USAID | MÉXICO
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

GUÍA PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD CON ENERGÍA RENOVABLE EN Y PARA LOS MUNICIPIOS

Mayo de 2010

Este reporte fue producido y revisado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional y preparado por Abt Associates, Inc.

GUÍA PARA EL DESARROLLO DE PROYECTOS DE GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD CON ENERGÍA RENOVABLE EN Y PARA LOS MUNICIPIOS

Autor:

Odón de Buen

Abt Associates, Inc.
http://www.abtassociates.com
http://www.procomex.org

Contrato: **EEM-I-00-07-00004-00**

EXENCIÓN DE RESPONSABILIDAD

El punto de vista expresado en esta publicación por los autores, no necesariamente refleja el punto de vista de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional o del Gobierno de los Estados Unidos.

Contenido

Introducción 1

1 Los proyectos de generación de electricidad a partir de energía renovable y los municipios ... 3

2 Las razones y los elementos de los proyectos de generación de electricidad con energía renovable 5

2.1 La oportunidad 5

2.2 La necesidad 7

3 Los procesos de los proyectos de generación de electricidad a partir de energía renovable 9

3.1 Evaluación de los recursos de energía renovable 9

3.2 Gestión de permisos 10

3.3 Ingeniería de detalle 10

3.4 Operación y mantenimiento 11

4 Los actores de los proyectos 12

4.1 Los directamente involucrados 12

4.2 Los involucrados de manera indirecta 13

5 Recursos de energía renovable: evaluación y potencial en México 15

5.1 Energía solar 15

5.2 Viento 16

5.3 Minihidráulica 18

5.4 Bioenergía 19

6 Tecnología para la generación de electricidad a partir de energía renovable 21

6.1 Energía eólica 21

6.2 Energía fotovoltaica 22

6.3 Biomasa 24

6.4 Minihidráulica 24

7 Los costos asociados a los proyectos de generación de electricidad a partir de energía renovable 27

7.1 Solar fotovoltaica 27

7.2 Eoloeléctrica 29

7.3 Minihidráulica 31

8 Marco jurídico en los campos de la energía y el medio ambiente en México 33
8.1 La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos 33
8.2 Las principales leyes 34
8.3 Leyes de carácter general 35
8.4 Leyes particulares del sector eléctrico 36
8.5 Leyes particulares del sector ambiental 36
9 Regulación vigente para generación de energía eléctrica 38
9.1 Las modalidades de generación de electricidad 38
9.2 La Comisión Reguladora de Energía (CRE) y la regulación eléctrica 39
9.3 Instrumentos de regulación 41
10 Tarifas eléctricas vigentes en México 45
10.1 Fundamento 45
10.2 Las tarifas 45
11 Trámites para realizar un proyecto de generación de energía renovable 51
11.1 Las modalidades de generación de electricidad 51
11.2 Sociedad de autoabastecimiento 51
11.3 Las gestiones y/o trámites 52
11.4 Recomendación para el trabajo con las comunidades en la localidad donde se desarrollan los proyectos 52
Anexo A. Costo de extensión de la red eléctrica (en línea de distribución) 55
Anexo B. Los usos productivos de la energía en comunidades rurales 56
Anexo C. Las necesidades energéticas de usos productivos que funcionan con electricidad 59
Anexo D. Lista de trámites necesarios para la instalación de una planta de autoabastecimiento de energía eléctrica 64
Anexo E. Ejemplo de título de permiso 70
Anexo F. Marco institucional federal en energía eléctrica y medio ambiente 75
Anexo G. Desarrolladores de proyectos de energía renovable 80
Anexo H. Proyectos de autoabastecimiento con permiso de la CRE. 82
Anexo I. Proyectos exitosos de generación de electricidad con energía renovable 86

Anexo J. Leyes relacionadas con los campos de la energía y el medio ambiente 90

Anexo K. Normas ambientales aplicables al sector eléctrico.....91

Anexo L. Marco legal de la política de precios 92

Anexo M. El Protocolo de Kioto y el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.....94

Anexo N. Conceptos básicos relacionados con la energía 100

Índice de Referencias.....111

Introducción

El Programa de Competitividad México se deriva del buen entendimiento y amplia cooperación entre los gobiernos de Estados Unidos y México, y tiene como principal objetivo fortalecer la gobernabilidad para mejorar la competitividad económica de México, así como robustecer la gestión ambiental para preservar la biodiversidad del país.

Este programa, que es financiado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), tiene una duración aproximada de cuatro años a partir de octubre de 2008 y hasta noviembre de 2012, y sus líneas de cooperación están enfocadas a auxiliar esfuerzos locales para fomentar el desarrollo sustentable.

En este sentido y como parte de las actividades específicas sobre las que se enfoca el programa durante el presente año, se diseñó la presente Guía para el Desarrollo de Proyectos de Generación de Electricidad en Municipios, que tiene el propósito de integrar la información que permita a funcionarios municipales entender y actuar hacia el desarrollo de este tipo de proyectos.

La presente guía está integrada por un conjunto de módulos que detallan y explican los aspectos más importantes relacionados con el desarrollo de estos proyectos que van desde aspectos legales hasta detalles de los costos asociados a los mismos.

Organización de la guía

Esta guía está organizada en dos secciones: una general con ocho capítulos sobre temas directamente relacionados con los proyectos, y una colección de anexos que describen aspectos que son pertinentes para llevar adelante proyectos de generación de electricidad con energía renovable.

En particular, los ocho capítulos se refieren a los siguientes temas:

- Los proyectos de generación de electricidad a partir de energía renovable y los municipios
- Las razones y los elementos de los proyectos de generación de electricidad con energía renovable
- Los procesos de los proyectos
- Los actores de los proyectos
- Recursos de energía renovable
- Tecnología
- Los costos asociados a los proyectos

A su vez, los anexos comprenden, entre otros, los siguientes tópicos:

- Marco jurídico e institucional en los campos de la energía y el medio ambiente

- Tarifas eléctricas vigentes
- Los usos productivos de la energía en comunidades rurales
- Regulación vigente
- El Protocolo de Kioto y el Mecanismo de Desarrollo Limpio de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
- Desarrolladores de proyectos de energía renovable
- Trámites para realizar un proyecto de generación de energía eléctrica a partir de energía renovable
- Proyectos de autoabastecimiento con permiso de la Comisión Reguladora de Energía (CRE)
- Proyectos exitosos de generación de electricidad con energía renovable
- Características del sistema eléctrico mexicano
- Normas ambientales aplicables al sector eléctrico

1 Los proyectos de generación de electricidad a partir de energía renovable y los municipios

Un conjunto de circunstancias han coincido en México para que, hoy día, los municipios estén amplia y plenamente involucrados en proyectos de generación de electricidad a partir de energía renovable.

- **El desarrollo de proyectos privados de generación de electricidad está permitido por la legislación**. La Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica, expedida en 1992, permite la generación de electricidad para autoabastecimiento, lo que abrió desde entonces la posibilidad de desarrollar proyectos privados de energía renovable y que los municipios puedan tener una alternativa económica al servicio que les provee la Comisión Federal de Electricidad.

- **Los municipios se tienen que involucrar en los proyectos**. En virtud de que el aprovechamiento de las energías renovables ocurre donde está el recurso y requiere de un mayor despliegue territorial que los proyectos convencionales, esto implica la intervención de las autoridades municipales.

- **El abaratamiento de la tecnología de aprovechamiento de energía renovable hace que sea una alternativa rentable.** En los últimos años, en función del amplio desarrollo que se ha tenido en el mundo en cuanto a tecnología de aprovechamiento de energía renovable, los dispositivos y los sistemas asociados a estas opciones energéticas han bajado de precio y mejorado su rendimiento, lo que ha contribuido a que sean más competitivos respecto de las alternativas convencionales.

- **Dados los altos costos de la energía eléctrica para municipios, se hacen más rentables los proyectos de energía renovable.** Hoy día, se aplican altas tarifas eléctricas a los servicios de los cuales son responsables los municipios.

- **La necesidad de electrificación rural y de alternativas más económicas para la extensión de la red eléctrica.** El hecho de que todavía un porcentaje de los hogares mexicanos en zonas rurales no tenga electricidad y que los presupuestos para la electrificación rural sean manejados por los municipios, significa que las autoridades municipales deban involucrarse en este proceso. Igualmente, el que se pueda lograr el servicio a costos menores de inversión para localidades alejadas de la red eléctrica aprovechando energía renovable, lleva a considerar esta alternativa en los planes de electrificación rural de los municipios.

- **Las regulaciones favorables a la energía renovable de la Comisión Reguladora de Energía (CRE)**. A partir de 2002, la CRE ha ido estableciendo regulaciones que favorecen la factibilidad económica del desarrollo de proyectos de generación de electricidad a partir de energía renovable.

- **Las preocupaciones por el calentamiento global del planeta.** El hecho de que se reconozca ya el fenómeno del cambio climático, el que existan mecanismos enfocados

a mitigar las emisiones de gases que lo provocan y que la generación de electricidad con energía renovable, dadas sus muy bajas emisiones, favorecen que estos proyectos sean considerados de mitigación de esos gases, ha dado lugar a que países como México puedan acceder a mercados donde se compran las reducciones de emisiones a través del llamado Mecanismo de Desarrollo Limpio.

- **La existencia y presencia de desarrolladores de proyectos.** Los puntos señalados arriba han motivado el interés de desarrolladores de proyectos de generación de electricidad con energía renovable, quienes buscan implementar proyectos en y/o con los municipios, lo que implica que las autoridades municipales deban desarrollar capacidades de interlocución técnica y legal con estos actores, de manera que se obtengan los mejores beneficios para las comunidades.

- **Las obligaciones legales y normativas de los municipios.** Dado que los municipios son responsables del ordenamiento territorial, de la expedición de permisos de construcción, y de proporcionar los servicios de alumbrado y de agua, las instancias municipales necesariamente forman parte del proceso de obtención de autorizaciones para poder operar una planta de generación de electricidad ubicada en su territorio.

Todo lo anteriormente descrito ha conducido a que las autoridades municipales se involucren y deban involucrarse cada vez más en proyectos de energía renovable, lo cual conlleva una creciente necesidad de entender los diversos aspectos relacionados con el diseño, desarrollo, construcción y operación de proyectos de generación de electricidad con energía renovable.

Bajo esta perspectiva, el presente manual contiene, en forma básica pero extensa, toda la información que puede requerir un funcionario municipal sobre los elementos técnicos, económicos, legales y regulatorios, referentes a los procesos del desarrollo de este tipo de proyectos, además de poder identificar a los principales actores institucionales de los mismos.

2 Las razones y los elementos de los proyectos de generación de electricidad con energía renovable

Para decidir, de manera clara y suficiente, sobre la conveniencia de desarrollar proyectos de generación de electricidad a partir de energía renovable, es necesario conjuntar una serie de elementos.

Éstos pueden establecerse bajo dos perspectivas: la oportunidad y la necesidad.

2.1 La oportunidad

Quizá el principal elemento que lleva a desarrollar un proyecto de generación de electricidad a partir de energía renovable es la oportunidad que ofrece un conjunto de factores que enumeramos a continuación.

2.1.1 La presencia de recursos de energía renovable

Un factor clave en la oportunidad de desarrollar proyectos de generación de electricidad a partir de energía renovable es, precisamente, la disponibilidad de este recurso.

Así, una localidad con vientos intensos y permanentes, una zona con caídas de agua, otra con residuos agroindustriales o, simplemente, un lugar sin mucha nubosidad para tener suficiente insolación (energía solar directa), son candidatas para considerarlas como sitios con potencial de desarrollo de este tipo de proyectos.

2.1.2 El marco legal

Para el desarrollo de este tipo de proyectos, es determinante el marco legal, el cual permite la generación por parte de actores privados en varias modalidades.

De acuerdo con las modificaciones oficiales, realizadas en 1992 a la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE) y su Reglamento (RLSPEE), el sector privado puede participar en la industria eléctrica mexicana en las actividades de:

- **Autoabastecimiento.** Autoabastecimiento de energía eléctrica destinada a la satisfacción de necesidades propias de personas físicas o morales.

- **Cogeneración.** Cogeneración, para generar energía eléctrica producida conjuntamente con vapor u otro tipo de energía térmica secundaria, o ambos; cuando la energía térmica no aprovechada en los procesos se utilice para la producción directa o indirecta de energía eléctrica o cuando se utilicen combustibles producidos en sus procesos para la generación directa o indirecta de energía eléctrica.

- **Producción independiente.** Producción para generar energía eléctrica destinada a su venta a la Comisión Federal de Electricidad.

- **Pequeña producción**. La pequeña producción de energía eléctrica puede destinarse en su totalidad para su venta a la Comisión Federal de Electricidad. En este caso, la capacidad total del proyecto no podrá exceder de 30 MW. También pueden ser llevados adelante como una modalidad de autoabastecimiento, en donde los solicitantes destinen el total de la producción de energía eléctrica a pequeñas comunidades rurales o áreas aisladas que carezcan de la misma y que la utilicen para su autoconsumo, siempre que los interesados constituyan cooperativas de consumo, copropiedades, asociaciones o sociedades civiles, o celebren convenios de cooperación solidaria para dicho propósito y que los proyectos, en tales casos, no excedan de 1 MW.

- **Importación o exportación**. La importación o exportación de energía eléctrica, de acuerdo con las disposiciones de la Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica.

- **Emergencias.** La generación de energía eléctrica destinada a uso en emergencias derivadas de interrupciones en el servicio público de energía eléctrica.

En cualquiera de las actividades anteriores no se hace distinción sobre la energía empleada como energético primario (sea combustible o energía renovable). Por lo mismo, los proyectos que utilicen energía renovable pueden optar por lo que más les convenga, de acuerdo con las particularidades del proyecto, mediante la gestión del permiso correspondiente.

2.1.3 La tecnología

La tecnología para el aprovechamiento de energía renovable para generación de electricidad ha evolucionado considerable y favorablemente en las últimas tres décadas: hoy día existen equipos y sistemas muy confiables, cuya inversión se puede amortizar en plazos aceptables en función de los costos que evita, aunque esto depende de otras variables, como son: las tarifas aplicables a la energía que llega de la red eléctrica (las cuales se evitan con los proyectos de autoabastecimiento eléctrico con energía renovable), las tasas de interés y los costos de desarrollo de los proyectos.

2.1.4 Las tarifas eléctricas

Dado que en México la economía y/o rentabilidad de los proyectos depende de los costos que se evitan, las tarifas eléctricas son un factor clave, sobre todo si su precio es alto y tienden a seguir subiendo.

Así, los proyectos que aprovechan recursos de energía renovable y que se desarrollan para entregar energía a los municipios, se justifican por las tarifas que se aplican a los servicios municipales, como también aquellos cuyos usuarios finales son empresas comerciales e industriales, sobre todo por los precios de la energía eléctrica en período de punta.[1]

[1] El concepto de "período en punta" se refiere a la parte del día de mayor demanda eléctrica y que está definido, por regiones, en las tarifas eléctricas.

2.1.5 Las regulaciones

Otro elemento que ha permitido el desarrollo de los proyectos de energía renovable, han sido las regulaciones emitidas por la Comisión Reguladora de Energía.

Resaltan dos en particular:

- **Contrato de interconexión para fuentes de energía renovable del tipo intermitente**. Es el mecanismo donde se establecen términos y condiciones para la interconexión necesaria entre el Sistema Eléctrico Nacional (SEN), la planta de aprovechamiento de energía renovable y los centros de consumo del permisionario, de manera que dicho contrato sirva de marco para todas las operaciones entre el suministrador y el permisionario.

- **Contrato de interconexión para fuentes de energía solar a pequeña escala**. Este instrumento es aplicable a los generadores con fuente solar con capacidad hasta de 30 kW, que se interconectan a la red eléctrica en tensiones inferiores a 1 kV y que no requieren hacer uso del sistema para portear[2] energía a sus cargas.

Estas regulaciones han permitido reconocer, dentro del marco legal actual, el valor que tiene para la red eléctrica la aportación de la energía renovable en términos de energía y potencia, lo que permite dar viabilidad económica a algunos proyectos.

2.1.6 El Mecanismo de Desarrollo Limpio

El Mecanismo de Desarrollo Limpio es un procedimiento que permite a países desarrollados financiar proyectos de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) dentro del territorio de naciones en desarrollo, y recibir a cambio recursos en forma de Certificados de Reducción de Emisiones (CRE) (SEMARNAT 2008). De esta manera, los países desarrollados firmantes del Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático pueden cumplir, a un costo menor de lo que significaría pagar por acciones de mitigación en su propio territorio, con su compromiso de reducción.

La existencia de este mecanismo y el hecho de que los proyectos que aprovechan energía renovable tienen muy bajas o nulas emisiones de gases de efecto invernadero, han generado el interés por implementarlos, en virtud de que los pagos que se obtienen mediante los CRE mejoran su rentabilidad.

2.2 La necesidad

La energía eléctrica es un elemento fundamental en la vida diaria de cualquier comunidad. En el ámbito municipal, la energía eléctrica permite iluminar las calles por las noches, hacer

[2] El porteo es el uso de las redes eléctricas de la empresa eléctrica para llevar energía entre la planta de generación y las instalaciones de uso final en un proyecto de autoabastecimiento.

llegar agua potable a los hogares, desalojar las aguas negras, además de que los ayuntamientos puedan operar los inmuebles en los que se ubica su administración.

Igualmente, hoy en día los municipios comparten la responsabilidad de la electrificación rural de comunidades alejadas de la red eléctrica, por lo que el aprovechamiento de la energía renovable puede ser la alternativa de inversión más económica.

2.2.1 Para usos propios del municipio

El uso de energía eléctrica en servicios municipales (alumbrado público, bombeo de agua y edificios públicos) se ha convertido en una carga económica muy importante para los ayuntamientos, debido al régimen tarifario al que están sujetos. En muchos casos, el consumo de energía eléctrica representa un alto porcentaje de los gastos de operación totales de un municipio, lo que significa un lastre para su desarrollo.

Precisamente, la posibilidad de tener un suministro alternativo al de la empresa eléctrica ha llevado a algunos municipios a aceptar o a tomar iniciativas de desarrollo de proyectos de autoabastecimiento que les permiten tener electricidad a un precio menor al que fijan las tarifas.

Así, aprovechar la energía solar, la minihidráulica, la biomasa y los residuos sólidos y líquidos (incluidos los desechos sólidos de la basura que pueden utilizarse para generar gas y electricidad) para generación de energía eléctrica - lo cual está permitido desde 1992 cuando se llevaron a cabo modificaciones a la Ley del Servicio Público de la Energía Eléctrica - se convierte en un aspecto de interés para los ayuntamientos.

2.2.2 Para proveer de electricidad a comunidades alejadas de la red eléctrica

Para municipios rurales o de gran extensión, la existencia de comunidades aisladas sin electricidad es un asunto problemático que puede resolverse, a un costo menor que la extensión de la red eléctrica, con el uso de la tecnología que aprovecha la energía renovable.

3 Los procesos de los proyectos de generación de electricidad a partir de energía renovable

El proceso o ciclo de un proyecto de energía renovable pasa por varias etapas, en las cuales, dependiendo de las circunstancias, pueden estar involucradas las autoridades municipales.

3.1 Evaluación de los recursos de energía renovable

Un primer paso indispensable para el desarrollo de los proyectos que aprovechan energía renovable es la evaluación de los recursos de energía renovable disponibles en una localidad y/o región.

Este primer paso, que se puede llevar a cabo de varias formas, requiere de plazos que van desde unos meses (para localidades donde ya existe información relacionada) hasta varios años (para localidades en las que no hay datos y cuando el proyecto requiere de un buen nivel de precisión del potencial aprovechable).

Por lo general, estas evaluaciones las llevan a cabo instituciones académicas, pero también las pueden realizar empresas privadas que han identificado a una localidad dada con potencial para desarrollar proyectos de energía renovable.

3.1.1 Dimensionamiento de los proyectos

El dimensionamiento de los proyectos de energía renovable está directamente relacionado con la demanda de electricidad que va a cubrir el o los proyectos.

En este paso se hace coincidir, por lo tanto, el potencial del recurso de energía renovable con las necesidades que puede cubrir, sobre todo porque la inversión que se haga tiene que ser recuperada por la venta de la energía eléctrica (o bien por el ahorro que se obtenga por la compra evitada de electricidad a la empresa eléctrica).

Al dimensionarlo, se establece el tamaño y la cantidad de unidades generadoras que se utilizarán y la infraestructura asociada que es necesaria para su construcción y operación.

Este dimensionamiento sirve para que quienes desarrollan el proyecto (sea un desarrollador privado o el propio municipio) establezcan negociaciones con quienes lo pueden financiar.

3.1.2 Financiamiento

El financiamiento permite pasar de un mero concepto de proyecto a los trabajos en los que se definen los detalles del mismo (ya que el financiamiento permitirá pagar los costos asociados a contratos y gestiones), a la ingeniería de detalle, a la compra y transporte de los equipos que sean necesarios y a la construcción de la obra.

3.2 Gestión de permisos

De manera paralela a las actividades relacionadas con los trabajos de ingeniería y a lo largo de varios meses y/o años (según la etapa en la que se encuentre el desarrollo del proyecto), se deben llevar a cabo las gestiones necesarias ante las autoridades federales, estatales y locales, así como un conjunto de trámites para obtener un número considerable de permisos.

Además de estos permisos, en su caso, las gestiones pueden incluir el registro del proyecto en el Mecanismo de Desarrollo Limpio.

3.3 Ingeniería de detalle

La ingeniería de detalle es el proceso en el que se establecen con gran precisión (en memorias de cálculo y una gran variedad y cantidad de planos) las dimensiones de los elementos de la planta, su ubicación, sus conexiones con otros elementos, los flujos de energía y materia a través de esos elementos y su proceso de ensamble.

En este sentido resaltan los aspectos relacionados con las obras civil, mecánica e hidráulica, los elementos eléctricos y los de procesamiento de información.

3.3.1 Fabricación

Dependiendo de la tecnología utilizada, es muy posible que sea preciso fabricar equipos a la medida de las necesidades del proyecto.

3.3.2 Obra civil

La obra civil involucra la preparación del terreno, los caminos (en su caso) que llevan a la instalación, la construcción de los espacios en los que se ubica la planta, las instalaciones de manejo de agua (agua potable y drenaje), las bardas o delimitaciones de la planta, entre otros.

3.3.3 Transporte

Los elementos que integran la planta tienen que ser transportados desde su punto de compra, construcción y/o ensamblado, hasta el lugar en el que se ubicará la planta.

En caso de elementos mayores y delicados, como son generalmente las turbinas y/o generadores, es posible que se requieran servicios especializados e, inclusive, para piezas mayores (como pueden ser los componentes de torres para plantas que aprovechan el viento) la preparación de rutas y/o construcción de caminos hechos con el único propósito de hacer llegar los elementos al punto donde se ubica la planta.

Igualmente, se puede requerir el apoyo logístico de las autoridades de tránsito del municipio para llevar a cabo algunas maniobras.

3.3.4 Instalación

El proceso de instalación consiste en integrar los elementos de acuerdo con lo establecido por la ingeniería de detalle.

Esto incluye la colocación de los elementos mecánicos, eléctricos, hidráulicos, electrónicos y de obra civil asociada.

Esta etapa del proceso también comprende la puesta en marcha, en la cual se pone a prueba la planta y se comprueba que funciona de acuerdo con lo establecido en la ingeniería de detalle.

3.4 Operación y mantenimiento

La operación y mantenimiento implican no sólo las actividades que se llevan a cabo para hacer funcionar la planta, adecuadamente y sin contratiempos, sino también el llevar el control y registro de su producción de energía, así como de la distribución de cargas (en caso de ser una planta de autoabastecimiento con varios socios como usuarios finales de la electricidad).

Además, en caso de que el proyecto esté registrado dentro del Mecanismo de Desarrollo Limpio, es preciso monitorear la producción según los protocolos establecidos para este tipo de arreglos.

4 Los actores de los proyectos

Los proyectos de generación de electricidad a partir de energía renovable involucran, directa e indirectamente, a un número significativo de actores.

4.1 Los directamente involucrados

A continuación se enumeran y describen, en forma breve, los actores relacionados directamente con el desarrollo y la operación de los proyectos.

4.1.1 Desarrolladores

El desarrollador del proyecto es, quizá, el actor central del mismo, ya que es el que integra los elementos necesarios para llevarlo adelante (como la evaluación del recurso, el financiamiento, la ingeniería de detalle, la construcción e, inclusive, la operación) y facilita el proceso de todo el proyecto.

4.1.2 Usuarios de la energía producida por el proyecto

Son ellos, en definitiva, los que justifican el proyecto, pues son los compradores del producto del mismo (la electricidad) y los que reciben los beneficios derivados de las condiciones ventajosas en las que se obtiene la energía por la vía del proyecto.

En particular, y debido al régimen tarifario al que están sujetos (con costos altos de la energía), los municipios son considerados como usuarios potenciales de la energía eléctrica que se genera en estos proyectos.

4.1.3 La comunidad donde se ubica la planta

Aun cuando no sean los directamente interesados en el proyecto -ni los usuarios de la energía que éste produce, ni puedan o quieran participar en las inversiones-, los habitantes de la comunidad donde se ubica la planta juegan un papel central en la medida en que pueden apoyar y facilitar el proyecto u oponerse al mismo (y hacerlo imposible).

4.1.4 Fabricantes

Aunque los fabricantes de los equipos no se dedican, en sentido estricto, a desarrollar proyectos, es posible que estén relacionados con alguna empresa desarrolladora que promoverá sus equipos. Igualmente, esto deberá tomarse en cuenta si existe alguna o algunas condiciones técnicas que impliquen modificaciones a la tecnología original (en particular, la referente a la forma en la que se presenta y comporta el recurso de energía renovable).

4.1.5 Diseñadores

Los responsables de la ingeniería de detalle pueden ser parte de las empresas desarrolladoras, estar asociados con los fabricantes o bien ser empresas que se dedican a alguno o a todos los aspectos de ingeniería de detalle de los proyectos.

4.1.6 Instaladores

Al igual que los diseñadores, los instaladores pueden ser empresas asociadas a los desarrolladores, a los fabricantes o a los mismos diseñadores, aunque es posible que, por el hecho de tener que trabajar en el lugar de la instalación, generalmente son empresas locales con capacidades genéricas (es decir, que dan un tipo de servicio muy variado, como el de plomería o de instalaciones eléctricas).

Existen, sin embargo, aspectos particulares de las plantas (como el armado y colocación de las torres de los aerogeneradores) que pueden requerir de empresas internacionales especializadas.

4.1.7 Financieros

En la gran mayoría de los casos, por los niveles de inversión, los proyectos necesitan financiamiento, por lo que se tiene que involucrar a uno o varios organismos (privados o públicos, nacionales y/o internacionales) a fin de contar con recursos para diseñar y construir el proyecto.

En este sentido, las condiciones y necesidades de quienes prestan el dinero son determinantes para la factibilidad del proyecto, ya que debe haber certidumbre sobre la propiedad y los compromisos de las partes involucradas en el mismo, como también de la calidad de la ingeniería y de los equipos involucrados.

4.2 Los involucrados de manera indirecta

De manera indirecta y, sobre todo, por ser autoridades que otorgan los permisos o empresas con las que se establecen contratos y/o convenios, se identifica a un buen número de organismos y dependencias gubernamentales.

4.2.1 La Comisión Reguladora de Energía (CRE)

La CRE es un actor central, pues es la que otorga el permiso específico para la generación de electricidad.

4.2.2 La empresa eléctrica (Comisión Federal de Electricidad)

La empresa eléctrica está involucrada por las siguientes razones:

- Porque las instalaciones de los proyectos se tienen que conectar a sus redes.[3]

[3] Sólo en caso de que el proyecto sea muy pequeño o aislado de la red, esto no aplica.

- Porque muchos de los proyectos (específicamente, los que son de autoabastecimiento) utilizan sus redes para llevar la energía de la planta de generación al usuario final.

- Porque se requiere su visto bueno para conectar las instalaciones de los proyectos a la red

- Porque se debe firmar un contrato con la empresa eléctrica, para que ésta asegure el respaldo cuando la planta del proyecto no esté operando, ya sea por mantenimiento o por alguna falla.

4.2.3 La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)

Dado que los proyectos tienen impactos en recursos naturales, la SEMARNAT tiene que verificar que éstos estén dentro de las tolerancias establecidas en las normas vigentes.

4.2.4 Gobierno estatal

Sin tener autoridad específica sobre aspectos relacionados con los proyectos, los gobiernos de los estados actúan, generalmente, como actores centrales en su desarrollo, en particular porque son el contacto con los desarrolladores de los proyectos, intermediarios entre éstos y los municipios y las comunidades, interlocutores con el gobierno federal e, inclusive, son los principales promotores de los proyectos.

5 Recursos de energía renovable: evaluación y potencial en México

5.1 Energía solar

La energía solar es la obtenida directamente del Sol. La radiación solar incidente en la Tierra puede aprovecharse por su capacidad para calentar algo (como agua y/o aire), o bien para generar electricidad mediante paneles fotovoltaicos o dispositivos de concentración (que logran altas temperaturas), entre otros.

La potencia de la radiación varía según la latitud del sitio, el momento del día y las condiciones atmosféricas que la amortiguan. Se puede asumir que en la superficie terrestre, en un día claro, al medio día solar y en un plano normal[4] a los rayos solares, la potencia de la radiación es cercana a los 1,000 W/m^2 (Vázquez O., Del Valle B. et al. 2007). A esta potencia se le conoce como irradiancia. La radiación solar aprovechable puede obtenerse de forma tanto directa como difusa, o en la suma de ambas (DG-UdeChile 2009).

- **Directa**. La radiación directa es la que llega del Sol sin reflexiones o refracciones intermedias.

- **Difusa**. Es la radiación que es absorbida por la atmósfera en las nubes y el resto de elementos atmosféricos y terrestres, y que es emitida por la bóveda celeste diurna, gracias a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar.

5.1.1 Evaluación del recurso solar

Una de las características del recurso solar es su condición aleatoria y variable, por cuanto depende de condiciones atmosféricas. Existen diferentes técnicas para evaluarlo y que van desde la referencia popular hasta el uso de imágenes de satélite.

Sin embargo, la evaluación de la factibilidad técnico-económica de un proyecto solar exige un conocimiento detallado de las zonas de mayor insolación y sus características de irradiación, por lo que es imprescindible llevar a cabo mediciones *in situ*. Existe una variedad de instrumentos para medir la radiación solar en todas sus componentes, como también la radiación infrarroja que recibe la superficie o la que emite ésta hacia la atmósfera (DG-UdeChile 2009).

- **Pirheliómetro**. Este instrumento mide la energía que proviene directamente del Sol, evitando la radiación difusa desde otras direcciones. Debe ser orientado continuamente hacia el Sol.

[4] Un plano normal es aquel en el que el ángulo entre la línea de incidencia de los rayos solares y el plano que los recibe es de 90 grados.

- **Piranómetro.** El instrumento de medición que permite evaluar toda la energía solar que llega a una superficie horizontal, incluyendo la radiación directa y la difusa, se llama piranómetro.

Una unidad útil de medición del recurso solar en términos de energía es el kilowatt-hora por metro cuadrado por día (kWh/m^2-día), mientras que el de potencia es el watt por metro cuadrado (watt/m^2).

5.1.2 Potencial en México

La potencia y la energía con las que se dispone de la radiación solar en un punto determinado y para una unidad dada de superficie, varían a lo largo del año, según la localización geográfica y las condiciones meteorológicas del sitio de que se trate.

Desde hace más de un par de décadas, en México se han integrado mapas de radiación solar, basados en imágenes provenientes de satélites y apoyados en algunas mediciones sistemáticas para algunas localidades. Este conocimiento indica que más de la mitad del territorio nacional presenta una densidad energética de 5 kWh/m^2-día (Vázquez O., Del Valle B. et al. 2007). Las regiones del país que cuentan con los más altos niveles de insolación son: el Noroeste (Península de Baja California y Sonora), el Sur (fuera de la zona húmeda del Golfo de México y la montañosa de transición entre el Golfo y la Altiplanicie Mexicana) y, prácticamente, toda la costa del Pacífico (CONAE 2000).

5.2 Viento

Puesto que el aire posee masa, al moverse en forma de viento lleva consigo energía cinética que, mediante una turbina eólica, puede transformarse en electricidad. La energía que contiene el viento se mide en función de la velocidad (metros por segundo) y el diámetro del área de barrido (metros).

Una de las características del recurso eólico es su condición aleatoria y variable, ya que depende de condiciones atmosféricas. Asimismo, los vientos potencialmente aprovechables para la generación de electricidad se encuentran concentrados en zonas relativamente pequeñas o sitios específicos, por lo que el primer paso para su aprovechamiento es la prospección (o evaluación de las características del viento).

5.2.1 Evaluación del recurso eólico

Las estimaciones de la velocidad del viento con niveles aceptables de exactitud son determinantes al momento de evaluar su potencial aprovechable en cualquier localización. Los recursos eólicos son caracterizados por una escala de clases de viento según su velocidad, que se extiende de la clase 1 (la más baja) a la 7 (la más alta) (CONAE 2006). Existen diferentes técnicas para evaluar el recurso eólico, que van desde la referencia popular hasta el uso de imágenes de satélite. Sin embargo, no importa qué tan sofisticados sean los métodos de prospección: la evaluación de la factibilidad técnico-económica de un proyecto eoloeléctrico exige un conocimiento detallado del comportamiento del viento y, para ello, es imprescindible

llevar a cabo mediciones anemométricas[5] *in situ*. Para medir y cuantificar el recurso eólico, se llevan a cabo una serie de actividades, entre las que se encuentran (Snel 2006):

- Instalar al menos una torre de medición del viento (*met mast*) o estación anemométrica.

- Dependiendo del terreno, tanto de su extensión como de su complejidad, puede ser útil o necesario instalar más de una torre. Para determinar la ubicación adecuada de las torres en el terreno, se recomienda contar con la consultoría de un organismo experimentado en esta área.

- Aunque un mapa topográfico puede ser útil para este propósito, una visita al campo siempre es de mayor ayuda.

- Una vez definida la ubicación de la estación anemométrica, se reproduce una descripción -lo más exacta posible- de los alrededores del lugar, en las diferentes direcciones.

- Se describe la vegetación, incluyendo su altura, obstáculos (edificios, árboles grandes) y la topografía general del terreno. Esta descripción es necesaria para poder prever cualquier cambio futuro en las condiciones que puedan influir en las mediciones. En la descripción, es sumamente útil incluir un conjunto de fotografías, que describan el terreno visualmente en las cuatro direcciones principales, desde la base de la torre.

Una estación anemométrica consiste en una torre tubular o de celosías, equipada con los siguientes instrumentos (Snel 2006):

- Anemómetros de copas para medir la velocidad del viento y sus características.
- Una o más veletas para evaluar la dirección del viento.
- Un termómetro y un barómetro, para medir la temperatura y la presión atmosférica (con estas dos señales se puede hallar el valor de la densidad del aire).
- Un indicador de lluvia.
- Un protector contra rayos.

Las señales de la instrumentación se miden, procesan y guardan en un *data-logger*, para su posterior manejo en diversos análisis.

5.2.2 Potencial en México

Se ha estimado -muy conservadoramente y con muy pocas evaluaciones -que el potencial eoloeléctrico de México alcanza los 5,000 MW. Sin embargo, según un estudio reciente, publicado por el National Renewable Energy Laboratory (NREL) de los Estados Unidos -y realizado con sistemas de evaluación a partir de imágenes satelitales-, el potencial para la

[5] Anemométrico se refiere a las mediciones relativas al viento y que tienen que ver con su velocidad y su dirección.

región de La Ventosa en el Estado de Oaxaca es de más de 33,000 MW en cerca de 7,000 km^2 (que corresponden al 17% del territorio de ese estado del sur de México) (Elliott, Schwartz et al. 2004).

Esto hace suponer que el potencial nacional ha sido subestimado y que la suma de recursos explotables es muy superior a lo referido arriba. De acuerdo con algunas mediciones y las evidentes condiciones locales de viento intenso, entre las regiones que se consideran con mayor potencial se encuentran: La Ventosa, en Oaxaca; la costa de Quintana Roo; los alrededores de Pachuca, Hidalgo; el sur de Coahuila y de la Península de Baja California y el cerro de la Virgen en la ciudad de Zacatecas (SENER 2005). A su vez, las mediciones puntuales o de pequeñas redes anemométricas, realizadas principalmente por el Instituto de Investigaciones Eléctricas y algunas otras entidades o empresas, han servido para confirmar –con carácter de prefactibilidad- la existencia de vientos técnicamente aprovechables y económicamente viables en algunas regiones (Snel 2006):

- **Sur del Istmo de Tehuantepec**. Esta región contiene un área del orden de 1,000 km^2 expuesta a vientos muy intensos, provocados por el fenómeno monzónico entre el Golfo de México y el Golfo de Tehuantepec, donde aflora una corriente marina anormalmente caliente, lo que origina un gradiente térmico y de presión que da lugar a un intenso viento del norte desde el otoño hasta la primavera.

- **Península de Baja California**. Por su exposición al mar, sus montañas e innumerables pasos, en esta península se ubican muchos sitios con potencial explotable.

- **Península de Yucatán**. La franca exposición de la península yucateca a los vientos alisios de primavera y verano -incrementados en su costa oriental por la brisa marina-, así como a los "nortes" en el invierno, hacen de Cabo Catoche, la costa de Quintana Roo y el oriente de Cozumel, zonas con potencial eólico interesante.

- **Altiplano Norte**. Desde la región central de Zacatecas hasta la frontera con los Estados Unidos, el norte del país se ve influenciado por la llamada "corriente de chorro" de octubre a marzo, la cual es intensa y persistente; ésta misma, como viento del poniente y al impactar la Sierra Madre Occidental, da lugar a innumerables sitios con potencial explotable.

- **Región Central**. En la región central del altiplano, prevalecen los vientos alisios de verano, desde Tlaxcala a Guanajuato. Estos vientos complementan, estacionalmente, a los del altiplano norte y los del sur del Istmo de Tehuantepec. La complejidad orográfica de esta región debe dar lugar a la existencia de innumerables pasos y mesetas, donde el viento puede ser aprovechable para generación de electricidad.

5.3 Minihidráulica

La energía hidráulica se obtiene a partir de la energía cinética y/o potencial de un volumen de agua en movimiento y/o almacenada para salvar un desnivel que se refleja en una presión

proporcional al mismo. Esta energía se transforma en electricidad por medio de turbinas, que giran por la masa de agua que pasa por su interior. Las turbinas transmiten la potencia mecánica de su rotación, mediante un eje, a un generador de electricidad. Cuando hablamos de minihidráulica, nos referimos a la producción de energía eléctrica en plantas relativamente pequeñas de hasta 10 MW.

5.3.1 El recurso hidráulico

La fuente de agua para la generación de electricidad puede ser un arroyo, un canal u otra forma de corriente capaz de suministrar el volumen y la presión suficiente y necesaria para mover las turbinas hidráulicas de acuerdo con las dimensiones de éstas. Una de las características del recurso hidráulico es su condición variable, por cuanto depende de condiciones atmosféricas. Igualmente -y por lo mismo- puede considerarse como intermitente, aunque su presencia como caudal constante de un río o mediante su almacenamiento en represas puede permitir un servicio continuo.

5.3.2 Evaluación del recurso hidráulico

Para establecer el potencial de un sitio específico, se requiere de información meteorológica, hidrométrica y topográfica referente en particular al lugar donde se construirá la planta. La información meteorológica permite definir los volúmenes de precipitación en lo que puede constituir una cuenca hidrológica, mientras que la topográfica sirve para establecer los cauces y volúmenes que pasan por un punto dado, además de la localización de una posible represa (CONAE 2006). Por supuesto, la evaluación de la factibilidad técnico-económica de un proyecto minihidráulico exige un conocimiento detallado de las zonas de mayor captación de agua o escurrimiento de corrientes, por lo que es imprescindible llevar a cabo mediciones *in situ* con el apoyo de especialistas.

5.3.3 Potencial en México

La minihidráulica presenta altos índices de recurso aprovechable. En el territorio nacional, este potencial se estima superior a los 11,500 MW, lo cual incluye plantas de varios cientos de MW. Según la Comisión Federal de Electricidad (CFE), el potencial de generación de electricidad por medio de plantas de menos de 5 MW (minihidráulicas) es de alrededor de 3,000 MW. Por su parte, un estudio de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) en una región montañosa, ubicada en partes de los estados de Puebla y Veracruz, detectó un potencial de 3,750 GWh/año en cerca de 400 MW (CONAE 1996). A su vez, el aprovechamiento en canales de riego ha sido establecido por el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) por encima de los 200 MW para todo el país.

5.4 Bioenergía

La energía de la biomasa es aquella que se obtiene de productos y residuos animales y vegetales. Así, la energía contenida en la leña, los cultivos energéticos, el carbón vegetal, los residuos agrícolas, los residuos urbanos y el estiércol, puede ser calificada como energía de la biomasa. Asimismo, pueden clasificarse, como formas primarias, los recursos forestales, y como formas secundarias, los residuos forestales, agrícolas, ganaderos y urbanos. La biomasa

se define como la materia orgánica que procede de un proceso biológico, y se distinguen varios tipos de la misma, como la biomasa vegetal, que son las plantas en general y la biomasa animal, que serían los animales. Otras formas de clasificar los tipos de biomasa son:

5.4.1 Los recursos de biomasa

El potencial técnico de la bioenergía en México se estima entre 2,635 y 3,771 petajoule al año. Del potencial estimado, 40% corresponde a combustibles de madera, 26% a agrocombustibles y 0.6% a subproductos de origen municipal. Además, se consideran 73 millones de toneladas de residuos agrícolas y forestales con potencial energético. De igual forma, si se aprovecharan los residuos sólidos municipales de las 10 principales ciudades para la generación de electricidad a partir de su transformación térmica, se podría instalar una capacidad de 803 MW y generar 4,507 MWh/año (Masera 2007).

5.4.2 Evaluación del potencial del recurso de biomasa

La evaluación de las posibilidades de generación de electricidad a partir de la bioenergía, exige información confiable respecto a factores tales como la cantidad de materia y/o residuos disponibles para ser aprovechados, la proporción de residuos orgánicos y su contenido de humedad, el clima (precipitación y temperatura), entre muchos otros.

5.4.3 Potencial en México

En México, sin que exista una evaluación precisa del universo de posibilidades de este tipo de recurso, existe un amplio potencial de aprovechamiento de las diversas formas de biomasa.

- Las comunidades rurales aisladas del país satisfacen la mayor parte de sus necesidades energéticas con biomasa. Se considera que la leña provee cerca de 75% de la energía de los hogares rurales (Masera 2007).

- En el sector agroindustrial, específicamente en la industria de la caña de azúcar, se ha estimado un potencial de generación de electricidad, a partir del bagazo de caña, superior a 3,000 GWh al año (Masera 2007).

- Asimismo, la CONAE calcula que se pueden instalar 0.7 MW de capacidad por cada millón de tonelada de basura depositada en un relleno sanitario (sitio diseñado para confinar residuos sólidos urbanos sin agresión al entorno ecológico) (CONAE 2006).

- Por su parte, el IIE ha estimado en 90 mil toneladas diarias la producción de residuos urbanos susceptibles de explotación para una capacidad de 300 MW (Arvizu J.L. and Huacuz J. 2004).

- Igualmente, existe un potencial apenas considerado de aprovechamiento de residuos ganaderos. México tiene cerca de 800 mil cabezas de ganado lechero y 54% de la producción se realiza en hatos de 255 vacas en promedio (ANES 2006).

6 Tecnología para la generación de electricidad a partir de energía renovable

6.1 Energía eólica

Puesto que el aire posee masa, al moverse en forma de viento lleva consigo energía cinética que, mediante una turbina eólica, puede transformarse en electricidad.

La energía que contiene el viento se mide en función de la velocidad (metros por segundo) y el diámetro del área de barrido (metros). Para un diámetro de 5 metros y una velocidad de 6 metros por segundo se reciben 2.9 kWh por hora (CONAE 2006).

Una turbina eólica es un dispositivo mecánico que aprovecha la energía del movimiento del viento (energía cinética) para convertirla en energía mecánica (movimiento de un eje) que mueve un generador eléctrico.

Hay tres parámetros que determinan la cantidad de energía aprovechable del viento por medio de una turbina eólica (CONAE 2006):

- **La velocidad del viento**. De acuerdo con las leyes de la Física, la energía generada por la turbina es proporcional a la velocidad del viento al cuadrado. Las velocidades del viento varían en función de la altura sobre el nivel del suelo y durante el día y a lo largo del año.

- **El área barrida de las paletas**. Esta área es proporcional al cuadrado de la longitud de las paletas.

- **La eficacia teórica máxima de los generadores eólicos**. Aunque en teoría, 59% de la energía que llega a un generador eólico se puede convertir en electricidad, en la práctica, la mayoría de las turbinas eólicas son mucho menos eficaces que esto; por ello, existen diseños de diversos tipos para obtener la máxima eficacia posible a diferentes velocidades del viento. Los mejores generadores eólicos alcanzan eficacias de 35% a 40%.

Los elementos principales de cualquier generador eólico son (CONAE 2006):

- **Rotor**. Las palas del rotor se diseñan para que giren con el viento, lo cual ocurre a bajas revoluciones por minuto. Las turbinas de viento modernas de gran escala típicamente se equipan con rotores de tres palas, cuyo diámetro es de 42 y hasta 120 metros.

- **Caja de engranajes**. Mediante engranajes, se aumenta el número de revoluciones por minuto del motor, a fin de llegar así a un nivel adecuado para generar electricidad.

- **Generador**. Actualmente, las turbinas de gran escala suelen contener generadores con capacidades entre 600 y 6,000 kW.

- **Equipo de control y monitoreo**. Estos equipos sirven para responder adecuadamente a las condiciones variables de viento y regular el funcionamiento de los equipos.

- **Torre**. La torre permite aprovechar los vientos de mayor velocidad a mayor altura. El diseño de las torres es de suma importancia, pues deben ser tan altas como sea económicamente posible (por lo general, entre 40 y 100 metros); también deben ser robustas y permitir el acceso a la turbina para su mantenimiento, pero no agregar costo innecesario al sistema.

- **Subestación**. Permite modificar, en su caso, la tensión o voltaje al que se entrega la electricidad a la red eléctrica.

- **Línea de transmisión**. Sirve para enviar la electricidad producida por la central al punto o centro de consumo.

Una granja eólica o parque eólico consiste en un conjunto de estas turbinas ubicadas en un mismo sitio.

6.2 Energía fotovoltaica

La energía solar es la obtenida directamente del Sol. La radiación solar incidente en la Tierra puede aprovecharse para generar electricidad mediante paneles fotovoltaicos o dispositivos ópticos, entre otros.

El efecto fotovoltaico es un fenómeno físico, por medio del cual ciertos dispositivos, fabricados con semiconductores, son capaces de convertir la luz del Sol en electricidad sin ningún proceso intermedio. A la unidad donde se realiza dicho fenómeno se le llama celda fotovoltaica.

Así, cuando a una celda solar, con determinada área (A), se le somete a una potencia luminosa por unidad de área constante (irradiancia solar, medida en watt/m^2), ésta genera cierto voltaje (V), y cierta corriente (I), cuyo producto es la potencia eléctrica, P, generada por la celda (ANES 2006).

Las celdas solares se fabrican con diferentes semiconductores; entre los que han producido dispositivos con las mayores eficiencias de conversión están los siguientes materiales: arseniuro de galio, silicio en estado cristalino, fosfuro de indio, cobre-indio-diselenio, telurio de cadmio, y silicio amorfo. El primero es el material usado actualmente para las aplicaciones espaciales (ANES 2006).

Como las celdas solares son muy frágiles, deben protegerse contra posibles golpes mecánicos que las romperían, como también de las condiciones ambientales para evitar procesos de degradación. Por esta razón, las celdas conectadas se encapsulan o laminan para formar una nueva estructura llamada módulo fotovoltaico (FV).

La potencia generada por una celda solar depende de su eficiencia de conversión; por ejemplo, una celda de 10% de eficiencia con un área hipotética de 100 cm^2 de área genera 1.0

W cuando sobre ella incide la irradiancia pico (1,000 W/m^2). La potencia generada por un módulo depende de la eficiencia de conversión de las celdas que lo componen y la manera en que éstas están compactadas en el mismo. Los valores típicos de dicha potencia están comprendidos desde unos cuantos watt hasta 300 W (ANES 2006).

El rango de las eficiencias de conversión para las celdas solares va de 10.4% para silicio amorfo hasta 25.1% para arseniuro de galio monocristalino (cuyo costo de fabricación es alto) (ANES 2006).

Eficiencias de conversión y características eléctricas de celdas solares

MATERIAL	**η (%)**
Silicio monocristalino	24.7
Silicio policristalino	19.8
Silicio amorfo S: simple unión T: Tándem	10.4 (S) hasta 13.5 (T)
Telurio de cadmio	16.5
Cobre-indio-diselenio	18.4
Fosfuro de indio	21.9
Arseniuro de galio monocristalino	25.1

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de (ANES 2006); cfr. Índice de Referencias.

En particular, los sistemas fotovoltaicos pueden funcionar aisladamente o conectados a la red. Los segundos interaccionan con ella a través de una interfaz electrónica (inversor), que transforma la corriente directa del arreglo fotovoltaico en corriente alterna.

Las celdas solares pueden conectarse en serie o bien en paralelo para elevar su potencia. La conexión en serie incrementa el voltaje, y la conexión en paralelo incrementa la corriente.

Como esta tecnología sólo genera electricidad cuando hay luz solar, es necesario tener acumuladores de energía en donde se pueda almacenar la electricidad producida durante las horas de sol. Ya que la tecnología más conocida para almacenar electricidad es la celda electroquímica de plomo-ácido, y dado que el más común es el acumulador para automotores, los módulos fotovoltaicos se han diseñado para que puedan cargar acumuladores de energía a 12 voltios nominales (ANES 2006).

Los sistemas FV con almacenamiento eléctrico se diseñan para aquellas "cargas" que requieren electricidad con una potencia constante; es decir que deben de operar con un voltaje y una corriente constante y funcionar a cualquier hora del día. Las "cargas" a energizar pueden ser de corriente directa o alterna, requiriéndose para éstas últimas el inversor. El almacenamiento de energía en estos sistemas generalmente se realiza en acumuladores de plomo-ácido por ser los más comunes y baratos (ANES 2006).

6.3 Biomasa

La energía de la biomasa es aquella que se obtiene de productos y residuos animales y vegetales. Así, la energía contenida en la leña, los cultivos energéticos, el carbón vegetal, los residuos agrícolas, los residuos urbanos y el estiércol puede ser calificada como energía de la biomasa y clasificarse, como formas primarias, los recursos forestales y, como secundarias, los residuos forestales, agrícolas, ganaderos y urbanos.

La biomasa se define como la materia orgánica que procede de un proceso biológico, y se distinguen varios tipos de ésta, como la biomasa vegetal, que son las plantas en general y la biomasa animal, que serían los animales.

Desde el punto de vista energético, la biomasa se puede aprovechar de dos maneras:

- Quemándola para producir calor o

- Transformándola en combustible (sólido, líquido o gaseoso) para su transporte y/o almacenamiento.

Para transformar a la biomasa se pueden llevar a cabo varios procesos. De manera genérica, éstos son de cuatro tipos (ANES 2006):

- **Físicos**. Son los procesos en los que se actúa físicamente sobre la biomasa, e incluyen el triturado, astillado, compactado e, incluso, secado.

- **Químicos.** Son los relacionados con la digestión química, generalmente mediante hidrólisis, pirólisis y/ gasificación.

- **Biológicos**. Este proceso, generalmente llamado fermentación, ocurre por la acción directa de microorganismos o de enzimas. Se aplica en la producción de ácidos orgánicos, alcoholes, cetonas y polímeros.

- **Termoquímicos**. En este caso, la transformación química de la biomasa ocurre al someterla a altas temperaturas (300ºC - 1500ºC).

Para generar electricidad, se utilizan sistemas que son prácticamente convencionales, ya sean calderas para producir vapor que se conectan a turbinas de vapor o motores de combustión interna. Ambos equipos se conectan mecánicamente con un generador eléctrico.

6.4 Minihidráulica

Cuando una máquina es accionada por la fuerza del agua, se dice que es una máquina hidráulica.

La transformación de la energía potencial del agua en energía mecánica se realiza mediante turbinas, que se activan gracias a la masa de agua que pasa por su interior. A su vez, la potencia mecánica en el eje de la turbina se puede utilizar directamente para realizar trabajo

(como en los molinos de agua) o para producir energía eléctrica, conectando el eje de la turbina.

La fuente de agua puede ser un arroyo, un canal u otra forma de corriente que pueda suministrar el volumen y la presión de agua suficiente y necesaria para generar electricidad.

Una de las características del recurso hidráulico es su carácter variable, por cuanto depende de las condiciones atmosféricas; por lo mismo, también se le considera como intermitente, aunque el caudal de un río o por medio de su almacenamiento de agua en represas puede permitir un servicio continuo.

La potencia de una instalación se determina mediante el producto del caudal de agua por el salto o desnivel que salva el curso. Las centrales minihidráulicas se localizan normalmente en lugares de caudales moderados y saltos pequeños. Los tipos de las mismas se pueden definir con base en criterios de funcionamiento o de potencia.

Las centrales minihidráulicas se clasifican según la caída de agua y el gasto que aprovechan; éstos están inversamente relacionados, como se muestra a continuación:

Clasificación de centrales minihidráulicas

TIPO DE CENTRAL	CAÍDA (en metros)	GASTO (M^3 por segundo)
Baja carga	5 a 20	30 a 300
Media carga	20 a 100	3 a 30
Alta carga	mayor a 100	menos de 3

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de (CONAE 2006); cfr. Índice de Referencias.

Los sistemas de potencia más reducida son los de implantación más sencilla y con menor impacto ambiental, y sirven principalmente para abastecer a zonas aisladas donde existen dificultades para acceder a la red eléctrica general.

Una forma muy común para clasificar su funcionamiento es la forma en que maneja el agua:

- **Centrales de agua fluyente**. Estas centrales requieren de poco o nulo almacenamiento de agua y por ello no requieren represas o reservorios, por lo que son menos costosas que las plantas de almacenamiento.

- **Centrales con embalse**. Las centrales con embalse almacenan suficiente agua como para compensar las fluctuaciones temporales del flujo de ésta y pueden proveer el mismo valor de energía a lo largo del año.

Si bien se les considera como una fuente de energía limpia y renovable, algunas centrales hidroeléctricas - especialmente las de gran tamaño- pueden llegar a tener un impacto negativo sobre el medio ambiente. Por ejemplo, la construcción de presas inunda zonas y afecta la fauna y flora locales, altera el flujo natural del agua hacia el mar y deja sin ésta a lugares que antes la tenían.

Se considera que las centrales mini-hidroeléctricas son las que producen 10 MW o menos (CONAE 2006).

La tecnología de aprovechamiento mecánico-eléctrico de los flujos de agua está bien desarrollada y utiliza una tubería de alimentación del caudal de agua. Una vez que el agua de un caudal se confina en la tubería, es inyectada sobre las aletas de la turbina en el otro extremo. La turbina, a su vez, gira e impulsa el generador que produce energía eléctrica.

Los elementos principales de una central mini-hidroeléctrica son (CONAE 2006):

- **Presa o embalse**. Es el sistema que sirve para desviar parte del flujo del río hacia la planta.

- **Canal o túnel**. Se encarga de conducir el flujo captado por la presa.

- **Tanque de carga**. Se utiliza para controlar el agua que llega del canal.

- **Tubería de presión.** Se ubica entre el tanque de carga y la casa de máquinas, es decir, a lo largo de la caída o desnivel por aprovechar.

- **Casa de máquinas**. Es el edificio donde se ubica(n) la(s) turbina(s) y sus generador(es) eléctrico(s), incluyendo la subestación.

- **Subestación**. Permite modificar, en su caso, la tensión o voltaje con que se entrega la electricidad a la red eléctrica.

- **Línea de transmisión**. Sirve para enviar la electricidad producida por la central al punto o centro de consumo.

El agua, después de haber entregado su energía hidráulica, se regresa al río o arroyo por medio del canal de desfogue.

7 Los costos asociados a los proyectos de generación de electricidad a partir de energía renovable

Los costos de inversión y funcionamiento de equipos que producen energía útil dependen de muchas variables que incluyen:

- El tamaño del sistema
- La complejidad del sistema
- La distancia de la comunidad respecto de las líneas de distribución de la energía o de los centros de abasto de combustible
- La accesibilidad por tierra.

Para comparar adecuadamente los sistemas que proveen energía, se requieren tres conjuntos de costos: los de la inversión inicial, los de operación y mantenimiento y los de reemplazo.

- La **inversión inicial** incluye aquellos costos en los que se debe incurrir para el diseño, compra, transporte e instalación de los equipos. En sistemas que aprovechan energía renovable este es el principal costo y se amortiza en función de dos variables:
  - La vida útil del sistema
  - La tasa de retorno que considera el comprador o la tasa de interés a la que se paga el financiamiento.
- Los **costos de operación y mantenimiento** son los requeridos para hacer operar los sistemas cotidianamente y mantenerlos en condiciones adecuadas de funcionamiento. Éstos son los principales costos de los sistemas convencionales, ya que incluyen los de:
  - La generación de la energía
  - Transporte de la energía
  - Limpieza y afinación de los sistemas
  - Reparaciones.
- Los **costos de reemplazo** son aquellos en los que se incurre cuando es preciso reemplazar algún elemento cuya vida útil es menor que la del sistema.

7.1 Solar fotovoltaica

Los equipos de un sistema fotovoltaico incluyen:

- Panel solar
- Soporte para panel
- Adaptador de corriente directa

- Baterías (cuando exista necesidad de almacenamiento)
- Cables y accesorios.

7.1.1 La inversión inicial

El monto de la inversión inicial necesaria para instalar un sistema fotovoltaico depende de dos factores principales:

- El costo de los equipos
- El costo del transporte de los equipos y su instalación.

El costo del sistema de generación depende de la capacidad. El costo del kW instalado más económico (sin considerar baterías) se ubica en 60 mil pesos y aumenta a medida que se reduce el tamaño del sistema.

Costo unitario de capacidad instalada para generación eléctrica con sistemas fotovoltaicos

Capacidad (kW)	$/kW
Hasta 0.1	260,000
0.1 a 1.0	150,000
1.0 a 5.0	100,000
Más de 5.0	65,000

Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de (CONAE 2006) y (Martín Gómez 2006), cfr. Índice de Referencias.

El costo del transporte de los equipos y su instalación está determinado por la distancia y la facilidad de acceso entre el lugar de venta de los equipos y el sitio donde se ubicará el sistema (en cantidad de kilómetros por recorrer en un vehículo todo terreno, en uno de tipo normal, en animal o caminando). Este costo puede representar hasta 30% del costo inicial.

En caso de que se requieran baterías, éstas varían en precio, según la tecnología; las más comunes van desde 1,000 hasta 3,000 pesos por cada kWh de capacidad de almacenamiento.

7.1.2 Los costos de operación y mantenimiento

Los costos de operación y mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos son casi nulos, aunque es recomendable hacerles, al menos, tres revisiones al año, para detectar y corregir problemas pequeños, antes de que éstos lleven a una falla total en la operación del sistema.

Sin embargo, puede considerarse un presupuesto para gastos de reparaciones o pagar algún seguro equivalente al 2% de la inversión total.

7.1.3 Los costos de reemplazo

En los sistemas fotovoltaicos el costo de reemplazo que debe tomarse en cuenta es el de la batería que almacena la energía.

La vida útil de las baterías es de entre 4 y 8 años, dependiendo del tipo de batería, la marca y su mantenimiento (ANES 2006).

El precio de una batería es de 1,500 pesos en adelante por equipo y representa alrededor de 25% del costo inicial del sistema.

Resumen de costos del sistema fotovoltaico

Concepto		Inversión	Costos	Vida útil (años)	Observaciones
Inversión	Equipo	65 a 260 mil pesos por kW	NA	30	El costo por kW aumenta a medida que se reduce el tamaño del sistema
	Baterías	1 hasta 3 mil pesos por kWh	NA	4 a 8	-
	Instalación	30% del costo de inversión de equipos	NA	30	-
Operación	Energéticos	NA			-
	Transporte	NA			-
	Mantenimiento	NA	2% de la inversión en equipos (anual)	NA	-
Reemplazo		1 hasta 3 mil pesos por kWh	0	5	Considerando instalación y mantenimiento adecuados

Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de (CONAE 2006) y (Martín Gómez 2006); cfr. Índice de Referencias.

7.2 Eoloeléctrica

Es importante anotar que, para los sistemas que funcionan a partir de viento, es fundamental el tener información de largo plazo sobre el comportamiento del mismo durante el día y las distintas temporadas del año, ya que la capacidad de generación es afectada significativamente por la velocidad promedio del viento. Tener buena y suficiente información al respecto permite dimensionar adecuadamente los sistemas.

7.2.1 La inversión inicial

El monto de la inversión inicial necesaria para instalar un sistema de generación a partir de energía eólica depende de dos factores principales:

- El costo de los equipos
- El costo del transporte de los equipos y su instalación.

El costo de los equipos, incluye los siguientes elementos:

- Turbina (con generador)
- Herrajes para torre
- Inversores de corriente
- Baterías.

En lo que corresponde al precio de las turbinas de viento, éste oscila entre 25,000 y 40,000 pesos por cada kW.

Costo unitario de capacidad instalada para generación eléctrica con viento

kW	$/kW
Hasta 0.5	40,000
De 0.5 a 1.0	35,000
1.0 a 5.0	30,000
De 5.0 a 10.0	25,000
Más de 10.0	20,000

Fuentes: Elaboración propia , con base en datos de (BUN-CA 2001; CEC 2008); cfr. Índice de Referencias.

En general, las turbinas, incluyendo su instalación, representan el 80% del costo inicial; el resto corresponde a la obra civil, la conexión a la red, la propiedad o alquiler de los terrenos y los caminos de acceso, entre otras cosas. Estos últimos pueden variar considerablemente de un proyecto a otro (BUN-CA 2001; CEC 2008).

En caso de requerirse baterías, éstas tienen diversos precios según la tecnología; las más comunes van desde 1,000 hasta 3,000 pesos por cada kWh de capacidad de almacenamiento.

7.2.2 Los costos de operación y mantenimiento

El costo de operación y mantenimiento de los sistemas eólicos es casi nulo, aunque es recomendable hacer revisiones periódicas para detectar y corregir problemas pequeños, antes de que éstos lleven a una falla total en la operación del sistema.

Se sugiere considerar un costo de operación y mantenimiento anual de 1% de la inversión inicial.

7.2.3 Los costos de reemplazo

Si bien la vida útil de los generadores eólicos supera los diez años, debe considerarse -cuando son utilizadas- el costo de las baterías que almacenan la energía generada.

La vida útil de las baterías es de entre 4 y 8 años, dependiendo del tipo de batería, la marca y su mantenimiento.

Resumen de costos de un sistema de generación de electricidad a partir de viento

Concepto		Inversión	Costos	Vida útil (Años)	Observaciones
Inversión	Equipo de generación	10 a 40 mil pesos por kW	NA	20	El costo por kW se reduce a medida que aumenta el tamaño del sistema
	Baterías	1 hasta 3 mil pesos por kWh	NA	4 a 8	-
	Instalación	30% del costo de inversión de equipos	NA	30	-
Operación	Energéticos	NA			-
	Transporte	NA			-
	Mantenimiento	NA	1% de la inversión en equipos (anual)	NA	-
Reemplazo	-	1 hasta 3 mil pesos por kWh	0	5	Considerando instalación y mantenimiento adecuados

Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de (BUN-CA 2001; CEC 2008); cfr. Índice de Referencias.

7.3 Minihidráulica

Al igual que para los sistemas que operan con viento, es fundamental para los que funcionan con flujos de agua el tener información sobre su comportamiento a lo largo del día y en las distintas temporadas del año, ya que esto permite dimensionar adecuadamente los sistemas.

7.3.1 La inversión inicial

El monto de la inversión inicial necesaria para instalar un sistema de generación a partir de energía eólica, depende, principalmente de los costos de:

- Los equipos
- Las obras de infraestructura necesarias para el almacenamiento y manejo del agua
- El diseño y desarrollo del proyecto.

El costo de los equipos se ubica entre 15,000 y 20,000 pesos por kW instalado.

Costo unitario de capacidad instalada para generación minihidráulica

kW	$/kW
Hasta 1.0	20,000
1.0 a 5.0	18,000
Más de 5.0	15,000

Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de (Dot-Com Alliance 2009) y (Crecer con Energía 2008); cfr. Índice de Referencias.

El costo de las obras de almacenamiento y manejo del agua depende del flujo y nivel de ésta, aunque también de consideraciones ambientales (según el tamaño de la instalación). Por lo mismo, para este tipo de sistemas, la obra civil y mano de obra pueden representar de dos a cuatro veces el costo de los equipos (CONAE 2006).

7.3.2 Los costos de operación y mantenimiento

Aunque son bajos los costos de operación y mantenimiento de pequeñas plantas hidroeléctricas, esto depende de su tamaño y del diseño del sistema, por lo que es necesario hacer una evaluación en cada caso.

Se sugiere considerar un costo de operación y mantenimiento anual de 1% de la inversión inicial.

7.3.3 Los costos de reemplazo

Una revisión general cada tres años con reemplazo de algunos componentes (como cojinetes y sellos) cuesta, aproximadamente, $7,000 (BUN-CA 2001).

Resumen de costos de un sistema minihidráulico de generación de electricidad

Concepto		Inversión	Costos	Vida útil	Observaciones
Inversión	Equipo	5 a 7 mil pesos por kW	NA	30	El costo por kW aumenta a medida que se reduce el tamaño del sistema
	Instalación	De dos a cuatro veces el costo de los equipos	NA	30	El costo de las obras de almacenamiento y manejo del agua depende del flujo y nivel de ésta, aunque también de consideraciones ambientales
Operación	Energéticos	NA			-
	Transporte	NA			-
	Mantenimiento	NA	1% de la inversión en equipos (anual)	NA	-
Reemplazo	NA				

Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de (Dot-Com Alliance 2009), (Crecer con Energía 2008) y (BUN-CA 2001); cfr. Índice de Referencias.

8 Marco jurídico en los campos de la energía y el medio ambiente en México

El marco jurídico mexicano establece el control de la mayoría de la industria de la energía en manos del Estado.

Sin embargo, se permite la participación privada en la distribución de gas natural y gas LP; las mismas leyes establecen excepciones a lo que se considera servicio público, en particular la generación de energía eléctrica que realicen los llamados productores independientes para su venta a la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y la destinada a autoabastecimiento, cogeneración o pequeña producción.

A continuación se detallan los aspectos más importantes del marco jurídico e institucional de México en el campo de la energía y el medio ambiente.

8.1 La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

El documento legal fundamental de México es la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la cual fue originalmente redactada en 1917 y ha sufrido algunas modificaciones desde entonces. Es en sus Artículos 25, 27 y 28 donde están contenidos los principales aspectos que determinan el papel del Estado Mexicano en el campo de los recursos naturales en general y de la energía en particular.

Artículo 25

El Artículo 25 de la Constitución define el papel del Estado, al establecer que *"corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional para garantizar que éste sea integral y sustentable, que fortalezca la Soberanía de la Nación y su régimen democrático y que, mediante el fomento del crecimiento económico y el empleo y una más justa distribución del ingreso y la riqueza, permita el pleno ejercicio de la libertad y la dignidad de los individuos, grupos y clases sociales."*

Asimismo, expresa que *"el Estado planeará, conducirá, coordinará y orientará la actividad económica nacional, y llevará al cabo la regulación y fomento de las actividades que demande el interés general en el marco de libertades que otorga esta Constitución"* y que *"al desarrollo económico nacional concurrirán, con responsabilidad social, el sector público, el sector social y el sector privado, sin menoscabo de otras formas de actividad económica que contribuyan al desarrollo de la Nación."*

Igualmente, puntualiza que el Estado *"podrá participar por sí o con los sectores social y privado, de acuerdo con la ley, para impulsar y organizar las áreas prioritarias del desarrollo"* y que *"la ley alentará y protegerá la actividad económica que realicen los particulares y proveerá las condiciones para que el desenvolvimiento del sector privado contribuya al desarrollo económico nacional."*

Artículo 27

El Artículo 27 determina que *"la propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponde originariamente a la Nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada*." Igualmente, que "*corresponde a la Nación el dominio directo de todos los recursos naturales de la plataforma continental y los zócalos submarinos de las islas;...los combustibles minerales sólidos; el petróleo y todos los carburos de hidrógeno sólidos, líquidos o gaseosos*."

También el Artículo 27 establece los límites y las condiciones para la propiedad y dominio de tierras y agua por extranjeros. Este artículo precisa que "*sólo los mexicanos por nacimiento o por naturalización y las sociedades mexicanas tienen derecho para adquirir el dominio de las tierras, aguas y sus accesiones o para obtener concesiones de explotación de minas o aguas. El Estado podrá conceder el mismo derecho a los extranjeros, siempre que convengan ante la Secretaría de Relaciones en considerarse como nacionales respecto de dichos bienes y en no invocar, por lo mismo, la protección de sus gobiernos por lo que se refiere a aquéllos*."

Artículo 28

El Artículo 28 señala que "*en los Estados Unidos Mexicanos quedan prohibidos los monopolios, las prácticas monopólicas, los estancos y las exenciones de impuestos en los términos y condiciones que fijan las leyes*"; pero también puntualiza que "*no constituirán monopolios las funciones que el Estado ejerza de manera exclusiva*" en áreas consideradas estratégicas, como petróleo y los demás hidrocarburos; petroquímica básica; minerales radioactivos y generación de electricidad, para lo cual "*el Estado contará con los organismos y empresas que requiera para el eficaz manejo de las áreas estratégicas a su cargo y en las actividades de carácter prioritario donde, de acuerdo con las leyes, participe por sí o con los sectores social y privado*."

Este último artículo también establece que se "*podrán otorgar subsidios a actividades prioritarias, cuando sean generales, de carácter temporal y no afecten sustancialmente las finanzas de la Nación*."

En cuanto al cuidado del medio ambiente, la Constitución indica, en su Artículo 4º, que "*toda persona tiene derecho a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar*."

8.2 Las principales leyes

De manera muy general, en el marco jurídico federal mexicano hay un número importante de leyes que, de una manera u otra, están relacionadas con los campos de la energía y el medio ambiente.

En lo particular, a continuación se describen las más importantes.

8.3 Leyes de carácter general

- *Ley Orgánica de la Administración Pública Federal*. Esta ley sienta las bases de organización de la Administración Pública Federal, centralizada y paraestatal, y define las facultades que corresponden a las diversas carteras del Ejecutivo Federal, entre las que resaltan las de la Secretaría de Energía (SENER) y de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Esta ley también señala que la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) es la encargada de fijar y revisar los precios y tarifas de los bienes y servicios de la Administración Pública Federal.

- *Ley Federal sobre Metrología y Normalización*. Establece el mandato de implantar normas técnicas obligatorias (Normas Oficiales Mexicanas o NOM) que marcan "*las características y/o especificaciones que deban reunir los productos y procesos cuando éstos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana, animal, vegetal, el medio ambiente general y laboral, o para la preservación de recursos naturales.*"

- *Ley del Impuesto Especial sobre Productos y Servicios*. Fija la obligación de pagar el Impuesto Especial sobre Productos y Servicios por la enajenación en territorio nacional o, en su caso, la importación definitiva, de un conjunto de bienes y la prestación de los servicios relacionados. Entre estos productos y servicios se encuentran las gasolinas. Para estos productos, la ley establece que "*la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, mediante reglas de carácter general, dará a conocer los elementos para determinar los precios de referencia, los ajustes por calidad, los costos netos de transporte, el margen comercial y el costo de manejo a los expendios autorizados."* La citada dependencia realizará mensualmente las operaciones aritméticas para calcular las tasas aplicables para cada combustible y en cada agencia de ventas de Petróleos Mexicanos.

- *Ley Federal de Competencia Económica*. El objeto de esta ley es proteger el proceso de competencia y libre concurrencia, mediante la prevención y eliminación de monopolios, prácticas monopólicas y demás restricciones al funcionamiento eficiente de los mercados de bienes y servicios. Indica, además, que corresponde en exclusiva al Ejecutivo Federal determinar mediante decreto cuáles bienes y servicios podrán sujetarse a precios máximos y que la Secretaría de Economía los determinará a través de concertar y coordinar con los productores o distribuidores de los mismos.

- *Ley Federal de las Entidades Paraestatales.* Regula la organización, funcionamiento y control de las entidades paraestatales de la Administración Pública Federal. A esta categoría pertenecen, de acuerdo con la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, los organismos descentralizados, las empresas de participación estatal, las instituciones nacionales de crédito, las organizaciones auxiliares nacionales de crédito, las instituciones nacionales de seguros y de fianzas y los fideicomisos. También señala que las entidades paraestatales gozarán de autonomía de gestión para el cabal cumplimiento de su objeto.

8.4 Leyes particulares del sector eléctrico

- *Ley del Servicio Público de la Energía Eléctrica*. Marca los alcances de lo que se considera el sector eléctrico y el papel del Estado dentro del mismo. Refiere que "*corresponde exclusivamente a la Nación, generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer energía eléctrica que tenga por objeto la prestación de servicio público*" y que "*en esta materia no se otorgarán concesiones a los particulares y la Nación aprovechará, a través de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), los bienes y recursos materiales que se requieran para dichos fines.*"

- *Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética*. Regula el aprovechamiento de fuentes de energía renovables y las tecnologías limpias para generar electricidad con fines distintos a la prestación del servicio público de energía eléctrica, así como elaborar la estrategia nacional y los instrumentos para el financiamiento de la transición energética.

8.5 Leyes particulares del sector ambiental

- *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. Está orientada a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente en el territorio nacional y las zonas sobre las que la Nación ejerce su soberanía y jurisdicción.

    - Sus disposiciones tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para, entre otros, el aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean compatibles la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas.

    - Esta ley también enuncia las facultades diferenciadas de los tres niveles de gobierno en el contexto político mexicano: la federación, los estados y los municipios. En este sentido, corresponde a la federación la evaluación del impacto ambiental y, en su caso, la expedición de las autorizaciones para, entre otras, obras hidráulicas de las industria del petróleo, petroquímica, química, siderúrgica, papelera, azucarera, del cemento y eléctrica.

    - Igualmente, le corresponden la regulación del aprovechamiento sustentable, la protección y la preservación de las aguas nacionales, la biodiversidad, la fauna y los demás recursos naturales de su competencia; y el establecimiento de las disposiciones que deberán observarse para el aprovechamiento sustentable de los energéticos.

- *Ley de Aguas Nacionales*. Regula la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr el desarrollo integral sustentable. De acuerdo con esta ley, compete al Ejecutivo Federal, entre otras atribuciones, la de reglamentar por cuenca hidrológica y

acuífero, el control de la extracción, así como la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales del subsuelo y las superficiales.

- *Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable*. Su propósito es regular y fomentar la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos, con el fin de propiciar el desarrollo forestal sustentable. Entre sus objetivos está el de regular el aprovechamiento y uso de los recursos forestales maderables y no maderables, así como el transporte, almacenamiento y transformación de las materias primas forestales.

- *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. Tiene por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente adecuado y propiciar el desarrollo sustentable por medio de la prevención de la generación, valorización y gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, además de prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación. En esta ley se establecen las bases para, entre otras actividades, fomentar la valorización de residuos, así como el desarrollo de mercados de subproductos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológicos y económicos, y esquemas de financiamiento adecuados.

Adicionalmente, en México existen normas ambientales emitidas por SEMARNAT, que son aplicables al sector eléctrico, mismas que se detallan en el Anexo K.

9 Regulación vigente para generación de energía eléctrica

9.1 Las modalidades de generación de electricidad

De acuerdo con las modificaciones oficiales, realizadas en 1992 a la *Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica* (LSPEE)y su *Reglamento* (RLSPEE), el sector privado puede participar en la industria eléctrica mexicana en las actividades de:

- **Autoabastecimiento**. Generación de energía eléctrica destinada a la satisfacción de necesidades propias de personas físicas o morales.

- **Cogeneración**. Energía eléctrica producida conjuntamente con vapor u otro tipo de energía térmica secundaria, o ambos; cuando la energía térmica no aprovechada en los procesos se utilice para la producción directa o indirecta de energía eléctrica o cuando se usen combustibles producidos en sus procesos para la generación directa o indirecta de energía eléctrica.

- **Producción independiente**. Generar energía eléctrica destinada a su venta a la Comisión Federal de Electricidad.

- **Pequeña producción**. Puede destinarse en su totalidad para su venta a la Comisión Federal de Electricidad. En este caso, la capacidad total del proyecto no podrá exceder de 30 MW. También puede ser una modalidad de autoabastecimiento, en donde los solicitantes destinen el total de la producción de energía eléctrica a pequeñas comunidades rurales o áreas aisladas que carezcan de la misma y que la utilicen para su autoconsumo, siempre que los interesados constituyan cooperativas de consumo, copropiedades, asociaciones o sociedades civiles, o celebren convenios de cooperación solidaria para dicho propósito y que los proyectos, en tales casos, no excedan de 1 MW.

- **Importación o exportación**. La importación o exportación de energía eléctrica, de acuerdo con las disposiciones de la Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica.

- **Emergencias**. La generación de energía eléctrica destinada a uso en emergencias derivadas de interrupciones en el servicio público de energía eléctrica.

En cualquiera de las actividades anteriores, no se hace distinción entre la energía empleada como combustible; por lo mismo, los proyectos que utilicen energía renovable pueden optar por lo que más les convenga, según las particularidades del proyecto, mediante la gestión del permiso correspondiente.

9.2 La Comisión Reguladora de Energía (CRE) y la regulación eléctrica

El papel fundamental de la Comisión Reguladora de Energía es el de regular la participación privada en el campo de la energía; sus funciones básicas están marcadas en la Ley de la Comisión Reguladora de Energía, la cual define que ésta tendrá por objeto promover el desarrollo eficiente de un conjunto de actividades, entre las que resaltan (CRE 2009):

- El suministro y venta de energía eléctrica a los usuarios del servicio público
- La generación, exportación e importación de energía eléctrica, que realicen los particulares
- La adquisición de energía eléctrica que se destine al servicio público
- Los servicios de conducción, transformación y entrega de energía eléctrica, entre las entidades que tengan a su cargo la prestación del servicio público de energía eléctrica y entre éstas y los titulares de permisos para la generación, exportación e importación de energía eléctrica.

En particular y en lo concerniente al sector eléctrico, la CRE tiene por objeto promover el desarrollo eficiente de las siguientes actividades (SENER 2008):

- Suministro y venta de energía eléctrica a los usuarios del servicio público
- Generación, exportación e importación de energía eléctrica que realicen los particulares
- Adquisición de energía eléctrica que se destine al servicio público
- Servicios de conducción, transformación y entrega de energía entre entidades que tienen a su cargo el servicio público, y entre éstas y los particulares.

Para la consecución de lo anterior, la CRE cuenta con las siguientes atribuciones en materia de energía eléctrica establecidas en el Artículo 3º de su propia Ley:

- Aprobar los instrumentos de regulación entre permisionarios de generación e importación de energía eléctrica y los suministradores del servicio público
- Participar en la determinación de las tarifas para el suministro y venta de energía eléctrica
- Aprobar los criterios y bases para determinar el monto de las aportaciones de los gobiernos de las entidades federativas, ayuntamientos y beneficiarios del servicio público de energía eléctrica, para la realización de obras específicas, ampliaciones o modificaciones de las existentes, solicitadas por aquéllos para el suministro de energía eléctrica

- Verificar que en la prestación del servicio público de energía eléctrica, se adquiera aquella que resulte de menor costo y ofrezca, además, óptima estabilidad, calidad y seguridad para el Sistema Eléctrico Nacional

- Aprobar las metodologías para el cálculo de las contraprestaciones por los servicios de conducción, transformación y entrega de energía eléctrica

- Otorgar y revocar los permisos y autorizaciones que, conforme a las disposiciones legales aplicables, se requieren para la realización de las actividades reguladas

- Aprobar modelos de convenios y contratos de adhesión para la realización de las actividades reguladas.

Por su parte, la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética asigna las siguientes atribuciones a la CRE:

- Expedir las normas, directivas, metodologías y demás disposiciones de carácter administrativo, que regulen la generación de electricidad a partir de energías renovables, de conformidad con lo establecido en esta Ley, atendiendo a la política energética establecida por la Secretaría de Energía

- Establecer, previa opinión de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público y la Secretaría de Energía, los instrumentos de regulación para el cálculo de las contraprestaciones por los servicios que se presten entre sí los Suministradores y los Generadores

- Solicitar al Suministrador la revisión y, en su caso, la modificación de las reglas de despacho, para dar cumplimiento a las disposiciones de la Ley

- Solicitar al Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) la adecuación de las reglas de despacho para garantizar el cumplimiento de la Ley

- Expedir las metodologías para determinar la aportación de capacidad de generación de las tecnologías de energías renovables al Sistema Eléctrico Nacional. Para la elaboración de dichas metodologías, considerará la información proporcionada por los Suministradores, las investigaciones realizadas por institutos especializados, las mejores prácticas de la industria y demás evidencia nacional e internacional

- Expedir las reglas generales de interconexión al Sistema Eléctrico Nacional que le deberán proponer los Suministradores, escuchando la opinión de los Generadores, y

- Expedir los procedimientos de intercambio de energía y los sistemas correspondientes de compensaciones, para todos los proyectos y sistemas de autoabastecimiento, cogeneración o pequeña producción por energías renovables, que estén conectados con las redes del Sistema Eléctrico Nacional.

9.3 Instrumentos de regulación

Como un mecanismo facilitador para la participación de particulares en la generación de electricidad, el marco regulatorio cuenta con instrumentos mediante los cuales los permisionarios pueden solicitar la interconexión al Sistema Eléctrico Nacional (SEN).

La factibilidad de interconectarse con la red del servicio público, así como la certeza de contar con energía eléctrica de respaldo y la posibilidad de entregar excedentes provee a los permisionarios una mayor flexibilidad en sus operaciones de generación e importación de energía eléctrica. Los instrumentos de regulación consideran tanto fuentes de energía firme como renovable, además de contratos de interconexión para permisionarios de importación y compraventa de energía eléctrica, como se describe a continuación:

9.3.1 Para fuentes firmes

Para fuentes de energía que no varían a lo largo del tiempo, la CRE tiene vigentes los siguientes contratos y convenios (Salazar F. 2009):

- **Contrato de interconexión**. Establece los términos y condiciones para interconectar la central de generación de energía eléctrica con el SEN. Este contrato proporciona al permisionario los elementos necesarios para administrar la demanda de los centros de carga, además de permitirle calcular los pagos por los servicios conexos proporcionados por el suministrador.

- **Contratos de servicio de respaldo de energía eléctrica**. Tienen por objeto que el suministrador respalde la central de generación de energía eléctrica en caso de falla, mantenimiento o ambos. El cargo por este servicio está determinado en función de las tarifas publicadas por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

- **Convenio de compraventa de excedentes de energía eléctrica**. También conocida como energía económica, establece los procedimientos y condiciones que rigen la entrega de energía eléctrica del permisionario al suministrador de acuerdo con las reglas de despacho del SEN. Este convenio considera que el permisionario pueda realizar entregas de energía económica al suministrador, para lo cual cuenta con tres procedimientos: recepción por subasta, recepción automática notificada y recepción automática no notificada.

- **Convenio de servicio de transmisión de energía eléctrica**. Establece que el suministrador recibe la energía eléctrica de la central de generación en el punto de interconexión y la transporta hasta los centros de carga del permisionario de acuerdo con la capacidad de porteo contratada para cada uno de ellos.

9.3.2 Para fuentes de energía renovable

La CRE cuenta con regulaciones específicas para fuentes renovables de energía con la finalidad de fomentar el desarrollo de proyectos de generación de energía eléctrica. Estos instrumentos consideran las características de este tipo de fuentes de energía, como es la

disponibilidad intermitente del energético primario, y se incluyen conceptos únicamente aplicables a dichas fuentes, tales como (Salazar F. 2009):

- **Energía sobrante**. Cuando un permisionario entrega a sus centros de consumo una cantidad de energía mayor a la correspondiente de su potencia comprometida de porteo o cuando la demanda de los centros de consumo sea menor a la potencia entregada en el punto de interconexión.

- **Energía faltante**. Cuando una fuente de energía no satisface la potencia de compromiso de porteo con sus centros de consumo.

- **Energía complementaria.** Se considera a ésta, cuando un centro de consumo, además de la energía que recibe de su fuente de energía requiere de un contrato de suministro normal de energía. Con la energía complementaria y la energía faltante se determina la demanda facturable, como lo establece el Acuerdo de Tarifas.

- **Capacidad aportada al SEN**. Se reconoce la capacidad que la fuente de energía renovable aporta en las horas de máxima demanda del SEN.

Para el caso de fuentes de energía renovable, es posible realizar compensaciones de energía faltante con energía sobrante; es decir, si existe energía sobrante neta en un mes, ésta puede utilizarse para compensar faltantes de meses posteriores, haciendo un corte anual.

De esta forma y dada la intermitencia de estas fuentes, el contrato considera la flexibilidad de estos intercambios. Asimismo, los cargos por la transmisión de energía eléctrica para fuentes renovables se calculan en función de la energía porteada; para ello, dichos cargos se multiplican por el factor de planta de la fuente de energía. Los instrumentos para regular lo anterior son los siguientes (Salazar F. 2009):

- **Contrato de interconexión para fuentes de energía renovable del tipo intermitente**. Es el mecanismo donde se establecen términos y condiciones para la interconexión necesaria entre el SEN, la fuente de energía renovable y los centros de consumo del permisionario, de manera que dicho contrato sirva de marco para todas las operaciones entre el suministrador y el permisionario.

- **Contrato de interconexión para fuentes de energía solar a pequeña escala**. Este instrumento es aplicable a los generadores con fuente solar con capacidad hasta de 30 kW, que se interconectan a la red eléctrica en tensiones inferiores a 1 kV y que no requieren hacer uso del sistema para portear energía a sus cargas.

9.3.2.1 Contrato de interconexión para fuentes de energía renovable del tipo intermitente (CIEI)

Este contrato se aplica a lo que se considera como “Fuente de Energía Renovable” y que, para propósitos de este contrato, se define como la que “utiliza como energético primario la energía eólica o la solar o la energía potencial del agua cuando el volumen autorizado por la CNA o el volumen de almacenamiento de la planta hidroeléctrica, no sea mayor al que se pudiera utilizar en la operación de la planta durante las horas del pico regional correspondiente a la ubicación de la misma, a su gasto máximo de diseño” (Salazar F. 2009).

Las características básicas de la forma en la que se maneja el intercambio de energía con la red eléctrica son las siguientes:

- La energía generada se entrega a la red de transmisión cuando está disponible
- La energía generada en cualquier periodo horario y no consumida por los usuarios puede ser "acumulada" por CFE y "entregada" en otros periodos horarios análogos, en periodos distintos o en días o meses diferentes
- El intercambio de energía se lleva a cabo al precio de tarifa en el punto de interconexión al Sistema Eléctrico Nacional
- Al final del año, el permisionario puede vender a la CFE la energía sobrante acumulada al 85% del costo total de corto plazo (CTCP).

Igualmente, el contrato establece que:

- Los cargos por transmisión se calculan con base en la energía efectivamente transportada (no en la capacidad reservada de transmisión)
- Reconocimiento de capacidad de generación: La capacidad es calculada con base en el promedio de la capacidad de la central, medida durante las horas de máxima demanda en los días hábiles
- Los cargos por servicios conexos (variación de frecuencia y voltaje) son por energía generada y no por capacidad instalada
- La energía en emergencias se paga al 1.5 del cargo variable de la tarifa correspondiente
- Aplicable a permisionarios, es decir, a aquellos que tienen un permiso de la CRE para generar electricidad
    - Con capacidad mayor a 0.5 MW
- Se aplica únicamente a plantas cuyo energético primario tiene carácter de intermitente
    - Para energía eléctrica, eólica y solar
    - Para hidroelectricidad con almacenamiento o disponibilidad limitados a la extensión del periodo punta a gasto de diseño
- Permite la interconexión de los permisionarios con el Sistema Eléctrico Nacional y regula su relación con respecto a:
    - Servicios de transmisión
    - Intercambio de energía
    - Compraventa de energía.

9.3.2.2 Contrato de Interconexión para fuentes de energía solar a pequeña escala (CFE 2009)

Con este modelo se permite la interconexión con cualquier tipo de fuente renovable para suministros en baja tensión.

- Interconexión a las redes en tensiones menores de 1 kV
    - Para usuarios con suministro de uso residencial: hasta 10 kW
    - Para usuarios con suministro de uso general en baja tensión: hasta 30 kW
- Aplicable a cualquier persona física o moral que instale un equipo fotovoltaico menor a 30 kW
- No se requiere permiso de generación de energía eléctrica, toda vez que es un contrato anexo al de suministro normal y la capacidad es menor a 0.5 MW
- La energía se intercambia al mismo precio (1:1)
- Quien genera la electricidad (que es también usuario del servicio eléctrico) se obliga a mantener vigente un contrato de suministro de energía eléctrica en la tarifa aplicable, durante todo el tiempo que dure la interconexión de su fuente con la red del Suministrador
- La energía excedente generada se entrega al Suministrador. Éste la acumula y la devuelve en el mismo mes o en meses subsecuentes en un lapso máximo de 12 meses
- Se requerirá el dictamen de una Unidad de Verificación de Instalaciones Eléctricas (UVIE), en la que ésta otorgue su conformidad con la NOM-001-SEDE-2005
- Quien genera la electricidad establece una diferencia entre el costo del equipo necesario para realizar la medición neta, y el del equipo convencional que instalaría el Suministrador para la entrega de energía eléctrica que corresponda.

9.3.2.3 Contrato de Compraventa de energía eléctrica para pequeños productores (CCPP) (CFE 2009)

- Aplicable a permisionarios con capacidad < 30 MW
- Aplicable a pequeños productores ubicados en el Sistema Interconectado Nacional
- La totalidad de la energía generada es vendida al suministrador
- El suministrador está obligado a tomar la energía del permisionario
- El contrato tiene una vigencia de 20 años (renovable);
- La energía se paga al 98% del costo total de corto plazo (CTCP) de la región de que se trate.

10 Tarifas eléctricas vigentes en México

10.1 Fundamento

De acuerdo con la Ley del Servicio Público de la Energía Eléctrica, la venta de ésta se rige por las tarifas que apruebe la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP). Esta dependencia, con la participación de las secretarías de Energía (SENER) y de Economía (SE), y a propuesta de la CFE, las fijará, ajustará o reestructurará de manera que tiendan a cubrir las necesidades financieras y las de ampliación del servicio público, y el consumo racional de energía.

Ahora bien, el Reglamento de la Ley del Servicio Público de la Energía Eléctrica detalla que las tarifas para venta de energía eléctrica, su ajuste, modificación o reestructuración, se establecerán con las modalidades que dicten el interés público y los requerimientos del servicio público. En la estructura de las tarifas se podrá permitir que se distribuyan los costos mencionados entre los distintos usuarios, según se considere conveniente, a través de cargos fijos, cargos por demanda y cargos por energía consumida, entre otros.

Los elementos generales del marco legal de la política de precios de México se encuentran en el Anexo L.

10.2 Las tarifas

Así, actualmente, se aplican en México 22 tarifas definidas para todo el territorio nacional; 8 de ellas para el sector residencial, 7 para usuarios industriales y comerciales en media y alta tensión, 4 para bombeo agrícola, 3 para servicios municipales (alumbrado público y bombeo de agua) y el resto para pequeños comercios e industrias y servicios temporales (CFE 2009).

En particular, la denominación de las tarifas para el suministro y venta de energía eléctrica es la siguiente (SENER 2008):

- Domésticas: 1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F y Doméstica de Alto Consumo (DAC)
- Servicios públicos: 5, 5-A y 6
- Agrícola: 9, 9M, 9-CU y 9-N
- Temporal: 7
- Generales en baja tensión: 2 y 3
- Generales en media tensión: O-M, H-M y H-MC
- Generales en alta tensión: HS, HS-L, HT y HT-L
- Respaldo en media tensión: HM-R, HM-RF y HM-RM

- Respaldo en alta tensión: HS-R, HS-RF, HS-RM, HT-R, HT-RF y HT-RM

- Servicio interrumpible: I-15 e I-30

10.2.1 Las tarifas aplicables a servicios municipales

Las tarifas que se aplican a los servicios municipales son: la 5, 5A y la 6.

Tarifas 5 y 5A

Se aplican al suministro de energía eléctrica para semáforos, alumbrado vial y alumbrado ornamental -por temporadas- de calles, plazas, parques y jardines públicos. La tarifa 5 se aplica en las zonas conurbadas del Distrito Federal, Guadalajara y Monterrey, mientras la 5A es para el resto del país.

Estas tarifas tienen los siguientes componentes:

- **Mínimo mensual**. La cantidad que resulte de aplicar las cuotas correspondientes al consumo equivalente a 4 horas diarias del servicio de la demanda contratada.

- **Consumo de energía**. Normalmente se medirán los consumos de energía, aunque en los contratos respectivos se establecerán los procedimientos para determinar el consumo de energía, de acuerdo con las características en que se efectúe el suministro de servicio y de conformidad con las normas aplicables.

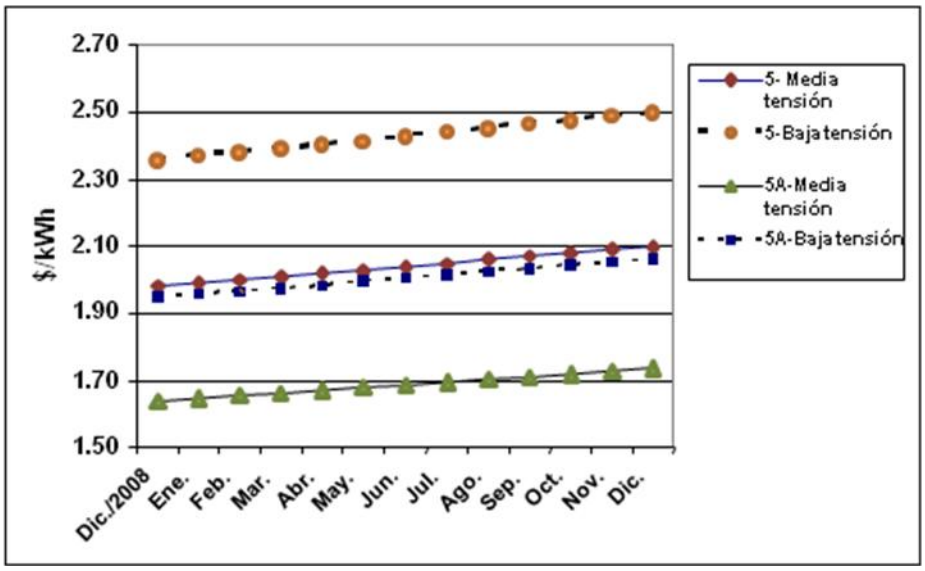
- **Demanda por contratar**. La demanda por contratar corresponderá al 100% de la carga conectada. Cualquier fracción de kilowatt se tomará como kilowatt completo.

- **Reposición de lámparas**. El prestador del servicio deberá reponer las lámparas, los aparatos y materiales accesorios que requiera la operación de las mismas. Cuando el suministrador esté de acuerdo en tomar a su cargo la reposición de las lámparas y dispositivos necesarios, se fijará en los contratos la forma para el cobro de los gastos que origine este servicio adicional al del suministro de energía.

- **Depósito de garantía**. Cuatro veces el mínimo mensual aplicable.

Para el año de 2009, los cargos de las Tarifas 5 y 5A por kWh se ubicaban entre poco más de 1.6 y hasta 2.5 pesos por kWh.

Evolución del cargo por energía en las Tarifas 5 y 5A (2009)



Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de (CFE 2009); cfr. Índice de Referencias.

Tarifa 6

Esta tarifa se aplica al suministro de energía eléctrica para servicio público de bombeo de aguas potables o negras.

Estas tarifas tienen los siguientes componentes:

- **Mínimo mensual**. Cuando el usuario no haga uso del servicio, cubrirá un cargo mínimo.

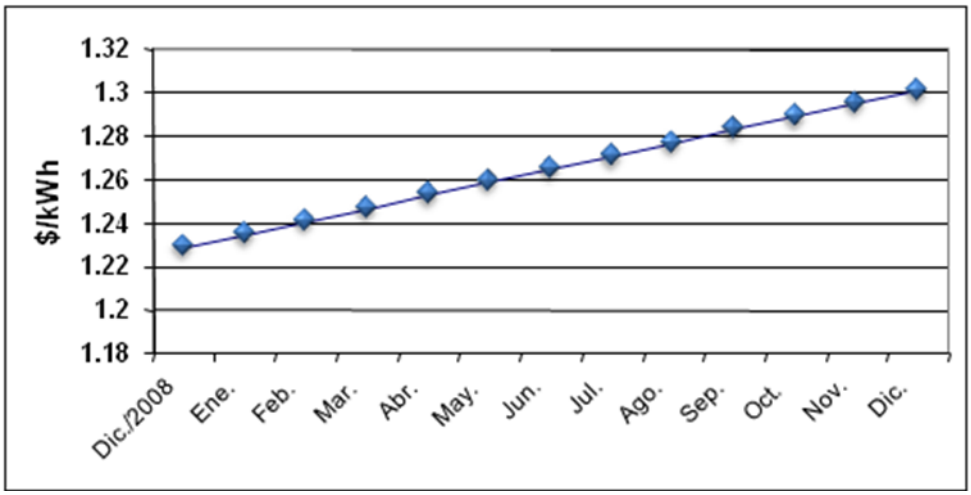
- **Demanda por contratar**. La fijará inicialmente el usuario; su valor no será menor de 60% de la carga total conectada ni menor de la capacidad del mayor motor o aparato instalado. Cualquier fracción de kilowatt se tomará como kilowatt completo.

- **Depósito de garantía**. Será de 4 veces el mínimo mensual aplicable.

- **Servicio en tarifa de uso general**. Los usuarios podrán solicitar su incorporación a la tarifa de uso general que corresponda, cuando las características de sus instalaciones y las del suministrador lo permitan.

Para el año de 2009, el cargo de las Tarifa 6 por kWh se ubicaba entre 1.23 y 1.30 pesos por kWh.

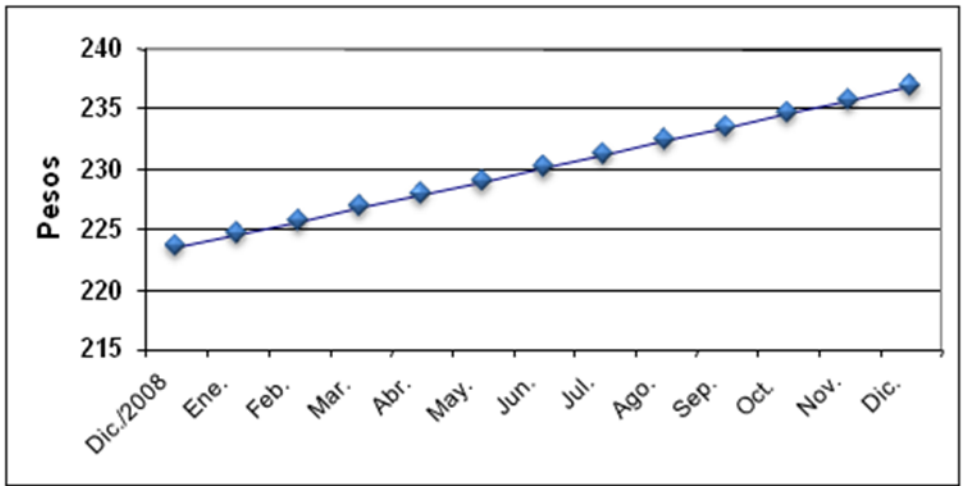
Evolución del cargo por energía en las Tarifas 5 y 5A (2009)



Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de (CFE 2009); cfr. Índice de Referencias.

A su vez, el cargo fijo de la Tarifa 6 se ubicaba en 233.45 pesos a finales de 2009.

Evolución del cargo por energía en las Tarifas 5 y 5A (2009)



Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de (CFE 2009); cfr. Índice de Referencias.

10.2.2 Las tarifas aplicables a industria y servicios

Las tarifas que se aplican a industria y servicios representan una amplia gama, que incluye a:

- Generales en media tensión: O-M, H-M y H-MC
- Generales en alta tensión: HS, HS-L, HT y HT-L
- Respaldo en media tensión: HM-R, HM-RF y HM-RM

- Respaldo en alta tensión: HS-R, HS-RF, HS-RM, HT-R, HT-RF y HT-RM

- Servicio interrumpible: I-15 e I-30

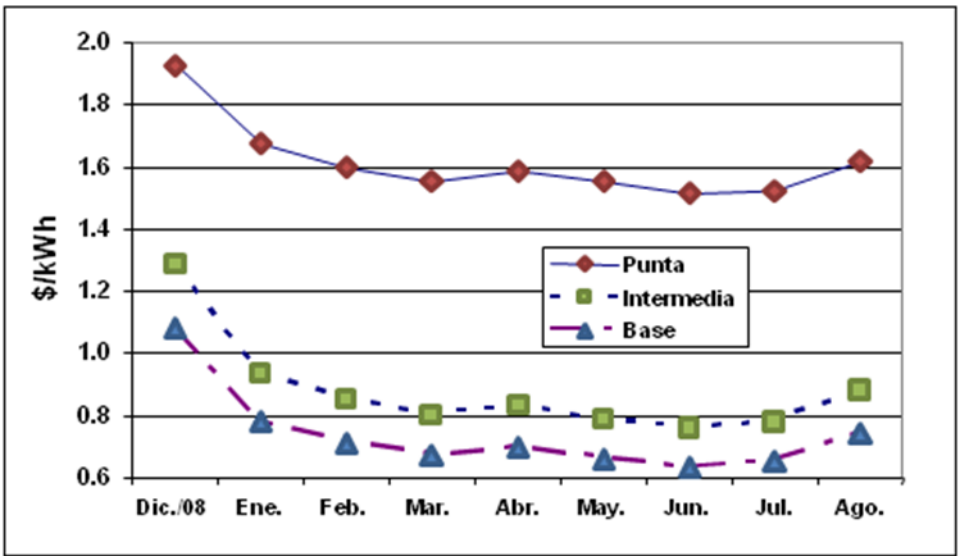
De manera general, para estos usuarios de energía eléctrica que reciben suministro en media y alta tensión, las tarifas tienen varios componentes, en particular cargos por la demanda y por energía, los cuales se determinan en función de la región, de la hora del día, del día de la semana y de la temporada del año.

- **Cargo por kilowatt de demanda facturable.** Se refiere a la demanda que reporta el medidor en términos de potencia demandada para cada uno de los períodos de punta, intermedio y base.

- **Cargo por kilowatt-hora**. Este es el cargo por la energía consumida y se establece por periodos de punta, intermedio y base. El período de punta ocurre, generalmente, por la tarde y noche, el intermedio es a lo largo del día y la base en la noche y madrugada. Estos periodos se definen en cada una de las regiones tarifarias para distintas temporadas del año y de acuerdo con los días de la semana (día hábil y fin de semana).

Como se puede observar en la gráfica que a continuación se presenta, el cargo por energía en horario punta es el más alto y resulta significativamente superior a los cargos en los otros dos períodos.

Evolución de cargos en tarifas horarias para media tensión en Zona Central de México (Dic.-2008 a Ago.-09)



Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de (CFE 2009); cfr. Índice de Referencias.

10.2.3 Las tarifas aplicables a los hogares

Las tarifas que se aplican a los hogares son la 1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F y la Doméstica de Alto Consumo (DAC).

Las tarifas 1 a 1F se aplican a todos los servicios que destinen la energía para uso exclusivamente doméstico, para cargas que no sean consideradas de alto consumo de acuerdo con lo establecido en la Tarifa DAC, conectadas individualmente a cada residencia, apartamento, apartamento en condominio o vivienda. Estos servicios sólo se suministrarán en baja tensión y no deberá aplicárseles ninguna otra tarifa de uso general.

Las tarifas 1 a 1F se definen en términos de la temperatura media mínima en verano, como se indica en la tabla siguiente. Estas temperaturas se establecen a partir de reportes elaborados por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Temperaturas consideradas para establecer las tarifas domésticas

Tarifa	Temperatura promedio en verano (en °C)	Límite para ubicarse en alto consumo (kWh/mes)
1	Menor a 25	250
1ª	25	300
1B	28	400
1C	30	850
1D	31	1000
1E	32	2000
1F	33	2500

Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de (CFE 2009); cfr. Índice de Referencias.

11 Trámites para realizar un proyecto de generación de energía renovable

11.1 Las modalidades de generación de electricidad

De acuerdo con las modificaciones oficiales, realizadas en 1992 a la ***Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica*** (LSPEE)y su ***Reglamento*** (RLSPEE), el sector privado puede participar en la industria eléctrica mexicana en las actividades de (CONAE 2006):

- **Autoabastecimiento**. Energía eléctrica destinada a la satisfacción de necesidades propias de personas físicas o morales.

- **Cogeneración.** Electricidad producida conjuntamente con vapor u otro tipo de energía térmica secundaria, o ambos; cuando la energía térmica no aprovechada en los procesos se utilice para la producción directa o indirecta de energía eléctrica o cuando se utilicen combustibles producidos en sus procesos para la generación directa o indirecta de energía eléctrica.

- **Producción Independiente**. Generación de energía eléctrica destinada a su venta a la Comisión Federal de Electricidad.

- **Pequeña Producción**. La energía eléctrica producida puede destinarse en su totalidad para su venta a la Comisión Federal de Electricidad. En este caso, la capacidad total del proyecto no podrá exceder de 30 MW. También pueden ser proyectos desarrollados bajo la modalidad de autoabastecimiento, en donde los solicitantes destinen el total de la producción de energía eléctrica a pequeñas comunidades rurales o áreas aisladas que carezcan de la misma y que la utilicen para su autoconsumo, siempre que los interesados constituyan cooperativas de consumo, copropiedades, asociaciones o sociedades civiles, o celebren convenios de cooperación solidaria para dicho propósito y que los proyectos, en tales casos, no excedan de 1 MW.

- **Importación o Exportación**. La importación o exportación de energía eléctrica, de acuerdo con las disposiciones de la Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica.

- **Emergencias.** La generación de energía eléctrica destinada a uso en emergencias derivadas de interrupciones en el servicio público de energía eléctrica.

11.2 Sociedad de autoabastecimiento

Esta modalidad se realiza, generalmente, mediante una sociedad, en la que participan tanto los operadores de los proyectos como los consumidores de electricidad; los operadores de proyectos tienen una participación mayoritaria. La electricidad generada puede ser facilitada exclusivamente al consumidor partícipe de la sociedad de autoabastecimiento. En México se requiere constituir una sociedad de autoabastecimiento para que una entidad privada genere electricidad a través de la red de la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

11.3 Las gestiones y/o trámites

El llevar a cabo un proyecto de aprovechamiento de energía renovable para generación de electricidad implica un importante número de trámites que pueden ser ubicados en cinco bloques de gestiones para:

- Constituirse como sociedad
- Generar electricidad
- Obtener el servicio de respaldo
- Trámites ambientales y para aprovechamiento del recurso natural
- La instalación local.

El listado de los trámites individuales se encuentra en el Anexo D.

11.4 Recomendación para el trabajo con las comunidades en la localidad donde se desarrollan los proyectos

Se recomienda que, antes de iniciar un proyecto, se establezca contacto con las autoridades locales (CONAE 2006). El aprovechamiento de las energías renovables requiere de emplazamientos que ocupan grandes cantidades de terreno y/o que afectan las corrientes de ríos que forman parte o que son colindantes con comunidades.

Por lo mismo, además de los trámites formales que se requieren ante las autoridades en los niveles local, estatal y federal (y que se describen con amplio detalle en la presente guía), es recomendable que quienes pretenden desarrollar este tipo de proyectos se pongan en contacto, previo al inicio del desarrollo de los mismos, con las autoridades locales, incluyendo a las de la comunidad, del municipio y del gobierno estatal.

El establecer contacto con las autoridades formales de la comunidad es un paso que aconsejan las mejores prácticas en proyectos de infraestructura, ya que esto es necesario para asegurar el apoyo de quienes habitan en el lugar donde se construirán y desarrollarán. Este contacto debe reflejarse en acuerdos formales que identifiquen los compromisos de las partes en los procesos de construcción y operación de las plantas de generación a partir de energías renovables. El contacto necesario con las autoridades municipales y las estatales, además de permitir la identificación de requisitos particulares en cada estado y/o municipio y de seguir los pasos que aconsejan las mejores prácticas en proyectos de infraestructura, servirá para que éstas apoyen el desarrollo de los mismos y, en su caso, los procesos requeridos para establecer acuerdos formales con las comunidades.

ANEXOS

Anexo A. Costo de extensión de la red eléctrica (en línea de distribución)

El costo unitario de extensión de la red en zonas rurales, por parte de la CFE, tiene un costo cercano a los 190 mil pesos por km (CFE 2009).

Costo de construcción de redes por kilómetro de línea de distribución en aérea rural y con postes de madera (precios a julio de 2009)

CONCEPTO	Costo (Pesos)
Materiales y equipo de instalación permanente	137,182.45
Mano de obra	46,358.19
Diseño del proyecto	1,614.44
Supervisión	1,553.60
Costo total /Km	**186,708.67**
Retiro	**34,750.76**

Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de (CFE 2009); cfr. Índice de Referencias.

Anexo B. Los usos productivos de la energía en comunidades rurales

En el sector rural existen muchas maneras en las que la energía permite transformar materiales, de modo que puedan ser aprovechados por las comunidades para sus propias necesidades o para obtener ingresos a partir de la venta de productos y servicios.

PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS

En primer lugar, están las actividades relacionadas con la producción de alimentos, donde aplicaciones como el bombeo de agua para irrigación y para animales, la incubación de huevo y la ordeña de vacas son aplicaciones que la energía eléctrica puede facilitar.

Producción de alimentos

TIPO DE ACTIVIDAD	PROCESO CON USO DE ENERGÍA	FORMA DE ENERGÍA ÚTIL
Agricultura	Bombeo de agua	Fuerza motriz
	Producción en invernaderos	Luz Fuerza motriz
Apicultura	Centrifugado apícola	Fuerza motriz
	Incubadora de huevos	Luz Calor
Pecuarios	Bombeo de agua	Fuerza motriz
	Cercas eléctricas	Electricidad
	Limpieza de equipos	Luz Fuerza motriz
	Ordeña de vacas	Luz Frío Fuerza motriz

Fuente: Elaboración propia.

PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS

A su vez, el procesamiento de alimentos (cocción, secado, congelado, pasteurizado) se puede lograr principalmente con calor obtenido de distintas formas y apoyado por el uso de la electricidad para la producción de frío.

Procesamiento de alimentos

TIPO DE ACTIVIDAD	PROCESO CON USO DE ENERGÍA	Forma de energía útil
Procesamiento de alimentos	Cocción de alimentos	Calor
	Deshidratación y secado de alimentos	Calor
	Conservación de carne, pescados y mariscos	Frío
	Elaboración de crema, mantequilla y queso	Calor Frío Fuerza motriz
	Escaldado de animales	Calor Fuerza motriz
	Escaldado de frutas y verduras	Calor Fuerza motriz
	Pasteurización de leche	Calor Frío
	Producción de conservas de vegetales y de frutas	Calor Frío
	Refrigeración de vacunas y medicamentos	Frío
	Elaboración de bebidas destiladas	Calor Fuerza motriz
	Molienda	Fuerza motriz

Fuente: Elaboración propia.

USOS DIVERSOS

Finalmente, existe una serie de usos diversos de la energía que pueden tener utilidad en aplicaciones productivas en una comunidad. Entre esas aplicaciones están la de los servicios (restaurantes y hotelería) y la de la manufactura en pequeño, entre otras.

Usos diversos

TIPO DE ACTIVIDAD	PROCESO CON USO DE ENERGÍA	Forma de energía útil
Servicios	Agua caliente	Calor
	Bombeo de agua	Fuerza motriz
	Conservación de alimentos	Frío
	Iluminación	Luz
	Refrigeración	Frío
Manufactura	Carpintería con pequeñas máquinas eléctricas	Luz Fuerza motriz
	Máquinas de coser	Luz Fuerza motriz
Generales	Bombeo de agua	Fuerza motriz
	Comunicaciones	Electricidad
	Iluminación en talleres de trabajo	Luz
	Producción de hielo y productos congelados	Frío
	Purificación de agua	Calor Electricidad
	Comunicación	Electricidad

Fuente: Elaboración propia.

Anexo C. Las necesidades energéticas de usos productivos que funcionan con electricidad

Para satisfacer, de una manera eficiente, las necesidades de una comunidad y suministrar un servicio que cubra, completa y adecuadamente, la demanda de energía, se requiere entender con claridad esas necesidades de energía.

Por lo tanto, el identificar las necesidades energéticas de los usos productivos es el primer paso para poder dimensionar los sistemas a ser utilizados y sus costos de instalación y de operación asociados.

En la actualidad, la energía eléctrica es usada, como ya se ha visto en este documento, para casi cualquier servicio energético.

Para ilustrar la cantidad de energía que se requiere o la dimensión de los sistemas de energía renovable que los aprovechan para generar energía eléctrica, en la tabla siguiente se muestra lo que es necesario para generar 1 kWh.

Energéticos o dimensiones necesarias para generar 1 kilowatt-hora (kW)[6]

Equipo	Consumo energético o dimensiones para generar 1 kWh (1)	Observaciones
Motor de combustión interna a gasolina	0.33 Litros de gasolina	Esto se puede obtener en diversos períodos de tiempo, dependiendo de la potencia del sistema.
Motor de combustión interna a diésel	0.23 Litros de diésel	
Motor de combustión interna con bioetanol	0.32 Litros de bioetanol	
Turbina de gas	0.39 Litros de gas LP	
Generador eólico	2.10 Metros de diámetro de aspas	Se logra en una hora para una velocidad promedio del viento de 6 metros por segundo.
Celda fotovoltaica	2.00 (2) Metros cuadrados de área de exposición	Esto se obtiene en un día.
Generador hidráulico	0.29 Metros cúbicos	Se puede obtener mediante una caída de agua de un metro en diversos períodos de tiempo, dependiendo de la potencia del sistema

(1) Éstos son valores promedio.
(2) Es el área que se requiere para tener esa cantidad de energía todos los días.
Fuente: Elaboración propia.

A continuación enumeramos una serie de necesidades y/o posibilidades de usos productivos y la energía que requieren.

[6] Estos valores reflejan condiciones promedio y se ponen en la tabla como referencia de carácter general.

CONSERVACIÓN DE VACUNAS Y MEDICAMENTOS

La conservación de vacunas y medicamentos es una función fundamental que puede ser lograda con un refrigerador pequeño, que consume poco más de 1 kWh al día.

Requerimientos energéticos para la conservación de vacunas y medicamentos

Equipo	Capacidad (litros)	Potencia (W)	Consumo por día (kWh/día)
Refrigerador pequeño	100	50	1.2

Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de (CONAE 2003); cfr. Índice de Referencias.

CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS

La conservación de productos se consigue mediante refrigeradores eléctricos de diversos tamaños. En la tabla se muestra lo que corresponde a refrigeradores de 200 y 500 litros.

Requerimientos energéticos para la conservación de alimentos

Equipo	Capacidad (litros)	Potencia (W)	Consumo por día (kWh/día)
Refrigerador	200	100	2.4
	500	300	7.2

Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de (CONAE 2003); cfr. Índice de Referencias.

PRODUCCIÓN DE LECHE

La producción de leche y queso se puede apoyar con un motor para ordeña con capacidad para 12 vacas en una hora y un refrigerador para la leche.

Dado que una vaca produce, aproximadamente, 20 litros de leche por día, 12 vacas producirán 240 litros de leche.

Requerimientos energéticos para la producción de leche

Equipo	Capacidad	Potencia (W)	Consumo por día (kWh/día)
Motor para ordeña	1 HP (para 12 vacas en una hora)	750	7.5
Refrigerador (leche)	200 (litros)	100	2.4

Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de (CONAE 2003); cfr. Índice de Referencias.

PRODUCCIÓN DE QUESO

La producción de queso se puede apoyar con un motor para ordeña con capacidad para 12 vacas en una hora, un refrigerador para la leche y otro para guardar el queso.

Dado que una vaca produce, aproximadamente, 20 litros de leche por día, 12 vacas producirán 240 litros de leche.

Igualmente, producir un kilo de queso requiere 10 litros de leche, por lo que un refrigerador de 200 litros permitirá guardar varios días de producción de queso.

Requerimientos energéticos para la producción de leche y queso

Equipo	Capacidad	Potencia (W)	Consumo por día (kWh/día)
Motor para ordeña	1 HP (para 12 vacas en una hora)	750	7.5
Refrigerador (para leche)	200 (litros)	100	2.4
Refrigerador (Queso)	200 (litros)	100	2.4

Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de (CONAE 2003); cfr. Índice de Referencias.

BOMBEO DE AGUA PARA RIEGO Y ABREVADEROS

Para obtener 5 mil litros por día de un pozo, a 10 metros de profundidad, para ser usados en riego de cultivos o en abrevaderos, se requiere un equipo con una potencia de 100 watt, con un consumo de 0.8 kWh (asumiendo 8 horas de funcionamiento por día).

Requerimientos energéticos para bombeo de agua para riego y abrevaderos

Equipo	Capacidad	Volumen de agua y profundidad de pozo	Potencia (W)	Consumo por día (kWh/día)
Motor eléctrico	50-100 cabezas de ganado	5,000 (litros/día a 10 m de profundidad)	100	0.8 kWh

Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de (ANES 2006); cfr. Índice de Referencias.

CERCAS ENERGIZADAS PARA GANADERÍA

Las cercas energizadas para ganadería requieren de consumos muy bajos de electricidad; no obstante, su uso implica alimentar energía las 24 horas del día.

Requerimientos energéticos para cercas eléctricas para ganadería

Equipo	Capacidad	Potencia (W)	Consumo por día (kWh/día)
Cerca eléctrica	5 km de cerca	1	0.024

Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de (ANES 2006); cfr. Índice de Referencias.

TALLERES ARTESANALES

Los talleres artesanales utilizan diversos dispositivos y requieren de iluminación.

Requerimientos energéticos para talleres artesanales

Equipo	Potencia (W)	Utilización por día (Horas/día)	Consumo por día (kWh/día)
Sierra eléctrica	1,500	2	3.0
Máquina de coser	150	10	1.5
Iluminación	100 (4 lámparas ahorradoras de 25 watt)	4	1.0

Fuente: Elaboración propia.

MOLIENDA DE GRANOS (CAFÉ, TRIGO, SÉSAMO (AJONJOLÍ), MAÍZ, SORGO, ETC.)

El tamaño del sistema de molienda de granos depende de las necesidades de la comunidad. Un sistema que muele alrededor de media tonelada de granos en cuatro horas requiere de 750 watt y consume 3 kWh al día, mientras que uno que muele hasta 4 toneladas consume cerca de 20 kWh para una máquina de 5 kW.

Requerimientos energéticos para molienda de granos

Equipo	Capacidad	Potencia (W)	Utilización por día (Horas/día)	Consumo por día (kWh/día)
Molino	50-120 (Kg/hr)	750	4	3.0
	400-1100 (Kg/hr)	5,000	4	20.0

Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de (Crecer con Energía 2008); cfr. Índice de Referencias.

PRODUCCIÓN AVÍCOLA

Para producir huevo se considera el uso de 6 lámparas de 25 watt por 12 horas diarias.

Requerimientos energéticos para la producción avícola

Equipo	Potencia (W)	Utilización por día (Horas/día)	Consumo por día (kWh/día)
Iluminación	150 (6 lámparas ahorradoras de 25 watt)	16	0.9

Fuente: Elaboración propia.

TURISMO

Un cuarto para dos personas con un refrigerador pequeño y TV consume hasta 2 kWh por día, con una demanda de potencia de hasta 0.3 kW.

Requerimientos energéticos para una habitación de hotel para dos personas

Equipo	Potencia (W)	Utilización por día (Horas/día)	Consumo por día (kWh/día)
Iluminación	45 (3 lámparas ahorradoras de 15 W)	5	0.3
TV	100	4	0.4
Refrigerador	40	24	1.0

Fuente: Elaboración propia.

TIENDA

Una tienda puede consumir, en refrigeración e iluminación, cerca de 5 kWh por día, con una demanda de potencia de hasta 0.5 kW.

Requerimientos energéticos para una tienda.

Equipo	Capacidad	Potencia (W)	Utilización por día (Horas/día)	Consumo por día (kWh/día)
Iluminación	4 focos (60 W)	240	4	0.96
Refrigerador	250 (litros)	200	24	4.8

Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de (CONAE 2003); cfr. Índice de Referencias.

PRODUCCIÓN DE HIELO

Una tienda puede consumir, en refrigeración e iluminación, cerca de 5 kWh por día con una demanda de potencia de hasta 0.5 kW.

Requerimientos energéticos para la producción de hielo

Equipo	Capacidad	Potencia (W)	Utilización por día (Horas/día)	Consumo por día (kWh/día)
Hielo en escamas (zona tropical).	100 kg por día	40	24	0.8
Hielo en escamas (zona templada).	100 kg por día	30	24	0.6
Hielo en tubos o en bloques (zona tropical).	100 kg por día	30	24	0.6
Hielo en tubos o en bloques (zona templada).	100 kg por día	20	24	0.4

Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de (FAO 2008) y (CONAE 2003); cfr. Índice de Referencias.

Anexo D. Lista de trámites necesarios para la instalación de una planta de autoabastecimiento de energía eléctrica

A continuación se enumeran los trámites necesarios para la instalación de una planta de autoabastecimiento de energía eléctrica, los cuales corresponden a plantas que utilizan cualquier tipo de energía primaria (sea combustible o energía renovable).

Gestiones para establecer la sociedad de autoabastecimiento

Trámite	Instancia
Expedición del acta constitutiva	**Notario**
Solicitud de inscripción en el Registro Nacional de Inversiones Extranjeras	***SE***
Aviso del uso de los permisos para la constitución de sociedades	***SER***
Solicitud de inscripción al Registro Federal de Contribuyentes	***SAT***
Permiso para la constitución de sociedades	***SER***
Expedición de permisos de exportación	***SE***
Registro de la compañía para el Impuesto Sobre Nómina (ISN)	***SHCP***
Registro al Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI)	***INEGI***
Inscripción al Sistema de Información Empresarial (SIEM)	
Inscripción al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)	
Inscripción de la escritura constitutiva en el Registro Público de la Propiedad y del Comercio del Estado	

Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de (CONAE 2006); cfr. Índice de Referencias.

Gestiones para generar electricidad

Las gestiones para generar electricidad son las que se llevan a cabo para poder instalar y operar la planta eléctrica e involucra trámites ante la CFE y la CRE.

Trámite	Instancia
Estudio de factibilidad de interconexión	***CFE***
Estudio de porteo	***CFE***
Solicitud de permiso de autoabastecimiento de energía eléctrica, producción independiente de energía eléctrica, Solicitud de permiso de pequeña producción de energía eléctrica o de exportación de energía eléctrica	***CRE***

Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de (CONAE 2006); cfr. Índice de Referencias.

Gestiones para obtener el servicio de respaldo

El servicio de respaldo es el que provee la empresa eléctrica cuando no funciona la planta de autoabastecimiento. Estas gestiones incluyen dos convenios y dos contratos con la CFE.

Trámite	Instancia
Contrato de interconexión	***CFE***
Convenio de compra-venta de excedentes de energía	
Convenio de transmisión	
Contrato de respaldo	

Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de (CONAE 2006); cfr. Índice de Referencias.

Gestiones ambientales y para aprovechamiento del recurso natural

A su vez, los proyectos deben tener autorizaciones de la SEMARNAT con relación al impacto ambiental, el uso de terrenos forestales y el aprovechamiento de vida silvestre. Para plantas que requieren agua, es necesario llevar a cabo gestiones ante la Comisión Nacional del Agua (CNA).

Trámite	**Instancia**
Recepción, evaluación y resolución de la manifestación de impacto ambiental, en su modalidad particular.	***SEMARNAT***
Recepción, evaluación y resolución de la manifestación de impacto ambiental, en su modalidad regional.	
Informe preventivo.	
Autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales.	
Informe de aprovechamiento de vida silvestre.	
Permiso para realizar obras de infraestructura hidráulica.	***CNA***
Concesión de aprovechamiento de aguas superficiales.	
Aviso para variar, total o parcialmente, el uso del agua.	

Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de (CONAE 2006); cfr. Índice de Referencias.

Gestiones para la instalación local

Finalmente, los proyectos deben tener autorizaciones locales con relación a un variado conjunto de actividades, pero en particular al proceso de la construcción.

Trámite	Instancia
Licencia de funcionamiento.	***Ayuntamiento***
Licencia de uso de suelo.	
Factibilidad del servicio de agua potable, alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales.	
Factibilidad del servicio de energía eléctrica.	
Visto bueno de la Unidad de Protección Civil.	
Factibilidad de giro.	
Licencia de construcción.	
Registro público de la propiedad y del comercio.	
Manifestación de terminación de obra.	
Autorización de ocupación.	
Autorización para ampliación o modificación de una edificación.	
Balizamiento (señalización de navegación aérea en aerogeneradores).	

Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de (CONAE 2006); cfr. Índice de Referencias.

Informes de operación

Para proyectos en operación, la CRE requiere de informes periódicos.

Informe estadístico de operación eléctrica.	***CRE***

Lista de trámites por dependencia (CONAE 2006)

- Comisión Federal de Electricidad (CFE):
    - Estudio de factibilidad de interconexión
    - Estudio de porteo
    - Contrato de interconexión
    - Convenio de compra-venta de excedentes de energía
    - Convenio de transmisión
    - Contrato de respaldo.
- Comisión Nacional del Agua (CNA):
    - Permiso para realizar obras de infraestructura hidráulica
    - Concesión de aprovechamiento de aguas superficiales
    - Aviso para variar total o parcialmente el uso del agua.
- Comisión Reguladora de Energía (CRE):
    - Solicitud de permiso de autoabastecimiento de energía eléctrica
    - Solicitud de permiso de cogeneración de energía eléctrica
    - Solicitud de permiso de producción independiente de energía eléctrica
    - Solicitud de permiso de pequeña producción de energía eléctrica
    - Solicitud de permiso de exportación de energía eléctrica
    - Informe estadístico de operación eléctrica.
- Notario público:
    - Expedición del acta constitutiva.
- Secretaría de Economía (SE):
    - Solicitud de inscripción en el Registro Nacional de Inversiones Extranjeras
    - Expedición de permisos de exportación.
- Servicio de Administración Tributaria (SAT):
    - Solicitud de inscripción al Registro Federal de Contribuyentes.

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT):
    - Manifestación de impacto ambiental particular
    - Manifestación de impacto ambiental regional
    - Informe preventivo
    - Autorización de cambio de uso de suelo en terrenos forestales
    - Informe de aprovechamiento de vida silvestre
    - Licencia ambiental única
    - Licencia de funcionamiento.
- Cédula de Operación Anual
- Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE):
    - Aviso del uso de los permisos para la constitución de sociedades
    - Permiso para la constitución de sociedades.
- Tramites estatales y municipales:
    - Licencia de funcionamiento
    - Licencia de uso de suelo
    - Factibilidad del servicio de agua potable, alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales
    - Factibilidad del servicio de energía eléctrica
    - Visto bueno de la Unidad de Protección Civil
    - Factibilidad de giro
    - Licencia de construcción
    - Registro Público de la Propiedad y del Comercio
    - Manifestación de terminación de obra
    - Autorización de ocupación
    - Autorización para ampliación o modificación de una edificación
    - Balizamiento (señalización de navegación aérea en aerogeneradores).

Anexo E. Ejemplo de título de permiso

A continuación se presenta el texto que contiene un título de permiso de la Comisión Reguladora de Energía **(CRE 2005)**.

Los títulos de permiso de generación de electricidad se registran con cuatro datos básicos:

- Tipo
- Número
- Otorgado a
- Número y fecha de resolución.

A su vez, se integran en documentos que se redactan como se muestra a continuación:

Este Permiso autoriza a SOCIEDAD DE AUTOBASTECIMIENTO, en lo sucesivo denominada como la Permisionaria, a generar energía eléctrica bajo la modalidad e autoabastecimiento, de conformidad con la Resolución Núm. RES/XXX/XX emitida por esta Comisión Reguladora de Energía el XX de XXXX de XXXX, de acuerdo con los derechos y las obligaciones que se derivan de las siguientes:

Condiciones

PRIMERA. Actividad autorizada.

SEGUNDA. Disposiciones jurídicas aplicables.

TERCERA. Aprovechamiento de la energía eléctrica generada. La energía eléctrica que genere la permisionaria deberá destinarse exclusivamente a la satisfacción de las necesidades de autoabastecimiento de sus socios, de acuerdo a la siguiente distribución:

No	Socio	Demanda Máxima, MW
1	XXXX	X.XX
2	XXXX	X.XX
3	XXXX	X.XX

CUARTA. Planes de expansión. Las personas que se listan a continuación se encuentran previstas en los planes de expansión presentados por la permisionaria, y podrán incluirse al aprovechamiento de la energía eléctrica que se genere, una vez satisfechos los supuestos del artículo 102 del Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica:

No	Persona
1	XXXX
2	XXXX
3	XXXX

QUINTA. Descripción de las instalaciones. El proyecto tiene por objeto la generación de energía eléctrica bajo la modalidad de autoabastecimiento, para satisfacer las necesidades de los socios de la permisionaria que se mencionan en la Condición Tercera anterior, utilizando una central eléctrica que estará integrada por XX aerogeneradores con capacidad de X.XX MW cada uno. La central tendrá una capacidad total de XXX.XX MW con una producción estimada anual de energía eléctrica de XXX.X GWh.

La central de generación será construida en dos etapas: la primera comprenderá la instalación de XX aerogeneradores para una capacidad de XX.XX MW, y en la segunda se instalarán XX aerogeneradores para un total de XX.XX MW. La central estará ubicada en…XXX.

SEXTA. Programa, inicio y terminación de obras. De acuerdo con el programa de obras presentado por la permisionaria, éste se desarrollará en tres etapas, cada una de ellas comprenderá las siguientes actividades: la preparación y el replanteo de la subestación; el movimiento de tierras; la obra civil; el montaje eléctrico y las pruebas de la subestación eléctrica; las cimentaciones y excavaciones; el suministro de equipos; el tendido de cables; el montaje mecánico y la conexión, para finalizar con la puesta en operación de la central.

El programa de obras se iniciará en su primera etapa el XX del MES X del AÑO X y finalizará el XX del MES X del AÑO X. La segunda etapa se iniciará el XX del MES X del AÑO X y finalizará el XX del MES X del AÑO X.

SÉPTIMA. Prohibición de venta o enajenación. Salvo en los supuestos previstos expresamente en la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y su Reglamento, la Permisionaria no podrá vender, revender o enajenar por cualquier costo jurídico capacidad o energía eléctrica.

OCTAVA. Excedentes de producción. En los términos de los artículos 36, fracción II, inciso b) y 36-Bis de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, la permisionaria pondrá a disposición de la Comisión Federal de Electricidad los excedentes de producción de energía eléctrica que, en su caso, llegue a generar.

NOVENA. Disponibilidad en caso fortuito o de fuerza mayor. En términos del artículo 37, inciso a) de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, la permisionaria estará obligada a proporcionar, en la medida de sus posibilidades y mediante la retribución correspondiente, la energía eléctrica requerida para el servicio público, cuando por caso fortuito o fuerza mayor dicho servicio se vea interrumpido o restringido y únicamente por el lapso que comprenda la interrupción o restricción.

DÉCIMA. Entrega de energía eléctrica en casos de emergencia. La Permisionaria podrá entregar energía eléctrica a la Comisión Federal de Electricidad cuando en casos de emergencia se ponga en riesgo el suministro de energía eléctrica en todo el territorio o en una región del país, siempre que se satisfagan los extremos del artículo 125, fracción V, del Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y se celebre el contrato respectivo.

UNDÉCIMA. Cumplimiento de las reglas de despacho y operación. La entrega de energía eléctrica a la red del servicio público por parte de la Permisionaria se sujetará a las reglas de

despacho y operación del Sistema Eléctrico Nacional establecidas por la Comisión Federal de Electricidad a través del Centro Nacional de Control de Energía, de conformidad con lo establecido por la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, su Reglamento y demás disposiciones jurídicas que resulten aplicables.

DUODÉCIMA. Cumplimiento de Normas Oficiales Mexicanas. La Permisionaria queda obligada a cumplir las Normas Oficiales Mexicanas que resulten aplicables a las obras e instalaciones necesarias para la realización de la actividad autorizada.

DECIMOTERCERA. Responsabilidad. La Permisionaria asumirá los riesgos derivados de cualquier circunstancia que pueda impedir o modificar las condiciones de funcionamiento de la central generadora.

DECIMOCUARTA. Cooperación con otras autoridades. La Permisionaria proporcionará todo tipo de ayuda que pueda resultar necesaria a cualquier autoridad ya sea municipal, estatal o federal que, en ejercicio de las atribuciones que le confieran las disposiciones legales aplicables, requiera para el cumplimiento de tales atribuciones con relación a la actividad autorizada. En consecuencia, de manera enunciativa y no limitativa, la Permisionaria deberá:

I. Facilitar el acceso a sus instalaciones en el caso en que se le notifique la realización de visitas de inspección, verificación o de cualquier naturaleza que tengan por objeto verificar el cumplimiento de las disposiciones jurídicas aplicables;

II. Proporcionar cualquier tipo de información que le sea requerida conforme a las disposiciones jurídicas que resulten aplicables;

III. Prestar, en la medida de sus posibilidades, el auxilio técnico que resulte necesario para que la autoridad lleve a cabo sus funciones velando en todo momento por la integridad y seguridad de los servidores públicos que realicen dichas funciones;

IV. Comparecer, en caso de ser citada, con el objeto de que la autoridad supervise y vigile el cumplimiento de las disposiciones jurídicas aplicables conforme a su ámbito de competencia, y

V. Coadyuvar con la autoridad y, en la medida de sus posibilidades, aplicar las medidas de seguridad tendientes a garantizar, entre otras, la seguridad de su personal o de sus instalaciones.

DECIMOQUINTA. Obligaciones generales. La Permisionaria tendrá, además de las que derivan de la legislación aplicable y de los términos y Condiciones del presente Permiso, las obligaciones que a continuación se mencionan:

I. Comunicar a la Comisión Reguladora de Energía la fecha en que las obras hayan sido concluidas, dentro de los quince días hábiles siguientes a la terminación de las mismas;

II. Operar y mantener sus instalaciones y equipos en forma tal que no constituyan peligro alguno para la Permisionaria o para terceros, y

III. Una vez que inicie la operación de las instalaciones de acuerdo con el programa respectivo, informar trimestralmente en los formatos autorizados para tal efecto, a esta Comisión Reguladora de Energía, dentro de un plazo máximo de 10 días hábiles siguientes al vencimiento de un trimestre natural, exclusivamente con fines estadísticos, el tipo y volumen de combustible utilizado, la cantidad de energía eléctrica generada, especificando la utilizada para las necesidades de autoabastecimiento de sus socios, mencionados en la Condición Tercera de este Permiso y, en su caso, la cantidad de energía eléctrica entregada a la Comisión Federal de Electricidad.

La Permisionaria deberá presentar la información a que se hace referencia en los incisos I y III anteriores, en los plazos señalados, y utilizando a tal efecto los formatos que se encuentren aprobados al momento de cumplir con las obligaciones mencionadas.

DECIMOSEXTA. Aceptación de las Condiciones. La aceptación de este Permiso por parte de la Permisionaria implica su conformidad con las condiciones del mismo y las obligaciones que deriven a su cargo.

DECIMOSÉPTIMA. Domicilio para oír y recibir documentos y notificaciones y para efectos del Permiso. El domicilio para oír y recibir notificaciones, así como para la práctica de cualquier diligencia relacionada con el presente Permiso será el ubicado en….

DECIMOCTAVA. Vigencia del Permiso. El Permiso tendrá una duración indefinida y su vigencia terminará por la actualización de cualquiera de las causas mencionadas en la Condición Vigésima Primera siguiente o por las que deriven de otras disposiciones jurídicas que resulten aplicables.

DECIMONOVENA. Modificación del Permiso. Las Condiciones de este permiso sólo podrán modificarse con la previa autorización de la Comisión Reguladora de Energía, sin embargo, para cambiar el destino de la energía eléctrica generada por la Permisionaria será necesario obtener un nuevo permiso.

VIGÉSIMA. Transferencia del Permiso. Los derechos derivados de este permiso sólo podrán transferirse en los casos y con las condiciones siguientes:

I. Para su transmisión total o parcial será necesario obtener en todos los casos la autorización previa de la Comisión Reguladora de Energía, la cual sólo será otorgada si:

   a) La Permisionaria y quien pretenda adquirir dichos derechos solicitan la autorización conjuntamente y por escrito, y

   b) Se acompañan a la solicitud los documentos que acrediten la personalidad del cesionario y demuestren que cumple con los requisitos señalados por la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y su Reglamento para llevar a cabo la actividad autorizada;

II. Para su transmisión accesoria en favor de quien adquiera las instalaciones a que se refiere la Condición Quinta de este Permiso, será necesario cumplir con lo establecido en la fracción I anterior, y

III. Para su transmisión por adjudicación judicial será necesario presentar:

a) La solicitud en la que se indique la causa que da lugar a la transmisión;

b) La documentación que acredite la personalidad de quien deba ejercer los derechos correspondientes y demuestre que cumple con los requisitos señalados por la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y su Reglamento para llevar a cabo la actividad autorizada, y

c) La documentación que acredite al cesionario solicitante como causahabiente de los derechos que se transmiten.

VIGÉSIMA PRIMERA. Terminación del Permiso. El Permiso terminará por la actualización de cualquiera de las siguientes causas:

I. Disolución de la Permisionaria;

II. Revocación, dictada por la Comisión Reguladora de Energía, en los siguientes supuestos:

a) Cuando la Permisionaria haya sido sancionada reiteradamente por vender, revender o enajenar capacidad o energía eléctrica;

b) Si la Permisionaria transmite los derechos derivados del presente Permiso o genera energía eléctrica en condiciones distintas a las establecidas en éste, sin contar con la previa autorización de la Comisión Reguladora de Energía, y

c) Cuando por cualquier hecho se incumpla de manera grave y reiterada y continua alguna de las disposiciones de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, su Reglamento, las Condiciones y términos comprendidos en el presente Permiso, las Normas Oficiales Mexicanas o las especificaciones técnicas y operativas aplicables, y, en términos del segundo párrafo de la fracción IV del artículo 99 del Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, se considerará que, para efectos de lo dispuesto en la presente Condición, el incumplimiento es reiterado cuando la Permisionaria incurra por segunda vez en una falta grave y que el incumplimiento es continuo cuando éste se prolongue por un lapso mayor de cuarenta y cinco días naturales después de haber sido notificada por la Comisión Reguladora de Energía que se encuentra en tales supuestos;

III. Por caducidad, cuando no se hayan iniciado las obras para la generación de energía eléctrica dentro de un plazo de seis meses contados a partir de la fecha de inicio señalada en la Condición Sexta anterior o si se suspende la construcción de las mismas por un plazo equivalente, salvo caso fortuito o de fuerza mayor, y

IV. Por renuncia de la Permisionaria. En dicho supuesto la Permisionaria deberá comunicar por escrito a la Comisión Reguladora de Energía, con una anticipación mínima de tres meses previos al momento en que dicha renuncia se haga efectiva, su intención de renunciar a los derechos derivados del Permiso.

Lugar y fecha Firmas y nombres de los Comisionados

Anexo F. Marco institucional federal en energía eléctrica y medio ambiente

El marco institucional federal en energía y medio ambiente comprende un importante número de organizaciones.

Sector de la energía

La Secretaría de Energía (SENER)

Las funciones y atribuciones de la Secretaría de Energía (SENER) se establecen en el Artículo 33 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, la cual establece que a esta secretaría corresponde, entre otras, la atención de los siguientes asuntos:

- Conducir la política energética del país.

- Ejercer los derechos de la Nación en materia de petróleo y todos los carburos de hidrógeno sólidos, líquidos y gaseosos; energía nuclear; así como respecto del aprovechamiento de los bienes y recursos naturales que se requieran para generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer energía eléctrica que tenga por objeto la prestación de servicio público.

- Conducir la actividad de las entidades paraestatales, cuyo objeto esté relacionado con la explotación y transformación de los hidrocarburos y la generación de energía eléctrica y nuclear, con apego a la legislación en materia ecológica.

- Promover la participación de los particulares, en los términos de las disposiciones aplicables, en la generación y aprovechamiento de energía, con apego a la legislación en materia ecológica.

- Llevar a cabo la planeación energética a mediano y largo plazos, así como fijar las directrices económicas y sociales para el sector energético paraestatal.

La Comisión Federal de Electricidad (CFE)

La Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica establece el papel de la CFE, al referir que estará a su cargo "*la prestación del servicio público de energía eléctrica que corresponde a la Nación*". Igualmente, esta ley indica que la CFE es un organismo público descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propio que tiene por objeto, entre otras actividades, las de:

- Prestar el servicio público de energía eléctrica.

- Exportar energía eléctrica y, en forma exclusiva, importarla para la prestación del servicio público.

- Formular y proponer al Ejecutivo Federal los programas de operación, inversión y financiamiento que a corto, mediano o largo plazos requiera la prestación del servicio público de energía eléctrica.

- Promover la investigación científica y tecnológica nacional en materia de electricidad.

- Promover el desarrollo y la fabricación nacional de equipos y materiales utilizables en el servicio público de energía eléctrica.

***La Comisión Reguladora de Energía* (CRE 2009)**

El papel fundamental de la Comisión Reguladora de Energía (CRE) es el de regular la participación privada en el campo de la energía; sus funciones básicas están descritas en la Ley de la Comisión Reguladora de Energía, la cual define que ésta tendrá por objeto promover el desarrollo eficiente de las siguientes actividades:

- El suministro y venta de energía eléctrica a los usuarios del servicio público.

- La generación, exportación e importación de energía eléctrica, que realicen los particulares.

- La adquisición de energía eléctrica que se destine al servicio público.

- Los servicios de conducción, transformación y entrega de energía eléctrica, entre las entidades que tengan a su cargo la prestación del servicio público de energía eléctrica y entre éstas y los titulares de permisos para la generación, exportación e importación de energía eléctrica.

- Las ventas de primera mano de gas natural y gas licuado de petróleo.

- El transporte y el almacenamiento de gas natural que no sean indispensables y necesarios para interconectar su explotación y elaboración;

- La distribución de gas natural.

- El transporte y la distribución de gas licuado de petróleo por medio de ductos.

***La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía* (CONUEE 2009)**

La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía es un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Energía, que cuenta con autonomía técnica y operativa. Tiene por objeto promover la eficiencia energética y constituirse como órgano de carácter técnico, en materia de aprovechamiento sustentable de la energía.

La CONUEE queda constituida a partir de la entrada en vigor de la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, publicada el 28 de noviembre de 2008, en donde se establece que todos los recursos humanos y materiales de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) se entenderán asignados a esta nueva Comisión.

Entre las facultades de la CONUEE, se encuentran:

- En materia de normatividad.

- Emitir opiniones vinculatorias para las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal en relación con las mejores prácticas en materia de aprovechamiento sustentable de la energía;

- Emitir recomendaciones a las entidades federativas, a los municipios y a los particulares en relación con las mejores prácticas en materia de aprovechamiento sustentable de la energía;

- En cuanto a políticas públicas para aprovechamiento sustentable de la energía:

  - Formular y emitir las metodologías para la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero por la explotación, producción, transformación, distribución y consumo de energía, así como las emisiones evitadas debido a la incorporación de acciones para el aprovechamiento sustentable de la energía;

  - Formular y emitir las metodologías y procedimientos para cuantificar el uso de energéticos y determinar el valor económico del consumo y el de los procesos evitados, derivados del aprovechamiento sustentable de la energía consumida;

- En promoción y difusión:

  - Brindar asesoría técnica en materia de aprovechamiento sustentable de la energía a las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, así como a los gobiernos de los estados y municipios que lo soliciten, y celebrar convenios para tal efecto;

- En información y evaluación:

  - Implementar el Subsistema Nacional de Información para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía;

  - Implementar y actualizar la información de los fondos y fideicomisos que tengan por objeto el aprovechamiento sustentable de la energía y que hayan sido constituidos por el Gobierno Federal, reciban recursos federales o en los cuales el Gobierno Federal constituya garantías

Sector del medio ambiente

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)

Las funciones y atribuciones de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) se describen en el Artículo 32-Bis de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, la cual establece que a esta secretaría corresponde, entre otras, la atención de los siguientes asuntos:

- Administrar y regular el uso y promover el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales que correspondan a la Federación, con excepción del petróleo y todos los carburos de hidrógeno líquidos, sólidos y gaseosos, así como minerales radioactivos.

- Vigilar y estimular, en coordinación con las autoridades federales, estatales y municipales, el cumplimiento de las leyes, normas oficiales mexicanas y programas relacionados con recursos naturales, medio ambiente, aguas, bosques, flora y fauna silvestre, terrestre y acuática, y pesca; y demás materias competencia de la Secretaría, así como, en su caso, imponer las sanciones procedentes.

- Evaluar y dictaminar las manifestaciones de impacto ambiental de proyectos de desarrollo que le presenten los sectores público, social y privado; resolver sobre los estudios de riesgo ambiental, así como sobre los programas para la prevención de accidentes con incidencia ecológica.

- Elaborar, promover y difundir las tecnologías y formas de uso requeridas para el aprovechamiento sustentable de los ecosistemas y sobre la calidad ambiental de los procesos productivos, de los servicios y del transporte.

- Conducir las políticas nacionales sobre cambio climático y sobre protección de la capa de ozono.

- Administrar, controlar y reglamentar el aprovechamiento de cuencas hidráulicas, vasos, manantiales y aguas de propiedad nacional, y de las zonas federales correspondientes.

- Participar con la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, en la determinación de los criterios generales para el establecimiento de los estímulos fiscales y financieros necesarios para el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y el cuidado del medio ambiente.

- Otorgar contratos, concesiones, licencias, permisos, autorizaciones, asignaciones, y reconocer derechos, según corresponda, en materia de aguas, forestal, ecológica, explotación de la flora y fauna silvestres, y sobre playas, zona federal marítimo-terrestre y terrenos ganados al mar.

La Comisión Nacional del Agua (CNA)

De acuerdo con la Ley de Aguas Nacionales, la Comisión Nacional del Agua (CNA) tiene por objeto ejercer las atribuciones que le corresponden a la autoridad en materia hídrica y constituirse como el Órgano Superior con carácter técnico, normativo y consultivo de la Federación, en materia de gestión integrada de los recursos hídricos, incluyendo la administración, regulación, control y protección del dominio público hídrico.

Las atribuciones de la CNA son, entre otras, las de:

- Fungir como la autoridad en materia de la cantidad y de la calidad de las aguas y su gestión en el territorio nacional.

- Apoyar, concesionar, contratar, convenir y normar las obras de infraestructura hídrica que se realicen con recursos totales o parciales de la Federación o con su aval o garantía.

- Expedir títulos de concesión, asignación o permiso de descarga a que se refiere la citada

Ley y sus reglamentos, reconocer derechos y llevar el Registro Público de Derechos de Agua.

La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable expresa que la Comisión Nacional Forestal tiene como objeto el desarrollar, favorecer e impulsar las actividades productivas, de protección, conservación y de restauración en materia forestal, así como participar en la formulación de los planes y programas, y en la aplicación de la política de desarrollo forestal sustentable y sus instrumentos. La CONAFOR tiene, entre otras, las siguientes atribuciones:

- Diseñar, instrumentar y operar en el ámbito de su competencia, estímulos, incentivos e instrumentos económicos en materia forestal.

- Integrar, monitorear y mantener actualizado el Inventario Nacional Forestal y de Suelos.

- Coadyuvar en la definición y promoción de mercados de bienes y servicios ambientales.

- Apoyar la ejecución de programas de bienes y servicios ambientales que generen los recursos forestales.

- Ejecutar y promover programas productivos, de restauración, protección, conservación y aprovechamiento sustentable de los ecosistemas forestales y de los suelos en terrenos forestales o preferentemente forestales.

- Fomentar y favorecer la cadena productiva forestal y de sus recursos asociados, impulsando actividades forestales diversificadas e integradas, así como la exportación de productos forestales procesados y semiprocesados.

- Ejecutar y promover los programas productivos, de restauración, de conservación y de aprovechamiento sustentable de suelos y sus ecosistemas.

En México sólo existe una organización pública con mandato explícito para desarrollar actividades de fomento y promoción relacionadas con el ahorro de energía, la cogeneración y las energías renovables, y ésta es la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de Energía (CONUEE). Existen, sin embargo, una Dirección General en la SENER, un programa interno de la CFE y tres fideicomisos, dos relacionados con la CFE y uno con la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), que también realizan actividades alrededor de estos temas.

Sector agricultura y desarrollo rural

El Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO).

El Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) es una agencia paraestatal, que opera bajo la supervisión de la SAGARPA y que cuenta con capacidad técnica y recursos financieros para apoyar proyectos de desarrollo rural, y cuenta con oficinas en todos los estados de la República Mexicana.

Anexo G. Desarrolladores de proyectos de energía renovable

La Asociación Mexicana de Energía Eólica, A.C (AMDEE 2009)

La AMDEE es la "Asociación Mexicana de Energía Eólica, A.C" que agrupa a los principales desarrolladores de proyectos eólicos a gran escala en México, los fabricantes internacionales de aerogeneradores, empresas vinculadas con el suministro de partes, fabricación, construcción, instalación, operación y mantenimiento de aerogeneradores o parques eólicos; en general, afilia a todos los participantes de la industria del viento (eólica).

Directorio de Asociados de la AMDEE

Empresa	Representante	Sitio de internet
ABB México	Adrián Espinosa	www.abb.com.mx
Abengoa México	Jorge Lobatón de la Guardia	www.abengoa.es
Alesco Energía y Agua	Adrián Escofet Cedeño	www.alesco.com.mx
ARTECHE	Ismael Quintero	www.arteche.com
Cableados Industriales	David Horta Méndez	www.cisae.com
Carbon Solutions De México	Luis Ramírez	www.co2-solutions.com
Garrad Hassan México	Craig Houston	www.garradhassan.com
Desarrollos Eólicos Mexicanos	Fernando Ballester	www.demexrenovables.com
Elecnor	Tomás Zapata Jiménez	www.elecnor.es
Eléctrica del Valle de México	Ricardo Whaley	www.edf-en.com
Enerthi México	José Luis Sánchez Pérez Tejada	www.enerthi.net
Eoliatec del Istmo	Eduardo Zenteno Garza Galindo	www.eolia.com
Endesa Cogeneración y Renovables	-	www.endesa.com.mx
Eoliatec de México	Óscar Galindo Ríos	
Fuerza Eólica	Pablo Gottfried	www.fuerzaeolica.com
GAMESA Energía	Miguel Carrasco García	www.gamesacorp.com/es
GE International México	Marco Antonio Vera Iturribarría	www.ge.com/mx

Empresa	Representante	Sitio de internet
Grupo Químico Industrial de Toluca	Carlos Corzo V.	www.megapoliester.com
Postensa Wind Structures	Rafael Correa	www.ponsensaws.com
Mexión	Ralph Wegner	http://www.notus.de/es/
Mitsubishi Heavy Industries de México	Héctor Tinoco	www.mhimex.com
Owens Corning México	Patricia Parra Espíndola	www.owenscorning.com
Preneal México	Sergio Garza	www.prenealmexico.com.mx
Prolec GE	Andrés Aquino	www.prolecge.com
Sempra Energy México	Alejandro Ríos Rippa	www.energiacostaazul.com.mx
Servicios Industriales Peñoles	Leopoldo Rodríguez	www.penoles.com.mx
Trinity Industries de México	Javier Palero	www.trinitymexico.com
Unión Fenosa Energías Renovables	Marcial Frigolet	www.unionfenosa.es
Vestas	Oscar Balestro	www.vestas.es
3TIER	Kristopher McCahon	www.3tiergroup.com

Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de (AMDEE 2009); cfr. Índice de Referencias.

Anexo H. Proyectos de autoabastecimiento con permiso de la CRE.

Un número importante de proyectos de generación de electricidad a partir de energía renovable ya está en operación o tiene permiso de la Comisión Reguladora de Energía. A continuación se enumeran los proyectos registrados en la CRE para tres fuentes distintas de energía: eólica, hidráulica y biogás (CRE 2009).

Energía eólica

Según la lista de permisos de la CRE, en septiembre de 2009 existían 18 proyectos de generación de electricidad con energía eólica. Estos proyectos representaban 2,322 MW de capacidad instalada en total, con capacidades de 5 MW y hasta 300 MW.

Del total de proyectos, 13 tenían permiso para autoabastecimiento, dos para producción independiente, una para pequeña producción y una para exportación.

El total de la inversión estimada era superior a 4,600 millones de pesos, lo que representaba una inversión promedio de 2 millones de pesos por MW instalado.

La gran mayoría (15 del total) de las plantas se ubica en la región de La Ventosa, en el estado de Oaxaca; dos se ubican en Baja California y una en Nuevo León.

Del total de 18 plantas, sólo dos se reportan en operación. La generación esperada anual es de poco más de 206 millones de kWh al año.

Permisos de generación de electricidad con energía eólica

PERMISIONARIO	MOD	CAP. AUTORIZADA (MW)	ACTIVIDAD ECONÓMICA	ESTADO ACTUAL	UBICACIÓN DE LA PLANTA
FUERZA EÓLICA DEL ISTMO	A	100.0	INDUSTRIAS DIVERSAS	C	OAX.
BAJA CALIFORNIA 2000	A	10.0	MUNICIPAL	C	B.C.
ELÉCTRICA DEL VALLE DE MEXICO	A	67.5	MUNICIPAL	C	OAX.
FUERZA EÓLICA DE BAJA CALIFORNIA	E	300.0	EXPORTACIÓN	C	B.C.
EOLIATEC DEL ISTMO	A	164.0	INDUSTRIAS DIVERSAS	C	OAX.
BII NEE STIPA ENERGÍA EÓLICA	A	26.4	ALIMENTOS	C	OAX.
IIE	PP	5.0	PEQUEÑO PRODUCTOR	C	OAX.
EÓLICA SANTA CATARINA	A	17.5	INDUSTRIAS DIVERSAS	C	N.L.
ENERGÍA ALTERNA ISTMEÑA	A	215.7	INDUSTRIAS DIVERSAS	C	OAX.

PERMISIONARIO	MOD	CAP. AUTORIZADA (MW)	ACTIVIDAD ECONÓMICA	ESTADO ACTUAL	UBICACIÓN DE LA PLANTA
DESARROLLOS EÓLICOS MEXICANOS DE OAXACA 1	A	228.0	INDUSTRIAS DIVERSAS	C	OAX.
ENERGÍAS AMBIENTALES DE OAXACA	PI	102.0	PI	C	OAX.
ENERGÍAS RENOVABLES VENTA III	PI	102.9	PI	C	OAX.
PARQUES ECOLÓGICOS DE MÉXICO	A	79.9	INDUSTRIAS DIVERSAS	O	OAX.
EURUS	A	300.0	CEMENTERA	O	OAX.
VIENTOS DEL ISTMO	A	216.0	INDUSTRIAS DIVERSAS	C	OAX.
EOLIATEC DEL PACÍFICO	A	160.0	INDUSTRIAS DIVERSAS	C	OAX.
FUERZA Y ENERGÍA BII HIOXO	A	226.8	INDUSTRIAS DIVERSAS	C	OAX.

MOD: Modalidad
A: Autoabastecimiento
PP: Pequeña producción
C: Construcción
I: Inactivo
O: Operación.
Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de (CRE 2009); cfr. Índice de Referencias.

Energía hidráulica

De acuerdo con la lista de permisos de la CRE en septiembre de 2009, existen 23 proyectos de generación de electricidad con energía hidráulica. Estos proyectos representan 232 MW de capacidad instalada en total, con capacidades que van de 0.4 MW hasta 36 MW.

Del total de proyectos, 21 tienen permiso para autoabastecimiento y dos para pequeña producción.

El total de la inversión es de cerca de más de 240 millones de pesos, lo que representa una inversión promedio de poco más de un millón de pesos por MW instalado.

Las plantas se ubican en ocho estados distintos, con un número importante de plantas en Veracruz y Jalisco.

Del total de 23 plantas, trece se reportan en operación, ocho en construcción y dos inactivas. La generación esperada anual es de poco más de 1,150 millones de kWh al año.

Permisos de generación de electricidad hidráulicos

PERMISIONARIO	MOD	CAP. AUTORIZADA (MW)	ACTIVIDAD ECONOMICA	ESTADO ACTUAL	UBICACION DE LA PLANTA
PAPELERA VERACRUZANA	A	1.3	PAPELERA	O	VER.
GENERADORA ELÉCTRICA SAN RAFAEL	A	28.1	MUNICIPAL	C	NAY.
MEXICANA DE HIDROELECTRICIDAD MEXHIDRO	A	36.0	SIDERÚRGICA	O	GRO.
ELECTRICIDAD DEL ISTMO.	A	20.0	TEXTIL	C	OAX.
HIDROELECTRICIDAD DEL PACÍFICO	A	9.2	MAQUILADOR	O	JAL.
HIDROELÉCTRICAS VIRITA	A	2.6	TEXTIL	O	VER.
PROVEEDORA DE ELECTRICIDAD DE OCCIDENTE	A	19.0	MUNICIPAL	O	JAL.
PROVEEDORA NACIONAL DE ELECTRICIDAD	A	5.0	MUNICIPAL	I	JAL.
ENERGÍA NACIONAL	A	2.5	INDUSTRIAS DIVERSAS	I	PUE.
HIDROELÉCTRICA CAJON DE PEÑA	A	1.2	SERVICIOS	O	JAL.
COMPAÑIA DE ENERGÍA MEXICANA.	A	30.0	INDUSTRIAS DIVERSAS	C	PUE.
PROCESAMIENTO ENERGÉTICO MEXICANO	A	11.3	INDUSTRIAS DIVERSAS	O	VER.
ENERGÍA ESCALONA	A	8.0	INDUSTRIAS DIVERSAS	C	VER.
HIDRORIZABA II	A	4.4	INDUSTRIAS DIVERSAS	O	VER.
HIDRORIZABA	A	1.6	INDUSTRIAS DIVERSAS	O	VER.
HIDROELÉCTRICA ARCO IRIS	A	1.2	INDUSTRIAS DIVERSAS	C	JAL.
HIDROELÉCTRICA DE TACOTAN	PP	6.0	PEQUEÑO PRODUCTOR	C	JAL.
HIDROELÉCTRICA TRIGOMIL	PP	8.0	PEQUEÑO PRODUCTOR	C	JAL.
ENERGÍA EP	A	0.4	INDUSTRIAS DIVERSAS	O	PUE.
INDUSTRIAS WACK,	A	3.0	INDUSTRIAS DIVERSAS	C	JAL.
DESARROLLOS MINEROS SAN LUIS	A	14.0	MINERO	O	DGO.
CERVECERÍA CUAUHTEMOC-MOCTEZUMA	A	15.0	ALIMENTOS	O	VER.
COMPAÑÍA INDUSTRIAL VERACRUZANA	A	4.0	TEXTIL	O	VER.

MOD: Modalidad
A: Autoabastecimiento
PP: Pequeña producción
C: Construcción
I: Inactivo
O: Operación.

Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de (CRE 2009); cfr. Índice de Referencias.

Biogás

Según la lista de permisos de la CRE, en septiembre de 2009, existen seis proyectos de generación de electricidad a partir de biogás. Éstos representan 31.7 MW de capacidad instalada en total, con capacidades que van de poco menos de 1 MW hasta 12.7 MW.

El total de la inversión es de cerca de 29 millones de pesos, lo que representa una inversión promedio de 900 mil pesos por MW instalado.

Tres de las plantas se ubican en el Estado de Nuevo León, dos en Chihuahua y una en el Estado de México.

Todas son plantas que operan con motores de combustión interna y que, de acuerdo con la CRE, están en operación. La generación esperada anual es de poco más de 206 millones de kWh al año.

Permisos de generación de electricidad con biogás

PERMISIONARIO	MOD	CAP. AUTORIZADA (MW)	ACTIVIDAD ECONÓMICA	UBICACIÓN DE LA PLANTA
SERVICIOS DE AGUA Y DRENAJE DE MONTERREY, INSTITUCION PÚBLICA DESCENTRALIZADA DEL GOBIERNO DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN, PLANTA NORTE	A	1.6	MUNICIPAL	N.L.
SERVICIOS DE AGUA Y DRENAJE DE MONTERREY, INSTITUCION PÚBLICA DESCENTRALIZADA DEL GOBIERNO DEL ESTADO DE NUEVO LEÓN, PLANTA DULCES NOMBRES	A	9.2	MUNICIPAL	N.L.
BIOENERGÍA DE NUEVO LEON, S.A. DE C.V.	C	12.7	MUNICIPAL	N.L.
CONSERVAS LA COSTEÑA, S.A. DE C.V. Y JUGOMEX, S.A. DE C.V.	C	1.0	ALIMENTOS	EDO. MEX.
ENERGÍA LÁCTEA, S. A. DE C. V.	A	0.8	AGR. Y GAN.	CHIH.
TRANSFORMADORA DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE JUÁREZ, S. A. DE C. V.	A	6.4	INDUSTRIAS DIVERSAS	CHIH.

MOD: Modalidad
A: Autoabastecimiento
C: Cogeneración

Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de (CRE 2009); cfr. Índice de Referencias.

Anexo I. Proyectos exitosos de generación de electricidad con energía renovable

Como ejemplo de proyectos exitosos en México se describen a continuación tres de ellos, con tres distintas fuentes de energía renovable y ubicados en tres diferentes localidades: Bioenergía de Nuevo León, Corporación Mexicana de Hidroelectricidad y Bii Nee Stipa Energía Eólica.

Bioenergía de Nuevo León (Gobierno del Estado de Nuevo León 2009). Bioenergía de Nuevo León, S. A. de C. V. es el primer proyecto en México y Latinoamérica de energía renovable en utilizar como combustible el biogás que se forma en un relleno sanitario, en este caso, el ubicado en el Municipio de Salinas Victoria, Nuevo León. La planta se inauguró el 19 de septiembre del 2003.

Este proyecto es el resultado de una alianza estratégica entre la empresa privada Bioeléctrica de Monterrey, S. A. de C. V. y el Gobierno del Estado de Nuevo León, a través del Sistema para el Manejo Ecológico y Procesamiento de Desechos (SIMEPRODE), organismo público descentralizado.

Bioeléctrica de Monterrey, S. A. de C. V., junto con Sistemas de Energía Internacional, S. A. de C. V. (SEISA) -ambas subsidiarias de Grupo GENTOR-, son empresas 100% mexicanas.

La capacidad neta actual de la planta es de 7 MW. La energía eléctrica que se genera en BENLESA es destinada a trece establecimientos asociados, para lo cual se cuenta con un permiso de cogeneración por parte de la Comisión Reguladora de Energía (Título de Permiso No.E/217/COG/2002).

Los Establecimientos Asociados se ubican en tres grupos y son los siguientes:

Cargas locales:

- Bioenergía de Nuevo León, S. A. de C. V.
- Sistema para el Manejo Ecológico y Procesamiento de Desechos (SIMEPRODE).
- Alumbrado público de siete municipios del Estado de Nuevo León:
    - Monterrey
    - San Pedro Garza García
    - San Nicolás de los Garza
    - General Escobedo
    - Santa Catarina
    - Guadalupe
    - Apodaca

Otros socios:

- Agua y Drenaje de Monterrey, I.P.D.
- Sistema de Transporte Colectivo Metrorrey, O.P.D.
- Gobierno del Estado de Nuevo León (oficinas generales)
- Sistema para el Desarrollo Integral de la Familia del Estado de Nuevo León (DIF).

La energía eléctrica generada durante la noche (7:00 p.m. a 7:00 a.m.) es aprovechada primordialmente para fines de alumbrado público, utilizando para ello la red del Sistema Eléctrico Nacional de la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

Durante el día, la electricidad es utilizada para satisfacer necesidades de energía del resto de los socios, destacando principalmente el Sistema de Transporte Colectivo Metrorrey, O.P.D.

Las instalaciones actuales constan, básicamente, de dos sistemas:

- Una red de captación de biogás sobre un área aproximada de 44 ha, en la que se depositaron residuos sólidos municipales no peligrosos ente los años 1991 a 1999. Este sistema consta de varias fases o sub-sistemas: captación, conducción, succión, limpieza y dosificación.

- Una central de generación de energía eléctrica integrada por 7 motores de combustión interna, marca Jenbacher, modelo JGC 320 GS-L.L, con capacidad cada uno de 1.06 MW.

La capacidad actual de generación de electricidad de BENLESA es de:

- Potencia bruta 7.42 MW
- Cargas auxiliares 0.42 MW
- Potencia neta 7.00 MW

Las cargas auxiliares corresponden a la energía eléctrica que se consume en la misma planta generadora.

A la fecha, con la operación de este sistema se han generado cerca de 202,500 MWh de electricidad, los cuales se han aprovechado para el alumbrado público de la ciudad de Monterrey y su área conurbada, así como en otras aplicaciones, especialmente para el Metro de dicha ciudad. Se estima que durante los años en que ha operado Bioenergía de Nuevo León se han evitado cerca de 44,300 ton de emisiones de metano a la atmósfera, lo que equivale a más de 800,000 toneladas de bióxido de carbono.

Corporación Mexicana de Hidroelectricidad (COMEXHIDRO 2009)

La planta de la Corporación Mexicana de Hidroelectricidad (COMEXHIDRO) es de autoabastecimiento, con una capacidad total de generación de energía eléctrica de 36 MW y está ubicada en la Presa “El Gallo”, sobre el río Cutzamala, Ejido la Cañada y el Pinzán, Municipio Cutzamala de Pinzón, Guerrero. La central está integrada por dos turbinas

hidráulicas, acopladas a dos generadores eléctricos con capacidad de 18 MW cada uno **(CRE 1999)**.

El programa de obras necesarias para llevar a cabo la actividad autorizada comenzó en abril de 1998, con la fabricación del equipo electromecánico y la construcción de caminos de acceso, obra de toma y pozo de oscilación; se continuó con la instalación de la tubería de presión, construcción de la casa de máquinas y del canal de desfogue; luego, vino el montaje y se realizaron pruebas del equipo electromecánico, para terminar con la puesta en marcha de la central hidroeléctrica en el mes de marzo del año 2000.

La sociedad de autoabastecimiento tiene quince socios.

Núm.	Socio	Demanda Máxima (MW) Hasta
1.	Empresa Aga, S. A. de C. V.	0.600
2.	Yacatex Internacional, S. A. de C. V.	1.000
3.	Municipio de Tepatitlán, Estado de Jalisco	1.000
4.	Comercial Mexicana de Pinturas, S. A. de C. V.	1.300
5.	Truper Herramientas, S. A. de C. V.	1.500
6.	Municipio de San Nicolás de los Garza, Estado de Nuevo León	2.000
7.	Plasti Envases, S. A. de C. V.	3.000
8.	Envases Universales de México, S. A. de C. V.	5.000
9.	Municipio de Tlaquepaque, Estado de Jalisco	5.000
10.	Municipio de Aguascalientes, Estado de Aguascalientes	6.000
11.	Municipio de Morelia, Estado de Michoacán	7.500
12.	Municipio de Zapopan, Estado de Jalisco	11.000
13.	General Motors de México, S. de R. L. de C. V.	15.000
14.	Municipio de Guadalajara, Estado de Jalisco	16.679
15.	Cryoinfra, S. A. de C. V.	
	a) Planta Villagrán	10.000
	b) Planta Guadalupe	10.000
	c) Planta Texmelucan	18.000
Total		**114.579***

**Este valor es meramente indicativo de la suma de las demandas máximas de los asociados con derecho a recibir energía eléctrica, no de la capacidad de generación autorizada a la Permisionaria."*

Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de (COMEXHIDRO); cfr. Índice de Referencias.

El proyecto fue desarrollado por la Corporación Mexicana de Hidroelectricidad, S.A. de C.V. (COMEXHIDRO).

COMEXHIDRO es un consorcio mexicano formado por seis empresas, cuyo objetivo es desarrollar y operar proyectos de generación hidroeléctrica. Los accionistas principales de COMEXHIDRO son profesionistas mexicanos con amplia experiencia en el diseño, construcción y operación de proyectos de infraestructura.

Para financiar el proyecto, COMEXHIDRO se apoyó como socio en Scudder Latin American Power Fund, fondo de inversiones del que forman parte, entre otras instituciones, el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo y la Corporación Andina de Fomento.

El proveedor de los equipos y las obras civiles son Alstom Power y Voith - Siemens, empresas con gran reconocimiento mundial en equipos para generar energía hidroeléctrica.

Bii Nee Stipa Energía Eólica (CRE 2006).

Bii Nee Stipa Energía Eólica es un proyecto de autoabastecimiento de energía eléctrica a partir de energía eólica, que tiene como socios a Gamesa Energía, S.A., Cableados Industriales, S.A. de C.V., Cervecería Cuauhtémoc Moctezuma, S.A. de C.V., y Cervezas Cuauhtémoc Moctezuma, S.A. de C.V.,

La central estará ubicada en los terrenos de la Población de La Ventosa, Municipio El Espinal, Estado de Oaxaca, y tendrá una capacidad total de hasta 26.350 MW, con una producción estimada anual de energía eléctrica de 100.1 GWh al año. La planta está integrada por 31 aerogeneradores con capacidad de hasta 0.850 MW cada uno.

Las obras relativas a la construcción de la central se iniciaron en abril de 2006 con el desmonte de las plataformas de cimentación y la preparación de las plataformas de maniobras, los caminos de acceso, la excavación para zapatas, la cimentación de los transformadores, para continuar con la colocación de secciones de postes, las góndolas y las palas, la colocación y conexión de transformadores, así como el tendido de líneas de transmisión de alto voltaje.

Anexo J. Leyes relacionadas con los campos de la energía y el medio ambiente

A continuación se enlistan las leyes que, de alguna u otra manera, están relacionadas con los campos de la energía y el medio ambiente (Congreso de la Union 2009):

- Ley de Aguas Nacionales
- Ley de Desarrollo Rural Sustentable
- Ley de Energía para el Campo
- Ley de Inversión Extranjera
- Ley de la Comisión Reguladora de Energía
- Ley del Impuesto Especial sobre Producción y Servicios
- Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica
- Ley Federal de Derechos
- Ley Federal del Procedimiento Administrativo
- Ley Federal sobre Metrología y Normalización
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable
- Ley General de Vida Silvestre
- Ley General del Equilibrio Ecológico
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
- Ley Orgánica de la Administración Pública Federal
- Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética

Anexo K. Normas ambientales aplicables al sector eléctrico.

Las Normas Oficiales Mexicanas en materia ecológica que se aplican al sector eléctrico están referidas al control de niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera (humos, partículas suspendidas, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno). Además, establecen la regulación por zonas y por capacidad del equipo de combustión en fuentes fijas que utilizan combustibles sólidos, líquidos o gaseosos.

Existen tres zonas críticas definidas por la NOM, las cuales incluyen: las zonas metropolitanas de las ciudades de México, Guadalajara y Monterrey, las ciudades fronterizas y los corredores industriales (véase Mapa 2). Las principales NOM que determinan la normatividad ecológica en la industria eléctrica son (SENER 2008):

- **NOM-085-SEMARNAT-1994**. Contaminación atmosférica-Fuentes fijas- Para fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles sólidos, líquidos o gaseosos o cualquiera de sus combinaciones, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de humos, partículas suspendidas totales, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno y los requisitos y condiciones para la operación de los equipos de calentamiento indirecto por combustión, así como los niveles máximos permisible de emisión de bióxido de azufre en los equipos de calentamiento directo por combustión.

- **NOM-001-SEMARNAT-1996**. Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y cuerpos residuales.

- **NOM-113-SEMARNAT-1998**. Establece las especificaciones de protección ambiental para la planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de subestaciones eléctricas de potencia o de distribución que se pretendan ubicar en áreas urbanas, suburbanas, rurales, agropecuarias, industriales, de equipamiento urbano o de servicios turísticos.

- **NOM-114-SEMARNAT-1998**. Establece las especificaciones de protección ambiental para la planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de líneas de transmisión y de subtransmisión eléctrica y distribución que se pretendan ubicar en áreas urbanas, suburbanas, rurales, agropecuarias, industriales, de equipamiento urbano o de servicios turísticos.

También es aplicable a instalaciones que generan electricidad a partir de biogás la norma siguiente:

- **NOM-083-SEMARNAT-2003**. Establece las especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sito de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

Anexo L. Marco legal de la política de precios

A continuación se enlistan y describen brevemente los componentes jurídicos más significativos en el marco legal relativo a la definición de precios de la energía en México (Altomonte H. and Rogat J. 2004).

Artículo 31°, Fracción X de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal

- La Secretaría de Hacienda y Crédito Público es la encargada de establecer y revisar los precios y tarifas de los bienes y servicios de la administración pública federal, o bien, las bases para fijarlos, escuchando a la Secretaría de Economía y con la participación de las dependencias que corresponda.

Artículo 15°, Fracción V de la Ley de Planeación

- A la Secretaría de Hacienda y Crédito Público le corresponde considerar los efectos de la política de precios y tarifas de los bienes y servicios de la administración pública federal en el logro de los objetivos y prioridades del Plan Nacional de Desarrollo y de los programas sectoriales, regionales, institucionales o especiales.

- La SHCP se auxilia en el Comité de Precios de Productos Petrolíferos, Gas Natural y Productos Petroquímicos, integrado por la SHCP, SE, SENER, PEMEX y sus organismos subsidiarios como vocales, y la SECODAM y CRE como asesores.

Artículo 26 del Reglamento de la Ley Federal de las Entidades Paraestatales

- Los precios y tarifas de los bienes y servicios producidos por las entidades se fijarán conforme a criterios de eficiencia económica y saneamiento financiero.

- Los precios y tarifas de los bienes y servicios susceptibles de comercializarse internacionalmente, se fijarán considerando los prevalecientes en el mercado internacional.

- Los precios y tarifas de los bienes y servicios que no sean susceptibles de comercializarse en el mercado internacional se fijarán considerando el costo de producción que se derive de una valuación de los insumos a su costo real de oportunidad.

- Se podrán establecer precios diferenciales en la venta de los bienes o servicios, sólo cuando dichos precios respondan a estrategias de comercialización y se otorguen de manera general.

Artículo 7 de la Ley Federal de Competencia Económica

La imposición de precios máximos a los productos y servicios que sean necesarios para la economía nacional o el consumo popular, se estará a lo siguiente:

- Corresponde en exclusiva al Ejecutivo Federal determinar cuáles bienes y servicios podrán sujetarse a precios máximos.

- La Secretaría de Economía determinará los precios máximos que correspondan a los bienes y servicios con base en criterios que eviten la insuficiencia en el abasto.

- La Secretaría de Economía podrá concertar y coordinar con los productores o distribuidores las acciones que sean necesarias en esta materia, procurando minimizar los efectos sobre la competencia y la libre concurrencia.

Artículo 3, Fracción VII de la Ley de la Comisión Reguladora de Energía

- La CRE tiene la atribución de aprobar los términos y condiciones a que deberán sujetarse las VPM de gas natural y de gas LP y de expedir las metodologías para la determinación de sus precios.

Artículo 8 del Reglamento de Gas Natural

- El precio máximo del gas objeto de las VPM será fijado conforme a lo establecido en las directivas expedidas por la CRE. La metodología para su cálculo deberá reflejar los costos de oportunidad y condiciones de competitividad respecto al mercado internacional y al lugar donde se realice la venta.

- Artículo 7 del Reglamento de Gas Licuado de Petróleo. La SENER regulará los precios y tarifas aplicables al almacenamiento, transporte y distribución de gas LP, excepto los realizados por ducto.

- La CRE expedirá las metodologías para la determinación del precio de VPM y para el cálculo de las contraprestaciones por los servicios de transporte y distribución por medio de ductos.

Impuesto Especial sobre Producción y Servicios (IEPS)

- El único causante es PEMEX y sus organismos subsidiarios

- Se ajusta automáticamente de acuerdo con la variación entre el precio productor y público

- Determinado mensualmente por la SHCP

- Se aplica a la enajenación de Pemex Magna, Pemex Premium, PEMEX, Diésel, Diésel Industrial Bajo Azufre, Diésel Marino Especial y Gas Natural de Carburación en territorio nacional o a combustibles de importación en las distintas agencias de ventas de PEMEX.

Impuesto al Valor Agregado (IVA)

- Conforme a la Ley respectiva, se paga el gravamen por la enajenación de bienes, prestación de servicios, importación y el uso o goce temporal de bienes y servicios.

- La tasa general es de 15% en el interior del país y de 10% en las zonas fronterizas.

Anexo M. El Protocolo de Kioto y el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

La creciente preocupación sobre el cambio climático ha llevado a que la comunidad internacional realice, poco a poco, iniciativas para enfrentarlo.

Esto ha ocurrido en varias etapas que se inician con la integración de la evidencia científica y han llegado al establecimiento de obligaciones de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para los países más desarrollados.

Estos esfuerzos iniciales culminan en 1992, cuando, en ocasión de la celebración de la Cumbre de la Tierra, en Río de Janeiro, Brasil, se adoptó la llamada Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, instrumento que establece compromisos por país frente al cambio climático. En esa ocasión, un total de 155 países firmaron el documento de la Convención, mostrando con ello su adherencia y simpatía por los compromisos en ella planteados. Para México, esta Convención entró en vigor el 21 de marzo de 1994.

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) (INE 2009)

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) establece una estructura general para los esfuerzos intergubernamentales encaminados a resolver el desafío del cambio climático. Reconoce que el sistema climático es un recurso compartido, cuya estabilidad puede verse afectada por actividades industriales y de otro tipo que emiten dióxido de carbono y otros gases que retienen el calor.

En el lenguaje de la Convención, los países desarrollados son conocidos como "Anexo I" y los países en desarrollo como "No Anexo I".

La Convención establece compromisos de reducción de emisiones únicamente para los países Anexo 1. Los niveles asignados de reducción de GEI varían de país a país, pero en general, establece que los países desarrollados disminuyan sus emisiones en 5% con respecto a los niveles de 1990. Esto deben lograrlo durante el primer período de compromiso, entre los años 2008 y 2012.

Los países en desarrollo como México no tienen compromisos de reducción de emisiones. Sus compromisos ante la Convención son el desarrollo de inventarios de GEI y la publicación de Comunicaciones Nacionales.

El Protocolo de Kioto

Después de la Cumbre de Río, el Comité Intergubernamental de Negociación que redactó el texto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático se reunió en seis ocasiones hasta febrero de 1995, fecha en que fue disuelto y la Conferencia de las Partes (CoP) se convirtió en la autoridad máxima de la Convención.

En su primera sesión, celebrada en Berlín del 28 de marzo al 7 de abril de 1995, la CoP determinó la necesidad de adoptar nuevos compromisos más allá del año 2000, debido a que casi ningún país Anexo I del Protocolo de Kioto parecía estar en vías de cumplir con el compromiso de reducción de emisiones contraído para tal año.

Como resultado de la CoP-1 se instauró el Mandato de Berlín, que buscaba el establecimiento de objetivos cuantitativos de reducción de emisiones de todos los gases de efecto invernadero en periodos específicos de tiempo, tales como 2005, 2010 y 2020.

De tal forma, se estableció un Grupo Ad hoc en el Mandato de Berlín con la encomienda de redactar un protocolo o algún otro instrumento legal para su adopción durante la CoP-3, a celebrarse en 1997 en la ciudad de Kioto, Japón.

Con esta misión, se redactó el Protocolo de Kioto. Éste fue adoptado durante la Conferencia de las Partes de la Convención celebrada en la ciudad de Kioto, Japón, en diciembre de 1997.

El Protocolo de Kioto establece compromisos cuantitativos de reducción de emisiones para los países desarrollados para el período 2008-2012, los cuales se enuncian en su artículo 3 y son:

- Las Partes incluidas en el Anexo I (países en desarrollo) se asegurarán, individual o conjuntamente, de que sus emisiones de GEI de origen humano no excedan de las cantidades permitidas a ellas en función de sus compromisos de reducción de emisiones. Lo anterior, con miras a reducir el total de las emisiones de esos gases a un nivel inferior en no menos de 5% al de 1990 en el período de compromiso comprendido entre el año 2008 y el 2012.

- Cada una de las Partes incluidas en el Anexo I deberá poder demostrar para el año 2005 un avance concreto en el cumplimiento de sus compromisos contraídos en virtud del presente Protocolo.

En el artículo 10 se listan los compromisos de todas las Partes de la Convención, incluyendo los de países en desarrollo como México. Entre estos compromisos figuran los siguientes:

- Formularán programas nacionales y, en su caso, regionales para mejorar la calidad de los factores de emisión, datos de actividad y/o modelos locales para la realización y la actualización periódica de los inventarios nacionales de las emisiones de origen humano por las fuentes y la absorción por los sumideros de los gases de efecto invernadero.

- Formularán, aplicarán, publicarán y actualizarán periódicamente programas nacionales y, en su caso, regionales que contengan medidas para mitigar el cambio climático y medidas para facilitar una adaptación adecuada al cambio climático. Tales programas guardarán relación, entre otras cosas, con los sectores de la energía, el transporte y la industria, así como la agricultura, la silvicultura y la gestión de los desechos.

- Cooperarán en la promoción de modalidades eficaces para el desarrollo, la aplicación y la difusión de tecnologías, conocimientos especializados, prácticas y procesos ecológicamente racionales en lo relativo al cambio climático, y adoptarán todas las

medidas viables para promover, facilitar y financiar, según corresponda, la transferencia de esos recursos o el acceso a ellos, en particular en beneficio de los países en desarrollo.

- Cooperarán en el plano internacional para la creación de capacidad nacional, en particular capacidad humana e institucional, en particular para los países en desarrollo. Facilitarán en el plano nacional el conocimiento público de la información sobre el cambio climático y el acceso del público a ésta.

El Protocolo de Kioto entró en vigor el 16 de enero de 2005.

Mecanismos flexibles

El Protocolo de Kioto incluye tres mecanismos denominados flexibles (artículos 6, 12 y 17) diseñados para incrementar la costo-efectividad de la mitigación del cambio climático, al crear opciones para que las Partes Anexo I puedan reducir sus emisiones, o aumentar sus sumideros de carbono de una manera más económica.

Los tres mecanismos son:

- **Implementación Conjunta**. El Artículo 6 señala que todas las Partes Anexo I podrán transferir a cualquier otra Parte incluida en el mismo Anexo, o adquirir de ella, las Unidades de Reducción de Emisiones (ERUs, por sus siglas en inglés) resultantes de proyectos encaminados a reducir las emisiones antropogénicas de GEIs por las fuentes o incrementar la absorción antropogénica por los sumideros. Las ERUs podrán ser utilizadas por las Partes que inviertan en dichos proyectos para cumplir sus metas de reducción.

- **Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)**. El Artículo 12 funciona de manera similar al de Instrumentación Conjunta, a diferencia que las Partes no Anexo I serán los huéspedes de proyectos de mitigación. La estructura institucional del MDL es más compleja, ya que incluye un Consejo Ejecutivo que guiará y supervisará los arreglos prácticos del MDL. El Consejo opera bajo la autoridad de la Conferencia de las Partes. Los procesos de monitoreo son más estrictos para garantizar que no se generen Certificados de Reducción de Emisiones (CERs, por sus siglas en inglés) ficticios, dado que algunos países en desarrollo carecen de la capacidad técnica necesaria para realizar un monitoreo preciso de sus emisiones. Las Unidades de Remoción (RMUs, por sus siglas en inglés) son las que se obtienen de las actividades de captura de carbono.

- **Comercio de Emisiones**. El Artículo 17 del Protocolo de Kioto establece que las partes del Anexo I podrán participar en actividades de comercio de "Certificados de emisión de gases de efecto invernadero". Las actividades del comercio de emisiones serán suplementarias a las medidas nacionales que se adopten para cumplir los compromisos cuantitativos de limitación y reducción de emisiones.

El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)

El Mecanismo para el Desarrollo Limpio tiene el propósito de ayudar a las partes no incluidas en el Anexo I a lograr un desarrollo sustentable y contribuir al objetivo último de la Convención, así como ayudar a las partes incluidas en el Anexo I a dar cumplimiento a sus

compromisos cuantificados de limitación y reducción de emisiones contraídos en virtud del artículo 3.

El Mecanismo de Desarrollo Limpio es un procedimiento en donde países desarrollados pueden financiar proyectos de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) dentro de países en desarrollo, y recibir a cambio Certificados de Reducción de Emisiones aplicables a cumplir con su compromiso de reducción propio.

El propósito del MDL es, de acuerdo con lo establecido por el Artículo 12 del Protocolo de Kioto, ayudar a las Partes no incluidas en el Anexo I (Partes No Anexo I) a lograr un desarrollo sustentable y contribuir al objetivo último de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, así como ayudar a las Partes incluidas en el Anexo I (Partes Anexo I) a dar cumplimiento a sus compromisos contraídos en virtud del artículo 3 del Protocolo sobre la limitación y reducción de las emisiones de GEI.

Mientras que el MDL reduce el costo de cumplimiento de compromisos ente el Protocolo para países desarrollados, las economías en desarrollo se benefician del incremento en los flujos de capital de inversión para proyectos de mitigación y los resultados que éstos ofrecen para las políticas de desarrollo sustentable.

El Mecanismo de Desarrollo Limpio es regulado y supervisado por la Junta Ejecutiva de MDL de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

El Comité Mexicano para Proyectos de Reducción de Emisiones y de Captura de Gases de Efecto Invernadero (COMEGEI)

El Comité Mexicano para Proyectos de Reducción de Emisiones y Captura de Gases de Efecto Invernadero (COMEGEI), creado el 23 de enero de 2004, es un grupo de trabajo dentro de la estructura de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático**.**

Esta Comisión, creada mediante un decreto presidencial el 24 de abril de 2005, funge como la Autoridad Nacional Designada de México ante la Convención. Entre sus atribuciones figura la responsabilidad de identificar oportunidades, facilitar y aprobar la realización de proyectos de reducción de emisiones y captura de gases de efecto invernadero en los Estados Unidos Mexicanos, para lo cual cuenta con el Comité Mexicano para Proyectos de Reducción de Emisiones y Captura de Gases de Efecto Invernadero.

La Comisión cuenta con un Secretariado Técnico a cargo de la Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Las funciones de la Comisión son, entre otras (SEMARNAT 2005):

- Fungir como Autoridad Nacional Designada para fines relativos a la CMNUCC y su Protocolo de Kioto.

- Emitir la carta de aprobación para proyectos de reducción y captura de emisiones de gases de efecto invernadero, dando constancia de que los mismos promueven el desarrollo sustentable del país.

- Promover y facilitar el desarrollo de proyectos.

- Desarrollar funciones de registro de proyectos, así como de reducciones y captura de gases de efecto invernadero.

- Promover la suscripción de memorandos de entendimiento y acuerdos de colaboración en asuntos relativos a proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y de captura de carbono

En función de su naturaleza y atribuciones, la Comisión es el principal vínculo en el país entre las entidades interesadas en desarrollar un proyecto, el gobierno federal, y la Convención. En su Decreto de Creación se reconoce que los proyectos MDL "podrían aportar el ingreso de fondos adicionales a sectores estratégicos y actividades prioritarias del país, así como constituir vías para la transferencia de tecnologías adecuadas".

Proyectos MDL en México

Hasta febrero de 2008, la cartera de proyectos del COMEGEI, con cartas de no objeción y cartas de aprobación, consiste en los siguientes proyectos mexicanos del MDL con Cartas de Aprobación (SEMARNAT 2008):

Tipo de Proyectos	Núm. Proyectos	Ubicación	Reducciones de CO2 equivalente (Ktons/año)
MANEJO DE RESIDUOS EN GRANJAS PORCÍCOLAS	88	Aguascalientes, Chihuahua, Chiapas, Coahuila, Durango, Edo. México, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nuevo León, Nayarit, Puebla, Querétaro, Sinaloa, San Luis Potosí, Sonora, Oaxaca, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán.	2,507
MANEJO DE RESIDUOS EN ESTABLOS DE GANADO VACUNO	55	Aguascalientes, Baja California, Chihuahua, Coahuila, Guanajuato, Durango, Jalisco, Nuevo León, Puebla, Querétaro, Sinaloa, Sonora, Tlaxcala	983
METANO DE RELLENOS SANITARIOS	14	Aguascalientes, Chihuahua, Durango, Estado de México, Morelos, Jalisco	1,968
MANEJO DE AGUAS RESIDUALES	3	Sonora, Oaxaca y Puebla	36
ENERGÍA EÓLICA	8	Baja California, Oaxaca	2,264
HIDROELÉCTRICOS	4	Guerrero, Jalisco, Michoacán, Oaxaca y Veracruz	191
INCINERACIÓN HFC-23	1	Nuevo León	2,155
MITIGACIÓN DE N2O EN LA INDUSTRIA QUÍMICA	1	Veracruz	103
COGENERACIÓN Y EFICIENCIA ENERGÉTICA	11	Estado de México, Hidalgo, Michoacán, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Quintana Roo, Veracruz	696
EMISIONES FUGITIVAS	2	Coahuila, Veracruz	665
TRANSPORTE	1	Distrito Federal	24
TOTAL	**189**		**11,592**

Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de (SEMARNAT 2008); cfr. Índice de Referencias.

Proyectos de energía eólica (SEMARNAT 2008)

No	Nombre del proyecto	Fecha de expedición de la Carta de Aprobación	Etapa del Ciclo del Proyecto	Reducción estimada de emisiones (Ktons de CO_2 equivalente /año)	Ubicación
1	Bii Nee Stipa-La Ventosa, Gamesa Energía	20 de abril de 2005	Registrado	310	Oaxaca
2	Bii Nee Stipa lll: Parque eólico 164 MW-La Ventosa, Gamesa Energía	8 de marzo de 2006	Registrado	291	Oaxaca
3	Proyecto Eólico Eurus, CEMEX	4 de agosto de 2006	Registrado	600	Oaxaca
4	La Venta II, CFE	10 de octubre de 2006	Registrado	193	Oaxaca
5	La Ventosa Parques Ecológicos de México (PEM)	3 de noviembre de 2006	Registrado	224	Oaxaca
6	Parque eólico Baja California 2000, Baja California 2000, S.A. de C.V.	27 de agosto de 2007	Validación (PDD-V1 25/06/2007)	17	Baja California
7	Parque eólico de Bii Stinu, Eoliatec del Istmo, S.A.P. de C.V.	27 de agosto de 2007	Validación (PDD-V1 30/06/2007)	299	Oaxaca
8	Parque eólico de Santo Domingo, Eoliatec del Pacífico, S.A.P.I. de C.V.	27 de agosto de 2007	Validación (PDD-V1 30/06/2007)	330	Oaxaca
	Total de proyectos eólicos	**-**	**8**	**2,264**	-

Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de (SEMARNAT 2008); cfr. Índice de Referencias.

Anexo N. Conceptos básicos relacionados con la energía

Hay tres elementos centrales en el dimensionamiento de los sistemas energéticos:

- la **cantidad de energía** que se puede obtener de una fuente dada,
- la **potencia** con la que se requiere entregar esa energía, y
- la **eficiencia** con la que puede ser transformada para una aplicación útil.

ENERGÍA

En física, "energía" se define como la capacidad para realizar un trabajo.

El trabajo, a su vez, es el producto de una fuerza que empuja "algo" por la distancia que recorre ese "algo".

Dicho de manera llana, para poder mover un objeto tenemos que usar una fuerza. Esa fuerza tiene que ser mayor a la fuerza que opone el objeto que queremos mover. Al mover el objeto a una distancia, usamos una determinada cantidad de energía.

Un ejemplo útil de esto es el de la energía que se requiere para subir agua. De manera simple, la energía es el trabajo que realiza la fuerza que permite mover el agua.

Es importante referir, por cuestiones relacionadas a la física (y por lo tanto al diseño de los dispositivos), que la fuerza debe ser proporcional al peso del volumen de agua (siendo la distancia la altura a la que se mueve el agua).

El trabajo, sin embargo, no es sólo mecánico, sino que puede tener otra forma como, por ejemplo, el calor.

En este sentido, se hace "trabajo" (y se usa energía) al elevar la temperatura de un volumen dado de un líquido.

Precisamente, una de las más grandes dificultades, en general, para poder dimensionar y tener una idea de lo que representa una cantidad dada de energía, es provocada por el hecho de que la energía tiene y se manifiesta en una gran variedad de formas que no pueden compararse de manera simple.

En particular, la energía que se compra en el mercado y que uno puede palpar y dimensionar fácilmente, se mide en litros (gasolina y diésel), kilos (leña y gas LP), metros cúbicos (gas natural), área de colección (energía solar) o kilowatt-hora (electricidad).

Por lo mismo, resulta fundamental tener algunas referencias que nos sirvan para poder comparar los contenidos y los potenciales energéticos de diversas formas de energía.

Precisamente, la forma de tener una referencia que nos permita hacer comparaciones son las unidades de energía; las más comunes de éstas, con las que se mide la energía, son las siguientes:

- **Joule**. El joule se define como el trabajo realizado por la fuerza de un newton para un desplazamiento de 1 metro. Un newton pesa, aproximadamente, lo que una manzana pequeña.

- **BTU**. El BTU es una unidad de energía inglesa. Es la abreviatura de *British Thermal Unit.* Un BTU representa, en términos térmicos, la cantidad de energía que se requiere para elevar la temperatura de una libra de agua en un grado Fahrenheit (bajo condiciones atmosféricas normales).

- **Watt-hora**. El watt-hora, abreviado Wh, es una medida de energía utilizada, principalmente, para energía eléctrica.

Estas unidades no son iguales en su contenido energético, ya que han sido definidas para diferentes propósitos y contextos. Sin embargo, al ser de uso común, es importante tener elementos de comparación y de proporción.

El joule es la unidad que representa la menor cantidad de energía respecto a las otras unidades, y equivale a 0.293 BTU y a 0.0003 watt-hora (SENER 2008). Por otro lado, un watt-hora equivale a 3,600 joule y a 3.41 BTU (SENER 2008).

Conversiones entre joule, BTU y watt-hora

Medida	Joule	BTU	Watt-hora
1 joule	1	0.001	0.0003
1 BTU	1,055	1	0.293
1 watt-hora	3,600	3.41	1

Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de (SENER 2008); cfr. Índice de Referencias.

Es útil tener referencias palpables de lo que las unidades referidas arriba significan.

Por lo mismo y como ejemplos, a continuación se anotan diez equivalencias palpables de lo que son un millar de watt-hora (que, a su vez, equivalen a 3.6 millones de joule ó 3,410 BTU).

¿Cuánta energía hay en mil watt-hora (1 kWh)?

-La requerida para:

- Mantener diez focos prendidos de 100 watt durante 1 hora
- Un foco prendido de 25 watt durante 40 horas
- Un foco prendido de 100 watt durante 10 horas
- Operar un refrigerador pequeño durante un día
- Una licuadora durante casi 3 horas
- Una cafetera durante poco más de 2 horas
- Una televisión durante 20 horas
- Una lavadora durante, aproximadamente, 2 horas y media
- Una plancha durante una hora
- Una computadora por poco más de 6 horas y media

Fuente: Elaboración propia.

ENERGÍA CONTENIDA EN COMBUSTIBLES

Como se ha referido, la energía que se compra en el mercado y que puede uno palpar y dimensionar fácilmente se mide en litros (gasolina y diésel), kilos (leña y gas LP), metros cúbicos (gas natural), o área de colección (energía solar) o kilowatt-hora (electricidad).

Dado que las unidades básicas de energía son relativamente pequeñas -respecto de los contenidos energéticos de las unidades de combustibles-, se manejan en miles y/o millones de estas unidades. En el caso de los joule, la energía contenida en los combustibles es mejor manejarla en millones de joule (MJ); en el caso de los watt-hora, lo más común es trabajarlos en miles de watt-hora (kWh).

Como se puede observar en la siguiente tabla, los combustibles tienen contenidos energéticos (el llamado poder calorífico) similares por unidad de volumen y/o de peso, es decir, sus contenidos energéticos por litro, kilo o metro cúbico (para el gas natural) se ubican entre 25 y 50 MJ (SENER 2008).

Contenido energético de diversos combustibles líquidos y gaseosos (joule, BTU y watt-hora térmicos)

Combustible	Unidad de presentación	Miles de joule (MJ)	Miles de BTU (kTU)	Kilowatt-hora térmicos (kWh_t)
Gas LP	Litros	26.27	26.27	7.9
	Kilos	48.64	48.65	14.59
Gas natural	Metros cúbicos	39.64	37.5	11.25
Gasolina	Litros	31.60	31.60	9.48
Diésel	Litros	35.55	35.55	10.66
Kerosene	Litros	33.81	33.81	10.14

Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de (SENER 2008); cfr. Índice de Referencias.

ENERGÍA CONTENIDA EN ENERGÍAS RENOVABLES

Sin considerar la eficiencia de conversión -que se explica más adelante- en la Tabla 8 se muestra la cantidad de energía disponible de diversas formas de energía renovable:

- **Solar**. La energía que se recibe en forma de energía solar se mide por unidad de área y llega (para la República Mexicana) con una intensidad promedio de 5 kWh por metro cuadrado por día (5 kWh/m^2 -día) (CONAE 2000).

- **Eólica.** La energía que contiene el viento se mide en función de la velocidad (metros por segundo) y el diámetro del área de barrido (metros). Para un diámetro de 5 metros y una velocidad de 6 metros por segundo, se reciben 2.9 kWh por hora.

- **Hidráulica.** La energía que se obtiene de los flujos de agua es función del flujo de agua (en metros cúbicos por segundo) y de la altura de la caída del agua (metros). Así, con un caudal de 1 m^3/seg y con una altura de 1 metro se obtienen 10 kWh por hora.

- **Bioenergía**. El contenido energético de la bioenergía depende de la forma en la que se presenta (peso o volumen) y éste es generalmente menor al de los combustibles convencionales (entre 14 y 30 MJ por kg o por metro cúbico)

Contenidos energéticos relacionados con las energías renovables

FORMA DE ENERGÍA	Unidad de medida	Energía disponible (1)	Observaciones
Solar	Área (metros cuadrados)	5 kWh por día por metro cuadrado	Ésta es la energía que llega en promedio y por metro cuadrado a la superficie de la República Mexicana
Eólica	Velocidad (metros por segundo) y diámetro del área de barrido (metros)	1 kWh por hora para un diámetro de barrido de 2.1 metros a una velocidad promedio de viento de 6 m/s	Las turbinas eólicas requieren una velocidad de viento mínima para empezar a generar energía: Las pequeñas instalaciones pueden arrancar con velocidades de viento promedio de 3 m/s.
Hidráulica	Flujo (metros cúbicos por segundo) Altura (metros)	1 kWh por hora en instalaciones con un caudal de 100 litros/seg y con una altura de 1 metro	La energía hidráulica depende de que el río tenga un flujo regular, con una velocidad adecuada y una diferencia de alturas suficiente. El caudal es la cantidad de agua fluyente que atraviesa por un punto y en un tiempo dados.
Bioenergía	Peso (kilo de madera)	14.50 MJ/kg	Leña con un porcentaje de humedad de 20-25% (a mayor humedad, menor contenido energético y viceversa).
	Volumen de biogás (metros cúbicos)	Varía entre 8.0-15.0 MJ/m^3.	Se requieren entre 15 y 20 kilos de estiércol para producir un m^3 de biogás en un biodigestor
	Volumen (litro de combustible)	22.3 MJ/Lt.	Es el combustible o aceite que resulta de condensar los vapores de la pirólisis.[7]
	Peso (kilo de carbón vegetal)	25-30 MJ/kg.	El carbón vegetal, como combustible sólido, comparado con la biomasa que le dio origen, presenta la ventaja de tener un poder calorífico mayor.

(1) Sin considerar la eficiencia de conversión energética de los sistemas.
Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de (CONAE 2000), (Masera O., Aguillón J. et al. 2005) y (ANES 2006); cfr. Índice de Referencias.

POTENCIA

En física, la potencia es la cantidad de trabajo efectuado o entregado por unidad de tiempo.

Dicho de otra manera, la potencia es la capacidad de entregar energía en una cantidad de tiempo.

[7] El proceso de pirólisis consiste en la descomposición de la materia orgánica por la acción del calor y en ausencia de oxígeno

Así, entre más potente es un dispositivo, más capacidad tiene de entregar energía en el mismo tiempo o, dicho de otra manera, entre más potente es un dispositivo entrega una cantidad de energía dada en menos tiempo.

Por lo mismo, una bomba de agua que sube mil litros de agua a diez metros de altura en 10 minutos, tiene el doble de la potencia que una que sube ese mismo volumen de agua en 20 minutos.

O, también, una bomba de agua que sube mil litros de agua a diez metros de altura en 10 minutos tiene el doble de la potencia que una que sube dos mil litros de agua de agua en esos 10 minutos.

La potencia puede ser definida en términos mecánicos, térmicos y eléctricos; las principales unidades que se utilizan para establecer la potencia son las siguientes:

- **Watt**. Es el equivalente a 1 joule entregado por segundo (1 J/s).

- **Caballo de Potencia (HP).** El caballo de potencia es una unidad utilizada en el Sistema Anglosajón de Unidades. Se denota HP (del inglés "Horse Power").

- **Caballo de Vapor (CV).** Su magnitud es similar al HP, pero no exactamente equivalente. Un caballo de vapor equivale a la potencia que se necesita para elevar 33,000 libras de agua a una altura de un pie en un minuto.[8]

El watt representa mucho menos potencia que el HP o el CV. Por lo mismo, la potencia se mide más bien en términos de miles de watt (kW).

Equivalencias de unidades de potencia

Unidad	Watt	HP	CV
1 watt	1	0.00134	0.00136
1 HP	746	1	1.014
1 CV	736	0.986	1

Fuente: Elaboración propia.

EFICIENCIA

En Física, la eficiencia de un proceso o de un dispositivo es la relación entre la energía útil y la energía invertida.

Este parámetro se anota en forma de porcentaje, el cual indica la fracción de la energía recibida que se convierte en energía útil.

[8] Una libra equivale a 0.454 kg y un pie a 0.31 metros.

EFICIENCIA TÉRMICA

La eficiencia térmica se refiere a relación entre la energía útil entregada en forma de calor por un dispositivo y la que fue suministrada a éste (en forma de combustible o de energía solar) para producir el calor. Una eficiencia alta implica que la mayor parte de la energía suministrada se convierte en calor útil.

Las eficiencias varían según el dispositivo. Por un lado, la menor eficiencia se obtiene en un fogón abierto (de 5 a 17%), mientras que en una caldera se puede aprovechar hasta el 80% de la energía contenida en el combustible con el que funciona (Masera O., Aguillón J. et al. 2005).

Eficiencias de equipos con los que se obtiene energía térmica

Equipo	Eficiencia	Observaciones
Calentador de gas	**74%**	Según lo establece la Norma Oficial Mexicana NOM-003-ENER-2002, Eficiencia térmica de calentadores de agua para uso doméstico y comercial.
Caldera	**70 a 80%**	La eficiencia depende del tipo de tecnología y del combustible que utilice.
Calentador solar	**50%**	Depende del material con que está construido el calentador y de la diferencia de temperatura con el medio ambiente.
Fogón abierto	**5-17%**	Considerando un fogón abierto de 3 piedras. La eficiencia depende del tipo de leña y del contenido de humedad.
Estufa	**45%**	Eficiencia térmica promedio de estufa con gas licuado de petróleo (GLP). Esta eficiencia no debe ser menor al 45%
Parrilla eléctrica	**70%**	S/C
Horno de microondas	**70%**	Un horno de microondas típico puede convertir hasta 70% del consumo eléctrico en microondas útiles. El restante 30% se disipa como calor.

Fuentes Elaboración propia, con base en datos de (Masera O., Aguillón J. et al. 2005), (CONAE 2000) y (ANES 2006); cfr. Índice de Referencias.

Así, por ejemplo, de 26.27 Mjoule que contiene un litro de gas, sólo 21.01 Mjoule (el 80%) se convierten en calor contenido en el agua que calienta la caldera.

En su caso, únicamente 19.44 Mjoule (74% del contenido del gas que quema) se aprovechan en un calentador de gas. Igualmente, de los 5 kWh al día por metro cuadrado que recibe un calentador solar, sólo 2.5 kWh llegan a ser absorbidos por el agua que calienta.

EFICIENCIA PARA GENERAR ELECTRICIDAD

La eficiencia en la generación de electricidad se refiere a la relación existente entre la energía entregada en forma de electricidad por un dispositivo de conversión y la que fue suministrada a ese dispositivo para generar la electricidad. Son diversos los dispositivos que se pueden

utilizar para generar electricidad y sus eficiencias varían; los de mayor eficiencia (si existen buenas condiciones de viento) son los generadores eólicos (70%) y las de menor, las celdas fotovoltaicas (entre 10 y 15%).

Eficiencias de equipos con los que se obtiene energía eléctrica

Equipo		Eficiencia	Observaciones
Motores de combustión	**Motor de combustión interna a gasolina**	**35%**	La eficiencia de los motores a gasolina se ve limitada por varios factores; entre otros, la pérdida de energía por la fricción.
	Motor de combustión interna a diésel	**40 a 50%**	La eficiencia de los motores a diésel es mayor que en cualquier motor de gasolina.
	Motor de combustión interna con bioetanol	**50%**	Para alcanzar esta eficiencia, el motor trabaja con mezclas de etanol-gasolina o etanol-diésel.
Turbina de gas		**35 a 40%**	Teóricamente, y bajo condiciones excepcionales, puede alcanzar 60% de eficiencia.
Generador eólico		**70%**	Eficiencia promedio.
Celda fotovoltaica		**10 a 15%**	Valores para las celdas más comunes en el mercado. Dependen de la tecnología empleada.
Generador hidráulico		**35%**	La eficiencia puede aumentar, dependiendo del tipo de turbina que se utilice para generar electricidad.

Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de (MSN-Encarta 2009), (ANES 2006) y (CONAE 2006); cfr. Índice de Referencias

.

Así, por ejemplo, de 31,604 miles de joule que contiene un litro de gasolina, sólo 11,061 (35%) se convierten en electricidad por medio de un generador que funciona con un motor de combustión, lo cual equivale a 3.1 kWh. Igualmente, de los 5 kWh al día que recibe una celda fotovoltaica de un metro cuadrado, entrega hasta 0.75 kWh (considerando una eficiencia de 15%) para ser aprovechada en algún dispositivo que funciona con electricidad.

Descripción básica de un sistema eléctrico.

En términos generales, la infraestructura de un sistema eléctrico consta de las siguientes fases:

- **Generación**. En esta fase se ubican las plantas que transforman combustibles (como diésel, gas, combustóleo, carbón), energía nuclear y/o energías renovables (como hidráulica, eólica, geotermia) a electricidad.

- **Transmisión.** Se refiere a la red de transporte de grandes cantidades de electricidad.

- **Distribución**. Ésta es la fase que antecede a la conexión con los usuarios finales.

- **Consumo final**. Corresponde a las instalaciones y los equipos de los usuarios finales.

Generación

En términos generales, la generación de energía eléctrica consiste en transformar alguna clase de energía química, mecánica, térmica o luminosa, entre otras, en energía eléctrica.

Para la generación industrial se recurre a instalaciones denominadas centrales eléctricas, que ejecutan alguna de las transformaciones citadas.

La generación de energía eléctrica debe seguir la curva de demanda y, a medida que aumenta la potencia demandada, se debe incrementar el suministro. Así, los sistemas de generación se diferencian por el periodo del ciclo en el que deben ser utilizados, siendo normalmente "de base" las termoeléctricas de combustibles fósiles y las nucleares, y "de punta" (momentos de mayor demanda) las hidroeléctricas.

Transmisión

Una línea de transporte de energía eléctrica o línea de alta tensión es el medio físico mediante el que se realiza la transmisión de la energía a grandes distancias. Está constituida tanto por el elemento conductor, usualmente cables de cobre o aluminio, como por sus elementos de soporte, que son las torres de alta tensión. Las estructuras principales de la línea de transmisión están constituidas por la línea misma, los conductores, las torres y los soportes. Una red de transmisión opera usualmente con voltajes del orden de 220 kV y superiores, denominados alta tensión.

Las líneas de transmisión llegan a subestaciones donde entregan la energía que, a través de las líneas de distribución, es puesta en las instalaciones de los usuarios finales.

Distribución

La red de distribución cubre la superficie de los grandes centros de consumo, uniendo las estaciones transformadoras de distribución con los puntos de consumo.

La red de distribución se integra, fundamentalmente, por cables, postes, transformadores y sistemas de protección (conductores aislados, fusibles, seccionadores en carga, seccionalizadores, órganos de corte de red, reconectadores, interruptores, pararrayos antena, etc.).

Consumo final

El consumo final se lleva a cabo en una gran variedad de instalaciones, desde hogares hasta industrias. La electricidad hace funcionar equipos que proveen de iluminación, frío, fuerza motriz, ventilación, calor, entretenimiento, comunicación, entre otros.

La demanda de energía eléctrica de una ciudad, región o país varía a lo largo del día. Esta variación está en función de muchos factores, entre los que destacan: los tipos de industrias existentes en la zona y turnos que realizan en su producción, la clase de electrodomésticos que se utilizan más frecuentemente, el clima, la estación del año y la hora del día en que ocurre la demanda.

Características del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) (2008)

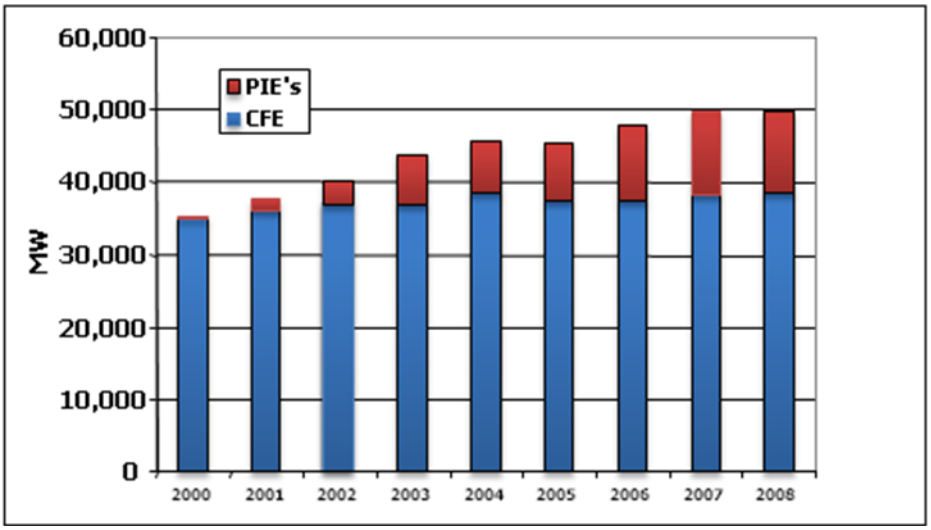
Desde el punto de vista del destino final de la energía eléctrica generada, el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) está conformado por dos sectores: el público y el privado. El sector público se integra por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y las centrales construidas por los Productores Independientes de Energía (PIE), que entregan la totalidad de su energía a CFE para el servicio público de energía eléctrica.

La CFE es responsable de la generación y distribución de la energía eléctrica en México.

Capacidad instalada para servicio público

A diciembre de 2008, la Comisión Federal de Electricidad (CFE), incluyendo los productores independientes que le venden capacidad y energía, contaba con una capacidad efectiva instalada cercana a los 50,000 MW, de los cuales cerca de 70% funcionaban con algún tipo de hidrocarburo, ya que 11,500 MW eran de los productores independientes (ciclo combinado a gas natural), 22,400 MW correspondían a termoeléctricas de CFE que consumían hidrocarburos y 2,600 MW a carboeléctricas. Del resto, 11,050 MW eran hidroeléctricas, 960 MW geotermoeléctricas; 1,365 MW de la nucleoeléctrica y 85 MW de dos eoloeléctricas (CFE 2009).

Evolución de la capacidad instalada para la generación de electricidad en México destinada a servicio público (2000-2008)

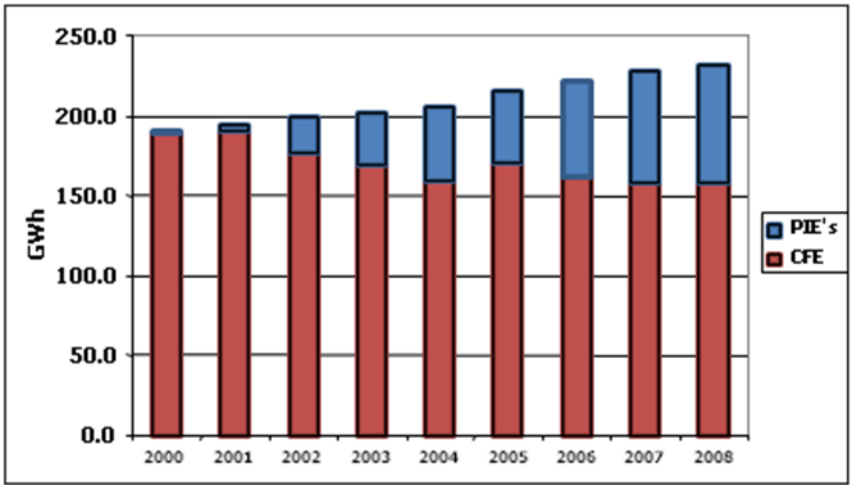


Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de (SENER 2009); cfr. Índice de Referencias.

Generación

En México se generaron 234,000 GWh en 2008, de los cuales la CFE produjo 157 mil GWh, con 78% a partir de la quema de combustibles fósiles, 12% de hidroeléctrica, 6% de nuclear y 4% de geotermia (SENER 2009) (CFE 2009). Los productores privados (que utilizan principalmente gas natural) generaron cerca de 74 mil GWh, mientras la extinta Luz y Fuerza del Centro (LFC) sólo generó cerca de 2 mil GWh (CFE 2009).

Evolución de la generación de electricidad en México destinada a servicio público (2000-2008)

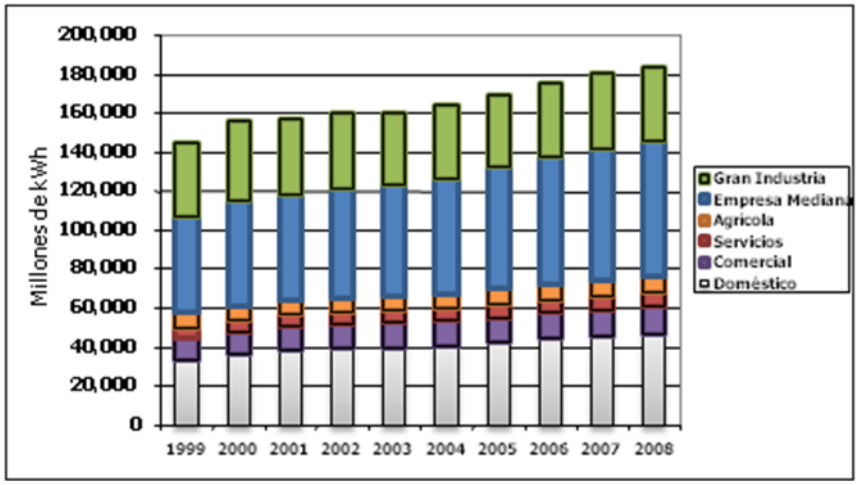


Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de (SENER 2009); cfr. Índice de Referencias.

Consumo final

En lo que corresponde a consumo de electricidad, en el año 2008 se facturó en México la venta de poco más de 184 mil GWh, de los cuales, según la Secretaría de Energía (SENER), 38% correspondieron a instalaciones de mediana industria, 26% al sector residencial, 21% a instalaciones de gran industria y el resto, a instalaciones comerciales, de servicios municipales y agrícolas (SENER 2009).

Evolución del consumo final de electricidad en México (1999-2008)



Fuentes: Elaboración propia, con base en datos de (SENER 2009); cfr. Índice de Referencias.

Índice de Referencias

- Altomonte H. and Rogat J. (2004). Políticas de precios de combustibles en América del Sur y México: implicancias económicas y ambientales. Manuales. Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina**:** 198.

- AMDEE. (2009). "Asociación Mexicana de Energía Eólica". Obtenido de http://www.amdee.org/.

- ANES (2006). Estudio de Mercado de las Fuentes de Energía Renovable en el Sector Agropecuario. México, D.F., Fideicomiso de Riesgo Compartido**:** 280.

- Arvizu J.L. and Huacuz J. (2004). "Biogás de rellenos sanitarios para producción de electricidad". Boletín IIE (octubre-diciembre del 2003): 6.

- BUN-CA (2001). Guía para Desarrolladores en Costa Rica. San José, Costa Rica**:** 22.

- CEC (2008). Guide to Developing a Community Renewable Energy Project in North America. Montreal, Canada, Commission for Environmental Cooperation**:** 133.

- CFE. (2009). "Conoce tu tarifa." Obtenido el 1 de septiembre, 2009, de http://www.cfe.gob.mx/es/InformacionAlCliente/conocetutarifa/.

- CFE. (2009). "Costo de construcción de redes aéreas." Obtenido el 15 de septiembre, 2009, de http://www.cfe.gob.mx/aplicaciones/otros/aportaciones/concuotK08.asp?radio=1&Anio=2009&Mes=7.

- CFE. (2009). "Energías Renovables. Interconexión a la red eléctrica." Obtenido el 1 de septiembre, 2009, de http://www.cre.gob.mx/documento/1528.pdf.

- CFE. (2009). "Estadísticas." Obtenido el 1 de febrero, 2009, de http://www.cfe.gob.mx/es/LaEmpresa/queescfe/Estadísticas/.

- COMEXHIDRO. (2009). "Corporación Mexicana de Hidroelectricidad, S.A. de C.V." Obtenido en 2009, de http://www.asergen.com.mx/.

- CONAE. (1996). "Estudio de la Situación de la Minihidráulica Nacional y Potencial en una Región de los Estados de Veracruz y Puebla." Obtenido el 1 de octubre, 2008, de http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_1686_situacion_actual_de.

- CONAE. (2000). "Las energías renovables en México y el mundo. Semblanza." Obtenido de http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/4830/2/semblanza.pdf.

- CONAE (2000). NOM-003-ENER-2000 Eficiencia térmica de calentadores de agua para uso doméstico y comercial. Límites, método de prueba y etiquetado. Comisión Nacional para el Ahorro de Energía. **NOM-003-ENER-2000:** 17.

- CONAE (2003). NOM-015-ENER-2002 Eficiencia energética de refrigeradores y congeladores electrodomésticos. Límites, métodos de prueba y etiquetado. Comisión Nacional para el Ahorro de Energía**:** 52.

- CONAE. (2006). "Guía de gestiones para implementar en México plantas de generación eléctrica que utilicen energías renovables." Obtenido el 3 de septiembre, 2009, de http://www.layerlin.com/index.html.

- . (2009). "Leyes Federales Vigentes". Obtenido el 1 de octubre, 2009, de http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/index.htm.

- CONUEE. (2009). "¿Qué es CONUEE?" Obtenido el 14 de septiembre, 2009, de http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/Que_es_conae.

- CRE (1999). TÍTULO DE PERMISO DE AUTOABASTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA NÚM. E/130/AUT/99 OTORGADO A MEXICANA DE HIDROELECTRICIDAD MEXHIDRO, S.A. DE C.V.**:** 10.

- CRE (2005). TÍTULO DE PERMISO DE AUTOABASTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA NÚM. E/322/AUT/2005.

- CRE (2006). TÍTULO DE PERMISO DE AUTOABASTECIMIENTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA NÚM. E/548/AUT/2006**:** 9.

- CRE. (2009). "La Comisión Reguladora de Energía." Obtenido el 1 de agosto, 2009, de http://www.cre.gob.mx/pagina_a.aspx?id=3.

- CRE. (2009). "La Comisión Reguladora de Energía." Obtenido el 3 de marzo de 2009, de http://www.cre.gob.mx/pagina_a.aspx?id=2.

- CRE. (2009). "TABLA DE PERMISOS DE GENERACIÓN E IMPORTACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA ADMINISTRADOS AL 31 DE JULIO DE 2009." Obtenido el 15 de agosto, 2009, de http://www.cre.gob.mx/documento/1565.xls.

- Crecer con Energía (2008). Catálogo de Soluciones Tecnológicas para Electrificación Descentralizada, Intelligent Energy Europe**:** 12.

- DG-UdeChile. (2009). "Radiación solar e infrarroja (radiometría)." Obtenido el 1 de septiembre, 2009, de http://www.atmosfera.cl/HTML/temas/INSTRUMENTACION/INSTR6.htm.

- Dot-Com Alliance. (2009). "Micro-hydro Costs." Obtenido de http://www.dot-com-alliance.org/POWERING_ICT/Text/hotwords/3dHydrocosts.htm.

- Elliott, D. M. Schwartz, et al. (2004). Atlas de Recursos Eólicos del Estado de Oaxaca. N. R. E. Laboratory**:** 138.

- FAO. (2008). "La fabricación de hielo." Obtenido de http://www.fao.org/docrep/008/y5013s/y5013s04.htm.

- Gobierno del Estado de Nuevo León. (2009). "DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO DE AMPLIACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA PARA EL USO Y CAPTURA DE BIOGÁS PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL RELLENO SANITARIO DE SIMEPRODE, EN EL MUNICIPIO DE SALINAS VICTORIA, NUEVO LEÓN." Obtenido el 15 de agosto, 2009, de http://www.nl.gob.mx/pics/pages/simeprode_bioenergia_base/Descripcion_ProyectoMonterreyII.pdf.

- INE. (2009). "Cambio Climático en México." Obtenido el 15 de agosto, 2009, de http://cambio_climatico.ine.gob.mx/index.html.

- Martín Gómez (2006). Proyectos de Energías Renovables en México y Latinoamérica. New Mexico State University**:** 31.

- Masera, O. (2007). Perspectivas de la bioenergía en México.

- Masera O., Aguillón J., et al. (2005). Estimación del Recurso y Prospectiva Tecnológica de la Biomasa Como Energético Renovable en México. México, D.F., Secretaría de Energía**:** 118.

- MSN-Encarta. (2009). "Motor de combustión interna." Obtenido el 1 de octubre, 2009, de http://mx.encarta.msn.com/encyclopedia_761553622/Motor_de_combusti%C3%B3n_interna.html.

- Salazar F. (2009). "Regulación de Energías Renovables y Cogeneración." Obtenido el 1 de septiembre, 2009, de http://www.cre.gob.mx/documento/1525.pdf.

- SEMARNAT (2005). ACUERDO por el cual se expiden los procedimientos para la emisión de cartas de aprobación de proyectos de reducción o captura de emisiones de gases de efecto invernadero. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, DOF**:** 5.

- SEMARNAT. (2008). "Mecanismo para un Desarrollo Limpio." Obtenido el 1 de septiembre, 2009, de http://www.semarnat.gob.mx/queessemarnat/politica_ambiental/cambioclimatico/Pages/mdl.aspx.

- SEMARNAT (2008). "PROYECTOS DE ENERGÍA EÓLICA." Obtenido el 1 de septiembre, 2009, de http://www.semarnat.gob.mx/queessemarnat/politica_ambiental/cambioclimatico/Documents/MDL/eolica.html.

- SENER (2005). Prospectiva del sector eléctrico 2004-2013. Dirección General de Planeación Energética. México, D.F.**:** 230.

- SENER (2008). Balance Nacional de Energía 2007. México, D.F.

- SENER (2008). Prospectiva del sector eléctrico 2008-2017. Dirección General de Planeación Energética. México, D.F.**:** 230.

- SENER. (2009). "Estadísticas de Energía." Obtenido el 2 de marzo, 2009, de http://www.energia.gob.mx/webSener/portal/index.jsp?id=71.

- Snel, H. (2006). "Guía de las Mejores Prácticas. Plan de Acción para Eliminar Barreras para el Desarrollo de la Generación Eoloeléctrica en México." Obtenido el 1 de septiembre, 2009, de http://planeolico.iie.org.mx/MejoresPracticas.pdf.

- Vázquez O., Del Valle B., et al. (2007). Manual de Instalaciones para el calentamiento de agua mediante el aprovechamiento de la Energía Solar, USAID México**:** 67.