zona 6:** Sur y centro de Asia, **Zona 7:** Asia oriental, **Zona 8:** Sureste de Asia y Pacífico.

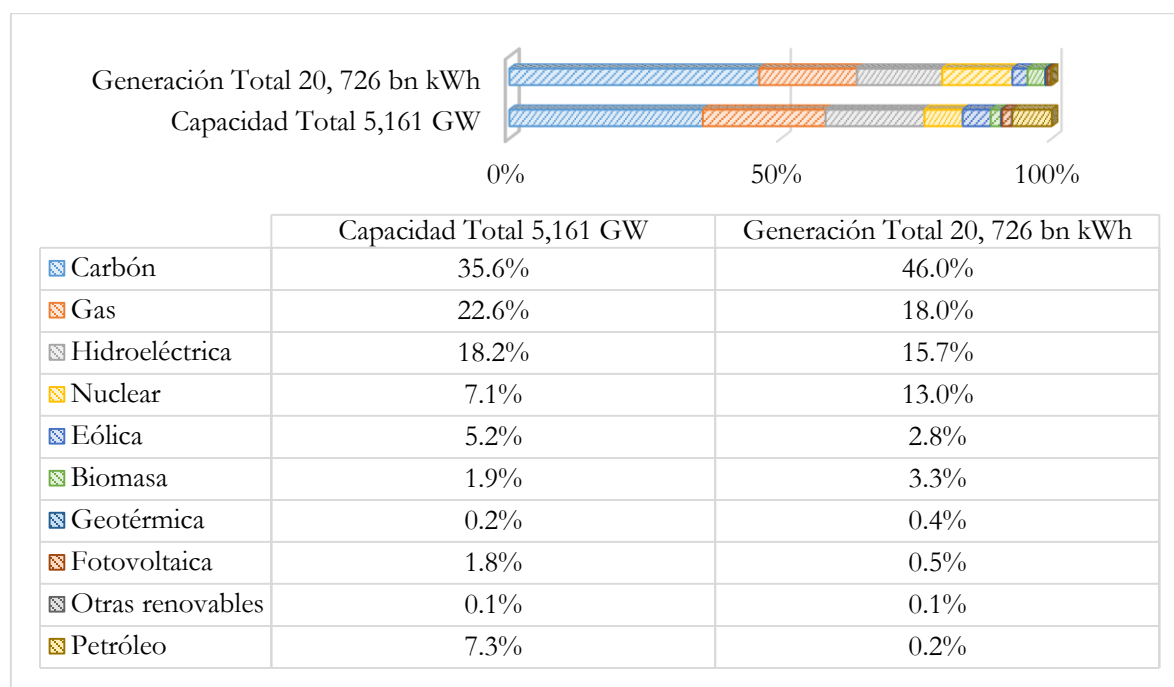
Fuente: *World Energy Council.*

Como se puede observar en la gráfica anterior, gran parte de las reservas de petróleo y gas natural a nivel mundial se ubican en unos pocos países, esto genera problemas que se ven reflejados en las constantes fluctuaciones en el precio de los combustibles fósiles (carbón, gas y petróleo); que no solo es por su extracción, distribución, refinación y comercialización; sino también por complicaciones de tipo geopolítico (*World Energy Council, 2013*).

El *World Energy Council* (WEC) realiza periódicamente un conjunto de estudios y análisis de las tendencias, preocupaciones y asuntos relacionados con la energía ofreciendo anualmente temas prioritarios de investigación para los líderes del sector energético. El último estudio (*World Energy, 2014*) ilustra los tres asuntos principales de los que deben ocuparse los líderes del sector energético, que son los siguientes: la continua incertidumbre en lo relativo a un futuro en el marco climático, la alta volatilidad de los precios de la energía y el contexto mundial de recesión.

La producción de electricidad a partir de combustibles fósiles constituyó aproximadamente el 65% de la generación de energía mundial al cierre de 2011 (véase gráfica 1.1.3). En el año 2010, esta cifra aún era reportada como del 80%.

Gráfica 1.1.3. Capacidad mundial instalada de electricidad en comparación con la generación total, 2011.

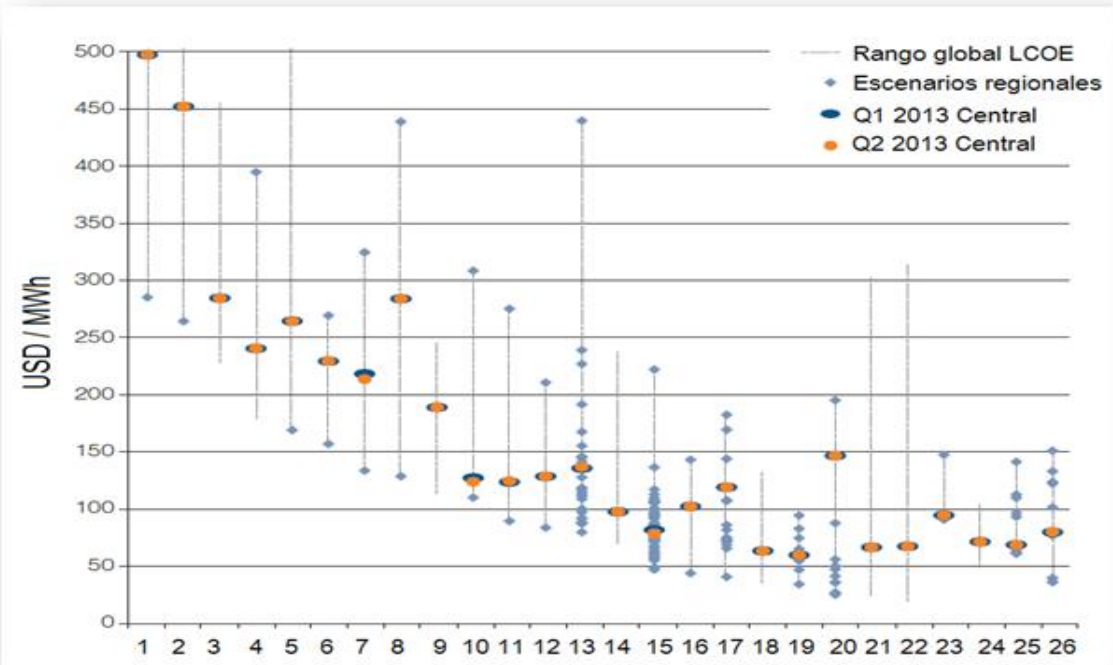


Fuente: WEC

A nivel global el carbón sigue siendo preponderante en la producción de electricidad, sin embargo, la creciente demanda de electricidad "limpia" ha puesto a las energías alternativas como una seria competidora.

Se espera que la demanda de energía aumente considerablemente en los próximos años a causa del crecimiento demográfico y el desarrollo económico. El suministro y uso de la energía tienen potentes impactos económicos, sociales y ambientales. El WEC y *Bloomberg New Energy Finance* (BNEF) se han asociado para producir un amplio estudio comparativo de los costos de producción de electricidad a partir de una gama de fuentes convencionales y no convencionales (*Cost of Energy*, 2013). El objetivo del estudio es proporcionar los costos de referencia sobre la base de datos de proyectos reales, centrándose en las principales fuentes de energía renovables y las tecnologías convencionales en una serie de regiones de todo el mundo. La gráfica 1.1.4 muestra los resultados de dicho estudio, no incluye todos los subsidios y mecanismos de apoyo que puede tener cada nación, esto facilita la comparación de los costos totales de cada tecnología en igualdad de condiciones, pero no representa el costo neto al que se enfrentan los desarrolladores en el mercado, es decir, los costos de transmisión y distribución no se encuentran reportados en esta gráfica.

Gráfica 1.1.4. Costo nivelado de energía en 2013, en donde Q1 y Q2 son costos de referencia.



- | | |
|---|--|
| 1. Marina – Oleaje | 14. Geotérmica – Planta binaria |
| 2. Marina – Marea | 15. Eólica – Terrestre |
| 3. Reflector lineal <i>Fresnel</i> | 16. Residuos sólidos urbanos |
| 4. Torre solar y heliostatos | 17. Biomasa – Incineración |
| 5. Colectores cilíndrico-parabólicos con almacenamiento | 18. Geotérmica – Planta flash |
| 6. Pila combustible | 19. Gas proveniente de basureros |
| 7. Eólica – Marina | 20. Biomasa – Digestión anaeróbica |
| 8. Colectores cilíndrico-parabólicos | 21. Hidroeléctrica |
| 9. Torre solar y heliostatos con almacenamiento | 22. Mini hidroeléctrica |
| 10. Fotovoltaica de película delgada | 23. Nuclear |
| 11. Fotovoltaica – Con rastros de cristales de silicio | 24. Ciclo combinado de calor y electricidad. |
| 12. Biomasa – Gasificación | 25. Ciclo combinado de turbina de combustión convencional a base de gas natural. |
| 13. Fotovoltaica – Con cristales de silicio | 26. Quema de carbón. |

Fuente: WEC y BNEF.

El *levelized cost of energy* (LCOE) representa un costo constante por unidad de generación, que se calcula para comparar el costo de generación de diferentes tecnologías. El cálculo LCOE estandariza las unidades de medición de los costos del ciclo de vida de la producción de electricidad, de este modo se facilita la comparación del coste de producción de un megawatt-hora (MWh) por cada tecnología. La fórmula para este cálculo se muestra a continuación en US\$ / MWh, donde US\$ son dólares norte americanos del 2012 (Fórmula 1.1.1.):

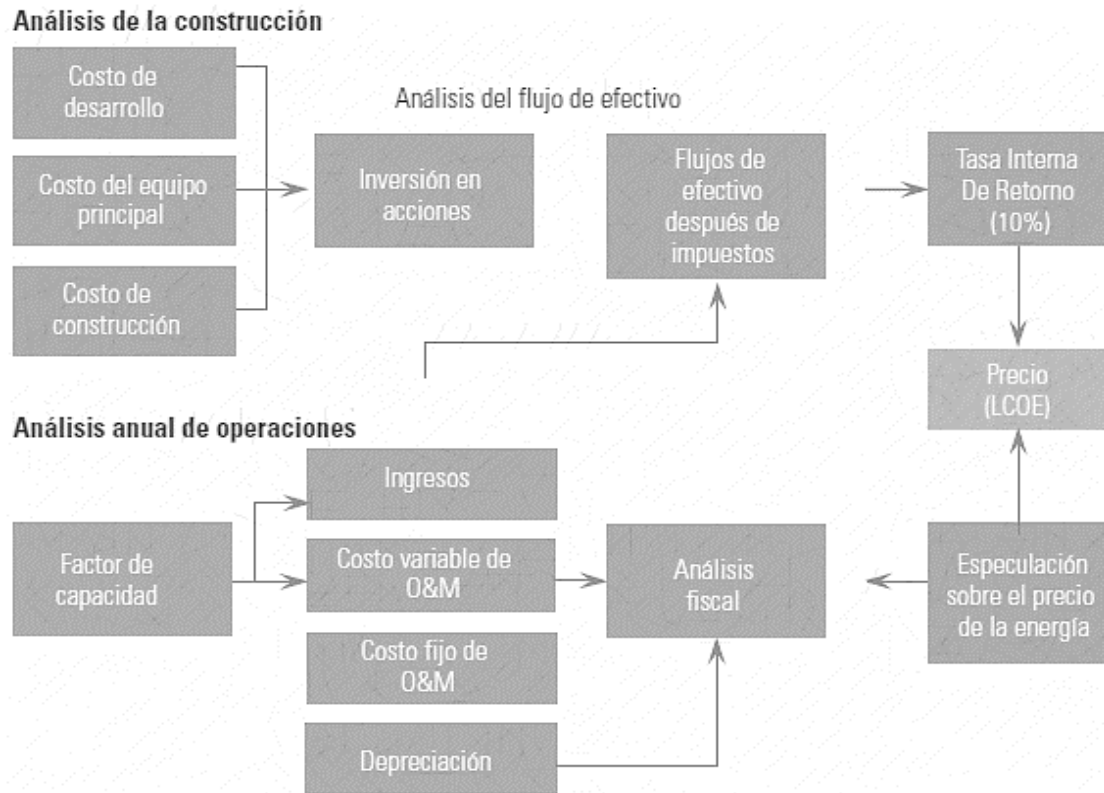
Fórmula 1.1.1. Cálculo de LCOE.

$$\text{LCOE} = \frac{\text{capex anualizado} + \text{O\&M fijo} + \text{O\&M variable} + \text{tasa de impuestos}}{8,760 \text{ horas} * \text{factor de recursos} * \text{eficiencia} * \text{disponibilidad}}$$

En donde el *Capex* es el gasto de capital y O&M son gastos de operación y mantenimiento.

El LCOE se calcula mediante la creación de un modelo específico de financiamiento de proyecto para cada situación (Figura 1.1.1), dicho modelo se esquematiza a continuación (*The Earth's Best Defense*, 2012).

Figura 1.1.1. Descripción del modelo LCOE.

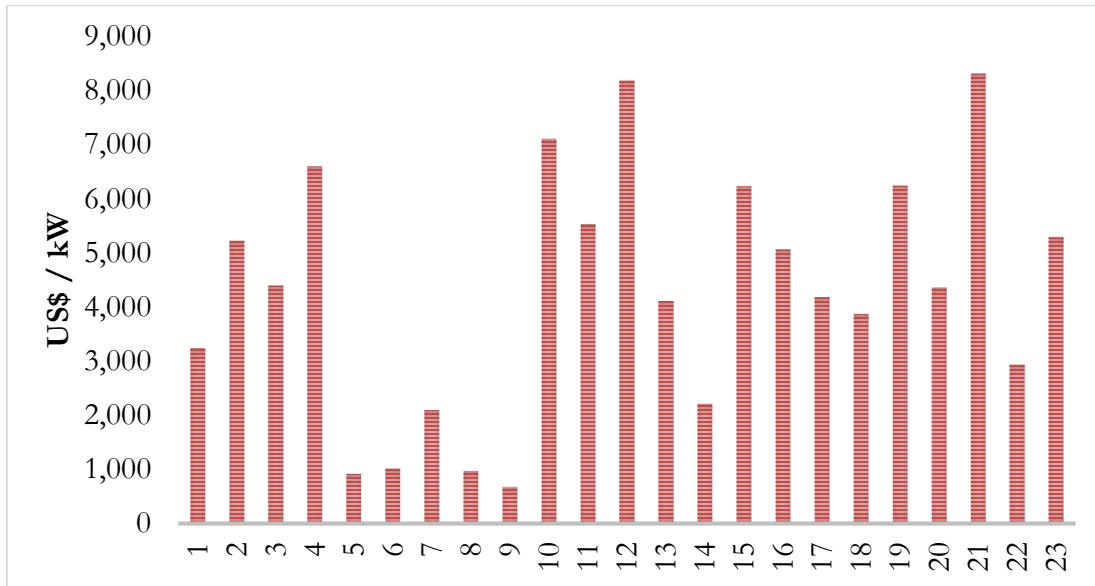


Fuente: BNEF.

Un componente clave en el LCOE de tecnologías renovables es el costo del financiamiento y este varía según la tecnología y la ubicación. Normalmente las tecnologías más desarrolladas como la energía eólica terrestre y la energía solar fotovoltaica se aceptan como un riesgo relativamente bajo y obtienen condiciones de financiación favorables. Sin embargo el financiamiento de proyectos de energía eólica marina, entre otros, se siguen considerando de alto riesgo.

Los costos de construcción y de funcionamiento de las tecnologías juegan un papel importante en la generación y distribución de electricidad. Tomando como base la demanda de electricidad en la noche (*Updated Capital*, 2013), la gráfica 1.1.5 muestra los costos de las principales tecnologías para la generación de energía eléctrica realizados por *U.S. Energy Information Administration* (eia). Para facilitar la comparación, los costos se expresan en US\$ de 2012.

Gráfica 1.1.5. Costos de las principales tecnologías para la generación de electricidad.



No	Tecnología
1	Quema de carbón pulverizado
2	Quema de carbón con y sin captura de emisiones (avanzado)
3	Quema de carbón en ciclo combinado con gasificación
4	Ciclo combinado entre gasificación con y sin captura de emisiones (avanzado)
5	Ciclo combinado convencional con gas natural
6	Ciclo combinado avanzado con gas natural
7	Ciclo combinado avanzado con y sin captura de emisiones con gas natural
8	Turbina de combustión convencional con gas natural
9	Turbina de combustión avanzada con gas natural
10	Pila combustible con gas natural
11	Unidad nuclear dual con uranio
12	Ciclo combinado con biomasa
13	Biomasa en lecho fluidizado
14	Turbina eólica terrestre
15	Turbina eólica marina
16	Térmica solar
17	Fotovoltaica (20 MW)
18	Fotovoltaica (150 MW)
19	Geotérmica (Flash)
20	Geotérmica (binaria)
21	Residuos sólidos urbanos
22	Hidroeléctrica convencional
23	Hidroeléctrica por bombeo

Fuente: eia.

Esta gráfica muestra que la producción de electricidad por medio de energías renovables ya es rentable y compite contra las fuentes convencionales de energía a base de combustibles fósiles. Conforme aumente la demanda energética, los avances tecnológicos y la aceptación a este tipo de tecnologías limpias, tanto los costos de diseño, los procesos de fabricación e implementación serán más accesibles.

A medida que los impactos del cambio climático se vuelvan cada vez más evidentes, todas las naciones deberán esforzarse para limitar las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes del sector energético. Las medidas para combatir el cambio climático dan lugar a las siguientes prioridades estratégicas (WEC, 2013):

- Concatenar los dilemas energéticos (sustentabilidad, seguridad e igualdad energética) con sus agendas nacionales.
- Fomentar el liderazgo para crear consenso tanto nacional como internacionalmente
- Mejorar el diseño de políticas y el diálogo industrial
- Minimizar la política y el regulador de riesgo y asegurar una asignación de riesgo óptima
- Estrategias basadas en el mercado del precio del carbón para impulsar inversiones
- Diseñar estrategias de precios dinámicas, flexibles y transparentes.
- Impulsar la liberalización del mercado ecológico
- Aumentar el compromiso con la comunidad financiera
- Averiguar por qué es necesario un mayor desarrollo, investigación y demostración
- Estimular las iniciativas del colectivo industrial pre-comercial, incluyendo una demostración y desarrollo a larga escala

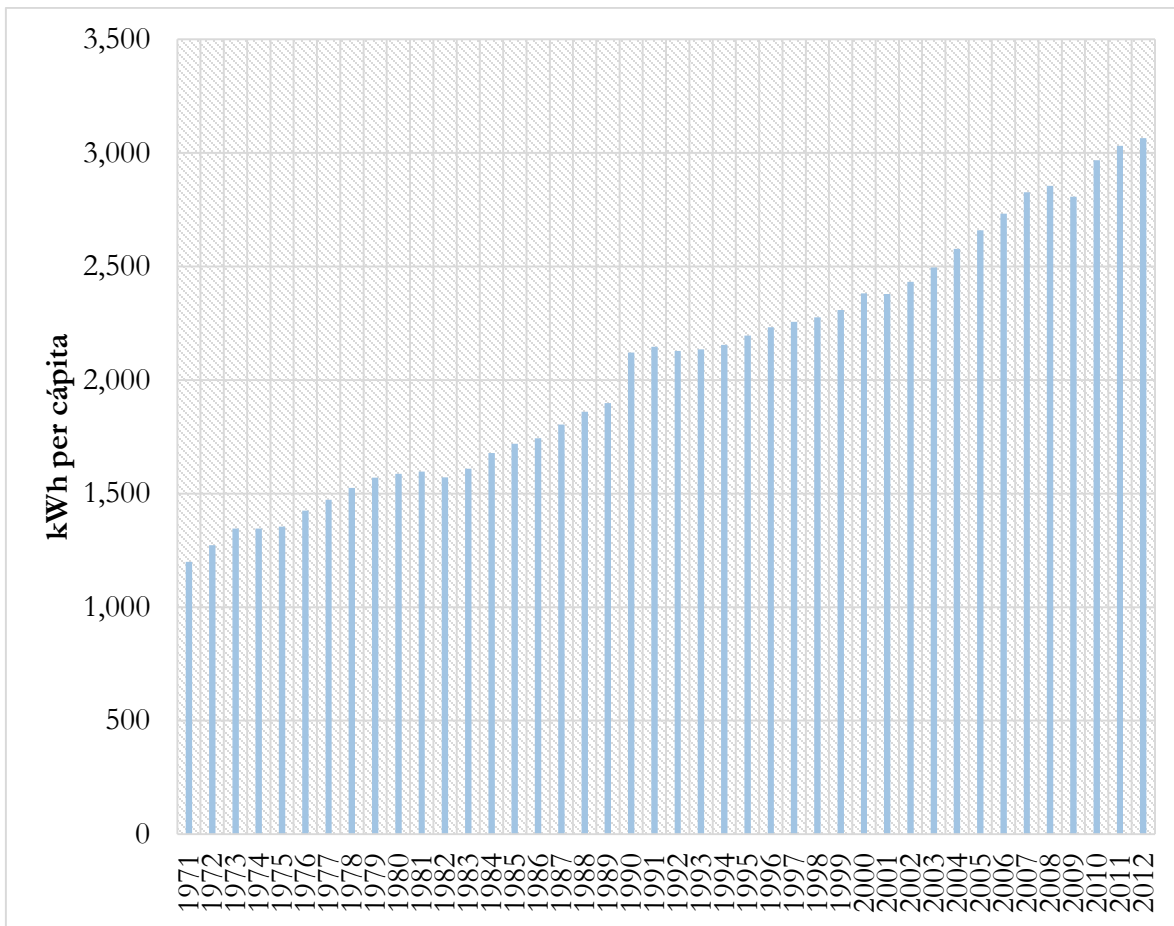
El valor que se dé a cada una de estas medidas y el peso político determinarán en gran importancia el futuro de la producción y consumo de energía.

TENDENCIA MUNDIAL SOBRE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA

LA TENDENCIA EN ÁFRICA, AMÉRICA, ASIA, EUROPA Y OCEANÍA

El acceso universal a la energía sigue siendo un objetivo primordial en el futuro de las naciones. En varias zonas de África y Asia la electrificación se encuentra muy por debajo de la creciente demanda. Es imprescindible hacer frente a este imponente desafío pues, el acceso a la electricidad tiene un enorme impacto social, económico y ambiental. La gráfica 1.2.1 muestra el consumo de energía eléctrica mundial per cápita, es decir, por persona.

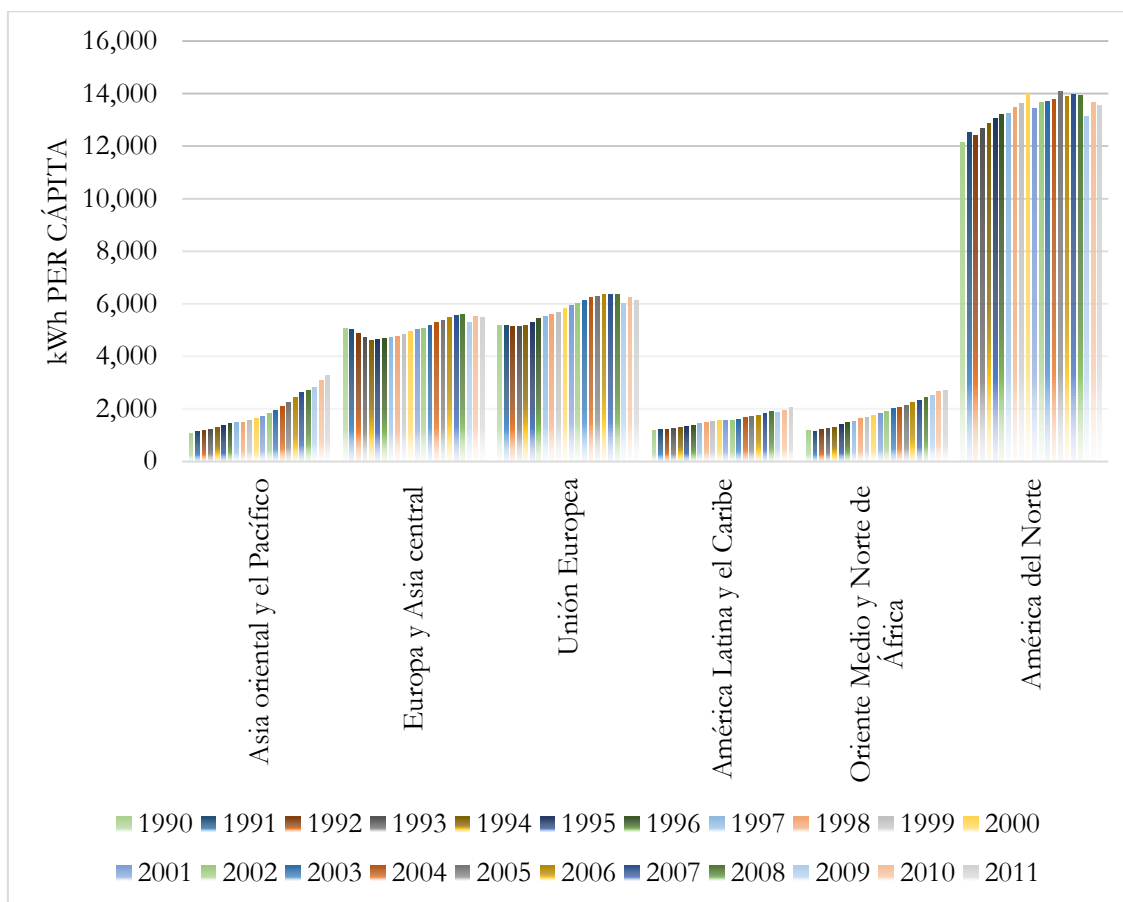
Gráfica 1.2.1. Consumo de energía eléctrica mundial (kWh per cápita).



Fuente: El banco mundial.

Actualmente EUA es el principal consumidor de electricidad (véase gráfica 1.2.2) pero, una gran proporción de la demanda de energía resulta del rápido crecimiento de las economías asiáticas, especialmente China y la India.

Gráfica 1.2.2. Consumo de energía eléctrica por zonas (kWh per cápita).



Fuente: El banco mundial.

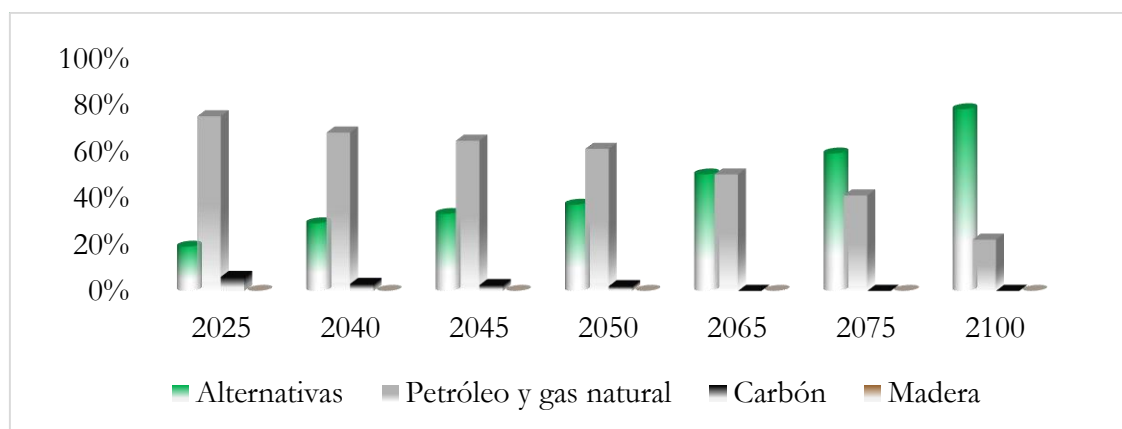
Ante la actual situación energética en que los costos los combustibles fósiles se han elevado y la gran problemática ambiental e incluso sociopolítica, que esto conlleva, ha generado la búsqueda de alternativas para racionalizar el consumo y aprovechar de todos los recursos naturales posibles; países como Alemania, Brasil, Dinamarca, España, Canadá y Reino Unido han desarrollado tecnologías que les han permitido utilizar diversas fuentes renovables, fundamentalmente para la generación de energía eléctrica (Prospectiva de energías renovables 2012-2026).

Las tendencias mundiales apuntan hacia una mayor electrificación, se espera que para 2020 la población sea de 7.5 billones de personas, en donde la gran mayoría se localizará en las nuevas mega ciudades (>10 millones de personas) lo que generará un aumento del consumo energético (Composing energy futures to 2050, 2013).

Mundialmente se espera que la participación global de generación de electricidad a partir de energías alternativas (todas aquellas diferentes a los combustibles fósiles) aumente alrededor del 34% en el año 2030. Escenarios, como los de Oliveira y Campos (2003), asumen posturas que buscan sustentar dicha aseveración.

Con el uso de dos de las herramientas de previsión tecnológica, es decir, la curva logística (técnica cuantitativa) y la técnica *Delphi* (técnica cualitativa), se estimó la participación de las energías primarias del mundo en un determinado periodo, como se muestra en la gráfica 1.2.3.

Gráfica 1.2.3. Participación de las energías primarias en el mercado global previsto. Oliveira y Campos (2003).



A pesar de la creciente aportación de las energías alternativas en la generación mundial, la capacidad de generación de los combustibles fósiles seguirá presente en varios escenarios. El WEC suele publicar periódicamente escenarios futuros del sector energético mundial; junto con su colaborador en el proyecto, el Instituto *Paul Scherrer*, desarrollaron un enfoque de tipo exploratorio. De esta forma, se obtuvo una evaluación sobre el potencial energético mundial, al situarlo entre dos escenarios extremos: el escenario *Jazz*, más descentralizado, y el escenario *Sinfonía*, más "orquestado".

Como un escenario energético, *Jazz* tiene un enfoque de equidad de energía dando prioridad a que puede alcanzarse las metas energéticas a través del crecimiento económico. Como un escenario energético, *Sinfonía* tiene un enfoque en la sustentabilidad del medio ambiente a través de políticas y prácticas coordinadas internacionalmente. A continuación y previamente antes de dar a conocer los resultados del WEC, se muestra en la tabla 1.2.1 características de estos dos escenarios.

Tabla 1.2.1. Algunas características de los escenarios Jazz y Sinfonía.

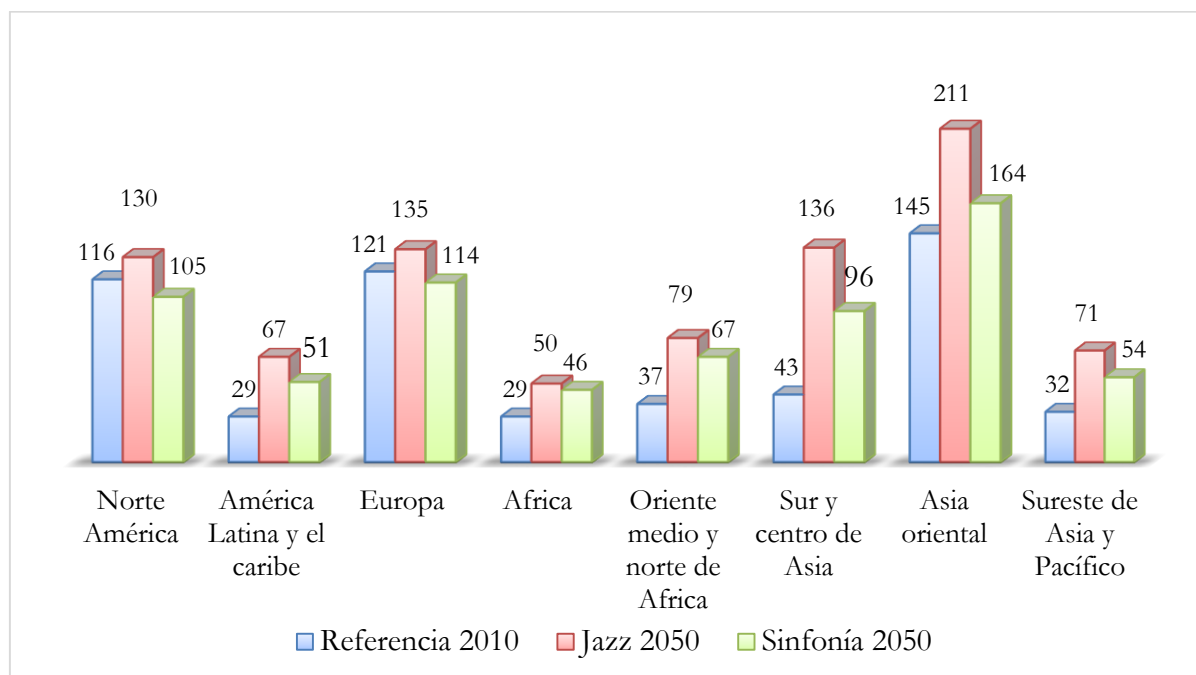
Escenario <i>Jazz</i>	Escenario <i>Sinfonía</i>
<ul style="list-style-type: none">• En este escenario hay un enfoque del consumidor en el logro de acceso a la energía, la asequibilidad y la calidad de la oferta con el uso de las mejores fuentes de energía disponibles.• Los protagonistas son empresas multinacionales, bancos, capitalistas de riesgo, y los precios a los consumidores conscientes.• Las fuentes de energía compiten en función del precio y la disponibilidad.• Un mayor crecimiento del PIB debido a una convergencia más rápida entre los países, la mayor competencia internacional, y las restricciones ambientales bajas.• Las estrategias de libre comercio conducen a un aumento de las exportaciones.• Las energías renovables y de bajo carbono crecen a la par de la oferta y la demanda.	<ul style="list-style-type: none">• En este escenario hay un consenso de los votantes en la conducción la sostenibilidad ambiental y la seguridad energética a través de las prácticas y las políticas correspondientes.• Los protagonistas son los gobiernos, el sector público, empresas privadas, organizaciones no gubernamentales y los votantes empáticos con el medio ambiente.• Los gobiernos licitan y hacen competir a los proveedores de tecnología.• Las fuentes de energía seleccionadas son subsidiadas e incentivadas por los gobiernos.• Un menor crecimiento del PIB debido a la menor convergencia y restricciones ambientales.• Las estrategias nacionalistas resultan en reducción de las exportaciones / importaciones.• Cierta tipo de tecnologías de bajo carbono y renovables son promovidas activamente por los gobiernos.

Fuente: WEC.

Entre sus hallazgos, el informe contempla el papel potencial de las renovables y los combustibles fósiles como energético primario, las inversiones en infraestructura necesarias para satisfacer la futura demanda de electricidad y las diferencias entre regiones del nuevo paisaje energético.

La gráfica que a continuación se muestra, es el resultado del puntaje y evaluación del modelo de la WEC y cuya metodología se describe ampliamente en *Composing energy futures to 2050* (WEC, 2013).

Gráfica 1.2.4. Suministro energético total por regiones según los escenarios Jazz y Sinfonía.



Fuente: WEC.

Como se muestra en el gráfico 1.2.4, el centro del crecimiento futuro de la demanda energética se encuentra en Asia, mientras que otras regiones experimentarán un crecimiento menor. En 2010 (datos de referencia de los escenarios), la producción mundial de electricidad fue de 21.5 billones de MWh a nivel mundial. En el escenario *Jazz*, se espera que aumente en un 150% con 53.6 billones de MWh en 2050, en el escenario *Sinfonía*, el aumento será de 123% con 47.9 billones de MWh en 2050 debido al gran aumento de la producción de electricidad que se necesita para satisfacer la demanda futura. La generación de electricidad a partir de fuentes renovables se incrementará cuatro o cinco veces para el año 2050 en comparación con 2010, este es el más fuerte en el escenario de *Sinfonía*. Los factores que determinarán la competitividad de las fuentes de energía renovables serán los precios más altos de los combustibles fósiles y en gran medida las orientaciones políticas y programas gubernamentales que apoyen el desarrollo de tecnologías a base de energías alternativas (WEC, 2103).

ENERGÍA Y SUSTENTABILIDAD

ENERGÍA, PRODUCTIVIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO // SUSTENTABILIDAD CONCEPTOS Y DEFINICIONES // PRODUCCIÓN DE ENERGÍA SUSTENTABLE

Diversos son los artículos y especialistas en la materia que han predicho que para el 2030, el mundo podría presentar un reordenamiento socio-económico-cultural, en el que, de los 8,000 millones de habitantes que poblarán la tierra, el 60% vivirá en las ciudades y 2,000 millones se incorporarán a la clase media (Abraham, 2011).

Todo esto ha despertado un impulso de renovación y la posibilidad de buscar fuentes de energías alternativas y sustentables para suplir la enorme demanda energética, ya que, son fuentes virtualmente inagotables y poco agresivas con el medio ambiente.

“Estamos en un momento crítico de la historia de la Tierra, en el cual la humanidad debe elegir su futuro. A medida que el mundo se vuelve cada vez más interdependiente y frágil, el futuro depara, a la vez, grandes riesgos y grandes promesas” (*Earth Charter Initiative*, 2000).

Los Clorofluorocarbonos (CFC) se sintetizaron por primera vez en Bélgica en 1892 y en 1928 los químicos de la *General Motors* descubrieron las excelentes propiedades como refrigerantes y a partir de 1950 se empiezan a usar como agentes impulsores en atomizadores sin anticipar sus consecuencias, fue hasta 1974 que Frank Sherwood Rowland (1927 – 2012) y Mario Molina advirtieron por primera vez que los CFC podían dañar gravemente la capa de ozono. *DuPont* principal productor de CFC, niega cualquier aseveración sobre el daño producido afirmando la implicación primaria de otros productos. Hacia 1978 los aerosoles a base de CFC fueron declarados ilegales en EUA, Canadá, Noruega y Suecia.

Las negociaciones intergubernamentales de un acuerdo internacional para eliminar gradualmente las sustancias que agotan la capa de ozono comenzaron en 1981 y concluyeron con la adopción del convenio de Viena para la protección de la capa de ozono en marzo de 1985 (*Energy efficiency policies*, 2013).

En 1987 se reconoció la gravedad de los problemas ecológicos a los que había llegado tanta modernidad en la industria, dado esto se creó el protocolo de Montreal, este acuerdo internacional limita, controla y regula la producción y el consumo de sustancias “depredadoras” de la capa de ozono; este protocolo y sus enmiendas representan un triunfo y un motivo de

gloria para la especie humana. En el mismo año a través de la comisión mundial para el medio ambiente de las naciones unidas se estableció un nuevo concepto llamado “desarrollo sustentable”.

La primera definición formal del concepto inglés de “*sustainable development*” fue elaborada por la comisión *Brundtland* como: “la habilidad humana para satisfacer sus necesidades sin comprometer la habilidad de generaciones futuras para satisfacer sus propias”. Víctor L. Urquidi, redefinió el concepto inglés como: “aquel que se lleva a cabo sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades y está implícita la preocupación por la igualdad social dentro de cada generación”.

Así, se crearon en los países de habla hispana dos grupos de pensamiento político y filosófico, aquellos que se mantienen en la definición sin considerar la igualdad social en la actualidad y traducen “*sustainable development*” como desarrollo “sostenible” y los que sí la consideran, traduciendo el concepto como desarrollo “sustentable”. Es frecuente encontrar cierta confusión en el empleo de las expresiones sustentable, sostenible y sostenido para denotar las características temporales de un acontecimiento o proceso. Algunos plantean que se tratan de sinónimos, sin embargo, se encuentran pequeños matices que diferencian cada uno de esos términos, ya que “sustentable” se refiere a una posibilidad, condición o característica de un hecho o fenómeno de tener un apoyo, soporte o sustentación para asegurarse en el tiempo, de presentarse la oportunidad de su ocurrencia; por otra parte, “sostenible” se entiende como un proceso o hecho que una vez ocurrido puede mantenerse activo en el tiempo o continuar en una operación eficiente; y por último, “sostenido” puede ser un hecho o suceso que se mantienen invariable en el tiempo (Conraud, 2012).

En 1992 las conferencias de naciones unidas sobre el medio ambiente y el desarrollo, también conocidas como las cumbres de la Tierra tuvieron lugar en Río de Janeiro, Brasil donde participaron 172 gobiernos, entre ellos 108 jefes de estado que adoptaron el Programa 21, un plan de acción global sin precedentes a favor del desarrollo sustentable (Naciones Unidas, 2014).

En 1997 se realizó el protocolo de Kioto cuyo objetivo, en un principio, fue reducir 5.2% las emisiones de gases de efecto invernadero globales sobre los niveles de 1990 para el periodo de 2008-2012 (Romeo, 2007).

La Cumbre Mundial de Líderes de la Energía (CME) organizada dos veces al año por el WEC para su comunidad internacional de líderes del sector de la energía, busca facilitar un diálogo permanente de alto nivel sobre asuntos críticos que afectan al mundo de la energía.

Estas reuniones de la comunidad se celebran en países que tienen interés para la transición energética mundial. Una variedad de eventos anuales reúnen a los participantes en el sector de la energía para que colaboren estrechamente con los comités miembros nacionales en el estudio de las prioridades y soluciones para cada región. A continuación, se presentan algunos ejemplos: *Africa Energy Indaba*, CME Norteamérica, América Latina y Caribe: foro birregional y FOREN, el foro energético de Europa Central y Oriental (*Energy efficiency policies*, 2013).

Bajo todo este marco, en este proyecto se considerará a la sustentabilidad como **la habilidad de lograr un beneficio económico sostenido en el tiempo, protegiendo a la vez el medio ambiente y la calidad de vida de las personas.**

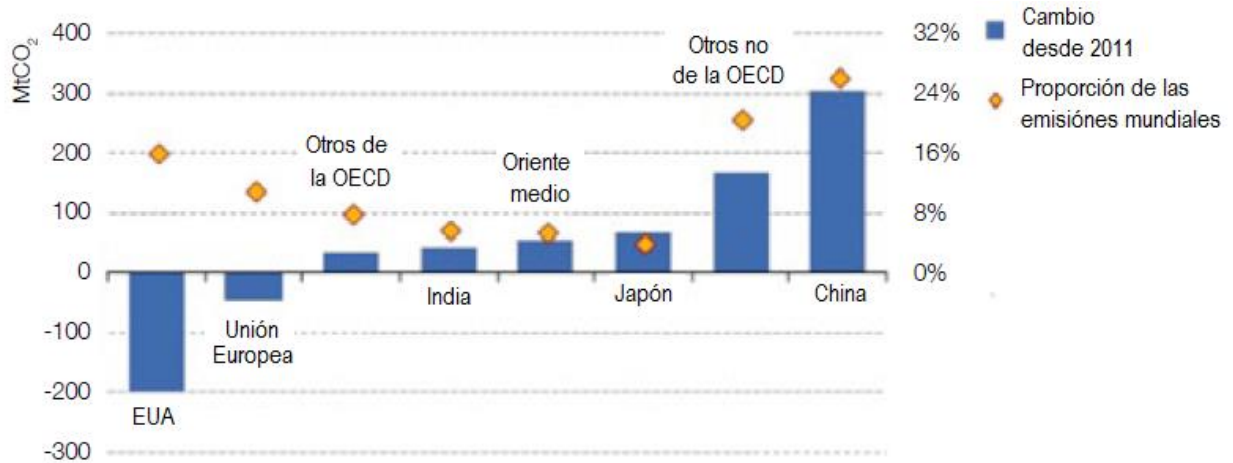
Para que un proyecto a base de energías renovables sea sustentable debe considerarse, además de la factibilidad y viabilidad económica, el beneficio social y el aprovechamiento razonable de los recursos naturales.

Gran parte de la energía utilizada para satisfacer las distintas necesidades procede de los combustibles fósiles, sin embargo el mundo está en transición, va del petróleo y gas natural a las energías limpias. Se espera que, para que no crezca el calentamiento global a más de 2 grados de temperatura, la población mundial debe de consumir 50% menos de combustibles fósiles que consumió en el 2010. El sector energético es el responsable de dos tercios de las emisiones globales de gases de efecto invernadero y por tanto es crucial hacer frente al cambio climático.

A pesar de la evolución positiva en algunos países el dióxido de carbono global relacionado con la generación de energía aumentó 1.4% o 31.6 gigatoneladas en 2012. China hizo la mayor contribución al aumento, pese a que sus emisiones fueron las más bajas en una década impulsada en gran medida por el despliegue de las energías renovables y una mejora significativa en la intensidad energética de su economía (ver grafica 1.3.1).

En EUA, un cambio del carbón al gas natural en la generación de energía ayudó a reducir las emisiones, trayéndolos de nuevo al nivel de mediados de la década de 1990.

Gráfica 1.3.1. Emisiones de CO² en 2012.



Fuente: IEA *World Energy Outlook Special*.

El sistema de energía sustentable es, por definición, un sistema en el que los tres principales factores: seguridad de suministro, la economía y el medio ambiente están en equilibrio entre sí.

Existe una nueva forma de pensar las cosas y está basada en la sustentabilidad y la equidad, química verde, reducción y reciclaje de basura, producción de ciclo cerrado (*closed loop production*), energías renovables, economías locales activas, etc., todo esto ya está pasando y se tuvo que remar en contracorriente ante las etiquetas de idealismo (*The Story of Stuff*, 2007).

Cambiar el enfoque energético mundial es una ardua tarea que difícilmente se podrá realizar de manera instantánea, es una labor enfocada en soluciones graduales en donde se ha perdido bastante tiempo en preocuparse de los problemas ambientales, ahora es tiempo de construir soluciones.

CAPÍTULO II

PRODUCCIÓN DE ENERGÍA EN MÉXICO

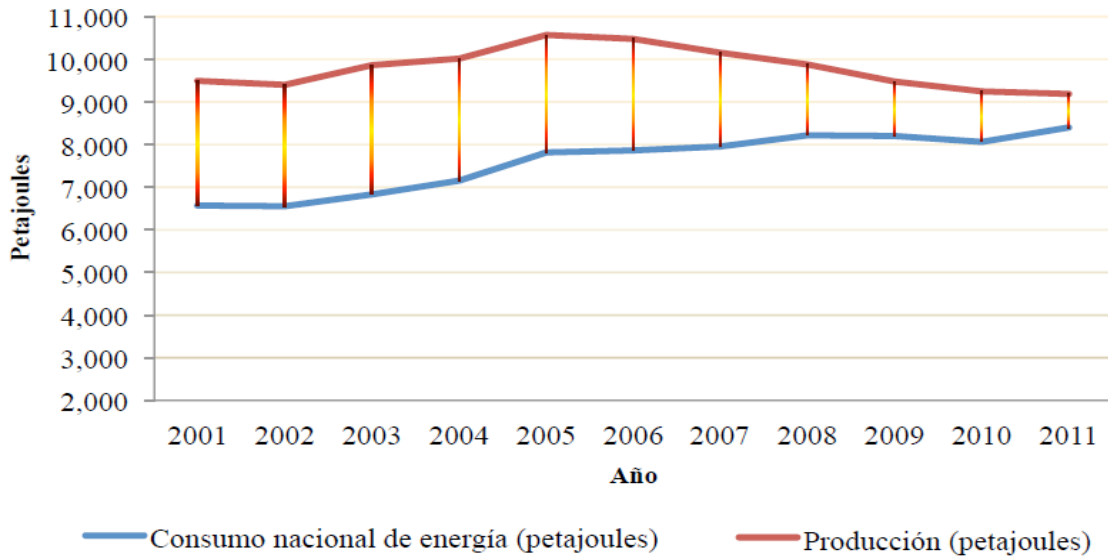
PRODUCCIÓN EN MÉXICO // TECNOLOGÍAS APLICADAS EN MÉXICO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA // COSTOS DE INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y VENTA DE ELECTRICIDAD EN MÉXICO

México ocupa el noveno lugar en el mundo de reservas de petróleo, cuarto en reservas de gas natural en América y tiene un enorme potencial en fuentes de energía renovables como solar, eólica, biomasa, energía hidroeléctrica y geotérmica, pero cuenta con muy pocas tecnologías para explotar este tipo de tecnologías; (Alemán et al., 2014) la seguridad económica y social depende de estas fuentes.

El Centro de Investigación para el Desarrollo, A. C. (CIDAC) define a la seguridad energética como la capacidad que tienen los países para acceder a la energía a precios competitivos con el fin de que esto sea un motor y no un freno del crecimiento y desarrollo económico. Según la Secretaría de Energía (SENER), de 2000 a 2011, la sociedad mexicana incrementó su consumo de energía a una tasa promedio anual de 2.08%. Por el contrario, la producción de energía primaria disminuyó a una tasa anual de 0.3% (véase gráfica 2.1.1). De acuerdo a este escenario, para 2020 México se convertirá de un país exportador a uno importador de energía.

En el estudio publicado por el CIDAC (2013) se tocan un conjunto de puntos para lograr seguridad energética en México, en los que se destacan mantener un *superávit* energético que asegure que el insumo esté disponible para su consumo industrial y residencial, proveer de certidumbre a los usuarios de insumos energéticos para que puedan desarrollar sus actividades productivas de forma ininterrumpida y abrir el abanico de posibilidades a los consumidores en cuanto a las tecnologías de generación disponibles.

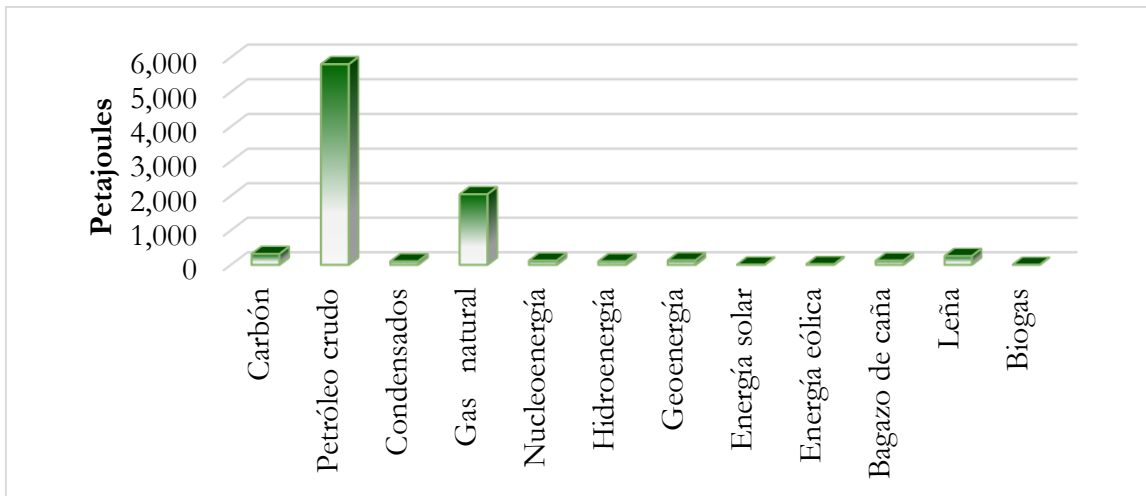
Gráfica 2.1.1. Cierre de brecha entre el consumo y la producción nacional de energía.



Fuente: CIDAC.

A través del Sistema de Información Energética (SIE), la SENER da a conocer la producción de energía en México en función de sus principales fuentes primarias (véase gráfica 2.1.2) cuya información es en una base de datos alimentada por las empresas, comisiones e institutos que forman el sector energético en México, así como por la propia SENER.

Gráfica 2.1.2. Producción de energía primaria en México durante 2013.



Fuente: SIE con información de SENER.

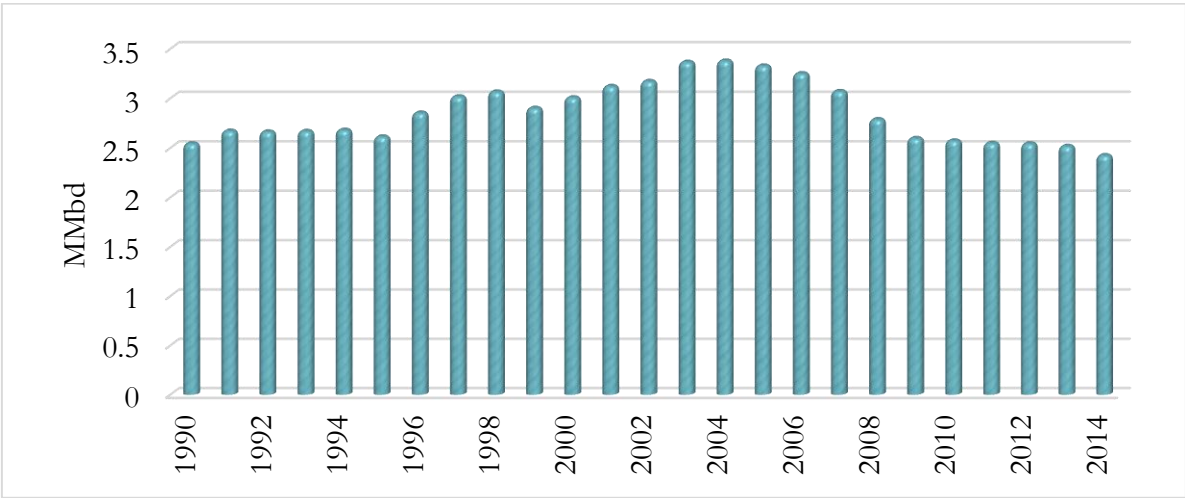
Como se puede observar en la gráfica, gran parte de la producción de energía se basa en combustibles fósiles los cuales abarcan más del 91% de la producción de energía en México, siendo preponderantes el petróleo y el gas natural.

La producción de energía es una de las actividades económicas más importantes de México la cual contribuye al 3% del PIB. La comercialización de petróleo representa el 8% de las exportaciones totales, y los impuestos relacionados con el petróleo representan el 37% del presupuesto federal, donde alrededor del 56.5% de toda la inversión pública se dirige a proyectos de energía. Las empresas públicas en los sectores del petróleo y de la energía tienen una plantilla aproximada de 250,000 trabajadores (Alemán et al., 2014) sin incluir contratistas externos.

El WEC en su estudio *World Energy Resources: 2013 Survey* destaca que México, a base de recursos masivos de petróleo, ha dado lugar a una de las mayores industrias de petróleo del mundo, centrada en la empresa nacional PEMEX fundada en 1938.

El descubrimiento y desarrollo de yacimientos de petróleo a lo largo de la costa oriental del país, en particular los depósitos en alta mar frente a las costas del estado de Campeche, han llevado la producción anual hasta su nivel actual (véase gráfica 2.1.3).

Gráfica 2.1.3. Producción promedio de petróleo crudo.



Fuente: SIE, con información de PEMEX.

En el marco del 75 aniversario de la expropiación petrolera, el presidente Enrique Peña Nieto manifestó que las reservas de petróleo están constituidas por 44,530 millones de barriles de petróleo (MMb), las cuales se agotarán en 10 años.

El país consume alrededor de 2 millones de barriles diarios (MMbd) de petróleo y produce 2.5 MMbd; en 2012 la SENER, en su balance nacional de energía, informó que cada habitante en el territorio nacional consumió, en promedio, 11.85 barriles durante todo el año.

En cuanto al gas natural, PEMEX tiene el monopolio de la exploración. Sin embargo, la participación privada está permitida en la producción de gas no asociado y con la actual reforma energética impulsada por el presidente Enrique Peña Nieto y aprobada en lo general y en lo particular por la cámara de diputados y senadores en agosto de 2014, la participación del sector privado será más activa tanto en la producción de gas natural como en petróleo.

La producción de gas natural ha ido en aumento en los últimos años (véase gráfica 2.1.4). Según las estadísticas de la Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH), más de las tres quintas partes de la producción de gas natural de México provienen de yacimientos de petróleo y de gas asociado. México produjo un estimado de 6.6 mil millones de pies cúbicos diarios (MMMpcd) de gas natural en 2011 (WEC, 2013) lo que representa un ritmo lento de disminución respecto al año anterior.

Gráfica 2.1.4. Producción promedio de gas natural.



Fuente: SIE, con información de PEMEX.

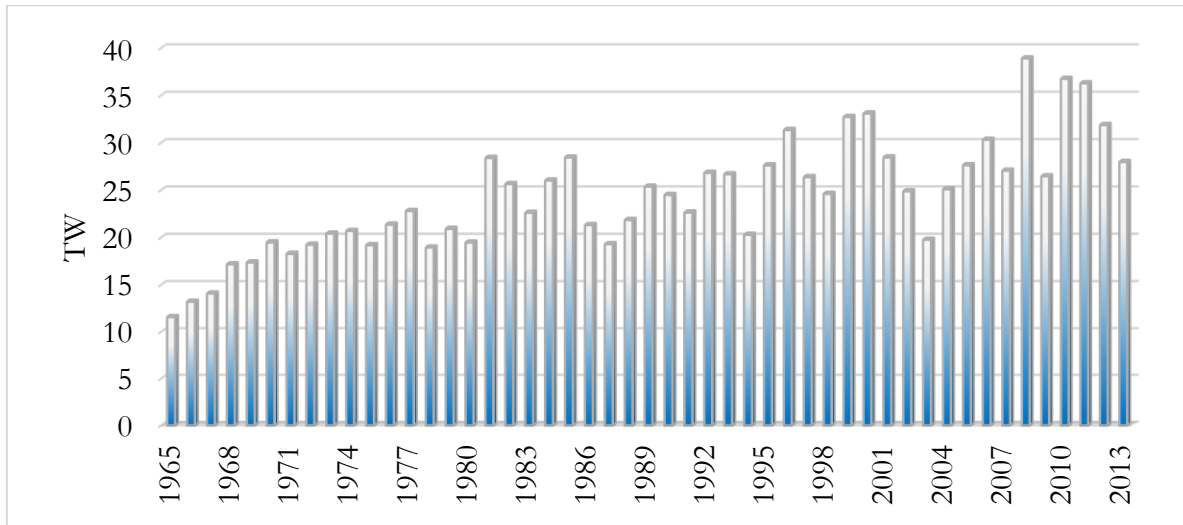
PEMEX opera más de 5,700 kilómetros de tuberías de gas natural en México, la empresa cuenta con once centros de procesamiento de gas natural y también opera la mayor parte de la red de distribución de gas natural del país, que abastece de gas natural procesado a los centros de consumo (WEC, 2013).

Mientras que el principal centro energético de atención en México es el petróleo y sus derivados, el carbón juega un importante papel debido a ser una fuente energética constante. Expertos creen que será difícil remplazarlo por fuentes más amigables debido a su bajo costo (Jiménez, 2013). En su estudio *World Energy Resources: 2013 Survey* del WEC, informa que México cuenta con 1,211 MMt como reservas de carbón y produjo 15.7 MMt de carbón en 2013, siendo el menor productor de este mineral en América del norte.

Pero no todo es petróleo, gas natural y carbón, México cuenta con dos reactores nucleares, el primero de ellos comenzó a operar en 1989 y cinco años después el segundo. Hay algo de apoyo del gobierno para la expansión de la energía nuclear y reducir la dependencia de los combustibles fósiles, pero los precios bajos del gas natural han hecho de esta una prioridad menor. La única central nuclear que opera en México se encuentra en el estado de Veracruz, la central nuclear “laguna verde”, tiene una capacidad de 1,365 MWe (mega watts eléctricos) y generó 10.0 TWh (Tera watt-hora) en 2011 (WEC,2013). México ha tenido serios problemas con el tratamiento de residuos nucleares por lo que el gobierno federal y la participación privada poco a poco se han ido deslindando de este tipo de energía, postergando a gran medida la posibilidad de nuevas centrales nucleares en el país. Aunque no se ha dicho de manera oficial, en los planes estratégicos está descartado el impulso a este tipo de energía. Y dado que en México se carece de un plan que proponga un aumento en la producción nuclear, a la par de que la demanda de energía sigue en aumento, se puede pensar que los días de la “laguna verde” están contados (Torres, 2011).

Pero México obtiene gran parte de su energía de las centrales hidroeléctricas (véase gráfica 2.1.5). Muchas plantas hidroeléctricas pequeñas, tecnológicamente anticuados siguen operando en las zonas remotas del país, algunos de los cuales datan de la década de 1920. México no ha mostrado una política de promoción de la expansión a gran escala de la energía hidroeléctrica, como muchos de sus vecinos latinoamericanos. Debido a las condiciones áridas en gran parte de la zona norte del país, hay relativamente pocos lugares adecuados para el nuevo desarrollo hidroeléctrico (WEC, 2013). La sequía del verano de 2000 disminuyó la capacidad hidroeléctrica en el noreste de México y obligó a la Comisión Federal de Electricidad (CFE) a depender de las instalaciones hidroeléctricas en el sureste.

Grafica 2.1.5. Producción de Hidroenergía en México.



Fuente: SIE con información de SENER.

Una gran oportunidad para las pequeñas centrales hidroeléctricas ha surgido en México, hay 38,000 MW por explotar. Y de éstos, 90% podrían obtenerse de las mini hidroeléctricas. Sin embargo, la estructura de costos no ha permitido que estos proyectos avancen (Aguilar, 2012).

En cuanto a otras formas de energía, como reflejo de la ubicación del país de una región tectónicamente activa, manifestaciones geotérmicas son particularmente frecuentes en el cinturón volcánico mexicano en los estados de Baja California Norte y Baja California Sur. CFE ha desarrollado algunos de los usos directos de los recursos geotérmicos en el campo de “los azufres”, incluyendo un secador de madera, un deshidratador de frutas y hortalizas, un invernadero y un sistema para la calefacción de sus oficinas e instalaciones en este campo (WEC, 2013).

Con lo que respecta a la energía solar, México es uno de los cinco principales países más atractivos del mundo para invertir en proyectos de energía solar fotovoltaica y termo solar, sólo por detrás de China y Singapur. El potencial de la energía solar en México es una de las más altas del mundo. Esto se debe a que el país se encuentra en el llamado "cinturón solar" con radiación superior a 5 kWh por metro cuadrado por día. Por otra parte, México cuenta con la mayor base de fabricación de módulos fotovoltaicos en América latina haciendo que a finales de 2011, la empresa española *Siliken* anunciara un proyecto de inversión fotovoltaica llamado "la manzana del sol" en el estado de Durango (Alemán et al., 2014).

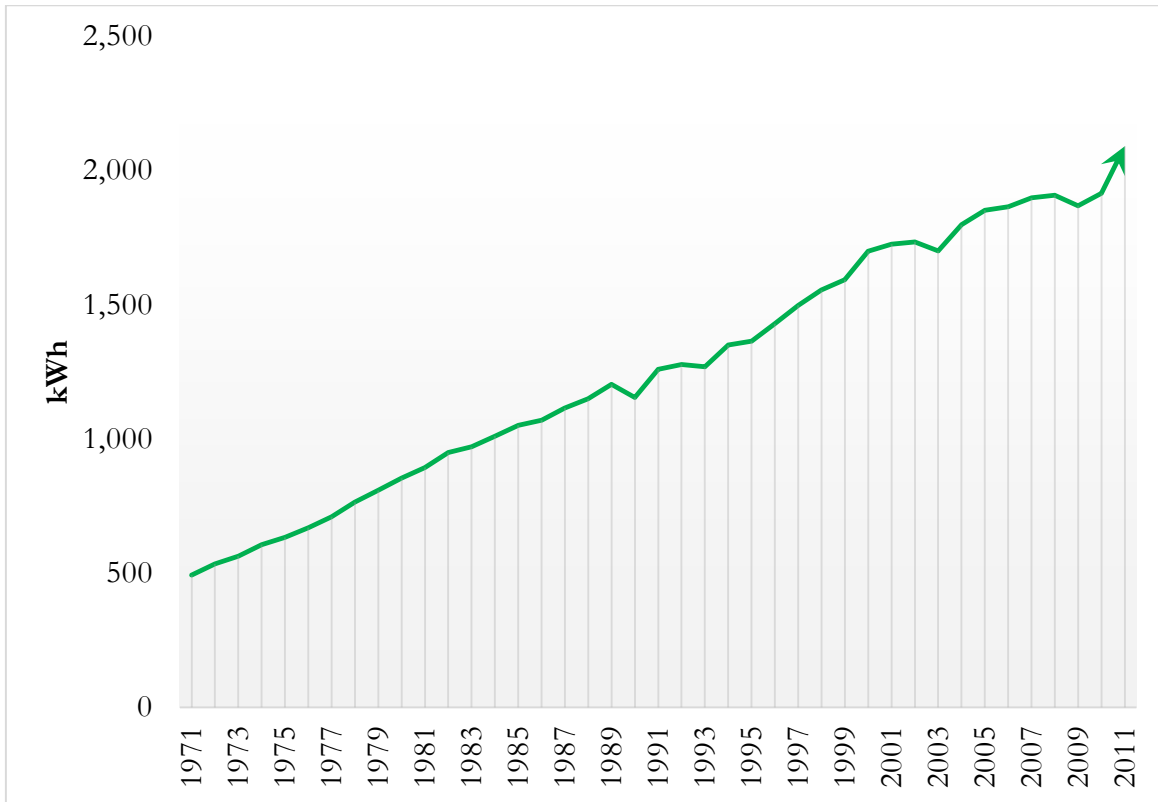
Por otro lado, en el estudio *Renewable energy research progress in Mexico: A review*, Alemán y colaboradores (2014) destacan a la biomasa como fuente de energía comprobablemente viable, ya que México es el tercer país más grande de América latina y el Caribe en términos del área de tierra de cultivo, después de Brasil y Argentina. En 2007, la superficie cultivada fue de 21.7 millones de hectáreas con una producción agrícola de 270 millones de toneladas. La utilización de la biomasa para la obtención de energía es una opción atractiva para el sector rural, debido a sus múltiples beneficios sociales potenciales. De esta manera, México se convertiría en un foco central de atención para la producción de biocombustibles, un campo que todavía está en las primeras etapas de la exploración.

Hasta ahora una de las energías renovables más prometedoras es la eólica, Lucena (2013) informa que esta fuente de energía y sus tecnologías han conducido el crecimiento que las renovables han tenido en el país, pues entre 2003 y 2012 recibió aproximadamente 7,343 millones de dólares en inversión extranjera directa, principalmente en proyectos de sistema de auto abasto. La energía eólica es ahora una opción competitiva dentro del mercado de la electricidad de México y la SENER emitió un programa especial para el aprovechamiento de energías renovables. La meta al año 2020-2022 es que se logre una capacidad instalada en el país de al menos 12,000 MW, que representarán del orden del 40% de la meta nacional de renovables. El principal sistema de generación de energía eólica está en el sureste de México en campos de generación llamados “la venta” en el estado de Oaxaca (Alemán et al., 2014).

De tal forma que la energía se ha convertido en un factor crítico progresivo para el nivel de vida y cotidianidad de las personas, marcado directamente con el aumento de la población. Según el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), el país contaba con una población de 112.3 millones en 2010 y se caracteriza por una tasa de crecimiento promedio anual de la población del 1.8% y cerca de 77.8% de esta población vive en zonas urbanas.

México es un país en desarrollo en donde el aumento de la población es un foco de atención por su estrecha relación con el consumo eléctrico el cual prácticamente ha sido cuadruplicado (véase gráfica 2.1.6) en cuarenta años, y conforme la población urbana aumente la tendencia permanecerá a la alta.

Gráfica 2.1.6. Consumo de energía eléctrica per cápita en México.



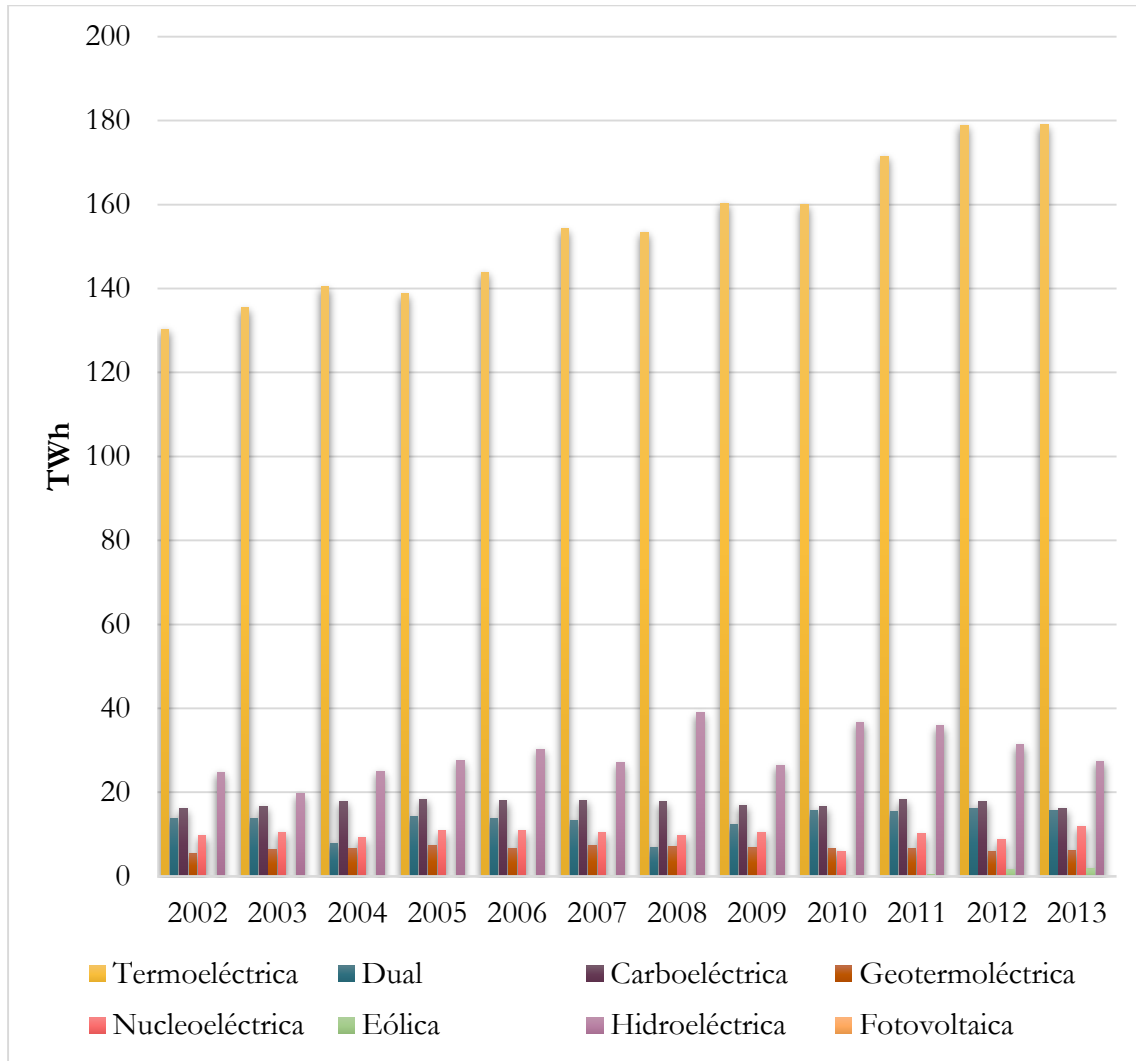
Fuente: Banco Mundial.

Al igual que otros países del mundo, México experimentó importantes reformas en el sector de la energía en los segmentos de gas y petróleo durante la década de 1990. Estas reformas fueron impulsadas por la creencia ideológica, las presiones presupuestarias y el deseo de aumentar la eficiencia y atraer capital privado.

En términos de generación de electricidad, México ocupa el décimo sexto en todo el mundo, y la CFE es la sexta compañía de electricidad más grande en el mundo. La cobertura de electricidad alcanza el 95% de la población nacional, una de las tasas de cobertura más altas de América latina (Alemán et al., 2014).

La generación de electricidad en México está dominada por las termoeléctricas (a través de combustibles fósiles), la gráfica 2.1.7 muestra la generación bruta de energía por el tipo de tecnología, con datos del SIE, CFE y la ahora extinta Luz y Fuerza del Centro (LyFC).

Gráfica 2.1.7. Generación bruta de energía eléctrica por tecnología.

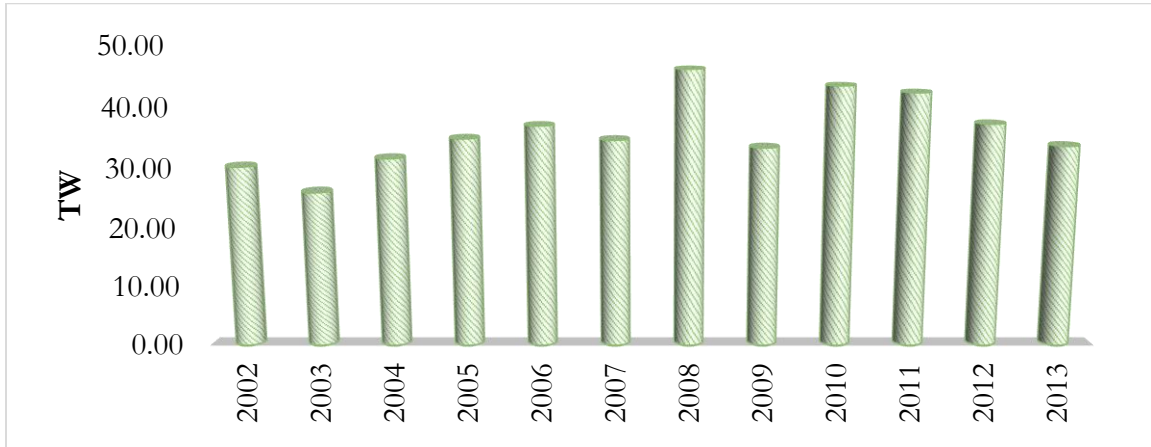


Fuente: SIE con información de CFE y la extinta LyFC.

Por su parte, la generación de energía a partir de Fuentes de Energía Renovables (FER) se incrementó de 26 TW en 2003 a 46 TW en 2008 y disminuyó a 34 TW en 2013 (véase gráfica 2.1.8).

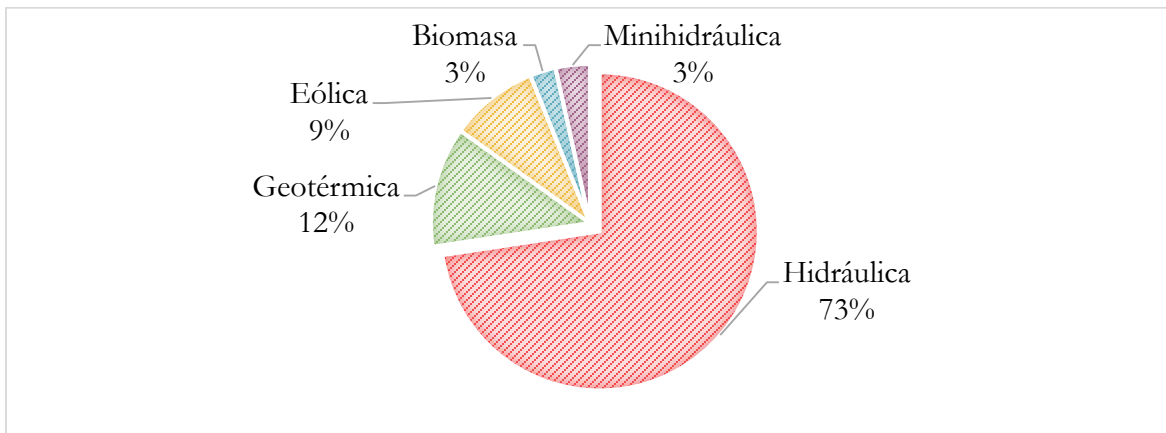
La contribución a la generación de energía en general de las FER se ha mantenido estancada, con un promedio de 22% frente al 78% de las energías convencionales. En la gráfica 2.1.9, se muestra la contribución de las diversas FER con respecto al 22% de la generación total en México que la CFE y la Comisión Reguladora de Energía (CRE) reportan.

Gráfica 2.1.8. Generación bruta energías renovables.



Fuente: SIE con información de CFE y la extinta LyFC.

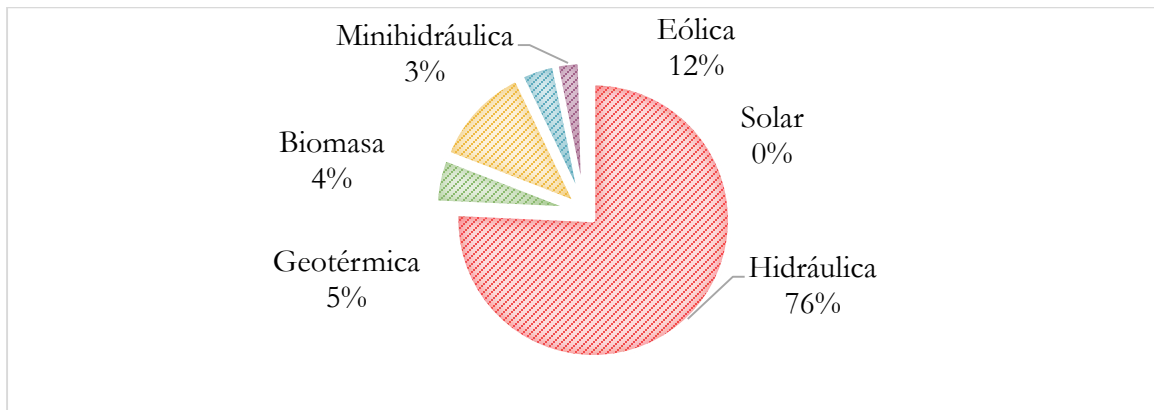
Gráfica 2.1.9. Generación de energía eléctrica renovable.



Fuente: CFE y CRE (Correspondiente al año móvil del 1 de Junio de 2013 al 30 de Junio de 2014).

En cuanto a la capacidad instalada de energía, el Inventario Nacional de Energías Renovables (INERE) informa que las energías convencionales mantienen la evidente supremacía con un 74% frente al 26% de las FER, de ese porcentaje de energías renovables en la gráfica 2.1.10 se presenta su capacidad instalada:

Gráfica 2.1.10. Capacidad instalada de energía eléctrica renovable.

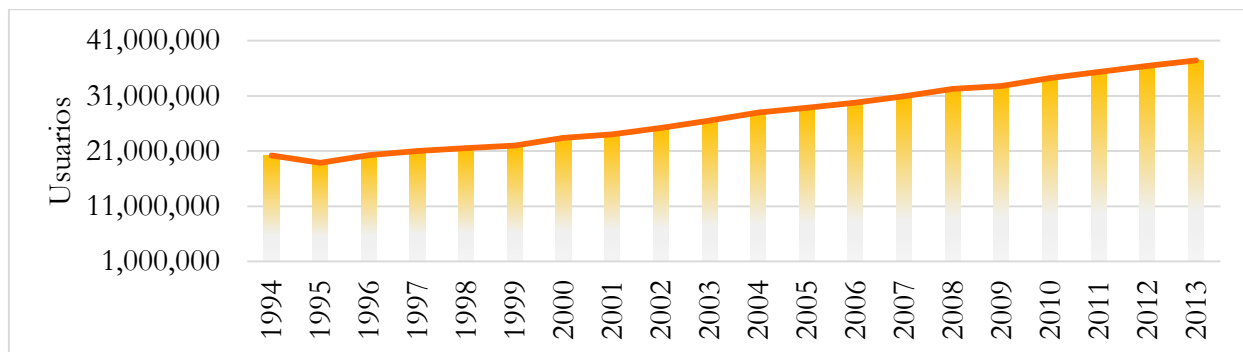


Fuente: CFE y CRE (capacidad instalada reportada al 30 de Junio de 2014).

El 75% de esta capacidad se concentra en los estados de Oaxaca, Baja California, Veracruz y Nuevo León, y de estos estados, Oaxaca y Veracruz tienen el mayor número de proyectos de energía eólica y de biomasa, respectivamente (Alemán et al., 2014).

México se encuentra en un punto de inflexión con respecto a sus recursos energéticos, hasta hace poco no se tenía problemas energéticos porque el costo de extraer combustibles fósiles desde la Tierra era mucho menor que el gasto de energía, pero esto está cambiando, se debe viajar más lejos a mares profundos, arriesgarse a conflictos internacionales, desastres ecológicos y el precio de la energía es cada vez más alto, pero cada día los mexicanos exigen más energía sin importar cuánto cueste. El número de consumidores aumenta año tras año y la gráfica 2.1.11 refleja el número de usuarios de energía eléctrica hasta 2013 reportado por el INEGI.

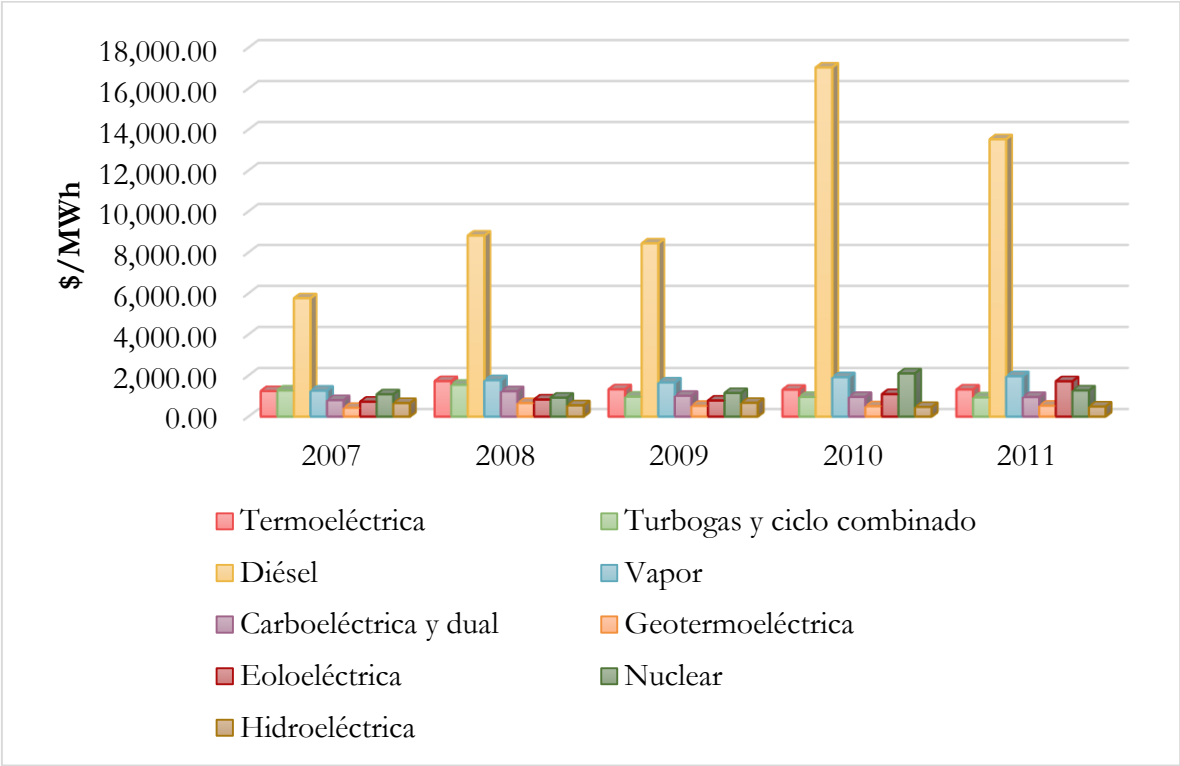
Gráfica 2.1.11. Usuarios de energía eléctrica en México.



Fuente: INEGI.

En el informe de rendición de cuentas 2006-2012 la CFE dio a conocer los costos unitarios de producción de energía eléctrica por tipo de planta, incluyen remuneraciones y prestaciones al personal, energéticos y fuerza comprada, mantenimiento y servicios generales por contrato, materiales de mantenimiento y consumo, impuestos y derechos, costo de obligaciones laborales, depreciación, costos indirectos del corporativo, aprovechamiento y costo financiero. En la gráfica 2.1.12, se presenta la evolución de los costos unitarios 2007-2011, cuya grafica refleja el comportamiento de los precios de los combustibles en el mercado internacional.

Gráfica 2.1.12. Costos unitarios de producción de energía eléctrica en México, 2007-2011.



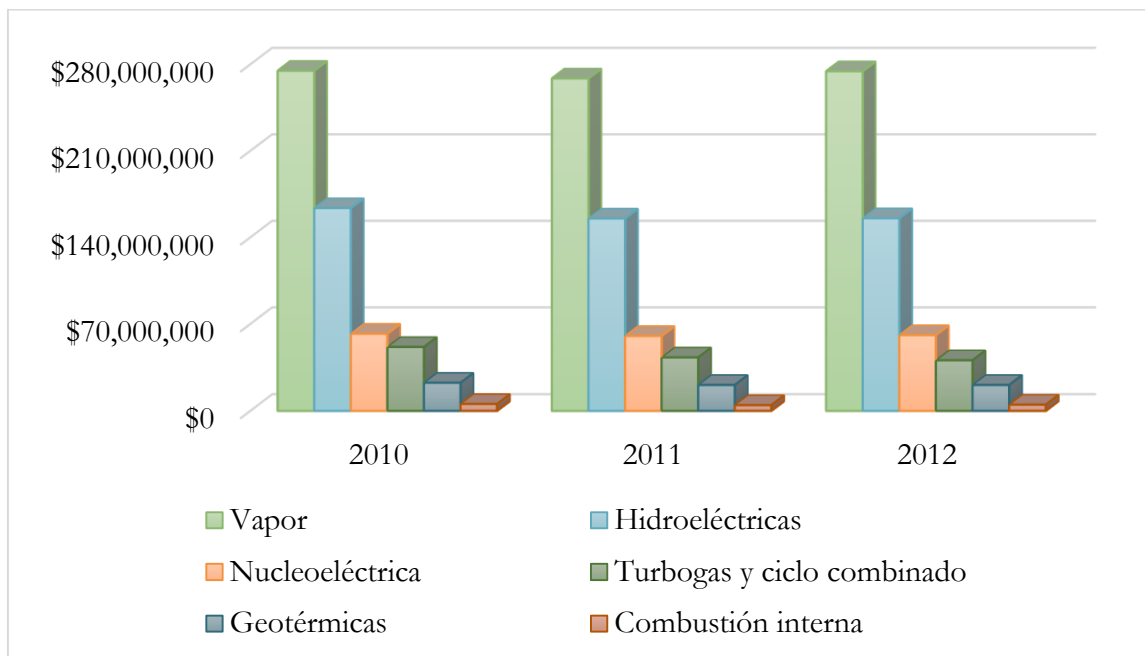
Fuente: CFE.

- Los costos unitarios de generación en las plantas de turbogas y ciclo combinado, se redujeron en 2.5%, en términos reales respecto a 2010.
- Los costos unitarios de generación en las plantas termoeléctricas, fueron de \$1,321.39 por MWh, manteniéndose prácticamente constantes en términos reales respecto a 2010.
- Los costos unitarios de generación en las plantas nucleoeeléctricas, presentaron un decremento real en 39.4% por la disminución en los costos de los materiales de mantenimiento y consumo.

- Los costos unitarios de generación en las plantas geotermoeléctricas registraron un incremento de 4.8% en términos reales, debido al incremento en el precio de los energéticos.
- Los costos unitarios de generación en las plantas eoloeléctricas e hidroeléctricas aumentaron en términos reales en 57.4% y 4.7%, respectivamente.
- El incremento en las plantas eoloeléctricas se debió al mayor precio en materiales de mantenimiento y servicios generales y en las centrales hidroeléctricas por el aumento en el costo financiero; en las plantas carboeléctricas disminuyeron 0.6% en términos reales por haberse incrementado el volumen de energía generada con esta tecnología en 6.2%.
- Asimismo, durante 2011 los costos de adquisición de los combustibles empleados para la generación eléctrica, mostraron los siguientes aumentos en términos reales, el combustóleo en 36%, el diésel en 32.7% y el carbón en 16.5%.

Los saldos de las plantas, instalaciones y equipos al 31 de agosto de 2012 que incluyen los equipos en arrendamiento, se integran como se muestra en la gráfica 2.1.13.

Gráfica 2.1.13. Saldos de las plantas, instalaciones y equipos en México.

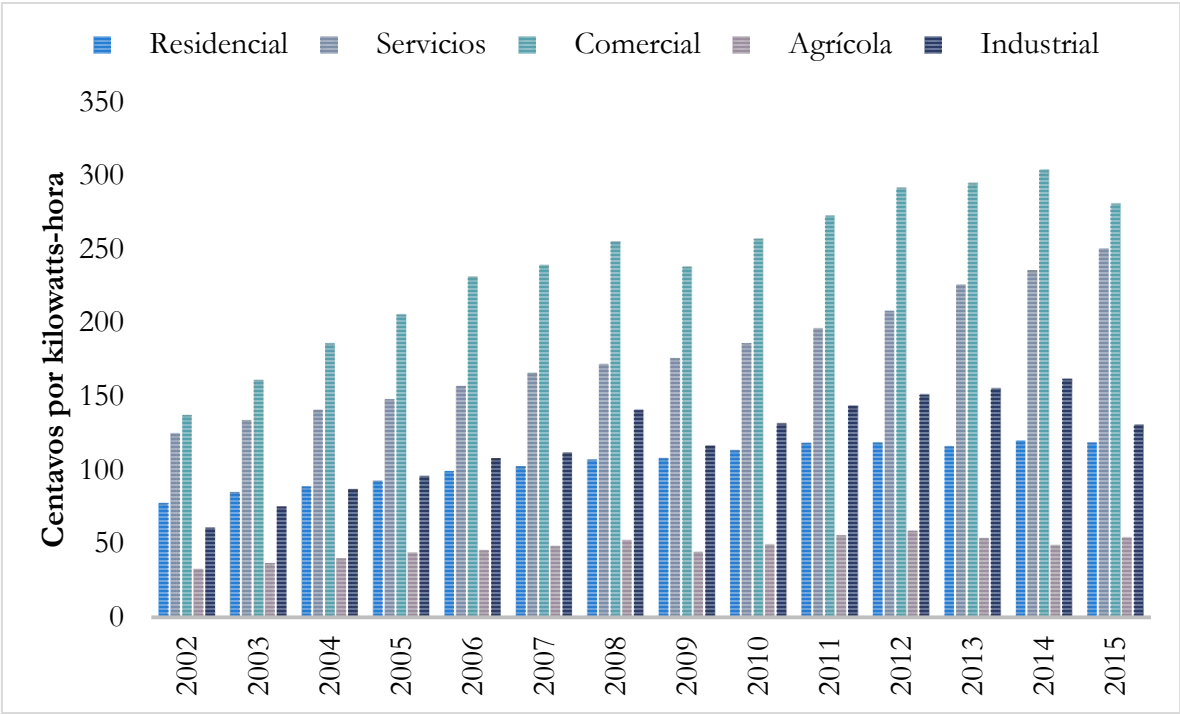


Fuente: CFE.

La energía eléctrica se divide en cinco sectores: industrial, residencial, comercial, servicios y agrícola. El SIE informa que sector industrial es el principal consumidor de energía eléctrica con un 56% seguido por el sector residencial 29%, el comercial con 7% y el agrícola y de servicios con 4% respectivamente. De acuerdo a estimaciones de la SENER se espera que la demanda de energía continúe creciendo a una tasa sostenida anual de 4.6%.

El costo de suministrar electricidad depende de muchos factores, incluyendo la cantidad de electricidad generada, los combustibles, las tecnologías utilizadas, los factores de carga, la capacidad de las líneas de transmisión y distribución, los niveles de voltaje demandados, así como la ubicación de la demanda, entre otras cosas. Los precios de la energía eléctrica, al igual que otras tarifas energéticas, registran una constante tendencia de encarecimiento y en la gráfica 2.1.14 se observa esa tendencia en los cinco sectores. Hoy se consume más energía que hace 10 años pero también es menor la capacidad de pagarla (Vidal, 2014).

Gráfica 2.1.14. Precios medios de energía eléctrica de 2002 a 2015 en los cinco sectores tarifarios.

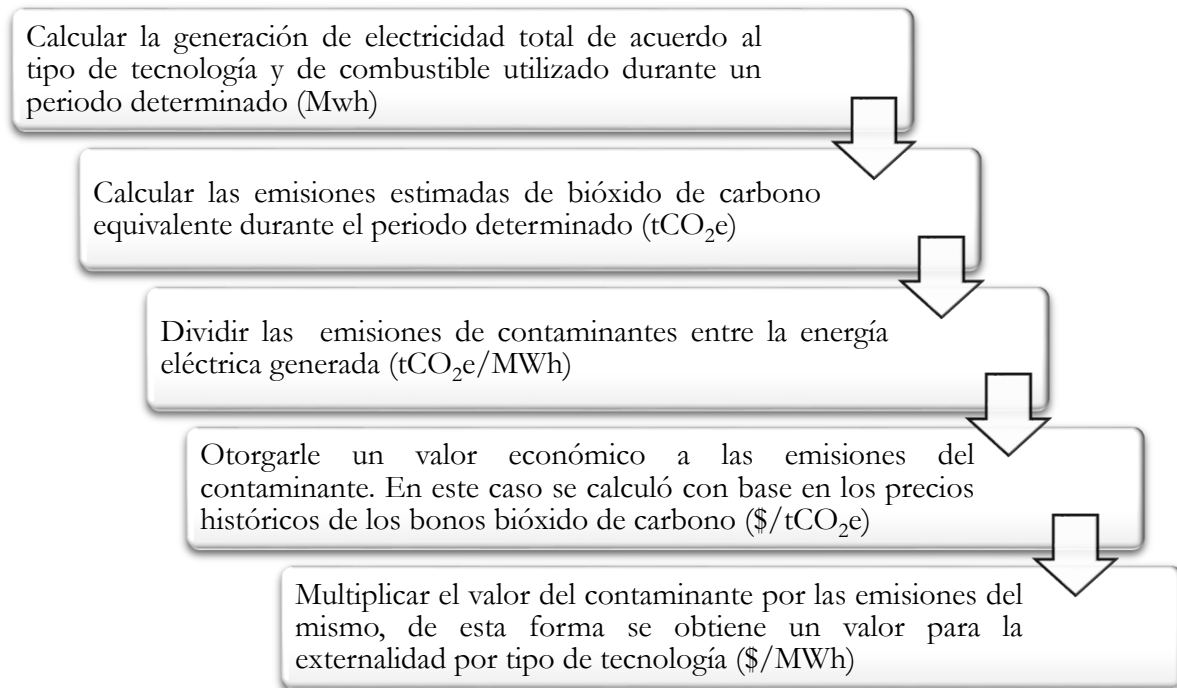


Fuente: SIE con información de CFE y de la extinta LyFC

La política tarifaria regresiva de los precios de la energía para uso doméstico tiene diferenciado entre los distintos rangos de ingresos que se registran en los hogares del país. En el año 2000 el salario mínimo alcanzaba para adquirir 62.82 kWh; en 2013 sólo 54.98 kWh (Vidal, 2014). Uno de los factores que incide en que la energía eléctrica alcance un costo desproporcionado es el “horario punta” (18:00 a 22:00 hrs), donde la tarifa eléctrica industrial se duplica, lo que orilla a un alto porcentaje de empresas a reducir o suspender operaciones que implican mermas en productividad (Ponce, 2013).

A principios de los noventa la comisión europea y el departamento de energía de EUA iniciaron una colaboración para diseñar una metodología que permitiera cuantificar en términos monetarios las externalidades producidas por la generación de electricidad. De esta forma surgió la metodología conocida como *externalities of energy* o simplemente “ExternE”. En el 2011 el Instituto Mexicano para la Competitividad A.C. (IMCO) realizó un estudio para estimar dichas externalidades en el sector eléctrico mexicano basados en los criterios de la SENER (Figura 2.1.1) y utilizando la metodología ExternE.

Figura 2.1.1. Pasos a seguir para cuantificar externalidades por generación de electricidad.



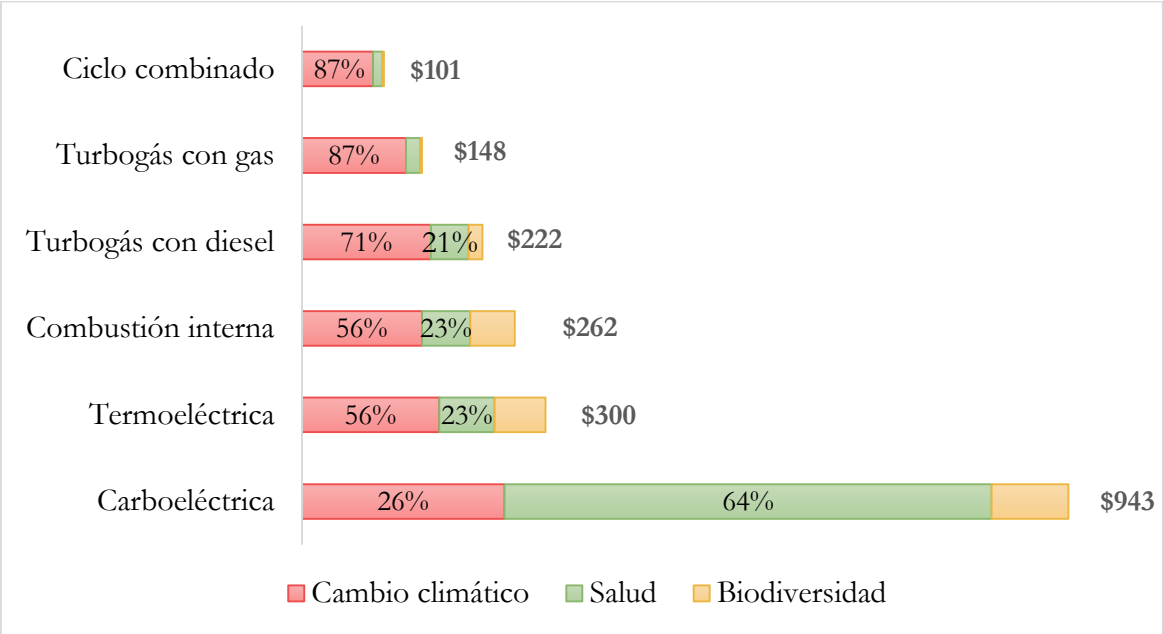
Fuente: SENER.

Bajo estos criterios el IMCO realizó las externalidades de seis tecnologías que usan diésel, gas, carbón o combustóleo para generar electricidad de acuerdo al Programa de obras e inversiones del sector eléctrico (POISE) y a los Costos y Parámetros de Referencia (COPAR):

- Carboeléctrica
- Ciclo combinado
- Combustión interna
- Termoeléctrica convencional
- Turbogás con gas
- Turbogás con diésel

El IMCO no incluyó los impactos en cultivos o materiales de construcción, (considerados en ExternE), debido a que los requerimientos de información adicional son altos y representan muy poco (menos del 1%) en comparación con otras fuentes de externalidades. De acuerdo a los resultados para cada tecnología el monto promedio de las externalidades en pesos por MWh y el valor presente de la externalidad fue como se describe en la gráfica 2.1.15.

Gráfica 2.1.15. Valor promedio (pesos/MWh) de las externalidades por tecnología.

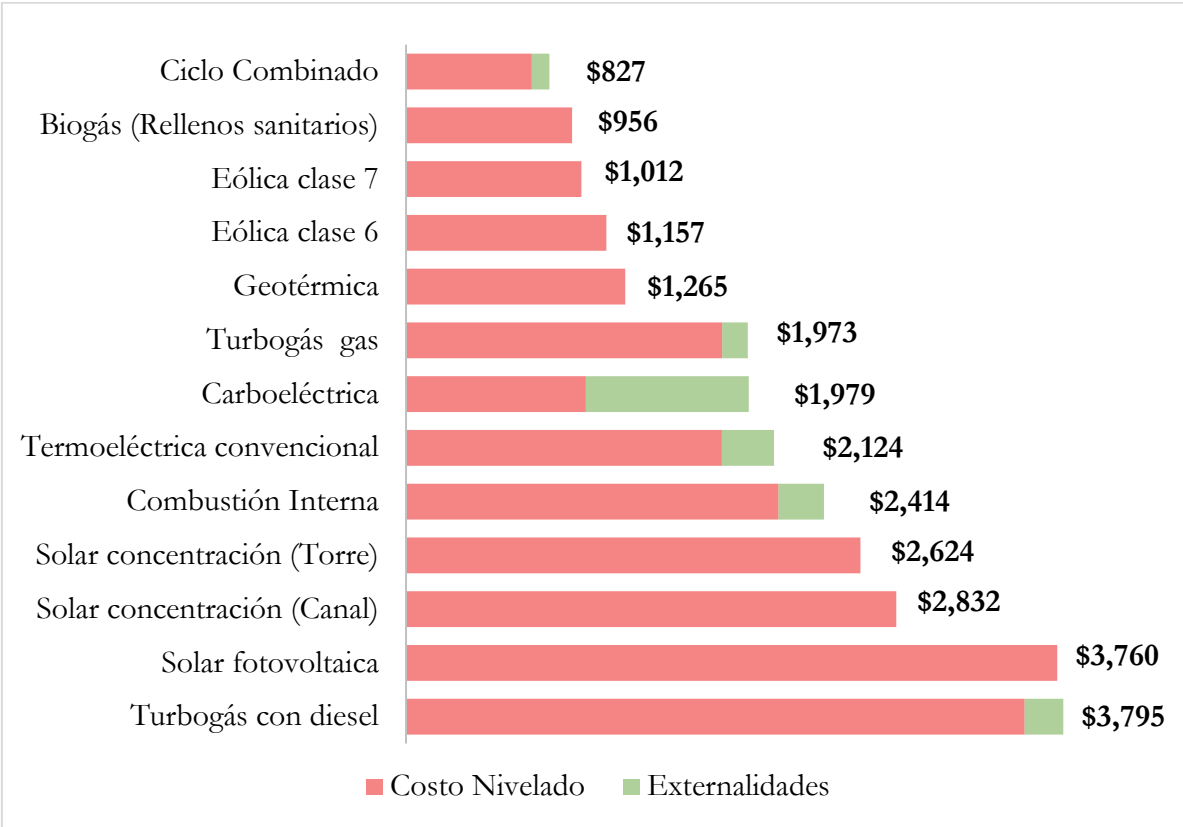


Fuente: IMCO.

Los avances tecnológicos representan una oportunidad para la disminución de los costos nivelados de las energías limpias. Por ejemplo, para la energía eólica se pronostica un 23% menor costo de inversión para 2050, que a su vez representa el 87% de su costo nivelado.

Para el caso de la energía solar fotovoltaica se espera una reducción en los costos de inversión de 4,000 US\$/kWp (en 2008) a 1,800 US\$/kWp en 2020 que a su vez representan el 85% de su costo nivelado (IMCO, 2011). El IMCO da a conocer el resultado de la incorporación de las externalidades para las energías renovables en cuanto a costo (ver gráfica 2.1.16).

Gráfica 2.1.16. Comparación de los costos nivelados con externalidades (pesos/MWh).



Fuente: IMCO.

En su estudio Metodología para calcular ex ante externalidades asociadas a la generación de electricidad (2011) el IMCO concluye que al considerar los cambios tecnológicos, las externalidades asociadas, la incertidumbre en los precios de los combustibles fósiles en México y la importancia de éstos en los costos de producción de energía por fuentes no renovables (51% del costo nivelado), se hace evidente la necesidad de aumentar la participación de tecnologías limpias en el sistema eléctrico nacional.

LA REFORMA ENERGÉTICA EN MÉXICO

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LA REFORMA ENERGÉTICA // LA PARTICIPACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN EL SECTOR ENERGÉTICO NACIONAL // PROYECTOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA A PARTIR DE LA REFORMA ENERGÉTICA

La producción petrolera en México inició a mediados del siglo XIX cuando el petróleo comenzó a ser comercializado. Antes de 1900 la extracción fue prácticamente insignificante, pero en cambio, la exploración de pozos provocó el descubrimiento de varios yacimientos importantes como la llamada “faja de oro” situada en el norte de Veracruz. En 1901 se decretó la primera ley petrolera que autorizaba al poder Ejecutivo a dar concesiones de explotación a particulares (principalmente extranjeros) en terreno Federal. La industria petrolera nacional dio un gran salto entre 1910 y 1911 disparándose sin freno hasta 1921 cuando alcanzó su máximo potencial, convirtiendo a México en el segundo productor a nivel mundial. Poco después empezó un estancamiento petrolero en el país y el declive comenzó con la baja producción en los campos de la “faja de oro” (Gueilburt 2010).

Hacia fines de 1937 los trabajadores petroleros iniciaron una huelga demandando un aumento salarial ya que, desde 1934, las utilidades de la industria petrolera se habían incrementado un 34% mientras que los salarios de los obreros se habían disminuido un 16%. Los trabajadores petroleros fueron orillados a unirse en un gran sindicato el cual realizó un pliego petitorio para el primer contrato colectivo y, en 1938, las empresas petroleras extranjeras se negaron a las demandas hechas por el ahora formado sindicato petrolero. A las 22:00 horas del 18 de Marzo de 1938 el presidente Lázaro Cárdenas (1895 – 1970) se dirigió a la nación para informar la expropiación de la riqueza petrolera a las compañías extranjeras. En esta nueva etapa surgió una empresa nacional, Petróleos Mexicanos o PEMEX, la cual, a base de arduo trabajo colectivo, superó el estancamiento petrolero y con el hallazgo más grande, durante este nuevo periodo, de un yacimiento llamado “la nueva faja de oro” al sureste de Veracruz, PEMEX se convirtió en una empresa consolidada y en proceso de expansión, con la infraestructura capaz de abastecer el mercado interno (Gueilburt 2010).

En los últimos años PEMEX se convirtió en la mayor empresa de México, el mayor contribuyente fiscal del país y una de las empresas más grandes de América latina.

Es de las pocas empresas petroleras del mundo que desarrolla toda la cadena productiva de la industria, desde la exploración, hasta la distribución y comercialización de productos finales, incluyendo la petroquímica (PEMEX, 2014).

Por su parte, la generación de energía eléctrica inició en México a fines del siglo XIX. La primera planta generadora que se instaló en el país estuvo en León, Guanajuato en 1879. Fue el 02 de diciembre de 1933 cuando se decretó que la generación y distribución de electricidad son actividades de utilidad pública. CFE es reconocida como una de las mayores empresas eléctricas del mundo, y aún mantiene integrados todos los procesos del servicio eléctrico (CFE, 2014).

A lo largo de estas dos décadas, se han planteado interrogantes acerca de la creciente escasez de los recursos de combustibles fósiles y el inminente cenit del petróleo (WEC, 2013). En el estudio publicado por el CIDAC (2013) con respecto a la seguridad energética del país, se alerta de una caída en producción y exploración de pozos, en donde el país no puede tener garantizado su abasto de energía si PEMEX mantiene una simbiosis con el Estado y su operación queda en función de objetivos políticos de corto plazo.

Actualmente México se está preparando para un cambio axial en su principal fuente económica, el sector energético. La reforma energética impulsada por el presidente Enrique Peña Nieto y aprobada en lo general y en lo particular por la cámara de diputados y senadores en agosto de 2014, tiene como finalidad atraer inversiones y modernizar el sector energético. En palabras de la presidencia de la Republica:

Con este nuevo andamiaje legal, se podrán explotar, en beneficio de los mexicanos, los abundantes yacimientos de hidrocarburos a los que, hasta ahora, aún no tenemos acceso. Así, al incrementarse la producción, transformación y distribución de hidrocarburos, será posible, en el mediano plazo, reducir los precios del gas natural y electricidad que pagan los hogares y empresas del país.

El gobierno de la República publicó un informe con la justificación, razones y perspectivas de dicha reforma energética. En este trabajo no se extenderá en el informe, sino que se retomará los principales puntos.

A través de esta reforma PEMEX y CFE serán dotados de mayor autonomía y de un nuevo carácter como Empresas Productivas del Estado (EPE), 100% públicas y 100% mexicanas.

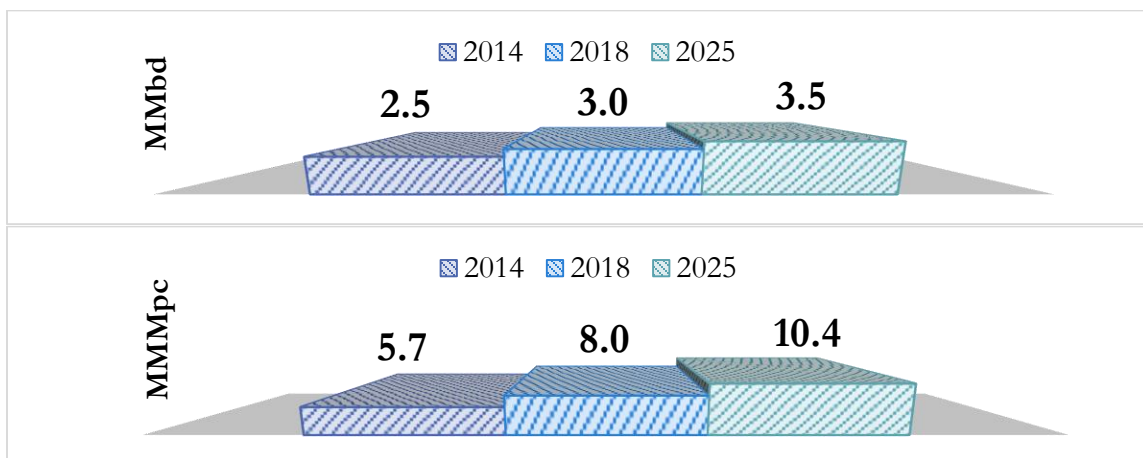
La reforma energética tanto a nivel constitucional como al nivel de la legislación secundaria, surge del estudio y valoración de los elementos de las distintas iniciativas presentadas por los partidos políticos representados en el Congreso.

La reforma energética busca las siguientes premisas fundamentales:

- Mantener la propiedad de la Nación sobre los hidrocarburos que se encuentran en el subsuelo.
- Modernizar y fortalecer, sin privatizar, a PEMEX y a CFE como EPE 100% mexicanas.
- Reducir la exposición del país a los riesgos financieros, geológicos y ambientales en las actividades de exploración y extracción de petróleo y gas.
- Permitir que la Nación ejerza, de manera exclusiva, la planeación y control del sistema eléctrico nacional, en beneficio de un sistema competitivo que permita reducir los precios de la luz.
- Atraer mayor inversión al sector energético mexicano para impulsar el desarrollo del país.
- Contar con un mayor abasto de energéticos a mejores precios.
- Garantizar estándares internacionales de eficiencia, calidad y confiabilidad de suministro, transparencia y rendición de cuentas.
- Combatir de manera efectiva la corrupción en el sector energético.
- Fortalecer la administración de los ingresos petroleros e impulsar el ahorro de largo plazo en beneficio de las generaciones futuras.
- Impulsar el desarrollo con responsabilidad social y proteger al medio ambiente.

Estos objetivos se verán traducidos en beneficios concretos para los mexicanos como bajar las tarifas eléctricas y el precio del gas así como el aumento de su producción (véase gráfica 2.2.1) y crear cerca de medio millón de empleos adicionales en 2018 y 2 millones y medio de empleos más a 2025.

Gráfica 2.2.1. Prospectiva de la reforma energética para petróleo y gas natural respectivamente.



Fuente: Gobierno de la República 2014.

En cuanto al sector eléctrico mexicano, la reforma energética hace énfasis a la importancia de abrir la competencia en la generación de electricidad, para que la energía más barata esté al alcance de todos. Si bien ya se permitía la participación de particulares, los proyectos de mayor escala dependían de la planeación de CFE, la cual está limitada por las restricciones presupuestales del Estado. Esto genera un cuello de botella que impide desarrollar con máxima velocidad las fuentes potenciales que podrían generar electricidad de bajo costo, como lo son las energías renovables. El gobierno de la República afirma que la falta de capacidad técnica y financiera de México genera un retraso significativo en el despliegue de energías renovables a pesar de su enorme potencial en el país.

La casi inminente apertura del mercado de hidrocarburos en los yacimientos de aguas profundas y pozos no convencionales, ha despertado un debate que olvida el problema energético fundamental de la nación: garantizar el acceso de energía a las futuras generaciones.

En la publicación 3 Dilema del CIDAC (2013) se plantea que, para que México sea energéticamente seguro no es necesario aumentar la producción de los energéticos, sino el poder acceder a las fuentes de una forma eficiente, permitiendo así un mayor crecimiento económico. Para alcanzar este objetivo, el país debe considerar todos los mercados energéticos, desde luego el del petróleo, pero también el del gas natural y las energías renovables.

Debido a esto, el país se ha comprometido generar el 35% de la electricidad mediante energías limpias (que incluyen renovables y nuclear) para el año 2024 y la meta de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en 30%.

La propuesta de ley de la industria eléctrica, presentada por el Ejecutivo al Senado en Abril de 2014, es un nuevo paradigma del sector eléctrico en México. Los desarrolladores de energías renovables y de electricidad en general se han topado con un gran problema: la falta de capacidad de transmisión, la calidad de transmisión y, sobre todo, la manera de acceder a ella por parte de los nuevos proyectos (Renée, 2014).

Existen múltiples leyes y normas que fomentan la demanda de tecnologías limpias en el país. Sin embargo, en la mayoría de los casos, distan de ser ambiciosas y se encuentran desconectadas (IMCO, 2015). Ante esto, a través de la propia reforma energética se crearon un conjunto de instrumentos regulatorios, económicos e institucionales para promover la demanda de tecnologías limpias en México, como lo son:

- **El impuesto al carbón.** Este impuesto, establecido en la Ley del Impuesto Especial sobre Producción y Servicios (parte de la Reforma Hacendaria del 2013) grava la venta e importación de diversos combustibles fósiles en función de su contenido de carbono. Con este impuesto, se pretende lograr una mayor eficiencia energética, a través de la adopción de tecnologías limpias y menor consumo y emisión de carbono. Asimismo, se espera que los recursos adicionales que sean generados, sean invertidos en promover eficiencia energética, mejores tecnologías, así como en mejor transporte público.
- **Certificados de energía limpia.** Estos instrumentos que comenzarán a utilizarse prontamente (tras la recién aprobada reforma energética) incentivarán la inversión en tecnologías limpias al proveer un ingreso adicional por cada MWh que se produzca en una central eléctrica a partir de fuentes renovables.

Los recién publicados lineamientos de dichos certificados (octubre 2014) contemplan la adquisición, circulación y compraventa por los participantes de mercado. Por otro lado, la secretaria de medio ambiente y recursos naturales (SEMARNAT) también establecerá a través de normas obligatorias (NOMs) la reducción de emisiones contaminantes relativas a la industria eléctrica.

- ***Nationally Appropriate Mitigation Actions (NAMA)*.** Propone el mejoramiento del sistema financiero para promover la construcción de viviendas nuevas o existentes, con un alto rendimiento energético, dentro del mercado hipotecario nacional. Esto lo logrará a través de acciones que impactan en el conjunto habitacional y su entorno urbano, tales

como: suministro de agua, alcantarillado, alumbrado público, y manejo de residuos sólidos, entre otros.

- **Programa especial de producción y consumo sustentable 2014-2018.** Promueve la producción, el consumo y los mercados sustentables a través de la certificación. El ecoetiquetado, el financiamiento y la vinculación de las Entidades Federales y los sectores privado y social. No es un programa con mayor presupuesto. El programa cuenta con un fondo de MM\$500 para la innovación y desarrollo tecnológico sustentable de nuevos productos, procesos o servicios que incorporen factores ambientales y sociales en su diseño.

Desde la perspectiva de la demanda, las modificaciones a la regulación ambiental de la reforma energética en particular para el sector eléctrico, así como la apertura de éste a la competencia tanto en generación como en distribución representan una oportunidad para detonar la demanda de tecnologías limpias. Por su parte, la ley de asociaciones público-privadas (reformada recientemente en 2012) contempla contratos a largo plazo para recibir servicios del sector privado, en especial los que conlleven a beneficios sociales, lo que es un nuevo impulso para proveedores de tecnologías limpias. Otro de los cambios interesantes en este contexto es la posibilidad de que el sector privado proponga proyectos al sector público que no han sido solicitados. Además, para dar mayor certidumbre a los inversionistas, si los proyectos son suspendidos por parte del sector público antes de completarse, los inversionistas pueden recibir una compensación por todos sus gastos. Por lo tanto, la reforma a esta ley permite compartir los riesgos con el sector privado y limita el endeudamiento público (IMCO, 2015).

En cuanto a los grandes proyectos a base de energías renovables, la actual administración de la República apuesta por la geotermia como carta fuerte, creando el Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica, en este nuevo centro se canalizará MM\$100 dedicados exclusivamente para la investigación y desarrollo de este tipo de energía (Zavala, Tepezano, 2014).

Del mismo modo la reforma energética abre la actividad de generación a los particulares mediante obligaciones a los participantes de la industria eléctrica y a través de una estrategia de transición hacia tecnologías y combustibles más limpios, resumida en la siguiente forma:

- Se excluye del concepto de servicio público la generación eléctrica (Art 27). Junto a lo anterior, la CRE tendrá la atribución de regular y otorgar permisos de generación, así como las tarifas de porteo para la transmisión y distribución.
- La Ley establecerá a los participantes de la industria eléctrica obligaciones de energías limpias y reducción de emisiones contaminantes. De igual manera establece que el Ejecutivo Federal deberá llevar a cabo una estrategia de transición para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios.
- Particularmente para la energía geotérmica se emitirá una ley con el objetivo de regular el aprovechamiento de este recurso, con la finalidad de generar energía eléctrica.
- El Fondo Mexicano del Petróleo para la Estabilización y el Desarrollo, que será encargado de recibir todos los ingresos, con excepción de los impuestos, que corresponden al Estado Mexicano derivados de la asignación de contratos en las áreas de exploración y extracción de hidrocarburos, tendrá la facultad, entre otras, de invertir en energías renovables (PricewaterhouseCoopers, S.C. 2014).

Lo que podría implicar:

- Una mayor participación de inversión privada en la generación eléctrica, ya sea por la potencial apertura del mercado y/o a través de contratos bilaterales con consumidores.
- Una mayor flexibilidad en los contratos bilaterales de compraventa de energía, frente a las actuales barreras del modelo de autoabastecimiento, en particular de adición y sustitución de nuevos socios consumidores a proyectos en operación.
- Un desarrollo sostenido de las energías limpias a través de cuotas mínimas o certificados verdes a las empresas generadoras, que contribuiría al cumplimiento de la meta de generar el 35% de energía eléctrica a través de fuentes no fósiles. En particular, implicaría un impulso a la energía geotérmica dando seguridad jurídica a las inversiones en la exploración y explotación de este recurso (PricewaterhouseCoopers, S.C. 2014).

Con la ronda uno se inició la diversificación del sistema energético mexicano, en donde próximamente más de treinta empresas, adicionales a PEMEX, de más de siete países diferentes como EUA, Italia, Reino Unido, Argentina, Canadá, Holanda, entre otros, tendrán presencia en territorio nacional. La situación energética mundial de finales de 2015 principios de 2016, con la abrupta caída del precio del petróleo, ha estancado los objetivos a corto y mediano plazo de la reforma energética en el país y sin duda a puesto fragilidad a los objetivos a largo plazo de la propia reforma.

Por su parte CFE será dividida diez empresas, ocho subsidiarias y dos filiales de las cuales cuatro subsidiarias serán de generación, una de distribución, una de transmisión, unas más de suministros básicos, otra para suministro calificado, una para productores independientes y una para negocios de autoabasto. La desintegración del proceso de generación y distribución de energía eléctrica en México tiene como objetivo que los mexicanos tengan un mejor servicio a través de la competencia de las nuevas empresas filiales las cuales diversificarán la matriz energética y facilitarán el acceso de esta, competencia que será reguladas por el Estado Mexicano.

La reforma energética sigue dejando en un concepto secundario las fuentes de energías renovables, esto sin contar que a la fecha no se sabe con exactitud cómo funcionaran los certificados de energía limpia, los acuerdos de compra – venta de electricidad de excedentes eléctricos, entre otras cosas aunadas en la propia reforma. A lo largo de los últimos años con el aumento de la inversión extranjera y el comercio internacional en el país no se han dado como resultado una mejora en las condiciones sociales, no hay razón de esperar que una apertura en el mercado energético con un barril de petróleo debajo de cuarenta dólares pueda mejorar dichas condiciones. De tal forma que esto es una oportunidad de fortalecer el mercado interno y buscar nuevas formas de autoabasto energético que nos permita mitigar en determinada medida las fluctuaciones venideras.

CONDICIONES DE SUMINIESTRO ENERGÉTICO EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

SOBRE EL CONSUMO DE ENERGÍA EN LA FACULTAD // DISTRIBUCIÓN DE LA RED DE SUMINISTRO DE ENERGÍA // PRINCIPALES CENTROS DE CONSUMO

Cada día la investigación, el desarrollo y aplicación de tecnologías a base de energías renovables para satisfacer la demanda energética se ha intensificado. La responsabilidad de desarrollar e implementar este tipo de tecnologías no es solo de los gobiernos o de las grandes empresas e industrias, la participación de la sociedad civil es indispensable. Ante este contexto la necesidad de estudiar la factibilidad y aplicación de tecnologías sustentables que puedan satisfacer los requerimientos energéticos de un determinado sector de la sociedad es imprescindible. Los centros de estudios como las universidades forman parte fundamental de la sociedad y como tal son una comunidad que tiene un conjunto de necesidades, entre ellas, las energéticas. La Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) está en constante crecimiento al igual que sus facultades, como la Facultad de Ingeniería Química (FIQ) donde su matrícula de alumnos, personal de apoyos y en particular, su personal académico han ido en aumento como se observa en la gráfica 2.3.1, en donde se contabiliza solo FIQ sede Ciudad Universitaria (CU) excluyendo a la carrera de ingeniería agroindustrial que pertenece a la FIQ pero se imparte en Acatzingo, Puebla.

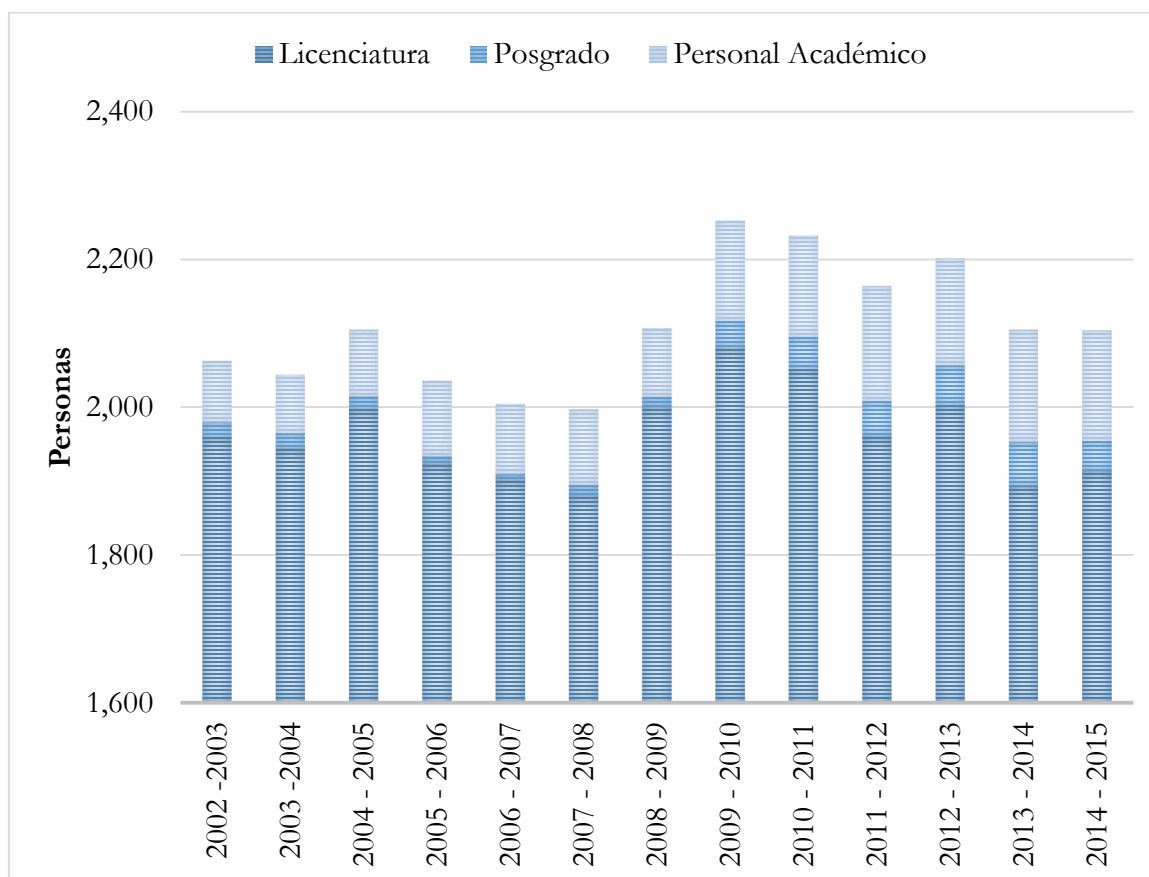
El aumento de personal académico (83% con respecto al periodo 2002-2003) y alumnos ha generado un incremento en aulas, laboratorios, cubículos para profesores y la adquisición de equipos para la investigación, la tabla 2.3.1 se muestra los espacios educativos (salones, laboratorios, cubículos y otras instalaciones) que la secretaría académica de la BUAP reporta en su anuario 2014-2015.

Tabla 2.3.1. Planta Física 2014-2015 de la FIQ.

Aulas	Laboratorios	Salas de computo	Sala audiovisual	Cubículos	Otras instalaciones	Total
32	25	5	2	110	22	196

Fuente: Secretaria administrativa, BUAP.

Gráfica 2.3.1. Población FIQ-BUAP 2002 – 2015.



Fuente: BUAP Unidad de Transparencia y Acceso a la Información, Anuario universitario.

En los últimos años se han adaptado o construido laboratorios y edificios como se muestra en la tabla 2.3.2.

Tabla 2.3.2. Instalaciones de laboratorios y edificios más recientes.

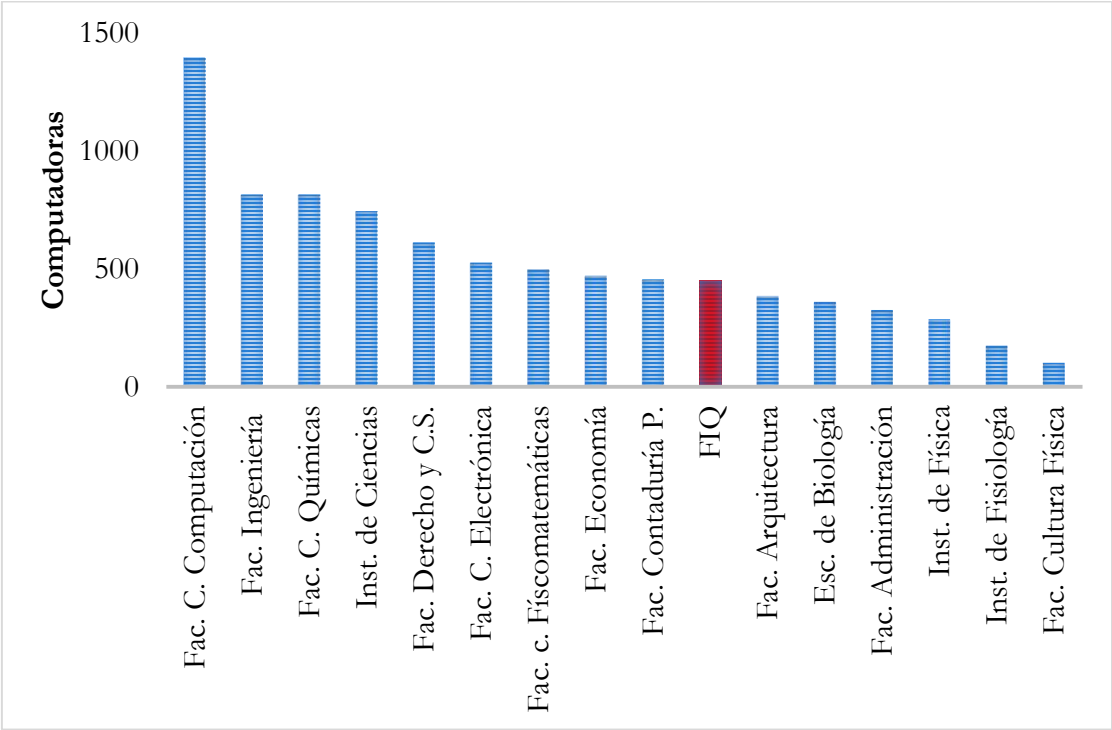
Año	Instalación
2001	Laboratorio de alimentos 106 C /104
2007	Laboratorio de procesamiento de residuos sólidos
2010	Laboratorio de biocombustibles
2012	Edificio 106 H de aulas y cubículos

Fuente: Secretaría Académica, BUAP.

Todos ellos demandan una cantidad de recursos energéticos debido a iluminación y servicios pero, en mayor medida, a los equipos que los laboratorios manejan.

A través de la cooperación de la Dirección General de Obras (DGO) de la BUAP se tuvo acceso a la información de planos y levantamientos de las instalaciones eléctricas de la FIQ, información de gran valía para el proyecto y que se encuentra disponible en el anexo G de esta tesis. La estimación del consumo energético en la FIQ-BUAP es uno de los objetivos bases en este proyecto de tesis y se presenta ampliamente en los anexos D y E del presente trabajo, en donde se contabiliza los equipos y aparatos eléctricos en los cubículos, aulas, laboratorios, oficinas, baños y edificios en general con sus respectivas luminarias. El uso de computadoras en la FIQ también es un factor demandante de energía, la gráfica 2.3.2 muestra el desglose de computadoras activas por unidad académica en nivel superior de CU.

Gráfica 2.3.2. Computadoras activas en CU en 2014 – 2015.

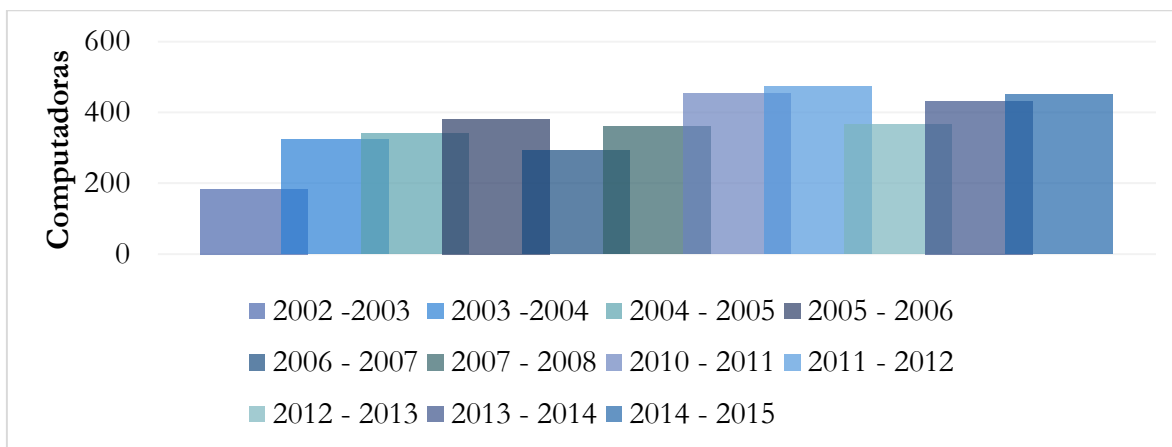


Fuente: BUAP, Unidad de Transparencia y Acceso a la Información, Anuario universitario.

Con un total 451 computadoras activas y registradas al cierre del periodo 2014 – 2015 la FIQ se posiciona como la décima facultad con mayor número de computadoras en CU de la BUAP. Cabe mencionar que la cantidad de equipo de cómputo que muestra la unidad de transparencia son solo los que se encuentran activos y registrados, no refleja las portátiles no registrados ni otro tipo de dispositivos que diariamente se conectan al suministro energético.

En el capítulo IV estos datos oficiales se usan para el estimado de consumo de la FIQ con un factor de aumento debido a las portátiles y dispositivos mencionados. El aumento progresivo de las computadoras activas de la FIQ se muestra en la gráfica 2.3.3.

Gráfica 2.3.3. Computadoras activas en la FIQ de 2002 – 2015.



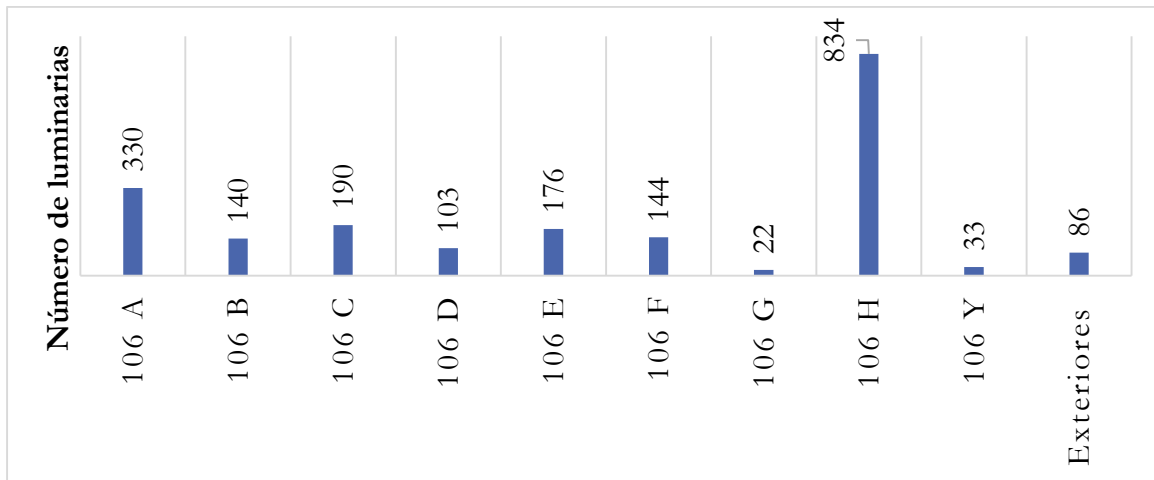
Fuente: BUAP Unidad de Transparencia y Acceso a la Información, Anuario universitario.

En el 2º Informe de labores FIQ Gestión 2012-2016 se hace énfasis al uso de las tecnologías de la información y comunicación como una herramienta indispensable en el proceso de enseñanza-aprendizaje, por lo que, se llevaron a cabo las siguientes acciones con respecto a este rubro:

- Se adquirieron 32 equipos de cómputo para la práctica docente.
- Se adquirió dos equipos multifuncionales para servicio administrativo.
- Se actualiza equipo de voz y datos en los laboratorios de cómputo del edificio 106C, cambio de dos *Switch* de 24 y 48 puertos, *Patch* panel y cableado.
- Se adquirieron 19 videos proyectores, los cuales se instalaron en las aulas de la facultad.

La luminaria es otro aspecto que se encuentra presente en cualquier estudio de consumo energético, por ser una institución amplia y pública, la iluminación en algunas zonas la FIQ es básica y constante durante cierto horario en pasillos y edificios, la gráfica 2.3.4 muestra el inventario general de luminaria de la FIQ por edificio. La especificación del tipo de luminaria se encuentra en los anexos y su potencia se cuantifica en el capítulo IV al igual que la iluminación externa en el parque bicentenario y entre cada edificio.

Gráfica 2.3.4. Número de luminarias por edificio y exteriores.



Fuente: DGO.

En donde:

- **Edificio 106 A:** Dirección, cubículos y aulas.
- **Edificio 106 B:** Cubículos y aulas.
- **Edificio 106 C:** Laboratorio de tratamiento del agua.
- **Edificio 106 D:** Laboratorios.
- **Edificio 106 E:** Laboratorios.
- **Edificio 106 F:** Laboratorio pesado.
- **Edificio 106 G:** Laboratorio de Biodiesel.
- **Edificio 106 H:** Aulas y cubículos.
- **Edificio 106 Y:** Cafetería.
- **Exteriores:** Luminarias externas.

De acuerdo con Arzate (2011), los edificios son los responsables de 72% del consumo de electricidad; 39% de las emisiones de bióxido de carbono y 13.6% del consumo de agua potable; 25% de la madera cosechada, 30% de los desperdicios sólidos y 20% del agua contaminada. Actualmente los edificios e instalaciones de la FIQ cuentan con un sistema de suministro de energía eléctrica tradicional, con la problemática principal de no tener una dato certero y mucho menos un histórico de su consumo eléctrico, en la zona perimetral de la facultad no hay medidores de consumo y la BUAP, de la misma forma, no cuenta algún dato particular de la FIQ con respecto a su consumo. Este trabajo de tesis presenta además de la propuesta de la tecnología sustentable, una importante y primera base de datos para futuros estudios energéticos, de infraestructura o de conocimiento general.

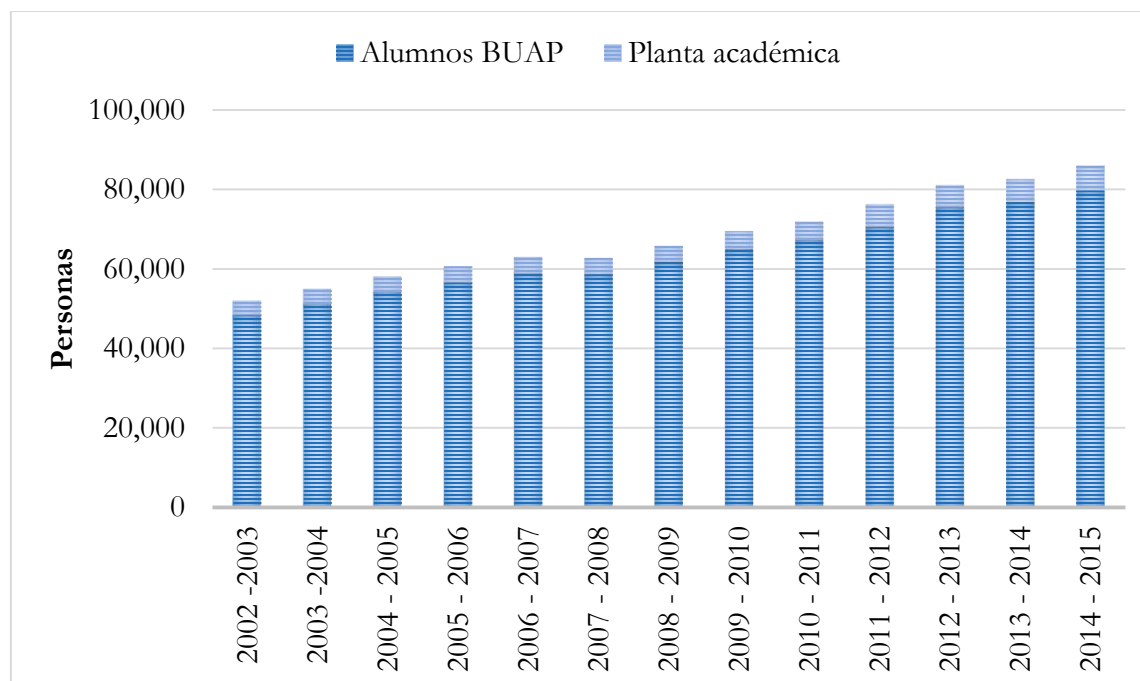
PROSPECTIVA DEL REQUERIMIENTO ENERGÉTICO EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA BUAP

SOBRE EL REQUERIMIENTO ACTUAL Y A 20 AÑOS // PROPUESTA TECNOLÓGICA
SUSTENTABLE EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

A nivel universidad, la BUAP crece año tras año en población debido a la incorporación de nuevas carreras y personal académico. En los últimos trece años la población aumentó 65%, como se puede observar en la gráfica 2.4.1 la cual incluyen la población de todas las dependencias administrativas y académicas: bachilleratos, técnicos, técnicos superiores universitarios, licenciaturas y posgrados.

Usualmente los proyectos a base de energías renovables se estiman con un ciclo de vida de entre 20 y 30 años, ante esta particularidad y con la referencia anterior, es factible considerar que en 20 años la población de alumnos de la FIQ aumente, por diversas razones como la posible apertura de nuevas carreras, aumento de población natural, la demanda académica en el municipio, entre otras posibilidades.

Gráfica 2.4.1. Población en la BUAP de 2002 – 2015.



Fuente: Transparencia BUAP con datos de Dirección de Recursos Humanos.

Así como aumenta la población, las necesidades energéticas en todos los rubros también lo hace. Como se mostró en el capítulo I, la tendencia va hacia las tecnologías alternativas. El cambio tecnológico se dará gradualmente, en diferentes intensidades y por diversos caminos, guiados por la influencia medioambiental, sustentable y los costos de los combustibles fósiles.

Ante esto la BUAP debe colocarse a la vanguardia ofreciendo opciones de generación de energía, a la par de crear consciencia sobre el uso racional de ésta, así como incentivar un cambio de hábitos y actitudes que favorezcan una mayor eficiencia en el uso de la energía, el mejor empleo de los recursos energéticos y el cuidado del medio ambiente. La universidad está trabajando en la conformación de una agenda sustentable, que considere los retos actuales y futuros que enfrenta la institución, definiendo acciones para que la comunidad universitaria asuma, con responsabilidad, el compromiso de una mejora constante, que dé respuestas certeras y oportunas a las demandas de la sociedad para un desarrollo sustentable.

Dado esto, la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas (FCFM) de la BUAP puso en marcha un sistema de captación de energía solar para producir energía eléctrica en su dirección y oficinas administrativas, sistema que al mismo tiempo evitará la contaminación del medio ambiente y contribuirá a aprovechar los recursos naturales. Hasta el momento existen cuatro espacios universitarios que cuentan con energía proveniente del sol y del viento: la secretaría administrativa de la institución, así como el laboratorio de ciencias aplicadas, el centro de estudios en energía y ambiente, al igual que la dirección y oficinas administrativas, los tres últimos de la FCFM.

En los próximos años, guiados por el convencimiento de prestar el mejor servicio a sus alumnos y personal en general, la FIQ seguirá creciendo tanto en población como en infraestructura. En este trabajo se propone realizar un estudio de factibilidad técnica y económica a una tecnología energética sustentable que satisfaga los requerimientos eléctricos de la FIQ beneficiando así no solo a la facultad de ingeniería química sino también a la BUAP y a la sociedad en general.

CAPÍTULO III

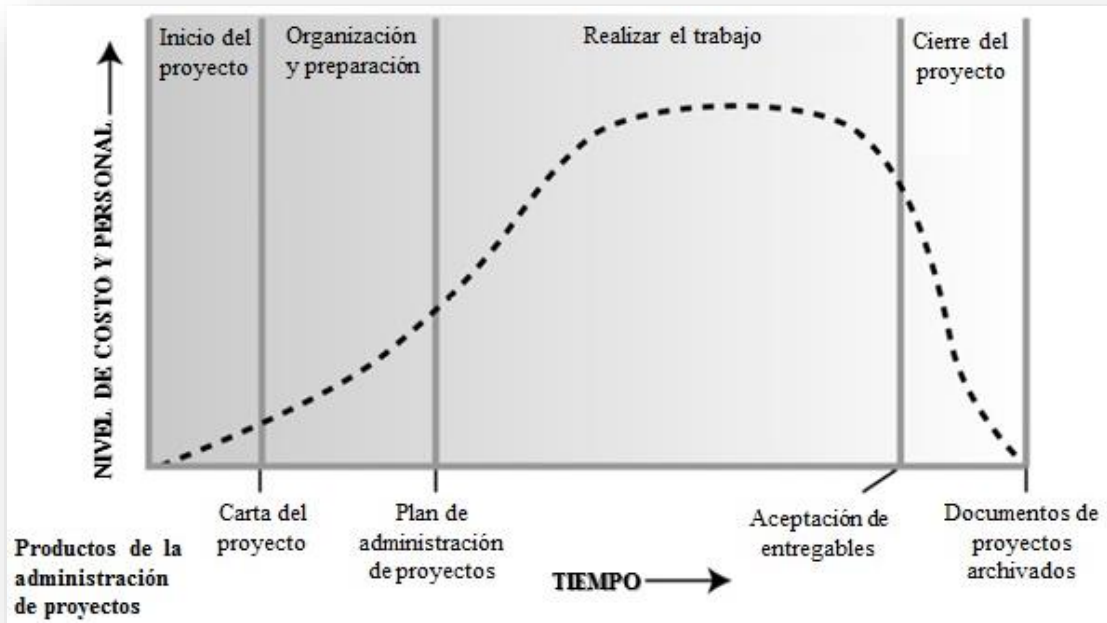
INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS DEFINICIÓN DE PROYECTOS Y SUS ETAPAS // TÓPICOS DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS // INGENIERÍA DE PROYECTOS

Los proyectos en las organizaciones se originan de un proceso de planificación. La planificación consiste en definir las metas de la organización, establecer una estrategia general para alcanzarlas y trazar planes exhaustivos para integrar y coordinar el trabajo de la organización (Oliveros y Rincón, 2010). Debido a lo anterior, se puede decir que un proyecto es una planificación, un conjunto de actividades coordinadas e interrelacionadas con la finalidad de alcanzar objetivos específicos en tiempo y forma, o como lo define el *Project Management Institute* (PMI): “*un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único*”. Temporal significa que cada proyecto tiene un comienzo y un final definidos en el tiempo. El final se alcanza cuando se han logrado los objetivos principales del proyecto o cuando queda claro que los objetivos del proyecto no serán o no podrán ser alcanzados (PEMEX, 2014).

Dentro de un proyecto, puede distinguirse distintas etapas. En principio surge una idea, que establece la necesidad u oportunidad a partir de la cual se diseña el proyecto, luego en la etapa del diseño propiamente dicha, se realiza una valoración de las opciones y estrategias a seguir, con el objetivo a cumplir como guía; finalmente llega el momento de la ejecución y, una vez finalizada, se realiza la evaluación. Esto puede resumirse en cuatro etapas distintas: conceptualización, planificación, ejecución y culminación.

La administración de proyectos, también conocida como dirección o gestión de proyectos, es un método sistematizado y progresivo para definir, organizar, planificar, monitorear y controlar los proyectos con la finalidad de que los mismos lleguen a un adecuado término (Oliveros y Rincón, 2010). Un método que se ha utilizado con cierta regularidad para visualizar un proyecto es el uso de la idea del ciclo de vida del proyecto. Los ciclos de vida se utilizan para dar seguimiento a las etapas del proyecto, la gráfica 3.1.1 representa la estructura típica de este ciclo.

Gráfica 3.1.1. Ciclo de vida de un proyecto.

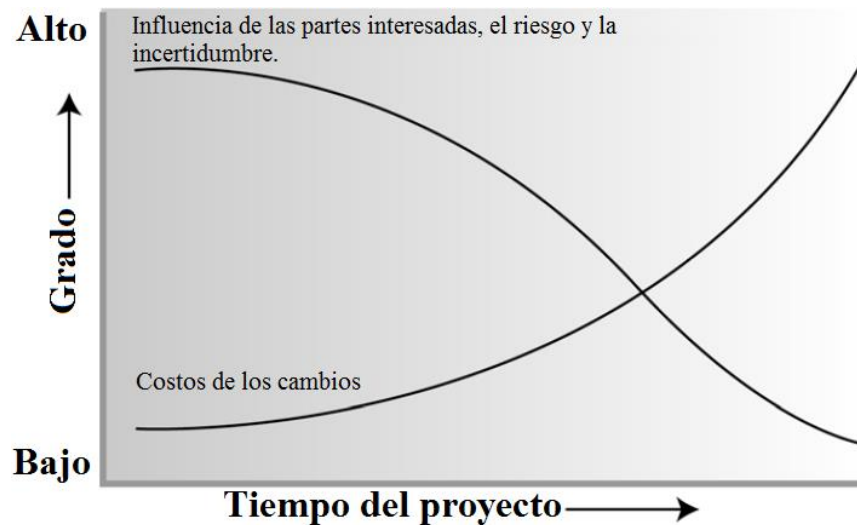


Fuente: PMI.

Todos los proyectos sin importar cuán pequeños, grandes, sencillos o complejos sean pueden configurarse dentro de la estructura del ciclo de vida anterior. Esta estructura genérica presentada en la guía *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK) tiene las siguientes características:

- Los niveles de costo y dotación de personal son bajos al inicio del proyecto, alcanzan su punto máximo según se desarrolla el trabajo y caen rápidamente cuando el proyecto se acerca al cierre. Este patrón típico está representado por la línea punteada observada en la gráfica 3.1.1.
- La influencia de los interesados o *stakeholders*, al igual que los riesgos y la incertidumbre (véase gráfica 3.1.2) son mayores al inicio del proyecto. Estos factores disminuyen durante la vida del proyecto.

Gráfica 3.1.2. Impacto de los interesados, riesgos, incertidumbres y costo de los cambios en función del tiempo del proyecto.



Fuente: PMI.

- La capacidad de influir en las características finales del producto del proyecto, sin afectar significativamente el costo, es más alta al inicio del proyecto y va disminuyendo a medida que el proyecto avanza hacia su conclusión. En la gráfica 3.1.2 se ilustra la idea de que el costo de los cambios y de corregir errores suele aumentar sustancialmente según el proyecto se acerca a su fin (PMI, 2008).

Esta perspectiva general puede proporcionar un marco de referencia común para comparar proyectos, incluso si son de naturaleza diferente.

Otro concepto importante en la administración, dirección y ejecución de proyectos son las buenas prácticas. En proyectos, una buena práctica es toda aquella actividad que minimice los errores o desviaciones en toda la cadena de valor. Cuando una buena práctica funciona para varias actividades se convierte en una mejor práctica. Algunas empresas e instituciones dedicadas a desarrollar y/o documentar mejores prácticas tendientes a evitar desviaciones durante el desarrollo de proyectos son: PMI, *Construction Industry Institute* (CII) y *Independent Project Analysis* (IPA)

El PMI una asociación sin fines de lucro, líder mundial en la profesión de administración y programación de proyectos, ha generado un conjunto de mejores prácticas para un adecuado desarrollo de proyectos, los cuales se presentan a continuación:

- Gestión de la integración del proyecto.
- Gestión del alcance del proyecto.
- Gestión del tiempo del proyecto.
- Gestión de los costos del proyecto.
- Gestión de la calidad del proyecto.
- Gestión de los recursos humanos del proyecto.
- Gestión de las comunicaciones del proyecto.
- Gestión de los riesgos del proyecto.
- Gestión de las adquisiciones del proyecto.
- Gestión de los interesados del proyecto.

El CII una organización de aprendizaje con una gran base de conocimiento e información establece las mejores prácticas en los proyectos de la siguiente forma:

- *Front End Planning.*
- Alineación.
- Constructabilidad.
- Administración de materiales.
- Planeación para el arranque.
- Integración del equipo de proyecto.
- Asociaciones.
- Administración de la calidad.
- Implementación de la investigación del CII.
- Lecciones aprendidas.
- Análisis comparativo y métricas.
- Administración de cambios.
- Prevención y resolución de disputas.
- Evaluación de riesgos del proyecto.
- Técnicas de cero accidentes.

En cuanto a la metodología del IPA basada en la experiencia de alrededor de 16,000 proyectos los cuales forman parte de la base de datos de proyectos de inversión más extensa y detallada del mundo, recopila a las mejores prácticas en proyectos como:

- Definir lo que está en juego para el negocio.
- Medir la efectividad con precisión
- *Front End Loading.*
- Efectividad del equipo.
- Prácticas de incremento de valor.
- Estrategias de contratación.
- Gestión de riesgos del proyecto.
- Ejecución y control de proyectos.
- Seguridad en la construcción.

Es menester resaltar que no todas las mejores prácticas aplican a todos los proyectos, es necesario realizar un proceso de discriminación para conocer en cuales se deberán enfocar los esfuerzos (PEMEX, 2014).

Por otro lado el grupo de actividades que demandan la conjunción de diversas técnicas y criterios con el único fin de lograr la realización de un proyecto dentro de ciertas características establecidas previamente en base a tiempo, inversión y calidad, se le da el nombre de ingeniería de proyectos (Amaro, Aguilar, Hernández, s. f.).

La ingeniería de proyectos de plantas e instalaciones industriales cuenta con diversas etapas plenamente identificadas. Primeramente se ubica la fase conceptual en la cual se determina la justificación técnica y económica del proyecto realizando un análisis de diversos aspectos indispensables. Entre estos aspectos se encuentra un estudio de mercado, la localización de la planta, la selección previa de la tecnología y la definición de aspectos fundamentales del proceso.

Posteriormente se lleva a cabo la ingeniería básica, entendiendo ésta como una serie de documentos técnicos relativos principalmente a la ingeniería del proceso, que permiten diseñar la planta para que pueda operar segura y bajo control. Dentro del desarrollo de esta etapa del proyecto es necesario mantener una serie de *hitos* o momentos de decisión, de planeación y control de las actividades, para concluir el proyecto con calidad y restringido a un presupuesto y tiempo de ejecución.

Al término de la ingeniería básica se procede a realizar la ingeniería de detalle, la cual estará orientada a la ejecución de los planos constructivos de la planta, que permiten su fabricación. Las fases subsecuentes son la procura y la compra de los equipos y materiales, para concretar el proyecto con la construcción, arranque y operación de las instalaciones entregadas al cliente.

La elaboración de la ingeniería básica de un proyecto requiere más que la sola comprensión de los aspectos teóricos y conceptuales del proceso y del funcionamiento de los equipos. Requiere del conocimiento de criterios ingenieriles, basados en la amplia experiencia adquirida con la realización de proyectos, resolución de problemas y entrega de instalaciones que operen satisfactoriamente (Amaro et al., s. f.).

FUNDAMENTOS *FRONT END LOADING*

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN // APLICACIONES Y BENEFICIOS

Front End Loading o FEL término acuñado por la compañía DuPont hace más de 20 años, es una metodología para el desarrollo de proyectos que se basa en el concepto de aprobación por compuertas a través de las cuales se desarrollan suficiente información estratégica para identificar riesgos y comprometer recursos con el fin de maximizar el éxito del proyecto. El FEL es una mejor práctica, es decir, una metodología probada y que ha dado resultados satisfactorios (PEMEX, 2014). Actualmente es la forma por la cual todo tipo de empresas, industrias e instituciones internacionales y nacionales desarrollan sus proyectos.

En este contexto, FEL ha adquirido diferentes denominaciones:

- *Pre Project Planning*
- *Front End Definition*
- *Front End Engineering*
- *Front End Planning*

Debido a lo anterior, existen diferentes definiciones de FEL dependiendo la compañía que lo use; a continuación se presentan las definiciones de CII e IPA (Flores, 2006):

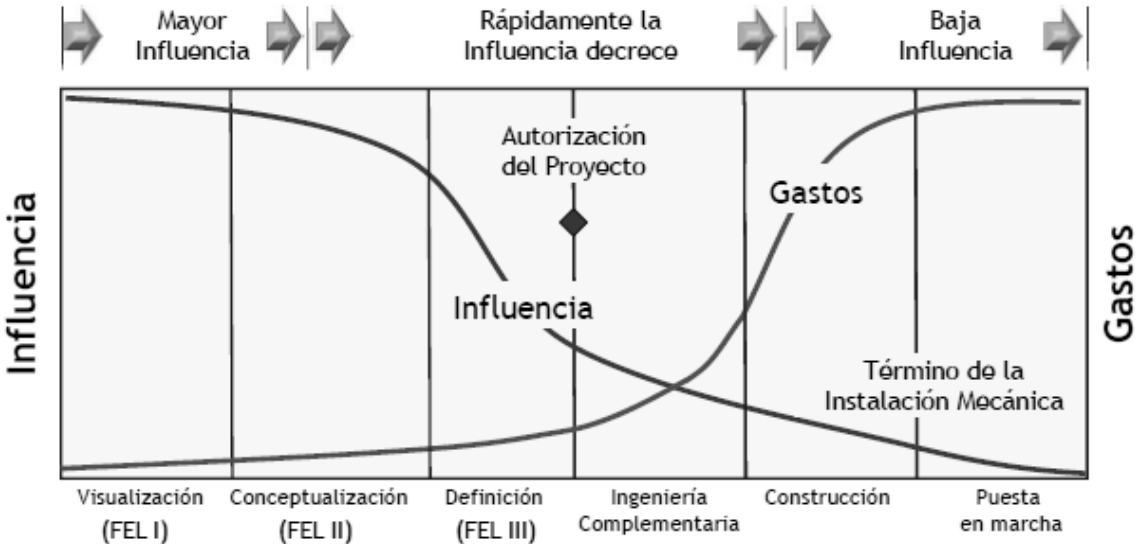
CII: Proceso que desarrolla suficiente información estratégica para que los dueños del negocio identifiquen los riesgos, definan una estrategia para mitigarlos y comprometan recursos para que el proyecto sea un éxito.

IPA: Proceso que traduce las oportunidades de negocios y tecnología a un proyecto de inversión, donde los objetivos del proyecto están alineados con los objetivos del negocio para desarrollar el más eficiente diseño de proceso y plan de ejecución. El FEL inicia desde las más tempranas fases hasta finalizar el paquete de diseño básico.

Todas las definiciones FEL tienen una sola esencia “planear para reducir riesgos”, es decir, ir progresivamente y no realizar todo de una vez. Dicha metodología establece la división de la planeación en tres etapas FEL: visualización (FEL I), conceptualización (FEL II) y definición

(FEL III), al final de las cuales se encuentran las compuertas de aprobación (PEMEX, 2014). La gráfica 3.2.1 ilustra la curva de influencia y gastos para un proyecto junto con las diferentes etapas de este. Como se muestra las decisiones que se toman (o aquellas que no se toman) y la calidad de los resultados producidos durante FEL tienen la mayor influencia en el costo final del proyecto, suponiendo que el plan se ejecuta (Smith, 2000).

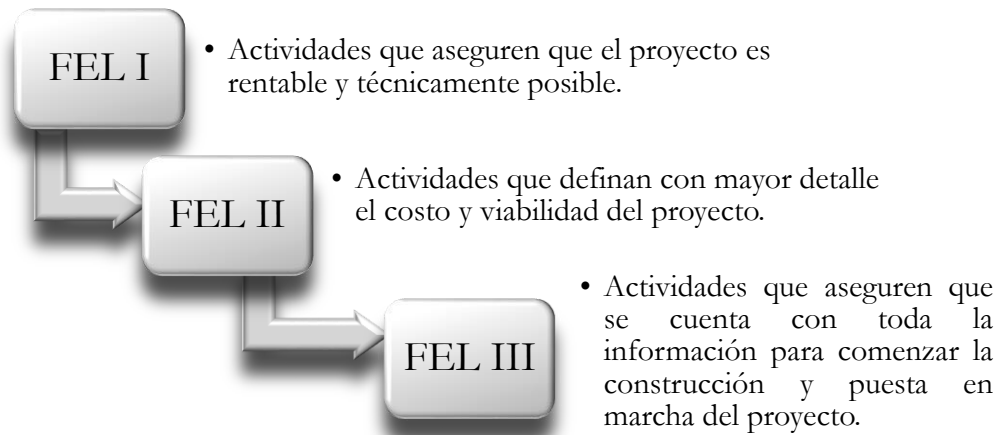
Gráfica 3.2.1. Curva de influencia vs gastos en un proyecto FEL.



Fuente: IPA.

El factor más importante que determina el éxito de un proyecto es la adecuada definición de su alcance. El alcance de un proyecto es el trabajo que debe realizarse para entregar un producto, servicio o resultado con las funciones y características especificadas (PMI, 2008). La definición del alcance debe seguir un proceso estructurado para asegurar que el alcance contenga todo el trabajo requerido para cumplir los objetivos de negocio, los operativos y las prioridades del proyecto en términos de costo y tiempo. El Sistema Institucional de Desarrollo de Proyectos (SIDP) de PEMEX, resume lo anterior en el siguiente diagrama de actividades:

Diagrama 3.2.1. Secuencia de actividades en cada etapa FEL.



Fuente: SIDP, PEMEX.

Cada etapa FEL contiene un alcance particular e incrementa el nivel de definición del alcance de los proyectos conforme se desarrolla cada una de ellas. El alcance de la etapa de visualización (FEL I), conocida comúnmente como alcance preliminar, se basa en una descripción general del proyecto y los objetivos que deben cumplirse. Se trata de información básica en cuanto a las características, límites, capacidades, productos y servicios relacionados con el proyecto. En cuanto al alcance en la etapa de conceptualización (FEL II), llamado alcance definitivo, se actualizan algunos entregables desarrollados en FEL I y se desarrollan otros como resultado de estudios, ingeniería básica y contrataciones tecnológicas. En esta etapa se cuenta con el nivel de definición requerido para realizar el proceso de aprobación de recursos presupuestales del proyecto. Como resultado del desarrollo de diferentes actividades que aumentan el nivel de definición del proyecto, en la etapa de definición (FEL III) el alcance o alcance detallado, se logra el mayor nivel del alcance previo a la fase de ejecución. A partir de esta información se actualiza la línea base de alcance que servirá como referencia para el control de cambios durante la ejecución (PEMEX, 2014). Hay muchas técnicas para asegurar un óptimo alcance del proyecto, algunas reducen los costos de operación, otros reducen la inversión de capital y otros mejoran los rendimientos.

Las mejores prácticas son buenas fuentes de información que mejoran la rentabilidad, por ejemplo, las prácticas de incremento de valor (PIV), son prácticas de ingeniería adicionales para

el proyecto, conducidas formalmente para incrementar el valor del mismo, es decir, técnicas usadas en toda la industria en cuanto al alcance óptimo del proyecto se refiere. *Smith* (2000) recopila en el artículo *Improved Project definition ensures value-added performance*, algunas PIV que se muestran en la tabla 3.2.1, aplicadas a una mejor práctica como el FEL.

Tabla 3.2.1. PIV comúnmente usadas en la industria (Smith, 2000).

PIV	FEL 1	FEL 2	FEL 3
Valor de ingeniería		x	x
Minimización residuos		x	
Operatividad		x	x
Constructabilidad		x	x
Diseño de la capacidad			x
Selección de tecnología	x	x	
Estandarización, normalización y especificación		x	x
Simplificación de procesos		x	
Simulación y factibilidad de los procesos			x
Mantenimiento predictivo			x
Alianza con proveedores		x	x
Análisis de riesgos	x	x	x
Modelado en 3D CAD		x	x
Definición del equipo de trabajo	x	x	x
Cero accidentes		x	x

Más PIV también se pueden encontrar a través del IPA, PMI u organizaciones de todo tipo de industria, pero es menester puntualizar que en el presente trabajo de tesis se utiliza las PIV propuestas Smith (2000).

Otro aspecto relevante en los proyectos son los costos. El costo se mide por lo general como cantidad monetaria que debe pagarse para adquirir bienes y servicios, de forma similar los costos en los proyectos se definen como el monto que el cliente ha acordado pagar por productos entregables del proyecto que son aceptables. De las definiciones anteriores se interpreta que los costos implican desembolso de dinero, no obstante desde el punto de vista contable lo que realmente se debe imputar como costo de un producto, actividad, programa, proyecto o cualquier objeto de costo, debe abarcar cualquier desembolso de dinero, así como partidas que no impliquen tal desembolso como por ejemplo, la depreciación de equipos y maquinarias, amortización de patentes y otras (Oliveros y Rincón, 2010).

Los principales factores que influyen para dar cumplimiento a los costos planeados en proyectos son:

- La completa y correcta definición del alcance del proyecto
- El grado de desarrollo de la ingeniería
- La metodología para la estimación de costos

Es importante acotar que durante el desarrollo de un proyecto se elaboran varios tipos de estimados de costos, los cuales a medida que se tiene mayor cantidad de información, aumenta la precisión de los mismos (Oliveros y Rincón, 2010), por ejemplo el grado de desarrollo de ingeniería, es decir, cuanto mayor sea este, mayor precisión en el estimado de costo, detallando el alcance del proyecto. Una clasificación de estimado de cosos se muestra en la tabla 3.2.2. (PEMEX, 2015).

Tabla 3.2.2. Desviación esperada del estimado de costo en proyectos.

	Clasificación Estándar ACCE	Estándar ANSI Z94.0	Asociación de Ingenieros de Costos (UK)	ASPEN TECH	Lineamientos PEMEX
Mayor definición del proyecto	Clase 5 Bajo: -20 a -50% Alto: +30 a +100%	Orden de Magnitud Estimado -30% / +50%	Orden de Magnitud Clase IV -30% / +30%	Orden de Magnitud Estimado -30% / +50%	Clase V -30% / +50%
	Clase 4 Bajo: -15 a -30% Alto: +20 a +50%	Presupuesto Estimado -15% / +30%	Estimado de Estudio Clase III -20% / +20%	Estimado Preliminar -25% / +35%	Clase IV -20% / +35%
	Clase 3 Bajo: -10 a -20% Alto: +10 a +30%		Presupuesto Estimado Clase II -10% / +10%	Presupuesto Estimado -20% / +20%	Clase III -15% / +25%
	Clase 2 Bajo: -5 a -15% Alto: +5 a +20%	Estimado Definitivo -5% / +15%	Estimado Definitivo Clase I -5% / +5%	Estimado de Control -10% / +10%	Clase II -10% / +15%
	Clase 1 Bajo: -3 a -10% Alto: +3 a +15%			Estimado Definitivo 0% / +10%	Clase I -5% / +10%

Fuente: Guía de costos estimados para programación y gerencia de proyectos del Depto. de Energía EUA (comparativa de prácticas de clasificación, pagina 114, 1988). Matriz de estimación de información y costos de *Aspen Tech*.

La clasificación o clase de estimado de costo de la tabla anterior suele extrapolarse en términos de FEL como se muestra en la tabla 3.2.3.

Tabla 3.2.3. Clases de estimado de costos con respecto a la etapa FEL.

ETAPA	CLASE DE COSTO
FEL I	Clase V
FEL II	Clase IV o Clase III
FEL III	Clase III o Clase II
Ejecución	Clase I

Fuente: SIDP, PEMEX.

De acuerdo a las investigaciones realizadas por el CII, un FEL bien ejecutado respecto a un proyecto que no aplique esta metodología tiene los siguientes beneficios (Flores, 2006):

- Reduce el costo del proyecto hasta un 20% del monto autorizado.
- Minimiza la variabilidad de los resultados del proyecto en términos de costo, programa y operatividad.
- Incrementa la oportunidad de cumplir con objetivos ambientales y sociales.
- Incrementa la posibilidad de mejorar los logros en objetivos de negocio.
- Mejora la administración de riesgos.
- Reduce la posibilidad de cambios en el alcance.

Los países se distinguen no solo por su historia, sino por sus proyectos y en los últimos años, los profesionales de proyectos, los dueños de negocios y los de la construcción han comenzado a apreciar el impacto positivo que el FEL puede lograr en los resultados de los proyectos incorporando esta metodología a todo tipo de proyectos posibles.

SUSTENTABILIDAD Y FACTIBILIDAD DE PROYECTOS

PROYECTOS DE SUSTENTABILIDAD // CONCEPTOS Y DEFINICIÓN DE LA FACTIBILIDAD
// EL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD EN LOS PROYECTOS

El respeto a la sociedad y al medio ambiente puede verse desde mejoras a productos hasta cambios estructurales que involucran a gobiernos, empresas, instituciones e individuos; sin duda, se trata de una tendencia mundial. La idea del cambio para la sustentabilidad va ganando terreno en el sector privado. Aunque todavía no es parte de las prácticas comunes, cada vez más los negocios, industrias e instituciones empiezan a comprender los impactos que tiene este tema en la competitividad y están comenzando a integrar diferentes elementos a sus estrategias fundamentales (Szekely y Strebel, 2012). En el capítulo I se habló sobre el origen y definiciones de sustentabilidad, argumentándola como “la habilidad de lograr un beneficio económico sostenido en el tiempo, protegiendo a la vez el medio ambiente y la calidad de vida de las personas”. Bajo este contexto se considera que la sustentabilidad es un crecimiento basado en tres pilares: económico, ambiental y social. Este concepto, sin embargo, ha sido mal entendido al menos en el plano operativo. Muchas empresas, industrias e instituciones se autodenominan “sustentables” por tener alguna estrategia enfocada en el ahorro de energía o agua, cuando este concepto va mucho más que eso (Rodríguez, 2014).

Las industrias e instituciones públicas y privadas empiezan a aprovechar las oportunidades en innovación estratégica para la sustentabilidad. La innovación estratégica para la sustentabilidad puede definirse como la creación de algo nuevo que mejore el desempeño en las tres dimensiones (social, ambiental y económica) del desarrollo sustentable. Tanto en la teoría como en la práctica, hay mucho que debatir y la confusión se cierne sobre cuáles mejoras al desempeño están involucradas. Estas mejoras no se limitan a los cambios tecnológicos sino que incluyen modificaciones en los procesos, procedimientos y prácticas operativas, modelos de negocios, pensamiento y sistemas (Szekely, Strebel, 2012).

El repentino “boom” de la sustentabilidad se debe sobre todo a los múltiples beneficios económicos que genera. Pero quizá el asunto de mayor relevancia en los proyectos sustentables es la factibilidad que puedan tener.

En la mayoría de los casos la selección de oportunidades de desarrollo se basa en un análisis, integración o diversificación de las ya existentes. En la planeación industrial se utilizan criterios macroeconómicos y la mayoría de las empresas utilizan criterios financieros.

De tal forma que la factibilidad puede interpretarse como un proceso que se efectúa previo a la ejecución de un proyecto y el cual tiene como finalidad indicar los objetivos, alcances, restricciones y disponibilidad de los recursos necesarios para lograr dichos objetivos, forma parte del área financiera y del plan de negocio de un proyecto. Para justificar el desarrollo de un proyecto a la organización es necesario exponer las posibles ventajas que ofrece. Un estudio de factibilidad, por lo general, abarca varios aspectos esenciales en el desarrollo de todo proyecto. Dependiendo de la naturaleza y el ambiente donde será desarrollado el proyecto, puede haber uno o más tipos de factibilidades como:

- Factibilidad económica
- Factibilidad técnica
- Factibilidad legal
- Factibilidad organizacional

La factibilidad económica implica la disponibilidad de capital, bien sea en efectivo o créditos de financiamiento para llevar a cabo el desarrollo del proyecto. Mientras que la factibilidad técnica se basa en determinar si existe la disponibilidad de equipos, materiales mobiliario, etc. que serán necesarios para el desarrollo e implementación del proyecto. Por su parte la factibilidad legal consiste en revisar si el desarrollo del proyecto implica la violación de alguna ley, decreto, ordenanza o norma legal, bien sea a nivel nacional, estatal o municipal. Finalmente la factibilidad organizacional es el estudio de los efectos que puede generar el proyecto dentro de la organización donde será implementado.

Sin embargo, si el objetivo es una selección racional de la tecnología de base, es obvia la necesidad de una combinación de criterios tecnológicos, macroeconómicos y financieros en todos los niveles de planeación.

En vista de que los proyectos seleccionados pueden ser considerados de mucho interés se utiliza el término “criterios de factibilidad” que funciona desde un punto de vista estrictamente económico. Estos criterios son usados para evaluar la contribución del proyecto y su congruencia con los planes de desarrollo industrial (Amaro et al., s. f.).

En la evaluación de proyectos en etapas iniciales, se pretende lograr un máximo de selectividad con un mínimo de información y exactitud. En esta etapa cuando los números no son exactos todavía conviene tener presente que es más representativa una comparación en forma de proporción, porcentaje o fracción que en forma de diferencia. Los métodos para preparar una evaluación económica son numerosos y varían de proyecto en proyecto. Cada método de evaluación económica necesita un análisis de costos de los siguientes puntos principales:

- Capital fijo para instalaciones
- Capital de trabajo.
- Costos totales del producto.
- Gastos generales.
- Análisis Económico.
- Precio de venta
- Rentabilidad

En el caso de proyectos energéticos se debe de tener en cuenta:

- Balance anual de energía.
- Listado de parámetros financieros.
- Costos del proyecto y ahorros.
- Factibilidad financiera.
- Flujos anuales de caja.

El balance anual de energía y la sección de costos del proyecto y ahorros deben dar idea del modelo de energía, análisis de costos y de gases de efecto invernadero implícitos evitados. La factibilidad financiera proporciona los indicadores para la toma de decisiones (Guillen, 2004).

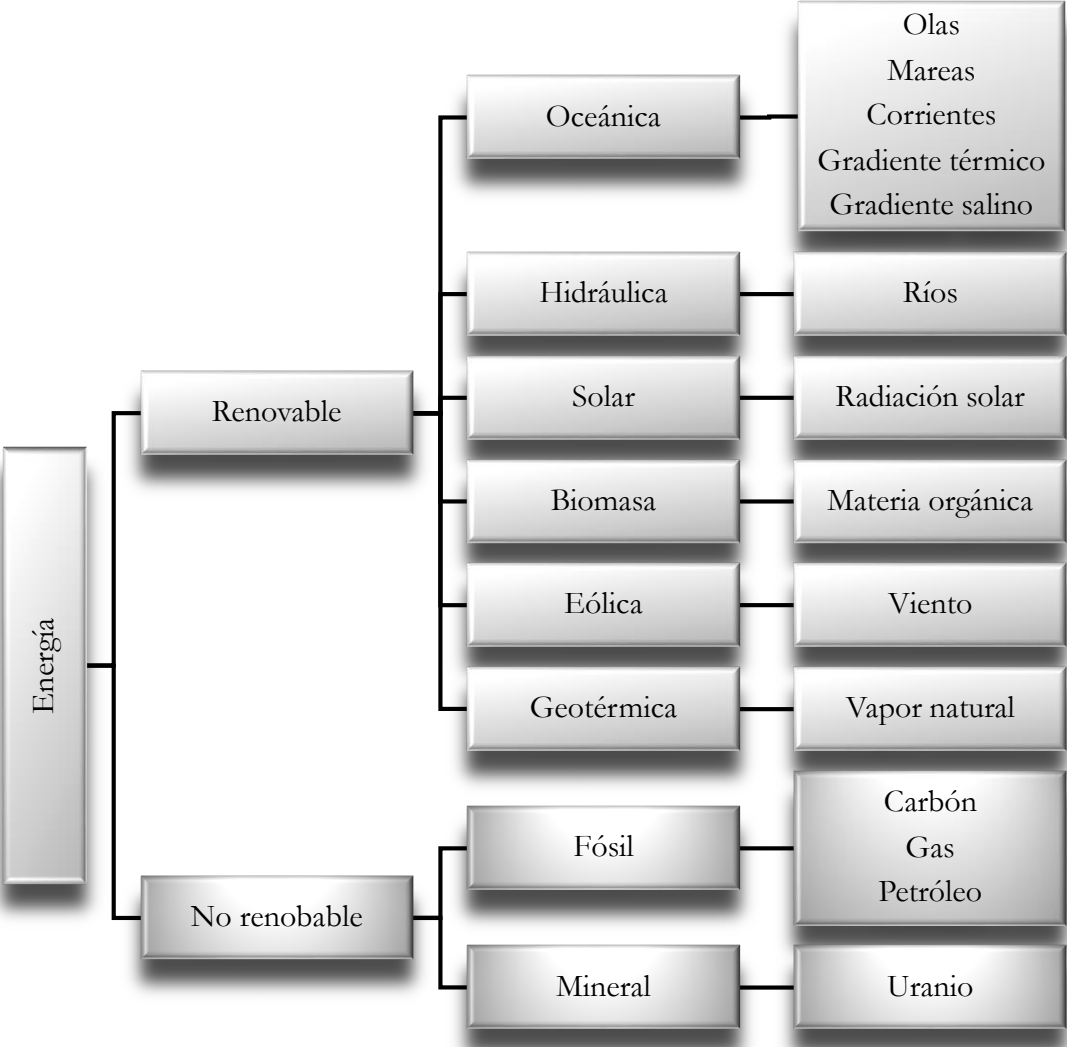
PROPUESTA SUSTENTABLE PARA EL SUMINISTRO ENERGÉTICO EN LA FIQ-BUAP

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES // SOBRE LA EVALUACIÓN DE RECURSOS RENOVABLES Y SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA // ESPACIOS FÍSICOS Y TÓPICOS DE RENTABILIDAD // SOBRE EL FINANCIAMIENTO Y NORMATIVIDAD EN PROYECTOS DE ENERGÍAS RENOVABLES

Las energías renovables son aquellas cuya fuente reside en los fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por la humanidad que se regeneran naturalmente, por lo que se encuentran disponibles de forma continua o periódica (artículo 3º fracción II de la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética o LAERFTE). O en otras palabras, todas las formas de energía que “se renuevan a sí mismas en el lapso de una generación”; es decir, en un periodo de alrededor de entre 20 y 30 años como máximo. Esta definición incluye energía eléctrica, térmica y de ciclo combinado proveniente de la hidroeléctrica, eólica, solar, biomasa, geotérmica y oceánica. Como se mencionó en el capítulo anterior, México destaca a nivel mundial por ser uno de los países con mayor potencial en la generación mediante fuentes no fósiles. En cuanto a la matriz energética que México maneja puede simplificarse, de forma muy básica, como se muestra en el diagrama 3.4.1.

Los proyectos a base de energías renovables requieren por concepto propio un estudio previo de evaluación de recursos renovables en la zona; en donde la cantidad a producir, el uso (electricidad, calor u ambas), la disponibilidad de la materia prima, las capacidades técnicas, financiera y presupuestal, los requisitos legales y el impacto ambiental son, como lo llama la *Sustainable Energy Association* (OSEA), “factores claves” para su implementación. El resultado de esta evaluación da la pauta para el estudio de selección de tecnología pues “señala” la dirección a seguir en cuanto al tipo de energía renovable. Como se ha estado mencionando a lo largo de este trabajo, el alcance del proyecto en etapa FEL I es el análisis técnico y económico preliminar para satisfacer los requerimientos de energía eléctrica de la FIQ de la BUAP a través de una tecnología sustentable.

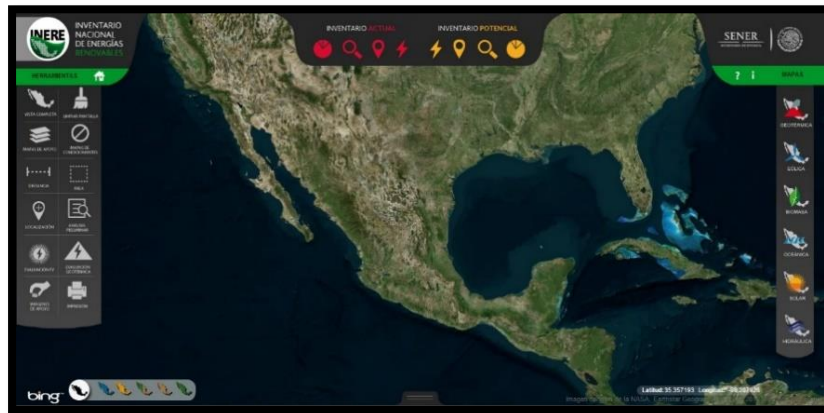
Diagrama 3.4.1. Clasificación de la energía para la obtención de energía eléctrica y sus recursos energéticos.



Fuente: INERE.

Por supuesto que no todos los recursos de energía renovable mencionados con anterioridad estarán disponibles y serán económicamente viables en el área del proyecto. El INERE de la SENER contiene una aplicación de navegación (véase mapa 3.4.1) que brinda información sobre los recursos energéticos renovables en el país. Con el apoyo de esta plataforma se puede tener un dato certero del tipo de centrales de generación eléctrica a partir de energías renovables existen en el país, estados y municipios, así como del potencial de aprovechamiento de energías renovables en el país.

Mapa 3.4.1. Plataforma de navegación sobre energías renovables del INERE.



La plataforma muestra el aprovechamiento actual y el aprovechamiento potencial de los recursos renovables en todo el país, donde:

- **El aprovechamiento actual:** Comprende la información existente sobre energía eléctrica generada actualmente a través de fuentes renovables de energía a lo largo del territorio nacional, por CFE y por los Permissionarios.
- **El aprovechamiento potencial:** Comprende información existente de sitios potenciales para generar electricidad por medio de recursos renovables de energía, y es el resultado de estudios existentes con aproximaciones del potencial para generar energía eléctrica por cada sitio potencial.

Esta herramienta está basada en procedimientos similares al utilizado actualmente en la industria petrolera para identificar las reservas posibles, probables y probadas. La clasificación del potencial de energías renovables es definida por la SENER de la siguiente forma:

- **Potencial posible:** Potencial teórico de capacidad instalable y generación eléctrica de acuerdo a estudios indirectos, utilizando supuestos, sin estudios de campo que permitan comprobar su factibilidad técnica y económica.
- **Potencial probable:** Indica que se cuentan con estudios directos e indirectos de campo, pero que no cuentan con suficientes estudios que comprueben su factibilidad técnica y económica.
- **Potencial probado:** Indica que cuenta con suficientes estudios técnicos y económicos que comprueban su factibilidad de generación eléctrica.

Como se mencionó en el capítulo anterior, el aprovechamiento actual de energías renovables en México comprende la biomasa, eólica, geotérmica, hidráulica y solar. En cuanto el aprovechamiento potencial a las energías mencionadas se anexa como potencial posible la oceánica. Por su parte el estado de Puebla cuenta con el “potencial probado” que se muestra en la tabla 3.4.1, en base a lo reportado por el INERE.

Tabla 3.4.1. Aprovechamiento potencial probado en el estado de Puebla.

Municipio	Proyecto	Tipo de energía	Capacidad instalable (MW)	Potencial (GWh/año)
Chignautla	Los Humeros III	Geotermoeléctrica Hidrotermal	25	197.235
Palmar del Bravo	Pier II Quecholac - Felipe Ángeles	Aerogenerador Convencional	66	243.69
San Felipe Tepatlán	DESELEC 1	Grande Hidroeléctrica	60	168.3
Zacapoaxtla	Hidroeléctricas - Gaya	Pequeña Hidroeléctrica	12	57.09
Palmar del Bravo	Parque Industrial de Energía Renovable	Aerogenerador Convencional	150	450
Nicolás Bravo	PIER IV	Aerogenerador Convencional	150	450
Xochitlán	Enersi - Central Puebla	Pequeña Hidroeléctrica	19	104.48
Zoquiapan	Generación Eléctrica - San Antonio - Central Zoquiapan	Pequeña Hidroeléctrica	29.1	171.6
Amozoc	Solar Wind Baja Central Amozoc	Fotovoltaica	32	60
Quimixtlán	Proyectos Ika	Pequeña Hidroeléctrica	27.38	108.78
Zacapoaxtla	Hidroeléctricas Gaya	Pequeña Hidroeléctrica	12	57.09

Fuente: INERE con datos de CFE y CRE identificado al 30 de junio de 2015.

Por otro lado los lugares con “potencial probable” en el estado de Puebla se muestran en la tabla 3.4.2.

Tabla 3.4.2. Aprovechamiento potencial probable en el estado de Puebla.

Municipio	Proyecto	Tipo	Capacidad instalable (MW)	Potencial (GWh/año)
Atlixco	Puebla 1	Biogás	0.17	0.97
Huaquechula	Puebla 2	Biogás	0.15	0.86
Juan C. Bonilla	Puebla 3	Biogás	0.11	0.65
Tecamachalco	Puebla 4	Biogás	0.21	1.20
Acatlán	Mariscala	Pequeña Hidroeléctrica	3.05	26.7
Xicotlán	Coacalco	Pequeña Hidroeléctrica	2.71	23.76
Cohetzala	Huehuetlán	Pequeña Hidroeléctrica	0.29	2.55
Chila de la Sal	Tecomatlán	Pequeña Hidroeléctrica	3.07	26.93
Chila de la Sal	Tlacotepec	Pequeña Hidroeléctrica	0.69	6.06
San Sebastián Tlacotepec	Chilchotla	Pequeña Hidroeléctrica	1.66	14.53
Coyomeapan	Coyolapa	Pequeña Hidroeléctrica	0.98	8.55
Eloxochitlán	Tepeyac	Pequeña Hidroeléctrica	2.89	25.34
Quimixtlán	Sistema Cosautlán	Pequeña Hidroeléctrica	0.69	6.06
Zacatlán	Quetzalapa	Pequeña Hidroeléctrica	0.2	1.79
Tetela de Ocampo	Tetela	Pequeña Hidroeléctrica	0.25	2.18
Zacatlán	Tomatlán	Pequeña Hidroeléctrica	2.23	19.54
Xochitlán de Vicente Suárez	Rancho Apulco	Pequeña Hidroeléctrica	0.54	4.72
Zongozotla	Santa Elena	Pequeña Hidroeléctrica	0.7	6.09

Xochitlán de Vicente Suárez	San Antonio	Pequeña Hidroeléctrica	1.3	11.4
Zacatlán	Xochicuautila	Pequeña Hidroeléctrica	0.14	1.22
Cuetzalan del Progreso	Cuamono	Pequeña Hidroeléctrica	4.1	35.91
Ahuacatlán	Tepetlán	Pequeña Hidroeléctrica	0.81	7.09
Jopala	Zaragoza	Pequeña Hidroeléctrica	3.39	29.71
Tlacuilotepec	Pahuatlán	Pequeña Hidroeléctrica	0.8	7.05
Xicotepec	Villa Juárez	Pequeña Hidroeléctrica	1.68	14.7
Venustiano Carranza	Coatzintla	Pequeña Hidroeléctrica	3.89	34.12
Pantepec	Pantepec	Pequeña Hidroeléctrica	1.71	14.98
Pantepec	Mecapalapa	Pequeña Hidroeléctrica	2.15	18.86
Francisco Z. Mena	Metlatoyuca	Pequeña Hidroeléctrica	7.37	64.59
Tehuacán	San Lorenzo Tehuacán	Geotermoelectrica Hidrotermal	5.52	43.56
Tehuacán	San Francisco Tehuacán	Geotermoelectrica Hidrotermal	6.43	50.69
Izucar De Matamoros	Colucan	Geotermoelectrica Hidrotermal	4.81	37.98
Izucar De Matamoros	Ayustla	Geotermoelectrica Hidrotermal	5.91	46.67
Tlapanala	Ojo Del Carbón	Geotermoelectrica Hidrotermal	6.14	48.46
Huehuetlán El Grande	Huehuetlán	Geotermoelectrica Hidrotermal	6.24	49.22
Teopantlán	Palo Bolero 10	Geotermoelectrica Hidrotermal	4.63	36.50
Tecali De Herrera	Tecali	Geotermoelectrica Hidrotermal	6.06	47.78
Tepeaca	La Esmeralda	Geotermoelectrica Hidrotermal	5.96	46.98

Tepeaca	Actipan	Geotermoeléctrica Hidrotermal	5.76	45.47
Tecali De Herrera	Las Palmillas	Geotermoeléctrica Hidrotermal	6.18	48.78
Chalchicomula De Sesma	La Candelaria 6	Geotermoeléctrica Hidrotermal	5.84	46.07
Los Reyes De Juárez	Acozac 6	Geotermoeléctrica Hidrotermal	6.81	53.76
Acatzingo	Cofradía 6	Geotermoeléctrica Hidrotermal	6.90	54.48
Puebla	Agua Azul	Geotermoeléctrica Hidrotermal	5.87	46.31
Puebla	Rancho Colorado	Geotermoeléctrica Hidrotermal	6.06	47.78
San Juan Atenco	San Juan Atenco 6	Geotermoeléctrica Hidrotermal	5.75	45.39
Aljojuca	Aljojuca 6	Geotermoeléctrica Hidrotermal	5.21	41.13
San Salvador El Seco	San Salvador El Seco 6	Geotermoeléctrica Hidrotermal	6.15	48.54
Oriental	Portes Gil 6	Geotermoeléctrica Hidrotermal	5.84	46.08
Libres	La Unión 6	Geotermoeléctrica Hidrotermal	6.52	51.45
Libres	Libres 6	Geotermoeléctrica Hidrotermal	6.63	52.32
Tepeyahualco	Tepeyahualco	Geotermoeléctrica Hidrotermal	6.60	52.09
Tlatlauquitepec	Ocotlán 6	Geotermoeléctrica Hidrotermal	6.44	50.77
Zacapoaxtla	Acuaco 6	Geotermoeléctrica Hidrotermal	6.25	49.30
Chignautla	Chignautla-6	Geotermoeléctrica Hidrotermal	6.34	50.01
Tlatlauquitepec	Tlatlanquitepec 6	Geotermoeléctrica Hidrotermal	6.24	49.22
Zacatlán	Quetzalapa	Geotermoeléctrica Hidrotermal	7.38	58.22
Zacatlán	Alcaparroza	Geotermoeléctrica Hidrotermal	7.30	57.62

Zacatlán	San Miguel	Geotermoeléctrica Hidrotermal	4.98	39.25
Zacatlán	Tepozan	Geotermoeléctrica Hidrotermal	4.98	39.25
Zacatlán	Metlavista	Geotermoeléctrica Hidrotermal	9.12	71.96
Zacatlán	Zacatlán	Geotermoeléctrica Hidrotermal	6.10	48.14
Xicotepec	El Paraíso	Geotermoeléctrica Hidrotermal	5.24	41.37

Fuente: INERE con datos de CFE, CRE, Universidad Autónoma de México y el Centro Mario Molina, identificado al 30 de junio de 2015.

Lo anterior se puede resumir en la tabla 3.4.3 donde se muestra el potencial probado, probable y posible en México, estado de Puebla y el municipio de Puebla.

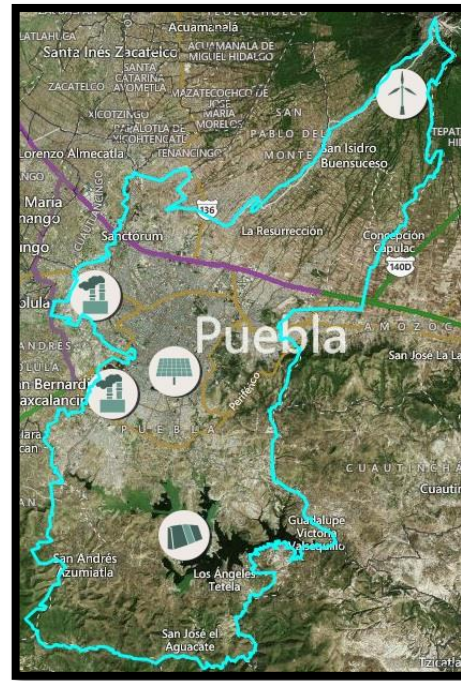
Tabla 3.4.3. Aprovechamiento potencial en el país, en el estado de Puebla y en el municipio.

México						
	Biomasa	Eólica	Geotérmica	Hidráulica	Oceánica	Solar
Probado	●	●	●	●		●
Probable	●	●	●	●		●
Posible	●	●	●	●	●	●
Estado de Puebla						
	Biomasa	Eólica	Geotérmica	Hidráulica	Oceánica	Solar
Probado		●	●	●		●
Probable	●		●	●		
Posible	●	●	●	●		●
H. Puebla de Z.						
	Biomasa	Eólica	Geotérmica	Hidráulica	Oceánica	Solar
Probado						
Probable			●			
Posible	●	●	●	●		●

A nivel local la Heroica Puebla de Zaragoza es un beneficiario de este tipo de energías y centrales eléctricas, pero no genera a gran escala algún tipo de energía renovable, sin embargo como se muestra en la tabla 3.4.2, dos sitios de potencial probable de energía geotermoeléctrica se ubican en este municipio.

En cuanto al potencial posible la biomasa, la eólica, la hidráulica y la solar se encuentran dentro del “abanico” energético renovable en la zona (véase mapa 3.4.2). Como se mencionó con anterioridad el término “potencial posible” implica un aprovechamiento teórico y no necesariamente algo probado o con datos empíricos, mientras que el “potencial probable” si cuenta con algunos datos de potencial mas no de factibilidad en términos del INERE. Aun así tanto gobierno municipal como la ciudadanía, empresas, oficinas y escuelas en el municipio de Puebla han adoptado tecnologías a pequeña y mediana escala en base a energías renovables como autoabastecimiento eléctrico o calefacción.

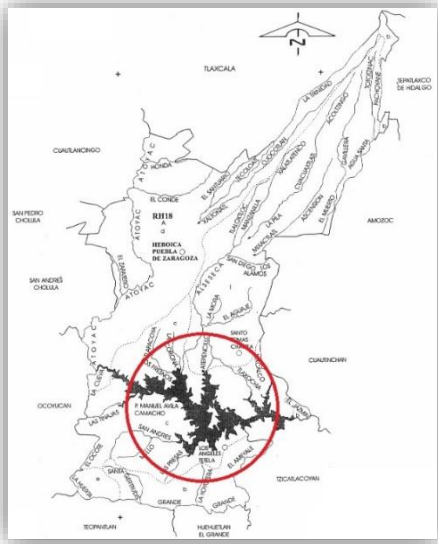
Mapa 3.4.2. Aprovechamiento de potencial posible en la ciudad de Puebla.



Fuente: INERE.

Los dos sitios de potencial probable en el municipio de Puebla son “agua azul” y “rancho colorado”. Con una corriente de agua que brota del suelo de forma natural con cinco metros de profundidad y con una temperatura de 28.5°C clasificado como de baja entalpía, característica que limita su explotación a planta de ciclo binario, en estas plantas el fluido geotérmico no pasa a través de la turbina generadora, sino que transfiere su energía térmica a un fluido orgánico de bajo punto de ebullición (fluido secundario) mediante un intercambiador de calor. El fluido orgánico de trabajo se evapora en el intercambiador de calor, y mediante un proceso termodinámico (ciclo Rankine) produce energía eléctrica al pasar a través de una turbina acoplada a un generador (Santoyo y Torres, 2010). Para poder explotar su potencial de entre 5 y 6 MW, es necesario un paquete de concesiones de explotación arduo, incluyendo el principal hecho de que actualmente es de uso recreativo y de concesión privada. A la fecha las plantas de energía geotérmica sólo son económicamente viables en áreas con zonas muy calientes y a profundidades de unos cuantos centenares de metros (OSEA, 2010).

Mapa 3.4.3. Ubicación geográfica de la presa Manuel Ávila Camacho.



Fuente: INEGI

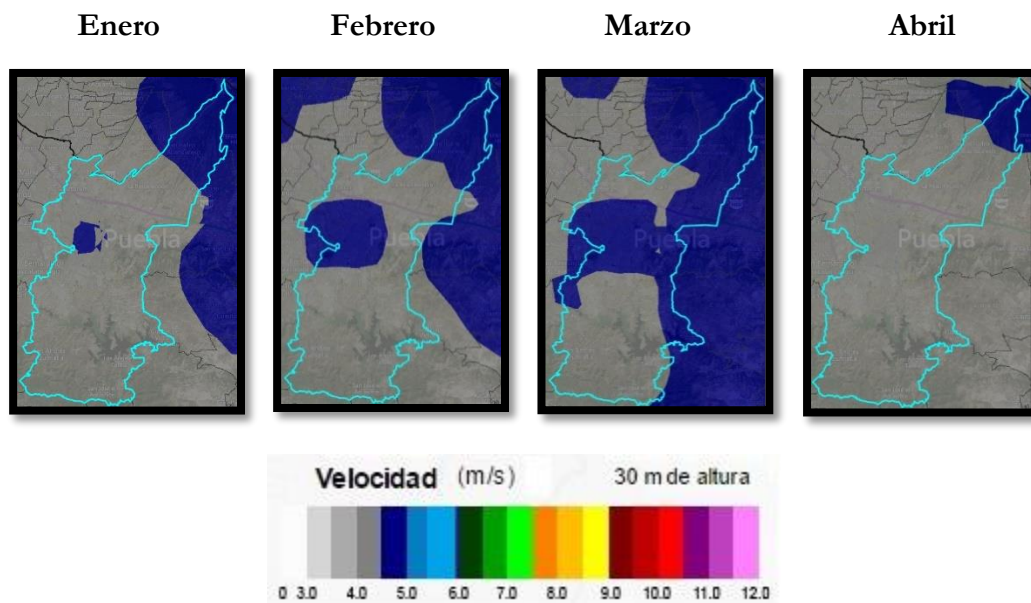
Un caso similar ocurre con el potencial posible de una hidroeléctrica. La presa de Valsequillo o “Manuel Ávila Camacho” posee una superficie de 237.9 km², se encuentra sur de la ciudad. Ésta se ubica dentro de una cuenca conformada al norte por los flujos de tres ríos: el Atoyac, el Zahuapan y el Alseseca y por una serie de drenajes de varias barrancas directamente al sur de la presa. Las cuencas de estos ríos pertenecen a la del río Balsas. Al inicio se diseñó con una capacidad máxima de almacenamiento original de 404.5 MMm³ y un área superficial de 200 hectáreas, fue construida para beneficiar con riego a más de 33 mil hectáreas del distrito de riego 30 "Valsequillo".

Actualmente la zona de riego se encuentra restringida debido al alto grado de contaminación del agua dentro de la presa generada por los desechos acarreados en los cauces de los ríos Zahuapan, Atoyac y Alseseca, los cuales a lo largo de su recorrido atraviesan parques industriales y empresas dedicadas principalmente a los sectores: textil, químico, construcción, electromecánica automotriz y petroquímica; de igual forma recibe colectores industriales y municipales. El gobierno estatal en conjunto con SEMARNAT realizan proyectos con la finalidad de rescatar esta importante presa. La falta de sustentabilidad, estudios de potencial, distancia y complejidad dificulta la posibilidad de un proyecto de generación de energía. Sin embargo las actuales mini hidráulicas (>30 MW) en el estado de Puebla comprueban la factibilidad de este tipo de proyectos con inversiones de US\$1.5 MM por MW (Aguilar, 2012), y en términos de proyecto municipal podría generar interesantes resultados de comprobarse el potencial de generación de la presa Valsequillo a través de estudios.

Por su parte la energía eólica se ha convertido actualmente en una de las principales fuentes de generación de “energía limpia” en el mundo (como se mencionó ampliamente en el capítulo anterior). En base a la tecnología de turbinas de eólicas terrestres se ha abierto camino en varias

partes de México e incluso en el estado de Puebla, en donde los favorables estudios de potencial (véase tabla 3.4.1) han puesto en marcha las obras de construcción de parques eólicos en Palmar del Bravo y Nicolás del Bravo. Los principales parámetros para la explotación de este tipo de fuente de energía son la consistencia del viento y las velocidades del mismo. Nuevamente la plataforma del INERE cuenta con una herramienta dinámica que reporta la velocidad del viento en toda la república mexicana. El mapa 3.4.4 muestra las velocidades promedio del viento en los meses de enero, febrero, marzo y abril en el municipio de Puebla a 30 m de altura, las velocidades llegan a su máximo en dichos meses con 4.0 a 5.0 m/s, mientras que el resto del año cuenta con velocidades próximas a 4.0 m/s identificado con la gama de colores mostrado en la parte inferior de las imágenes.

Mapa 3.4.4. Velocidades del viento en el municipio de Puebla en los meses de enero, febrero, marzo y abril.



Fuente: INERE, identificado al 30 de junio de 2015.

Aparte de los atlas de recursos eólicos como los del INERE, existen otras plataformas tecnológicas que apoyan los estudios previos de factibilidad. Por ejemplo, el *software* de Análisis de Proyectos de Energía Limpia, RETScreen, una herramienta de apoyo para la toma de decisiones única en su género, administrada bajo el liderazgo y continuo apoyo financiero del *Natural Resources Canada's*.

Este *software* contiene una base de datos climáticos que incluye 4,700 estaciones meteorológicas y la integración de datos satelitales de la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). A través de RETScreen se obtuvieron datos meteorológicos del municipio de Puebla, la tabla 3.4.4 muestra la latitud, longitud, elevación y velocidades del viento, éstas últimas medidas a 10 m.

Tabla 3.4.4. Latitud, longitud, elevación y velocidades del viento en el municipio de Puebla.

Latitud	Longitud	Elevación
19.1 °N	-98.2 °E	2,591 m

Mes	Velocidad del viento (m/s)
Enero	3.1
Febrero	3.3
Marzo	3.6
Abril	3.5
Mayo	3.1
Junio	2.9
Julio	2.8
Agosto	2.6
Septiembre	2.5
Octubre	2.7
Noviembre	2.9
Diciembre	3.0
Anual	3.0

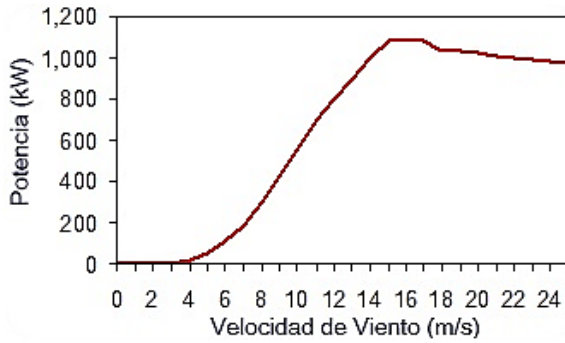
Como se mencionó anteriormente la consideración esencial para el desarrollo de un proyecto eólico es un alto promedio de velocidad de viento, como mínimo un promedio anual de 4 m/s es el básico necesario. La velocidad del viento tiende a incrementar con la altura, razón por la cual el INERE reporta a 30 m velocidades de entre 5 m/s y 4 m/s, mientras que el RETScreen a 10 m reporta un promedio anual de 3.0 m/s en el municipio de Puebla.

La gráfica 3.4.1 muestra una curva de potencia de una turbina eólica típica. Una curva de potencia es una de las más importantes características de un equipo eólico, ya que representa la distribución instantánea por cada velocidad del viento medida a la altura del eje del generador.

Fuente: NASA.

Las turbinas eólicas entregan las máxima potencia para vientos de 15 m/s, ya que una regulación electrónica limita la potencia entregada y la mantiene constante en un rango de viento comprendido entre 15 m/s y 25 m/s (Penarroja, 2014). Así mismo intervienen otros factores como la orografía del emplazamiento, la temporalidad del viento, la distancia al punto de interconexión, etc.; además del hecho que el potencial de energía producible puede variar en base a obstáculos como edificaciones.

Gráfica 3.4.1. Curva de potencia, turbina de 1 MW.

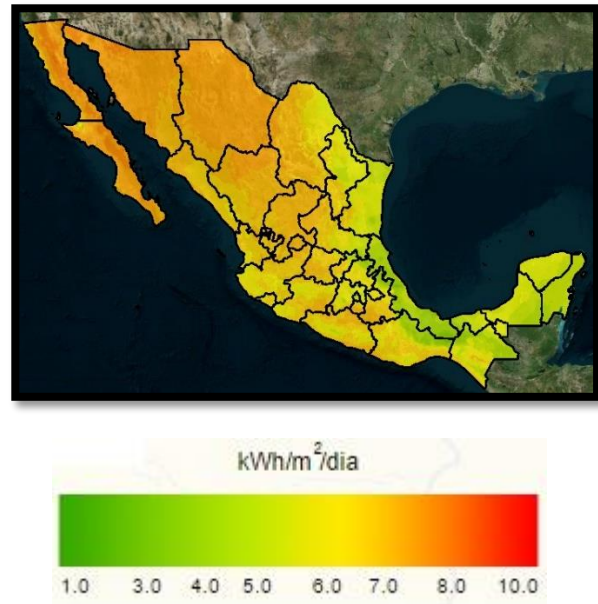


Fuente: *Natural Resources Canada.*

Pese a los grandes beneficios económicos, ambientales e impactos sociales positivos, la baja velocidad anual del viento en el municipio de Puebla hace que difícilmente un equipo eólico tenga éxito en los interiores de la ciudad o incluso en las zonas perimetrales de esta.

Por otro lado México tiene un enorme potencial en lo que respecta a energía solar, como se mencionó ampliamente en el capítulo anterior. Un 70% de su territorio presenta una irradiación superior a 4.5 kWh/m²/día, lo que lo convierte en un país viable para este tipo de energía. Pese a ser una de las fuentes de energía renovable más estudiadas en los últimos años, México solo cuenta con ocho centrales solares ubicadas en los estados de Sonora, Durango, Aguascalientes, Guanajuato, Baja California y Baja California Sur (estos dos últimos con un par de centrales solares cada uno) todas de tipo fotovoltaico.

Mapa 3.4.5. Irradiación solar anual promedio en México.

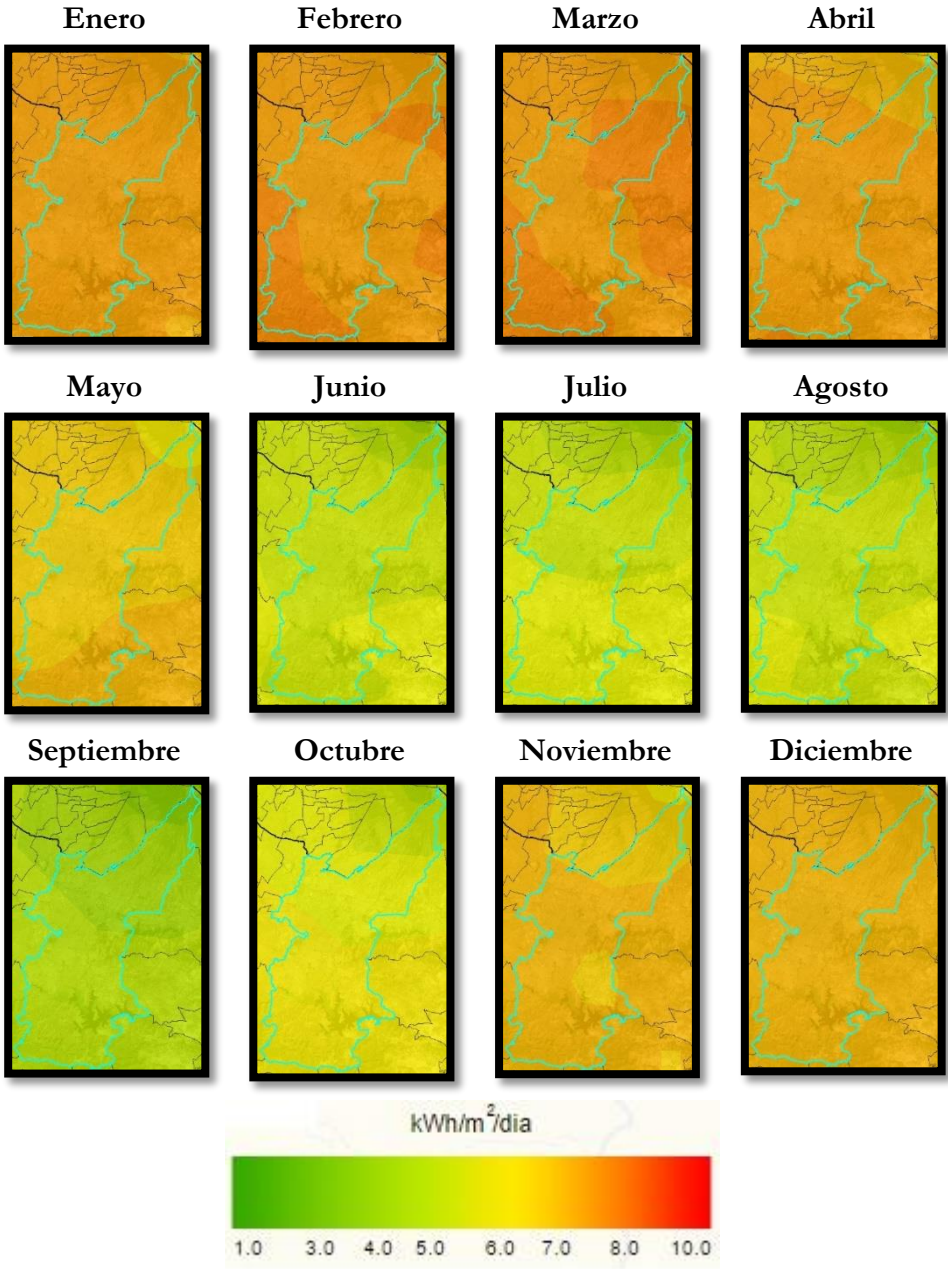


Fuente: INERE.

En cuanto al estado Puebla, se prevé la construcción de una central eléctrica en el municipio de Amozoc. El proyecto tiene por objeto la generación de energía eléctrica bajo la modalidad de pequeña producción, utilizando para ello una central que estará integrada por 128 000 módulos fotovoltaicos con capacidad de 250 Watt pico (Wp) cada uno. La capacidad total de generación en corriente directa será de 32 MW, para una capacidad en corriente alterna de 30 MW y una producción estimada anual de energía eléctrica de 60 GWh.

Amozoc se encuentra situado a 18 km al oriente de la ciudad de Puebla, lo que deja en claro el potencial probable en la propia capital del estado, aun así el conocer los recursos solares con los que cuenta la ciudad es de sumo interés técnico. En el mapa 3.4.6 se muestra la irradiación solar anual promedio en el municipio de Puebla, dividido en los doce meses del año.

Mapa 3.4.6. Irradiación solar anual promedio en el municipio de Puebla en kWh/m²/día.

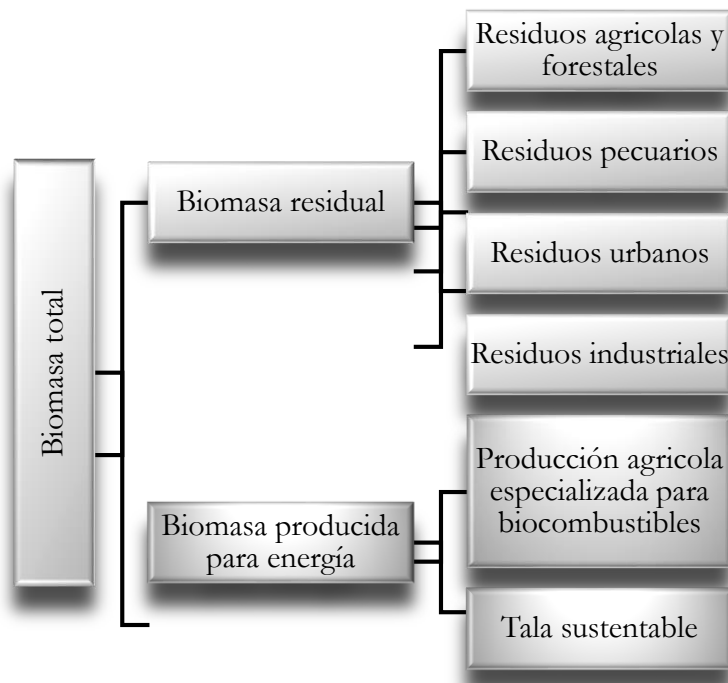


Fuente: INERE con dato de CFE, identificado al 30 de junio de 2015.

La irradiación es la cantidad de radiación solar que cae en una superficie terrestre durante un determinado tiempo y son la base de los cálculos para las tecnologías de tipo fotovoltaico y termosolares. Como se observa en los meses de Enero, Febrero, Marzo, Abril, Mayo, Noviembre y Diciembre hay una considerable irradiación solar de entre 5.0 – 7.0 kWh/m²/día. La generación de energía eléctrica mediante la energía solar es una prometedora solución, el problema radica en cómo procesarla para usarla en el momento y en la forma en que se requiera, es decir, convertirla de energía solar a eléctrica. Luego entonces siendo una fuente de recurso gratuito y de fácil acceso, para que un proyecto energía solar “sea viable” depende de la cuestión económica y no necesariamente de la ubicación (OSEA, 2010).

Por su parte la bioenergía a base de biomasa es una fuente de energía comúnmente usada en gran parte del país. En su forma más básica se denomina biomasa a toda la materia orgánica que se encuentra en la tierra. Como fuente de energía presenta una enorme versatilidad, permitiendo obtener mediante diferentes procedimientos tanto combustibles sólidos como líquidos o gaseosos. El diagrama 3.4.2 muestra la clasificación de biomasa que oficialmente la SENER maneja como parte de su “abanico” energético en el país.

Diagrama 3.4.2. Clasificación de la biomasa para la obtención de recursos energéticos.



Fuente: INERE.

El estado de Puebla cuenta con dos centrales de generación de electricidad a base de biomasa, una de ellas en Atencingo con una capacidad instalada de 15 MW a partir de combustión directa de materia orgánica y la otra se ubica en Nopalucan, con una capacidad instalada de 0.97 MW en base a biogás. En el caso de potencial probable se cuenta con biogás en Huaquechula, Juan C. Bonilla, Atixco y Tecamachalco (véase tabla 3.4.2).

Para proyectos en base a biocombustibles se debe tener cuidado en respetar principios de sustentabilidad, es decir, los recursos deben ser lo suficientemente grandes para soportar la operación del sistema de generación a partir de bioenergía. Para apalancar la inversión es necesario garantizar el abasto de combustible para la planta durante periodos prolongados, por ejemplo, de 10 a 20 años, lo que se logra mediante contratos con los lugareños propietarios de los terrenos, agricultores (si se va a utilizar biomasa agrícola) o compañías que cuenten con licencias de aprovechamiento forestal en tierras públicas, como aserraderos y fábricas de pulpa, papel, etc. (OSEA, 2010).

El municipio de Puebla cuenta con recursos potenciales de bioenergía pero se debe tener en cuenta el acceso a esta. Por ejemplo, en el caso de residuos sólidos urbanos (RSU) sólo vale la pena si se cuenta con un relleno sanitario suficientemente grande o el recurso equivalente. Para tener una idea, un sistema de 2 MW necesitaría los desechos anuales de una población de por lo menos 200,000 habitantes. Se podría hacer funcionar un digestor utilizando sólo basura orgánica recolectada de los hogares en forma separada, pero se precisaría una comunidad de por lo menos 1,000 habitantes con objeto de generar suficientes desechos para un reactor muy pequeño con capacidad de generación de 35 kW. Existen sistemas de generación de electricidad con biomasa más apropiados para proyectos de pequeña escala, es decir, de 2 a 10 MW denominados “motores de ciclo de *Rankine*”. Por cada MW de capacidad generadora se necesitan 14,000 toneladas de madera seca al año, por lo menos 30,000 toneladas para la planta de ciclo de *Rankine* más pequeña. Por su parte los biocombustibles líquidos se han perfilado como candidatos potenciales pero al igual que los biocombustibles sólidos y gaseosos es muy necesario contar con el abasto garantizado de “materia prima”. El costo de producción es un factor clave en la implementación de los biocombustibles dado que, los biocombustibles avanzados pueden utilizar residuos, los costos de la materia prima bajan sensiblemente, aunque los costos de procesamiento son mayores (Sandoval, 2011).

El uso de estas materias primas para el biodiesel avanzado implica diversos retos científicos y tecnológicos que pueden ser superados mediante el uso nuevas tecnologías de producción. Cabe señalar que la tecnología establecida actualmente para realizar la reacción de producción del biodiesel implica el uso de químicos corrosivos y peligrosos (ácidos y bases fuertes).

Mapa 3.4.7. Ciudad universitaria, BUAP.



Ahora entonces, se ha analizado los recursos renovables con los que cuenta tanto el estado como el municipio de Puebla, lugar de residencia de la FIQ de la BUAP. Los recursos de la ciudad incluyen la biomasa, eólica, geotérmica, hidráulica y solar, pero no todas se hayan disponibles o son factibles en CU.

La facultad se encuentra señalada en un círculo rojo en el mapa 3.4.7 el cual representa a CU ubicada básicamente en el centro de la capital del estado. La tabla 3.4.5 por su parte muestra los principales factores disponibilidad de energías renovables en CU.

Fuente: BUAP.

Tabla 3.4.5. Factores de disponibilidad de energías renovables en CU de la BUAP.

	Biomasa	Eólica	Geotérmica	Hidráulica	Solar
Accesibilidad de la tecnología	●	●	●	●	●
Requerimientos y capacidades técnicas	●				●
Acceso y disponibilidad de la fuente de energía					●
Escasos o nulos residuos ambientales generados		●	●	●	●

De la tabla anterior se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- **La biomasa** como fuente de generación de energía en la FIQ ha sido de constante estudio en los últimos años, a tal grado que la facultad cuenta con un laboratorio de biocombustibles y una planta piloto para producir biodiesel a partir de la semilla de higuierilla. Este proyecto está focalizado en suministrar biodiesel a los autobuses del Sistema de Transporte Universitario (STU) y cuenta con el apoyo del Fondo Mixto (FOMIX), el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y del gobierno del estado de Puebla. La materia prima proviene de Atlixco e Izúcar de Matamoros, municipios en los que abunda. El principal reto para este tipo de energía no recae solo en cambiar el enfoque que la FIQ (de biodiesel para el STU a biodiesel para generación eléctrica) sino de la accesibilidad a la materia prima, ya que es necesario garantizar el abasto de combustible para la planta durante periodos prolongados (de 10 a 20 años) incluyendo los costos de transporte y la posibilidad de pagar por los residuos generados en su procesamiento además que las actuales tecnologías requieren gran cantidad de materia prima por MW instalado.
- **La energía eólica** es actualmente una de las fuentes renovables más competitivas a pesar de sus altos costos de inversión, ya que los costos de operación son muy bajos y técnicamente solo requiere del viento para funcionar. Como se demostró anteriormente el municipio de Puebla no cuenta con las velocidades mínimas necesarias para un proyecto de generación eléctrica en la FIQ.
- **La energía geotérmica e hidráulica** son de potencial probable y posible respectivamente en el municipio de Puebla se encuentra perimetralmente fuera de la FIQ y fuera del principio de recurso sostenido en el tiempo (al igual que el bioetanol) , además de los aspectos ya mencionados, dejando el campo abierto a un solo tipo de energía, **la energía solar**.
- Como se mencionó anteriormente, la BUAP cuenta con un sistema de energía renovable a base de tecnología solar que se puso en marcha en rectoría. De tal forma que el recurso energético solar se encuentra evidentemente disponible en la FIQ y además de contar con un antecedente de tecnología probada en la BUAP. El área de oportunidad radica entonces en una selección adecuada de la tecnología y en el análisis de factibilidad, donde el aspecto financiero será de suma importancia.

Siendo la tecnología solar la fuente de energía seleccionada para el actual proyecto, es vital realizar una aclaración en este punto acerca del significado del término tecnología ya que tiene variedad de definiciones como:

- *“Conocimientos aplicados a la generación de valor en una organización”.*
- *“Conocimientos o experiencia que puedan aplicarse a nivel industrial para la fabricación de un producto, la aplicación de un proceso o la prestación de un servicio”.*
- *“Conjunto de métodos, procedimientos, herramental, maquinaria o equipo, y saberes prácticos, que se usan en la fabricación o mejora de un producto o servicio”.*
- *“Conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico”.*

En un sentido más práctico se puede decir que es el conjunto ordenado de todos los conocimientos empleados en la producción, distribución y uso de bienes y servicios. No consiste únicamente en “artefactos”, sino también en el conocimiento que ellos llevan incorporados y en la forma en que la sociedad puede usarlos (Piedrahita, 2005).

El alcance de un proyecto FEL I, en términos de selección de tecnología, es el de evaluar las alternativas tecnológicas a partir de una lista larga de tecnologías, para el caso de la fuente seleccionada (energía solar) existen actualmente dos grupos de tecnologías diferentes para la generación eléctrica a partir de la radiación solar:

- El primer grupo es el de las **tecnologías fotovoltaicas** (FV), el cual consiste en transformar directamente la radiación solar en electricidad y se dividen en tres grandes grupos los de silicio cristalino, concentradores FV y de capa fina.
- El segundo grupo es el de las **tecnologías solar termoeléctricas** (TE), las cuales se basan en emplear la radiación solar en energía térmica para después convertirla en electricidad. Se clasifican en dos grandes grupos: las que concentran la radiación solar a lo largo de una línea y las que concentran la radiación solar en un punto. Existen también tecnologías híbridas en ciclos combinados con gas natural, pero por fines del propio proyecto serán descartadas debido a la definición de sustentabilidad marcado a lo largo de los capítulos anteriores. El diagrama 3.4.3 muestra más ampliamente la clasificación descrita anteriormente tanto para las tecnologías FV como para las TE.

Tabla 3.4.6. Clasificación de las tecnologías FV y TE.

TECNOLOGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA		
Clasificación	Sub clasificación	Tecnología
Sistemas de silicio cristalino	Monocristalino	Paneles
	Policristalino	Paneles
Sistemas de capa fina	Silicio amorfo	Paneles
	Telururo de cadmio /sulfuro de cadmio	Paneles
	Arseniuro de galio	Paneles
	Aleaciones de diseleniuro de indiocobre	Paneles
TECNOLOGÍA SOLAR TERMOELÉCTRICA		
Clasificación	Sub clasificación	Tecnología
Concentración solar en un punto	Receptor central con generación directa de vapor	Centrales de torre con helióstatos
	Receptor central con sales inorgánicas fundidas	Centrales de torre con helióstatos y almacenamiento de sales
	Receptor central	Disco parabólico equipados con motor Stirling
Concentración solar a lo largo de una línea	Central de concentración	Concentrador cilíndrico-parabólico
	Central de concentración con almacenamiento térmico utilizando sales inorgánicas	Concentrador cilíndrico-parabólico
	Central de concentración	Concentrador lineal Fresnel

En el capítulo IV se dispone a realizar la selección de tecnología en base a criterios como la capacidad, el costo y la disponibilidad. Los costos de las tecnologías tanto FV como TE son de referencia y no incluyen operación, mantenimiento, etc., aun así son válidas para una comparación preliminar. Es menester recalcar que el tema de tecnología se gestiona a lo largo del ciclo de vida de los proyectos basados en la metodología FEL. Esta gestión crea un conjunto de procesos administrativos que aseguran a la organización el uso eficiente de sus recursos tecnológicos. El diagrama 3.4.3 muestra un modelo típico de la gestión de la tecnología a lo largo de un proyecto tipo FEL.

Diagrama 3.4.3. Modelo típico de gestión de la tecnología a lo largo de un proyecto FEL.



Fuente: Sistema Institucional de Desarrollo de Proyectos, PEMEX

En muchos casos las instalaciones de energía renovable pueden ocupar amplios espacios, es por esto que las reglas sobre uso del terreno y compensación deben ser claras y aceptables para todos desde el principio, sin olvidar que cada tecnología tiene sus propias particularidades. En el próximo capítulo se toca ampliamente los temas del espacio tanto en la selección de tecnología como en la normatividad.

Una manera para calcular el espacio que ocupa la FIQ es a través de herramientas disponibles libremente en internet, en donde es posible calcular un área aproximada de la FIQ como se muestra en la figura 3.4.1 la cual muestra un área aproximada de 20,243 m². Las instalaciones solares ocupan mucho terreno para generar electricidad, aunque en este caso el proceso de evaluación de recursos es relativamente simple, las estipulaciones relativas a equipo pesado, acceso a la construcción, etc., deben ser precisas. Las instalaciones solares también pueden tener una vida más larga que otro tipo de fuentes de energía renovables y también se pueden instalar en edificios existentes con techos planos. El propietario del edificio debe estar de acuerdo con las mejoras para soporte de carga que se requieran y permitir al promotor el acceso para efectos de instalación y mantenimiento. En este caso es preciso elaborar contratos de interconexión.

Figura 3.4.1. Área ocupada por la FIQ en CU de la BUAP.



Fuente: *Google earth y google maps.*

En algunos lugares la instalación puede estar detrás del medidor y, de ser así, la carga local se deduce antes de que el excedente se envíe a la red (medición neta). El contrato de arrendamiento u otro contrato deben estipular con toda claridad los acuerdos financieros, la colocación de los medidores y las responsabilidades de interconexión, antes de proceder a la instalación. Pero no solo se hace hincapié al costo (de referencia) y el espacio requerido, la eficiencia del tipo de tecnología, madurez, complejidad, ventajas y desventajas son vitales para una adecuada selección de tecnología.

Los costos que normalmente se erogan durante el periodo de desarrollo de un proyecto de energía solar pueden reducirse si la evaluación de los recursos se hace con mayor rapidez y porque tal vez lleguen a simplificarse los estudios ambientales y la obtención de permisos, pero dicha reducción dependerá del tamaño del proyecto. Los presupuestos son específicos para cada sitio y tecnología: los costos de tecnología varían dependiendo de la distancia de transportación, mientras que los costos de interconexión, permisos y desarrollo varían según el lugar. Además, el análisis de costos de la tecnología solar depende del precio aplicable a la energía vendida. La tecnología solar fotovoltaica tiene un periodo de restitución (recuperación de la inversión) muy largo, además de que genera pequeñas pérdidas financieras durante su vida útil. Aun así sigue siendo una opción viable y cada año el avance de la tecnología y la demanda de esta hacen que la recuperación de inversión se reduzca.

En sus etapas iniciales los proyectos de energía renovable suelen conseguir financiamiento para el desarrollo de numerosas instancias, como fondos de desarrollo económico, dependencias de financiamiento sin fines de lucro, organizaciones ambientales, iniciativas de desarrollo de cooperativas, incentivos estatales, provinciales y federales, etc. Además los municipios participan en el ofrecimiento de incentivos para proyectos de desarrollo local. En México, las dependencias estatales pueden proporcionar cierto apoyo y fondos a proyectos de energía renovable. Una opción interesante en este país es la creación de un proyecto de reducción de emisiones al amparo del “Mecanismo de Desarrollo Limpio”, que crea valor extraordinario para proyectos de acuerdo con el protocolo de Kioto para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. La idea es financiar proyectos con inversión internacional y que éstos capten dinero en función de las emisiones que evitan; el inconveniente es que en la mayoría de los casos el financiamiento exige un proyecto de grandes dimensiones.

La mayoría de los proyectos de energía renovable a mediana escala se basan en una mezcla de endeudamiento y financiamiento de capital social. Mientras que una instalación residencial puede requerir hasta 80% de financiamiento (por tratarse de un proyecto pequeño) y quizá una hipoteca sobre la propiedad como garantía de pago del préstamo, es posible que un proyecto a mediana escala necesite captar por lo menos 30%, y tal vez hasta 40 o 50 % en financiamiento de capital social. Los análisis financieros deben tomar en cuenta la tasa de interés de la deuda, pues dicha tasa puede determinar su nivel de endeudamiento. A medida que el proyecto se desarrolle y madure tendrá mayor acceso a diversos incentivos fiscales y a depreciación acelerada de los costos de capital para el desarrollo de energía renovable.

Los requisitos legales para los proyectos de energía solar son permisos de construcción y en el caso de instalaciones más grandes ubicadas en terrenos privados o en propiedades comerciales, se requieren contratos de arrendamiento. Por su parte el equipo solar debe cumplir con el código eléctrico aplicable. Es posible que en los acuerdos comunitarios o de las asociaciones de condóminos existan cláusulas sobre lo que está permitido colocar en techos y patios. En México, la legislación establece que la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica para el bienestar social son responsabilidad del gobierno federal, y se cumplen a través de CFE. El gobierno federal determina la política energética prácticamente sin la participación de los estados.

Después de las reformas promulgadas en 1992, la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE) permite la participación del sector privado en la generación de electricidad mediante el otorgamiento de permisos de autoabastecimiento, de cogeneración (producción conjunta de energía eléctrica y otra energía térmica), de producción independiente, de pequeña producción (sin exceder de 30 MW) o de importación o exportación, en las condiciones señaladas para cada caso (LSPEE, artículo 36, 1993) y bajo regulación de la CRE y a partir de la reforma energética de 2014 las concesiones son de mayor acceso y más fomentadas por el gobierno Federal como se comentó ampliamente en el capítulo anterior.

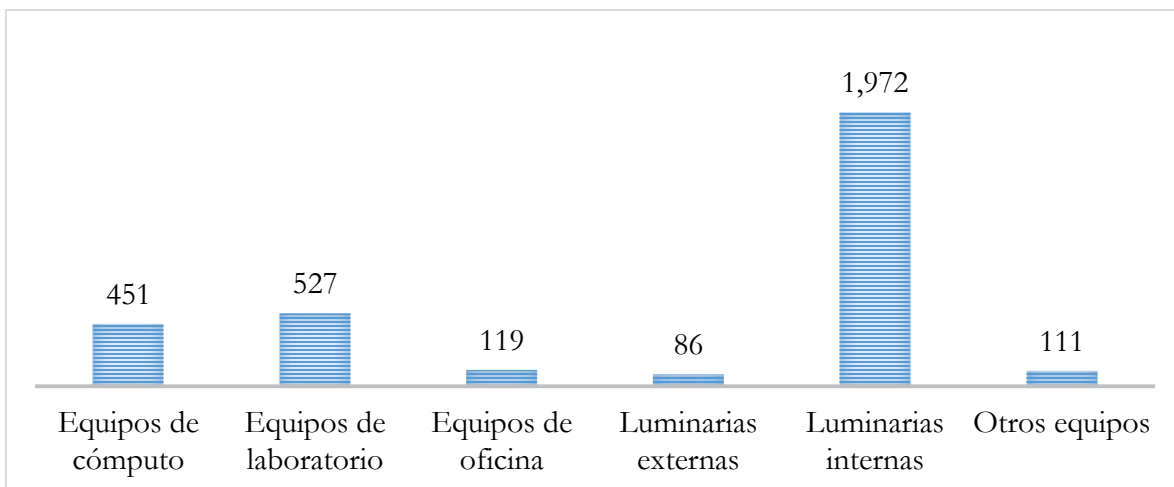
CAPÍTULO IV

ESTIMACIÓN DEL REQUERIMIENTO ENERGÉTICO EN LA FIQ DE LA BUAP

RESULTADOS DEL ESTIMADO ENERGÉTICO ACTUAL // RESULTADOS DEL ESTIMADO ENERGÉTICO A 20 AÑOS

En capítulos anteriores se indicó que la facultad no cuenta con medidores de consumo eléctrico y por tanto no hay un historial de consumo. Ante tal situación un estimado de requerimiento energético a base de la contabilización de los equipos eléctricos con los que cuenta la FIQ fue necesario. Algunos datos presentados a continuación fueron obtenidos a través de la Unidad de Transparencia y Acceso a la Información de la BUAP y el DGO, los cuales proporcionaron el número de equipos de cómputo oficiales registrados y la cantidad de luminarias internas de los edificios y una fracción de las luminarias externas de la FIQ. Sin embargo gran parte del trabajo fue a través de la contabilización *in situ* de los equipos eléctricos en las oficinas, cubículos, laboratorios y edificios en general, dichos datos se encuentran presentados en el anexo D. La gráfica 4.1.1 muestra el número de equipos y luminarias contabilizadas en la FIQ en el periodo 2014 - 2015.

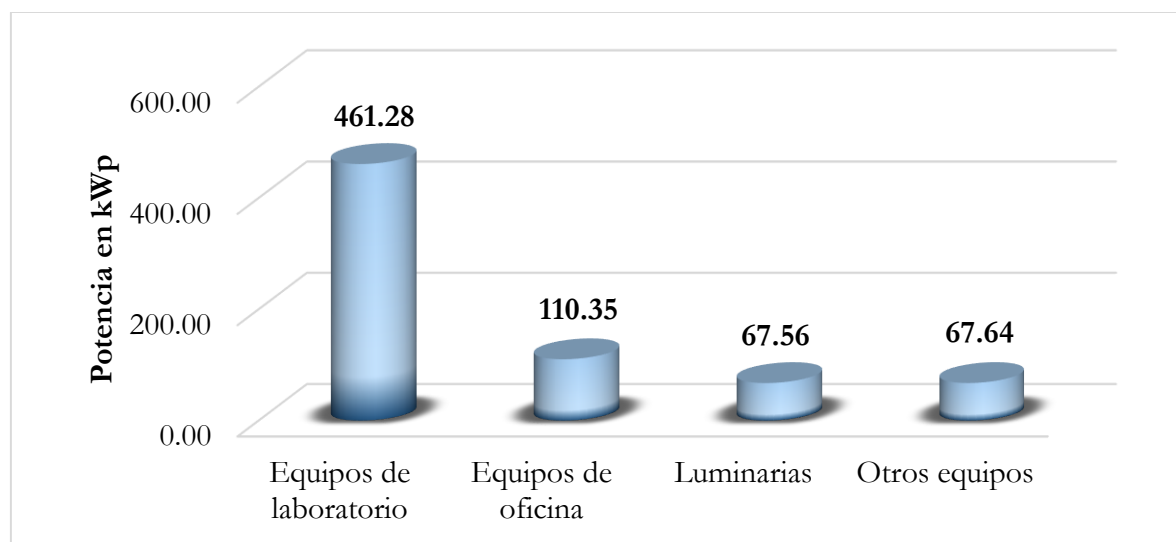
Gráfica 4.1.1. Número de equipos eléctricos y luminarias en la FIQ 2014 – 2015.



Es menester indicar que este no es un inventario oficial ni mucho menos una cantidad absoluta, varios de estos equipos eléctricos son electrodomésticos personales y equipos de laboratorio de índole “hechizo”, sin contar con aquellos aparatos almacenados tanto por directivos de la FIQ como los docentes, alumnos y personal en general.

Además de saber la cantidad de equipos eléctricos con los que cuenta la FIQ el conocer la potencia requerida es vital. Cada aparato eléctrico necesita una determinada cantidad de energía eléctrica en base a su potencia para funcionar y dada la explicación de la carencia de un medidor de consumo, se procedió a cuantificar la potencia nominal de los equipos eléctricos de la FIQ. En la gráfica 4.1.2 se muestra la potencia nominal estimada en cuatro categorías: equipos de laboratorio, equipos de oficina (incluye los equipos de cómputo), luminarias (internas y externas) y otros equipos. Las cuatro categorías en base a lo contabilizado en el periodo 2014 – 2015.

Gráfica 4.1.2. Potencias estimadas de los equipos eléctricos y luminarias en la FIQ 2014 – 2015.

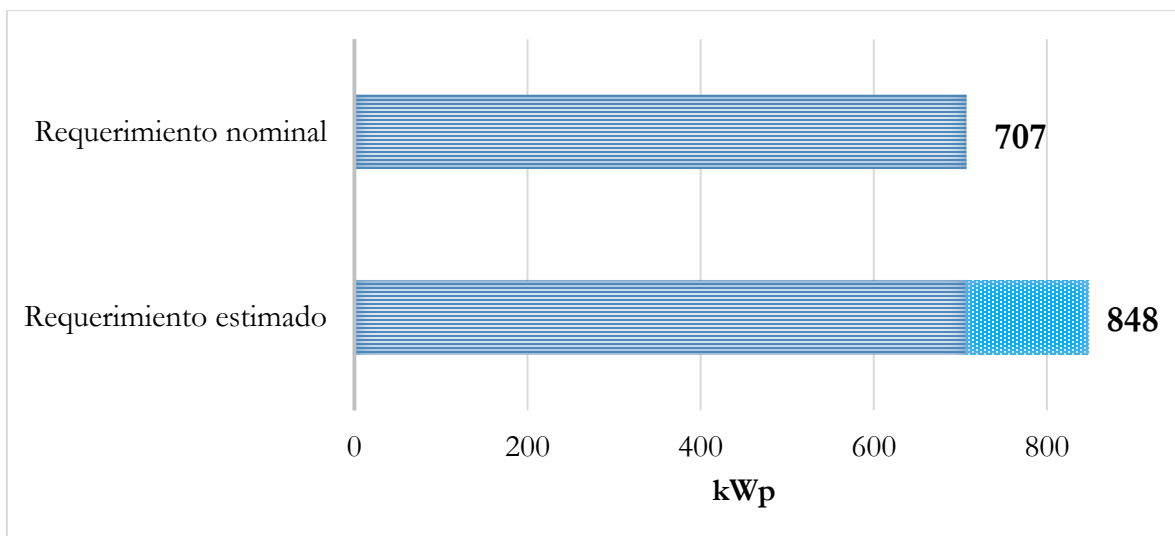


Gran parte de la potencias de los equipos fue a través de las placas de referencia adheridas, manuales técnicos de laboratorio, datos referenciados para aquellos equipos hechizos (sin placa, ni manual) y otros tantos fueron generalizados debido a ser equipos comunes en laboratorios, oficinas, cubículos y salones como: computadoras, proyectores, impresoras, parrillas eléctricas, hornos, balanzas, campanas de extracción entre otros, con el fin de facilitar y homogenizar el proceso.

En el caso del laboratorio pesado ubicado en el edificio 106 F se tomó en cuenta los quipos principales y de uso común ya que cuenta con varios equipos obsoletos y de índole hechizo. La potencia de las luminarias también fue generalizada con el apoyo de la información proporcionada por el DGO (véase anexo G).

En la gráfica 4.1.3 se presenta la suma total de la potencia de los 3,266 equipos eléctricos y luminarias de la FIQ (cuantificados) bajo el rubro de “requerimiento nominal” el cual representa 706.82 kW (redondeados en 707 kW en la gráfica). Este dato no incluye a los posibles equipos eléctricos almacenados, luminarias no oficiales, laptops, celulares y pequeños equipos eléctricos que tanto los alumnos, personal académico y de apoyo, que puedan traer consigo, de la misma forma los equipos hidroeléctricos de la facultad. Debido a esto se agrega un 20% como factor de seguridad al requerimiento nominal dando consigo 848.19 kW (848 kW redondeado) y que en la gráfica 4.1.3 se muestra como el “requerimiento estimado”.

Gráfica 4.1.3. Potencia requerida nominal y estimada en la FIQ.



Como se mencionó en capítulos anteriores, los proyectos a base de energías renovables se estiman con un ciclo de vida de alrededor de 20 años, es decir, el tipo de energía y su tecnología implicada debe cubrir ese periodo como mínimo. De tal forma que se debe proveer posibles expansiones, construcciones de nuevos edificios e incluso aumento de población en la FIQ. Este último será el dato de referencia para el estimado a 20 años siendo la población el consumidor de energía y la pauta para posibles expansiones estructurales.

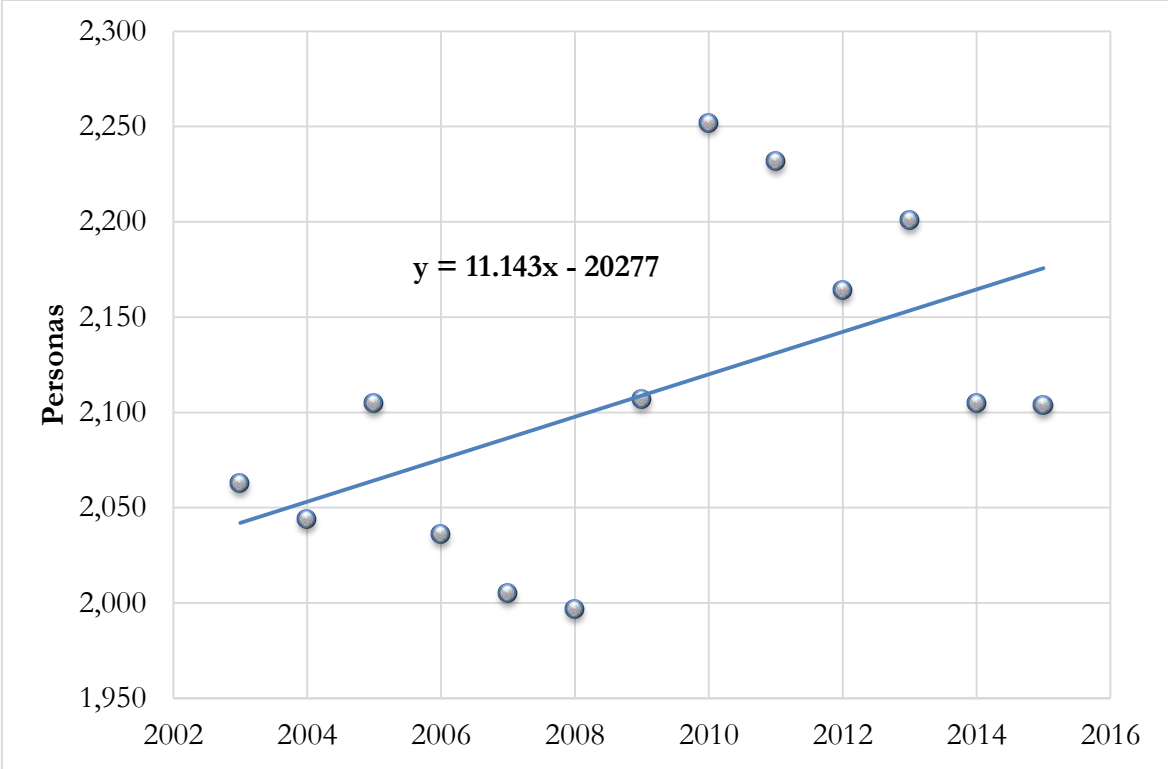
Para ello con el dato de requerimiento estimado y la población de la facultad en el último periodo reportado, se puede dar un valor *per cápita* de requerimiento energético como se muestra en la tabla 4.1.1.

Tabla 4.1.1. Estimado de energía *per cápita* en el periodo 2014 – 2015.

Requerimiento estimado	Población 2014 – 2015	Requerimiento <i>per cápita</i>
848.19 kW	2,104	0.403 kW

El siguiente paso es buscar la tendencia de aumento de población a 20 años con los datos del periodo 2002 – 2015. Dado lo anterior, a través de la herramienta Excel es posible realizar esto, la gráfica de dispersión 4.1.4 muestra la ecuación de la recta y una línea de tendencia.

Gráfica 4.1.4. Ecuación de la recta y línea de la tendencia de población la FIQ.



Con la propia función “tendencia” de Excel y los datos de población de la FIQ es posible reportar un estimado de la población a 20 años (véase tabla 4.1.2):

Tabla 4.1.2. Población de la FIQ en 20 años.

Año	Población
2003	2,063
2004	2,044
2005	2,105
2006	2,036
2007	2,005
2008	1,997
2009	2,107
2010	2,252
2011	2,232
2012	2,164
2013	2,201
2014	2,105
2015	2,104
:	:
2035	2,399

Finalmente se puede estimar el consumo energético usando el dato de consumo *per cápita* de la tabla 4.1.1 con los siguientes resultados:

Tabla 4.1.3. Requerimiento energético estimado a 2035 en la FIQ.

Población en 2035	Requerimiento energético	Requerimiento energético estimado a 20 años
2,399	966.80 kW	1 MW

Por conveniencia se toma un valor mayor inmediato como factor de seguridad, de tal forma que se puede interpretar que en 20 años la FIQ requerirá 1MW para satisfacer sus requerimientos de energía eléctrica.

APLICACIÓN FEL I

SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA // ANALISIS TÉCNICO – ECONÓMICO // SELECCIÓN DEL EQUIPO DE PROYECTO

En esta sección se evalúa y selecciona la tecnología solar más adecuada para el proyecto bajo los aspectos de espacio requerido, costo, eficiencia, capacidad de almacenamiento de energía, madurez y complejidad de la tecnología. Como se mencionó en el capítulo anterior existen básicamente dos familias de tecnologías para la generación de energía eléctrica a base de energía solar: las fotovoltaicas y las termoeléctricas, la tabla 4.2.1 muestra las ventajas y desventajas de las principales tecnologías FV y TE. En el anexo C se encuentra más información sobre estas tecnologías.

A las tecnologías evaluadas se les asignan la siguiente nomenclatura:

PSM:	Paneles de silicio monocristalino	CCP:	Concentrador cilíndrico – parabólico
PSP:	Panales de silicio policristalino	CCS:	Concentrador cilíndrico – parabólico con almacenamiento térmico utilizando sales inorgánicas
PSA:	Panales de capa fina a base de silicio amorfo	CLF:	Concentrador lineal <i>Fresnel</i>
PCT:	Panales de capa fina a base de telururo de cadmio-sulfuro de cadmio	CPS:	Discos parabólicos equipados con motor <i>Stirling</i>
PGA:	Panales de capa fina a base de arseniuro de galio	RCV:	Receptor central con generación directa de vapor
PCI:	Panales de capa fina a base de aleaciones de diseleniuro de indio-cobre	RCS:	Receptor central con sales inorgánicas fundidas

Tabla 4.2.1. Ventajas y desventajas de las tecnologías FV y TE.

TECNOLOGÍAS FOTOVOLTAICAS		
Tecnología	Ventajas	Desventajas
PSM	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Larga duración y bajo mantenimiento. ▪ Tecnología madura y fiable. ▪ Puede trabajar en sistemas tanto centralizados como descentralizados. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Costo inicial grande. ▪ Ocupa grandes espacios.

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A través de un banco de baterías puede almacenar energía. 	
PSP	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Larga duración y hasta un 85% de eficiencia inicial tras 20 años. ▪ Bajo mantenimiento, tecnología madura y fiable. ▪ A través de un banco de baterías puede almacenar energía. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Costo inicial grande. ▪ Sensibilidad a impurezas del proceso de fabricación.
PSA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Paneles flexibles, ligeros y de bajo costo. ▪ Tecnología medianamente madura. ▪ Puede trabajar en sistemas tanto centralizados como descentralizados. ▪ A través de un banco de baterías puede almacenar energía. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La eficiencia empeora rápidamente con el tiempo. ▪ Bajas eficiencias y gran área de ocupación como consecuencia.
PCT	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Panel flexibles, ligeros y de bajo costo. ▪ Resistencia a las temperaturas altas. ▪ Aprovecha mejor la radiación difusa. ▪ Puede trabajar en sistemas tanto centralizados como descentralizados. ▪ A través de un banco de baterías puede almacenar energía. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tecnología de baja madurez ▪ Toxicidad.
PGA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Altas eficiencias y estructuras muy ligeras. ▪ Resistencia a las temperaturas altas. ▪ Puede trabajar en sistemas tanto centralizados como descentralizados. ▪ A través de un banco de baterías puede almacenar energía. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Altos costos y escasos de la materia prima. ▪ Tecnología poco madura en términos comerciales. ▪ Toxicidad de los materiales.
PCI	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Panel flexible, ligero y de bajo costo. ▪ Puede trabajar en sistemas tanto centralizados como descentralizados. ▪ A través de un banco de baterías puede almacenar energía. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tecnología muy poco madura. ▪ Bajas eficiencias. ▪ Toxicidad de los materiales.

TECNOLOGÍAS TERMOELÉCTRICAS

Tecnología	Ventajas	Desventajas
CCP	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tecnología madura y de alto rendimiento. ▪ Adecuada para requerimientos energéticos de mediana y gran escala. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Requiere un fluido caloportador y un sistema de eliminación de productos originados por la degradación

		<p>del fluido que encarece las plantas y complicando su operación y mantenimiento.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Consumo constante de agua. ▪ No cuenta con almacenamiento térmico de energía. ▪ Opera bajo un sistema centralizado.
CCS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tecnología madura y de alto rendimiento. ▪ Gran capacidad de almacenamiento térmico de energía. ▪ Adecuada para requerimientos energéticos de mediana y gran escala. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Requiere un fluido caloportador y sales inorgánicas, además un sistema de eliminación de productos originados por la degradación del fluido que encarece notablemente las plantas y complicando su operación y mantenimiento. ▪ Requiere calentamiento constante para las sales inorgánicas, además de bombas especiales para su constante movimiento y gran cantidad de agua. ▪ Trabaja como un sistema centralizado.
CLF	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tecnología sencilla, madura, económica y poca necesidad de espacio. ▪ Generan directamente vapor de agua, por lo que no es necesario un fluido caloportador lo que simplifica el proceso. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Necesidad constante de mantenimiento debido a que trabajan con vapor saturado en turbinas de pocas etapas y bajo rendimiento. ▪ Trabaja como un sistema centralizado y no genera almacenamiento térmico de energía.
RCV	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Costo relativamente bajo y tecnología medianamente madura. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Requiere de amplios espacios con alta irradiación y necesidades de mantenimiento constante, además de no tener un

		<p>sistema de almacenamiento energético.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ La eficiencia o rendimiento disminuye notablemente debido a que difícilmente genera vapor sobrecalentado y es muy sensible al paso de las nubes.
RCS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gran capacidad de almacenamiento térmico de energía. ▪ El mismo fluido de transferencia de calor en el receptor es el usado para almacenamiento, lo que ahorra una transformación energética. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alto costo inicial y amplios espacios. ▪ La complejidad de la tecnología es mayor, por lo que requiere de operadores y gestores de la planta mucho mejor formados que otras tecnologías.
CPS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ No requiere de fluidos circulando a lo largo del sistema, simplificando las plantas. ▪ Puede operar como un sistema descentralizado. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tecnología poco madura ▪ Requiere de amplios espacios ▪ No genera almacenamiento térmico de energía.

A continuación la tabla 4.2.2 muestra los equipos principales de cada una de las tecnologías descritas con anterioridad.

Tabla 4.2.2. Equipos principales de las tecnologías FV y TE.

Tecnología	Equipos principales
Sistemas fotovoltaicos de silicio cristalino y de capa fina	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Paneles fotovoltaicos ▪ Inversor CC/CA ▪ Sistema de almacenamiento (baterías)
Central de concentrador cilíndrico – parabólico	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Módulos captadores ▪ Intercambiadores de calor de tubo y coraza ▪ Turbina de vapor ▪ Condensador ▪ Torre de enfriamiento ▪ Generador
Central de concentrador cilíndrico – parabólico con almacenamiento térmico utilizando sales inorgánicas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Módulos captadores ▪ Intercambiadores de calor de tubo y coraza ▪ Turbina de vapor ▪ Dos tanques de almacenamiento para las sales ▪ Bombas verticales tipo VS

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Condensador ▪ Torre de enfriamiento ▪ Generador
Central de concentrador lineal <i>Fresnel</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Módulos captadores ▪ Turbinas de vapor ▪ Condensador ▪ Generador
Central de receptor central con generación directa de vapor	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Heliostatos ▪ Torre solar ▪ Receptor ▪ Turbinas de vapor ▪ Generador
Central de receptor central con sales inorgánicas fundidas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Heliostatos ▪ Torre solar ▪ Receptor ▪ Turbinas de vapor ▪ Dos tanques de almacenamiento para las sales ▪ Bombas verticales tipo VS ▪ Generador
Central de discos parabólicos equipados con motor <i>Stirling</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Módulos concentradores con motores <i>Stirling</i>.

Fuente: García et al., 2012 y Power and productivity for a better world ABB, 2011.

La evaluación y selección de tecnología es un proceso en donde las decisiones están basadas en criterios específicos y la función de la tecnología es un factor clave para la selección final. La tabla 4.2.3 muestra los criterios o aspectos a evaluar para las tecnologías FV y TE.

Tabla 4.2.3. Aspectos a evaluar para las tecnologías FV y TE.

Aspecto a evaluar	% asignado	Número de aspecto
Espacio requerido	20%	1
Costo	20%	2
Eficiencia	10%	3
Capacidad de almacenamiento energético	10%	4
Madurez de la tecnología	20%	5
Complejidad de la tecnología	20%	6

Los aspectos técnicos que se muestran en la tabla 4.2.4 se basan en guías técnicas, catálogos, fichas técnicas, páginas y programas especializados como RETScreen 4. Previamente se debe tener en cuenta las siguientes aclaraciones de los aspectos:

- **Aspecto 1:** Se pondera en base a la tecnología que ocupe menor espacio la cual se lleva el valor asignado mayor (20%) y disminuye proporcionalmente. El espacio requerido se muestra en m² por MW instalado, este valor es aproximado y se encuentra redondeado.
- **Aspecto 2:** Se pondera en base a la tecnología que tenga un costo menor, la cual se lleva el valor asignado mayor (20%) y disminuye proporcionalmente. El costo por MW instalado es aproximado y se encuentra en MMUS\$.
- **Aspecto 3:** Se pondera en base a la tecnología que tenga mayor eficiencia la cual se lleva el valor asignado mayor (10%) y disminuye proporcionalmente. La eficiencia también es una aproximación al % más común en el mercado, por ejemplo los paneles FV policristalinos tienen entre 12% y 15% pero en gran variedad de fichas técnicas se toma como 14%; por su parte algunos equipos tanto FV como TE llegan a tener eficiencias mayor en condiciones controlados en laboratorios de pruebas, pero nuevamente se toma los valores comerciales.
- **Aspecto 4:** Se le otorga el 10% si cuenta con alguna forma de almacenar la energía, de lo contrario se le asigna 0%.
- **Aspecto 5:** Se basa en la accesibilidad y/o disponibilidad de la tecnología en términos comerciales y que en las descripciones anteriores de las tecnologías se hace énfasis a su madurez.
- **Aspecto 6:** Depende plenamente de las ventajas y desventajas técnicas de la tecnología. Es alta si para su funcionamiento requiere gran cantidad de mantenimiento, equipos, sustancias y mano de obra especializada, así como la accesibilidad de los equipos, de lo contrario es baja y con el mayor porcentaje asignado, es decir, alta 0%, media 10% y baja 20%.

La tabla 4.2.5 muestra los resultados de los aspectos evaluados en base a lo descrito anteriormente, por su parte la gráfica 4.2.1 muestra el resultado final de la suma de los aspectos a evaluar. En el anexo F de este trabajo se encuentra el formato de selección de la tecnología con los resultados más detallados.

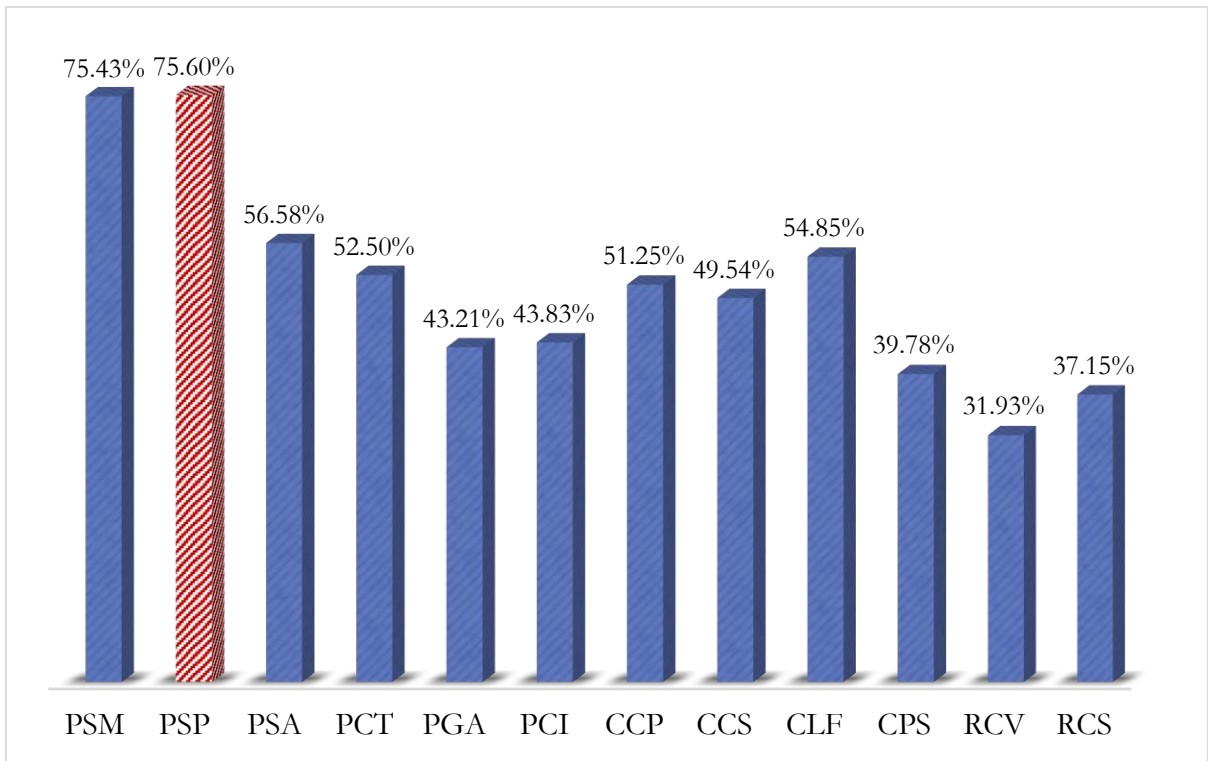
Tabla 4.2.4. Aspectos evaluados a las tecnologías FV y TE.

Tecnología	Aspecto 1	Aspecto 2	Aspecto 3	Aspecto 4	Aspecto 5	Aspecto 6
PSM	7,000	4.0	16%	Si	Alta	Baja
PSP	7,500	3.5	14%	Si	Alta	Baja
PSA	15,000	2.0	5%	Si	Media	Media
PCT	8,000	2.0	10%	Si	Baja	Media
PGA	4,000	7.0	30%	Si	Baja	Alta
PCI	10,000	3.0	10%	Si	Baja	Media
CCP	20,000	5.0	37%	No	Alta	Media
CCS	22,000	6.5	39%	Si	Alta	Alta
CLF	12,000	3.5	27%	No	Alta	Media
CPS	45,000	5.0	40%	No	Media	Media
RCV	40,000	3.5	34%	No	Media	Alta
RCS	44,000	7.5	40%	Si	Media	Alta

Tabla 4.2.5. Resultados de los aspectos a evaluar para las tecnologías FV y TE.

Tecnología	Aspecto 1	Aspecto 2	Aspecto 3	Aspecto 4	Aspecto 5	Aspecto 6
PSM	11.43%	10.00%	4.00%	10.00%	20.00%	20.00%
PSP	10.67%	11.43%	3.50%	10.00%	20.00%	20.00%
PSA	5.33%	20.00%	1.25%	10.00%	10.00%	10.00%
PCT	10.00%	20.00%	2.50%	10.00%	0.00%	10.00%
PGA	20.00%	5.71%	7.50%	10.00%	0.00%	0.00%
PCI	8.00%	13.33%	2.50%	10.00%	0.00%	10.00%
CCP	4.00%	8.00%	9.25%	0.00%	20.00%	10.00%
CCS	3.64%	6.15%	9.75%	10.00%	20.00%	0.00%
CLF	6.67%	11.43%	6.75%	0.00%	20.00%	10.00%
CPS	1.78%	8.00%	10.00%	0.00%	10.00%	10.00%
RCV	2.00%	11.43%	8.50%	0.00%	10.00%	0.00%
RCS	1.82%	5.33%	10.00%	10.00%	10.00%	0.00%

Gráfica 4.2.1. Acumulado porcentual de la evaluación de las tecnologías FV y TE.



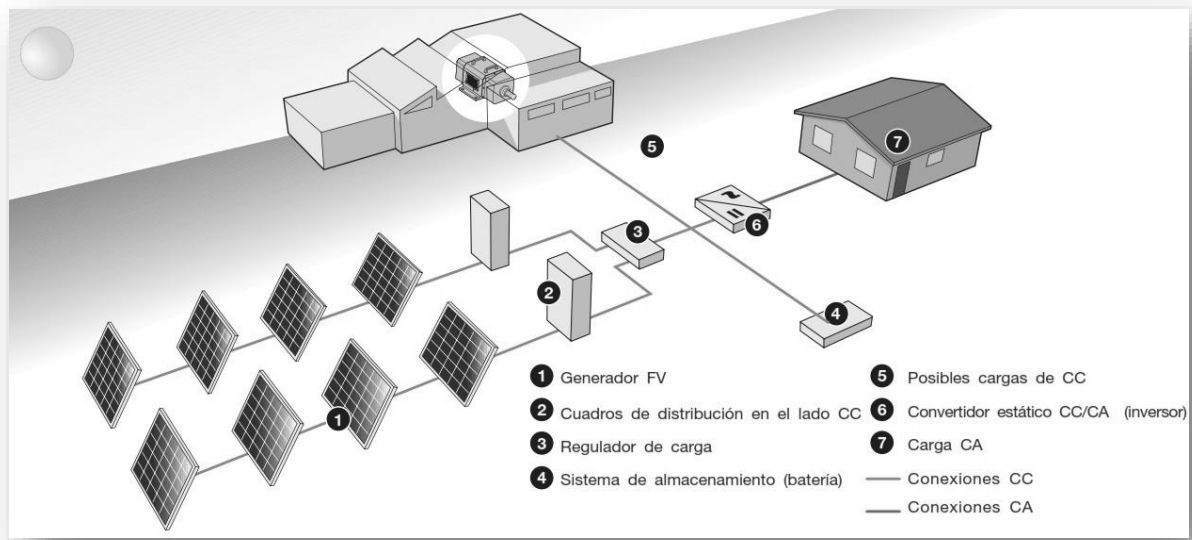
De la gráfica anterior se puede concluir los siguientes puntos:

1. La tecnología seleccionada es una FV de **PSP**, la cual supera por un margen muy estrecho a la tecnología de PSM.
2. La tecnología TE de CLF fue la mejor posicionada de su tipos, la sencillez, costo y espacio reducido le otorga una gran ventaja frente al resto de las TE, pero su carencia de almacenamiento de energía y deficiencias técnicas en su ciclo tipo *Rankine* así como su sistema centralizado lo dejan poco equipado para hacerle frente a las FV.
3. Las tecnologías TE quedaron rezagadas principalmente por la complejidad de sus sistemas, amplios espacios requeridos, mano de obra, mantenimiento especializado e inversiones altas. En términos de producción a gran escala son sin dudas las grandes ganadoras debido a sus eficiencias, pero a una escala como la propuesta en este proyecto se quedan sobre calificadas.

Descripción del proceso

El sistema FV propuesto en este proyecto está en base a un campo FV aislado, el cual no está conectado a la red pública y consiste en paneles FV y un sistema de almacenamiento que garantiza el suministro energético durante las horas que no hay luz solar (véase figura 4.2.1).

Figura 4.2.1. Representación de un sistema FV aislado.



Fuente: Power and productivity for a better world ABB, 2011.

La FIQ actualmente está conectada a la red pública con una potencia contratada no estimada debido a que se encuentra dentro de un complejo perimetral. El tamaño estimado para la planta propuesta es de 1 MWp, de manera que la demanda de electricidad del usuario se satisfaga en la medida de lo posible con una demanda de electricidad anual de 2,305 MWh. Con paneles de silicio policristalino de 230 W por unidad se requieren 4,348, se considera que los paneles se conectarán en serie. El sistema de acondicionamiento y control de energía estará formado por un inversor trifásico que transformará la corriente continua (CC) en corriente alterna (CA) y controlará la calidad de la energía destinada a la red (véase diagrama 4.2.2). El sistema FV se encuentra subdividido en dos sub-campos dentro de la FIQ los cuales garantizan el espacio necesario para los paneles solares.

Bases y criterios de diseño

- Se utiliza el *software* RETScreen 4 para los cálculos técnicos – económicos en su “método 1” para cálculos de pre-factibilidad o de estimado de costos de $\pm 50\%$. El tipo de Proyecto seleccionado es de “generación de energía fotovoltaica” con poder calorífico inferior (PCI).
- El *software* hace uso de un “caso base” para comparación del “caso propuesto”, se toma como caso base la “electricidad de la red” y como referencia el precio medio de energía eléctrica por sector tarifario de servicios para el año 2015, reportado por la SENER de 251 centavos por kWh, por conveniencia se transforma este precio base a dólares norteamericanos con la paridad peso/dólar promedio del 2015 reportado por el banco de México como \$15.881 por US\$; de tal forma que el “precio de combustible” se toma de 0.158 US\$/kWh.
- Las baterías son de descarga profunda con una máxima profundidad de descarga de 80%, una tensión de 12 V, una eficiencia de 85%. El controlador de carga se toma con una eficiencia de 90% a temperatura ambiente y se asume 8 horas de autonomía. El costo por batería se considera de \$US 400 c/u.
- Se consideran paneles solares policristalinos genéricos con 14% de eficiencia, un área de la estructura de 1.65 m² y una capacidad por unidad de 230 W y pérdidas varias de 5%. Con un porcentaje de inclinación de los paneles como 18% en base a la evaluación de potencial FV, herramienta incorporada en la plataforma del INERE y que utiliza como referencia el área geográfica de CU. Considerando que se usan paneles fijos (sin sistemas de seguimiento solar). Los paneles solares tienen un costo alrededor de 3.15 – 3.71 \$US/W.
- Los costos de los equipos principales incluye instalación y proviene de catálogos diversos y costos promedios. Se considera un 5% de la inversión total para cableado y contingencias y un 0.5% del total de la inversión anual por operación y mantenimiento.
- Suponiendo un punto de máxima potencia de 1 MWp y usando los datos meteorológicos mostrados en la tabla 4.2.6 para los cálculos.
- La demanda de electricidad diaria para el escenario propuesto en este proyecto es la aproximación mostrada en el anexo E.

Tabla 4.2.6. Datos meteorológicos del municipio de Puebla.

	Latitud	Longitud	Elevación		
	19.1 °N	-98.2 °E	2,591 m		
Mes	Humedad relativa (%)	Radiación solar diaria horizontal (kWh/m ² /día)	Presión atmosférica (bar)	Temperatura del aire (°C)	Temperatura del suelo (°C)
Enero	68.4	4.73	0.825	12.4	14.2
Febrero	61.2	5.50	0.824	14.1	16.6
Marzo	52.1	6.20	0.823	16.7	20.3
Abril	51.7	6.21	0.823	19.0	23.2
Mayo	58.9	6.16	0.823	19.7	23.5
Junio	70.4	5.64	0.823	19.0	21.7
Julio	69.5	5.67	0.825	18.3	20.8
Agosto	69.5	5.57	0.825	18.3	20.8
Septiembre	74.8	4.95	0.824	17.7	19.8
Octubre	75.0	4.94	0.824	16.0	17.9
Noviembre	73.6	4.79	0.825	14.3	16.0
Diciembre	72.5	4.49	0.825	12.6	14.1
Anual	66.5	5.40	0.824	16.5	19.1

Fuente: NASA.

Diagrama 4.2.1. Diagrama representativo del sistema FV de caso propuesto.

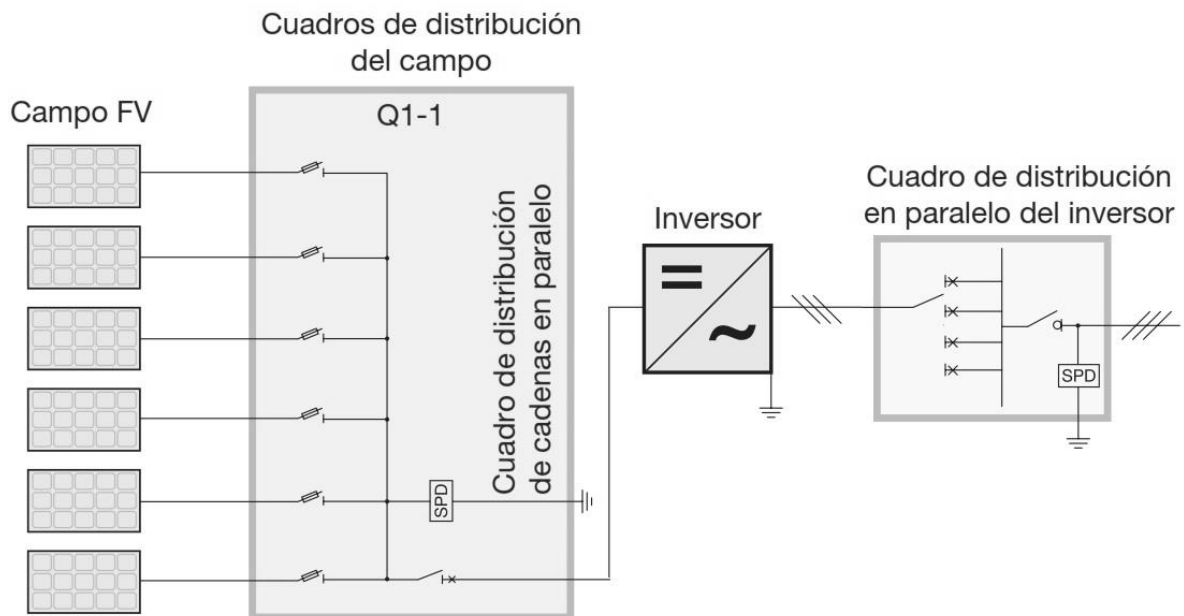


Tabla 4.2.7. Lista y costo de los equipos principales para el sistema FV de caso propuesto.

<i>Equipo</i>	Cantidad	Costo aprox. (US\$)	Descripción
<i>Inversor</i>	1	500,000	Inversor trifásico con capacidad de 1 MW, eficiencia de 97% con pérdidas varias de 3%.
<i>Paneles solares</i>	4,348	3,500,000	Paneles FV de silicio policristalino con una potencia nominal de 230 W por unidad y rastreo de punto de máxima potencia (MPP), 14% de eficiencia, 1.64 m ² de área de ocupación por unidad.
<i>Baterías</i>	2,510	1,000,000	Baterías de descarga profunda de 100 Ah de corriente, 12 V y 85% de eficiencia.

Tabla 4.2.8. Resultados de comparación entre el caso base y el propuesto.

	Caso base	Caso propuesto
Demanda de electricidad diaria – CA	6,316 kWh	6,316 kWh
Demanda de electricidad anual – CA	2,305.34 MWh	2,305.34 MWh
Carga punta anual		1 MW
Inversor		
Capacidad total del inversor		1 MW
Eficiencia		97%
Perdidas varias		3%
Baterías		
Horas de autonomía		8 horas
Tensión		12 V
Eficiencia		85%
Máxima profundidad de descarga		80%
Eficiencia del controlador de carga		90%
Método de control de temperatura		Ninguno
Reducción promedio de la capacidad de la batería por temperatura		5.1%
Capacidad		251,000 Ah
Batería		3,012 kWh
Unidades		2,510
Generador fotovoltaico		
Modo de rastreo solar		Ninguno
Inclinación		18°
Azimut		0°

Tipo de celda		Silicio policristalino
Capacidad de generación eléctrica		1 MW
Unidades		4,348
Eficiencia		14%
Temperatura normal de operación de la celda		45 °C
Coefficiente de temperatura (%/°C)		0.4
Área requerida		7,143 m ²
Método de control		MPP
Pérdidas varias		5%
Factor de planta		21.1%
Electricidad entregada a la carga		1,398.37 MWh
		60.7%

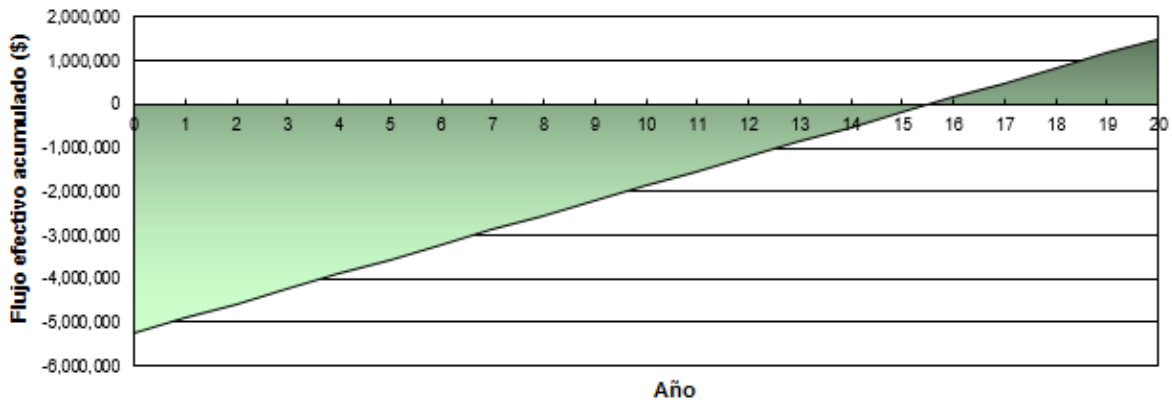
Tabla 4.2.9. Análisis de emisiones de gases de efecto invernadero.

	Caso base	Caso propuesto
Factor de emisión de gases de efecto invernadero	0.455 tCO ² /MWh	
Emisiones de gases de efecto invernadero	1,103.7 tCO ²	434.2 tCO ²
Reducción anual bruta de emisiones de gases de efecto invernadero	0 tCO ²	669.5 tCO ²
Equivalencia de las emisiones evitadas anuales		
Barriles de petróleo crudo no consumidos		1,557
Litros de gasolina no consumidos		287,667
Autos y camiones livianos no utilizados		123
Personas que reducen el consumo de energía en un 20%		670
Toneladas de desecho reciclado		231

Tabla 4.2.10. Resultado de análisis financiero.

	Caso base	Caso propuesto
Tasa de inflación		0%
Tiempo de vida del proyecto		20 años
Relación de deuda		0%
Sistemas eléctricos de potencia		US\$ 5,000,000
Cableado y contingencias		US\$ 250,000
Incentivos y donaciones		US\$ 0
Costo anuales por operación y mantenimiento	US\$ 0	US\$ 26,250
Costo de combustible anual	US\$ 364,244	US\$ 0
Tasa interna de retorno (TIR) antes de impuestos		2.5%
Pago simple de retorno de capital		15.5 años
Retorno de capital		15.5 años

Gráfica 4.2.2. Flujo de caja acumulado para caso propuesto.



Para fines ilustrativos no se considera la inflación ni incremento del costo de la energía eléctrica por parte de CFE, pero es importante destacar que en este supuesto el ahorro se incrementa y en consecuencia mejora las condiciones financieras del proyecto. Por otra parte el costo de operación y mantenimiento del caso base no se considera debido principalmente a que la FIQ, al ser una dependencia pública lleva consigo una gran cantidad de condonaciones municipales y estatales que incluye entre otros, este factor. El análisis financiero muestra que la TIR del proyecto es de 2.5% antes de impuestos con una inversión de US\$ 5, 250,000 costos anuales de US\$ 26,250 y se paga en 15.5 años. Esto refleja que es rentable, pero no excesivamente.

Para el desarrollo del proyecto durante las distintas fases FEL es imprescindible contar con un equipo que evolucionará durante todo el ciclo de vida del proyecto. El rol principal dentro de los proyectos de inversión corresponde al del Patrocinador, quien será el representante del área productiva que estará a cargo de la operación de las instalaciones derivadas del proyecto, y tendrá la responsabilidad de la dirección estratégica y de asegurar que los esfuerzos y recursos se enfoquen en los objetivos productivos para los que el proyecto ha sido diseñado. Dentro del esquema organizacional de la BUAP, el Patrocinador será el DGO el cual no solo designará los recursos propios sino las posibles condonaciones y aportaciones externas. Asimismo, el Patrocinador deberá designar a un Líder Operativo y un Director de Proyecto los cuales tendrán una estrecha relación con el tecnólogo a lo largo de todo el proyecto.

FACTIBILIDAD DEL PROYECTO EN LA FIQ DE LA BUAP

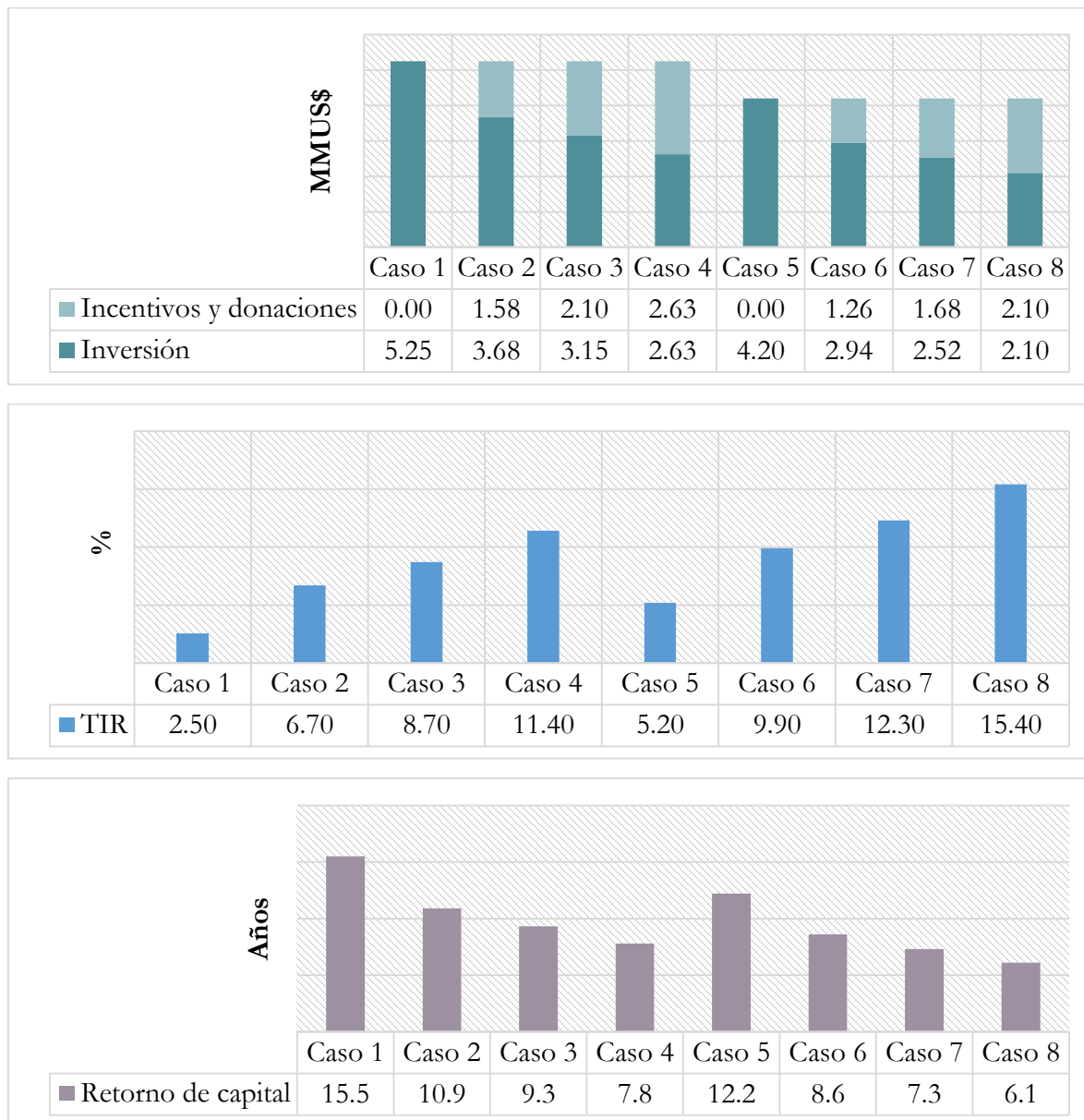
RESULTADOS DEL ESTUDIO // PREVISIÓN PARA UN NUEVO PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO // PROPUESTAS PARA EL FINANCIAMIENTO

Las plantas aisladas como la propuesta en este proyectos son ventajosas desde un punto de vista técnico y suelen sobredimensionarse para que, durante las horas de insolación, tanto el suministro de carga como las recargas de las baterías de almacenamiento se puedan garantizar con cierto margen de seguridad. La desventaja radica en los altos costos iniciales de inversión y el alto espacio requerido. La inversión de US\$ 5, 250,000 es bastante alta y sin apoyo externo o financiamiento sería poco rentable y los cálculos realizados con RETScreen no incluían estos apoyos externos. Retomando los resultados anteriores y comparándolos con otros siete posibles casos (que se describen a continuación) se puede observar interesantes escenarios (véase gráfica 4.3.1).

- **Caso 1:** Planta FV aislada (caso propuesto).
- **Caso 2:** Planta FV aislada con incentivos y donaciones hasta del 30%.
- **Caso 3:** Planta FV aislada con incentivos y donaciones hasta del 40%.
- **Caso 4:** Planta FV aislada con incentivos y donaciones hasta del 50%.
- **Caso 5:** Planta FV interconectada.
- **Caso 6:** Planta FV interconectada con incentivos y donaciones hasta del 30%.
- **Caso 7:** Planta FV interconectada con incentivos y donaciones hasta del 40%.
- **Caso 8:** Planta FV interconectada con incentivos y donaciones hasta del 50%.

El alto costo de las plantas FV aisladas se debe en buena medida al costo de las baterías de descarga profunda, por su parte las plantas interconectadas se ahorran este costo pero se debe incluir el costo de interconexión ante CFE. Aun así, es notable que con incentivos y donaciones (como se observa en la gráfica 4.3.1) se llega a tener un TIR de hasta 11.40% en plantas aisladas y 15.40% en plantas interconectadas, estas últimas sin considerar la posibilidad de venta por exentes de energía a CFE pues la tarifa se define en el contrato de interconexión, el cual puede llegar a aumentar su TIR considerablemente.

Gráfica 4.3.1. Escenarios de inversión, TIR y retorno de capital para los ocho casos.



Por otro lado, estos posibles escenarios se enfrentan a un impedimento en cuestión de espacio requerido, el caso propuesto muestra que el área necesaria para un sistema FV con una capacidad de 1 MWp es de 7,143 m². En el capítulo anterior se indicó que la FIQ cuenta con un aproximado 20,243 m² de área, pero no todo el espacio es de factible construcción FV, es decir, para que los 4,348 paneles puedan ser instalados se requiere grandes espacios como los mostrados en la figura 4.3.1.

Figura 4.3.1. Áreas potenciales para el sistema FV en la FIQ de la BUAP.



Fuente: INERE.

Las imágenes anteriores muestran áreas potenciales para el sistema FV, en la primera imagen el campo FV absorbería por completo el Parque Bicentenario lo cual no solo implicaría el desplazamiento de la vegetación del parque sino también limitaría la posibilidad de construcción de nuevas instalaciones y un reducido espacio de recreación y movilidad para la población en general. Por su parte la segunda imagen muestra la posibilidad del uso de los estacionamientos tanto de la FIQ como de facultades cercanas para un sistema FV, con estructuras especiales para techar los estacionamientos con paneles solares y evitar perder esa área (véase figura 4.3.2).

Figura 4.3.2. Representación de un estacionamiento con sistema FV.



Fuente: *Schneider Electric.*

La última imagen de la figura 4.3.1 muestra el potencial de las azoteas como un importante espacio FV. En el caso propuesto, el uso de las azoteas tendría implicaciones considerables pues, serían una especie de “sub campos” distribuidos en toda la FIQ con pérdidas en eficiencias, gran cantidad de cableado y aumento en los costos de equipos como inversores, reguladores de carga y cuadros de distribución. Pese a eso sigue siendo una importante opción y más si se considera la posibilidad de techar la cancha de la FIQ para aprovechar ese espacio como parte del sistema FV. De tal forma que el análisis realizado muestra que “numéricamente” es posible realizar un proyecto energético – FV a esta escala en la FIQ pese el alto costo de inversión inicial mostrado, el cual está en un marco de $\pm 50\%$, el reto entonces se encuentra en la adecuada distribución del espacio requerido y del apoyo de financiamiento, condonaciones e incentivos fiscales municipales, estatales, federales e internacionales que podrían generar un proyecto aún más rentable. A medida que el proyecto se desarrolle y madure, tendrá mayor acceso a diversos incentivos fiscales y a depreciación acelerada de los costos de capital para el desarrollo de energía renovable.

Los principales instrumentos de promoción para energías renovables están en el gobierno federal, ordenados todos bajo el instrumento rector del “*Plan Nacional de Desarrollo y la Ley de Ciencia y Tecnología*” enfocado en desarrollar el emprendedurismo e innovación en el país, también en fondos y programas estatales, municipales, mixtos e internacionales. En la tabla 4.3.1 se muestran los principales fondos, incentivos y programas enfocados a tecnologías y proyectos energéticos renovables tanto nacionales como internacionales.

Tabla 4.3.1. Fondos y programas orientados a proyectos de energías renovables.

Dependencia	Fondos / Programas / Apoyos
CONACYT	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fondo de emprendedores CONACYT-NAFINSA. ▪ Fondo para el cambio climático. ▪ Programa de estímulos e innovación (PEI). ▪ Finnova. ▪ Fondo de innovación tecnológica (FIT).
SE-INADEM	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Programa de fomento a la economía. ▪ Fondo nacional del emprendedor. ▪ FINNOVA. ▪ Programa para el desarrollo de la productividad de las industrias ligeras (PROIND). ▪ Programa para el desarrollo tecnológico de la industria (PRODIAT).
NAFIN	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Programa de apoyo a proyectos sustentables. ▪ Fondo de emprendedores CONACYT-NAFINSA. ▪ Fondo de conversión de capital semilla. ▪ Fondo de capital emprendedor.
SERMARNAT	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Liderazgo ambiental para la conectividad. ▪ Proyectos impulsados a través de MDL. ▪ Fondo para el cambio climático.
SENER	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fondo de sustentabilidad energética. ▪ Fondo de transición energética.

CFE – CONACYT	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fondo Sectorial para Investigación y Desarrollo Tecnológico en Energía.
CONACYT - SENER / Fondo de sustentabilidad energética	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fondo Sectorial Conacyt-Secretaría de Energía-Sustentabilidad Energética.
ECONOMÍA - CONACYT / FINNOVA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fondo Sectorial de Innovación.
ECONOMÍA - CONACYT / FIT	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fondo de Innovación Tecnológica.
SEDESOL	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Programa para el desarrollo de zonas prioritarias, para el ejercicio fiscal para el apoyo para infraestructura o sistemas de energía eléctrica.
FIDE	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Financiamiento a municipios para proyectos de ahorro y eficiencia energética. ▪ Financiamiento a proyectos de desarrollo tecnológico que impacte el mercado y propicien el ahorro y la eficiencia energética.
SAGARPA – BANCO Mundial – FIRCO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Financiamiento para instalaciones de tecnologías renovables en el ámbito rural.
BANOBRAS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fondo para la transición energética y el aprovechamiento sustentable de la energía.
Nacional Financiera	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Apoyo para proyectos de ahorro de energía. Proyectos de energía renovable. Fomento de proyectos de innovación tecnológica. ▪ Programa de apoyo a proyectos sustentables.
BANOBRAS / FONADIN	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fondo para el financiamiento de estudios para proyectos de infraestructura.
FINTEGRA - INTERACCIONES	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Créditos a proyectos sustentables.
Banco Europeo de Inversiones	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Apoyo a la inversión extranjera directa de la Unión Europea en América Latina. Apoyo a proyectos que

	<p>tienen una dimensión de mejoras del medioambiente, incluido en las energías renovables, y Seguridad energética.</p>
<p>Ministerio Alemán de Cooperación y Desarrollo Económico / KFW</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Financiamiento para proyectos de energías renovables y eficiencia energética. ▪ Créditos para Pymes a través de Nacional Financiera para proyectos de Energías Renovables y Eficiencia Energética.
<p>Global Environment Facility</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Donaciones a los países en desarrollo y países con economías en transición para proyectos relacionados con la biodiversidad, el cambio climático, aguas internacionales, degradación de la tierra, la capa de ozono y los contaminantes orgánicos persistentes.
<p>Banco Mundial – Corporación Financiera Internacional</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inversiones de capital a municipalidades y otras entidades públicas locales de países en desarrollo sin tomar garantías de los gobiernos centrales.

Fuente: Aguirre et al. y SEMARNAT.

Los fondos, apoyos, donaciones y financiamiento van desde el 10% hasta un máximo de 80% de la inversión (dependiendo el programa o apoyo). Este tipo de apoyo ha sido aprovechado por diversas instancias, municipios y estados como el estado de Guanajuato el cual, a través de un fondo mixto ente el estado y CONACYT, realizó varios proyectos de tecnologías limpias con el mayor monto de inversión (\$27.2 MM) en energías limpias (25% del total de proyectos). De sus 19 proyectos, diez son de energía solar, cinco de biodigestores y cuatro se basan en otras fuentes renovables. La BUAP como institución pública tiene un gran potencial de acceso a este tipo de apoyos nacionales, internacionales y mixtos, todos estos requieren necesariamente de un estudio financiero del proyecto.

Otra pieza fundamental para el desarrollo de proyectos de energías renovables, a todas las escalas, es el conocer con mayor detalle los procesos a los que están sujetos en materia de regulación y trámites. La tabla 4.3.2 describe de manera desagregada el conjunto de trámites que son necesarios para desarrollar un proyecto y genere energía eléctrica con interconexión a la red.

Tabla 4.3.2. Trámites requeridos en el desarrollo de proyectos de generación eléctrica de más de 500kW.

Constitución y Evaluación	Constitución empresarial
	Escrituración, registro de sociedad, registros fiscales y altas empresariales. Constitución de sociedad de autoabastecimiento.
	Evaluación de Viabilidad Ambiental y Arqueológica
	Manifestación de Impacto Ambiental-SEMARNAT Registro de generación de residuos-SEMARNAT Consulta de Zona Arqueológica- INAH
	Evaluación de viabilidad de proyecto eléctrico- CFE
	Estudio de pre factibilidad de interconexión. Estudio de Porteo.
Aprobaciones y Permisos	Uso de agua – CONAGUA
	Uso de aguas superficiales. Permiso para realizar obras de infraestructura hidráulica. Uso de terrenos federales.
	Uso de suelo - SEMARNAT
	Cambio de uso de suelo forestal. Licencia Ambiental Única. Licencia de funcionamiento. Trámite Unificado de Suelo.
	Generación de energía - CRE
	Generación de electricidad en producción independiente. Generación de electricidad en pequeña producción. Generación de electricidad para autoabastecimiento. Generación de electricidad en cogeneración.
	Instalaciones eléctricas – CFE
	Proyecto de ingeniería básica. Solicitud de servicios de transmisión.
Contrataciones	Contratos y convenios con CFE
	Contrato de interconexión. Contrato de respaldo. Convenio de transmisión. Convenio de compraventa de excedentes de energía. Convenio de construcción.
	Otras contrataciones y trámites
	Contrataciones y Licencias Estatales y Municipales. Contratación Financiera (Banca Estatal y/o Privada).

Fuente: SENER.

CONCLUSIONES

- El proyecto realizado a lo largo de esta tesis se basó en una mejor práctica de desarrollo de proyectos llamada *Front End Loading* o FEL que en paráfrasis significa “planear de manera anticipada” todo lo que se requerirá durante la construcción, arranque e inicio de la operación de un proyecto. En este trabajo de tesis se desarrollo una de las tres etapas del FEL (FEL I) aplicado al autoabastecimiento energético en la FIQ de la BUAP con una tecnología renovable y se mostró las condiciones necesarias para que el proyecto sea económica, social y medioambientalmente factible.
- Un elemento de mucha importancia en este trabajo es la evaluación de recursos renovables realizados para la ciudad de Puebla y cuyos resultados dieron como consecuencia la selección de la tecnología solar y el posterior análisis técnico – económico de la tecnología FV seleccionada.
- En el contexto sobre los objetivos que se lograron en el presente trabajo, merece especial atención la obtención del consumo energético a base de la “potencia nominal” de los equipos eléctricos de la FIQ y el análisis relacionado con las horas de clase en un “año tipo” resultando en el estimado de consumo eléctrico, presentado ampliamente en los anexos.
- En general se puede considerar que el autoabastecimiento de la FIQ a través de un sistema asilado FV con paneles de silicio cristalino es técnicamente posible, económicamente viable a través de financiamiento, aportaciones e incentivos externos pero territorialmente complicados debido al poco espacio de la FIQ en relación a su consumo. Lo anterior no quiere decir que es imposible un proyecto de este género dentro de la FIQ o incluso CU pero un replanteamiento del proyecto es necesario.
- Usualmente un proyecto FEL I incluye el planteamiento de un “caso de negocio” pero la FIQ, al ser parte de una institución pública, cuenta con condonaciones en el consumo eléctrico, por lo que económicamente no hay un beneficio concreto pero si un beneficio social, ambiental y tecnológico.

- Los resultados mostrados en este trabajo de tesis dan la base a futuros proyectos de índole energético, ya sea para estudios de eficiencia energética como para proyectos de generación o cogeneración eléctrica. De la misma forma de aprobarse un proyecto como el presentado, puede llegar a abrir un nuevo campo de investigación en torno a la energía solar en la FIQ y en la propia BUAP.
- Los proyectos de energías renovables en instituciones públicas deben fomentar la creatividad y ser parte fundamental del desarrollo social, en donde el reto recae en soluciones comerciales y económicamente viables. De ahí que no llegaremos a una sociedad sustentable sino entendemos que la viabilidad económica es parte fundamental de la productividad. La tarea de cambiar la perspectiva energética en México no es un *sprint*, es un maratón y si no empezamos la carrera hoy va a tomar mucho más tiempo mañana.

RECOMENDACIONES

- De proseguir a una etapa FEL II y FEL III es necesario corroborar con mayor exactitud el consumo energético de la FIQ, lo que muy probablemente llegue a disminuir los costos y escalamiento del proyecto así como las alternativas de financiamiento y apoyos.
- La factibilidad del proyecto puede mejorar notablemente a través de un análisis más minucioso del consumo eléctrico de la FIQ y con un planteamiento entorno a la interconexión con CFE. En una etapa FEL II el desarrollo de la ingeniería básica y básica extendida debe incluir un estudio sobre el ángulo más adecuado de inclinación de los paneles FV, la detección de posibles pérdidas de eficiencia debido a la sombra causada por estructuras o vegetación y el análisis económico del uso de equipos de rastreo solar.
- De aprobarse un proyecto a base de tecnología FV se debe incluir un programa de selección y evaluación de proveedores, de tal forma que el tecnólogo acompañe en todas las etapas FEL. El estudio realizado para la selección de tecnología dio una estrecha ventaja al silicio policristalino frente al monocristalino, a través del programa de selección de proveedores y el apoyo del tecnólogo seleccionado es posible replantear el uso de paneles monocristalinos, siempre y cuando se compruebe la viabilidad económica y de espacio de esta.
- En etapas posteriores del proyecto es necesario realizar un análisis a detalle de la distribución adecuada del campo FV en conjunto con el tecnólogo seleccionado, en donde se debe discutir el número de inversores y cuadros de distribución.
- Un nuevo planteamiento del proyecto no solo sería la interconexión sino también la posibilidad del autoabastecimiento de un solo edificio.
- Tecnologías como el concentrador lineal tipo *Fresnel* pueden ser otra interesante opción de proyecto debido a su bajo costo y su importante paso al uso comercial. Otras tecnologías como la pila combustible y fuentes como el biodiesel, de avanzado estudio en la FIQ pueden usarse en tecnologías híbridas dando un nuevo y novedoso enfoque.

REFERENCIAS

CAPÍTULO I

- Abraham, D. (2011, Diciembre). El dilema energético. *Energía 360*. Producción y soluciones sustentables, p. 22.
- Conraud, E. (2012). La gestión ambiental como estrategia de competitividad de las empresas mexicanas. Manuscrito no publicado, Universidad de Guanajuato, Guanajuato, México.
- Cook, N. (Director). (2010). Can We Have Unlimited Power? [Episodio de una serie de televisión]. En A. Lavery (Productor), Broadcasting House, Londres, UK: British Broadcasting Corporation (BBC).
- Earth Charter Initiative (2000). *La carta de la Tierra*. Recuperado de: <http://www.earthcharterinaction.org/contenido/pages/La-Carta-de-la-Tierra.html>.
- Godoy, E. (2011, Mayo). Fukushima enciende el debate nuclear. *Petróleo y Energía*, p. 16 – 18.
- González, J. (2009). Energías renovables. Barcelona, España: Reverté.
- Guillen, O. (2004). Energías renovables. Una perspectiva ingenieril. D.F., México: Trillas.
- Moore, G. (1965). Cramming more components onto integrated circuits. *Electronics*, Volume 38, Number 8, April 19, 1965.
- Naciones Unidas (2014, Octubre, 12) *Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible*. Recuperado de: <http://www.un.org/es/development/devagenda/sustainable.shtml>.
- Oliveira, J. y Campos, T. (2003). Construção de Cenários Futuros para as Fontes de Energia Primária. Disertación doctoral no publicada, University of Beira Interior, Covilhã, Portugal.
- Oteen, M. (2012). Japón da otra lección al mundo. *Energía 360*, p. 48 – 51.
- *Prospectiva de energías renovables 2012-2026*. [Archivos de datos]. México, D.F., México: Secretaría de Energía.

- Romero, A. (2007). Contribución de la catálisis al cumplimiento de los objetivos de Kioto. *Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 101 (2), 347-360.
- The Earth's Best Defense (2012). El costo nivelado de energía y el futuro de la energía renovable no convencional en Chile.
- The Story of Stuff Project (2013). *The Story of Solutions*. Recuperado de: <http://storyofstuff.org/>.
- The Story of Stuff Project (2007). *The Story of Stuff*. Recuperado de: <http://storyofstuff.org/>.
- U.S. Energy information administration (2013). *Updated Capital Cost Estimates for Utility Scale Electricity Generating Plants*. Recuperado de http://www.eia.gov/forecasts/capitalcost/pdf/updated_capcost.pdf
- World Energy Council (2013, Octubre). World Energy Resources. Recuperado de <http://www.worldenergy.org/publications/>.
- World Energy Council (2014). *Consejo mundial de la energía*. Recuperado de: <http://www.worldenergy.org/publications/>
- World Energy Council (2013, octubre). *Recursos energéticos mundiales*. Recuperado de: <http://www.worldenergy.org/publications/>
- World Energy Council (2013, septiembre). World Energy Perspective. *Energy efficiency policies: what works and what does not*. Recuperado de: <http://www.worldenergy.org/publications/>
- World Energy Council (2014, marzo). World Energy Perspective. *Energy Efficiency Technologies*. Recuperado de: <http://www.worldenergy.org/publications/>
- World Energy Council (2014, enero). World Energy Perspective. *World Energy Issues Monitor 2014*. Recuperado de: <http://www.worldenergy.org/publications/>
- World Energy Council (2013, octubre). World Energy Perspective. *Cost of Energy Technologies*. Recuperado de: <http://www.worldenergy.org/publications/>
- World Energy Council (2013, octubre). World Energy Scenarios. *Composing energy futures to 2050*. Recuperado de: <http://www.worldenergy.org/publications/>

CAPÍTULO II

- Aguilar, D. (2012, Noviembre). Aguas poderosas. *Energía 360. Producción y soluciones sustentables*, p. 14 – 21.
- Alemán, G., Casiano, V., Cárdenas, D., Díaz, R., Scarlat, N., Mahlknecht, J., Dallemand, J., Parra, R. (2014). Renewable energy research progress in Mexico: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 32, 140 – 153.
- Arzate, E. (2011, Diciembre). La industria quiere eco-edificios. *Energía 360. Producción y soluciones sustentables*, p. 31-34.
- Canavan, K. (2014, Octubre). Dilemas de la sustentabilidad: retos, alternativas y soluciones. *energíahoy*, p. 24.
- Centro de Investigación para el Desarrollo, A. C. (2013). 3 dilemas. Un diagnóstico para el futuro energético de México. Recuperado de: <http://reddecompetencia.cidac.org>.
- Centro de Investigación para el Desarrollo, A. C. (2013). México inseguro energéticamente. Recuperado de: http://www.cidac.org/esp/cont/publicaciones/M_xico_inseguro_energ_ticamente_II_I.php.
- CFE (2014, Noviembre, 09). CFE y la electricidad en México. Recuperado de: http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/CFE_y_la_electricidad_en_Mexico/Paginas/CFEylaelectricidadMexico.aspx.
- Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México 2006. [Archivos de datos]. México, D.F., México: Secretaría de Energía.
- Facultad de ingeniería química de la BUAP (2014). 2do Informe de Labores 2012 – 2016. Heroica Puebla de Zaragoza, Puebla, México.
- Gobierno de la República (2014). Reforma Energética. Recuperado de: <http://reformas.gob.mx/reforma-energetica/que-es>.
- Godoy, E. (2014, Septiembre). Entre alfileres. *Petróleo & Energía*, p. 12 – 15.
- González, J. (2009). La generación eléctrica a partir de combustibles fósiles. Recuperado de: <http://www.iie.org.mx/boletin042009/divulga.pdf>.
- Grunstein, M. (2014, Julio). Reforma energética para Dummies. Derecho de la energía al alcance de todos. *energíahoy*, p. 22 – 23.

- Gueilburt, M. (Director). (2010). La era de Cárdenas [Cinta Cinematográfica]. México: The History Channel.
- Guillen, O. (2004). Energías renovables. Una perspectiva ingenieril. D.F., México: Trillas.
- Hernández, E. (2014, Junio). 2014 promete despeinar a todos. *Manufactura Energía 360. Producción y soluciones sustentables*, p. 30 – 34.
- Informe de rendición de cuentas 2006-2012. [Archivos de datos]. México, D.F., México: Comisión Federal de Electricidad.
- Instituto Mexicano para la Competitividad A.C. (2006). Estudio sobre tarifas eléctricas en México. Hacia una estructura tarifaria eficiente que apoye la competitividad de la economía. Recuperado de: <http://imco.org.mx/competitividad>.
- Instituto Mexicano para la Competitividad A.C. (2011). Metodología para calcular ex ante externalidades asociadas a la generación de electricidad. Recuperado de: http://imco.org.mx/medio_ambiente/externalidades_asociadas_a_la_generacion_de_electricidad/.
- Instituto Mexicano para la Competitividad A.C. (2015). Cleantech México 2015. Panorama y recomendaciones para impulsar la economía nacional. Recuperado de: www.imco.org.mx.
- International Energy Agency (2014). Monthly Electricity Statistics. Recuperado de: <http://www.iea.org/statistics/topics/Electricity/>.
- Jiménez, R. (2013, Noviembre). El carbón pinta para quedarse. *Energía 360. Producción y soluciones sustentables*, p. 32 – 36.
- Lara, O. (2014, Julio). ¿Empresas mexicanas vs Industria nacional? *energíahoy*, p. 28.
- Lara, O. (2014, Octubre). Pérdida cambiaria, tasas de interés y los riesgos que vienen. *energíahoy*, p. 28 – 29.
- Lucena, P., (2013, Noviembre). Las renovables prometen inversión. *Energía 360. Producción y soluciones sustentables*, p. 38 – 44.
- OCDE (2014, Noviembre, 10). Acerca de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos. Recuperado de: <http://www.oecd.org/centrodemexico/laocde/>.
- Padilla, A. (2014, Octubre). Eficiencia energética y su financiamiento. *energíahoy*, p. 26 – 27.

- Pemex (2014, Noviembre, 09). Acerca de Pemex. Recuperado de: http://www.pemex.com/acerca/quienes_somos/Paginas/default.aspx#.VGZICPmUcpo.
- Plan Nacional de Infraestructura 2014 – 2018. [Archivos de datos]. México, D.F., México: Subsecretaría de Infraestructura.
- Ponce, K. (2013, Noviembre). Combustibles. Objetos de lujo. *Energía 360. Producción y soluciones sustentables*, p. 22 – 30.
- PricewaterhouseCoopers, S.C. (2014). Reforma energética de México. Implicaciones y oportunidades en el sistema eléctrico nacional. Recuperado de: <https://www.pwc.com/mx/es/industrias/energia/index.jhtml>.
- Prospectiva de energías renovables 2013-2027. [Archivos de datos]. México, D.F., México: Secretaría de Energía.
- Renée, C. (2014, Julio). ¿Estamos listos para la Ley de la Industria Eléctrica? *energíahoy*, p. 26.
- Secretaría de energía (2014). 2do Informe de Labores 2013-2014. Recuperado de: <http://www.sener.gob.mx/portal/Default.aspx?id=2618>.
- Sigler, E. (2014, Junio). Bonanza económica a partir de la energía. *Manufactura Energía 360. Producción y soluciones sustentables*, p. 17 – 23.
- Torres, A. (2011, Diciembre). El último resquicio nuclear. *Energía 360. Producción y soluciones sustentables*, p. 50 – 55.
- U.S. energy information administration (2013). Updated capital cost estimates for utility scale electricity generating plants. Recuperado de http://www.eia.gov/forecasts/capitalcost/pdf/updated_capcost.pdf
- Vidal, F. (2014, Junio). Entre alzas y desigualdad. Pobreza energética. *Manufactura Energía 360. Producción y soluciones sustentables*, p. 25 – 28.
- World Energy Council (2013, octubre). World Energy Resources: 2013 Survey. Recuperado de: <http://www.worldenergy.org/publications/>
- Zavala, M., Tepezano, J. (2014, Septiembre). Trazando un México renovable. *Petróleo & Energía*, p. 40 – 48.

CAPÍTULO III

- Aguilar, D. (2012, Noviembre). Aguas poderosas. *Energía 360. Producción y soluciones sustentables*, p. 14 – 21.
- Amaro, E., Aguilar, C., Hernández, S. (s. f.). *Manual de temas selectos de ingeniería de proyectos*. México, D.F., México: Facultad de química. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Asociación mexicana de energía eólica, AMDEE (2015, Marzo, 13). http://www.amdee.org/home_amdee_2014.
- Canavan, K. (2014, Octubre). Dilemas de la sustentabilidad: retos, alternativas y soluciones. *energíaboy*, p. 24.
- CFE (2014, Noviembre, 09). CFE y la electricidad en México. Recuperado de: http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/CFE_y_la_electricidad_en_Mexico/Paginas/CFEylaelectricidadMexico.aspx.
- Dirección de comunicación institucional (2010). *Tendrá BUAP planta productora de biodiesel*. Recuperado de: http://www.buap.mx/portal_pprd/wb/comunic/tendra_buap_planta_productora_de_biodiesel_1525.
- Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México 2006. [Archivos de datos]. México, D.F., México: Secretaría de Energía.
- Flores, C. (2006). *Definición inicial del proyecto (FEL), una mejor práctica para incrementar el desempeño en los proyectos*. Tesis de Licenciatura no publicada, Universidad Autónoma de México, México, D.F.
- González, F., Barrera, E. (2011). Principio de las celdas fotovoltaicas de silicio cristalino y algunas alternativas para incrementar su eficiencia: perspectivas. *Revista de energías renovables*, (10), 10 – 13. Recuperado de: http://www.anes.org/anes/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=8.
- Guillen, O. (2004). *Energías renovables. Una perspectiva ingenieril*. D.F., México: Trillas.
- Hernández, E. (2014, Junio). 2014 promete despeinar a todos. *Manufactura Energía 360. Producción y soluciones sustentables*, p. 30 – 34.

- *Informe de rendición de cuentas 2006-2012*. [Archivos de datos]. México, D.F., México: Comisión Federal de Electricidad.
- International Energy Agency (2014). Monthly Electricity Statistics. Recuperado de: <http://www.iea.org/statistics/topics/Electricity/>.
- Kerzner, H. (2009). Project Management. A systems approach to planning, scheduling and controlling (10th Ed.). Hoboken, New Jersey, EE.UU.: John Wiley & Sons.
- Lucena, P., (2013, Noviembre). Las renovables prometen inversión. *Energía 360. Producción y soluciones sustentables*, p. 38 – 44.
- Mentado, P. (2014, Julio). Los municipios enfrentan el reto. *energíahoy*, p. 36 – 43.
- Natural Resources Canada (2007). RETScreen (versión 4) [Software de cómputo]. Canadá: RETScreen ® International.
- Natural Resources Canada (2011). RETScreen Plus (versión 1) [Software de cómputo]. Canadá: RETScreen ® International.
- Oliveros, M., Rincón, H. (2010). Gestión de costos en los proyectos: un abordaje teórico desde las mejores prácticas del Project Management Institute. *Visión gerencial*, Año 10, N° 1, Enero - Junio 2011, p. 85-94.
- Ontario Sustainable Energy Association (2010). *Guía para el desarrollo de proyectos comunitarios de energía renovable en América del Norte*. Recuperado de www.cec.org.
- Padilla, A. (2014, Octubre). Eficiencia energética y su financiamiento. *energíahoy*, p. 26 – 27.
- PEMEX (2014, diciembre). Módulo III: Alcance y la estructura de desglose de trabajo. Documento presentado en el 1er diplomado en dirección y ejecución de proyectos BUAP. H. Puebla de Z, Puebla, México.
- PEMEX (2014, julio). Gestión de tecnología para el desarrollo de proyectos. Documento presentado en los cursos de instructores en administración y control de proyectos BUAP. H. Puebla de Z, Puebla, México.
- PEMEX (2014, octubre). Módulo I: Mejores prácticas. Documento presentado en el 1er diplomado en dirección y ejecución de proyectos BUAP. H. Puebla de Z, Puebla, México.
- PEMEX (2015, enero). Módulo IV: Taller de metodología de estimación de costos. Documento presentado en el 1er diplomado en dirección y ejecución de proyectos BUAP. H. Puebla de Z, Puebla, México.

- Penarroya, J. (2014, Julio). Energía eólica de pequeña potencia. *Energíahoy*, p. 72 – 75.
- PMI (2008). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos PMBOK*. Newtown Square, Pennsylvania, EE.UU.: PMI Book Service Center.
- *Prospectiva de energías renovables 2013-2027*. [Archivos de datos]. México, D.F., México: Secretaría de Energía.
- Rodríguez, I. (2014, Junio). Plantas sustentables desde su diseño. *Manufactura Energía 360. Producción y soluciones sustentables*, p. 36 – 40.
- Sandoval, G. (2011). *Biocombustibles en México. Estado actual y perspectivas*. Recuperado de: http://rembio.org.mx/?page_id=702.
- Schultz, R., Slevin, D., Pinto, J., (1987). Critical success factors in effective project implementation. J. K. Pinto, D. P., Slevin (Eds.), *Balancing Strategy and Tactics in Project Implementation* (pp. 33-41). EE.UU: Copyright.
- Secretaría de energía (2014). 2do Informe de Labores 2013-2014. Recuperado de: <http://www.sener.gob.mx/portal/Default.aspx?id=2618>.
- Smith, C. (2000, August). *Improved Project definition ensures value-added performance*. Project Management, p. 95-104.
- Solartronic (2003). Irradiaciones global, directa y difusa en superficies horizontales e inclinadas, así como irradiación directa normal, para la República mexicana. Recuperado de <http://www.solartronic.com>.
- Szekely, F., Strebel, H. (2012, Noviembre). Innovación sustentable en tres niveles. *Energía 360. Producción y soluciones sustentables*, p. 62 – 64.
- Tovar, J. (2012). *Metodología de gerencia de proyectos bajo enfoque Front End Loading (FEL). Caso de estudio: Departamento de Ingeniería de Sistemas*. Tesis de Especialidad no publicada, Universidad Católica Andrés Bello, Venezuela, Caracas.

CAPÍTULO IV

- Alphabet Inc. (2005). Google Maps (Activo) [Software de cómputo]. EUA: Google Inc.
- García, S., Remke, S., Zarza, E., Domínguez, T., Arias, S., Sánchez, R., Fernández, J., Fernández, V. (2012). *Guía técnica de la energía solar termoelectrica*. Recuperado en www.madrid.org.
- Keyhole, Inc. (2015). Google Earth (versión 8.0.2.2334) [Software de cómputo]. EUA: Google Inc.
- Natural Resources Canada (2007). RETScreen (versión 4) [Software de cómputo]. Canadá: RETScreen ® International.
- Power and productivity for a better world ABB (2011). *Cuaderno de aplicaciones técnicas n.º 10. Plantas fotovoltaicas*. Recuperado en www.abb.es/bajatension.

ANEXO A

ABREVIATURAS, SIGLAS Y NOMENCLATURAS

ABREVIATURAS

- Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP).
- *Bloomberg New Energy Finance* (BNEF).
- Centro de Investigación para el Desarrollo, A. C. (CIDAC).
- Ciudad Universitaria (CU).
- Clorofluorocarbonos (CFC).
- Comisión Federal de Electricidad (CFE).
- Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH).
- Comisión Reguladora de Energía (CRE).
- Concentrador cilíndrico – parabólico (CCP)
- Concentrador cilíndrico – parabólico con almacenamiento térmico utilizando sales inorgánicas (CCS)
- Concentrador lineal *Fresnel* (CLF)
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)
- *Construction Industry Institute* (CII).
- Costos y Parámetros de Referencia (COPAR).
- Cumbre Mundial de Líderes de la Energía (CME).
- *Lean Construction Institute* (LCI).
- *Levelized cost of energy* (LCOE).
- Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE)
- Ley para el aprovechamiento de energías Renovables y el financiamiento de la transición energética (LAERFTE).
- Luz y Fuerza del Centro (LyFC).
- *Nationally Appropriate Mitigation Actions* (NAMA).
- Normas obligatorias (NOMs)
- *Ontario Sustainable Energy Association* (OSEA)
- Operación y mantenimiento (O&M).
- Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP).
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE).
- Paneles de capa fina a base de aleaciones de diseleniuro de indio-cobre (PCI)
- Paneles de capa fina a base de silicio amorfo (PSA)
- Paneles de capa fina a base de telururo de cadmio-sulfuro de cadmio (PCT)
- Paneles de capa fina a base de arseniuro de galio (PGA)

- Dirección General de Obras (DGO).
- Discos parabólicos equipados con motor *Stirling* (CPS)
- El Sistema Institucional de Desarrollo de Proyectos (SIDP).
- Empresas Productivas del Estado (EPE).
- Energías renovables (ER).
- *Energy Information Administration* (eia).
- Estados Unidos de Norte América (EUA).
- *Externalities of energ* (ExternE).
- Facultad de Ciencias Físico Matemáticas (FCFM).
- Facultad de Ingeniería Química (FIQ).
- Fondo Mixto (FOMIX)
- Fotovoltaico (FV)
- *Front End Loading* (FEL).
- Fuentes de Energía Renovables (FER).
- Gases de Efecto Invernadero (GEI).
- *Independent Project Analysis* (IPA).
- Instituto Mexicano para la Competitividad A.C. (IMCO).
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).
- Inventario Nacional de Energías Renovables (INERE).
- *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED)
- Paneles de silicio policristalino (PSP)
- Paneles de silicio monocristalino (PSM)
- Petróleos Mexicanos (PEMEX).
- Prácticas de Incremento de Valor (PIV)
- Producto interno bruto (PIB).
- Programa de obras e inversiones del sector eléctrico (POISE).
- *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK).
- *Project Management Institute* (PMI).
- Receptor central con generación directa de vapor (RCV)
- Receptor central con sales inorgánicas fundidas (RCS)
- Red Mexicana de Aero biología (REMA).
- Secretaría de Energía (SENER).
- Secretaria de medio ambiente y recursos naturales (SEMARNAT).
- Sistema de Información Energética (SIE).
- Sistema de Transporte Universitario (STU)
- Sistema Institucional de Desarrollo de proyectos (SIDP).
- Tasa interna de retorno (TIR)
- Termoeléctricas (TE)
- Universidad Autónoma de México (UNAM).
- *World Energy Council* (WEC).

NOMENCLATURA DE UNIDADES

Múltiplos:

Símbolo	Descripción	Factor
M	Miles	10 ³
MM	Millones	10 ⁶
MMM	Miles de millones	10 ⁹
bn	Billón	10 ⁹
P	Peta	10 ¹⁵
T	Tera	10 ¹²
G	Giga	10 ⁹
M	Mega	10 ⁶

Volumen de líquidos:

<i>Unidad</i>	<i>Descripción</i>
b	Barriles
bd	Barriles diarios
Mb	Miles de barriles diarios
Mbd	Millones de barriles
MMbd	Millones de barriles diarios
m ³	Metros cúbicos
m ³ d	Metros cúbicos diarios
Mm ³	Miles de metros cúbicos
Mm ³ d	Miles de metros cúbicos diarios
MMm ³	Millones de metros cúbicos
l	Litros
gal	Galones

Volumen de gases:

<i>Unidad</i>	<i>Descripción</i>
m ³ G	Metros cúbicos gaseosos
m ³ Gd	Metros cúbicos gaseosos diarios
Mm ³ G	Miles de metros cúbicos gaseosos
Mm ³ Gd	Miles de metros cúbicos gaseosos diarios
MMm ³ G	Millones de metros cúbicos gaseosos
MMm ³ Gd	Millones de metros cúbicos gaseosos diarios
pc	Pies cúbicos
pcd	Pies cúbicos diarios
Mpc	Miles de pies cúbicos
Mpcd	Miles de pies cúbicos diarios
MMpc	Millones de pies cúbicos
MMpcd	Millones de pies cúbicos diarios
MMMpc	Miles de millones de pies cúbicos

Peso:

<i>Unidad</i>	<i>Descripción</i>
t	Toneladas
td	Toneladas diarias
Mt	Miles de toneladas
Mtd	Miles de toneladas diarias
tl	Toneladas largas
tc	Toneladas cortas
kg	Kilogramos
lb	Libras

Monetario:

<i>Unidad</i>	<i>Descripción</i>
\$	Pesos
M\$	Miles de pesos
MM\$	Millones de pesos
MMM\$	Miles de millones de pesos
US\$	Dólares norte americanos
MUS\$	Miles de dólares norte americanos
MMUS\$	Millones de dólares norte americanos
USc\$	Centavos de dólar norteamericanos

Energía:

<i>Unidad</i>	<i>Descripción</i>
cal	Calorías
kcal	Kilocalorías
Mcal	Megacalorías
Gcal	Gigacalorías
Tcal	Teracalorías
Pcal	Petacalorías
J	Joules
PJ	Petajoules
TJ	Terajoules
W	Watt
kW	Kilowatt
MW	Megawatt
kWp	Kilowatt de potencia
MWp	Megawatt de potencia
Wh	Watts-hora
kWh	Kilowatts-hora
MWh	Megawatts-hora
GWh	Gigawatts-hora
Btu	Unidad térmica británica (<i>British thermal unit</i>)
MBtu	Miles de Btu
MMBtu	Millones de Btu
bcoe	Barriles equivalentes de combustóleo
bcoed	Barriles equivalentes de combustóleo diarios
Mbcoed	Miles de barriles equivalentes de combustóleo
bpced	Barriles equivalentes de crudo
Mbpced	Barriles equivalentes de crudo diarios
MMbpce	Millones de barriles equivalentes de crudo
MMbpced	Millones de barriles equivalentes de crudo diarios

ANEXO B

DIAGRAMAS, FIGURAS, GRÁFICAS, FÓRMULAS, MAPAS Y TABLAS

DIAGRÁMAS

- Diagrama 3.2.1. Secuencia de actividades en cada etapa FEL.
 - Diagrama 3.4.1. Clasificación de la energía para la obtención de energía eléctrica y sus recursos energéticos.
 - Diagrama 3.4.2. Clasificación de la biomasa para la obtención de recursos energéticos.
 - Diagrama 3.4.3. Modelo típico de gestión de la tecnología a lo largo de un proyecto FEL.
 - Diagrama 4.2.1. Diagrama representativo del sistema FV de caso propuesto.
-

FIGURAS

- Figura 1.1.1. Descripción del modelo LCOE.
 - Figura 2.1.1. Pasos a seguir para cuantificar externalidades por generación de electricidad.
 - Figura 3.4.1. Área ocupada por la FIQ en CU de la BUAP.
 - Figura 4.2.1. Representación de un sistema FV aislado.
 - Figura 4.2.2. Evaluación de potencial FV en CU.
 - Figura 4.3.1. Áreas potenciales para el sistema FV en la FIQ de la BUAP.
 - Figura 4.3.2. Representación de un estacionamiento con sistema FV.
-

FORMULAS

- Fórmula 1.1.1. Cálculo de LCOE.
-

GRÁFICAS

- Gráfica 1.1.1 Usuarios de internet (por cada 100 personas).
- Gráfica 1.1.2 Producción y consumo de petróleo, carbón y gas por zonas del mundo.
- Gráfica 1.1.3. Capacidad mundial instalada de electricidad en comparación con la generación total, 2011.
- Gráfica 1.1.4. Costo nivelado de energía en 2013.
- Gráfica 1.1.5. Costos de las principales tecnologías para la generación de electricidad.
- Gráfica 1.2.1. Consumo de energía eléctrica mundial (kWh per cápita).
- Gráfica 1.2.2. Consumo de energía eléctrica por zonas (kWh per cápita).
- Gráfica 1.2.3. Participación de las energías primarias en el mercado global previsto. Oliveira y Campos (2003).
- Gráfica 1.2.4. Suministro energético total por regiones según los escenarios Jazz y Sinfonía.
- Gráfica 1.3.1. Emisiones de CO² en 2012.
- Gráfica 2.1.1. Cierre de brecha entre el consumo y la producción nacional de energía.
- Gráfica 2.1.2. Producción de energía primaria en México durante 2013.

- Gráfica 2.1.3. Producción promedio de petróleo crudo.
- Gráfica 2.1.4. Producción promedio de gas natural.
- Gráfica 2.1.5. Producción de Hidroenergía en México.
- Gráfica 2.1.6. Consumo de energía eléctrica per cápita en México.
- Gráfica 2.1.7. Generación bruta de energía eléctrica por tecnología.
- Gráfica 2.1.8. Generación bruta energías renovables.
- Gráfica 2.1.9. Generación de energía eléctrica renovable.
- Gráfica 2.1.10. Capacidad instalada de energía eléctrica renovable.
- Gráfica 2.1.11. Usuarios de energía eléctrica en México.
- Gráfica 2.1.12. Costos unitarios de producción de energía eléctrica en México, 2007-2011.
- Gráfica 2.1.13. Saldos de las plantas, instalaciones y equipos en México.
- Gráfica 2.1.14. Precios medios de energía eléctrica de 2002 a 2015 en los cinco sectores tarifarios.
- Gráfica 2.1.15. Valor promedio (pesos/MWh) de las externalidades por tecnología.
- Gráfica 2.1.16. Comparación de los costos nivelados con externalidades (pesos/MWh).
- Gráfica 2.2.1. Prospectiva de la reforma energética para petróleo y gas natural respectivamente.
- Gráfica 2.3.1. Población FIQ-BUAP 2002 – 2015.
- Gráfica 2.3.2. Computadoras activas en CU en 2013 – 2015.
- Gráfica 2.3.3. Computadoras activas en la FIQ de 2002 – 2015.
- Gráfica 2.3.4. Número de luminarias por edificio.
- Gráfica 2.4.1. Población en la BUAP de 2002 – 2015.
- Gráfica 3.1.1. Ciclo de vida de un proyecto.
- Gráfica 3.1.2. Impacto de los interesados, riesgos, incertidumbres y costo de los cambios en función del tiempo del proyecto.
- Gráfica 3.2.1. Curva de influencia vs gastos en un proyecto FEL.
- Gráfica 3.4.1. Curva de potencia, turbina de 1 MW.
- Gráfica 4.1.1. Número de equipos eléctricos y luminarias en la FIQ 2014 – 2015.
- Gráfica 4.1.2. Potencias estimadas de los equipos eléctricos y luminarias en la FIQ 2014 – 2015.
- Gráfica 4.1.3. Potencia requerida nominal y estimada en la FIQ.
- Gráfica 4.1.4. Ecuación de la recta y línea de la tendencia de población la FIQ.
- Gráfica 4.2.1. Acumulado porcentual de la evaluación de las tecnologías FV y TE.
- Gráfica 4.2.2. Flujo de caja acumulado para caso propuesto.
- Gráfica 4.3.1. Escenarios de inversión, TIR y retorno de capital para los cuatro casos.

MAPAS

- Mapa 3.4.1. Plataforma de navegación sobre energías renovables del INERE.
- Mapa 3.4.2. Sitios con potencial probable de generación eléctrica con energías renovables en el municipio de Puebla.
- Mapa 3.4.2. Aprovechamiento de potencial posible en la ciudad de Puebla.

- Mapa 3.4.3. Ubicación geográfica de la presa Manuel Ávila Camacho.
- Mapa 3.4.4. Velocidades del viento en el municipio de Puebla en los meses de enero, febrero, marzo y abril.
- Mapa 3.4.5. Irradiación solar anual promedio en México.
- Mapa 3.4.6. Irradiación solar anual promedio en el municipio de Puebla en kWh/m²/día.
- Mapa 3.4.7. Ciudad universitaria, BUAP.

TABLAS

- Tabla 1.2.1. Algunas características de los escenarios Jazz y Sinfonía.
- Tabla 2.3.1. Planta Física 2013-2015 de la FIQ.
- Tabla 2.3.2. Instalaciones de laboratorios y edificios más recientes.
- Tabla 3.2.1. Algunas PIV comúnmente usadas en la industria (Smith, 2000).
- Tabla 3.2.2. Desviación esperada del estimado de costo en proyectos.
- Tabla 3.2.3. Clases de estimado de costos con respecto a la etapa FEL.
- Tabla 3.4.1. Aprovechamiento potencial probado en el estado de Puebla.
- Tabla 3.4.2. Aprovechamiento potencial probable en el estado de Puebla.
- Tabla 3.4.3. Aprovechamiento potencial en el país, en el estado de Puebla y en el municipio.
- Tabla 3.4.4. Latitud, longitud, elevación y velocidades del viento en el municipio de Puebla.
- Tabla 3.4.5. Factores de disponibilidad de energías renovables en CU de la BUAP.
- Tabla 3.4.6. Clasificación de las tecnologías FV y TE.
- Tabla 4.1.1. Estimado de energía per cápita en el periodo 2014 – 2015.
- Tabla 4.1.2. Población de la FIQ en 20 años.
- Tabla 4.1.3. Requerimiento energético estimado a 2035 en la FIQ.
- Tabla 4.2.1. Ventajas y desventajas de las tecnologías FV y TE.
- Tabla 4.2.2. Equipos principales de las tecnologías FV y TE.
- Tabla 4.2.3. Aspectos a evaluar para las tecnologías FV y TE.
- Tabla 4.2.4. Aspectos evaluados a las tecnologías FV y TE.
- Tabla 4.2.5. Resultados de los aspectos a evaluar para las tecnologías FV y TE.
- Tabla 4.2.6. Datos meteorológicos del municipio de Puebla.
- Tabla 4.2.7. Lista y costo de los equipos principales para el sistema FV de caso propuesto.
- Tabla 4.2.8. Resultados de comparación entre el caso base y el propuesto.
- Tabla 4.2.9. Análisis de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Tabla 4.2.10. Resultado de análisis financiero.
- Tabla 4.3.1. Fondos y programas orientados a proyectos de energías renovables.
- Tabla 4.3.2. Trámites requeridos en el desarrollo de proyectos de generación eléctrica de más de 500kW.

ANEXO C

CONCEPTOS, DEFINICIONES Y USO DE RETSCREEN

Concentrador cilíndrico – parabólico con almacenamiento térmico utilizando sales inorgánicas: Operado con el mismo principio que un concentrador de cilíndrico-parabólico pero con una amplia capacidad de almacenamiento de energía térmica para la generación eléctrica. Utiliza dos tanques uno de ellos denominado tanque de sales frías y el otro tanque de sales calientes, los cuales contienen una mezcla de sales inorgánicas compuesta KNO_3 y NaNO_3 . Como estas sales a temperatura ambiente son sólida es necesario mantenerlas fluidas manteniendo la mezcla a $220\text{ }^\circ\text{C}$. Pasan a través de intercambiadores de calor de tubos y corazas intercambiando calor con el fluido caloportador (calentado previamente con los colectores cilíndricos) el cual aumentan la temperatura de las sales y se depositan en el tanque de sales calientes. El proceso continúa hasta que el tanque de sales frías se ha calentado por completo, con las sales transferidas al tanque de sales calientes se llega a temperaturas de $380\text{ }^\circ\text{C}$.

Espacio aproximado requerido por MW instalado (m^2)	Costo aproximado por MW (MMUS\$)
20,000	6.0
Tipo de ciclo termodinámico	Eficiencia del ciclo
Rankine	39%
Sustancias usadas	Tipo de vapor generado
Agua, HTF y sales inorgánicas (KNO_3 y NaNO_3).	Sobrecalentado
Temperatura de operación ($^\circ\text{C}$)	Presión de operación (bar)
380	100

Concentrador cilíndrico – parabólico: Básicamente consiste en la concentración de la radiación solar a lo largo de un tubo receptor por el cual fluye un líquido que absorbe toda la energía colectada, llamado caloportador, es decir, un fluido que transporta la energía que es captada en los concentradores cilindro-parabólicos, este entra por uno de los extremos a una temperatura y con una velocidad determinados y sale por el otro extremo a una temperatura superior plenamente como un intercambiador de calor que genera vapor de agua a partir del fluido caloportador. El vapor generado es conducido a la turbina la cual mecánicamente genera

electricidad. El sistema debe seguir el sol para reducir su ángulo de incidencia con respecto a él mediante un sistema autónomo de rastreo solar.

Espacio aproximado requerido por MW instalado (m ²)	Costo aproximado por MW (MMUS\$)
20,000	5.8
Tipo de ciclo termodinámico	Eficiencia del ciclo
Rankine	39%
Sustancias usadas	Tipo de vapor generado
Agua y fluido orgánico sintético compuesto por 26.5% en peso de óxido de difenilo y 73.5% de bifenilo o <i>Heat Transfer Fluid</i> (HTF).	Sobrecalentado
Temperatura de operación (°C)	Presión de operación (bar)
380	100

Concentrador lineal *Fresnel*: La tecnología basa la generación eléctrica en la concentración de la radiación solar a lo largo de un tubo absorbedor situado alrededor de ocho metros de altura por encima del nivel en que se encuentra el campo de espejos planos, por encima del tubo absorbedor hay un espejo secundario cilíndrico que concentra la luz solar que se ha desviado. El tubo contiene agua que al salir de éste se encuentra como vapor que alimenta una turbina y a su vez el generador.

Espacio aproximado requerido por MW instalado (m ²)	Costo aproximado por MW (MMUS\$)
12,000	4.0
Tipo de ciclo termodinámico	Eficiencia del ciclo
Rankine	27%
Sustancias usadas	Tipo de vapor generado
Agua	Saturado
Temperatura de operación (°C)	Presión de operación (bar)
240 – 270	55 – 33 – 4.3

Discos parabólicos equipados con motor *Stirling*: A base de un receptor o concentrador de tipo cavidad con una pequeña apertura y un correspondiente sistema de aislamiento. La unidad

generadora está formada por un conjunto de espejos, para reflejar y concentrar la radiación proveniente de los rayos del sol con el fin de alcanzar las temperaturas necesarias para convertir eficientemente el calor en trabajo. La radiación solar concentrada es absorbida por el receptor y transferida a un motor *Stirling*. Este elemento convierte la potencia térmica en mecánica para ser utilizada por un alternador. A diferencia de los motores de combustión interna, en este motor no existe combustión ni consumo de combustible, por lo que en este tipo de sistemas el calor es aportado externamente. Debido a esta forma de operación, el ciclo es completamente cerrado, manteniéndose constante e invariable la cantidad de gas en los cilindros, no existiendo entrada ni salida de éste en el motor.

Espacio aproximado requerido por MW instalado (m ²)	Costo aproximado por MW (MMUS\$)
45,000	6.2
Tipo de ciclo termodinámico	Eficiencia del ciclo
Stirling	25%
Sustancias usadas	Tipo de vapor generado
-	-
Temperatura de operación (°C)	Presión de operación (bar)
650 - 800	-

Panales de capa fina a base de aleaciones de diseleniuro de indio-cobre: Los módulos forman parte de una tecnología aún en desarrollo. El silicio se sustituye por aleaciones especiales como: cobre-indio-selenio, cobre-indio-galio-selenio y cobre-indio-galio-selenio-azufre.

Panales de capa fina a base de silicio amorfo: El silicio amorfo depositado como una película sobre un soporte, ofrece la posibilidad de disponer de tecnología FV a costos reducidos comparados con los del silicio cristalino, pero la eficiencia de estas células tiende a empeorar con el tiempo. El silicio amorfo también puede pulverizarse sobre una lámina delgada de plástico o material flexible. Se utiliza sobre todo en los casos en los que es necesario minimizar el peso del panel y adaptarlo a superficies curvas.

Panales de capa fina a base de telururo de cadmio-sulfuro de cadmio: Las células de CdTeS presentan una eficiencia mayor que las de silicio amorfo. La producción a gran escala de

la tecnología CdTeS trae consigo el problema medioambiental en cuanto al CdTe que contiene la célula: al no ser soluble en agua y ser más estable que otros compuestos del cadmio, puede convertirse en un problema si no se recicla o utiliza de una forma apropiada.

Panales de capa fina a base de arseniuro de galio: Actualmente la tecnología GaAs es la más interesante en términos de eficiencia obtenida, pero la producción de estas células se ve limitada por sus altos costos y por la escasez del material, que se utiliza fundamentalmente en los semiconductores de alta velocidad y en la industria optoelectrónica. De hecho, la tecnología GaAs se utiliza principalmente para aplicaciones espaciales donde el peso y las dimensiones reducidas tienen un papel determinante.

Panales de silicio policristalino: Las iridiscencias características están causadas por las diferentes direcciones de los cristales, comportándose de forma distinta frente a la luz. El lingote de silicio policristalino se obtiene a partir de la fusión y el colado del silicio en un molde con forma de paralelepípedo. Las obleas así obtenidas son cuadradas y presentan una estrías típicas de 1800-300 μm de grosor.

Paneles de silicio monocristalino: Están hechos de cristal de silicio cristalino de alta pureza. Se obtiene a partir del crecimiento de un cristal filiforme en rotación lenta. Posteriormente, este cilindro se corta en obleas de 200-250 μm de grosor cuya superficie se trata para obtener "microsurcos" destinados a minimizar las pérdidas por reflexión.

Potencia eléctrica: Es la cantidad de electricidad que puede llegar a consumir un aparato eléctrico en un tiempo determinado. La unidad elemental de potencia es el watt (W).

Potencia nominal: Por lo general cada equipo eléctrico tiene una placa adherida a este la cual indica sus características de alimentación energética y condiciones de funcionamiento para los cuales se han diseñado. Son datos nominales o características: la potencia, tensión, corriente, frecuencia, rendimiento, etc. Esto quiere decir que el aparato está diseñado para soportar esa cantidad de potencia, sin embargo debido a fluctuaciones en la corriente, al uso excesivo o continuo, o en situaciones de uso distintas a las del diseño, la potencia real puede diferir de la nominal, siendo más alta o más baja.

Receptor central con generación directa de vapor: Las centrales de torre contiene un campo de cientos o miles de reflectores planos llamados helióstatos, orientados individualmente según la posición del sol, dirigen la radiación solar para concentrarla unas 600-1,000 veces en un receptor que se sitúa en la parte superior de la torre. En este receptor se transmite el calor a un fluido con el objetivo de generar vapor y expandirlo posteriormente en una turbina acoplada a un generador eléctrico.

Espacio aproximado requerido por MW instalado (m ²)	Costo aproximado por MW (MMUS\$)
60,000	3.9
Tipo de ciclo termodinámico	Eficiencia del ciclo
Rankine	34%
Sustancias usadas	Tipo de vapor generado
Agua	Saturado
Temperatura de operación (°C)	Presión de operación (bar)
257	40

Receptor central con sales inorgánicas fundidas: Este sistema utiliza dos tanques (sales frías y calientes) los cuales contienen una mezcla de sales inorgánicas, para que pueda fluir entre los dos tanques es necesario fundirlas, llevando y manteniendo la mezcla a 290 °C. Pasan a través del receptor central impulsadas con una bomba vertical tipo VS llegando a temperaturas de 565 °C en el tanque de sales calientes. Cuando es requerida, la sal caliente es bombeada a un conjunto de intercambiadores de tubo y coraza intercambiando calor con agua y generando vapor que alimenta la turbina y esta al generador, finalmente el vapor se condensa y retorna a un tanque de almacenamiento.

Espacio aproximado requerido por MW instalado (m ²)	Costo aproximado por MW (MMUS\$)
60,000	9.0
Tipo de ciclo termodinámico	Eficiencia del ciclo
Rankine	37%
Sustancias usadas	Tipo de vapor generado
Agua y sales inorgánicas (KNO ₃ y NaNO ₃)	Sobrecalentado

Temperatura de operación (°C)	Presión de operación (bar)
290 - 565	100 - 150

Tecnologías fotovoltaicas: Una planta fotovoltaica transforma directa e instantáneamente la energía solar en energía eléctrica sin utilizar combustibles. De hecho, la tecnología fotovoltaica se aprovecha del efecto fotoeléctrico, a través del cual algunos semiconductores "dopados" generan electricidad al ser expuestos a la radiación solar. A continuación se realiza una descripción breve de las tecnologías.

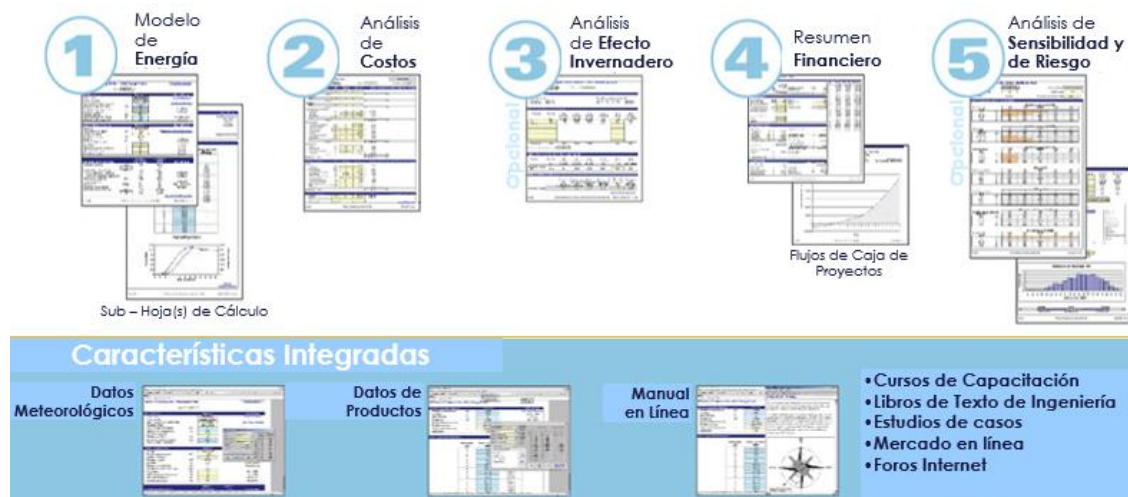
Tecnologías termoeléctricas: Basada en la conversión de energía solar en térmica y ésta en energía eléctrica por medio de ciclos *Rankine*, *Brayton* y *Stirling* principalmente y que a continuación se describen sus principales tecnologías.

Watt: Un watt es la potencia eléctrica producida por una diferencia de potencial de 1 volt y una corriente eléctrica de 1 ampere.

RETSCREEN

Una herramienta de diseño, como RETScreen, ayuda en la etapa de diseño conceptual y diseño básico, el cual evalúa la producción de energía, los costos del ciclo de vida y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero para diversos tipos de tecnologías energéticas renovables. Todos los modelos de tecnología de energía limpia en el software RETScreen tienen un aspecto común y un enfoque estándar para facilitar la toma de decisiones. Cada modelo también incluye bases de datos de productos, costos y tiempo integrados y un manual de usuario detallado en línea, todos los cuales ayudan a reducir drásticamente el tiempo y los costos asociados con la preparación de estudios de FEL I.

El software contiene un modelo cuyo procedimiento de análisis estándar de cinco pasos es común para los diferentes casos de tecnologías limpias. RETScreen se desarrolla e implementa en Microsoft Excel, cada uno de los cinco pasos en el procedimiento de análisis normalizado está asociado con una o más hojas de cálculo de Excel. La figura que a continuación se presenta muestra el modelo de flujo a cinco pasos el análisis de proyectos en RETScreen, que se describen a continuación:



Fuente: RETScreen International.

Paso 1 – Modelo de Energía: En esta hoja de excel el usuario especifica los parámetros que describen la ubicación del proyecto de energía, el tipo de sistema que se utiliza en el caso base, la tecnología para el caso propuesto, las cargas (en su caso), y el recurso de energía renovable. A su vez, el software calcula el ahorro de energía o producción de energía anual.

Paso 2 – Análisis Costos: En esta hoja de cálculo el usuario introduce los costos iniciales, anuales y periódicos para el sistema de caso propuesto, así como los gastos del caso base que se evitan en el caso propuesto (como alternativa, el usuario puede entrar en el costos incrementales directamente). El usuario tiene la posibilidad de elegir entre realizar una pre-factibilidad a grado FEL I o un estudio más avanzado a grado FEL II.

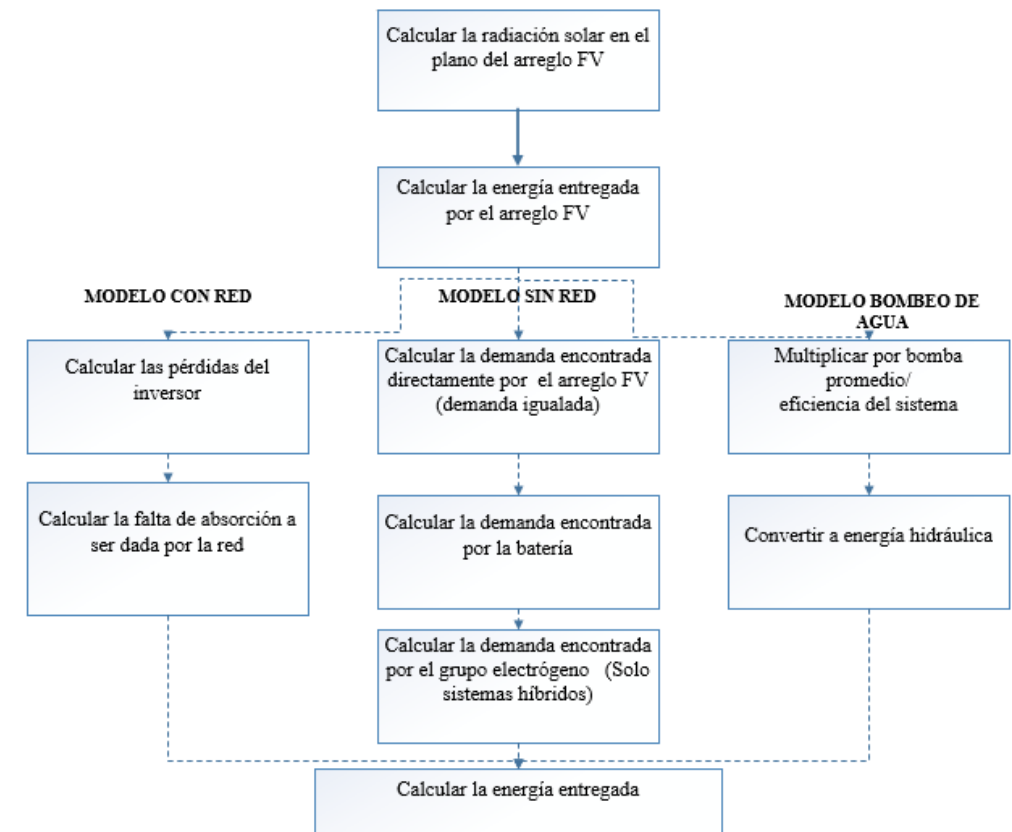
Paso 3 – Análisis de gases de efecto invernadero: Esta hoja de trabajo opcional ayuda a determinar la reducción anual de la emisión de gases de efecto invernadero derivadas del uso de la tecnología propuesta en lugar de la tecnología de caso base. El usuario tiene la posibilidad de elegir entre realizar un análisis simplificado, estándar o personalizado al igual que puede indicar si el proyecto debe ser evaluado como un posible proyecto de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).

Paso 4 – Resumen Financiero: En esta hoja de cálculo el usuario especifica los parámetros financieros relacionados con el costo evitado de energía, costos de producción, costos de

reducción de emisiones, los incentivos, la inflación, la tasa de descuento, la deuda y los impuestos. A partir de esto RETScreen calcula una variedad de indicadores financieros para evaluar la viabilidad del proyecto. Un gráfico de flujo de caja acumulado también se incluye en la hoja de resumen financiero.

Paso 5 – Análisis de sensibilidad y riesgo: Esta hoja de trabajo opcional ayuda al usuario en la determinación de cómo la incertidumbre en las estimaciones de varios parámetros clave puede afectar la viabilidad financiera del proyecto. El usuario puede realizar un análisis de sensibilidad o o bien un análisis de riesgos, o ambos.

Para el caso de un sistema FV, RETScreen realiza el siguiente cálculo de energía en su algoritmo como se muestra en la figura siguiente:



Fuente: RETScreen International.

ANEXO D

INVENTARIO DE EQUIPOS ELÉCTRICOS (DISPONIBLE EN FORMATO ELECTRÓNICO)

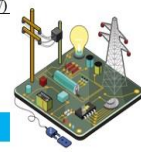


INVENTARIO DE EQUIPOS ELÉCTRICOS
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Potencia estimada en la FIQ actualmente (kWp)	848.19
---	---------------

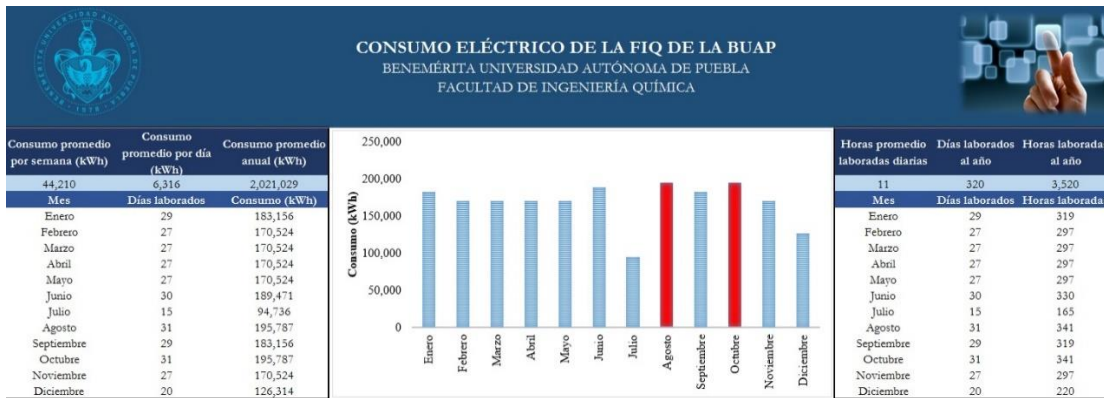


	Cantidad	Potencia (kW)
Equipos de laboratorio totales	527	461.28
Equipos de oficina totales	570	110.35
Otros equipos	111	67.64
Luminarias internas totales	1,972	56.51
Luminarias externas totales	86	11.05
Potencia nominal en la FIQ (kW)	706.82	



ANEXO E

CONSUMO ELÉCTRICO DE LA FIQ DE LA BUAP (DISPONIBLE EN FORMATO ELECTRÓNICO)



ANEXO F

SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA (DISPONIBLE EN FORMATO ELECTRÓNICO)



SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA
BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

Tecnología solar fotovoltaica	Siglas	Tecnología solar termoelectrónica	Siglas
Paneles de silicio monocristalino	PSM	Concentrador cilindro-parabólico	CCP
Paneles de silicio policristalino	PSP	Concentrador cilindro-parabólico (almacenamiento con sales)	CCS
Paneles de silicio amorfo	PSA	Concentrador lineal Fresnel	CLF
Paneles de CdTeS	PCT	Disco parabólico con motor Stirling	CPS
Paneles de GaAs	PGA	Receptor central con generación directa de vapor	RCV
Paneles de CIS	PCI	Receptor central con sales inorgánicas fundidas	RCS



Aspecto a evaluar	Unidad	% asignado	Especificación
Espacio requerido	m ²	20%	Se pondera en base a la tecnología que ocupe menor espacio la cual se lleva el valor asignado mayor (20%).
Costo	US\$	20%	Se pondera en base a la tecnología que tenga un costo menor la cual se lleva el valor asignado mayor (20%).
Madurez de la tecnología	—	20%	Se basa en la accesibilidad y/o disponibilidad de la tecnología en terminos comerciales.
Complejidad de la tecnología	—	20%	Depende plenamente de las ventajas y desventajas técnicas de la tecnología.
Eficiencia	%	10%	Se pondera en base a la tecnología que tenga mayor eficiencia la cual se lleva el valor asignado mayor (10%).
Capacidad de almacenamiento energético	—	10%	Se le otorga el 10% si cuenta con alguna forma de almacenar la energía, de lo contrario se le asigna 0%.
TOTAL		100%	

ANEXO G

INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y LUMINARIAS DE LA FIQ (DISPONIBLE EN FORMATO ELECTRÓNICO)



Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Dirección General de Obras
Censo de luminarias en Ciudad Universitaria



Facultad: **Ingeniería Química**

No. de Edificio	Espacio	No. Luminarias	Tipo
106-A	PASILLO	20	GABINETE DE SOBREPONER 
106-A	CUBÍCULOS	21	GABINETE DE SOBREPONER 
106-A	CONSULTORIOS	6	LUMINARIA DE EMPOTRAR PARA LAMPARA FLUORESCENTE LINEAL T5 3X14W OPTICA EUROPEA M51 MARCA CONSTRULITA 

