



Estudio de Mercado de las Fuentes de Energía Renovable en el Sector Agropecuario

Preparado por la
Asociación Nacional de Energía Solar (ANES)
para el
Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO)

Mayo de 2006





CREDITOS

El presente estudio fue realizado por la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES) para el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO).

La coordinación general de las actividades del estudio por parte de FIRCO estuvo a cargo del MVZ Octavio Montufar.

La coordinación técnica del estudio estuvo a cargo del M. en C. Odón de Buen Rodríguez. El Maestro de Buen se encargó, además, de la redacción general del estudio y elaboró las secciones sobre calentamiento de agua y sobre biogás.

Las encuestas estuvieron a cargo de la empresa ConEstadística y en ella participaron el Ing. Javier Jasso y el Lic. Enrique Huerta.

El capítulo sobre bombeo de agua fue elaborado por el Dr. Hernando Romero Paredes. El Dr. Romero también participó en la revisión general del estudio.

El Dr. Aarón Sánchez preparó la sección sobre aplicaciones fotovoltaicas en agronegocios.

El Dr. Eduardo Rincón participó en la revisión general del estudio.

El Ing. Pablo Cuevas apoyó en análisis técnicos para las tecnologías de calentamiento solar y biogás.

El Sr. Eduardo Lang apoyó en el diseño e integración del reporte final.





INDICE

I. RESUMEN EJECUTIVO	1
1. <i>El Proyecto de Energía Renovable para la Agricultura.</i>	<i>1</i>
2. <i>El primer estudio de mercado.</i>	<i>3</i>
3. <i>El proceso del segundo estudio de mercado</i>	<i>5</i>
4. <i>La respuesta a las preguntas planteadas para el estudio.</i>	<i>6</i>
5. <i>El análisis de cuatro tecnologías.</i>	<i>13</i>
Conclusiones.....	30
II. INTRODUCCIÓN	33
III. OBJETIVO DEL ESTUDIO DE MERCADO	35
IV. LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN MÉXICO EN 2006.....	37
a. <i>Situación general</i>	<i>37</i>
b. <i>Potencial energético</i>	<i>37</i>
c. <i>Niveles actuales de aprovechamiento</i>	<i>39</i>
d. <i>Prospectiva</i>	<i>42</i>
e. <i>Oportunidades por sectores y tecnologías</i>	<i>43</i>
V. EL PROGRAMA DE ENERGÍAS RENOVABLES PARA LA AGRICULTURA	47
a. <i>Antecedentes.....</i>	<i>47</i>
b. <i>Objetivos</i>	<i>47</i>
c. <i>El papel del Global Environmental Facility (GEF).....</i>	<i>48</i>
d. <i>Enfoque</i>	<i>48</i>
e. <i>Componentes y presupuesto.....</i>	<i>49</i>
VI. EL PRIMER ESTUDIO DE MERCADO DEL PERA.....	51
a. <i>Antecedentes.....</i>	<i>51</i>
b. <i>Objetivo general</i>	<i>51</i>
c. <i>Aplicaciones consideradas.....</i>	<i>52</i>
d. <i>Procedimiento general.</i>	<i>52</i>
e. <i>Las conclusiones.</i>	<i>53</i>
f. <i>Las recomendaciones.</i>	<i>56</i>
VII. EVALUACION DEL MERCADO DE LAS FUENTES DE ENERGÍAS RENOVABLES EN EL SECTOR AGROPECUARIO.	58



a.	<i>Antecedentes y marco teórico.....</i>	58
b.	<i>El universo de las encuestas en el contexto del estudio de mercado.....</i>	59
c.	<i>Encuestas a productores beneficiarios del PERA.....</i>	60
d.	<i>Encuesta a productores no participantes del PERA.....</i>	71
e.	<i>Encuestas a proveedores de equipos.....</i>	78
f.	<i>Encuestas a responsables del programa.....</i>	85
g.	<i>Resultado de las encuestas a asesores técnicos.....</i>	89
VIII. EL SECTOR AGROPECUARIO		100
a.	<i>Universo general.....</i>	100
b.	<i>Tipología socioeconómica de los productores</i>	102
c.	<i>Tipología de unidades productivas por tipo de producción.....</i>	104
d.	<i>Tipología por uso de créditos</i>	109
e.	<i>Tipología por instalaciones que manejan animales</i>	110
f.	<i>Consumo de energía en el sector rural</i>	113
IX. BOMBEO DE AGUA CON SISTEMAS FOTOVOLTAICOS SOLARES		115
a.	<i>Antecedentes.....</i>	115
b.	<i>Fuentes energéticas para el bombeo de agua</i>	115
A.	<i>Equipo de bombeo</i>	126
B.	<i>Bombas centrífugas.....</i>	126
c.	<i>Oferta de sistemas fotovoltaicos</i>	132
d.	<i>Análisis económico</i>	135
e.	<i>El efecto del PERA</i>	138
f.	<i>Evolución esperada en la oferta de bombeo de agua fotovoltaico</i>	155
X. ELECTRIFICACIÓN DE AGRONEGOCIOS CON SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....		158
a.	<i>Introducción</i>	158
b.	<i>Descripción de la tecnología.....</i>	160
c.	<i>Mercado actual.....</i>	169
d.	<i>Aplicaciones en agronegocios.....</i>	172
e.	<i>Evaluación económica.....</i>	174
f.	<i>Demanda potencial.....</i>	180
XI. CALENTAMIENTO SOLAR DE AGUA.....		187
a.	<i>Antecedentes</i>	187
b.	<i>Descripción de la tecnología</i>	187



c.	Aplicaciones en agronegocios.....	190
d.	Mercado actual.....	193
e.	Evaluación económica.....	197
f.	Inversión.....	203
g.	Mercado potencial.....	204
g.	Conclusiones y recomendaciones	206
XII. PRODUCCIÓN Y PROVECHAMIENTO DEL BIOGÁS.....		207
a.	El biogás.....	207
b.	Descripción de la tecnología para la producción de biogás	209
c.	Producción unitaria de biogás.....	212
d.	Aplicaciones en agronegocios.....	214
e.	Mercado potencial.....	215
f.	La oferta de productos y servicios.	221
g.	Economía de los proyectos.....	225
h.	Conclusiones	228
XIII. PROPUESTAS PARA UNA NUEVA ETAPA DEL PERA.....		231
a.	Premisas	231
b.	Iniciativas en operación y/o desarrollo	233
c.	Planteamiento estratégico.....	233
d.	Componentes del programa	237
e.	Esquemas de apoyo financiero.....	239
XIV. ANEXOS AL ESTUDIO		241
ANEXO 1. MARCO INSTITUCIONAL RELATIVO A LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN MEXICO.....		241
a.	Sector de la energía.....	241
b.	Sector del medio ambiente	244
c.	Actores de mercado.....	246
ANEXO 2. PRECIOS DE LA ENERGÍA EN MÉXICO		247
a.	Electricidad	247
b.	Gas licuado de petróleo.....	253
c.	Gasolina, diesel y combustóleo.....	254
d.	Gas natural.....	254
ANEXO 3. MARCO LEGAL APLICABLE A LAS ENERGÍAS RENOVABLES.....		257





ANEXO 4. MECANISMO DE DESARROLLO LIMPIO	260
<i>a. Antecedentes</i>	<i>260</i>
<i>b. El Mecanismo de Desarrollo Limpio.</i>	<i>261</i>
<i>c. Certificados de Reducción de Emisiones o Bonos de Carbono.....</i>	<i>264</i>
<i>d. Asociación Metano a Mercados</i>	<i>265</i>
BIBLIOGRAFIA	267





I. RESUMEN EJECUTIVO

1. El Proyecto de Energía Renovable para la Agricultura.

El Proyecto de Energía Renovable para la Agricultura (PERA), es un programa que tiene sus antecedentes en los trabajos realizados por los Laboratorios Sandía bajo el patrocinio del Departamento de Energía de los Estados Unidos (USDOE) hacia principios de los años noventas, cuando se hacen unas cuantas instalaciones orientadas a aplicaciones agrícolas (bombeo de agua y frío para conservación de alimentos) en localidades fuera de la red eléctrica en zonas rurales, principalmente en Chihuahua. En 1994—y en función del éxito de la primera etapa demostrativa—el programa se amplía con el apoyo de la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos (USAID) y se llegan a instalar cerca de 200 módulos utilizados específicamente para bombeo de agua.¹

El éxito y la proyección de esos dos programas lleva a considerar la realización de uno de mayor escala con el apoyo del Global Environmental Facility (GEF) del Banco Mundial. Así, con una inversión de 35 millones de dólares, se establece el Proyecto de Energía Renovable en la Agricultura (PERA) con una meta inicial de instalación de 1,152 módulos para bombeo de agua y enfriamiento de productos agrícolas.

El programa se enfoca, principalmente, a eliminar barreras de mercado a través del desarrollo de proveedores e incluye componentes de mecanismos de financiamiento a través de proveedores, capacitación de usuarios y proveedores, normas técnicas para equipos y sistemas, y certificación de productos y proveedores. Más específicamente, el PERA busca demostrar las aplicaciones productivas de la energía renovable en el sector agropecuario, a través de:

- Instalación en predios de productores líderes de este tipo de sistemas con proyectos productivos que sirvan de demostración.
- Promover la asistencia técnica intensiva para la aplicación de los sistemas de energía renovable en proyectos productivos, mediante un apoyo económico a los técnicos participantes.
- Capacitación de técnicos.
- Promoción para la adopción de la energía renovable.
- Mayor conocimiento del mercado.
- Establecimiento de especificaciones para el diseño e instalación de este tipo de sistemas.
- Estudios de desarrollo tecnológico para nuevas aplicaciones de la energía renovable (tanque lechero, ordeñadoras, cuarto frío, etc.)
- Certificación de técnicos y empresas.

¹ Richards E. Et al.. 1999. Photovoltaics in Mexico: A Model for Increasing the Use of Renewable Energy Systems, Advances in Solar Energy, Volume 13, ISBN: 0-89553-256-5: An Annual Review of Research and Development published by the American Solar Energy Society (ASES).





Por lo anterior, el proyecto tiene dos objetivos globales en particular:

- Eliminar las barreras que han impedido el uso generalizado de la energía solar y eólica, específicamente en su aplicación productiva, entre los productores agropecuarios de México, lo que permita llevar a cabo inversiones de la misma manera en la que se realizan en la Alianza para el Campo.
- Reducir los costos de implementación de estos sistemas solares fotovoltaicos y eólicos, y aumentar la experiencia, conocimiento, así como los volúmenes de venta en el mercado.

El PERA está integrado por ocho componentes: (1) Fortalecimiento Institucional, (2) Promoción, (3) Desarrollo de Mercado, (4) Especificaciones y Certificaciones, (5) Demostración, (6) Asistencia Técnica, (7) Financiamiento y (8) Dirección del Proyecto.

El presente trabajo forma parte del componente de Desarrollo de Mercado. Este componente está compuesto, a su vez, de dos conjuntos de estudios: el “Estudio sobre la situación actual y perspectivas del Mercado de renovables en el sector agropecuario en México” y “Estudios de desarrollo tecnológico de nuevas aplicaciones en el sector agropecuario”. El primero se realiza en dos etapas y el presente estudio corresponde a su segunda etapa.

En particular, el estudio responderá a las siguientes preguntas:

1. **¿Contribuye el Proyecto de Energía Renovable para la Agricultura (PERA) como instrumento valioso y significativo para el desarrollo del aprovechamiento de las energías renovables, particularmente en el área rural?**
2. **¿Cuáles son las recomendaciones para asegurar que el PERA contribuya de la mejor manera posible al futuro desarrollo del aprovechamiento de las energías renovables en México?**
3. **¿Mejoraron sustancialmente, como se presume, la calidad técnica y la capacidad de servicio de los proveedores de tecnología de aprovechamiento de energía renovable?**
4. **¿Qué tanto sirvió y contribuyó el PERA para que se redujeran los precios y costos de la tecnología de aprovechamiento de las energías renovables y qué tan competitivos son ahora respecto de tecnologías convencionales?**

Por lo mismo, el presente estudio tiene los siguientes objetivos específicos:

- a. Analizar y determinar el efecto que el Proyecto de Energía Renovable para la Agricultura en México (PERA) ha tenido en el desarrollo y evolución de la oferta, demanda, canales de comercialización y precios de la tecnología de aprovechamiento de energía renovable en el sector agropecuario, además de proyectar las tendencias de este mercado a cinco años en función del estrato socioeconómico y tecnológico de los posibles usuarios y su distribución espacial en el país.
- b. Formular un documento que, en su caso, justifique y dé fundamento a la continuidad y expansión a mayor escala del PERA y que sirva, también en su caso, para la gestoría y solicitud de un crédito externo del Banco Mundial para ese propósito.

- c. Elaborar una propuesta de ajuste y reorientación de las estrategias nacionales para un mayor desarrollo del mercado de la tecnología de aprovechamiento de las energías renovables en el sector rural en México.
- d. Identificar prácticas novedosas y alternativas que mejoren las actuales de comercialización de los equipos que utilizan energía renovable. Esto incluye el proponer esquemas de asociación entre los diversos tipos de empresas involucradas en la fabricación, distribución, instalación y mantenimiento de éstos equipos de manera que se reduzcan los costos asociados a la operación de estas empresas.
- e. Actualizar el directorio de empresas fabricantes, armadoras, distribuidoras y proveedoras de servicios relacionados a la tecnología de aprovechamiento de las energías renovables en el sector rural por tipo de servicio y por entidad federativa.
- f. Analizar el comportamiento de los precios de los sistemas de energía renovable durante el período de duración del PERA, determinando la influencia de este proyecto en dicho comportamiento.

2. El primer estudio de mercado.

El primer estudio de mercado es una referencia importante para el análisis del PERA y para responder a las preguntas planteadas arriba.

Las conclusiones y las recomendaciones a las que llega el primer estudio de mercado tienen que ver con aspectos como la información sobre los recursos de energía renovable, la tecnología, el tamaño del mercado potencial, las características de la oferta de productos y servicios en el momento en que se realiza la evaluación, el costo de los sistemas de aprovechamiento, barreras de aprovechamiento, y el papel de la difusión y promoción.

Las principales conclusiones son:

- Una primera y muy significativa conclusión del estudio es que, a pesar de la evidente necesidad de electrificación rural, existe poca información precisa sobre el potencial de mercado de las energías renovables en ese sector.
- Existe ya un cúmulo importante de experiencias en diversos países en desarrollo sobre programas de apoyo para el desarrollo de mercados para sistemas fotovoltaicos, y sobre el mercado rural o agropecuario de éstos. La mayor parte de éstos programas descansan en el apoyo financiero (y técnico) de países desarrollados o de agencias o fondos de financiamiento multinacionales. Dichas experiencias muestran que una serie importante de similitudes con el caso mexicano, por lo que conviene tomarlas en cuenta.
- Desde el punto de vista tecnológico tanto los sistemas fotovoltaicos como los eólicos pueden considerarse relativamente maduros. Las tecnologías básicas para su producción están ya en etapa de comercialización desde hace varios años.
- Los trabajos del estudio se abocaron finalmente a cuantificar el mercado de tres segmentos: (a) electrificación de los hogares, (b) sistemas de pequeña irrigación, y (c) sistemas de agua

para ganado. El estudio también identificó dos niveles de demanda: (a) la demanda potencial y (b) demanda real. Los resultados cuantitativos fueron:

- Para la electrificación de los hogares como sistemas unifamiliares o pequeñas redes aisladas, una demanda real cercana a los 22,000 sistemas.
- Para los sistemas de pequeña irrigación, el potencial se identificó para unidades menores de 5 hectáreas no electrificadas que se encuentran a más de 2 km de la red y se estimó en poco más de 150 mil a nivel nacional.
- Finalmente, para sistemas de agua para ganado, el potencial total estuvo por arriba de 165 mil sistemas, mientras que el real total fue del 14 % de ese valor, es decir, de poco más de 23 mil sistemas.

El estudio no incluyó, debe señalarse, el análisis del posible mercado de sistemas de aprovechamiento de energías renovables en contextos de sistemas conectados a la red y/o de aplicaciones mayores.

- El mercado de productos y servicios asociados al aprovechamiento de las energías renovables en el sector rural en México es inmaduro. En particular y de acuerdo a la encuesta realizada, existían en el momento del levantamiento de datos no más de 150 empresas proveedoras de productos y servicios activas en el campo de las energías renovables en el país, en su mayoría pequeñas, de creación reciente y su vocación original no es precisamente la de tener como mercado al sector rural. Igualmente, es evidente que los canales de distribución de los sistemas fotovoltaicos para aplicaciones en el sector agropecuario, son en México insuficientes e incipientes.
- Otra conclusión muy importante tiene que ver con el tamaño de la demanda actual y su efecto sobre los costos de los sistemas. De acuerdo al estudio, “dadas las condiciones de bajo volumen de la demanda, la rentabilidad de los proveedores de los productos y servicios asociados a los sistemas fotovoltaicos para bombeo de agua tiene que descansar en relativamente altos márgenes unitarios de ganancia.”
- Mientras las condiciones económicas de los productores rurales no mejoren sustantivamente, los programas de financiamiento para los sistemas fotovoltaicos difícilmente podrán ser no gubernamentales.
- El estudio concluye de manera contundente que “todo parece indicar que los apoyos financieros a los usuarios finales tendrán que contemplar subsidios parciales a fondo perdido.”

A su vez, las recomendaciones fueron:

- Los apoyos financieros a los usuarios tendrán que contemplar subsidios parciales a fondo perdido. En las condiciones que prevalecen, parece difícil pensar que un programa con financiamientos decrecientes conforme se amplíe el número de sistemas instalados podría tener éxito.
- Merecen mención especial los servicios post-venta, que podría estar particularmente desatendidos.

- Los proveedores no están incluidos en los esquemas de apoyo financiero, por lo que conviene revisar la conveniencia de establecer estímulos adicionales para los proveedores. Por ejemplo, estímulos fiscales.
- Dado que los costos de mantenimiento pueden llegar a representar entre 3 y 6 mil pesos o más por año (5 a 10% de la inversión inicial) y dado que ello representa una cantidad importante para buena parte de los productores agropecuarios (en particular los agrícolas), cabría pensar sobre la conveniencia de diseñar mecanismos de financiamiento para que los consumidores puedan cubrir los costos correspondientes.
- Sería importante reforzar las actividades de promoción y difusión.

3. El proceso del segundo estudio de mercado

Para responder a las preguntas que se plantean para el PERA, el trabajo del segundo estudio de mercado tuvo dos conjuntos generales de actividades: (a) las encuestas a diversos actores y (b) estudios de mercado particulares a cuatro tecnologías.

En primer lugar, la mayor parte del esfuerzo del presente estudio se ha ubicado en la preparación y desarrollo de un conjunto de cinco encuestas a un número igual de actores involucrados directa o indirectamente al proyecto y al desarrollo de las energías renovables en México.

Los grupos encuestados fueron los siguientes:

- **Productores beneficiarios del PERA.** Se realizaron encuestas a 1,631 productores agropecuarios beneficiarios del PERA a todo lo largo del país. El tamaño de la muestra sugerido en la propuesta técnica fue de 1,500 productores, cantidad suficiente para producir las estimaciones nacionales necesarias por el estudio y con una desagregación de resultados para 10 estados de la República, asignando en esta etapa alrededor de 30 entrevistas en cada estado. La encuesta se hizo en dos fases. En la primera se hicieron 1,313 entrevistas. En una segunda etapa, se hicieron 281 entrevistas en 10 estados.
- **Productores no beneficiarios del PERA.** Para esta encuesta se entrevistó a 52 productores ubicados en los estados de Sonora y Baja California Sur (BCS), 23 en el primer estado y 29 en el segundo. De los entrevistados, 17 laboran propiedad particular, 16 ejidal y dos comunitaria.
- **Proveedores de equipos.** Se entrevistó a 29 proveedores (el mismo número que en la primera encuesta). Los proveedores entrevistados están ubicados en 15 de los estados de la República Mexicana, aunque resalta el hecho que más de la tercera parte están ubicados en el centro del país (6 en el DF, 3 en Morelos y 2 en Edomex). Para el norte de México, donde se presentan las mejores condiciones para aprovechamiento de la energía solar para actividades ganaderas y donde hay una mayor extensión territorial, se ubicaron nada más siete empresas proveedoras (una en BC, BCS, Coahuila y Durango, y dos en Nuevo León).
- **Responsables del programa.** Se realizaron encuestas a 31 responsables (uno por cada estado de la República) del programa de energías renovables para el sector agropecuario

(PERA) a todo lo largo del país. Los encuestados tienen en gran su mayoría título de licenciatura (28), resaltando el hecho de que 12 tienen títulos relacionados a la agronomía, mientras que el resto predominan los ingenieros civiles. Igualmente, la gran mayoría (24) tiene más de tres años trabajando vinculados al tema de las energías renovables, lo cual coincide con el número de años que llevan vinculados al PERA.

- **Asesores técnicos del PERA.** La encuesta a asesores técnicos del proyecto de energías renovables en el sector agropecuario se realizó durante el mes de marzo de 2006, a todo lo largo del país. El tamaño de la muestra fue de 44 asesores técnicos. Los asesores técnicos son profesionales con nivel mínimo de licenciatura donde predominan la formación relacionada a actividades agropecuarias.

A su vez, se llevaron a cabo estudios particulares para cuatro tecnologías: (a) bombeo de agua, (b) aplicaciones en agronegocios de tecnología fotovoltaica, (c) aprovechamiento de biogás y (d) calentamiento solar de agua. Estos estudios fueron realizados por expertos en cada uno de los temas. Para estos estudios se hizo una revisión del estado del arte de la tecnología, de sus aplicaciones, del posible universo de usuarios, de sus costos actuales, de los elementos de costo, de su rentabilidad y de los elementos programáticos (financiamiento, asistencia técnica y promoción y difusión) con los que se pueden apoyar.

4. La respuesta a las preguntas planteadas para el estudio.

Como se anota arriba, son cuatro las preguntas que se busca responder con el presente estudio de mercado. A continuación, en función de la información recopilada y descrita en este estudio, se busca responder a estas preguntas.

a. ¿Contribuye el Proyecto de Energía Renovable para la Agricultura (PERA) como instrumento valioso y significativo para el desarrollo del aprovechamiento de las energías renovables, particularmente en el área rural?

Es muy evidente el efecto del PERA como instrumento de desarrollo del aprovechamiento de las energías renovables, aunque no necesariamente tenga un reflejo en un efecto multiplicador de aplicación de la tecnología.

- Una primera evidencia tiene que ver con una perspectiva particularmente positiva de los usuarios de la tecnología, específicamente porque su aplicación ha significado beneficios que, sin poderse contabilizar económicamente con precisión, son significativos y abonan a la rentabilidad de las inversiones hechas por los productores.
 - De acuerdo a las encuestas a los productores, los beneficios se han reflejado en el uso de los sistemas fotovoltaicos han sido el aumento de la productividad, el aumento de tiempo disponible para otras actividades y la reducción en gastos de energía.

- En las encuestas realizadas se aprecia que el 65% de los productores encuestados y que participan del PERA redujo su actividad en el acarreo y distribución del agua y 227 piensan que redujeron sus costos, aunque no saben evaluar el monto reducido.
- Igualmente, la sustitución tecnológica vino a beneficiar en una mejor eficiencia y continuidad en el suministro de agua, a un precio menor que el que venían pagando por el uso de combustibles y les ha liberado tiempo que antes empleaban en el acarreo del fluido.
- Uno más de los beneficios es que se les ha abierto la posibilidad de sembrar forraje o establecer un huerto familiar incrementando su nivel de alimentación.
- En términos generales se demuestra que ha existido un crecimiento en el número de cabezas de ganado que se tiene en la propiedad. En global ese crecimiento es de prácticamente de un 30%. También es de notarse que creció en 6% el número de productores con ganado.
- Otro detalle importante son las pariciones obtenidas en el período 2001 – 2005, las cuales e incrementaron en 14% y se mejoró la supervivencia de los becerros; la mortalidad decreció en 28%. Esto puede acreditarse a la calidad del agua que permite el bombeo.
- El incremento en la producción de leche fue de 27%, pero también creció la alimentación suplementaria al hato ganadero (24%).
- No obstante que los sistemas fotovoltaicos tienen una eficiencia relativamente baja, resulta un buen negocio colocar estos sistemas en lugares apartados de la red a una distancia mayor a un kilómetro.
- El PERA ha tenido influencia en el aumento de la oferta de productos y servicios asociados al bombeo de agua con energía solar, pero solo por el hecho de ser la principal fuente de demanda de los equipos.
 - En general, el PERA aumentó la oferta de servicios relacionados a sistemas de bombeo con sistemas fotovoltaicos, aunque se han creado relativamente pocas empresas para participar en el mercado de energías renovables: de las 29 empresas encuestadas, solo 8 llevan menos de cinco años de existencia (28%).
 - Asimismo, la dedicación de las empresas al mercado de las energías renovables no es única y es, además, variable. Diez de las empresas se dedican únicamente a ER aunque 15 tuvieron más del 60% de ventas por ER y 13 menos del 40%. En buena medida, parece que el PERA llevó a empresas ya relacionadas a ER a expandir sus actividades. Más de la mitad (17) de los entrevistados refirieron que las empresas se dedican a las ER por “oportunidad” y 11 (38%) respondieron “mucho” cuando se les pregunta de la influencia del PERA en su incorporación al mercado de ER.
- No hay evidencias claras que el programa haya tenido un efecto multiplicador.
 - De acuerdo a los datos recopilados por el programa, es apreciable que en año 2001 hubo mayor número de réplicas que años posteriores. La lectura que se puede tener de este resultado, es que el tiempo de respuesta a una propuesta individual de un productor es función de los apoyos financieros que pueda recibir. Al haber habido un programa concluido en el año 1999 y un vacío de poco más de un año, los

productores se animaron a la compra directa de los sistemas de bombeo. Al reaparecer un programa de apoyo (2001), los productores prefieren acercarse a esos apoyos y por ello se reduce sustancialmente los casos de réplica.

b. *¿Cuáles son las recomendaciones para asegurar que el PERA contribuya de la mejor manera posible al futuro desarrollo del aprovechamiento de las energías renovables en México?*

En esta segunda etapa del estudio de mercado hay conclusiones que refuerzan las recomendaciones del primero, aunque también se aportan nuevos elementos.

- Para las aplicaciones que utilizan celdas fotovoltaicas, se considera que los apoyos financieros a los usuarios tendrán que contemplar subsidios parciales a fondo perdido. En las condiciones que prevalecen, parece difícil pensar en un proceso acelerado de financiamientos decrecientes conforme se amplíe el número de sistemas instalados podría tener éxito.
- Sin embargo, hay dos aspectos que considerar que se han hecho evidentes en este segundo estudio de mercado que hay que tomar en cuenta para establecer los montos de los apoyos, específicamente para los sistemas fotovoltaicos:
 - Que existen evidentes beneficios para los productores por las inversiones en la tecnología (aumento de la productividad, aumento de tiempo disponible para otras actividades y reducción en gastos de energía) por lo que sería recomendable evaluar, considerando el valor económico de estos beneficios, el monto de la inversión que los productores (individualmente o en una perspectiva global del universo de beneficiarios) hacen en el programa.
 - Que el costo de los sistemas ha bajado en más de 20%, por lo que el monto neto a invertir (y por lo tanto el monto proporcional que pagan los productores) puede disminuir.
- Hay que incluir un componente de seguimiento de los sistemas ya instalados por medio del PERA. El hecho de que empresas no den—como se refleja en las respuestas a la encuesta correspondiente—suficiente prioridad en el servicio a instalaciones en operación, puede convertirse en un problema en el mediano y largo plazos, cuando los equipos presenten problemas por desgaste o problemas relacionados a su exposición a la intemperie en condiciones de campo. Esto coincide con los resultados de la primera encuesta donde se concluye que “merecen mención especial los servicios post-venta, que podría estar particularmente desatendidos.”
- En este sentido, dado que los costos de mantenimiento pueden llegar a representar entre 3 y 6 mil pesos o más por año (5 a 10% de la inversión inicial) y dado que ello representa una cantidad importante para buena parte de los productores agropecuarios (en particular los agrícolas), cabría pensar sobre la conveniencia de diseñar mecanismos de financiamiento para que los consumidores puedan cubrir los costos correspondientes.

- Sería muy conveniente ampliar el conjunto de tecnologías de aprovechamiento de energía renovable.
 - Por una parte, ampliar la oferta de sistemas fotovoltaicos para aplicaciones más allá del bombeo de agua.
 - Una aplicación que se reitera como necesidad en las encuestas con productores es la recarga de baterías para sistemas de iluminación (en particular lámparas de mano).
 - Una fracción importante de los productores entrevistados (no solo productores sino también responsables de programa) considera que la tecnología de aprovechamiento de energía renovable sería útil en aplicaciones para la generación de electricidad para el hogar y para el uso de teléfonos.
 - A su vez, se han identificado otras tecnologías y aplicaciones de interés para los productores distintas a las que se logran con sistemas fotovoltaicos:
 - En la opinión de los responsables de programa, poco menos del 75% de los productores han considerado utilizar otras tecnologías de energía renovable, resaltando como las más mencionadas el calentamiento de agua con energía solar, los sistemas de iluminación y los sistemas de refrigeración.
 - En opinión de los asesores técnicos sobre otras aplicaciones de las tecnologías que aprovechan energías renovables que interesan a los productores, el 43% afirmó que los sistemas de calentamiento solar de agua, 29% que los sistemas biodigestores que transforman residuos agrícolas y/o ganaderos, 20% que los sistemas eólicos para bombeo de agua, 14% que los sistemas eólicos para generar electricidad, 5% que los sistemas de calentamiento solar de aire y un 2% que las plantas mini hidroeléctricas.
 - En cuanto a aplicaciones distintas a las que se logran con sistemas fotovoltaicos, el 80% de los asesores técnicos declaró que para sistemas para iluminación, 70% para sistemas para refrigeración y 59% sistemas para bombeo, 48% para refrigeración de producto lácteo, 25% para refrigeración de producto agrícola, y 14% para secado de granos o secado de pescado.
- Se aconseja analizar la conveniencia de establecer apoyos o estímulos adicionales para los proveedores.
 - En la encuesta a proveedores se presentó la opinión casi generalizada de los entrevistados de que un programa de financiamiento a empresas serviría “mucho” al desarrollo de la oferta, lo cual puede ser reflejo de que las empresas son pequeñas y que el tiempo que toman los pagos puede representar una pesada carga.
 - Igualmente importante en este sentido es el hecho de que el mercado del bombeo de agua con energía solar es muy dependiente de insumos importados, lo cual hace que las empresas tengan un alto nivel de vulnerabilidad.
 - Desde un punto de vista en particular y con base a las experiencias de los socios de la AMPER, el costo de un sistema fotovoltaico puede reducirse si las empresas tienden a tener una cadena de proveeduría eficiente con representación local, desde el distribuidor mayorista hasta el usuario final. Es claro que una cadena de proveeduría eficiente con representación local trae como consecuencia una reducción de los costos involucrados

en dicho proceso, y en consecuencia, menores precios de los productos y una respuesta breve en caso de suministro por reposición de productos o falla de los mismos.

- Los estímulos a los proveedores pueden estar también relacionados a la localización de sus centros de operaciones, es decir, que se incentive la operación de empresas que se ubiquen más cerca de donde están identificadas las necesidades, lo cual podría reducir aún más el costo de los sistemas.
- Sería importante mantener y reforzar las actividades de promoción y difusión. Esto se refleja en el papel central que ha tenido el PERA en el desarrollo del mercado, precisamente a través de la promoción y la difusión. Esto es avalado por los propios actores del programa.
 - De acuerdo a la encuesta a productores que participaron del PERA, la promoción de FIRCO (a través del PERA) ha sido clave en la adopción de la tecnología.
 - Para los proveedores, la promoción es una prioridad ya que todas las empresas entrevistadas dedican recursos para esta actividad y resaltan de manera significativa el papel del PERA en este sentido. De acuerdo a la encuesta, más de la mitad de los representantes de empresa entrevistados refirieron que la principal fortaleza del PERA ha sido la difusión y promoción de las ER.
 - De acuerdo a la encuesta a proveedores, la falta de apoyo en promoción y difusión puede significar, junto con la localización de las empresas (con una concentración en el centro del país), que los costos de promoción y de extensión puedan representar un costo muy alto que lleve a que desaparezcan las empresas o que dejen el mercado de energía renovable.
- También sería recomendable afinar los mecanismos de entrega del PERA, en particular los procesos de pago a proveedores, los cuales pueden ser determinantes en sus márgenes de ganancia y, por lo tanto, en el costo final de los sistemas.
 - De acuerdo a la encuesta llevada a cabo con los proveedores, los márgenes de ganancia no están nivelados y varían significativamente. La encuesta no incluyó preguntas que pudieran medir el efecto que tiene la tardanza en el pago en el margen de ganancia que reportaron las empresas, pero es posible que tenga una influencia importante en ese margen y, por lo mismo, en los costos de los equipos.
 - Cabe señalar que esta situación ya se había señalado en el primer estudio de mercado, donde se refirió que “dadas las condiciones de bajo volumen de la demanda, la rentabilidad de los proveedores de los productos y servicios asociados a los sistemas fotovoltaicos para bombeo de agua tiene que descansar en relativamente altos márgenes unitarios de ganancia.”

c. *¿Mejoraron sustancialmente, como se presume, la calidad técnica y la capacidad de servicio de los proveedores de tecnología de aprovechamiento de energía renovable?*

En un sentido general, la respuesta es que la calidad técnica de los proveedores ha mejorado de manera importante con el PERA, aunque no puede todavía responderse la correspondiente a la

calidad del servicio, esto en la medida de que esto se reflejará a lo largo de varios años, en sus respuestas a las necesidades de mantenimiento de los equipos.

- Con la capacitación del personal, aunada a la experiencia ganada en campo, las empresas instaladoras han mejorado sustancialmente sus métodos de dimensionamiento y la selección de equipos y sistemas, lo que ha traído consigo un incremento importante en la eficiencia de los sistemas. La eficiencia promedio en el período 2001 – 2005 mejoró en un 33% pasando de un promedio de 25% a 33%.
- La mejora en la calidad es reflejo del interés de las empresas por la capacitación de su personal ya que, mayoritariamente, identificaron a la capacitación como un elemento importante para las empresas proveedoras de sistemas de bombeo con energía solar. De las 29 entrevistadas, 27 dijeron contar con personal capacitado y 21 consideran que ha influido “mucho” la capacitación de su personal en las ventas. Sin embargo, las empresas dicen que no han dependido de la capacitación que provee el PERA ya que sólo 15 (52%) reportaron capacitación por esta vía mientras que 20 empresas (69%) capacitaron por su cuenta a su personal. Ahora bien, 23 de las empresas (79%) reportan haber enviado a su personal a cursos de FIRCO.
- Aunque la gran mayoría de los productores participantes del PERA entrevistados manifestó no tener problemas con los equipos de energía solar, es importante señalar que 155 (más del 10%) haya referido problemas con estos equipos.
- A su vez, la encuesta señala que las asociaciones que tiene establecidas las empresas proveedoras se concentran en la venta y no en la instalación y el servicio. Prácticamente la mitad (14) de las empresas tienen algún tipo de asociación aunque el énfasis de esta asociación son las ventas y la promoción. Así, la mayor parte de éstas (9) lo tienen para vender y 6 para promover. Menos de una tercera parte (8) de las empresas tienen asociaciones para instalar y un número muy pequeño (3) se han asociado para dar mantenimiento a los equipos.

Así, el que las empresas no pongan suficiente prioridad en la instalación de los equipos y en el servicio a instalaciones en operación, puede convertirse en un problema en el mediano y largo plazos, cuando los equipos presenten problemas por desgaste o problemas relacionados a su exposición a la intemperie en condiciones de campo.

Es también importante señalar que la encuesta a los proveedores indica que una característica general de las empresas es que carácter de PyMEs y su origen principalmente tecnológico pero que tienen en general poca relación de origen con el mercado de productos y servicios agroindustriales, que es el que busca atender el PERA.

Uno de los fenómenos que es importante anotar tiene que ver con la concentración geográfica y el predominio de algunas empresas en el PERA:

- Los proveedores entrevistados están ubicados en 15 de los estados de la República Mexicana, aunque resalta el hecho que más de la tercera parte están ubicados en el centro del país (6 en el DF, 3 en Morelos y 2 en Edomex). Para el norte de México, donde se presentan las mejores condiciones para aprovechamiento de la energía solar para

actividades ganaderas y donde hay una mayor extensión territorial, se ubicaron nada más siete empresas proveedoras (una en BC, BCS, Coahuila y Durango, y dos en Nuevo León).

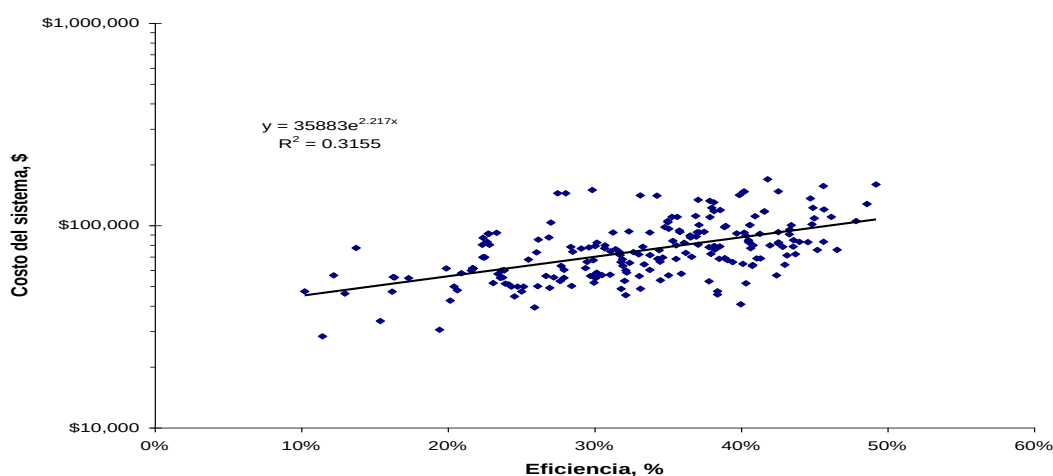
- La participación de las empresas en las licitaciones del PERA ha sido dispareja y puede estar reflejando ya una concentración de la oferta en unas cuantas empresas. Resalta el hecho que cinco empresas refieren haber ganado más del 60% de las licitaciones en las que han participado.

d. *¿Qué tanto sirvió y contribuyó el PERA para que se redujeran los precios y costos de la tecnología de aprovechamiento de las energías renovables y qué tan competitivos son ahora respecto de tecnologías convencionales?*

Una conclusión evidente y significativa del estudio es que los costos de los sistemas de bombeo con módulos fotovoltaicos se redujo durante y como resultado del programa.

- De acuerdo a análisis estadísticos de la información, la dispersión de precios de los sistemas se fue reduciendo a partir del año 2002, lo que representa una reducción del precio de mercado. Esta dispersión—y por lo tanto el precio—sigue disminuyendo en los años 2003 a 2005 y marcan una tendencia a la mejora sustancial.
- La disminución neta en los precios unitarios de los sistemas de bombeo fotovoltaico es proporcional a la variación de la eficiencia. Para el año 2005 se aprecia claramente ese comportamiento del precio con la eficiencia del sistema (Figura A).

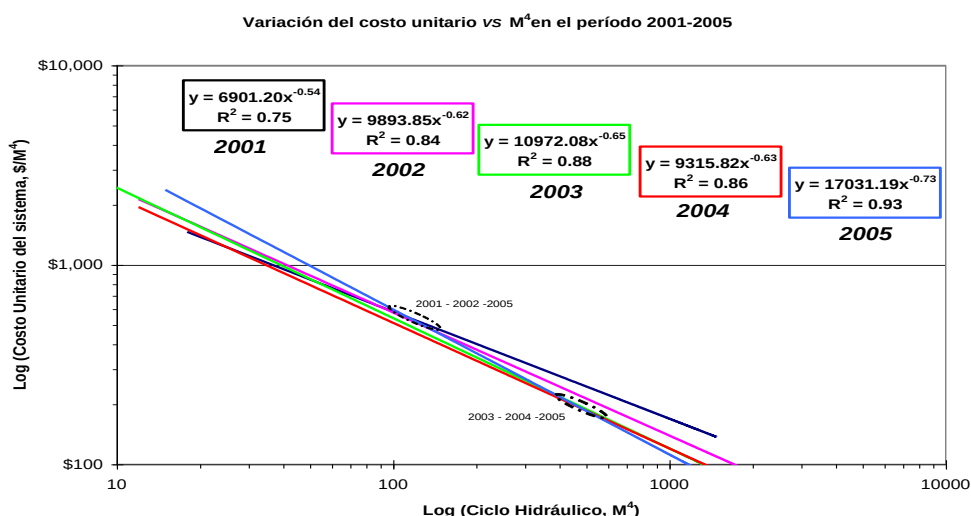
Figura A. Variación y dispersión del costo unitario de los sistemas de bombeo fotovoltaico para el año 2002.



La figura B muestra el conjunto de rectas que representan la variación de los costos unitarios para el período 2001 – 2005 en función del ciclo hidráulico. Es notorio, pero no de una manera

contundente, que la variación de precios es favorable para cuando el ciclo hidráulico supera el valor de 100 m⁴. Sin embargo, por debajo de este valor el precio se incrementó respecto a los años anteriores. Para fines comparativos, el precio más bajo en general se presentó en el año 2004. Este comportamiento, sin embargo, puede ser leído de múltiples maneras, y es muy probable que ese efecto sea la tendencia a la estabilidad de precios en el mercado nacional.

Figura B. Variación y dispersión del costo unitario de los sistemas de bombeo fotovoltaico para el período 2001 - 2005.



En conclusión, se puede dilucidar que, efectivamente, hubo una disminución sensible en los costos de los sistemas fotovoltaicos en un 22% promedio entre el año 2001 y 2005. Sin embargo debe señalarse que la tendencia es válida para el intervalo en el valor del ciclo hidráulico entre 100 y 1500 m⁴. Por debajo de 100 m⁴, el precio en esencia aumentó en el período un 5% promedio.

Por lo tanto, se puede afirmar que el PERA ha venido contribuyendo sustancialmente en la estabilidad de los precios y en su reducción de una forma sensible. Se puede aseverar que al año 2004 encontraron sus valores más bajos y ahora la tendencia es de un sensible incremento como una respuesta al incremento en los precios del Watt pico fotovoltaico en los mercados internacionales, desatado por la gran demanda que estos han tenido, sobre todo en el mercado europeo.

Igualmente—y referido a la competitividad de la tecnología fotovoltaica respecto de la tecnología convencional de generación de electricidad—y no obstante que las fotovoltaicas tengan una eficiencia relativamente baja, resulta rentable colocar estos sistemas en lugares apartados de la red a una distancia mayor a 1 kilómetro.

5. El análisis de cuatro tecnologías.

Como se refirió arriba, se llevaron a cabo estudios particulares para cuatro tecnologías: (a) bombeo de agua, (b) aplicaciones en agronegocios de tecnología fotovoltaica, (c) aprovechamiento de biogás y (d) calentamiento solar de agua. Estos estudios fueron realizados por expertos en cada uno de los temas. Para estos estudios se hizo una revisión del estado del arte de la tecnología, de sus

aplicaciones, del posible universo de usuarios, de sus costos actuales, de los elementos de costo, de su rentabilidad y de los elementos programáticos (financiamiento, asistencia técnica y promoción y difusión) con los que se pueden apoyar.

A continuación se hace una breve descripción de estos estudios.

a. *Bombeo de agua.*

Los sistemas fotovoltaicos pueden satisfacer un amplio rango de necesidades de bombeo que van desde pequeños hatos (menos de 20 cabezas de ganado) hasta requerimientos moderados de irrigación. Los sistemas de bombeo solar son sencillos, confiables y requieren de poco mantenimiento. Tampoco se requiere combustible. Estas ventajas deben considerarse cuidadosamente cuando se comparen los costos iniciales de un sistema convencional y un sistema de bombeo solar.

Las aplicaciones típicas y costeables con bombeo fotovoltaico son aquellas de relativamente baja demanda como abrevaderos para ganado y consumo humano. El riego de parcelas de cultivo pocas veces es costeable debido a su gran demanda de agua y bajo valor de las cosechas obtenidas. La excepción es cuando se trata de parcelas e invernaderos con sistemas de riego eficientes y cultivos de baja demanda de agua.

La evolución del mercado fotovoltaico en México.

La evolución del mercado fotovoltaico para el periodo 1992 – 2004 años se presenta en la Tabla X. El principal impulsor del mercado han sido los programas gubernamentales de electrificación rural. Puede claramente apreciarse que no existe ningún ejemplo de aplicación de conexión a la red eléctrica centralizado y es hasta el año 1997 que se instala por primera vez un sistema distribuido.

Tabla A. Evolución del mercado fotovoltaico en México en sus diferentes aplicaciones.

Mercado/ Aplicación	31 Dic. 1992	31 Dic. 1993	31 Dic. 1994	31 Dic. 1995	31 Dic. 1996	31 Dic. 1997	31 Dic. 1998	31 Dic. 1999	31 Dic. 2000	31 Dic. 2001	31 Dic. 2002	31 Dic. 2003	31 Dic. 2004
	kWp	kWp	kWp	kWp	kWp	kWp	kWp	kWp	kWp	kWp	kWp	kWp	kWp
doméstico fuera de red	5 200	6700	7920	8270	9020	9870	10673	11228	11828	12349	12943	13595	14169
no-doméstico fuera de red	200	400	900	950	1000	1150	1347	1692	2092	2614	3208	3536	4003
conectado a red distribuido	0	0	0	0	0	1.8	1.8	1.8	8.6	8.6	9.6	9.6	9.6
conectado a red centralizado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	5400*	7100	8220	9220	10020	11021	12021	12021	13928	14971	16160	17140	18181

*Las instalaciones FV realizadas antes de 1992 representan 3700 kW y fueron utilizadas en electrificación rural

Costos de los sistemas

La mejor manera de estimar el costo de un sistema de bombeo solar es obtener cotizaciones de uno o más proveedores locales. Sin embargo, el costo se puede estimar con la ayuda de datos sobre sistemas instalados recientemente. El costo total de un sistema instalado incluye lo siguiente:

- Costo de materiales y equipos con todos los impuestos aplicables
- Costo de instalación, garantías y acuerdo de mantenimiento
- Margen de ganancia de la empresa

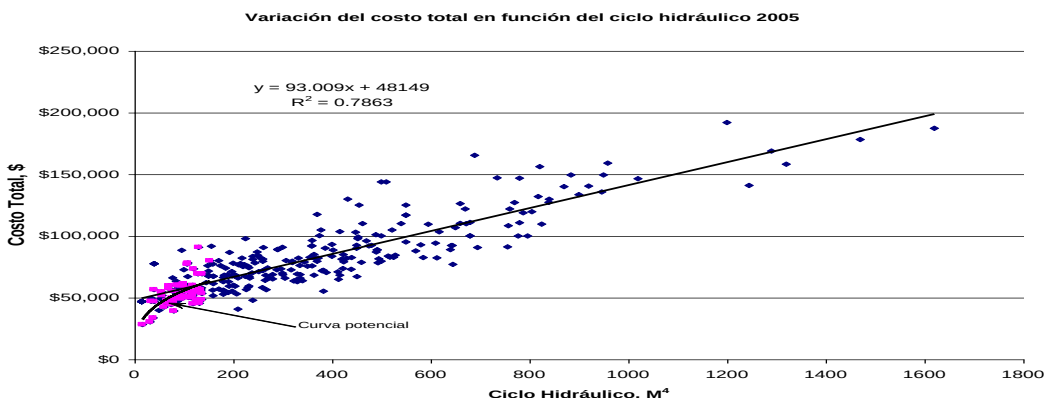
El costo de instalación (que incluye traslados), garantía y mantenimiento varían mucho de acuerdo al proveedor y el acceso al lugar del proyecto. Sin embargo, es raro que estos costos excedan el 30% del costo total del sistema. Los costos del sistema es función de tres parámetros principalmente:

- Ciclo hidráulico
- Tecnología energética empleada
- Distancia y dificultad de llegar al sitio de instalación

El ciclo hidráulico es el producto del volumen diario de agua en metros cúbicos por la carga dinámica en metros. En el sistema métrico el ciclo hidráulico tiene unidades de m^4 , que es una forma sintetizada de expresar la energía requerida por el sistema²

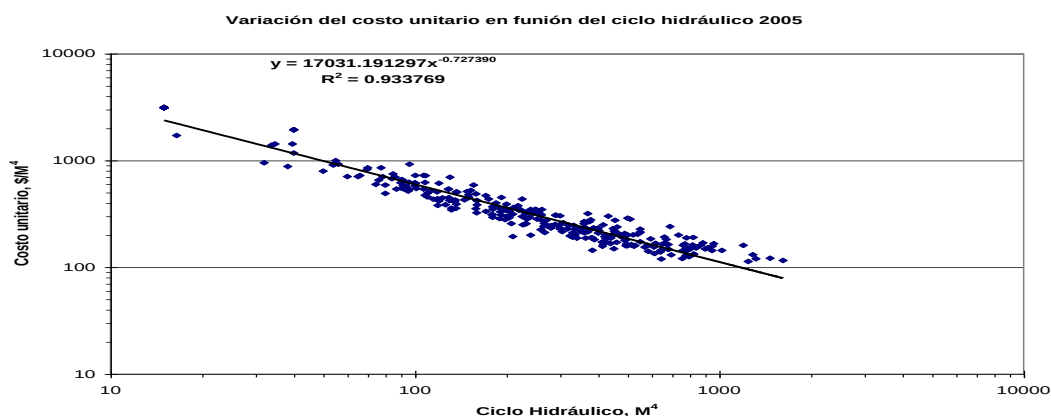
En la Figura C se presenta el comportamiento típico de los costos totales de un sistema de bombeo fotovoltaico en función del ciclo hidráulico y se observa que los costos totales, en general, se incrementan proporcionalmente respecto al ciclo hidráulico a partir de un valor de $100 m^4$.

Figura C. Variación de costo total de un sistema de bombeo fotovoltaico



El costo unitario tiene un comportamiento inverso, ya que entre mayor es el ciclo hidráulico son menores los costos del m^4 (Figura D).

Figura D. Costo unitario de los sistemas de bombeo fotovoltaico respecto m^4



Demanda actual

Del universo del mercado mexicano, el cual puede señalarse como todas aquellas pequeñas regiones dónde no llega actualmente la energía eléctrica, estimada en más de 65,000 poblaciones que aglomeran algo así como 800,000 familias, se han abordado menos de 2,000 y todas ellas requieren de agua potable en sus parcelas y hogares. Se estima también que existen alrededor de 600,000 ranchos dedicados a la agricultura y/o ganadería. En suma, ese universo incluye posibles sitios que pueden ser abastecidos con sistemas fotovoltaicos para bombeo de agua.

Conclusiones.

Dado que el análisis que se realiza a través de las encuestas se refiere específicamente a los sistemas de bombeo de agua con celdas fotovoltaicas, las conclusiones que se aplican más arriba para el PERA se aplican a esta tecnología.

b. Aplicaciones en agronegocios de tecnología fotovoltaica.

Un agronegocio puede definirse como una actividad productiva que contemple la producción agrícola o pecuaria de un producto (o animal) con fines de comercialización; es decir, la meta es producir con el mayor rendimiento posible habiendo contemplado un mercado probable para el producto, con el objeto de generar recursos económicos redituables a través de su venta o comercialización.

Los precios de las celdas fotovoltaicas en México

Actualmente, el precio promedio por Watt para venta al público al menudeo de módulos con potencia pico superiores a 60 W ofertado a nivel mundial se ubica entre los 5.2 y 6.9 \$US/Watt-

pico(Tabla B). Estos precios no incluyen el impuesto al valor agregado que asigna cada país en el proceso de comercialización.

Tabla B. Precio promedio para venta al público de la tecnología fotovoltaica ofertada al menudeo en el mercado internacional, en unidades de US\$/Watt -pico, para módulos de más de 60Watt- pico.

PAÍS	US\$/Watt-pico
Alemania	5.45
España	5.60
Japón	5.35
USA	5.20
México	6.90

Es claro que para un país dado, los precios al menudeo ofertados por un distribuidor tienden a variar de región a región, dependiendo de las rutas de proveeduría que tenga el vendedor y de su volumen de compra, respecto del distribuidor mayorista. Para el caso de México, el precio por Watt fluctúa entre los 6.10 US\$/Watt hasta 8.50 US\$/Watt. La discrepancia es debida sobre todo a los costos asociados en las líneas de proveeduría del vendedor analizado y del volumen de venta.

Sin embargo, para fines indicativos se puede considerar un precio aproximado de 6.50 US\$/Watt, el cual ha sido corroborado con algunos proveedores nacionales de módulos fotovoltaicos.

Aplicaciones en agronegocios.

Las posibilidades de aplicación de la tecnología fotovoltaica en actividades productivas que pueden establecerse como un agronegocio son muchas. Para este estudio se enumeran algunas, dejando en claro que no son las únicas actividades que se pueden implementar.

Refrigeración de leche. Una actividad productiva asociada a la ganadería es la ordeña y la conservación de la leche mediante refrigeración. La leche refrigerada se puede comercializar a mayor precio. Los clientes potenciales son el público en general y las compañías recolectoras del producto. Los ganaderos que proveen la leche pueden ser pequeños productores cuya capacidad de producción de leche por día no superan los 50 litros por ordeña. Un tanque comercial de 500 litros puede ser usado hasta por 5 productores con esa capacidad de producción.

Ordeña de vacas. Una ordeñadora típica con un motor de 1 HP puede ordeñar 12 vacas en una hora. Para un recurso típico promedio diario anual de 5.0 kWh/m², con un banco de baterías de plomo-ácido, el arreglo FV que suministrará la energía requerida debe tener una potencia pico de 750 W.

Invernaderos. En este caso se requiere energía para presurizar las líneas de riego tecnificado y/o para homogenizar la temperatura interna del mismo. En el caso de un invernadero de 1,000 m², con gastos típicos de agua no mayores a 1,250 litros por día, se requiere de una bomba de diafragma de 75 Watts si es que la fuente de agua es un contenedor sobre la superficie del terreno. A su vez, para homogeneizar la temperatura dentro de la nave es necesario el uso de un ventilador que opere con un motor de 75 Watts con tiempos de operación del orden de 4 horas al día.

Refrigeración de productos perecederos. La necesidad de conservar los productos provenientes de actividades de acuicultura, como son los pescados, camarones, y langostinos, los cuales necesitan refrigeración y congelación para mantenerlos comestibles para su posterior venta, requieren de sistemas de refrigeración. Existe en el mercado un refrigerador/congelador de 105 litros de capacidad que opera a 12V CD con consumos típicos promedio diario de 440 Wh. Con una potencia pico instalada de 110 Watts a 12 VCD el sistema de refrigeración producirá frío con temperaturas del orden de -2°C, suficientes para conservar los productos.

En la Tabla C se muestra el costo estimado para varias aplicaciones para los agronegocios.

Tabla C. Costos involucrados de sistemas FV en algunos proyectos para agronegocios.

Agronegoicio	Parámetro	Potencia Equipo (Watt)	Energía diaria (kWh)	Potencia Pico promedio (Watt)	Costo del Arreglo FV (US\$)	Baterías (A-hr) @12VCD	Inversión total US\$
<i>Refrigeración de leche</i>	Hasta 500 litros	1000	6.0	1,500	9,750	3000	22,912
<i>Ordeña</i>	18 vacas por turno	1000	3.0	750	4,875	1500	11,456
<i>Invernaderos 1000 m²</i>	Riego por goteo, 1250 litros/día	75	0.30	80	520	150	1,222
<i>Refrigeración de productos perecederos</i>	Hasta 100 litros	50	0.45	260	1,690	230	3,971
<i>Incubadora de huevos</i>	Hasta 60 huevos	30	0.30	80	520	150	1,222
<i>Iluminación en zonas de trabajo</i>	20 m ²	60	0.18	60	390	100	916

Costo Unitario del kWh.

La Tabla D muestra valores de costo unitario del kWh generado con sistemas fotovoltaicos en función de la potencia del arreglo fotovoltaico en el rango de 100 a 1000 Watts-pico, evaluada a 20 años, con una tasa de interés del 5%.

Tabla D. Costo del kWh de energía generado por sistemas fotovoltaicos evaluado en el tiempo de vida útil del arreglo FV (20 años).

Caso	POTENCIA (W)	RECURSO SOLAR (kWh/m ²)	ENERGÍA GENERADA EN 20 AÑOS kWh	INVERSION INICIAL (US\$)	INVERSION TOTAL (Valor presente)	Costo Unitario (US\$/KWh)
1	100	4.0	2,920	\$1,527	\$4,007	\$1.37
	100	6.0	4,380	\$1,527	\$4,007	\$0.91
2	500	4.0	14,600	\$7,635	\$14,195	\$0.97
	500	6.0	21,900	\$7,635	\$14,195	\$0.65
3	1,000	4.0	29,200	\$15,270	\$28,070	\$0.96
	1,000	6.0	43,800	\$15,270	\$28,070	\$0.64
4	20,000	4.0	584,000	\$220,000	\$256,000	\$0.44
	20,000	6.0	876,000	\$220,000	\$256,000	\$0.29

Los valores encontrados varían notablemente, de 0.29 a 1.37 US\$/kWh. Estos resultados indican las economías de escala que se pueden lograr en aplicaciones mayores. Es evidente que, entre menos potencia tenga el sistema, más cara es la energía. Igualmente, entre más recurso solar se tenga disponible, la energía generada será más barata. Así, los sistemas de potencias mayores instalados en sitios de recurso solar grande, generarán electricidad al menor costo.

Demanda potencial.

Considerando únicamente las componentes de *agronegocios*, es decir excluyendo la componente relacionada con el bombeo de agua para abrevaderos, el universo de las Unidades Productivas Probables es cercano a 65,000 las que requerirán una potencia pico de ~18.7 MW con una inversión promedio de \$ 286 millones de dólares.

Ahora bien, la capacidad de aportación económica del productor agropecuario, en la consolidación de los agronegocios, limita su participación y reduce considerablemente el número de productores potenciales. Por ejemplo proyectos como iluminación para aves, refrigeración de leche o de producto agrícola, y aireamiento piscícola, son proyectos con una alta inversión inicial. Sólo aquellos productores con capacidad de aportación inicial pueden adquirir dichos equipos. Del Censo Agrícola Ganadero y Ejidal de 1990 se desprende que sólo el 17% del universo de productores poseen poder económico que los haga candidatos a adquirir esta tecnología para ese tipo de proyectos que requieren de una alta inversión inicial.

Usando ese argumento, el universo probable de usuarios es de cerca de 11,800 agronegocios que demandarán una potencia pico de 3.2 MW, estimándose una inversión total de cerca de 50 millones de dólares (Tabla E).

Tabla E. Actividades agrícolas que pueden fortalecer usando tecnología FV para transformarla en agronegocios relacionadas con las unidades Productivas.

AGRONEGOCIO	Universo de Usuarios	Potencia unitaria del arreglo FV (kW)	Potencia del arreglo FV (kW)	Inversión*** MUS\$ (\$15.27 US\$/Watt)
Refrigeración leche; 500 litros **	3,950	1.45	5,727.50	\$87.46
Ordeña; 36 vacas en dos turnos**	3,950	0.75	2,962.50	\$45.24
Invernaderos 1000 m ² (riego y aspersión) **	3,950	0.15	592.50	\$9.05
Refrigeración de producto perecedero (pescado, marisco); 105 litros**	3,950	0.18	711.00	\$10.86
Incubadora de huevos**	3,950	0.075	296.25	\$4.52
Iluminación (procesamiento de pescado y marisco)*; 100 m ² @50 W/m ²	865	0.25	216.25	\$3.30
Iluminación para aves *(2000 m ²)	865	5	4,325.00	\$66.04
Bombeo de agua para abrevaderos*	33,587	0.4	13,434.80	\$205.15
Aireamiento piscícola para acuicultura*	865	1.5	1,297.50	\$19.81
Cercos eléctricos para pastoreo	44,025	0.02	880.50	\$13.45
Refrigeración de producto perecedero (frutas, legumbres y verduras, etc)**; 1.0 m ³	865	1.8	1,557.00	\$23.78
Control de plagas agrícolas, linternas de 9W, 1 Ha de terreno	2,000	0.1	200.00	\$3.05
TOTAL	102,822		32,200.80	\$491.71

* Se ha usado el 25% de los usuarios del rubro: “otros usos”

** Se ha usado el 10% de los usuarios del rubro actividades productivas

*** La estimación del monto de inversión se ha calculado al considerar el costo promedio de sistemas típicos en 15.27 US\$/W incluyendo la instalación del mismo.

c. *Aprovechamiento de biogás.*

El biogás es un gas combustible producido por bacterias en el proceso de biodegradación de material orgánico en condiciones anaeróbicas, es decir, sin oxígeno. Es una mezcla de gases en donde predomina el metano y el dióxido de carbono. El metano es el último eslabón en el proceso de biodegradación y es un gas inflamable que, mediante una sencilla adaptación, puede ser utilizado para ser quemado para obtener calor.

La producción de biogás a través de la digestión anaeróbica depende de las características y tipo de la materia orgánica, así como de la cantidad de la misma. En términos generales, el biogás puede ser obtenido de las aguas residuales orgánicas y de residuos orgánicos sólidos, como el estiércol, desechos de pastos o desechos urbanos (basura). La tecnología utilizada para convertir los residuos sólidos y líquidos en biogás es el biodigestor, que es donde ocurren los procesos de fermentación anaeróbica referidos arriba.

Las variables más importantes en la producción de biogás, son el tipo de sustrato o nutrientes disponibles, la temperatura del sustrato, la carga volumétrica, el tiempo de retención, el grado de mezclado y la presencia de inhibidores del proceso. Por lo mismo, para controlar este proceso se han desarrollado diversos modelos de digestores que responden a las características de la materia prima a utilizar, la aplicación que se le dará al biogás, las exigencias de los niveles de descontaminación, y el costo-beneficio de los equipos, entre otros.

La calidad y cantidad de estiércol producido depende de la edad del animal, su tamaño y peso³. El tipo de dieta es otro factor que influye en la determinación de la cantidad de excretas (por ejemplo, el ganado alimentado con dietas altas en concentrado no producirá tanto estiércol como el alimentado con dietas altas en fibra).

Producción unitaria de metano

El volumen de biogás que se puede producir es función de las características de las especies de animales y de las calidades y cantidades de estiércol. Cabe señalar que el tratamiento que se le da a las excretas es factor principal en cuanto a la cantidad de biogás producido. Los índices de producción de biogás en función de peso de excretas secas varía de 0.33 a 0.7 m³ por kilogramo de excreta seca (Tabla F).

Tabla F. Porcentaje de metano en el biogás según el animal productor de las deyecciones.

Tipo	Producción promedio diaria de estiércol húmedo (Kg/día-cabeza)	Cantidad de biogás útil ⁴ (m ³ / kg)	%CH ₄	Cantidad de metano (m ³ /día-cabeza)	Peso del metano (kg día-cabeza)
Vacuno	26.24	0.04	55	.577	0.598
Porcino	4.21	0.08	55	.185	0.192
Avícola	0.08	0.04	65	.002	0.002

Aplicaciones en agronegocios

En la actualidad se ha presentado una demanda por el aprovechamiento de biogás en diversos usos y aplicaciones, además de la necesidad de resolver problemas ambientales, relacionados con la reducción de olores y vectores de transmisión de enfermedades que conlleva este aprovechamiento.

³ Algunas estimaciones indican que la cantidad de estiércol producida por un día es el 8% del peso del animal

⁴ Se refiere al biogás que se puede aprovechar como combustible.

Dentro de las principales motivaciones para el consumo de biogás destacan:

1. Su uso para la quema directa, mediante convenios con empresas dedicadas a la comercialización de los denominados “bonos de carbono”, mediante el desarrollo de proyectos bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) a partir del estiércol.
2. Su aprovechamiento para la generación de energía eléctrica y calórica
3. Su aprovechamiento directo para iluminación y uso directo para la cocción de alimentos.
4. Su aprovechamiento para la generación de electricidad y calor en rastros, mediante el procesamiento de desechos de vísceras, intestinos y sangre de los animales.

Instalaciones que manejan animales

Se identificaron tres universos de instalaciones que manejan animales: establos lecheros, granjas porcinas y rastros.

Establos Lecheros. De acuerdo a las fuentes de información más recientes, las existencias de vientres bovinos para la producción de leche ascendía a poco más de 1.9 millones cabezas, distribuidas en 297 mil unidades de producción. Los sistemas productivos donde existe mayor posibilidad de utilización del estiércol es el especializado (intensivo y dedicado nada más a la producción de leche) y el de doble propósito (también llamado semiespecializado).

Granjas porcinas. En el caso de la porcicultura, y en función de su caracterización por su nivel tecnológico, existen básicamente tres sistemas: tecnificado, semitecnificado y de traspatio, cuya participación dentro de la producción nacional es de 58%, 12%, 30% respectivamente. Las excretas aprovechables deben provenir de los sistemas tecnificado y semitecnificado, lo que equivale a 10.2 millones de cabezas. Uno de los grandes problemas que enfrentan las granjas porcinas tecnificadas y semitecnificadas es el relacionado con la contaminación de los cuerpos de agua, por lo que requerirán de sistemas de tratamiento de desechos que atiendan el cumplimiento de la normatividad sobre aguas residuales; y la opción más viable, que además les dará beneficios en la instalación de biodigestores. Por tanto, las 1,500 granjas porcinas ya mencionadas demandan realmente este tipo de sistemas.

Rastros. En México se sacrifican cerca de 14 millones de animales al año, de los cuales poco más de 6 millones se sacrifican en rastros Tipo Inspección Federal (TIF) y el resto en rastros municipales. El total de animales sacrificados de especie bovina llega a poco más de 4.3 millones, mientras que 9.1 millones son de especie porcina. Los rastros TIF son buenos candidatos a ser demandantes de sistemas de biogás. Esto es así porque sus procesos productivos y su incorporación dentro del mercado nacional e internacional requieren de certificaciones de calidad. Además, los beneficios del aprovechamiento del biogás para generación de electricidad les permitirán utilizar energía para sus procesos de frío, escaldado e iluminación. De hecho, en los proyectos de construcción de rastros TIF nuevos, se ven casos que ya prevén la incorporación de dichos sistemas. Respecto a los rastros municipales, se tiene conocimiento que algunos de ellos están interesados en incorporar digestores para el tratamiento de sus desechos. Principalmente aquellos que están siendo absorbidos por la mancha urbana.

Producción de biogás aprovechable

En resumen, el potencial total de biogás a nivel nacional, en consideración de la producción de biogás aprovechable, asciende a 2,714 millones de m³ de biogás al año (Tabla G).

Tabla G. Producción potencial de biogás aprovechable energéticamente.

Tipo de ganado	Nº de Cabezas (Millones)	Producción de Biogás (Millones de m ³ /año)
Unidades de producción aprovechables (Millones)		
Bovinos Carne	1.8	672.3
Bovinos Leche	1.9	754.6
Porcinos	10.2	1,222.6
<i>Subtotal</i>	<i>13.9</i>	2,649.5
Nº de animales sacrificados		
Bovino	4.4	8.5
Porcino	9.1	12.8
Ovino	0.2	0.1
Caprino	0.2	0.2
Equino	(25.5 mil)	0.0
Aves	489.0	2.9
<i>Subtotal</i>	<i>502.9</i>	24.6
GRAN TOTAL		2,674.1

Precios de los equipos

Digestores. El precio de digestores varía significativamente y depende de tipo de animal, de su tamaño y de su número. De acuerdo a experiencias internacionales, estos varían de 120 a 1,300 miles de dólares americanos (Tabla H).

Tabla H. Costos estimado de digestor de acuerdo al tipo de operación (Miles de US\$)

Tipo de operación	Categoría	Nº de animales	Bajo	Medio	Alto
Cerdos	Pequeña	5,000	120	180	240
Cerdos	Grande	20,000	375	562	750
Vacas Lecheras	Pequeña	1,000	235	352	470
Vacas lecheras	Grande	4,000	650	975	1,300

Precios de motores generadores. El precio de los equipos para generación de electricidad está en función de la capacidad requerida lo cual, a su vez, está determinado por el tamaño de la operación (Tabla I).

Tabla I. Costos de equipos de generación eléctrica
(Miles de US\$)

No.	Tipo de motor		Precio (Moneda Nacional)	Precio (En otra moneda)
	Tamaño (kW)	Marca		
1	5	Colema/Briggs	15, 000	-
2	10	Colema/Briggs	33,000	-
3	15	Colema/Briggs	-	US\$4,400
4	20	Colema/Briggs	-	US\$8,500
5	50	Colema/Briggs	-	US\$13,000
6	50	Planta Perkins	176,500	-
7	55	Sproesser	-	US\$88,540.00 Unidad Básica más accesorios
8	60	Planta Perkins	191,500	-
9	170	Motor a Biogás Guascor FG180	-	337,861 Euros

Economía de los proyectos

Para analizar la economía de la producción y aprovechamiento del biogás analizaremos seis casos distintos aplicables a los tres universos (establos lecheros, granjas porcinas y rastros) en dos dimensiones de proyecto (Tabla J).

Tabla J. Costos iniciales, gastos e ingresos anuales y saldo positivo (Valores en miles de pesos)

Costo/Beneficio	Establos lecheros		Granjas porcinas		Rastros	
	500	1,000	5,000	10,000	300	1,000
Costo Anualizado del Generador Eléctrico	180	360	300	600	120	360
Costo Anualizado del Digestor	850	1,000	850	1,000	850	1,000
Costo total	1,030	1,360	1,150	1,600	970	1,360
Ingresos por CERs	146	292	215	430	88	292
Reducción de facturación anual	325	650	541	1,083	217	650
Gastos O&M	36	60	36	60	36	60
Saldo positivo anual	435	882	720	1,453	268	882

Visto desde el punto de vista de período de recuperación de la inversión, las inversiones en digestores y plantas eléctricas para los seis casos considerados tienen períodos de recuperación de

poco más de un año (para la granja porcina de 10,000 cabezas con recuperación de Certificados de Reducción de Emisiones) hasta de cerca de 4.5 (para el rastro con capacidad de 300 animales y sin recuperación de Certificados de Reducción de Emisiones) (Tabla K).

Tabla K. Períodos simples de recuperación de la inversión (En años)

	Establos lecheros		Granjas porcinas		Rastros	
No de cabezas	500	1,000	5,000	10,000	300	1,000
Período simple de recuperación (S/CERs)	3.17	2.09	2.12	1.48	4.48	2.09
Período simple de recuperación (C/CERs)	2.37	1.54	1.60	1.10	3.62	1.54

Conclusiones

De acuerdo a los cálculos económicos, es claro que los proyectos son rentables y más aún si aprovechan el Mecanismo de Desarrollo Limpio y se venden los Certificados de Reducción de Emisiones como metano evitado.

Por supuesto, existen economías de escala que se reflejan en mayor rentabilidad para los proyectos más grandes.

Por lo mismo, éste universo de proyectos no requieren de subsidios o de apoyo económico directo del estado para ser rentables para los dueños de las inversiones.

Sin embargo, por la novedad de la tecnología y la poca experiencia y capacidad que se tiene en México, es muy recomendable que exista un intenso apoyo y supervisión técnica apoyada por el estado.

Igualmente, sería útil incluir esquemas de garantía a las inversiones, lo cual puede reducir el riesgo de las mismas.

d. Calentamiento solar de agua.

El calor de baja temperatura tiene una gran variedad de aplicaciones en actividades productivas. Puede ser aprovechado para los procesos de crianza y engorda de aves y animales para mantener ciertos niveles de temperatura en espacios cerrados o para higiene. Puede también ser usado en los procesos de transformación en productos para comercialización, ya sea para limpieza, desinfección o preparación para procesamientos que requieren mayores intensidades energéticas.

Una forma de obtener este calor es a través de sistemas de calentamiento de agua, los cuales pueden proveer de agua caliente directamente o como fluido primario en procesos de intercambio de calor.



El calentamiento solar de agua es un proceso relativamente simple que se puede lograr de varias formas. De manera convencional, esto se puede lograr a través de sistemas que utilizan calentadores y/o calderas que funcionan con combustibles fósiles (como gas LP o diesel). Otra forma de lograrlo es a través de sistemas que aprovechan la energía solar.

Calentadores solares

Un calentador solar es un dispositivo que capta la radiación solar, la transforma en energía térmica y la transfiere a un fluido de trabajo, generalmente agua. Para los propósitos del presente análisis se consideran los equipos que funcionan para calentar el agua por debajo de su punto de ebullición⁵, es decir, sin un cambio de estado a vapor.

A su vez, los calentadores solares pueden clasificarse para los propósitos del presente estudio en tres tipos: solares planos, de tubos evacuados (o de vacío), colectores de concentración.

Colectores solares planos. Estos equipos funcionan captando la energía solar en aletas o placas captadoras conectadas térmicamente a tubos por donde circula el fluido a calentar. Los tubos generalmente corren en paralelo y comienzan y terminan en un cabezal común. Las aletas y los tubos pueden ser de una variedad de materiales, predominando el cobre, el plástico (polipropileno) y el aluminio. Las aletas que conforman el absorbedor tienen un recubrimiento que permita la mejor colección de energía solar, esta puede ser mediante una superficie con obscura (pintura negra) o bien por medio de una superficie selectiva, misma que mejora la eficiencia del calentador.

Calentadores solares de tubos evacuados. La principal característica este tipo de colectores es que el absorbedor se encuentra dentro de una cámara que se le ha extraído el aire, con la finalidad de evitar pérdidas térmicas por conducción y convección. Dentro de los calentadores solares de tubos evacuados existen diversas tecnologías. La primera de ellas consiste en un tubo de vidrio al vacío que contiene un tubo de metal o tubo de calor, en el cual existe un cambio de fase. El segundo consiste en un tubo en U por donde pasa el fluido. El tercero consiste en tubos concéntricos.

Colectores solares de concentración. Existen los concentradores parabólicos compuestos CPC que son estacionarios y son para temperaturas del rango mencionado en este escrito. Están conformados por espejos cóncavos y parabólicos orientados en un punto determinado concentran la energía de la radiación solar. Son eficaces sólo con luz solar directa, y tienen que seguir el movimiento del Sol. Este tipo de colector, que puede alcanzar altas temperaturas.

Aplicaciones en agronegocios

El agua caliente se utiliza en diversos procesos del sector agropecuario, entre los que destaca el tratamiento a frutas y verduras, el escaldado en rastros, y la limpieza e higiene del personal que trabaja en la industria. Las temperaturas requeridas varían dependiendo de la aplicación y los

⁵ El punto de ebullición es la [temperatura](#) a la cual un [elemento](#) o [compuesto químico](#) pasa del estado [líquido](#) al estado [gaseoso](#), o a la inversa se denomina punto de condensación. (es.wikipedia.org)

calentadores solares se pueden utilizar para calentar el agua a la temperatura de uso o como precalentador de la misma (Tabla L).

Tabla L .Temperatura de agua caliente para procesos del sector agropecuario⁶

INDUSTRIA	PROCESO	NIVEL DE TEMPERATURA (°C)
Conservas de vegetales	Escaldado (congelación)	110 – 120
	Esterilización	95 – 100
Bebidas	Limpieza y desinfección	70 - 90
Lácteos	Deshidratación	120 – 180
	Pasterización	72 – 85 (corto)
		62 – 65 (largo)
		130 – 150 (UAT)
	Cuajo	35
	Concentrados	60 – 80
	Alimentación de agua a la caldera	60 – 90
Bebidas	Limpieza y desinfección	70 – 90
Pescados y mariscos	Limpieza, esterilización, envase y cocción	95 - 100
Alimentos infantiles	Cocción	70 - 100
	Esterilización	110 - 125
Cárnicos	Lavado, cocción y limpieza.	60 – 90
	Cocción	90 - 100
Productos madereros	Termodifusión en vigas	80 – 100
	Secado	60 – 100
	Precalentamiento de agua	60 – 90
	Preparación de pulpa	120 – 190

En el campo de las aplicaciones de la energía solar no existe todavía una experiencia amplia en agronegocios. De acuerdo a la información que se tiene sobre los mercados locales e internacionales de las tecnologías de aprovechamiento de la energía solar para calentamiento de agua, la aplicación más importante de los sistemas solares térmicos corresponde a la generación de calor a baja temperatura para el calentamiento de agua en sistemas domésticos.

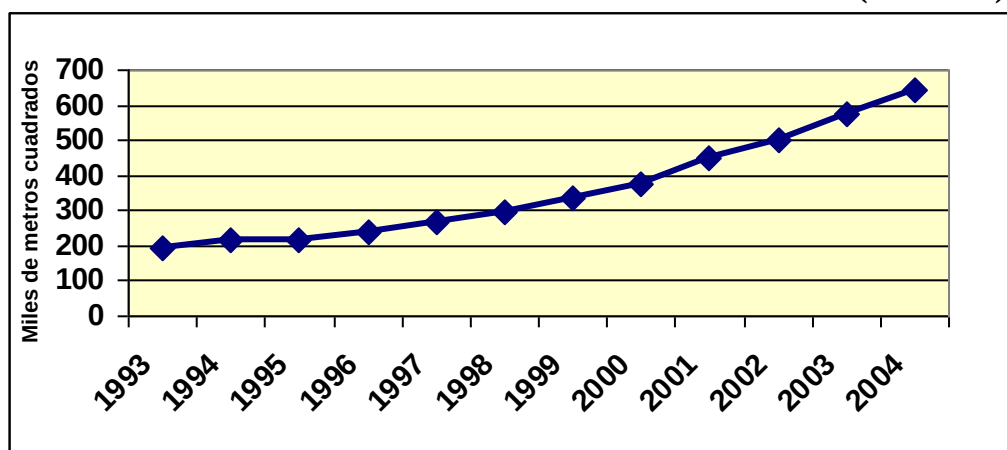
Mercado actual

En México se fabrican calentadores solares planos desde hace más de cincuenta años y en la actualidad existen un México—desde hace varias décadas—un conjunto más de varias decenas de fabricantes y/o distribuidores de estos equipos, además de que operan algunos importadores.

⁶ Tomado de Pilatowsky et. al. 2005. La Utilización de la Energía Termosolar en el Sector Industrial.

De acuerdo al Balance Nacional de Energía 2004, se tenían instalados más de 650 mil metros cuadrados de este tipo de sistemas en ese (Fig. E).⁷

Figura E . Metros cuadrados de calentadores solares instalados en México (1993-2004).



Fuente: Balances Nacionales de Energía 1993-2004, México

El mercado más importante en la actualidad se presenta en el sector servicios (principalmente hoteles y centros deportivos) lo que se refleja en que el 79% de las ventas son de sistemas utilizados en albercas. La mayoría de estos sistemas son hechos de plástico y son importados.

La demanda de sistemas para procesos industriales, donde es incluido el sector agropecuario, es pequeña, representando poco más del 4% de las ventas.

Costo de los equipos

Los precios de un calentador solar varían dependiendo de la tecnología ofertada, de 300 a 800 \$US (Tabla M).⁸

**Tabla M. Precios de calentadores solares
(Mayo de 2006)**

Tipo	Precio por m ² (US\$)
Colectores solares planos	300
Colectores de tubos evacuados de baja calidad	300
Colectores de tubos evacuados de alta calidad	650

Fuente: Investigación de ENTE SC

⁷ Balance Nacional de Energía 2004, México

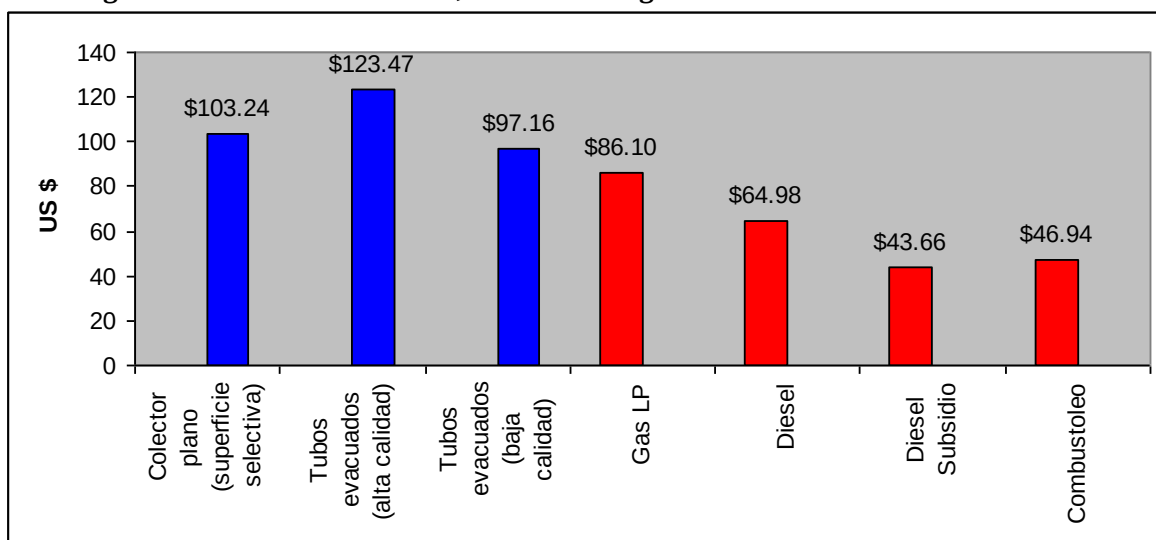
⁸ Para establecer los precios de los calentadores solares en México se pidieron cotizaciones realizaron encuestas telefónicas a proveedores de calentadores solares de la República Mexicana identificadas en Internet y en la sección amarilla, esta ultima en Internet e impresa. Se consultaron 34 empresas.

Costos unitarios

Los sistemas de calentamiento solar de agua varían según la temperatura a la que se busca calentar el agua. Para los propósitos del presente estudio se consideran dos situaciones: (a) como sistema de calentamiento directo (a 90° C) o como precalentamiento (50° C).

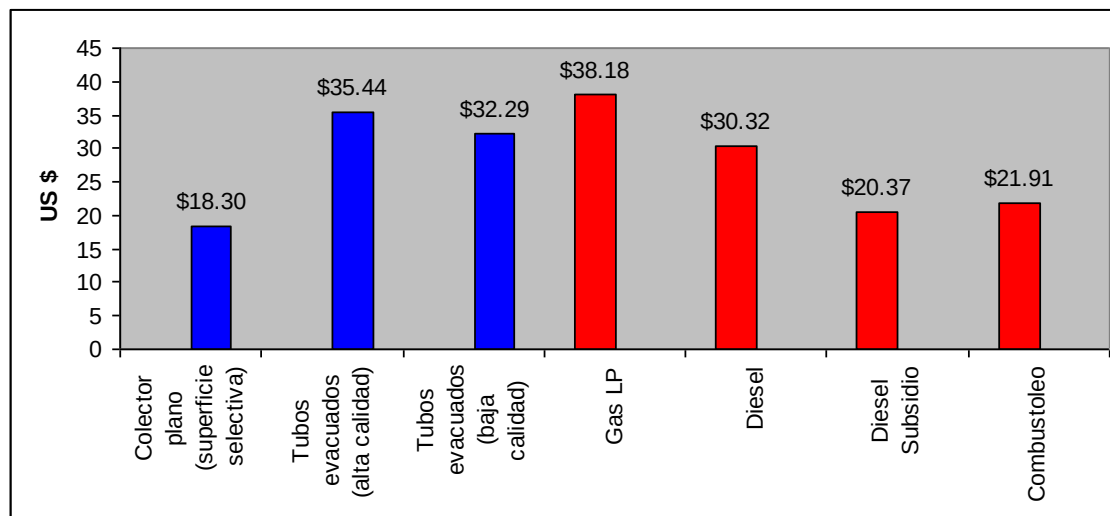
Calentamiento directo. El calentamiento directo supone que el agua pasa directamente del colector a la aplicación. Para esto se calculó el costo de calentar 10,000 litros de agua a 90° C, el cual varía según la tecnología. Para valores de las diversas variables que determinan el costo unitario, la tecnología de calentamiento solar más económica es la de tubos evacuados de baja calidad (que requieren varias reposiciones a lo largo de su vida útil). Sin embargo, no es más económica que la alternativa de sistemas convencionales, donde el más económico es el de calderas con diesel subsidiado (Fig. F).

Figura F. Costo de calentar 10,000 litros de agua a 90° C con diversas alternativas



Precalentamiento. El precalentamiento supone elevar la temperatura del agua hasta cierta temperatura para luego usar sistemas convencionales para elevarla a la temperatura de aplicación. Para esto se estima el costo de calentar 10,000 litros de agua a 50° C, el cual varía según la tecnología. Para valores de las diversas variables que determinan el costo unitario, el calentador solar plano con superficie selectiva tiene el menor costo unitario (\$18.3) mientras que el gas LP tiene el mayor costo unitario (\$38.18) (Fig. G).

Figura G. Costo de calentar 10,000 litros de agua a 50° C con diversas alternativas



Conclusiones

Para precalentar agua a 50° C en un rastro que maneja 1,000 cabezas diarias de ganado bovino se requieren poco más de 1,500 metros cuadrados de captación solar, lo que requiere una inversión que puede ir de medio millón (tubos evacuados de baja calidad) a un millón de pesos (tubos evacuados de alta calidad).

Para calentar 10,000 litros de agua a 90° C, la tecnología de calentamiento solar más barata como inversión inicial es la de tubos evacuados de baja calidad (que requieren varias reposiciones a lo largo de su vida útil). Sin embargo, no es más económica que la alternativa de sistemas convencionales, donde el más económico es el de calderas con diesel subsidiado.

Como costo unitario, para calentar 10,000 litros de agua a 50° C (como precalentamiento) el calentador solar plano con superficie selectiva tiene el menor costo unitario de calentamiento mientras que el gas LP tiene el mayor costo unitario.

De manera general, se puede considerar que, en el contexto de usos para la ganadería, el mercado potencial es, en números redondos, de 150,000 instalaciones que pueden ser consideradas para utilizar calentamiento solar de agua.

La rentabilidad del calentamiento solar depende de la aplicación y la mayor rentabilidad se logra como sistema de precalentamiento.

Las tasas de interés tienen un papel fundamental en el financiamiento de las instalaciones solares. Buscar los mecanismos para obtener tasas preferenciales es una tarea que garantiza el éxito del desarrollo de utilización solar en el sector.



Sin embargo, por la novedad de la tecnología y la poca experiencia y capacidad que se tiene en México, es muy recomendable que exista un intenso apoyo y supervisión técnica apoyada por el estado.

Igualmente, sería útil incluir esquemas de garantía a las inversiones, lo cual puede reducir el riesgo de las mismas.



II. INTRODUCCIÓN

México enfrenta grandes retos para llevar adelante un desarrollo integral de su población, en particular la que se ubica en zonas rurales.

Las grandes distancias existentes entre los centros urbanos y las poblaciones de muy baja concentración demográfica donde habitan cerca de cinco millones de habitantes dificulta y encarece el acceso de éstos a servicios de fácil acceso en centros urbanos. En particular, las dificultades y el alto costo para disponer de electricidad y de otros energéticos, que permiten obtener una gran variedad de servicios energéticos (frío, luz, fuerza motriz, calor, comunicaciones), son una gran limitante para el desarrollo de éstas comunidades.

Precisamente, uno de los nichos de oportunidad más importantes para las energías renovables en México es la electrificación y el suministro de servicios energéticos para comunidades y para actividades productivas ubicadas en zonas rurales. En primer lugar, porque en la actualidad cualquier extensión de la red eléctrica por más de dos kilómetros para llegar a un centro de consumo pequeño ya no es rentable. En segundo lugar, porque la falta de electrificación de las zonas rurales se ha convertido en un pasivo social que detiene el desarrollo de comunidades donde vive un número significativo de mexicanos y las energías renovables pueden ser la forma más económica de resolverlo. Lo es también porque, precisamente, es el rural el contexto donde se ubica el recurso de energía renovable, ya sea como radiación solar, caídas o corrientes de agua, viento o biomasa en diversas formas.

Sin embargo, a lo largo de varias décadas, el acceso a la electricidad ha estado condicionado a la extensión de los sistemas centralizados de suministro. Una primera razón de esta situación tiene ver con el hecho de que el costo de la tecnología que aprovecha las energías renovables resulta relativamente alto cuando se compara con la inversión que se requiere para un sistema convencional que funciona con combustibles fósiles o cuando se comparan sus costos unitarios de amortización contra las tarifas que se cobran a los usuarios en zonas urbanas.

Una segunda razón es que la labor de electrificación la han realizado tradicionalmente las empresas eléctricas y su vocación natural es la extensión de la red y no la operación de cientos de pequeños sistemas autónomos que requieren de una tecnología y supervisión distinta a la que operan las empresas eléctricas.

Otra razón es que—también tradicionalmente—se ha visto a los posibles usuarios del sector rural como usuarios sin capacidad de pago y que, por lo tanto, requieren de grandes subsidios para poderles dar electricidad.

Sin embargo, nuevos paradigmas sobre la electrificación rural en general están teniendo un impacto en las perspectivas de quienes son responsables de cumplir los compromisos de llevar electricidad a estas comunidades. De los nuevos paradigmas el más importante es el que pone por delante a las posibilidades productivas de una comunidad—más allá del mero acto de llevar luz a los hogares rurales. Otro paradigma es el que plantea que la electrificación rural se puede lograr por la extensión de una red de suministro de bienes y servicios y no solo por la de una red eléctrica.



Así ubicado, el esfuerzo que realiza el Gobierno de México a través del Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) y con el apoyo del Fondo Mundial del Medio Ambiente (GEF por sus siglas en inglés) tiene un significado estratégico importante no solo para el desarrollo de las comunidades y de las actividades productivas en el medio rural, sino del desarrollo del aprovechamiento de las energías renovables en particular.

Al representar un proyecto de vanguardia que integra las necesidades productivas con las posibilidades de las energías renovables, el Proyecto de Energías Renovables para la Agricultura (PERA) representa un paso muy importante en la evolución hacia las aplicaciones económicamente sustentables de estas formas de energía. De esta manera, el presente estudio de mercado se ubica como una perspectiva y una prospectiva de transición hacia un mayor y mejor aprovechamiento de las energías renovables en México.



III. OBJETIVO DEL ESTUDIO DE MERCADO

El presente estudio de mercado se ubica en la etapa final del Proyecto de Energía Renovable para la Agricultura (PERA) y su objetivo es el de conocer y dimensionar la condición actual y potencial de los usos y aplicaciones de las fuentes de energía renovable en el sector agropecuario, así como su distribución espacial local, regional y nacional, identificando las perspectivas de crecimiento y las estrategias para su mejor evolución y desarrollo.

En particular, el estudio responderá a las siguientes preguntas:

1. ¿Contribuye el Proyecto de Energía Renovable para la Agricultura (PERA) como instrumento valioso y significativo para el desarrollo del aprovechamiento de las energías renovables, particularmente en el área rural?
2. ¿Cuáles son las recomendaciones para asegurar que el PERA contribuya de la mejor manera posible al futuro desarrollo del aprovechamiento de las energías renovables en México?
3. ¿Mejoraron sustancialmente, como se presume, la calidad técnica y la capacidad de servicio de los proveedores de tecnología de aprovechamiento de energía renovable?
4. ¿Qué tanto sirvió y contribuyó el PERA para que se redujeran los precios y costos de la tecnología de aprovechamiento de las energías renovables y qué tan competitivos son ahora respecto de tecnologías convencionales?

Por lo mismo, el presente estudio tiene los siguientes objetivos específicos:

- a. Analizar y determinar el efecto que el Proyecto de Energía Renovable para la Agricultura en México (PERA) ha tenido en el desarrollo y evolución de la oferta, demanda, canales de comercialización y precios de la tecnología de aprovechamiento de energía renovable en el sector agropecuario, además de proyectar las tendencias de este mercado a cinco años en función del estrato socioeconómico y tecnológico de los posibles usuarios y su distribución espacial en el país.
- b. Formular un documento que, en su caso, justifique y dé fundamento a la continuidad y expansión a mayor escala del PERA y que sirva, también en su caso, para la gestoría y solicitud de un crédito externo del Banco Mundial para ese propósito.
- c. Elaborar una propuesta de ajuste y reorientación de las estrategias nacionales para un mayor desarrollo del mercado de la tecnología de aprovechamiento de las energías renovables en el sector rural en México.
- d. Identificar prácticas novedosas y alternativas que mejoren las actuales de comercialización de los equipos que utilizan energía renovable. Esto incluye el proponer esquemas de asociación entre los diversos tipos de empresas involucradas en la fabricación, distribución, instalación y mantenimiento de éstos equipos de manera que se reduzcan los costos asociados a la operación de estas empresas.
- e. Actualizar el directorio de empresas fabricantes, armadoras, distribuidoras y proveedoras de servicios relacionados a la tecnología de aprovechamiento de las energías renovables en el sector rural por tipo de servicio y por entidad federativa.



- f. Analizar el comportamiento de los precios de los sistemas de energía renovable durante el período de duración del PERA, determinando la influencia de este proyecto en dicho comportamiento.

IV. LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN MÉXICO EN 2006

a. Situación general

Existen claras evidencias de que México tiene abundantes recursos energéticos renovables. Sin embargo, además de que estos recursos han sido pobremente evaluados, la riqueza petrolera del país—entre otras razones—ha llevado a que su aprovechamiento haya sido muy limitado, por lo que las posibilidades de desarrollo son enormes. Esta situación persiste aún y cuando la preocupación por el aprovechamiento de las energías renovables ha estado presente por varias décadas en México, y que sean numerosas—aunque relativamente marginales—las actividades alrededor de su aprovechamiento.

En este sentido, la parte importante del desarrollo de las energías renovables de México se inicia hace cerca de treinta años, período en el que se han venido desarrollando prototipos, proyectos, industrias e instituciones relacionadas a dicho aprovechamiento. De manera general, resalta la actividad de investigación y desarrollo que arranca en la mitad de la década de los setentas y que continua hasta la fecha por parte de un amplio conjunto de universidades e institutos, nacionales y regionales, a lo largo y ancho del país. Igualmente importante, y estrechamente ligada a esta actividad, ha sido lo realizado por la Asociación Nacional de Energía Solar, ANES la cual ha unificado, a través de sus reuniones anuales a lo largo y ancho del país, a esta comunidad de investigación y desarrollo.

b. Potencial energético

Aún y cuando los recursos de energías renovables de México no han sido evaluados de manera amplia y consistente y existe una clara carencia de información útil y confiable para desarrollo de proyectos, la información de que se dispone permite referir a este potencial de manera general.

Energía solar.

En México se han integrado—hace ya más de un par de décadas—mapas de radiación solar basados en imágenes provenientes de satélites y apoyados en algunas mediciones sistemáticas para algunas localidades. Este conocimiento grueso indica que más de la mitad del territorio nacional presenta una densidad energética de 5 kWh por metro cuadrado.

Considerando una tecnología de conversión directa de energía solar a electricidad (con una eficiencia de 10%), esto puede significar, por cada metro cuadrado, que se obtengan 0.5 kWh, energía suficiente para operar un refrigerador pequeño de alta eficiencia o tres lámparas ahorradoras de 15 Watts (equivalentes a incandescentes de 60 W) por diez horas por día.

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.



Energía eólica.

El potencial de aprovechamiento del viento en México está siendo apenas explorado con suficiente amplitud y detalle. De acuerdo a 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 región de La Ventosa en el Estado de Oaxaca es de más de 33,000 MW en cerca de 7,000 km² (que corresponden al 17% del territorio de ese estado del sur de México). Esto hace claramente suponer que el potencial nacional ha sido subestimado y que la suma de recursos explotables sea de varios órdenes de magnitud superior a lo referido arriba.

De acuerdo a algunas mediciones y a evidentes condiciones locales de viento intenso, las regiones que se consideran con mayor potencial—además de La Ventosa, en Oaxaca—se encuentran en la costa de Quintana Roo; los alrededores de Pachuca, Hidalgo; el sur de Coahuila; el cerro de la Virgen en la ciudad de Zacatecas; y en Baja California, donde las mejores zonas están en las sierras de La Rumorosa y San Pedro Mártir (274 MW).

Minihidráulica.

La minihidráulica también presenta altos índices de recurso aprovechable. Globalmente, este potencial se estima superior a los 11,500 MW, lo cual incluye plantas de varios cientos de MW. De acuerdo a la Comisión Federal de Electricidad (CFE), el potencial de generación de electricidad a través de plantas de menos de 5 MW (minihidráulicas) es de alrededor de 3,000 MW. Por su parte, un estudio de la 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. 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.

Bioenergía.

En México, sin que exista una evaluación precisa del universo de posibilidades de este tipo de recurso, se ha estimado un amplio potencial de aprovechamiento de sus diversas formas. Se considera que el potencial técnico de la bioenergía en México se encuentra entre 2,635 PJ/año y 3,771 PJ/año. Este valor representa entre el 43.56% y el 62.33% de la oferta interna bruta de energía primaria en 2002, que es igual a 6049.37 PJ. Entre el 17% y el 36% proviene de los combustibles de madera, el 26 % de los agro-combustibles y el 0,6 % de los subproductos de origen municipal.

Se estiman además 73 millones de toneladas de residuos agrícolas y forestales con potencial energético, y aprovechando 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.

En las comunidades rurales aisladas del país se satisfacen la mayor parte de sus necesidades energéticas con biomasa: se estima que la leña provee cerca del 75% de la energía de los hogares rurales. En el sector agroindustrial, específicamente la industria de la caña de azúcar, se ha establecido un potencial de generación de electricidad, a partir del bagazo de caña, superior a 3,000 GWh al año.

Asimismo, la Conae calcula que se pueden instalar 0.7 MW de capacidad por cada millón de toneladas de basura depositada en un relleno sanitario (sitio diseñado para confinar residuos sólidos urbanos sin agresión al entorno ecológico). El IIE ha estimado en 90 mil toneladas diarias la producción de residuos urbanos susceptibles de explotación para una capacidad de 300 MW. 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 (que puede producir, cada hato, cerca de 10 MWh/año).

Geotermia.

La CFE ha establecido un potencial de aprovechamiento de la energía geotérmica en México que supera los 2,400 MW, si bien su viabilidad depende del desarrollo de tecnología para su aprovechamiento. Las zonas de aprovechamiento en México se concentran actualmente en el estado de Michoacán y en el de Baja California, muy cerca de la frontera con los Estados Unidos.

c. Niveles actuales de aprovechamiento

Generación de electricidad

Información de la CFE indica que en el año 2004 se generaron 25,076 GWh como hidroelectricidad y 6,577 GWh en plantas geotérmicas. A su vez, de acuerdo a cifras oficiales de la Comisión Reguladora de Energía (CRE), a finales de 2005 se tenía un total de 54 permisos para la generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables bajo las modalidades de autoabastecimiento, cogeneración y exportación.

Para Mayo de 2006 y para instalaciones mayores a 500 kW en capacidad (que es la capacidad a partir de cual hay que tramitar y obtener un permiso de generación), se tenían 24 permisos con una capacidad de 1,312 MW para plantas que operan con energías renovables. De éstos, solo 72 MW (9 plantas) estaban operando (Tabla IV-1).

Tabla IV-1. Permisos para plantas con energías renovables al 1 de Mayo de 2006

<i>Estado</i>	<i>No</i>	<i>Capacidad (MW)</i>	<i>Generación (GWh-año)</i>	<i>Tamaño promedio (MW)</i>
En operación	9	72	4,900	8.1
En construcción	15	1,240	357	82.1
TOTAL	24	1,312	5,257	43.0

Fuente:

Del total de los permisos para plantas con energías renovables que ya operan, resaltan tres permisos con biogás—todos en ciudad de Monterrey y para suministrar electricidad para servicios municipales—y con 18.2 MW de capacidad. Con una capacidad similar (18.1 MW) están dos ingenios azucareros que operan desde antes de 1992. También están registrados tres proyectos hidráulicos con 16.1 MW (uno de ellos operando de antes de 1992). El permiso restante—que es el único para una planta eólica privada en operación—es por 0.55 MW y para una planta cementera en el norte de México (Tabla IV-2).

Tabla IV-2. Permisos para plantas con energías renovables (en operación)

Permisionario	Capacidad autorizada (MW)	Energía autorizada (GWh/año)	Energético primario	Actividad económica	Ubicación de la planta
Papelera Veracruzana	1.3	3.3	Agua	Papelero	veracruz
Hidroelectricidad del Pacífico	9.2	37.0	Agua	Maquilador	Jalisco
Proveedora de Electricidad de Occidente	19.0	76.3	Agua	Municipal	Jalisco
BSM Energía de Veracruz	12.8	25.1	Bagazo de caña	Indust. Diversas	Veracruz
Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey	1.6	14.0	Biogas	Municipal	Nuevo leon
Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey	9.2	40.2	Biogas	Municipal	Nuevo Leon
Kimberly-Clark de Mexico	10.0	86.4	Licor negro y gas natural	Papelero	Veracruz
Bioenergía de Nuevo Leon	8.5	66.6	Biogas	Municipal	Nuevo Leon
Conservas La Costeña	1.0	8.1	Biogas y gas natural	Alimentos	Estado de Mexico
TOTAL	72.4	357.0			

Fuente: www.cre.gob.mx

Calentamiento de agua.

En México se fabrican calentadores solares planos desde hace más de cincuenta años y en la actualidad existen en México—desde hace varias décadas—un conjunto más de 50 pequeños fabricantes de estos equipos, además de que operan algunos importadores. La Asociación Nacional de Energía Solar ha estimado que, para 2004, se tenían instalados cerca de más de 640 mil metros cuadrados de este tipo de sistemas, la mayoría de ellos en Guadalajara, Cuernavaca y Morelia aunque, de manera creciente en zonas hoteleras de Quintana Roo y el Pacífico. El mercado más importante en la actualidad se presenta en el sector servicios (principalmente hoteles y centros deportivos), aunque existe una demanda, sostenida pero relativamente pequeña, de sistemas para uso en los hogares.

Sistemas térmicos de concentración solar.

En México se han construido dos instalaciones de este tipo de sistemas y ambas fueron instaladas en la década de los ochentas con fines experimentales. Una se ubica en la Ciudad de México, fue diseñada y construida por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, y ha sido la base para



investigaciones posteriores en nuestro país. La otra instalación se realizó bajo un programa de colaboración con el gobierno de Alemania (Sonntlan) y se ubicó en una población de pescadores en Baja California. Esta planta fue posteriormente desmantelada. Actualmente esta tecnología se desarrolla en cuando menos dos centros de investigación aplicada: el Instituto de Investigaciones Eléctricas y el Centro de Investigaciones en Energía de la UNAM.

Sistemas fotovoltaicos.

En México ha habido tres programas de tamaño considerable con esta tecnología. El primero, que fue realizado en los años setentas, fue para las llamadas telesecundarias, las cuales son aulas en zonas rurales y que se apoyan de sistemas de televisión que funcionan con electricidad proveniente de sistemas fotovoltaicos.

El segundo, realizado hacia el final de los ochentas, se orientó a la electrificación de viviendas en el sector rural. Se instalaron más de 40 mil sistemas. De acuerdo al Balance Nacional de Energía 2002, en México se instalaron, entre entre 1991 y 2000, cerca de 53 mil sistemas de electrificación rural para un total de 3.2 MW. En este caso, sin embargo, la mayoría de los equipos dejaron de operar a no haberse integrado componentes de mantenimiento y reparación a la estrategia del programa.

El tercer programa es el programa que analiza este estudio (y se describe ampliamente más adelante) y mediante el cual se instalaron -entre 2001 y 2002- 431 sistemas de bombeo de agua para un total de 0.24 MW.

En total, de acuerdo a la Prospectiva del Sector Eléctrico 2005-2014, la capacidad instalada de sistemas fotovoltaicos se incrementó de 15.1 a 16.1 MW entre 2003 y 2004, generando más de 8,800 MWh/año para electrificación rural, bombeo de agua y refrigeración.

Energía eólica.

Además de lo referido arriba como generación privada, la CFE tiene en operación una central eoloelectrica de 1.5 MW de capacidad en La Venta, Oaxaca. En Guerrero Negro, en la península de Baja California, opera desde diciembre de 1998 una central eólica con una capacidad de 600 kW. Asimismo, en algunos estados de la República tales como Chihuahua y Sonora, se utilizan sistemas eólicos para bombeo mecánico de agua.

Minihidráulica.

Aparte de los permisos referidos arriba, en México existen minicentrales en operación en la CFE y Luz y Fuerza del Centro. Su potencia conjunta asciende a 36.78 MW, con una generación estimada en 125.65 GWh.

Biogás.

En México la bioenergía representa el 5.8% de la demanda de energía primaria y está concentrada en el uso de leña como combustible residencial y en las pequeñas industrias, así como en el bagazo de caña en ingenios. Los principales bioenergéticos empleados son el bagazo de caña (usado para la





generación eléctrica y/o térmica en la industria azucarero) y la leña (fundamentalmente usada para calefacción y cocción de alimentos).

En 2004 se consumieron 91 Petajoules de bagazo de caña y 258.4 Petajoules de leña. México produce al año 45 millones de litros de bioetanol que actualmente no se usa como combustible sino en la industria química.

Como se refiere arriba, al 2005 la Comisión Reguladora de Energía autorizó 19 MW para generar 120 GWh/año con biogás, 70 MW para generar 105 GWh/año con bagazo de caña y 224 MW para generar 391 GWh/año con sistemas híbridos (combustóleo-bagazo de caña).

Geotermia.

En geotermia se tiene una capacidad instalada de 960 MW en plantas ubicadas principalmente en Michoacán y Baja California. En el 2004 se generaron más de 6500 GWh/año.

d. Prospectiva

El Programa Sectorial de Energía 2001-2006 de la Secretaría de Energía establece que para el 2006 se habrán incorporado por lo menos 1,000 MW adicionales a la capacidad instalada de generación de electricidad, a partir de fuentes renovables de energía (excluyendo las grandes hidroeléctricas programadas por el Gobierno Federal a través de la Comisión Federal de Electricidad).

De acuerdo a la información de la CRE, la capacidad en permisos de plantas en construcción que aprovechan energías renovables perfila un crecimiento importante ya que suman 1,240 MW. Sin embargo, el 85% de esta capacidad se ubica en proyectos que operan con viento—en la modalidad de autoabastecimiento—y este tipo de proyectos, a pesar de instrumentos regulatorios que han sido desarrollados explícitamente para facilitarlos, se encuentran hoy en día detenidos. El resto de la capacidad de plantas en construcción corresponde a hidráulicas, que suman 143 MW en 9 plantas.

Sistemas fotovoltaicos.

Por su parte, el llamado “Programa de Energía Renovable para la Agricultura” del Fideicomiso de Riesgo Compartido ya cuenta con el apoyo del Global Environmental Facility (GEF) del Banco Mundial y, con una inversión de 35 millones de dólares, pretende instalar 1,152 sistemas para bombeo de agua y enfriamiento de productos agrícolas.

Energía eólica.

A su vez—y de acuerdo a la Prospectiva del Sector Eléctrico 2005-2014—la CFE considera la instalación de más de 590 MW en tres plantas a ubicarse en La Ventosa, Oaxaca. Precisamente, la paraestatal está ya licitando la central La Venta II, la cual tendrá una capacidad de 85.8 MW. Las bases de una licitación internacional para la construcción, operación y mantenimiento de esta planta fueron publicadas a mediados de junio del 2004. Esta planta será propiedad de la CFE, la cual se encargará de su operación. Se encuentra preparada para licitar la central La Venta III con una capacidad de 101 MW y cuatro proyectos similares se encuentran en la fase de estudios de factibilidad y prefactibilidad.



Energía hidráulica.

Además de lo que se perfila a través de los permisos para los particulares, la CFE tiene en estudio 19 proyectos hidroeléctricos nuevos por 6,845 MW, más la ampliación de la capacidad instalada en 1,728 MW en otros siete proyectos.

Geotermia.

También de acuerdo a la Prospectiva del Sector Eléctrico 2005-2014, la CFE tiene en su catálogo tres nuevos proyectos geotérmicos (en Baja California, Jalisco y Puebla) por una capacidad de 232 MW.

e. Oportunidades por sectores y tecnologías

Calentamiento solar de agua.

México presenta muchas oportunidades para el uso de la energía solar para el calentamiento de agua. El hecho de que el recurso solar sea abundante, que los precios de los combustibles usados para este propósito (en particular el gas LP) estén presionados al alza y que exista necesidad de mejorar la calidad del aire en las ciudades, permite vislumbrar un mayor uso de esta tecnología.

Se estima que si toda la energía que actualmente se utiliza en casas y en hoteles en México fuese proveída totalmente con calentadores solares, serían utilizados cerca de 38 millones de metros cuadrados de calentadores solares.

En este sentido hay dos iniciativas de regulación (una voluntaria y otra obligatoria) relacionadas a esta tecnología. La primera, es una norma técnica voluntaria que establece el rendimiento de este tipo de equipos y garantiza un nivel mínimo de calidad de fabricación. La segunda, promovida por la autoridades del Gobierno de la Ciudad de México, es una disposición que hace obligatorio el uso de sistemas de calentamiento solar de agua en instalaciones industriales y comerciales nuevas. Ambas iniciativas tienen un nivel significativo de avance.

Sistemas fotovoltaicos para electrificación rural.

De acuerdo a la CFE, el servicio de energía eléctrica llega al 95.4% de la población, por lo que quedan por electrificar 73,457 localidades con un número reducido de habitantes clasificados por su nivel de población, 3,925 localidades de 100 a 2499 habitantes y 69,532 localidades con una población menor a 100 habitantes. También se estima que existen 600 mil granjas sin servicio de energía eléctrica.

El gobierno federal mexicano apoya la electrificación rural a través de transferencias de recursos a gobiernos estatales y municipales para inversiones en infraestructura y desarrollo social, aunque estos recursos—debe anotarse—no están etiquetados para un uso particular y los gobiernos locales tienen la facultad de decidir sobre su uso. Esta última situación, las actuales limitaciones





presupuestales del gobierno mexicano y la pobreza de esas comunidades dificulta la electrificación de éstas en un futuro cercano.

En el presente estudio se amplía la información sobre las posibilidades de aplicación y de aprovechamiento de energía solar a través de celdas fotovoltaicas.

Energía eólica.

El recurso eólico en México es evidentemente significativo y no ha sido, prácticamente, explotado. Esto representa decenas de miles de MW que se pueden aprovechar en equipos grandes y pequeños. Su empleo particular en bombeo de agua para el sector agropecuario es una alternativa atractiva que puede evaluarse en las regiones donde existe un potencial eólico suficiente para este fin.

Biomasa.

Las oportunidades que existen en México para el aprovechamiento de la biomasa, aunque pobremente evaluadas, son muchas y variadas. La generalización del aprovechamiento del biogás de basureros y rellenos sanitarios es inminente en un porcentaje alto de los más de 2,400 municipios de México. A su vez, el uso del biogás de desechos de la actividad ganadera ya empieza a ser considerado seriamente y está movido por necesidades ambientales (esta aplicación es analizada a detalle en el presente estudio).

Por su parte, subproductos de las actividades agrícolas y forestales, además de la posibilidad de cultivos energéticos, son técnicamente factibles y sólo requieren de promotores dispuestos a llevarlos adelante. Finalmente, el hecho de que este tipo de proyectos tengan un alto valor de mitigación por que involucran la reducción de emisiones de metano, los hace muy atractivos en el contexto del Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto. (Anexo 4)

Cogeneración.

Una de las posibles aplicaciones de la biomasa es la de la cogeneración (ver Anexo 1). De acuerdo a la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) existe en México un potencial de cogeneración que, por el lado optimista, llega a cerca de 15,670 MW. De este potencial resalta lo que se puede conseguir en instalaciones de PEMEX (Petroquímica y Refinación) con cerca de 4,500 MW, además de existir oportunidades, superiores a 1,100 MW por sector, para las industrias química, de alimentos, del acero, de la celulosa y papel y del cemento (Tabla IV-3).

Tabla IV-3. Potencial de cogeneración en México

SECTOR	Capacidad (MW)
Petroquímica (PEMEX)	3,026
Química	1,943
Refinación (PEMEX)	1,469
Alimentos	1,416
Acero	1,388
Celulosa y papel	1,335
Cemento	1,179
TOTAL	15,689

Fuente: www.conae.gob.mx/cogeneracion/

Poco del potencial estimado por la Conae se ha aprovechado. De acuerdo a la CRE, en enero de 2005, se tenían 193 permisos para cogeneración y autoabastecimiento (sin considerar los de energías renovables) en México, para una capacidad instalada de 5,328.3 MW bajo tres categorías: (a) los que están en operación y que fueron instalados antes de la entrada en vigor de la Ley del Servicio Público de la Energía Eléctrica en 1992, (b) los que están en operación a partir de la entrada en vigor de dicha ley y (3) los que están en construcción (Tabla IV-4).

Bajo esta perspectiva, 49% de la capacidad (80 de los 193 permisos) corresponde a plantas instaladas antes de la entrada en vigor de la Ley de 1992 y 5% a plantas en construcción. De las plantas en operación posteriores a 1992, el 74% (2,446.0 MW) corresponden a categoría de autoabastecimiento, mientras que el 26% restante lo están bajo la categoría de cogeneración (872.7 MW).

En términos de capacidad promedio, el valor más alto corresponde a las plantas de cogeneración instaladas antes de 1992 (78.6 MW) mientras que el valor más bajo lo tienen las de autoabastecimiento actualmente en operación (27.1 MW) (Tabla IV-4).

Tabla IV-4. Permisos, capacidad total y capacidad promedio para cogeneración y autoabastecimiento en México, Enero de 2005

<i>Estado</i>	Cogeneración			Autoabastecimiento			Total		
	No	Capacidad (MW)	Promedio (MW)	No	Capacidad (MW)	Promedio (MW)	No	Capacidad (MW)	Promedio (MW)
En operación e instalados antes de 1992	7	550.0	78.6	73	2,061.0	28.2	80	2,611.0	32.6
En operación e instalados después de 1992	22	872.7	39.7	81	1,573.3	19.4	103	2,446.0	23.8
Actualmente en construcción	2	102.6	51.3	8	168.7	21.1	10	271.3	27.1
TOTAL	31	1,525.3	49.2	162	3,803.0	23.5	193	5,328.3	27.6

Fuente: www.cre.gob.mx

Por su parte, la mayoría de las plantas bajo la modalidad de cogeneración (13 de 22 plantas) son turbinas de gas o de vapor, representando el 60% de la capacidad instalada. En autoabastecimiento, después de las plantas que operan en ciclo combinado y/o lecho fluidizado, la mayor capacidad y número de plantas corresponden a combustión interna (65 plantas para 159.2 MW).

Visto desde una perspectiva de actividad económica, la CRE reporta permisos para cogeneración y autoabastecimiento para 16 actividades distintas. Por capacidad instalada resalta la industria cementera (250 MW en una planta), mientras que por número de permisos resaltan las de servicios (28 permisos) y las industrias varias (24 permisos). Solo se tiene registrada una planta relacionada al sector agrícola-ganadero (Tabla IV-5).

Tabla IV-5. Plantas y capacidad de cogeneración y autoabastecimiento por sectores de actividad económica (plantas en operación a partir de 1992), Enero de 2005

No.	Actividad económica	Cogeneración			Autoabastecimiento			Total		
		No	Capacidad (MW)	Promedio (MW)	No	Capacidad (MW)	Promedio (MW)	No	Capacidad (MW)	Promedio (MW)
1	Agrícola y ganadero	-	-	-	1	2.2	2.2	1	2.2	2.2
2	Alimentos	4	20.6	5.2	20	79.1	4.0	24	99.7	4.2
4	Cementero	-	-	-	1	250.0	250.0	1	250.0	250.0
5	Farmacéutica	1	6.5	6.5	2	11.2	5.56	3	17.7	5.9
6	Indust. Diversas	2	289.2	144.6	8	783.8	98.0	10	1,073.0	107.3
7	Manufacturero	-	-	-	2	10.4	5.2	2	10.4	5.2
8	Maquilador	-	-	-	1	7.5	7.5	1	7.5	7.5
9	Minero	-	-	-	3	264.9	88.3	3	264.9	88.3
10	Papelero	7	81.3	11.6	1	10.0	10.0	8	91.3	11.4
11	Petrolero	1	306.0	306.0	8	81.4	10.2	9	387.4	43.0
12	Petroquímico	2	126.2	63.1	-	-	-	2	126.2	63.1
13	Químico	4	34.5	8.6	3	3.7	1.2	7	38.1	5.4
14	Servicios	-	-	-	28	34.8	1.2	28	34.8	1.2
15	Textil	1	8.4	8.4	1	1.6	1.6	2	10.0	5.00
16	Turismo	-	-	-	2	32.8	16.4	2	32.8	16.4
	Total	22	872.7	39.7	81	1,573.3	19.4	103	2,446.0	23.8

Fuente: www.cre.gob.mx

V. EL PROGRAMA DE ENERGÍAS RENOVABLES PARA LA AGRICULTURA

En México, el desarrollo de la tecnología asociada al aprovechamiento de las energías renovables y de las redes de productos y servicios que les son complementarios en el mercado—junto con la implementación de programas de fomento—han permitido que se haya abierto un espacio de oportunidad para hacer posible el acceso a la electricidad de comunidades alejadas de las redes eléctricas centralizadas donde esto ha estado limitado por el costo de este tipo de acceso.

a. Antecedentes.

Como se ha referido arriba, en México han habido tres programas de tamaño considerable que han integrado el aprovechamiento de energía solar a través de celdas fotovoltaicas. El primero, que fue realizado en los años setentas, fue el relacionado a la instalación de un sistema de las llamadas telesecundarias, las cuales son aulas ubicadas en zonas rurales y que se apoyan de una señal que llega a un televisor que funciona con electricidad generada con sistemas fotovoltaicos. El segundo, realizado hacia el final de los ochentas, se orientó a la electrificación de viviendas en el sector rural y en él se instalaron más de 50 mil sistemas.

El Proyecto de Energía Renovable para la Agricultura (PERA), es un programa que tiene sus antecedentes en los trabajos realizados por los Laboratorios Sandía bajo el patrocinio del Departamento de Energía de los Estados Unidos (USDOE) hacia principios de los años noventas, cuando se hacen unas cuantas instalaciones orientadas a aplicaciones agrícolas (bombeo de agua y frío para conservación de alimentos) en localidades fuera de la red eléctrica en zonas rurales, principalmente en Chihuahua. En 1994—y en función del éxito de la primera etapa demostrativa—el programa se amplía con el apoyo de la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos (USAID) y se llegan a instalar cerca de 200 sistemas utilizados específicamente para bombeo de agua.

El éxito y la proyección de esos dos programas lleva a considerar la realización de uno de mayor escala con el apoyo del Global Environmental Facility (GEF) del Banco Mundial. Así, con una inversión de 35 millones de dólares, se establece el Proyecto de Energía Renovable en la Agricultura (PERA) con una meta inicial de instalación de 1,152 módulos para bombeo de agua y enfriamiento de productos agrícolas. El programa se enfoca, principalmente, a eliminar barreras de mercado a través del desarrollo de proveedores e incluye componentes de mecanismos de financiamiento a través de proveedores, capacitación de usuarios y proveedores, normas técnicas para equipos y sistemas, y certificación de productos y proveedores.

b. Objetivos

Más específicamente, el Proyecto de Energía Renovable en la Agricultura busca demostrar las aplicaciones productivas de la energía renovable en el sector agropecuario, a través de:

1. Instalación en predios de productores líderes de este tipo de sistemas con proyectos productivos que sirvan de demostración.



2. Promover la asistencia técnica intensiva para la aplicación de los sistemas de energía renovable en proyectos productivos, mediante un apoyo económico a los técnicos participantes.
3. Capacitación de técnicos.
4. Promoción para la adopción de la energía renovable.
5. Mayor conocimiento del mercado.
6. Establecimiento de especificaciones para el diseño e instalación de este tipo de sistemas.
7. Estudios de desarrollo tecnológico para nuevas aplicaciones de la energía renovable (tanque lechero, ordeñadoras, cuarto frío, etc.)
8. Certificación de técnicos y empresas.

Por lo anterior, el proyecto tiene dos objetivos globales en particular:

- Eliminar las barreras que han impedido el uso generalizado de la energía solar y eólica, específicamente en su aplicación productiva, entre los productores agropecuarios de México, lo que permita llevar a cabo inversiones de la misma manera en la que se realizan en la Alianza para el Campo.
- Reducir los costos de implementación de estos sistemas solares fotovoltaicos y eólicos, y aumentar la experiencia, conocimiento, así como los volúmenes de venta en el mercado.

Los objetivos propuestos son consistentes con el Programa Operacional del Global GEF, el cual apoya la promoción para la adopción de energía renovable, eliminando las barreras y reduciendo los costos de implementación.

c. El papel del Global Environmental Facility (GEF).

Particularmente, el apoyo del GEF pretende servir para: (a) reducir o eliminar las barreras de información tanto a los prestadores de servicio y vendedores de los sistemas, como a los productores que adquieran los equipos; (b) ayudar a los distribuidores que proporcionan el servicio de energía renovable a consolidar sus operaciones comerciales en el país y reducir sus costos de implementación, a través de economías de escala; (c) mejorar y estandarizar la calidad de los proyectos productivos requeridos para la instalación de los sistemas.

d. Enfoque

Los enfoques del PERA son iguales a los que asume el Proyecto ALCAMPO, los cuales guardan una estrecha relación con la naturaleza de los proyectos productivos.

Desarrollo de Mercado. Se busca, en primer lugar, el desarrollo del mercado al reducir el desconocimiento y la incertidumbre respecto de las tecnologías de energía renovable en el sector agropecuario, propiciando el fortaleciendo a las empresas que se encuentran actualmente en el mercado y el surgimiento de nuevos fabricantes y distribuidores, todo ello en beneficio de los



productores al lograrse una disminución del costo de los equipos y el desarrollo de nuevas aplicaciones.

Orientación productiva. El PERA contempla rubros de inversión y de asistencia técnica, y de forma indirecta los de investigación y capacitación de técnicos. Bajo este enfoque se incide en forma directa en el incremento a la productividad, además de que se estimula la investigación sobre el manejo de los recursos naturales, la protección del medio ambiente con base en la productividad y se fortalece la investigación adaptativa a fin de generar opciones de producción para los pequeños productores.

Integralidad. La integralidad se encuentra dada por las inversiones productivas que inciden en actividades de fomento pecuario que capitaliza y eleva los ingresos de los productores, los servicios de apoyo a la producción que se enfocan hacia las actividades de asistencia técnica, capacitación y de transferencia tecnológica, y el fortalecimiento institucional dirigido hacia las actividades de capacitación y de supervisión técnica, apoyos para el diseño y operación de un sistema de seguimiento y evaluación del Proyecto, estudios y consultorías específicas.

Sustentabilidad. La sustentabilidad de los proyectos que utilizan energía renovable, se logra al conservar los recursos agroecológicos de los productores, tomando en cuenta la necesidad de incrementar los resultados productivos. En este sentido, los proyectos promueven las tecnologías holísticas, donde incorporan “como un todo” al productor con el medio ambiente; el mercado de los productos; los grupos étnicos; y las formas de organización socio-productivas, entre otras, que permiten en el menor plazo posible, aumentar los niveles de alimentación, ingreso y ocupación de los habitantes del campo.

Participación social. El Proyecto de Energía Renovable se formuló y diseñó para que las organizaciones de productores, proveedores de servicios, instituciones y gobiernos participen en forma corresponsable e interactiva, al vincular los apoyos del Proyecto con la Alianza para el Campo, lo que permitirá fortalecer su implementación

e. Componentes y presupuesto

Para todo lo anterior el PERA está integrado por ocho componentes: (1) Fortalecimiento Institucional, (2) Promoción, (3) Desarrollo de Mercado, (4) Especificaciones y Certificaciones, (5) Demostración, (6) Asistencia Técnica, (7) Financiamiento y (8) Dirección del Proyecto.

El costo del Proyecto se estima en US\$31.5 Millones, de los cuales US\$13.9 millones los aporta la Alianza para el Campo mediante los apoyos otorgados a los productores que participan simultáneamente en este Proyecto y en alguno del PAC; US\$6.9 millones son aportación de los productores beneficiarios del Proyecto y de acuerdo a las reglas de operación de la Alianza; US\$1.8 millones representarían la contrapartida del FIRCO y corresponde a los gastos de operación y supervisión del Proyecto, al ser el agente executor; y por último US\$8.9 millones serían incrementales y financiados por la donación del GEF para promover la generación y uso de energías no contaminantes.

El proyecto ha sido implementado por un agente financiero designado por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público y, como agente técnico y operativo, por el FIRCO. Las aplicaciones de energía





renovable se enfocan a inversiones para el desarrollo del sector agropecuario, las cuales consisten en promover proyectos productivos rentables con un alto componente en la conservación de los recursos naturales, mediante la utilización de tecnologías de energía renovable.

VI. EL PRIMER ESTUDIO DE MERCADO DEL PERA

a. Antecedentes

Como se estableció en el capítulo anterior, el PERA está integrado por ocho componentes: (1) Fortalecimiento Institucional, (2) Promoción, (3) Desarrollo de Mercado, (4) Especificaciones y Certificaciones, (5) Demostración, (6) Asistencia Técnica, (7) Financiamiento y (8) Dirección del Proyecto.

El presente trabajo forma parte del componente de Desarrollo de Mercado. Los objetivos de esta componente son reducir el desconocimiento e incertidumbre de la situación actual y potencial del mercado de sistemas de energía renovable y promover el desarrollo de este mercado en México. La información y las acciones que se generen en este componente, servirán para promover el fortalecimiento de las actuales empresas y el surgimiento de nuevos fabricantes y proveedores de estos sistemas. Igualmente, para encontrar fórmulas que permitan una reducción en los costos de los sistemas y establecer nuevas aplicaciones productivas para el sector agropecuario que se apoyen en los productos y servicios orientados al aprovechamiento de energías renovables.

Este componente está compuesto de dos conjuntos de estudios: el “Estudio sobre la situación actual y perspectivas del Mercado de renovables en el sector agropecuario en México” y “Estudios de desarrollo tecnológico de nuevas aplicaciones en el sector agropecuario”. El primero se realiza en dos etapas y el presente estudio corresponde a su segunda etapa.

Este capítulo resume las conclusiones de la primera etapa, la cual se llevó a cabo en el año 2002.

b. Objetivo general

El objetivo general del estudio de mercado fue dimensionar el mercado actual y potencial a corto y mediano plazos (2 y 6 años, respectivamente) de los usos y aplicaciones de la energía renovable en el sector agropecuario en México, identificando los nichos actuales y potenciales más importantes de venta y consumo de estos productos.

Este objetivo general tomó en cuenta que el universo de compradores potenciales está restringido a áreas rurales carentes de suministro de energía eléctrica, en particular aquellas cuya conexión a la red de energía eléctrica requeriría de grandes inversiones; en unidades productivas agropecuarias rentables; y, para el caso de sistemas de bombeo de agua, con utilización eficiente del líquido que no sobrepase los 1,500 m⁴ de ciclo hidráulico.

El objetivo general señalado arriba se desagregó en los siguientes objetivos específicos:

1. Conocer la población objetivo o demandante del mercado de renovables, en términos del número de clientes actuales y potenciales, por estratos socioeconómicos, nivel tecnológico y ubicación geográfica en el país;
2. Caracterizar la oferta del mercado, estimando su tamaño actual y potencial y grados de calidad de servicio, identificando los niveles de expansión de los fabricantes, distribuidores y vendedores de equipo de renovables en el sector agropecuario;

3. Analizar las condiciones e identificar los escenarios en los que los productores agropecuarios estarían dispuestos a adquirir tecnologías de renovables, en función de los precios, estratos socioeconómicos y niveles tecnológicos;
4. Examinar los procesos de comercialización para mejorar el otorgamiento de productos y servicios a los usuarios;
5. Investigar las necesidades de los productores agropecuarios para la aplicación factible y adecuada de renovables, teniendo en cuenta su capacidad económica, nivel tecnológico, y grado de información o conocimiento, estimando sus posibles impactos; y
6. Establecer una base de información útil para apoyar la formulación de las evaluaciones de mediano plazo y terminación del proyecto “Energía Renovable para la Agricultura”.

c. Aplicaciones consideradas.

El estudio de mercado contempló, entre las tecnologías de fuentes de energía renovables y sus aplicaciones viables en el sector agropecuario, el universo que se lista a continuación:

1. *Aeromecánica* (generación de fuerza mecánica), para extracción de agua mediante aerobombas y molienda de granos.
2. *Aerogeneradores* (generación de electricidad mediante alternadores eléctricos), para acoplamiento directo a motores eléctricos para bombeo de agua, o almacenamiento de energía eléctrica en acumuladores para su posterior uso en cualquier aplicación.
3. *Colectores solares planos y de concentración* (generación de calor de proceso a bajas y altas temperaturas), para secado de granos y productos agropecuarios, limpieza de productos agrícolas, destiladoras y desaladoras de agua.
4. *Digestores cerrados* (producción de gas metano), para producción de gas y generación de electricidad mediante generadores comerciales a gas.
5. *Sistemas fotovoltaicos* (celdas solares que convierten la luz solar directamente en electricidad), para bombeo de agua para abrevaderos, irrigación en áreas pequeñas, refrigeración de leche, refrigeración de productos agropecuarios, potabilizadoras, refrigeración de vacunas, comunicaciones, iluminación, enfriamiento de aire, y operación de electrodomésticos.
6. *Turbinas de bajo caudal y baja presión* (acopladas a un alternador), para generación de electricidad para cualquier uso.

A final de cuentas, los trabajos del estudio se abocaron a cuantificar el mercado de tres segmentos: (a) electrificación de los hogares, (b) sistemas de pequeña irrigación, y (c) sistemas de agua para ganado.

d. Procedimiento general.

Para lograr lo referido arriba, se llevó a cabo una revisión de la bibliografía internacional más reciente, una estimación de potencial de mercado de los sistemas fotovoltaicos en aplicaciones

rurales y una encuesta muy amplia entre un conjunto significativo de actores relacionados al programa (usuarios finales, proveedores y funcionarios públicos).

e. Las conclusiones.

Las conclusiones a las que llega el primer estudio de mercado se pueden agrupar en varios conjuntos en función de aspectos como la información sobre los recursos de energía renovable, la tecnología, el tamaño del mercado potencial, las características de la oferta de productos y servicios en el momento en que se realiza la evaluación, el costo de los sistemas de aprovechamiento, barreras de aprovechamiento, el papel de la difusión y promoción y las recomendaciones.

A continuación se presentan, de manera resumida, dichas conclusiones.

Información sobre los recursos de energías renovables

Una primera y muy significativa conclusión del estudio es que, a pesar de la evidente necesidad de electrificación rural, existe poca información precisa sobre el potencial de mercado de las energías renovables en ese sector.

La tecnología

- El mercado de módulos fotovoltaicos (y en general el de equipos para el aprovechamiento de energías renovables) está dominado por los países económicamente más desarrollados (Estados Unidos, Japón y los países europeos). Dichos países tienen un interés especial de negocios en lograr la expansión de los mercados para los sistemas fotovoltaicos, considerando que el mayor crecimiento futuro de la demanda podría corresponder a los países menos desarrollados.
- Existe ya un cúmulo importante de experiencias en diversos países en desarrollo sobre programas de apoyo para el desarrollo de mercados para sistemas fotovoltaicos, y sobre el mercado rural o agropecuario de éstos. La mayor parte de éstos programas descansan en el apoyo financiero (y técnico) de países desarrollados o de agencias o fondos de financiamiento multinacionales. Dichas experiencias muestran que una serie importante de similitudes con el caso mexicano, por lo que conviene tomarlas en cuenta.

Desde el punto de vista tecnológico tanto los sistemas fotovoltaicos como los eólicos pueden considerarse relativamente maduros. Las tecnologías básicas para su producción están ya en etapa de comercialización desde hace varios años.

El tamaño del mercado

Como se refiere arriba, los trabajos del estudio se abocaron finalmente a cuantificar el mercado de tres segmentos: (a) electrificación de los hogares, (b) sistemas de pequeña irrigación, y (c) sistemas de agua para ganado. El estudio también identificó dos niveles de demanda: (a) la demanda potencial y (b) demanda real. Los resultados cuantitativos fueron:

- Para la electrificación de los hogares como sistemas unifamiliares o pequeñas redes aisladas, una demanda real cercana a los 22,000 sistemas.

- Para los sistemas de pequeña irrigación, el potencial se identificó para unidades menores de 5 hectáreas no electrificadas que se encuentran a más de 2 km de la red y se estimó en poco más de 150 mil a nivel nacional.
- Finalmente, para sistemas de agua para ganado, el potencial total estuvo por arriba de 165 mil sistemas, mientras que el real total fue del 14 % de ese valor, es decir, de poco más de 23 mil sistemas.

El estudio no incluyó, debe señalarse, el análisis del posible mercado de sistemas de aprovechamiento de energías renovables en contextos de sistemas conectados a la red y/o de aplicaciones mayores. Sin embargo, es posible que existan nichos de mercado en estos sistemas y que su existencia e inclusión en programas de fomento podrían ampliar los volúmenes de manera que economías de escala y maduración de la operación de las empresas que ofrecen los productos y servicios lleven a una reducción de costos y de precios que redefinan la amplitud del mercado potencial y real.

Las principales características de la oferta actual de productos y servicios.

Una conclusión simple pero contundente del estudio es que por el lado de la oferta, el mercado de productos y servicios asociados al aprovechamiento de las energías renovables en el sector rural en México es inmaduro.

En particular y de acuerdo a la encuesta, existen en el país no más de 150 empresas proveedoras de productos y servicios activas en el campo de las energías renovables, pero son en su mayoría pequeñas, de creación reciente y su vocación original no es precisamente la de tener como mercado al sector rural.

De acuerdo a la encuesta, de los datos de las 73 empresas de las que se obtuvo información:

- 83.8% se fundaron en las décadas de los ochentas y los noventas.
- 52.7% se fundaron en la década de los noventas.
- 68.9% tiene 10 o menos empleados de tiempo completo.
- 86.5% tiene 20 o menos.
- La mitad se dedican al diseño y mantenimiento de equipos.
- Poco más del 40% a la integración y fabricación de equipos.
- 10% principalmente a dar asesoría técnica.
- Menos de la tercera parte de las empresas de renovables tienen como línea de negocios a las aplicaciones rurales.

Otra conclusión del estudio es que los canales de distribución de los sistemas fotovoltaicos para aplicaciones en el sector agropecuario, son en México insuficientes e incipientes. Esto se debe a:

- Las dificultades asociadas a la dispersión de los compradores potenciales y a las dificultades de acceso a algunos de ellos.
- La concentración de los proveedores medianos en algunos estados de la República que no tienen los mayores mercados potenciales.
- Que los programas de promoción de los proveedores son indirectos, en su mayor parte en exposiciones y ferias.
- Que los servicios de atención directa a clientes resultan demasiado costosos para la mayor parte de las empresas.

Costo de los sistemas

En cuanto al costo de los sistemas fotovoltaicos, se estableció que no son aún competitivos en precio, salvo en ciertas aplicaciones específicas y en localidades alejadas de la red de energía eléctrica (a distancias menores de 2 kilómetros resulta aún más económico conectarse a ésta).

Otra conclusión muy importante tiene que ver con el tamaño de la demanda actual y su efecto sobre los costos de los sistemas. De acuerdo al estudio, “dadas las condiciones de bajo volumen de la demanda, la rentabilidad de los proveedores de los productos y servicios asociados a los sistemas fotovoltaicos para bombeo de agua tiene que descansar en relativamente altos márgenes unitarios de ganancia.”

Esto lleva a pensar en la necesidad de ampliar el mercado de los sistemas y de buscar formas en las cuales se reduzcan, sin comprometer la rentabilidad de las empresas, los márgenes de utilidad.

Barreras

De acuerdo al estudio, las principales barreras de entrada de los sistemas fotovoltaicos en aplicaciones rurales son:

- Las de carácter económico: alto precio inicial de los equipos y baja capacidad de compra de los clientes potenciales.
- Las de carácter financiero: inviabilidad de financiamiento comercial y apoyo limitado de programas gubernamentales.
- Las de información: en particular el insuficiente conocimiento de la tecnología fotovoltaica entre los potenciales compradores.

Así, mientras las condiciones económicas de los productores rurales no mejoren sustantivamente, los programas de financiamiento para los sistemas fotovoltaicos difícilmente podrán ser no gubernamentales.

Aún más, el estudio concluye de manera contundente que “todo parece indicar que los apoyos financieros a los usuarios finales tendrán que contemplar subsidios parciales a fondo perdido.”



El papel de la promoción y difusión

Los esfuerzos por implantar sistemas de demostración, como el que desarrolla FIRCO, están jugando un papel importante en la difusión de los sistemas fotovoltaicos en el sector agropecuario, aunque hasta ahora éste esté limitado en su alcance cuantitativo.

f. Las recomendaciones.

De la necesidad de subsidios

- Todo parece indicar que los apoyos financieros a los usuarios tendrán que contemplar subsidios parciales a fondo perdido. En las condiciones que prevalecen, parece difícil pensar que un programa con financiamientos decrecientes conforme se amplíe el número de sistemas instalados podría tener éxito.

Sobre mecanismos de financiamiento

- El mercado real resulta de unas 3,600 unidades si su introducción se dejase al libre mercado, o de poco más de 33,000 si se aplicasen esquemas agresivos de financiamiento (90% del costo inicial y pagos anuales de no más del 5% de dicho costo).
- Hay que analizar la conveniencia de diseñar mecanismos de financiamiento para que los consumidores puedan cubrir los costos de mantenimiento (5 al 10% de la inversión inicial por año).

De la operación del programa

- Es conveniente que programas como el de FIRCO intensifiquen sus relaciones con los proveedores para entender mejor el negocio de éstos.
- Se considera conveniente, además, acelerar los trámites y pagos a proveedores.

Del funcionamiento de las empresas

- Merecen mención especial los servicios post-venta, que podría estar particularmente desatendidos.

Sobre estímulos fiscales

- Los proveedores no están incluidos en los esquemas de apoyo financiero, por lo que conviene revisar la conveniencia de establecer estímulos adicionales para los proveedores. Por ejemplo, estímulos fiscales.
- Dado que los costos de mantenimiento pueden llegar a representar entre 3 y 6 mil pesos o más por año (5 a 10% de la inversión inicial) y dado que ello representa una cantidad importante para buena parte de los productores agropecuarios (en particular los agrícolas), cabría pensar



sobre la conveniencia de diseñar mecanismos de financiamiento para que los consumidores puedan cubrir los costos correspondientes.

Promoción y difusión

- Sería importante reforzar las actividades de promoción y difusión.
- Convendría que FIRCO explorase formas para aprovechar la disposición de los proveedores a colaborar en esfuerzos coordinados para intensificar la promoción de los sistemas.



VII. EVALUACION DEL MERCADO DE LAS FUENTES DE ENERGÍAS RENOVABLES EN EL SECTOR AGROPECUARIO.

a. Antecedentes y marco teórico

El objetivo del estudio de mercado es “conocer y dimensionar la condición actual y potencial de los usos y aplicaciones de las fuentes de energía renovable en el sector agropecuario, así como su distribución espacial local, regional y nacional, identificando las perspectivas de crecimiento y las estrategias para su mejor evolución y desarrollo”.

Para cumplir ese objetivo, se hace, entre otras, las preguntas que se presentan a continuación, que son pertinentes en el contexto de la encuesta a proveedores:

- a. ¿Mejoraron sustancialmente, como se presume, la calidad técnica y la capacidad de servicio de los proveedores de tecnología de aprovechamiento de energía renovable?
- b. ¿Qué tanto sirvió y contribuyó el PERA para que se redujeran los precios y costos de la tecnología de aprovechamiento de las energías renovables y qué tan competitivos son ahora respecto de tecnologías convencionales?

En particular, se establecen, también entre otros, los siguientes objetivos específicos que también son pertinentes en el contexto de la encuesta a proveedores:

- Analizar y determinar el efecto que el PERA ha tenido en el desarrollo y evolución de la oferta y de la demanda, los canales de comercialización y precios de la tecnología de aprovechamiento de energía renovable en el sector agropecuario, además de proyectar las tendencias de este mercado a cinco años en función del estrato socioeconómico y tecnológico de los posibles usuarios y su distribución espacial en el país.
- Elaborar una propuesta de ajuste y reorientación de las estrategias nacionales para un mayor desarrollo del mercado de la tecnología de aprovechamiento de las energías renovables en el sector rural en México.
- Identificar prácticas novedosas y alternativas que mejoren las actuales de comercialización de los equipos que utilizan energía renovable, lo que incluye el proponer esquemas de asociación entre los diversos tipos de empresas involucradas en la fabricación, distribución, instalación y mantenimiento de éstos equipos de manera que se reduzcan los costos asociados a la operación de estas empresas.
- Analizar el comportamiento de los precios de los sistemas de energía renovable durante el período de duración del PERA, determinando la influencia de este proyecto en dicho comportamiento.

b. El universo de las encuestas en el contexto del estudio de mercado.

La mayor parte del esfuerzo del presente estudio se ha ubicado en la preparación y desarrollo de un conjunto de ocho encuestas a un número igual de actores involucrados directa o indirectamente al proyecto y al desarrollo de las energías renovables en México (Tabla VII-1).

Tabla VII-1. Universos considerados para las encuestas

No	Conjunto
1	Productores PERA
2	Productores No-PERA
3	Proveedores de bombeo de agua
4	Asesores técnicos
5	Responsables de programa
6	Gerentes de FIRCO

Para cada encuesta se siguió un proceso similar:

- **Revisión de la encuesta del primer estudio de mercado** (en caso de que haya habido encuesta al conjunto dado).
- **Propuesta de “dimensiones” de la nueva encuesta.** Este es el documento que los expertos de ANES preparan para los consultores que diseñan y llevan a cabo las encuestas. En este sentido se han preparado “dimensiones” para todos los conjuntos de encuestados donde sea aplicable.
- **Redacción del alcance de la encuesta particular.** Esta es una explicación sobre los propósitos de la encuesta.
- **Diseño del instrumento.** Esto se refiere a prepara el documento que los encuestadores se llevan a campo.
- **Instructivo.** Este es un documento que apoya al instrumento explicando a los encuestadores sobre cómo llevar a cabo la encuesta.

Los detalles de las encuestas se presentan en los Anexos al presente estudio.



c. Encuestas a productores beneficiarios del PERA.

El universo de los encuestados

A efecto de obtener los datos necesarios para llevar a cabo el Estudio de Mercado de Energías Renovables en el Sector Agropecuario, durante los meses de diciembre de 2005 y enero de 2006 se realizaron encuestas a 1,631 productores agropecuarios beneficiarios del programa de energías renovables para el sector agropecuario (PERA) a todo lo largo del país. El tamaño de la muestra sugerido en la propuesta técnica fue de 1,500 productores, cantidad suficiente para producir las estimaciones nacionales necesarias por el estudio y con una desagregación de resultados para 10 estados de la República, asignando en esta etapa alrededor de 30 entrevistas en cada estado.

La encuesta se realizó en dos fases. En la primera se hicieron 1,313 entrevistas (Tabla VII-2)

Tabla VII-2. Productores encuestados por estados (primera etapa).

No	ESTADO O REGIÓN	MUNICIPIOS	ENCUESTADOS	PORCENTAJE
1	Aguascalientes	10	21	1.6%
2	Baja California	13	59	4.5%
3	Baja California Sur	4	24	1.8%
4	Campeche	11	76	5.8%
5	Chiapas	20	57	4.3%
6	Chihuahua	1	1	0.1%
7	Coahuila	24	79	6.0%
8	Colima	6	14	1.1%
9	Comarca Lagunera	21	99	7.5%
10	Durango	16	58	4.4%
11	Guanajuato	10	29	2.2%
12	Guerrero	9	12	0.9%
13	Hidalgo	21	44	3.4%
14	México	5	6	0.5%
15	Michoacán	16	32	2.4%
16	Morelos	11	49	3.7%
17	Nayarit	12	25	1.9%
18	Nuevo León	12	26	2.0%
19	Oaxaca	34	54	4.1%
20	Puebla	26	73	5.6%
21	Querétaro	2	3	0.2%
22	Sinaloa	18	97	7.4%
23	San Luis Potosí	22	60	4.6%
24	Tabasco	12	34	2.6%
25	Tamaulipas	18	42	3.2%
26	Tlaxcala	2	14	1.1%
27	Veracruz	30	82	6.2%
28	Yucatán	22	58	4.4%
29	Zacatecas	29	85	6.5%
TOTAL		437	1,313	100.00%

En una segunda etapa, se hicieron 281 entrevistas en 10 estados (Tabla VII-3)

Tabla VII-3. Productores encuestados por estados (primera etapa).

No	ESTADO O REGIÓN	ENCUESTADOS	PORCENTAJE
1	Campeche	30	10.68%
2	Comarca lagunera	32	11.39%
3	Durango	36	12.81%
4	Hidalgo	17	6.05%
5	Morelos	17	6.05%
6	Puebla	15	5.34%
7	Sinaloa	45	16.01%
8	Veracruz	32	11.39%
9	Yucatán	26	9.25%
10	Zacatecas	31	11.03%
TOTAL		281	100.00%

Actividades económicas

La superficie que ocupan los productores que han participado en el PERA varía significativamente. Del total, 35% reporta menos de 50 Has. mientras que el 17% tiene más de 1,500 Has. (Tabla VII-4)

Tabla VII-4. Superficie que ocupan los productores.

SUPERFICIE TOTAL (Hectáreas) RANGO	Número
0 – 20	270
21 – 50	199
51 – 100	169
101 – 300	206
301 – 800	151
801 – 1500	100
1501 – 5000	157
Más de 5000	77
Nada	20
TOTAL	1,349

En lo que se refiere a actividades productivas, el 80% manifestaron tener algún tipo de actividad agrícola, con 53% en superficie agrícola de temporal, 6% en superficie para riego y poco más de 17% para agostadero (Tabla VII-5)

Tabla VII-5. Superficies por tipo de uso de suelo.

Superficie de riego		Superficie de agostadero		Superficie agrícola de temporal	
Rango	No.	Rango	No.	Rango	No.
0 – 20	184	0 -- .3	25	0 -- 3	106
21 – 60	190	.31 -- .5	46	3.1 -- 5	69
61 – 100	116	.51 – 1	10	5.1 -- 10	100
101 – 500	214	1 – 2	82	11 -- 20	88
501 – 1200	127	2 – 6	44	21 -- 50	110
1201 – 6000	195	7 – 15	15	51 -- 100	87
Más de 6000	45	Más de 15	14	101 -- 300	89
Nada	278	Nada	1113	Más de 300	56
				Nada	644
TOTAL	1,349	TOTAL	1,349	TOTAL	1,349

En cuanto a actividades ganaderas, predominan los que manejan ganado bovino, con 89% del total. A su vez, en porcentajes menores al 13% del total de encuestados, lo productores refirieron tener ganado ovino, porcino y/o equino (Tabla VII-6).

Tabla VII-6. Ganado por especie manejados por productores por rangos.

Bovino		Ovino		Caprino		Porcino		Equino	
Rango	No.	Rango	No.	Rango	No.	Rango	No.	Rango	No.
0 -- 20	124	0 -- 20	55	0 -- 20	26	0 -- 4	14	1 -- 2	39
21 -- 40	157	21 -- 40	40	21 -- 40	25	5 -- 10	13	3 -- 5	21
41 -- 70	170	41 -- 70	30	41 -- 70	24	11 -- 20	7	6 -- 10	16
71 -- 90	126	71 -- 150	23	71 -- 150	22	21 -- 50	5	Más de 10	19
91 -- 110	122	151 -- 300	13	151 -- 300	19	Más de 50	6	Nada	1254
111 -- 150	162	Más de 300	16	Más de 300	36	Nada	1304		
151 -- 200	108	Nada	1172	Nada	1197				
201 -- 300	120								
Más de 300	107								
Nada	153								
TOTAL	1,349	TOTAL	1,349	TOTAL	1,349	TOTAL	1,349	TOTAL	1,349

Lo anterior se refleja en el hecho de que el 93% de los que respondieron a la pregunta sobre cuál es el uso principal del agua respondieron “Abrevadero” (Tabla VII-7).

Tabla VII-7 Uso principal del agua

USO	Número de respuestas positivas
Abrevadero	1226
Riego	259
Doméstico	1321

Tabla VII- 8 Fuente de energía para bombeo de agua

Forma de bombeo	Número
Motobomba	722
Papalote	194
Ambos	51
Otro	382
TOTAL	1,349

Usos de la energía

A los productores se les preguntó sobre la forma de energía que utilizaban para bombear agua.

Resalta, por un lado, el que poco más de la mitad reporten haber usado motobomba, mientras que el 14% ya utilizaban una forma de energía renovable (el viento, por medio de papalotes).

Cuando se les pregunta a los productores qué utilizan para el alumbrado de su rancho, el 13% refirió estar conectado a la red eléctrica, mientras que el 31% manifestó que utiliza lámpara de baterías (Tabla VII-9). Esto sirve para reforzar la idea de que sería conveniente considerar incluir sistemas de recarga de baterías recargables como parte del equipamiento de los sistemas fotovoltaicos.

Tabla VII-9 Fuente de energía para alumbrado.

TIPO DE ENERGÉTICO	Número de respuestas positivas
Línea eléctrica convencional	180
Lámpara de petróleo	213
Lámpara de gas	129
Lámpara de baterías	418
Velas	154
Planta eléctrica	108
Otro, ¿Cuál? Energía Solar	64
Sistema Fotovoltaico	99
TOTAL	1,365

Consumo de energía

A los productores se les preguntó sobre consumo de energía para alumbrado. Sobre el primer aspecto, al ser preguntados sobre cuántos litros de petróleo utilizan al mes, de los 183 productores que respondieron, más de la mitad respondieron que hasta 10 litros, mientras que el resto (74) consume arriba de 10 litros al mes (Tabla VII-10).

Ahora bien, cuando se les preguntó sobre el volumen de combustible utilizado mensualmente para operar las motobombas se hizo evidente una gran variación, resaltando el hecho de que el 90% de los encuestados consumen más de 20 litros por mes (Tabla VII-11).

Tabla VII-10. Consumo de combustibles para iluminación

RANGO	Número de respuestas positivas
1 -- 10	107
11 -- 20	23
21 -- 30	28
31 -- 40	10
41 -- 50	10
51 -- 100	4
Más de 100	1
TOTAL	183

Tabla VII-11. Consumo de combustibles para bombeo de agua

RANGO	Número de respuestas positivas
0 -- 20	88
21 -- 50	194
51 -- 80	96
81 -- 120	93
121 -- 200	118
201 -- 500	129
501 -- 1000	33
Más de 1000	17
Otros	20
Nada	561
TOTAL	1,349

Un aspecto relevante que resalta de la encuesta a productores es el relativo a cuántas pilas alcalinas utilizan al mes. A esta pregunta respondieron 484 productores y cerca del 60% respondieron que utilizaban más de ocho pilas al mes (Tabla VII-12).

Tabla VII-12. Consumo de pilas al mes

RANGO	Número de respuestas positivas
1 – 3	67
4 – 7	128
8 – 11	199
12 – 16	52
17 – 22	23
Más de 24	15
TOTAL	484

Tabla VII-13. Principales ventajas

ÚTIL EN	Número de respuestas positivas
Distribución de Agua	879
Reducción de Costos	227
Ahorro de Combustible	51
Otros	155
Nada	37
TOTAL	1,349

Esto puede representar una oportunidad más para la tecnología de renovables a través del uso de sistemas de baterías que se recargan con los sistemas fotovoltaicos.

Beneficios y ventajas

En cuanto a las principales ventajas, la gran mayoría de los entrevistados consideran que una mejor distribución del agua es la más significativa, aunque—en menor medida—también reconocen una disminución de costos (Tabla VII-13).

Igualmente, cuando se les hizo la pregunta sobre los beneficios que han tenido con el uso del bombeo solar, cerca del 9 de cada 10 respondieron “Mayor tiempo disponible” (Tabla VII-14).

Tabla VII-14. Beneficios del bombeo solar

BENEFICIOS	NÚMERO
Mayor tiempo disponible	1188
Mayor participación de mano de obra familiar	539
Menor contaminación del suelo y acuíferos	1001
Contar con agua suficiente a menor costo	1237
Posibilidad de sembrar forraje y/o huerto familiar	692
Otros (indicar cuáles)	0
Cultivo	3

Coincidentemente con el servicio que provee el sistema de bombeo de agua se registra un sensible aumento del número de cabezas de ganado que manejen los productores, en particular para los que tienen más de 100 cabezas (Tabla VII-15).

Tabla VII-15. Variación en número de cabezas de ganado relativo

RANGO de cabezas de ganado	Antes	Después
2 – 20	114	89
21 – 50	241	222
51 – 70	124	119
71 – 100	214	215
101 – 300	363	441
Más de 300	95	134
TOTAL	1,151	1,220

La encuesta refiere que el 73% de los productores entrevistados considera que el cambio es consecuencia de disponer del equipo de bombeo de agua operado con energía solar. Igualmente, un porcentaje aún mayor (84%) considera que el uso del equipo le ha permitido mejorar su producción.

Además, el 80% de los entrevistados consideró que el equipo solar de bombeo le ha permitido producir más carne (Tabla VII-16).

Tabla VII-16. Mejoras en producción por instalación de equipos solares

Concepto	SI	NO	NADA	TOTAL
Su ganado ha producido más leche	396	159	794	1,349
Su ganado ha producido más carne	1078	41	230	1,349
Ha producido más forraje	355	110	884	1,349

Otro efecto positivo del uso de los sistemas solares fue la reducción de costos por reparaciones de las motobombas. De acuerdo a la encuesta, el 80% consideró que le redujeron estos costos, los cuales eran considerables dado que cerca de la mitad de los equipos convencionales de bombeo de agua se tenían que reparar con frecuencias menores a dos años.

Problemas con los equipos solares

Aunque la gran mayoría de los entrevistados manifestó no tener problemas con los equipos de energía solar, es preocupante que 155 (más del 10%) haya referido problemas con estos equipos (Tabla VII-18).

Tabla VII-17. Frecuencias de reparación de los equipos de bombeo convencionales.

RANGO (años)	Número de respuestas positivas
1	380
2	244
3	99
4	35
5	40
Nada	473
TOTAL	1,271

Tabla VII-18. Productores que refieren problemas con el funcionamiento de los equipos solares

SI	NO	NADA	TOTAL
155	1181	13	1,349

Tabla VII-19. Fuente de los problemas en los equipos

FALLAS	NÚMERO
Bomba	87
Controlador	30
Flotador	24
Otros	47

En particular resaltan problemas con los componentes no solares; bomba y los sistemas de control (Tabla VII-19).

El impacto de la promoción del FIRCO

Uno de los aspectos más evidentes en los resultados de las encuestas es el papel de FIRCO (y del PERA) para que el conocimiento sobre la tecnología se hiciera más amplio. Esto se refleja en el hecho de que el 86% de los encuestados refirieran a FIRCO como su fuente de información sobre estos sistemas (Tabla VII-20).

Igualmente, se refleja cómo se ha aprovechado a los productores como ejemplo de las aplicaciones de la energía solar ya que el 85% refirieron haber tenido visitas a sus instalaciones de otros productores interesados. En este sentido resalta el hecho de que las preguntas de los visitantes a las instalaciones se concentraron en aspectos de costos, funcionamiento y beneficios (Tabla VII-21).

Tabla VII-20. Fuente de información sobre los equipos solares

MEDIO	Número de respuestas positivas
Promoción FIRCO	1165
Municipio	75
Vecinos, Familiares, Amigos	57
Otros	30
Nada	22
TOTAL	1,349

Tabla VII-21. Conceptos sobre los que preguntaron los visitantes a las instalaciones solares

Concepto	Número de productores consultados sobre el concepto
Costos	397
Funcionamiento	354
Beneficios	322
Cómo se adquirió	67
Otros	194
Nada	15
TOTAL	1,349

Otros posibles usos de la electricidad fotovoltaica

Al ser consultados sobre que otros usos que tendría para la electricidad fotovoltaica en su rancho, la gran mayoría respondió que la iluminación (Tabla VII-22). Esto viene a corroborar las posibilidades de incluir en los sistemas fotovoltaicos equipos de recarga de baterías para lámparas de mano.

Sobre la asistencia técnica del FIRCO

Es evidente que el apoyo de FIRCO ha estado presente en el programa ya que el 85% refirió haber tenido la visita de asesores técnicos (Tabla VII-23).

Tabla VII-22. Otros posibles usos de la electricidad

USO	Número de respuestas positivas
Iluminación	857
Refrigeración	79
Uso Doméstico	87
Otros	95
Nada	231
TOTAL	1,349

Tabla VII-23. Respuestas a la pregunta ¿Recibe asistencia técnica de un asesor técnico del Proyecto?

SI	NO	NADA	TOTAL
1153	148	48	1,349

Esta asistencia ha tenido, además, propósitos y resultados que van más allá del PERA ya que los asesores técnicos han apoyado a los productores en identificar y obtener otros apoyos de los que pueden ser sujetos.

Las conclusiones



- La mayoría de los beneficiarios del PERA han sido productores con ganado, principalmente bovino para engorda.
- El principal uso de los equipos de bombeo de agua ha sido para, precisamente, abrevadero.
- Los impactos por el uso de los sistemas solares han tenido beneficios en:
 - a. Aumento en la productividad
 - b. Aumento de tiempo disponible para otras actividades
 - c. Reducción de gastos en energía
- Hay que poner mucha atención en el seguimiento de los equipos instalados para corregir problemas.
- La promoción del FIRCO (a través del PERA) ha sido clave en la adopción de la tecnología.
- La asistencia técnica es una pieza clave en el programa.
- Una aplicación que se debe considerar para futuras actividades es la de recarga de baterías para lámparas de mano.

d. Encuesta a productores no participantes del PERA

Universo de los entrevistados.

Para esta encuesta se entrevistó a 52 productores ubicados en los estados de Sonora y Baja California Sur (BCS), 23 en el primer estado y 29 en el segundo.

De los entrevistados, 17 laboran propiedad particular, 16 ejidal y dos comunitaria.

Actividades productivas

Los entrevistados se dedican a la agricultura y a la ganadería, predominando notablemente la actividad ganadera (solo uno de los entrevistados no tiene esa actividad) con solo siete (6 de ellos en BCS) dedicados a la agricultura.

De los que se tienen actividades ganaderas, 50 tienen ganado bovino, 13 ganado caprino (todos en BCS), con un igual número con producción de leche (también en BCS). Es notable observar que 44 cuentan con mejorado genético.

De los que tienen actividad agrícola, solo hay uno en Sonora (cultivos forrajeros) y 8 en BCS (seis en forrajeros y dos en cultivos de hortalizas).

Del total de entrevistados en BCS, un productor dijo tener unidad productiva de 25 hectáreas y 15 dijeron tener unidad pecuaria, de los cuales 7 dijeron contar superficies de entre 45 y 200 hectáreas. Cuatro más dijeron tener entre 500 y 1,000 hectáreas y otros cuatro dijeron tener más de 1,000 hectáreas.

También se pudo identificar que dos productores tienen unidad productiva agropecuaria de 1,200 y 1,250 hectáreas y un productor respondió contar con unidad agrícola y pecuaria de 25 y 2500 hectáreas respectivamente.

De total de entrevistados en el estado de Sonora, dos productores dijeron contar con unidad productiva pecuaria con una superficie de 93 hectáreas, mientras que un productor dijo tenerla de 100 hectáreas; otro más dijo que de 250 hectáreas, uno más de 300 hectáreas, cuatro de 500 hectáreas, uno más de 600, cuatro de 614, dos más de 623, otros dos más de 700 hectáreas, uno más de 750 hectáreas, dos más de 1,000 hectáreas, uno más de 4000, y otro de 5,000, mientras que un productor dijo contar con unidad productiva agrícola de 7 hectáreas.

Ingresos

Por niveles de ingresos, 21 de los entrevistados tienen ingresos menores a los 3,600 pesos, otros 21 entre 3,600 y 10,900 y 7 más por arriba de 10,900.

Consumo de energéticos para actividades productivas



La mayoría de los entrevistados consume gasolina (48). Los 27 que consumen baterías y los 24 que consumen leña están en BCS. Seis consumen diesel (5 en BCS) mientras que solo dos (en Sonora) consumen electricidad.

En cuanto al consumo de leña, en el estado de Baja California Sur ocho productores declararon utilizar hasta 200 kilos al mes, 13 más dijeron que entre 201 y 300 kilos y 3 más afirmaron que entre 301 y 400 kilos al mes. El uso más común de la leña es para el calentamiento de alimentos durante la jornada laboral,

El destino que le dan al diesel son las de motobombas de agua y plantas generadoras de energía eléctrica, habiendo declarado un consumo de hasta 50 litros al mes.

En cuanto al destino que le dan a la gasolina, 48 productores del total de los entrevistados respondió que principalmente es para autotransporte y en algunos casos para funcionamiento de bombas extractoras de agua. Respecto del consumo, en Baja California Sur nueve productores dijeron tener un consumo mensual de hasta 200 litros, 15 que entre 201 y 400 litros y tres que entre 401 y 600 litros mensuales. Para Sonora, el consumo promedio mensual de gasolina es de 410 litros.

Respecto del uso de pilas o baterías, el destino que le dan a las mismas es para el uso de lámparas para iluminación y el consumo declarado fue de 10 pilas a 150 pilas o baterías al mes.

Respecto al uso de electricidad, los dos productores del estado de Sonora no respondieron sobre el destino que le dan a la electricidad, sólo mencionaron que el monto mensual que erogan por este concepto es de \$200, mientras que para el otro es de \$500 bimestrales.

En cuanto a la forma de obtener combustibles, los 19 que contestaron en Sonora refirieron a que van por el combustible. Nadie respondió a esta pregunta en BCS.

En lo que corresponde al costo de obtener la energía, es notable la diferencia entre los productores de BCS y los de Sonora. Mientras que los de Sonora refieren que les cuesta en promedio 13 pesos y una hora y media de tiempo el obtener los combustibles, para los que se ubican en BCS el tiempo es de ocho horas y el costo de 205 pesos al mes.

Distancia de la red eléctrica

Del universo de los entrevistados solo 4 manifestaron estar a menos de un kilómetro de la red eléctrica mientras que una gran mayoría (42) refirió estar a más de 5 kilómetros.

Equipamiento

Los equipamientos que refieren los entrevistados son principalmente para bombeo de agua: 5 con sistema de riego, 2 con motobombas, 1 con motogenerador y 1 con aerobomba.

Fuentes y medios de manejo de agua



La mayoría de los productores entrevistados obtienen su agua para usos productivos de pozo perforado (26) o de noria (22). El resto refirieron que obtienen su agua de arroyos, ríos, escurrimiento y/o manantial.

Resalta que 27 de los entrevistados no supieron responder si tienen concesión de agua (25 en BCS) y que 20 no tienen dicha concesión. Solo cinco de los entrevistados manifestaron tenerla (4 en Sonora y 1 en BCS).

Para extraer el agua que utilizan, 35 refirieron que bombas solares, 20 bombas de gasolina y resto utilizan la fuerza humana (4), aerobombas (3), bombas que operan con diesel (2), animales de tiro (1) y bombas eléctricas conectadas a la red (1).

La altura promedio entre fuente y tanque es de 20 m para noria, 25 m para pozo perforado, 13 m para manantial, 56 m para arroyo o río y 200 m para bordo.

Más de la mitad de los entrevistados (33) tienen una capacidad de más de 15 m³ para almacenar agua, mientras que nueve la tienen entre 5 y 10 m³ y ocho de hasta 5 m³.

En cuanto a profundidad de bombeo, 23 de los entrevistados refirieron bombear agua a menos de 20 m de profundidad, 18 de 20 a 30 m, 5 de 30 a 40 m y 4 de 40 a 50 m.

La gran mayoría (47) refirió usar hasta 25/día m³ de agua al día, con cerca de la mitad (24) hasta 15 m³/día. Dos productores dijeron consumir más de 25 m³ por día.

Sobre el tipo de energía renovable que conoce

Es significativo que más de la mitad de los entrevistados refirieron conocer a más de tres tecnologías que aprovechan energías renovables (sistemas fotovoltaicos, refrigeradores solares y eólicos), resaltando que casi un 98% declaró conocer los sistemas fotovoltaicos (celdas o paneles solares). A su vez, un 44% dijo conocer los calentadores solares y un 29% declaró conocer los sistemas biodigestores.

En cuanto al tiempo de conocer la tecnología, resalta el hecho de que algunos refieren a que la conocen desde 1940 (sistemas eólicos).

De la forma en la que se enteraron de la tecnología resalta el hecho que cerca de la mitad (46%) afirmó conocerlas por los programas de FIRCO, mientras que 40% dijo conocerlas a través de información que les llegó y 27% refirió conocerlas a través de productores cercanos. Un 17% declaró que se enteró leyendo sobre ellas, mientras que 4% dijo haberlas visto en tiendas y 15% a través de otros programas gubernamentales (sin especificar cual).

Sobre aplicaciones de la tecnología de aprovechamiento de energía renovable

La mayoría de los entrevistados (98%) consideran que las energías renovables serían útiles en el bombeo de agua para abrevadero. Asimismo, una fracción importante (75%) de los entrevistados





considera que la tecnología de aprovechamiento de energía renovable sería útil en aplicaciones para la generación de electricidad para el hogar y para el uso de teléfonos (56%), mientras que un 54% considera que serían útiles para la generación de electricidad para usos comunitarios.

A su vez, el 58% considera que son útiles para la generación de electricidad para producción, 54% que sería en el calentamiento de agua.

Sobre los apoyos para la compra de tecnología de aprovechamiento de energía renovable.

Cuando se les pregunta de la razones para no comprar equipos de aprovechamiento de energías renovables, la gran mayoría (94%) expresó que esto obedece al alto desembolso inicial, mientras que el 35% afirmó que porque no hay créditos accesibles para adquirirlos.

En su caso, la opinión de quienes refirieron al alto precio inicial como un obstáculo a la compra de la tecnología, es de que el nivel de financiamiento requerido sería principalmente de entre 40 y 60%, seguido de entre 60 y 80% y después de entre 20 y 40%. Sólo un productor declaró que el 20%.

A su vez, a falta de créditos accesibles, el mayor subsidio que aceptarían los productores que refirieron como alto el precio de la tecnología se ubica en un rango de 40 a 80%, aunque es destacable que 15 productores solicitan sólo 20% de subsidio.

Sobre actividades productivas planeadas por los productores para los próximos años.

Reflejando una vocación de continuidad productiva, la respuesta a la pregunta sobre las principales actividades productivas que piensan realizar durante los próximos cinco años, el 19% declaró que piensa dedicarse principalmente a la agricultura, mientras que casi el 94% aseveró que piensa dedicarse a la ganadería

De los que planean tener actividades ganaderas, el 92% se refirió a la cría de ganado bovino, mientras que un casi 27% piensa realizar cría de caprinos y casi un 33% aseveró que piensa realizar actividades tendientes a la producción de leche. En cuanto a la cría de ganado que piensan producir, se estima en 50 cabezas anuales. Para la producción de leche, consideran una producción promedio diaria de 60 litros.

De los que planean tener actividades agrícolas, 10 piensan dedicarse al cultivo de forrajes y 3 al cultivo de hortalizas. En cuanto a la superficie anual promedio de producción, el promedio fue 7 Has..

Sobre los elementos que considera utilizar para llevar a cabo las actividades futuras.

La gran mayoría (78%) consideró que requiere de agua para sus actividades futuras, mientras que casi el 73% declaró necesitar electricidad, 58% asistencia técnica, 35% la refrigeración de producto,





25% financiamiento, 7% maquinaria y 4% calor de proceso. Es importante destacar que sólo el 25% de los entrevistados afirmó la necesidad de financiamiento.

- **Electricidad.** En cuanto al uso que se le dará a la electricidad, el 87% declaró que la necesitará para bombeo de agua, 52% para comunicaciones, 50% para refrigeración de producto lácteo, 15% para productos perecederos y 13% para refrigeración de producto agrícola.
- **Bombeo de agua.** De lo que declaran necesitar bombeo de agua 88% lo requieren para abrevaderos, 52% para riego y 48% para agua potable. En este sentido, 43 de los entrevistados requerirán hasta 25 m³ por día (19 hasta 15 m³/día) y cuatro más de 25 m³/día. En cuanto a la profundidad del bombeo, 17 refirieron que hasta 20 metros de profundidad, mientras que 16 entre 20 y 30 metros, y 11 más de 30 metros.
- **Refrigeración.** De los entrevistados que respondieron esta pregunta y se dijo que almacenaría de 250 a 2,000 litros de leche. Uno respondió que la utilizaría para producto.

Sobre necesidades de asistencia técnica.

Las necesidades de asistencia técnica referidas por los productores entrevistados refieren más a aspectos productivos que meramente energéticos. Así, 50% aseveró que en dieta alimenticia en cría de animales, 48% que necesitarían asistencia técnica en medicina preventiva, 46% en mejoramiento genético, 42% en técnicas de riego, 35% en mejora de cultivos, 33% respondió que en procesos poscosecha 27% en control de plagas, mientras que un 38% declaró que en técnicas de refrigeración y apenas un 13% dijo que en electrificación.

Sobre inversiones necesarias y los recursos de los productores para proyectos productivos.

De los 22 productores que respondieron a esta pregunta, la mitad refirieron que requieren la mitad de la inversión total del proyecto, para llevarlo a cabo en los próximos cinco años.

Consultados sobre la capacidad de pago anual para cubrir un financiamiento o préstamo recibido para implementar un proyecto productivo en los próximos cinco años, sólo 19 productores respondieron a la pregunta (solo uno de BCS). De ese total, la mayoría (11) refirió que entre 10 y 20 mil pesos, cuatro entre 5 y 10 mil y otros cuatro en más de 20 mil pesos por año.

Sobre el consumo de energía en los hogares de los productores.

La mayoría de los entrevistados (87%) manifestó utilizar gas LP en su hogar, 56% que utilizaron leña, 58% que gasolina, 52% energía solar, 48% pilas o baterías, 15% petróleo, 8% diesel 8% electricidad en su hogar

En lo referente a los niveles de consumo, la mayoría ubicó su consumo de leña en 300 y 500 Kg., en 100 litros de petróleo, entre 200 y 400 litros de gasolina, entre 11 y 20 pilas o baterías, y el equivalente entre \$100 y \$200 de gas LP.



Sobre la disposición para invertir en tener electricidad.

La mayoría de los entrevistados (75%) refirieron que su vivienda se ubica a más de 5 km de la red eléctrica.

De los 31 productores que respondieron a la pregunta, la mayor parte estarían dispuestos a pagar entre 10 y 30 mil pesos por contar con electricidad, llegando alguien a referir disposición a pagar más de 80 mil pesos.

Sobre la tecnología de aprovechamiento de energías renovables que estarían dispuestos comprar.

Los 48 productores que respondieron a esta pregunta (92% de los entrevistados) dijeron estar interesados en adquirir un sistema fotovoltaico, mientras que 35 dijo estar interesado en adquirir refrigeradores solares, 21 calentadores solares, 16 un sistema eólico, y 5 un sistema de biodigestor.

En cuanto a la actividades en la que aplicarían la tecnología, los mismos 48 refirieron a bombeo de agua, 45 a algún tipo de refrigeración y 24 a comunicaciones. Respecto a qué porcentaje de esas actividades se cubrirían con la tecnología de energía renovable, tres cuartas parte refirieron que la totalidad de esas necesidades.

De las razones que los 48 productores que respondieron a una pregunta sobre los factores que serían determinantes para decidir el uso de esta tecnología para sus actividades productivas, 32 refirieron a razones económicas, 13 a falta de energía eléctrica, 24 a que le den algún apoyo y 12 que le otorguen financiamiento.

En cuanto al costo de la tecnología, 52 productores respondieron a la pregunta y resalta el hecho que 23 lo consideraron bajo (todos ellos en BCS), mientras que 27 alto.

En cuanto a sus expectativas sobre la tecnología, 40 refirieron a que esperan que sus expectativas se cumplan en cuanto a costo, mientras que 27 declaró que espera se cubran sus expectativas en cuanto a funcionamiento.

Consultados sobre si estarían dispuestos a adquirir esta tecnología aún sin ser beneficiarios del PERA la gran mayoría (87%) dijo estar dispuestos a adquirirla sin apoyos.

Finalmente, la respuesta a la solicitud de recomendaciones para ampliar el uso de la tecnología de aprovechamiento de energías renovables, 49 recomendaron establecer y/o aumentar apoyos gubernamentales a los productores, otros 49 mejorar los precios de la tecnología, 42 mejorar las condiciones de financiamiento, 39 ampliar la promoción y difusión del uso de ésta tecnología y 30 ampliar las aplicaciones de tecnología.

Conocimiento del PERA.

Del universo de los entrevistados, solo una tercera parte sabe de la existencia del PERA.

Conclusiones.

- La mayoría de los entrevistados consume gasolina (48). Los 27 que consumen baterías y los 24 que consumen leña están en BCS. Seis consumen diesel (5 en BCS).
- Es notable la diferencia de costo de obtener la energía entre los productores de BCS y los de Sonora, Mientras que los de Sonora refieren que les cuesta en promedio 13 pesos y una hora y media de tiempo el obtener los combustibles, para los de BCS el tiempo es de ocho horas y el costo de 205 pesos al mes.
- Del universo de los entrevistados solo 4 manifestaron estar a menos de un kilómetro de la red eléctrica mientras que una gran mayoría (42) refirió estar a más de 5 kilómetros.
- Para extraer el agua que utilizan, 35 refirieron usar bombas solares y 20 bombas de gasolina.
- Es significativo que más de la mitad de los entrevistados refirieron conocer a más de tres tecnologías que aprovechan energías renovables, resaltando que casi un 98% declaró conocer los sistemas fotovoltaicos.
- Aún y cuando solo una tercera parte dijo saber de la existencia del PERA, cerca de la mitad (46%) afirmó conocerlas por los programas de FIRCO.
- La mayoría de los entrevistados (98%) consideran que las energías renovables serían útiles en el bombeo de agua para abrevadero. Asimismo, una fracción importante (75%) de los entrevistados considera que la tecnología de aprovechamiento de energía renovable sería útil en aplicaciones para la generación de electricidad para el hogar y para el uso de teléfonos (56%).
- La gran mayoría (94%) expresó que al alto desembolso inicial es la principal razón para no comprar equipos de aprovechamiento de energías renovables, mientras que el 35% afirmó que porque no hay créditos accesibles para adquirirlos.
- Las necesidades de asistencia técnica referidas por los productores entrevistados refieren más a aspectos productivos que meramente energéticos.
- En cuanto a capacidad de pago anual para cubrir un financiamiento o préstamo para implementar un proyecto productivo en los próximos cinco años, sólo 19 productores respondieron a la pregunta y la mayoría (11) refirió que entre 10 y 20 mil pesos, mientras cuatro mencionaron entre 5 y 10 mil y otros cuatro en más de 20 mil pesos por año.

La mayor parte de los entrevistados estarían dispuestos a pagar entre 10 y 30 mil pesos por contar con electricidad, llegando alguien a referir disposición a pagar más de 80 mil pesos.

e. Encuestas a proveedores de equipos.

El universo de los encuestados

La muestra de proveedores para el presente estudio fue de 29 proveedores (el mismo número que en la primera encuesta). La encuesta se llevó a cabo en el contexto de la reunión de la Asociación Mexicana de Proveedores de Energía Renovable (AMPER), en la Ciudad de México (Tabla VII-24).

Localización y alcance geográfico de sus actividades

Los proveedores entrevistados están ubicados en 15 de los estados de la República Mexicana, aunque resalta el hecho que más de la tercera parte están ubicados en el centro del país (6 en el DF, 3 en Morelos y 2 en Edomex). Para el norte de México, donde se presentan las mejores condiciones para aprovechamiento de la energía solar para actividades ganaderas y donde hay una mayor extensión territorial, se ubicaron nada más siete empresas proveedoras (una en BC, BCS, Coahuila y Durango, y dos en Nuevo León).

Como una primera conclusión y desde una perspectiva de costos, el hecho de que haya una concentración en el centro del país significa un mayor costo de los proyectos por los costos de transporte de técnicos y de partes asociadas a las instalaciones.

Nivel tecnológico de las empresas

Una característica general de las empresas es que su origen es principalmente tecnológico. Sus dueños y sus operadores (que, en el mayor caso, son los mismos) son profesionales formados en carreras principalmente de ingeniería. Veintisiete de los entrevistados tienen preparación asociada a la ingeniería con preparación de, mínimo, nivel de licenciatura.

Relación con las actividades del campo.

Las empresas proveedoras entrevistadas tienen en general poca relación de origen con el mercado de productos y servicios agroindustriales, que es el que busca atender el PERA. De las 18 empresas que se dedicaban a otras actividades distintas a las asociadas a energías renovables, un número muy pequeño de ellas parte de una actividad relacionada a la agricultura. Ahora bien, 13 de las empresas estaban, al momento de la encuesta, asociadas al mercado de equipos relacionados al campo. De éstas, 7 proveen también equipos de riego, 3 en insumos agrícolas (Chiapas, Oaxaca y Yucatán) y en equipos agrícolas. En estos dos últimos conjuntos dos empresas están involucradas en las dos actividades.

Esto puede significar, junto con la localización de las empresas, que los costos de promoción y de extensión puedan representar un costo muy alto que, en caso de que el PERA (y sus apoyos de promoción) lleve a que desaparezcan las empresas o que dejen el mercado de energía renovable.

Tabla VII-24. Relación de encuestas a proveedores 2006

Nombre del entrevistado	Cargo que desempeña	Estado de la República
Carlos Dosamantes Rodríguez	Gerente	Nuevo León
César Manuel Gutiérrez Briones	Dueño	San Luis Potosí
Enrique Alejandro Carrillo	Dueño	Yucatán
Enrique Ramoneda Retif	Dueño	Distrito Federal
Fernando González Galindo	Gerente	Morelos
Francisco Javier Sánchez	Socio	Coahuila
Gerardo Galindo Novelo	Dueño	Durango
Gumaro Rojas Flores	Dueño	Tlaxcala
Héctor de la O. Santana	Dueño	Chiapas
Hernando Romero Paredes Rubio	Socio	Distrito Federal
Ing. José Ramón Sánchez Ceresuela	Dueño	Morelos
Ing. Miguel Juvenal Güendulain Méndez	Dueño	Oaxaca
José Castelán Reyes	Gerente	Distrito Federal
José David Aponte García	Dueño	Puebla
José Luis de León Velázquez	Dueño	Distrito Federal
Loan Velasco Díaz	Socio	Chiapas
Luis Francisco Ramírez García	Socio	Oaxaca
Marco Antonio Aguilar López	Dueño	Yucatán
Octavio Escobar Villanueva	Gerente	Chiapas
Octavio Orozco	Dueño	Baja California Sur
Raudel Dorado Llamas	Gerente	Baja California
Rodolfo Montelongo Amaro	Dueño	Distrito Federal
Rosa Isela Sánchez Cobos	Socio	Distrito Federal
Salomón Figueroa González	Gerente	Estado de México
Samuel Durán	Dueño	Guanajuato
Simón Ortiz Gurrola	Gerente	Baja California Sur
Tomás Ángel Durán Torres	Dueño	Nuevo León
Vicente Estrada Cajigal	Dueño	Morelos
Vicente Romero Paredes Pimienta	Empleado	Estado de México

Tamaño y sofisticación tecnológica de las empresas.

De la encuesta resalta el hecho de que la gran mayoría de las empresas tiene carácter de PyMEs ya que, de las 29 empresas, 22 tienen menos de 10 empleados, 6 son “familiares” y sólo dos tienen más de 25 empleados. Sin ser precisamente un dato que sea determinante, resalta el hecho de que en la

encuesta—que fue realizada en un evento técnico—16 de los 29 entrevistados fueran dueños de las empresas.

El nivel de ventas es también un reflejo del tamaño de las empresas y este es pequeño en la mayoría de los casos. En este sentido solo tres empresas venden más de 20 sistemas al mes, lo que significa una facturación no superior a los tres millones de pesos al mes. Asimismo, once empresas facturan hasta 100 mil pesos al mes y solo ocho reportan ventas por más de 200 mil pesos mensuales.

En esta perspectiva sería lógico revisar los apoyos que el Gobierno Federal tiene para apoyar a este tipo de empresas para su desarrollo.

Influencia del PERA en la oferta de productos y servicios.

El PERA ha tenido influencia en el aumento de la oferta de productos y servicios asociados al bombeo de agua con energía solar, pero solo por el hecho de ser la principal fuente de demanda de los equipos. No hay evidencias claras que el programa haya tenido un efecto multiplicador.

Esto se hace evidente en el hecho de que se han creado relativamente pocas empresas para participar en el mercado de energías renovables: solo 8 de las empresas llevan menos de cinco años de existencia, mientras 19 de las empresas entrevistadas reportan llevar más de tres años asociadas al tema de las energías renovables.

De las empresas, la dedicación al mercado de las energías renovables es variable. Diez de las empresas se dedican únicamente a ER aunque 15 tuvieron más del 60% de ventas por ER y 13 menos del 40%.

En buena medida, parece que el PERA llevó a empresas ya relacionadas a ER a expandir sus actividades. Más de la mitad (17) de los entrevistados refirieron que las empresas se dedican a las ER por “oportunidad” y 11 respondieron “mucho” cuando se les pregunta de la influencia del PERA en su incorporación al mercado de ER

Integración de las redes de productos y servicios y orientación de las empresas

Las asociaciones que tiene establecidas las empresas proveedoras se concentran en la venta y no en la instalación y el servicio. Prácticamente la mitad (14) de las empresas tienen algún tipo de asociación aunque el énfasis de esta asociación son las ventas y la promoción. Así, la mayor parte de éstas (9) lo tienen para vender y 6 para promover. Menos de una tercera parte (8) de las empresas tienen asociaciones para instalar y un número muy pequeño (3) se han asociado para dar mantenimiento a los equipos. Una quinta parte (4) tiene alianzas para fabricar

Estas conclusiones son reforzadas por respuestas a preguntas relativas al margen de ganancia. De las 29 empresas, 18 respondieron que su principal margen de ganancia viene de ya sea vender o promover. Sólo siete respondieron con “instalar”. A su vez, la manufactura fue el origen del principal margen de utilidad de 5 empresas.

El hecho de que empresas no pongan—como se refleja en las respuestas a la encuesta—suficiente prioridad en la instalación de los equipos y en el servicio a instalaciones en operación, puede convertirse en un problema en el mediano y largo plazos, cuando los equipos presenten problemas por desgaste o problemas relacionados a su exposición a la intemperie en condiciones de campo.

Por supuesto, la prioridad a la venta tiene que ver más con las condiciones del mercado que un descuido o desatención de las empresas. El hecho de que exista el PERA y que el programa esté creando una gran demanda tiene que ver con esa orientación.

El papel de la promoción

La promoción es una prioridad para las empresas proveedoras de sistemas de bombeo con energía solar ya que todas las empresas entrevistadas dedican recursos para promoción, 27 de refieren gastar menos del 20% de sus costos en promover y 18 menos del 10%.

En este sentido resalta de manera significativa el papel del PERA. De acuerdo a la encuesta, más de la mitad (18) de los entrevistados refirieron que la principal fortaleza del PERA ha sido la difusión y promoción de las ER, mientras que cinco refirieron al apoyo técnico a los productores. Solo dos se refirieron a la capacitación como la principal contribución.

En buena medida, éstos resultados solo refuerzan la perspectiva de que la orientación del programa y sus principales actores ha sido hacia la venta de equipos, lo cual es lógico.

Participación en licitaciones

La participación de las empresas en las licitaciones del PERA ha sido dispareja y puede estar reflejando ya una concentración de la oferta en unas cuantas empresas. De las 29 empresas entrevistadas, dos no han participado en licitaciones en el último año, 11 han participado en entre 1 a 5 licitaciones y 7 de 6 a 20 licitaciones (resaltando tres que han participado en de 11 a 20 licitaciones).

Resalta el hecho que cinco empresas refieren haber ganado más del 60% de las licitaciones en las que han participado, siendo dos de ellas empresas localizadas en grandes centros urbanos (DF y Monterrey). Otras once refieren haber ganada entre el 20 y el 60% de las licitaciones.

En la mayoría de los casos (20) los representantes de las empresas consideraron “una cotización competitiva y adecuada” como el factor más importante para ganar una licitación.

Margen de ganancia.

Un aspecto fundamental en la evaluación y en la posible integración de propuestas para la mejora del PERA es el margen de ganancia que refirieron tener las empresas. De acuerdo a la encuesta, estos márgenes no están nivelados y varían significativamente. Una empresa reportó manejar más de 30% de ganancia (Yucatán). Esta empresa, cabe anotar, es una de las que más licitaciones reporta ganar, lo que puede estar reflejando monopolización del mercado en esa región.



A su vez, dos terceras partes señalaron tener utilidades de más de 10%, con nueve de los entrevistados refiriendo márgenes entre el 21 y el 30%

La sensibilidad al tipo de cambio.

El mercado del bombeo de agua con energía solar es muy dependiente de insumos importados, lo cual se refleja en que 27 de las empresas se declararon susceptibles al tipo de cambio y 20 dijeron “mucho” cuando calificaron su sensibilidad a esa variable económica.

Pagos y financiamiento a las empresas.

Un aspecto que se consultó fue el relacionado al tiempo que les toma a las empresas ser pagadas. Este aspecto es importante para empresas pequeñas. De acuerdo a los resultados de la encuesta, 20 de las empresas toman más de 30 días en cobrar su pago total y, de éstas, 10 toman más de 90 días.

Esta situación puede estarse reflejando en la opinión casi generalizada (de 27 de los encuestados) de que un programa de financiamiento a empresas serviría “mucho” al desarrollo de la oferta.

La encuesta no incluyó preguntas que pudieran medir el efecto que tiene la tardanza en el pago en el margen de ganancia que reportaron las empresas, pero es posible que tenga una influencia importante en ese margen y, por lo mismo, en los costos de los equipos.

Cabe señalar que esta situación ya se había señalado en el primer estudio de mercado, donde se refirió que “dadas las condiciones de bajo volumen de la demanda, la rentabilidad de los proveedores de los productos y servicios asociados a los sistemas fotovoltaicos para bombeo de agua tiene que descansar en relativamente altos márgenes unitarios de ganancia.”

El papel de la capacitación.

La capacitación es un elemento importante para las empresas proveedoras de sistemas de bombeo con energía solar. De las 29 entrevistadas, 27 dijeron contar con personal capacitado y 21 consideran que ha influido “mucho” la capacitación de su personal en las ventas.

Sin embargo, las empresas no han dependido de la capacitación que provee el PERA ya que sólo 15 reportaron capacitación por esta vía mientras que 20 empresas capacitaban por su cuenta a su personal. Ahora bien, 23 de las empresas reportan haber enviado a su personal a cursos de FIRCO.

En cuanto al tipo de capacitación, solo siete de las empresas consideran que les serviría capacitación distinta a la técnica para ser más competitivas.

Certificación de las empresas

La gran mayoría de los entrevistados consideraron a muy importante la certificación de las empresas ya que 26 refirieron que serviría “mucho” el establecimiento de una norma de certificación de empresas.



Dado que esta certificación no ha sido establecida y consultadas sobre su perspectiva de las razones para que esto no haya sido posible, 18 de las empresas ubicaron a la “carencia de un sistema para certificación” como el principal impedimento a la certificación.

Conclusiones

Una característica general de las empresas es su carácter de PyMEs y su origen principalmente tecnológico pero que tienen en general poca relación de origen con el mercado de productos y servicios agroindustriales, que es el que busca atender el PERA. Esto puede significar, junto con la localización de las empresas (con una concentración en el centro del país), que los costos de promoción y de extensión puedan representar un costo muy alto que, en caso de que el PERA (y sus apoyos de promoción) lleve a que desaparezcan las empresas o que dejen el mercado de energía renovable.

Las asociaciones que tiene establecidas las empresas proveedoras se concentran en la venta y no en la instalación y el servicio. El hecho de que empresas no pongan—como se refleja en las respuestas a la encuesta—suficiente prioridad en la instalación de los equipos y en el servicio a instalaciones en operación, puede convertirse en un problema en el mediano y largo plazos, cuando los equipos presenten problemas por desgaste o problemas relacionados a su exposición a la intemperie en condiciones de campo.

La gran mayoría de los entrevistados consideraron muy importante la certificación de las empresas.

La promoción es una prioridad para las empresas ya que todas las empresas entrevistadas dedican recursos para promoción. En este sentido resalta de manera significativa el papel del PERA. De acuerdo a la encuesta, más de la mitad (18) de los entrevistados refirieron que la principal fortaleza del PERA ha sido la difusión y promoción de las ER.

La capacitación es un elemento importante para las empresas proveedoras de sistemas de bombeo con energía solar. Sin embargo, las empresas no han dependido de la capacitación que provee el PERA ya que sólo 15 reportaron capacitación por esta vía y solamente dos se refirieron a la capacitación como la principal fortaleza del PERA.

La participación de las empresas en las licitaciones del PERA ha sido dispareja y puede estar reflejando ya una concentración de la oferta en unas cuantas empresas. Resalta el hecho que cinco empresas refieren haber ganado más del 60% de las licitaciones en las que han participado.

Un aspecto fundamental en la evaluación y en la posible integración de propuestas para la mejora del PERA es el margen de ganancia que refirieron tener las empresas. De acuerdo a la encuesta, estos márgenes no están nivelados y varían significativamente.

Existe la opinión casi generalizada de los entrevistados de que un programa de financiamiento a empresas serviría “mucho” al desarrollo de la oferta. Esto puede ser reflejo de que las empresas son pequeñas y que el tiempo que toman los pagos puede representar una pesada carga. Igualmente importante en este sentido es el hecho de que el mercado del bombeo de agua con energía solar es





muy dependiente de insumos importados, lo cual hace que las empresas tengan un alto nivel de vulnerabilidad.

La encuesta no incluyó preguntas que pudieran medir el efecto que tiene la tardanza en el pago en el margen de ganancia que reportaron las empresas, pero es posible que tenga una influencia importante en ese margen y, por lo mismo, en los costos de los equipos. Cabe señalar que esta situación ya se había señalado en el primer estudio de mercado, donde se refirió que “dadas las condiciones de bajo volumen de la demanda, la rentabilidad de los proveedores de los productos y servicios asociados a los sistemas fotovoltaicos para bombeo de agua tiene que descansar en relativamente altos márgenes unitarios de ganancia.”

El PERA ha tenido influencia en el aumento de la oferta de productos y servicios asociados al bombeo de agua con energía solar, pero solo por el hecho de ser la principal fuente de demanda de los equipos. No hay evidencias claras que el programa haya tenido un efecto multiplicador.



f. Encuestas a responsables del programa.

El universo de los encuestados

A efecto de obtener los datos necesarios para llevar a cabo el Estudio de Mercado de Energías Renovables en el Sector Agropecuario, en el mes de marzo de 2006 se realizaron encuestas a 31 responsables (uno por cada estado de la República) del programa de energías renovables para el sector agropecuario (PERA) a todo lo largo del país.

Los encuestados tienen en su gran mayoría título de licenciatura (28), resaltando el hecho de que 12 tienen títulos relacionados a la agronomía, mientras que el resto predominan los ingenieros civiles. Igualmente, la gran mayoría (24) tiene más de tres años trabajando vinculados al tema de las energías renovables, lo cual coincide con el número de años que llevan vinculados al PERA. Esto lleva a concluir que el PERA ha sido el espacio en el que se han involucrado en el tema.

Percepción sobre la tecnología.

De manera casi absoluta, los responsables del PERA consideran que los proyectos de ER resuelven problemas productivos de los productores, aunque resalta que 90% considera que resuelve problemas económicos y 70% de tiempo.

Sorprende el ver que más del 70% considera que la tecnología es rentable sin subsidios. Esto se establece en la medida de que las alternativas son mucho más caras para los productores, a que la tecnología de las ER (en particular la fotovoltaica) es confiable y a que les resuelve problemas. De acuerdo a la opinión absolutamente mayoritaria, la calidad de la tecnología utilizada es buena o excelente.

También sorprende que, por otro lado, más del 75% digan que el costo de la tecnología es alto y que cerca del 50% digan que se requieren mejoras de costo que van de 10 a 60% para que sea rentable.

Perspectiva sobre los productores y su relación con la tecnología y el PERA.

Es la opinión de los responsables del PERA que los productores conocieron de la tecnología de ER a través de FIRCO. Esto se refleja en que 29 de los 31 refieran que la vía principal por la que los productores conocieron la tecnología fue por los programas de FIRCO.

Resalta que es la opinión de sólo siete de los responsables que costó “mucho” convencer a los productores a adoptar la tecnología. En este sentido resalta que muchos refieren que el haber visto sistemas funcionando los convenció.

La encuesta resalta, por mucho, como “tecnología preferida” a los sistemas fotovoltaicos. Esto refleja que esa es la tecnología predominante en el PERA.

En cuanto a la comprensión que tienen los productores sobre la tecnología, poco menos del 75% de los responsables consideraron que “mucho” y 11 que “poco” lo cual se asocia a bajos niveles de



capacitación. En este sentido, resalta el hecho de que la gran mayoría de los entrevistados considera que es muy importante que los productores entiendan el uso de la tecnología, en particular para que sepan aprovecharla bien y mantenerla (reduciendo costos de reparaciones).

A su vez, en la opinión de los responsables de programa, poco menos del 75% de los productores han considerado utilizar otras tecnologías de energía renovable, resaltando como las más mencionadas (con diez menciones cada una) el calentamiento de agua con energía solar, los sistemas de iluminación y los sistemas de refrigeración. Ahora bien, cuando se pregunta para qué, la que tiene más menciones es la iluminación, aunque también resalta la electrificación en el hogar.

Por otro lado, cerca del 80% de los responsables de programa han detectado necesidad de los productores de aumentar la capacidad de los equipos que aprovechan las ER, mientras que poco menos del 30% refiere que los equipos se utilizan por el 80% de su capacidad.

En cuanto a considerar si los productores requieren de apoyo, todos los entrevistados respondieron positivamente. Sobre el tipo de apoyo la gran mayoría (27) respondió que “subsidio”, 18 que “financiamiento” y en menor número que “asistencia técnica”.

Sobre la empresas proveedoras.

Hay una opinión dominante de los entrevistados de que los proveedores dan un servicio adecuado con una presencia mayor de respuestas en el sentido de “excelente “ sobre “regular”. Sobre aspectos a mejorar hay referencias frecuentes a precios de los equipos y costos de instalación y otros, menos frecuentes a la calidad del diseño y de la instalación.

Resalta el hecho de que 11 de los entrevistados consideran que no hay competencia de los proveedores en su región. Igualmente, que la mayoría (17) considera que la competencia es por precio y menos de una tercera parte (9) que la competencia es en servicio.

Sobre la asistencia técnica.

Para la gran mayoría de los responsables del PERA, la asistencia técnica es muy útil para que los productores entiendan la utilidad de la tecnología y sus potencialidades, aunque el 70% consideró que podrían no depender de ella, esto en la medida de la capacidad de los productores para comprender el funcionamiento de los equipos (en la medida, a su vez, de una buena capacitación inicial).

Los responsables del PERA consideran que hay forma de reducir el costo de la asistencia técnica, particularmente con una mejor planeación de las visitas a los productores y una colaboración más cercana entre los proveedores y los asesores técnicos.

Sobre el impacto del PERA.

Todos los entrevistados consideran que el PERA ha tenido un impacto en el mercado de las energías renovables, esto a través del incremento de la demanda, de la creación de nuevas empresas proveedoras, ampliando los usos de la tecnología y de la baja de los precios de los sistemas.





Asimismo, la gran mayoría (30) considera que los productores se han beneficiado del programa, que han disminuido los costos de producción (23) y que ha aumentado la productividad de los productores (20)

Todos los entrevistados, como es de suponerse, consideran que debe continuar el programa. Las razones varían: porque existe ya una gran demanda de los sistemas que hay que cubrir; porque hay que garantizar la continuidad del funcionamiento de los sistemas; y porque puede servir para que sigan bajando los precios de la tecnología, entre otros.

Recomendaciones para el futuro del PERA.

De las recomendaciones para aumentar el alcance del PERA, resalta la sugerencia de ampliar las aplicaciones de la tecnología (28), el que se utilice en iluminación (28), el que se utilice en diversas formas de refrigeración (principalmente lácteos), aumentar la promoción y aumentar los subsidios a productores.

Las conclusiones

- En la perspectiva de los responsables de programa , la utilización de la energía renovable a través del PERA ha sido exitosa.
- El éxito ha estado, en buena medida, en función de los resultados que han obtenido los productores en forma de reducción de costos y de aumento en su producción.
- La capacitación y la promoción ha sido muy importantes para el éxito del programa .
- Se considera que el trabajo de los proveedores ha sido bueno, pero con espacio de mejora, lo cual se podría reflejar en una reducción de precios.
- Se considera que se pueden y deben ampliar las aplicaciones de las ER.
- Una de las aplicaciones que más se recomienda considerar en el futuro es la iluminación.



g. Resultado de las encuestas a asesores técnicos.

El universo de los encuestados

La encuesta a asesores técnicos del proyecto de energías renovables en el sector agropecuario se realizó durante el mes de marzo de 2006, a todo lo largo del país. El tamaño de la muestra fue de 44 asesores técnicos (Tabla VII-25).

Tabla VII-25

No	ESTADO O REGIÓN	ENTREVISTADOS
1	Aguascalientes	1
2	Baja California	1
3	Baja California Sur	2
4	Campeche	2
5	Chiapas	2
6	Coahuila	2
7	Durango	2
8	Estado de México	1
9	Guanajuato	1
10	Hidalgo	3
11	Michoacán	1
12	Morelos	2
13	Nayarit	1
14	Nuevo león	1
15	Oaxaca	2
16	Puebla	2
17	San luis Potosí	2
18	Sinaloa	3
19	Tamaulipas	2
20	Tabasco	1
21	Tlaxcala	1
22	Veracruz	2
23	Yucatán	2
24	Zacatecas	2
25	Comarca lagunera	1
26	No identificado	2
TOTAL		44

Escolaridad y preparación técnica de los asesores técnicos

Todos los asesores técnicos refieren tener un nivel mínimo de licenciatura. Más del 84% de ellos declaró contar con estudios a nivel licenciatura, 14% con maestría y sólo 2% con doctorado.

En cuanto a el área de conocimiento, el 38.64% dijo tener especialidad en Zootecnia, el 36% declaró tener especialización en el área de Agronomía, mientras que un 15.91% declaró



especializarse en Veterinaria. Sólo un 6.82% afirmó tener especialización en el área de Ciencias Sociales.

Sobre la capacitación que han recibido por parte del PERA, predominan los cursos de sistemas de bombeo mediante energía solar y solo 5% declaró que ha sido certificado por el PERA.

Tiempo de vinculación con las energías renovables y el PERA.

La vinculación de los asesores técnicos con las energías renovables parece estar directamente relacionada a su vinculación con el PERA ya que cerca del 35% declaró tener más de tres años en la vinculación con las energías renovables, mientras que el 43% declaró contar entre 1 y 3 años y cerca del 18% declaró contar con una antigüedad menor a 1 año. En cuanto a la vinculación con el PERA, el 27% declaró tener más de tres años, mientras que casi el 50% declaró contar entre 1 y 3 años y un casi 23% declaró contar con una antigüedad menor a 1 año, períodos muy cercanos a los referidos para la vinculación con las energías renovables.

Sobre la utilidad de la tecnología de aprovechamiento de energías renovables.

La gran mayoría (93%) declaró que considera que el principal beneficio de las energías renovables para los productores es la resolución de problemas productivos a través de la tecnología de energía renovable, mientras que el 95% afirmó que se resuelven problemas económicos, otro 82% dijo que se resuelven problemas de tiempo, un 52% aseveró que se resuelven problemas técnicos y un 16% declaró que se resuelven otro tipo de problemas.

Sobre la calidad técnica de los equipos que aprovechan energía renovable.

Cerca de una cuarta parte de los asesores técnicos declaró que considera excelente la calidad técnica de los equipos de energía renovable, mientras que un 48% afirmó que es buena y un 23% se negó a responder.

Por su parte, 41% declaró que los problemas técnicos que regularmente le consultan los productores son de la operación de los equipos, mientras que el 75% dijo que problemas de fallas presentadas en los equipos, un 16% afirmó que le consultan problemas derivados de fallas presentadas en la instalación de los equipos, otro 23% se refirió a otro tipo de problemas técnicos, tales como: Productivos en ganado (medicamentos), siembra de pastos mejorados, agropecuarios, conocer programas de apoyo de la alianza, control de plagas y enfermedades, de cómo incrementar la producción, mejorar producción con el sistema fotovoltaico, productivos sobre el manejo del rancho, sanidad y alimentación de ganado, alimentación y control de plagas en cultivos, uso de ramo productivo (ovinos, bovinos). Resulta destacable que el número de consultas con mayor incidencia son de fallas presentadas en los equipos.

Sobre los proveedores de tecnología de aprovechamiento de energía renovable.



El 91% declaró que en su estado o región operan de 1 a 5 proveedores, mientras que 7% dijo que operan entre 6 y 10 proveedores, y sólo un asesor técnico del estado de Campeche afirmó que no hay proveedores operando en su estado. Los asesores técnicos identificaron a 50 empresas distribuidoras de equipos.

Respecto de la pregunta: ¿Qué recomendaría a los proveedores de ésta tecnología para disminuir sus costos de operación?, los asesores técnicos respondieron principalmente lo siguiente:

- Apoyar más la difusión de la nueva tecnología conjuntamente con las dependencias que ya están llevando a las comunidades alejadas y proporcionar apoyos más directos a través de los técnicos para su desplazamiento.
- Atender a un número mayor de clientes.
- Capacitar a técnicos asesores para la instalación, supervisión y solución de problemas.
- Instalar o promover la mayor cantidad de equipos, trazando rutas para poder disminuir los costos de transporte e instalación.
- Que ofrezcan más aplicaciones de la energía fotovoltaica.
- Realizar una instalación correcta, de tal manera que se evite la vuelta al rancho para rectificar fallas.
- Reducir márgenes de ganancia en beneficio del productor.

El 66% declaró que desde su perspectiva existe competencia entre los proveedores de su estado o región, mientras que el 32% opina lo contrario. El 2% no respondió.

A su vez, el 59% declaró que en su estado o región los proveedores que operan compiten principalmente en precio, mientras que el 50% dijo que compiten en servicio, y un 39% aseveró que en tiempo de respuesta.

Sobre las preferencias tecnológicas de los productores.

Casi el 86% declaró que la tecnología preferida de los productores son los sistemas fotovoltaicos, 32% declaró que los sistemas eólicos, 12% dijo que los sistemas biodigestores, 11% que los sistemas de calentamiento solar de aguay 7% que los sistemas de calentamiento solar de aire. En cuanto a aplicaciones, un 70.45% dijo que los sistemas para bombeo, 66% declaró que los sistemas para iluminación, 27% afirmó que los sistemas para refrigeración y finalmente un y 2 productores se refirieron a otros sistemas sin especificar cuales.

Sobre los medios por los cuales los productores conocieron de la tecnología de aprovechamiento de energías renovables.

El total de los asesores técnicos afirmó que fue a través de los programas de FIRCO, sea mediante talleres con productores, días demostrativos o a través de ferias; 43% declaró que fue a través de información recibida a través de productores cercanos; cerca del 57% dijo mediante la gestión de



los asesores del FIRCO; casi 48% aseveró que le llegó información de la tecnología; y un 11.36% dijo que a través de proveedores de equipos de dichas fuentes.

Sobre el uso de la tecnología por parte de los productores.

La gran mayoría de los asesores técnicos (98%) declaró que la tecnología utilizada por los productores es principalmente para bombeo de agua para abreviar ganado, mientras que el 77% afirmó que para bombeo de agua para riego, otro casi 23% dijo que para bombeo de agua potable, un 2% aseveró que para refrigeración de producto agrícola, y un casi 16% declaró que refrigeración de producto lácteo, un 9% dijo que para refrigeración de pescados, un 25% declaró que para iluminación, un 23% afirmó que para electrificación en el hogar, un 9% dijo que para calentamiento de agua y finalmente un 2% dijo que para secado de granos o secado de pescado.

Sobre el uso de otras tecnologías de aprovechamiento de energías renovables por parte de los productores.

El 91% declaró que sí han considerado los productores el uso de otras tecnologías (energías renovables).

En cuanto a cual es la tecnología considerada para ser utilizada, el 43% afirmó que los sistemas de calentamiento solar de agua, 41% que los sistemas fotovoltaicos, 29% que los sistemas biodigestores que transforman residuos agrícolas y/o ganaderos, 20% que los sistemas eólicos para bombeo de agua, 14% que los sistemas eólicos para generar electricidad, 5% que los sistemas de calentamiento solar de aire, y un 2% que las plantas mini hidroeléctricas.

En cuanto a aplicaciones, el 80% declaró que para sistemas para iluminación, 70% para sistemas para refrigeración y 59% dijo que los sistemas para bombeo. De manera más específica, el 73% declaró que la tecnología considerada por los productores sería utilizada para bombeo de agua para abreviar ganado, mientras que el 59% para bombeo de agua para riego, otro casi 45% para bombeo de agua potable, un 25% para refrigeración de producto agrícola, y un casi 48% para refrigeración de producto lácteo. Igualmente, un 48% afirmó que para electrificación en el hogar, un 41% para calentamiento de agua y un 14% para secado de granos o secado de pescado.

Sobre la comprensión de los productores de la tecnología.

El 61% declaró que los productores entienden poco el uso de la tecnología, mientras que un 41% afirmó que la entienden mucho.

Sobre la importancia de que los productores entiendan el uso de la tecnología.

Todos los asesores técnicos entrevistados declararon que es importante que los productores entiendan bien el uso de la tecnología. Entre las causas identificadas resaltan las siguientes:

- Comprendiendo la tecnología valoran sus beneficios.

- Para adoptar y usar mejor esta tecnología.
- Para poder aplicarla de manera adecuada.
- Facilita su manejo, cuidado y uso de estos sistemas.
- Si no la entiende no le interesa usarla.
- Les dará mayor confianza, seguridad y satisfacción su uso.

Sobre las necesidades de los productores para aumentar la capacidad de los equipos que aprovechan energía renovable.

Casi el 20% declaró que ha detectado la necesidad de ampliar la capacidad de los equipos del productor en un 10%, mientras que un 41% afirmó que entre 20 y 40%, otro 18% dijo que entre 40 y 60%, un 14% contestó que más de 60%.

Sobre las necesidades de apoyo de los productores.

Todos los asesores técnicos entrevistados declararon que los productores sí necesitan apoyo para el uso de la tecnología de energías renovables.

Casi el 84% declaró que considera alto el costo de los equipos de energía renovable, mientras que un 16% afirmó que es adecuado. En cuanto a la recomendación que hacen para que la tecnología de energías renovables fuera más económica, los entrevistados comentaron, entre otras cosas, lo siguiente:

- Promover su uso para que exista mayor demanda y consecuentemente bajen los costos.
- Una opción es que sea más utilizada con apoyos institucionales más ágiles y segunda opción, que las empresas fabricantes reduzcan sus niveles de ganancia por volúmenes de compra.
- Que se difunda más la tecnología, para que haya mayor demanda.
- Ampliar los usos de las energías renovables en fines productivos para que a mayor consumo sea más económico.
- Subsidios de los gobiernos a través de los programas al sector rural
- Que hubiera estímulos para la fabricación nacional.
- Que los intermediarios no fueren tan caros y que les dieran los productores uso completo con el fin de aprovechar al máximo el sistema, es decir que la extracción de energía se utilizara con varios fines.
- Diversificar su aplicación abarcando áreas marginadas de otros giros.

Sobre las necesidades de apoyo financiero a los proyectos y a los proveedores.

Solo el 39% de los entrevistados declaró considerar que la tecnología (energía renovable) es rentable, aún sin subsidios, mientras que el resto afirmó lo contrario. Un 20% afirmó que para que sea rentable se requiere un apoyo de entre 20 y 40% del costo, otro 25% dijo que entre 50 y 60%, un 13.64% contestó que más de 60% y un 38.64% se negó a responder.

Cerca del 64% declaró que identifican que los productores requieren apoyo financiero del tipo financiamiento, mientras que el 84% afirmó que requieren apoyo financiero del tipo de subsidio, otro 50% dijo que requieren apoyo de asistencia técnica, en conocer para qué sirve la tecnología, un 32% aseveró que asistencia técnica para saber cómo beneficia la tecnología a los productores, y un 52% declaró que asistencia técnica para entender cómo funciona la tecnología, un 57% dijo que asistencia técnica para saber cómo mejorar su producción con el uso de ésta tecnología, otro 57% afirmó que en asistencia técnica para seleccionar el tipo de tecnología de acuerdo a sus necesidades, otro 57% aseveró que en asistencia técnica para realizar los trámites de financiamiento, compra e instalación de la tecnología y un 34% declaró que en asistencia técnica para establecer una estrecha interacción entre productores y proveedores.

De lo anterior, se desprende que de manera unánime los asesores consideran que los productores requieren de apoyo financiero, con la única diferencia que más del 80% estiman que el apoyo debiera ser vía subsidio y poco más del 60% opina que vía financiamiento, esto permite inferir que la escasez de recursos financieros por parte de los productores induce a la propuesta de subsidio más que de financiamiento, ya que debido a la insuficiencia de recursos podrían no tener capacidad de pago para sufragar el costo del financiamiento y el propio financiamiento.

Sobre las dificultades de los asesores técnicos para convencer a los productores sobre el uso de tecnología para el aprovechamiento de energías renovables.

La mitad de los asesores técnicos afirmó que le costó poco trabajo convencer a los productores que adoptaran esta tecnología, mientras que cerca del 16% declaró que le costó mucho trabajo, 2% que no le costó trabajo alguno y el 32% se negó a responder o simplemente dijo desconocer el tema. Las principales razones que adujeron los entrevistados del porque les costó o no trabajo el convencer a los productores, se refleja a continuación:

- Al principio los productores desconocían la tecnología y no estaban convencidos de la efectividad.
- Por la razón de que no conocían bien sus beneficios y una vez que se les dio una demostración estaban encantados.

Sobre la atención a los productores

El 7% de los asesores técnicos declaró atender de 1 a 10 productores, mientras que el 66% dijo que atiende entre 11 y 30 productores, un 7% afirmó que atiende de 31 a 50, otro 20% aseveró que atiende más de 50 productores.

El 7% declaró que visita a los productores que atiende de manera quincenal, mientras que el 75% dijo que los visita de forma mensual, un 9% afirmó que los visita de forma bimestral, otro 5% aseveró que los visita de forma trimestral y otro 5% dijo visitarlos semestralmente. Resulta evidente que la frecuencia de visita más común es mensual.

El 86% declaró que visita a los productores con la finalidad de conocer nuevas necesidades del productor, mientras que el 20% dijo que los visita para conocer problemas en la operación de su equipo, un 23% afirmó que los visita para conocer problemas de mantenimiento de su equipo, otro 16% aseveró que los visita para conocer la atención por parte del proveedor y otro 41% dijo visitarlos para otras causas, habiendo mencionado asistencia técnica para la productividad, en aspectos alimenticios, etc.

Sobre la utilidad de la asistencia técnica

El 100% de los entrevistados declaró que la asistencia técnica que ofrece el PERA sirve de algo. La respuesta respecto de por qué consideran útil la asistencia técnica ofrecida por el PERA, arrojó lo siguiente:

- Acerca al usuario con los procesos técnicos adecuados para mejorar su productividad.
- Ayuda al productor en la toma de decisiones para mejorar el aspecto productivo.
- Da a conocer tecnologías nuevas y capacita a los productores en áreas productivas, así como también apoya para conseguir financiamiento.
- Es un seguro al productor para garantizar el funcionamiento de su equipo y de su proyecto productivo.
- Permite recibir al productor apoyos adicionales otorgados por la alianza para el campo, mejora utilización del bombeo con sistema solar, eficiente productividad del rancho.
- Por que se puede resolver de manera inmediata, tanto el problema del equipo como el productivo.
- Porque los productores que están en el programa la mayoría no tiene asistencia técnica por otras dependencias, por lo que es necesario asistirlos tanto en actividades de producción y en asesorarlos a los apoyos.
- Porque motiva a los productores a realizar mejoras en las unidades de producción.

El 77% opina que los productores dependen de la asistencia técnica que ofrece el PERA. Respecto a las razones para esta dependencia, se refirió lo siguiente:

- Aún los productores no conocen perfectamente el funcionamiento de sus equipos.
- Debido a que se programan actividades para buscar la mejora en cuanto al incremento de la producción, se verían afectados si se deja la asesoría.
- Después de la adquisición de sus equipos enfrentan graves problemas técnico-productivos en sus empresas agrícolas y/o ganaderas que influirán en el futuro para la rentabilidad del negocio y el pago del equipo.
- Hay avances tecnológicos constantes que los productores necesitan conocer por parte de los asesores.
- Por desconocimiento de algunos apoyos o tecnologías que los asesores pueden sugerir o implementar.
- Porque la tecnología es nueva para ellos y el contratar un asesor fuera tiene un costo.
- Porque son productores por lo general de extrema pobreza y se necesita orientarlos y capacitarlos para el mejor aprovechamiento de su equipo.
- Porque una parte muy importante es la asistencia técnica que contribuye a encontrar nuevas maneras de producir.

- Se ha observado que los productores solos no adoptan el sentido de pertenencia de los proyectos, esto aunado al desconocimiento de a donde acudir a solicitar apoyos y/o financiamiento para ampliar o realizar nuevos proyectos.
- Son muy susceptibles a abandonar proyectos.

Sobre las economías en la asistencia técnica.

Los entrevistados, desde su óptica personal, indicaron varias formas de cómo podría hacerse más económica la asistencia técnica, entre las que resaltan:

- Concentrando las unidades por atender y reducir el número de las mismas.
- Contratando personal con estudios técnicos (bachillerato) no personal de niveles de licenciatura.
- Las empresas que instalan extienden una garantía de 18 meses, durante este tiempo el asesor puede recibir una aportación por parte de ello por concepto de supervisión del equipo.
- Viendo a los equipos fotovoltaicos como parte de un proyecto integral productivo rentable y no como ente independiente.

Sobre cómo complementar las actividades de los asesores técnicos y los proveedores.

Del total de entrevistados se pudo identificar desde su óptica, como podría complementarse la asistencia técnica con el servicio de los proveedores, encontrándose lo siguiente:

- Apoyando al pago del servicio de asistencia técnica.
- Capacitándose en aspectos técnicos para poder darle un diagnóstico de fallas en equipos, recibir iniciativas de productores y canalizar el requerimiento de equipos a proveedor.
- Los asesores actuales actuamos también como supervisores de los equipos por tanto los proveedores deben pagar una parte por esto.
- Que los proveedores apoyaran económicamente la asistencia técnica.
- Que los proveedores atendieran las fallas reportadas por los técnicos externos.
- Que los proveedores proporcionaran una parte de recursos económicos, para que continuara la asistencia técnica.
- Tal vez con un porcentaje del costo de instalación y compra de los equipos, que fuera destinado para el pago de los asesores.

Sobre los efectos del PERA.

El 86% de los asesores técnicos entrevistados aseveró que el principal beneficio que ha tenido el PERA en los productores ha sido en disminución en sus costos, 82% un aumento en la productividad, y otro 45% dijo que en la obtención de mejor cosecha.

A su vez, un 80% declaró que el PERA se ha reflejado en la ampliación de la demanda de la tecnología de aprovechamiento de energía renovable porque los beneficiarios ahora saben que existe y se puede aprovechar, 30% considera que ha habido una disminución de los precios de la tecnología y un 55% dijo que ha propiciado que los proveedores de ésta tecnología se fortalezcan.

Todos los asesores técnicos entrevistados consideraron que el PERA ha tenido efectos en la ampliación del mercado de aprovechamiento de las energías renovables. Respecto de la pregunta “¿Por qué?” a continuación se refieren las respuestas más relevantes:

- El gobierno del estado, a través de la Secretaría de Desarrollo Rural ha replicado el proyecto.
- Empieza a existir un mayor número de productores en adoptar la tecnología.
- Existen cada día más personas interesadas en conocer más sobre este tipo de tecnologías.
- En el estado de Yucatán, hoy en día hay más de 55 productores trabajando con ella y hay muchos más en espera que se sigan ofertando (sobre todo con subsidios) para adquirir el suyo.
- Porque en el estado de Nayarit se han instalado equipos por la difusión del programa.
- Se ha incrementado la cantidad de equipos y el conocimiento de los mismos por los productores, quienes lo contemplan como una alternativa en alguna situación futura posible.
- Son más los productores interesados en estas tecnologías por lo que ha aumentado la demanda.

Sobre la pertinencia de continuar el PERA.

Todos los entrevistados consideraron que el PERA debe continuar. Respecto de la pregunta “¿Por qué?” los principales comentarios vertidos por los entrevistados se muestran a continuación:

- Aún existen comunidades y productores que carecen de agua y algunas fuentes como ríos y arroyos no son aprovechados y el agua se pierde por diversas causas.
- Aunque existe una difusión de la tecnología y aceptación por los productores, todavía hay un gran número de productores que desconocen estas aplicaciones y beneficios.
- El uso de las energías renovables inicia apenas y esto permite concientizar al productor para situaciones futuras, donde se carecerá de los derivados del petróleo.
- Es un programa muy noble que estimula, promueve, vigila y fortalece el uso de las energías renovables y el cuidado del medio ambiente, al mismo tiempo que aumenta el nivel económico.
- Es un proyecto especial y que existe aún mucho desconocimiento de la tecnología por parte de productores potenciales para el uso de esta; y pocas o ninguna instancia que tenga programas para su atención.

- Esta tecnología aún se debe difundir y sobre todo que esta se integre en proyectos integrales a fin de que los costos no se vean tan impactantes.
- Los productores al no recibir un apoyo o subsidio o financiamiento es muy difícil que adquieran un equipo y al no darle promoción al programa prácticamente muchos productores nunca se darían cuenta de este tipo de tecnología.
- Para seguir promoviendo la tecnología en las áreas rurales, donde no se cuenta con el servicio de electricidad.
- Por los logros tan palpables que se han observado en la adopción de esta tecnología.
- Porque ayuda al productor a aumentar sus rendimientos y resolver problemas productivos.

Recomendaciones para un mayor alcance.

El 93% recomendó ampliar las aplicaciones de uso de la tecnología de energías renovables para que el PERA tenga mayor alcance, un 70% aseveró que ampliación de uso en bombeo de agua para abreviar ganado, otro 73 dijo que en bombeo de agua para riego, 66% recomendó que habría que aumentar subsidios a productores, y un 57 afirmó que en bombeo de agua potable y un 50% declaró que en la ampliación de uso en refrigeración de producto agrícola, un 75% dijo que en refrigeración de producto lácteo y un 57 dijo que en refrigeración de pescado, otro 27.27% aseveró que en molienda de granos, otro 57% dijo que en congelación de producto perecedero, un 80% respondió que en iluminación, otro 80% comentó que en electrificación en el hogar, un 68% contestó que en calentamiento de agua, otro 38.63% dijo que en secado de granos, un 20.45% aseveró que en secado de pescado, otro 13.63% afirmó que en otras aplicaciones tales como cercos eléctricos, un 65.90% dijo que es necesario mejorar o incrementar la promoción del PERA, finalmente el 56.81% recomendó incrementar el número de asesores técnicos.

Conclusiones

- Los asesores técnicos son profesionales con nivel mínimo de licenciatura donde predominan la formación relacionada a actividades agropecuarias.
- La mayoría de los asesores se ha acercado a las energías renovables a través de su participación en el PERA.
- La gran mayoría considera que el principal beneficio de las energías renovables para los productores es la resolución de problemas productivos. El 86% de los asesores técnicos entrevistados aseveró que el principal beneficio que ha tenido el PERA en los productores ha sido en disminución en sus costos, 82% un aumento en la productividad, y otro 45% dijo que en la obtención de mejor cosecha.
- Solo el 39% de los entrevistados declaró considerar que la tecnología (energía renovable) es rentable, aún sin subsidios, mientras que el resto afirmó lo contrario.
- 80% estiman que el apoyo debiera ser vía subsidio y poco más del 60% opina que vía financiamiento.
- Se identifica una necesidad de ampliar las aplicaciones a energías renovables para iluminación, refrigeración y electrificación de hogares.



- Todos los asesores técnicos entrevistados declararon que es importante que los productores entiendan bien el uso de la tecnología por lo que necesitan apoyo técnico para su uso.
- La mitad de los asesores técnicos afirmó que le costó poco trabajo convencer a los productores que adoptaran esta tecnología, mientras que cerca del 16% declaró que le costó mucho trabajo
- De manera unánime los asesores consideran que los productores requieren de apoyo financiero, con la única diferencia que más del 80% estiman que el apoyo debiera ser vía subsidio y poco más del 60% opina que vía financiamiento.
- Todos los entrevistados consideraron que el PERA debe continuar.
- El 93% recomendó ampliar las aplicaciones de uso de la tecnología de energías renovables para que el PERA tenga mayor alcance.



VIII. EL SECTOR AGROPECUARIO

Dado que la Alianza para el Campo no discrimina a los productores por sus mayores o menores recursos económicos, ni por el tamaño de su explotación, la población objetivo a considerar en el PERA es toda aquella perteneciente a estas unidades de producción y que tenga interés en participar dentro del Proyecto.

Para efecto de dimensionar al universo de las unidades productivas que pueden ser sujetas de proyectos de energía renovable, se definen dos aspectos relevantes: el primero definido por la participación de la unidad dentro de la Alianza para el Campo, donde el productor, independientemente de pertenecer al sector social o privado, indígena o no, al hacer su solicitud tiene derecho a los beneficios del programa.

El segundo tiene relación a que, buscando el mayor impacto y efecto multiplicador para el Proyecto, se apoyará preferentemente a productores o grupo de productores con potencial productivo. En particular, dadas las características de los componentes de demostración y de desarrollo que se tienen contempladas llevar a cabo, el Proyecto pretende atender a productores líderes que cumplan la función de demostrar a otros productores está tecnología.

a. Universo general

Población rural

De acuerdo al Censo General de Población 2005, la población de México era de 103.3 millones de personas, de las cuales el 23.5% (24.7 millones de personas) vive en 196,350 localidades rurales (el 98.5% del total nacional) con menos de 2,500 habitantes. De ese universo de localidades, 182,357 tiene menos de 500 habitantes, 8,698 entre 500 y 999 habitantes y 1,580 entre 2,500 y 4,999 habitantes.

Población indígena

Por otro lado, a la población indígena y de acuerdo a los datos del Censo General de Población 2005, se estima que el 11% de la población nacional (11.3 millones) son población indígenas, ubicados principalmente de los Estados de Oaxaca, Veracruz, Chiapas, Puebla y Yucatán.

Unidades productivas

El territorio que ocupa la República Mexicana se extiende por cerca de 2 millones de kilómetros cuadrados, lo cual equivale a 200 millones de hectáreas. De este total, más de la mitad (108.3 millones de Has.) tiene algún uso productivo al estar ocupadas por 4.4 millones de unidades productivas de las cuales 3.8 millones tienen actividad agropecuaria o forestal en poco más de 91 millones de hectáreas, mientras que poco más de medio millón de unidades no tienen actividad agropecuaria y forestal y ocupan cerca de 17 millones de hectáreas.⁹

⁹ INEGI

El universo de unidades productivas está dominado ampliamente por las ubicadas en el contexto rural, las cuales representan poco menos que el 99% del total.

En el año 2002 el número de unidades productivas agrícolas registradas en el programa PROCAMPO llegó a 3.98 millones¹⁰. Ello lleva a pensar que probablemente el número total de unidades agrícolas productivas del país no supera en la actualidad los 4.5 millones (aún suponiendo que entre 10 y 20% de ellas pueden no estar registradas en PROCAMPO). Del total de las unidades agrícolas productivas del país, casi una tercera parte (32.94%) se encuentra en la Región Sur Sureste (región IV), casi otra cuarta parte (24.79%) en la Región Centro (región III) y algo menos (23.13%) en la región Norte (región I) (Tabla VII-1).¹¹

Tipo de propiedad

En términos de número de unidades por tipo de propiedad, dominan en número las unidades de carácter ejidal, con 2.62 millones de propiedades, seguidos de las privadas con 1.02 millones y las mixtas con 0.13 millones.

Respecto a la tenencia de la tierra, el 65% corresponde al tipo de tenencia privada, el 34% pertenece a la de tenencia ejidal, comunal y colonias, en donde se asientan cerca de 30 mil ejidos y comunidades agrarias; el restante 1% de la tierra se clasifica como públicas, utilizadas principalmente como reservas ecológicas.

De acuerdo al mismo VIII Censo Ejidal de 2001, el 65.8% de las hectáreas ocupadas por las propiedades sociales están destinadas a las áreas de uso común, 32.8% está parcelada y el 1.4% corresponde a lo que está ocupada por asentamientos humanos. Esto quiere decir que cerca de 67 millones de hectáreas se ocupan con pastos naturales, praderas, agostadero o monte se dedican, en su caso, a la ganadería.

En términos de superficie, 70.5 millones de hectáreas corresponden a tenencia privada, 4.3 millones a tenencia ejidal, 2.2 millones a colonias y 1.3 a pública.

A su vez, de acuerdo al VIII Censo Ejidal de 2001, las propiedades sociales (ejidos y comunidades agrarias de hecho y de derecho) totalizan 30,305 y ocupan el 97.3% del territorio ocupado por unidades productivas con actividad agropecuaria o forestal (105.1 millones de Has.).

¹⁰ El Programa de apoyos Directos al Campo (PROCAMPO), es un subsidio directo que el gobierno federal otorga a través de la SAGARPA. Tiene como objetivo específico apoyar el ingreso de los productores rurales. El apoyo de PROCAMPO consiste en la entrega de recursos monetarios por cada hectárea o fracción de ésta, que se efectúa cuando el productor siembra la superficie registrada (elegible) en el Programa, o bien la mantiene en explotación pecuaria, forestal o la destina a algún proyecto ecológico, y cumple con lo establecido en la normatividad operativo.

¹¹ Región I (Norte): Baja California, Baja California Sur, Sinaloa, Sonora, Chihuahua, Durango, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Aguascalientes, San Luis Potosí y Zacatecas.

Región II (Occidente): Guanajuato, Querétaro, Colima, Jalisco, Michoacán y Nayarit.

Región III (Centro): Distrito Federal, Hidalgo, México, Morelos, Puebla y Tlaxcala.

Región IV (Sur Sureste): Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Campeche, Quintana Roo, Yucatán, Veracruz y Tabasco

Tamaño de las unidades productivas.

El tamaño promedio de las parcelas cultivadas en las 34.4 millones de hectáreas de propiedad social es de 1,136 hectáreas. Sin embargo, en las áreas de uso común (que sólo son aprovechadas por el 22.5% de las propiedades sociales) sólo se tienen cultivadas 1.1 millones de hectáreas y su promedio de área de parcela dedicada a la agricultura es de 51 hectáreas.

Las diferencias regionales en la distribución de las unidades de producción por tamaño es muy importante. En 1991, en la región Norte (región I) sólo alrededor del 37% de las unidades tenían menos de 5 hectáreas y en la región Occidente (región II) su proporción llegaba a un 48%. En contraste, en la región Sur Sureste (región IV) poco más del 86% del total de las unidades tenía una superficie inferior a las 5 hectáreas (Tabla VIII-2).

Tabla VIII-1. Número de unidades de producción con superficie de labor

Región	Miles
I (Norte)	921
II (Occidente)	762
III (Centro)	987
IV (Sur-sureste)	1,311
Nacional	3,981

Fuentes: Procampo (Datos a noviembre)

Tabla VIII-2. Número de unidades de producción según superficie de labor (1991)
(Miles de unidades)

Región	Hasta 5 has	Más de 5 has
I (Norte)	291	493
II (Occidente)	285	304
III (Centro)	835	134
IV (Sur-sureste)	866	593
Nacional	2,277	1,524

b. Tipología socioeconómica de los productores

Del total de las unidades de producción una parte importante son unidades de autoconsumo o subsistencia. Sólo una parte de ellas venden su producción (Tabla VIII-3).

Tabla VIII-3. Unidades rurales que venden su producción (1991)
(Miles de unidades)

Región	Agrícola	Ganadera
I (Norte)	431	219
II (Occidente)	308	142
III (Centro)	283	111
IV (Sur-sureste)	644	285
Nacional	1,665	756

Fuente: VII Censo Agrícola-Ganadero, Resultados Definitivos, INEGI, 1994

A continuación se presentan las características y composición en tres rangos de los diferentes grupos de productores y su economía familiar:

Producción de auto-consumo

Se estima que el 46% del universo de productores tienen esta forma de producción, de los cuales aproximadamente el 7% pertenecen a grupos indígenas.

Respecto a los ingresos promedio, los productores normalmente cuentan con pequeñas parcelas (de 1 a 3 hectáreas), en donde cultivan maíz y frijol, para el sustento familiar. Cuentan además, con dos a tres vientres bovinos, los cuales tiene la función de ahorro temporal, vendiendo la producción de becerros (uno o dos cabezas al año), para la adquisición de algunos insumos y productos como son: zapatos y ropa para la familia, semillas, etc.

De acuerdo con el tipo de producción que llevan a cabo las comunidades indígenas, se puede estimar su participación en este programa, al igual que los productores de menores recursos, a través de grupos de aproximadamente 10-15 productores, lo que nos permite proponer un esquema participativo que permite concretar el apoyo integral a unidades campesinas de producción y comunidades en proyectos productivos de la actividad agropecuaria, con características para la capitalización, así como en proyectos para el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

El capital de los productores esta dado por los “activos” que poseen. Así por ejemplo tenemos a un productor (auto-consumo), por su naturaleza, la Unidad de Producción tiene baja rentabilidad, ya que su actividad económica se centra en los ingresos que puede obtener y generar dentro de sus actividades ganaderas y agrícolas, al contar con activos que van de 3 a 5 cabezas de ganado y una pequeña parcela de 2.5 hectáreas en donde produce 600-800 kilogramos de maíz y 250 a 300 kilogramos de frijol al año por hectárea.

Tomando en cuenta lo anterior, el capital de este tipo de productores está estructurado por sus activos, que representan: 5 cabezas con un valor total de 23 mil pesos, así como de 2 toneladas de maíz y 300 kilos de frijol equivalentes a 3,500 pesos, las cuales son utilizadas para la alimentación de la familia. Así mismo, este tipo de productores complementan adicionalmente su ingreso como jornaleros agrícolas en otras Unidades de Producción, a razón de 40 pesos diarios durante un



periodo aproximado de 200 días al año, equivalentes a 16,000 pesos anuales por dos miembros de la familia.

Producción semi-comercial.

Aproximadamente el 36% de los productores los ubicamos con características semi-comerciales. El grupo indígena se estima en el 3% de los productores con estas características de producción.

En este grupo de productores la diferencia con los de auto-consumo la encontramos en que parte de su producción la dedica al mercado y una pequeña parte al consumo, principalmente de maíz y frijol. Parte de su terreno lo siembran con pastos para el consumo del ganado. El tamaño de su parcela en promedio es de 20 hectáreas y poseen, también en promedio entre 10 y 20 vientes. Solamente algunos productores se contratan como jornaleros.

El capital de este tipo de productores está estructurada principalmente por activos tales como 10-20 vientes, 12 hectáreas de agostadero, y el resto para producción agrícola donde obtienen de 1.5 a 2.5 toneladas de maíz y de 500 a 700 kilogramos de frijol por hectárea.

Tomando en cuenta lo anterior, el capital de este tipo de productores está integrado por sus activos, que representan: 20 cabezas con un valor total de 92 mil pesos, así como de 16 toneladas de maíz y 4.8 toneladas de frijol equivalentes a 46,500 pesos, las cuales son utilizadas principalmente para el mercado. Además, este tipo de productores tiene posibilidad de vender de 10 a 12 becerros por año, lo que les representa 30 mil pesos anuales aproximadamente.

Producción comercial

En este grupo de productores encontramos que el 17% del universo de productores existen con características comerciales. El grupo indígena se estima en menos del 1%.

En el caso de los productores con unidades económicamente rentables, estos cuentan con un hato promedio de 60 animales e infraestructura para su manejo (cercos, corrales, vehículo, etc.). Además, en algunos casos cuentan con superficie agrícola cultivable para la producción de forraje y productos agropecuarios que se destinan para la venta a mercados locales. En este estrato de productores el nivel de riqueza es de aproximadamente 600 mil pesos en “activos”. Los ingresos por la venta de becerros y productos agrícolas equivalen a 80,000 pesos anuales

c. Tipología de unidades productivas por tipo de producción

De las propiedades sociales, el 97.9% realiza alguna actividad agropecuaria o forestal. Así, en 28,249 se realizan actividades agrícolas y en 22,314 se cría o se explota alguna especie animal.

Agricultura

En 1991 sólo alrededor del 12% de las unidades de producción agrícola del país tenían superficie de labor de riego. De éstas, cerca de dos terceras partes corresponden a unidades con superficie de labor menor a 5 hectáreas, estando ubicadas la mayoría de las unidades de este tamaño en la región

III (Centro). Asimismo, la mayoría de las unidades de producción con más de 5 hectáreas se ubican en la región I (Norte) (Tabla VIII-4).

Tabla VIII-4. Unidades de producción agrícolas de riego (1991)

Región	Con superficie de labor de riego	Con superficie de labor de riego hasta 5 ha	Con superficie de labor de riego más de 5 ha
I (Norte)	172,639	64,300	108,339
II (Occidente)	91,549	53,507	38,042
III (Centro)	134,092	127,253	6,839
IV (Sur-sureste)	40,170	32,130	8,040
Nacional	438,450	277,190	161,260

Fuente: Censo Agrícola, Ganadero y Ejidal 1991.

Ganadería

En México la población total de especies de mamíferos (bovino, porcino, ovino y caprino) que forman parte de la agroindustria superan los 60 millones de cabezas. A su vez, las aves domesticadas superan los 350 millones (Tabla VIII-5).

Tabla VIII-5. Inventarios de especies pecuarias (Datos de 1999)

Especie	Millones de cabezas
Bovino p/carne	28.31
Bovino p/leche	1.86
Subtotal bovino	30.17
Porcino	15.75
Ovino	5.95
Caprino	9.07
Aves p/carne	222.01
Aves p/huevo	144.07
Subtotal aves	366.08

Fuente www.sagarpa.gob.mx

Alrededor del 30% de las unidades de producción rural (1.27 millones de ranchos) están dedicadas a la ganadería con aproximadamente 30 millones de cabezas de ganado. De las unidades censadas en 1990, donde se consigna 23.5 millones de cabezas, el 77% son unidades de tipo extensivo, donde se practica el libre pastoreo de los animales.

El número de productores con ganado registrado en ese censo fue de poco más de 1.3 millones de productores en donde el 46% corresponden a productores con 1-5 Cabezas, el 36% de 5-20 y el restante 18% con más de 20 cabezas de ganado cada uno.

El número de productores con ganado son 1.3 millones en todo el país, en donde la población dedicada a unidades de tipo extensivo equivale a 1 millón de productores, de los cuales, aproximadamente, el 10% son productores cuyos ranchos son factibles para incorporar esta tecnología.

Ganado bovino. El número de unidades de producción con ganado fue de casi 1.3 millones en 1991 (una parte importante, pero no conocida, de dichas unidades está también contabilizada como unidades agrícolas, por tener actividades productivas en ambos sectores, el agrícola y el ganadero). A la región Sur Sureste (región IV) le correspondió poco más de la tercera parte del total de las unidades productoras de ganado bovino, y a la región Norte (región I) algo más de la cuarta parte de ellas (Tabla VIII-6).

Tabla VIII-6. Unidades de producción con ganado bovino (1991).

Región	Total	Rurales
I (Norte)	340,590	335,566
II (Occidente)	269,636	265,154
III (Centro)	231,538	226,444
IV (Sur-sureste)	449,103	445,995
Nacional	1,290,867	1,273,159

Fuente: Censos agrícola-ganadero, INEGI, varios años

A nivel nacional, del total de las unidades productivas con ganado bovino sólo un 14.49% corresponde a ganadería intensiva (ganado estabulado) y un 15.35% adicional tiene ganado semiestabulado. Del total de las unidades, un 23% son lecheras (con vientres sólo para producción de leche) y apenas un 1.74% (o 7.58% de las unidades lecheras) cuentan con una ordeñadora mecánica. El 87.8 de todas las unidades están tecnificadas en alguna medida. Cifras similares se repiten a nivel regional, en general con porcentajes ligeramente mayores en las regiones Norte y Occidente y notablemente menores en la región Sur Sureste (Tabla VIII-7).

Tabla VIII-7. Unidades de producción de ganado bovino según algunas características (1991)
(Miles)

Región	Con vientres solo para producción de leche	Con ganado bovino solo estabulado	Con ganado bovino semiestabulado	Que usan tecnología en bovinos	Que usan ordeñadora mecánica
I (Norte)	98	52	62	309	8
II (Occidente)	77	42	47	239	6
III (Centro)	50	56	45	180	4
IV (Sur-sureste)	72	36	44	405	5
Nacional	297	187	198	1,134	23

Fuente: Censos agrícola-ganadero, INEGI, varios años

En 1991, del total de las unidades de producción rurales con ganado bovino del país, el 45.7% tenía 5 o menos cabezas de ganado. Otro 36% tenía entre 6 y 20 cabezas y poco más del 18% más de 20. En la región Norte (región I) la proporción de las unidades de gran tamaño era mayor (más del 27% del total), mientras que en la región Centro (región III) predominaban por mucho las pequeñas unidades ganaderas (hasta 5 cabezas), representando más del 71% del total (Tabla VII-7).

Tabla VIII-8. Unidades de producción rurales con ganado bovino según su tamaño (miles de cabezas de ganado), 1991

Región	Hasta 5 cabezas	Más de 5 hasta 20 cabezas	Más de 20 cabezas
I (Norte)	112	132	91
II (Occidente)	104	111	51
III (Centro)	162	56	9
IV (Sur-sureste)	205	161	81
Nacional	582	459	232

Fuente: VII Censo Agrícola-Ganadero, Resultados Definitivos, INEGI, 1994

De las existencias de ganado bovino en las unidades de producción rurales (unos 25.6 millones de cabezas), a nivel nacional el 77.85% correspondía a ganado de libre pastoreo; un 13.41% a ganado semiestabulado, y el restante 8.73% a ganado estabulado. En las regiones, si bien en todas predomina el ganado de libre pastoreo, en la región centro éste representa sólo el 59.5%, mientras que el estabulado llega al 23.9% del total. Por el contrario, en la región Sur Sureste (región IV) el ganado de libre pastoreo representa el 87.6% del total, mientras que el estabulado apenas llega al 4.4% (Tabla VII-8).

Tabla VIII-9. Existencias de ganado bovino en unidades de producción rurales. 1991. (miles de cabezas de ganado)

Región	Libre pastoreo	Semiestabulado	Estabulado	Total
I (Norte)	7,687	1,654	881	10,222
II (Occidente)	3,114	638	505	4,256
III (Centro)	884	247	355	1,485
IV (Sur-sureste)	6,680	626	319	7,625
Nacional	18,365	3,164	2,060	23,589

Fuente: VII Censo Agrícola-Ganadero, Resultados Definitivos, INEGI, 1994

Ganado porcino. Por lo que toca al ganado porcino, el censo de 1991 contabilizó 1.37 millones de unidades dedicadas a la cría de este tipo de animales (muchas de ellas contabilizadas como agrícolas, por dedicarse a la agricultura y la cría de ganado porcino). De ellas cerca de dos terceras partes (63.13%) están tecnificadas. La mayor parte de las unidades porcinas están localizadas en la región Sur Sureste, a la que le corresponde el 41.2% del total. Le siguen en importancia las regiones Norte (con 22.74%) y Centro (con 21.81%) (Tabla VIII-10).

Tabla VIII-10. Unidades de producción, ganado porcino (1991)
(Miles)

Región	Número total de unidades	Rurales que usan tecnología en porcinos
I (Norte)	312	200
II (Occidente)	195	130
III (Centro)	299	192
IV (Sur-sureste)	564	342
Nacional	1,370	865

Fuente: Censos agrícola-ganadero, INEGI, varios años

La mayor parte de las unidades de producción con ganado porcino son pequeñas (a nivel nacional el 80.5% tiene 5 o menos cabezas). En la región Occidente el tamaño medio es algo mayor (21.8% tiene entre 6 y 20 cabezas y un 4.1% mas de 20) (Tabla VIII-11).

Tabla VIII-11. Número de unidades de producción rurales con ganado porcino según su tamaño (1991)
(Miles de cabezas de ganado)

Región	Hasta 5 cabezas	Más de 5 hasta 20 cabezas	Más de 20 cabezas
I (Norte)	250	53	4
II (Occidente)	142	42	8
III (Centro)	250	40	3
IV (Sur-sureste)	442	108	5
Nacional	1,084	242	20

Fuente: VII Censo Agrícola-Ganadero, Resultados Definitivos, INEGI, 1994

Otros animales. En 1991 existían además en el país casi 400 mil unidades que producían ganado caprino y poco más de 350 mil que producían ganado ovino. Por otra parte, en ese mismo año había casi 1.37 millones de unidades de producción que empleaban tecnología para aves y las existencias de aves de corral se estimaban en poco más de 82 millones de animales (Tabla VIII-12).

Tabla VIII-12. Unidades de producción, ganado caprino, ovino y aves de corral
(Miles de cabezas)

Región	Número total de unidades de producción con ganado caprino	Número total de unidades de producción con ganado ovino	Existencias de aves de corral en unidades de producción	Unidades de producción rurales que usan tecnología en aves
I (Norte)	112	56	28,260	239
II (Occidente)	71	33	20,019	193
III (Centro)	94	162	19,418	356
IV (Sur-sureste)	122	100	14,319	579
Nacional	399	351	82,017	1,366

Fuente: Censos agrícola-ganadero, INEGI, varios años

Del total de las unidades de producción caprina existentes en 1991, poco más del 30% se localizaba en la región Sur Sureste y un 28.15% en la región Occidente. Por lo que toca a las unidades con producción de ovinos, casi la mitad (el 46.05%) se localizaba en la región Centro, con otro 28.5% en la región Sur Sureste. De las unidades con tecnología de aves, el 42.3% se localizaba en la región Sur Sureste, con un 26.1% adicional en la región Centro. En contraste, de las existencias de aves de corral, el 34.5% se localizaba en la región Norte, con poco menos de una cuarta parte adicional en cada una de las regiones Occidente y Centro.

Tabla VIII-13. Unidades de producción con actividad de cría y explotación de animales según uso de equipo (1991)
(Miles)

Región	Unidades de producción	Utilizan equipo o instalaciones ganaderas y avícolas	Rurales que usan equipo e instalaciones ganaderas y avícolas	Con establo de ordeña o corral de engorda	Con tanque enfriador	Con incubadora
I (Norte)	648	206	203	43	3	0.8
II (Occidente)	493	124	122	31	1	0.5
III (Centro)	748	70	67	22	1	0.5
IV (Sur-sureste)	1,275	137	134	24	1	0.6
Nacional	3,164	538	526	121	6	2.3

Fuente: Censos agrícola-ganadero, INEGI, varios años

d. Tipología por uso de créditos

En 1991, de los 3.8 millones de unidades registradas con actividades agropecuarias o forestales, el 15.17% utilizó créditos y otro 4.26% créditos y seguros (no fue posible obtener la información correspondiente a sólo las unidades agropecuarias, y por ello se incluye a las de actividad forestal). La situación es similar en todas las regiones, excepto en la Centro (región III), en la que el

porcentaje de los productores que utilizaron crédito fue de sólo el 8.7% y sólo un 1.4% adicional utilizaron créditos y seguro (Tabla VIII-14).

Tabla VIII-14. Unidades de producción rurales con actividad agropecuaria o forestal que utilizaron crédito
(Miles de unidades)

Región	Total		
	Unidades	Utilizaron solo crédito	Utilizaron crédito y seguro
I (Norte)	796	149	84
II (Occidente)	592	92	32
III (Centro)	958	83	14
IV (Sur-sureste)	1,478	255	33
Nacional	3,823	580	163

Fuente: VII Censo Agrícola-Ganadero, Resultados Definitivos, INEGI, 1994

Si bien a nivel nacional del total de las unidades que utilizaron sólo crédito cerca de la mitad correspondió a unidades de menos de 5 hectáreas y otra mitad a las de más de 5 hectáreas, la situación cambia mucho de región a región (Tabla VIII-15).

Tabla VIII-15. Unidades de producción rurales con actividad agropecuaria o forestal que utilizaron crédito (según tamaño de la unidad)
(Miles de unidades)

Región	Utilizaron crédito y seguro			
	Hasta 5 ha	Más de 5 ha	Hasta 5 ha	Más de 5 ha
I (Norte)	272,627	307,183	48,354	114,388
II (Occidente)	43,856	105,151	19,199	64,895
III (Centro)	35,955	56,220	10,747	21,266
IV (Sur-sureste)	60,175	23,009	9,244	4,284
Nacional	132,641	122,803	9,164	23,943

Fuente: VII Censo Agrícola-Ganadero, Resultados Definitivos, INEGI, 1994

e. Tipología por instalaciones que manejan animales

Se identifican tres universos de instalaciones que manejan animales: establos lecheros, granjas porcinas y rastros.

Establos Lecheros. De acuerdo a las fuentes de información más recientes, las existencias de vientres bovinos para la producción de leche ascendía a poco más de 1.9 millones cabezas, distribuidas en 297 mil unidades de producción, cuya estructura se observa en el cuadro siguiente:

Tabla VIII-16. Población de vientres bovinos por tipo de unidad productiva

Concepto	Unidades de Producción	Número de Unidades de Producción	Existencias (cabezas)
Total	Total	297,152	1,922,262
	Hasta 5 cabezas	91,740	152,239
	Más de 5 hasta 20 cabezas	127,950	472,142
	Más de 20 cabezas	77,462	1297,881
Urbanas	Urbanas	6,192	51,638
	Hasta 5 cabezas	1,206	2,592
	Más de 5 hasta 20 cabezas	3,621	15,935
	Más de 20 cabezas	1,365	33,111
Rurales	Rurales	290,960	1,870,624
	Hasta 5 cabezas	90,534	149,647
	Más de 5 hasta 20 cabezas	124,329	456,207
	Más de 20 cabezas	76,097	1,264,770

A su vez, otra clasificación refiere a tres universos de instalaciones: intensiva, familiar y de doble propósito, donde la primera maneja 265 vacas en promedio, la segunda hasta 25 y la tercera 55 (Tabla VII-17).

Tabla VIII-17. Categorías de producción de leche en México

Lechería	Hatos	Participación	Regiones
Intensiva	265 vacas en promedio	54%	Norte y Centro
Familiar	5 a 25 en promedio	31%	Jalisco, México, Michoacán, Guanajuato, Hidalgo, Sonora.
Doble propósito	55 vacas en promedio	15%	Chiapas, Veracruz, Jalisco, Guerrero, Guanajuato, Tabasco, Zacatecas, Nayarit, San Luis Potosí y Tamaulipas

Bajo este razonamiento, en el caso de la ganadería bovina lechera, los sistemas productivos donde existe mayor posibilidad de utilización del estiércol es el especializado (intensivo y dedicado nada más a la producción de leche) y el de doble propósito (también llamado semiespecializado). En consideración de la producción de leche, la participación de los sistemas productivos en este subsector es de 50.6% especializado, 21.3% semiespecializado, 18.3% doble propósito y 9.8% familiar.

En el caso de los establos lecheros es muy probable que los que se encuentran dentro del sistema de producción especializado, demanden el establecimiento de sistemas de biogás integrales dentro de sus unidades productivas y tengan capacidad económica de realizar proyectos de este tipo.

Adicionalmente, dentro de este sistema productivo, la producción de leche se haya tecnificada mediante el uso de diversos equipo, que requieren de energía eléctrica para su funcionamiento, tales como ordeñadoras, tanques de frió, bombas, etc.. Otro aspecto es que estas unidades productivas tienen la posibilidad de asociarse con empresas que comercializan bonos de carbono, con lo que pueden obtener ingresos por la quema de biogás. Dentro de este universo, los 1,860 establos presentan una demanda real muy visible.

Granjas porcinas. En el caso de la porcicultura, y en función de su caracterización por su nivel tecnológico, existen básicamente tres sistemas: tecnificado, semitecnificado y de traspatio, cuya participación dentro de la producción nacional es de 58%, 12%, 30% respectivamente. Las excretas aprovechables deben provenir de los sistemas tecnificado y semitecnificado, lo que equivale a 10.2 millones de cabezas.

La porcicultura, después de la avicultura, es una de las actividades pecuarias más tecnificadas en el país. El equipo que utilizan las granjas para sus actividades consiste en diversos motores para trabajar los equipos de ventilación y extracción de aire y de alimentación. El aprovechamiento del biogás para fines de generación de energía muestra su utilidad en estos aspectos. Adicionalmente las compañías dedicadas a la comercialización de bonos de carbono han enfocado sus proyectos a las granjas porcinas, ya que estas son una fuente constante de excretas.

Rastros. En México se sacrifican cerca de 14 millones de animales al año, de los cuales poco más de 6 millones se sacrifican en rastros Tipo Inspección Federal (TIF) y el resto en rastros municipales. El total de animales sacrificados de especie bovina llega a poco más de 4.3 millones, mientras que 9.1 millones son de especie porcina (Tabla VIII-18).

Tabla VIII-18. Animales sacrificados en rastros en México (miles de cabezas)

Ganado Sacrificado	Rastros TIF cabezas	Rastros Municipales cabezas	Total Rastros cabezas
Bovino	1,536	2,830	4,366
Porcino	4,507	4,624	9,131
Ovino	9	175	183
Caprino	22	194	216
Equino	25	n/d	25
TOTAL	6,099	7,823	13,922

El ganado del país es sacrificado en rastros Tipo Inspección Federal (TIF), municipales y particulares. Sobre el número de rastros a nivel nacional, los rastros TIF ascienden a 53 establecimientos en donde se sacrifica ganadoⁱ. Con respecto a los rastros municipales y particulares, no se cuenta con información precisa. Algunas estimaciones señalan que el numero de rastros municipales es de más de 2 mil establecimientos.

f. Consumo de energía en el sector rural

Comunidades electrificadas

De acuerdo al Censo General de Población 2005, la población de México era de 103.3 millones de personas, de las cuales el 23.5% (24.7 millones de personas) vive en 196,350 localidades (el 98.5% del total nacional) con menos de 2,500 habitantes. De ese universo de localidades, 182,357 tiene menos de 500 habitantes, 8,698 entre 500 y 999 habitantes y 1,580 entre 2,500 y 4,999 habitantes.

De acuerdo a la información de la Comisión Federal de Electricidad, a finales de 2005 se atendían a más de 127,621 localidades, de las cuales 124,301 fueron rurales y 3,320 urbanas. Asimismo, se estima que la energía eléctrica llega a 96.5% de la población, por lo que quedan por electrificar 71,770 localidades, todas ellas con menos de 2,500 habitantes. De este total la gran mayoría (68,781) cuentan con menos de cien habitantes y el resto (cerca de 3,000) entre 100 y 2,500 habitantes.

También de acuerdo a la CFE en los últimos diez años se han instalado 42,000 pequeños módulos solares para el mismo número de viviendas.

Consumo total de energía

El consumo de energía comercial del sector agropecuario representa un porcentaje menor del consumo nacional de energía. De acuerdo al último Balance Nacional de Energía—que comprende el año de 2004—este sector consume apenas un 3% (118.6 petajoules/año) del consumo final total del país y los energéticos utilizados fueron el diesel con 72.2%, la electricidad con 21.1%, el gas licuado con 6.6% y los querosenos con un monto no significativo (Tabla VIII-19).

Tabla VIII-19. Consumo final total de energía del sector agropecuario (petajoules)

Energético	Petajoules
Gas licuado	7.8
Diesel	85.6
Electricidad	25.0
TOTAL	118.6

Fuente: Balance Nacional de Energía 2004, Secretaría de Energía.

Estos datos reflejan, principalmente, el uso de energía para actividades tecnificadas.

Consumo de diesel

De acuerdo a información de la SAGARPA¹², cerca de 332 mil productores utilizaron 677 millones de litros de diesel en 2005, esto dentro del programa PROCAMPO.

¹² http://www.procampo.gob.mx/energeticos/DA_Anual_2004.xls (Consultado el 1 de mayo de 2006)

Consumo de electricidad

En particular, el consumo de electricidad que refiere el Balance Nacional de Energía solo considera el uso de electricidad para el bombeo de agua.

De acuerdo a datos de la CFE, en 2005 se tenían poco más de 107 mil contratos para sistemas de bombeo de agua bajo cuatro tipos de tarifas con un consumo anual cercano a los 8 millones de MWh y con un consumo promedio de poco más de 200 kWh/día (Tabla VIII-20).

Tabla VIII-20. Consumo de energía eléctrica para bombeo de agua en el sector agrícola (2005)

Tarifas	Usuarios	Ventas (MWh)	Promedio (MWh/año)	Promedio (kWh/día)
9	10,516	60,136	5.72	15.67
9M	18,470	1,488,011	80.56	220.72
9CU	51,177	2,738,530	53.51	146.61
9N	26,861	3,780,379	140.74	385.59
Total	107,024	8,067,056	75.38	206.51

Fuente: www.cfe.gob.mx

IX. BOMBEO DE AGUA CON SISTEMAS FOTOVOLTAICOS SOLARES

a. Antecedentes.

El bombeo de agua en pequeña escala es una aplicación de mucha trascendencia en el mundo; tiene especial impacto en comunidades rurales donde no hay suministro de energía eléctrica convencional y el suministro de combustibles de origen fósil es difícil y por ende costoso. Los sistemas de bombeo fotovoltaicos se caracterizan por ser de alta confiabilidad, larga durabilidad y mínimo mantenimiento, lo cual se traduce en un menor costo a largo plazo si se le compara con otras alternativas. Además no requiere el empleo de un operador y tienen un bajo impacto ambiental (no contaminan el aire o el agua y no producen ruido). Otra ventaja es que los sistemas son modulares, de manera que pueden optimizarse para satisfacer las necesidades específicas del usuario y crecer en el tiempo. Estos sistemas son muy sencillos en su operación. Para realizar un proyecto con éxito es necesario entender conceptos como la energía solar fotovoltaica, la hidráulica del sistema y el funcionamiento del conjunto motor-bomba.

b. Fuentes energéticas para el bombeo de agua

La red eléctrica

La disponibilidad de energía de la red eléctrica convencional es un valor que hace que el empleo de una fuente alterna de energía tenga una baja rentabilidad. Existen naturalmente casos de excepción que habría que analizar cada uno por separado; cuando el suministro no es confiable, sistemas de respaldo, costos de operación elevados, sistemas estratégicos de comunicaciones, iluminación en parques, jardines, espacios abiertos extensos, etc.

El sistema interconectado nacional abarca una gran parte del territorio nacional el cual se encuentra sumergido en una red de suministro que corre de norte a sur de oriente a poniente. La península de Baja California y una fracción de sureste mexicano no se encuentran en esa red y son independientes. En el sector rural, actualmente se atiende a más de 127,621 localidades, de las cuales 124,301 son rurales y 3,320 urbanas. Aun cuando el servicio de energía eléctrica llega a 96.5% de la población, quedan por electrificar 71,770 localidades con un número reducido de habitantes. Clasificados por su nivel de población, son: 2,989 localidades entre cien a 2499 habitantes y 68,781 localidades, con una población menor a cien habitantes.

En un momento dado la existencia de la red eléctrica cercana al sitio de evaluación, la presencia de bombas de motores de combustión interna a gasolina o diesel y cuyos costos de operación sean menores, puede ser parámetros que eviten la rentabilidad de un proyecto de bombeo con energía renovable.



Si bien los costos de extensión de la red por kilómetro lineal son variables y dependen de muchos parámetros, la facilidad de acceso a la comunidad, su tamaño, el desarrollo productivo con el que cuentan y los requerimientos energéticos juegan un papel decisivo importante.

Las energías renovables

Las fuentes energéticas renovables para bombeo de agua se reducen prácticamente a dos: la energía solar y la energía del viento. Los sistemas que operan mediante energía solar y viento (donde lo hay) representan una alternativa confiable y económica para las comunidades alejadas de la red de suministro energético. Se ha demostrado que la distancia entre el suministro convencional y la comunidad para que el proyecto sea rentable utilizando fuentes renovables de energía es entre los 500 y 2000 metros, dependiendo de la orografía, el número de personas de la localidad y la magnitud de los requerimientos energéticos.

Estos sistemas tienen algunos retos pero también oportunidades, los cuales, sin embargo deben ser considerados cuidadosamente al realizar algún proyecto.

Retos:

- Inversión elevada comparada con la energía convencional
- Acceso actual a servicios técnicos especializados en forma limitada
- Cantidad de agua bombeada como una función de las condiciones meteorológicas
- Deficiente capacitación en el servicio y mantenimiento local

Oportunidades:

- Vida media elevada (20 – 30 años)
- Bajos costos de operación y mantenimiento
- Impacto ambiental mínimo
- Bajos costos de desmantelamiento al final de su vida.

La elaboración de un proyecto de bombeo con sistemas fotovoltaicos solares o con aerogeneradores es un proceso que requiere de hacerse con mucho cuidado y por ende consume un tiempo y recursos apreciables. La inversión inicial es relativamente elevada. Los aspectos primarios que deben ser analizados son:

- Disponibilidad de fuentes convencionales de energía: eléctrica y combustibles.
- Disponibilidad de fuentes renovables de energía: sol y viento
- Aplicaciones que se le va a dar al agua extraída: abrevaderos para ganado, irrigación, consumo humano, etc.



- Características de la fuente hídrica: profundidad de la fuente, distancia a ser transportada y volumen requerido.

c. El bombeo de agua.

El agua es un bien de primera necesidad que los pueblos deben de tener y conservar para mantener una salud e higiene razonable. El agua también es un bien productivo en el sector agropecuario, pues les permite abastecer de ese requerimiento a plantas y animales. La falta del agua conlleva un sinnúmero de problemas de salud y de desarrollo económico de los habitantes de una región. Al hablar de bombeo de agua es llevar este bien desde el sitio donde se le localice hasta los usuarios.

Los sistemas disponibles para tal efecto dependen de la profundidad a la que se extrae, distancia desde la fuente hasta el usuario y volumen requerido. El volumen de agua requerido no es suficiente indicador del tamaño y costo del sistema de bombeo. También debe conocerse la profundidad de bombeo y la distancia a la que ha de trasladarse. Por ejemplo, se requiere más energía para extraer un metro cúbico de agua de una profundidad de 10 metros que de una profundidad de 5 metros.

Una buena indicación del tamaño y costo es el ciclo hidráulico, que es el producto del volumen diario de agua en metros cúbicos por la carga dinámica en metros. En el sistema métrico el ciclo hidráulico tiene unidades de $m^4/día$, que es una forma sintetizada de expresar la energía requerida por el sistema¹³. El recorrido horizontal se considera insignificante en este caso. Por ejemplo, $5 m^3/día$ extraídos de una profundidad de 15 m dan un ciclo hidráulico de $75 m^4/día$ (basta multiplicar por 2.724069 para obtener los wh). Así mismo, $15 m^3/día$ extraídos de una profundidad de 5 m también dan $75 m^4/día$. En ambos casos la energía requerida es aproximadamente la misma y el costo de estos sistemas es muy similar.

¿Cuándo se considera que el sistema es muy grande para el bombeo solar? La experiencia muestra que un proyecto es económicamente factible cuando el ciclo hidráulico no sobrepasa los $1,500 m^4/día$. Los sistemas de bombeo solar de combustión interna o eólicos son más competitivos cuando se requiere un ciclo hidráulico mayor.

$$Energía = l_{H_2O} * \rho_{H_2O} * Cd * f = Wh / t; \text{ si :}$$

$$l_{H_2O} = 1000 l / día = 1 m^3 / día \text{ (flujo volumétrico de agua)}$$

$$\rho_{H_2O} = 1.0 kg / l \text{ (densidad del agua)}$$

$$^{13} Cd = 1 m \text{ (carga dinámica)}$$

$$f = 2.724069 \times 10^{-3} Wh / kg - m \text{ (factor de conversión de energía)}$$

$$Energía = 1000 l / día \times 1.0 \frac{kg}{l} \times 1 m \times 2.724069 \times 10^{-3} \frac{Wh}{kg - m} = 2.724069 Wh / día$$

Es la energía requerida para bombear $1 m^3/día$ de agua desde una altura-distancia de 1m

Para obtener mayores beneficios, el agua debe utilizarse en productos de alto valor para el propietario. Debe observarse que el agua no sea más cara que el producto. El ciclo hidráulico de un proyecto permite determinar la tecnología más apropiada. Como se mencionó, en general 1,500 m³/día es una buena cifra para decidir si se implementa un bombeo solar o no. La Figura IX-1 nos indica la tecnología más apropiada de acuerdo al volumen diario y profundidad de bombeo.

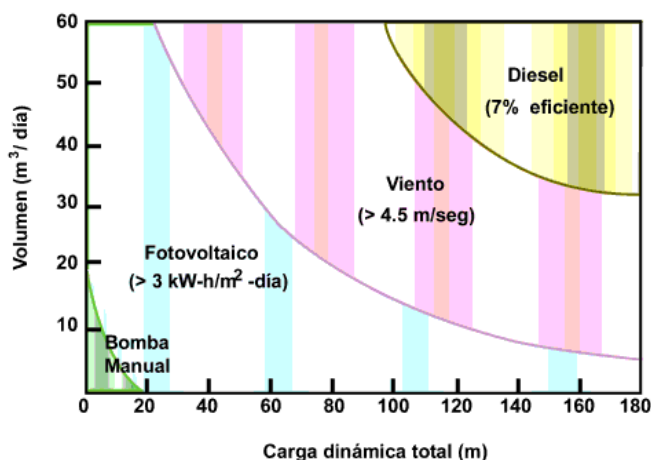


Figura IX-1. Selección de la tecnología de bombeo de acuerdo con el ciclo hidráulico

La intersección del volumen diario requerido con la profundidad de bombeo orienta sobre la tecnología adecuada para esas condiciones. En ocasiones el punto de intersección es muy cercano entre dos tipos de tecnología, en ese caso se debe evaluar la alternativa más económica a través del análisis de ciclo de vida.

d. El bombeo de agua fotovoltaico

Los sistemas fotovoltaicos pueden satisfacer un amplio rango de necesidades de bombeo que van desde pequeños hatos (menos de 20 cabezas de ganado) hasta requerimientos moderados de irrigación. Los sistemas de bombeo solar son sencillos, confiables y requieren de poco mantenimiento. Tampoco se requiere combustible. Estas ventajas deben considerarse cuidadosamente cuando se comparen los costos iniciales de un sistema convencional y un sistema de bombeo solar.

Las aplicaciones típicas y costeables con bombeo fotovoltaico son aquellas de relativamente baja demanda como abrevaderos para ganado y consumo humano. El riego de parcelas de cultivo pocas veces es costeable debido a su gran demanda de agua y bajo valor de las cosechas obtenidas. La excepción es cuando se trata de parcelas e invernaderos con sistemas de riego eficientes y cultivos de baja demanda de agua.

Un sistema de bombeo fotovoltaico es similar a los sistemas convencionales excepto por la fuente de energía. En la Figura IX-2 se muestra un sistema de bombeo fotovoltaico típico. Los componentes principales que lo constituyen son: un arreglo de módulos, un controlador, un motor y una bomba. El arreglo se puede montar en un seguidor pasivo para incrementar el volumen y el tiempo de bombeo. Se emplean motores de corriente alterna (CA) y el de corriente continua (CC). Las bombas pueden ser centrífugas o volumétricas. Generalmente el agua se almacena en un tanque.

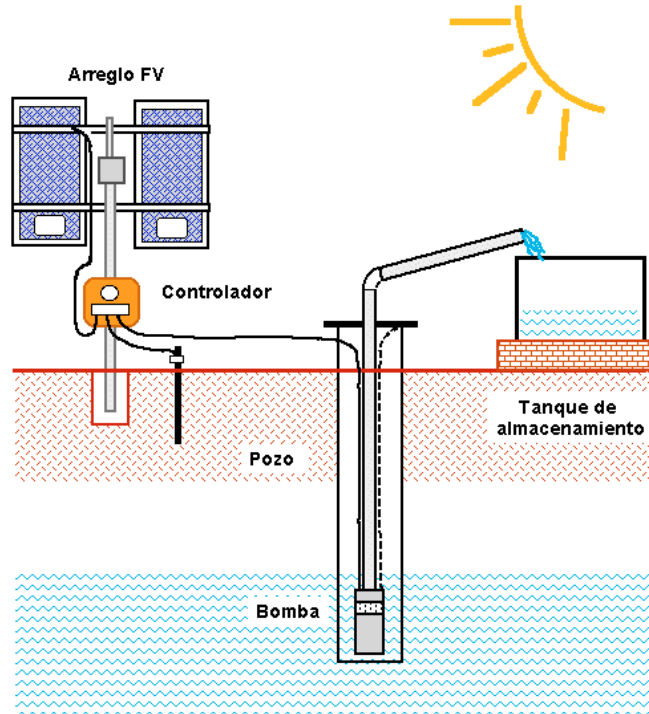
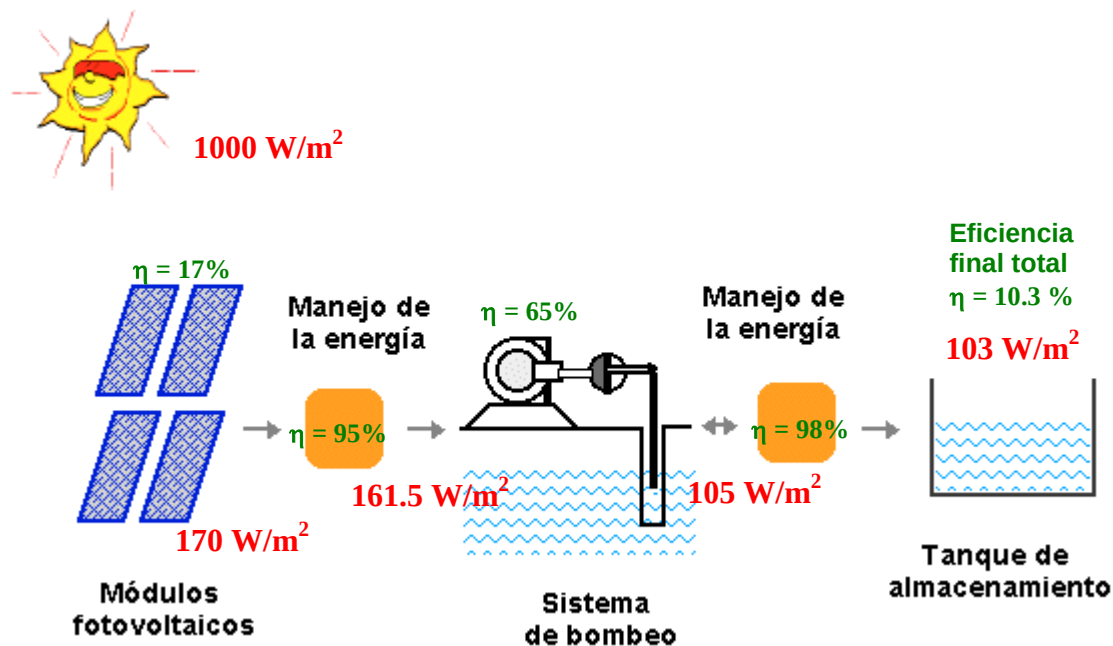


Figura IX-2. Arreglo típico de un sistema de bombeo fotovoltaico.

En los sistemas de bombeo de agua fotovoltaicos, la energía necesaria para accionar la bomba proviene del sol. La energía solar es captada y transformada a energía eléctrica en los dispositivos llamados módulos fotovoltaicos. En ese proceso se tienen diferentes fuentes de pérdidas de energía. Las principales se encuentran en la conversión solar (con una eficiencia máxima de 17%) y en la bomba (con una eficiencia máxima de 65%). De aquí la eficiencia límite máxima esperada es de 11%. Estas bajas eficiencias conllevan a un dimensionamiento de mayor tamaño y que repercute en el costo de los sistemas. (figura IX-3).

Figura IX-3. Cadena energética del sistema de bombeo fotovoltaico



El módulo fotovoltaico

Una fotocelda solar expuesta a la luz genera electricidad; en las terminales eléctricas externas del dispositivo aparece un potencial de voltaje.

La fotocelda cuenta con dos terminales que se conectan a un circuito externo para recuperar la corriente eléctrica producida. La cara de la oblea expuesta a la luz, posee un enrejado metálico muy fino (oro, plata y/o aluminio), el cual colecta las cargas de electrones fotogeneradas. Esta capa corresponde a la terminal negativa. Sobre este enrejado está conectado uno de los conductores del circuito exterior. La otra cara cuenta con una capa metálica, usualmente de plata o aluminio. Esta corresponde a la terminal positiva ya que en ella se acumulan las cargas positivas. Sobre esta capa está conectado el otro conductor del circuito exterior. También la celda está cubierta con una película delgada antirreflejante para disminuir las pérdidas por reflexión.

Las celdas solares comerciales más comunes se fabrican con lingotes de silicio de alta pureza. El lingote es rebanado en forma de placas delgadas llamadas obleas. El espesor típico usado es del orden de 300 nm (0.3 mm). Una fracción superficial muy pequeña del espesor (del orden de 0.5 nm) es contaminado con átomos de fósforo, con lo que se forma un material semiconductor que se le conoce como tipo-n. El resto de la oblea se contamina con átomos de boro y se forma la capa conocida como tipo-p. Estas capas forman un campo eléctrico (voltaje interno construido) dentro de la oblea y cerca de la superficie que recibe la luz del sol. Dicho voltaje es el responsable de separar a las cargas fotogeneradas positivas (huecos) y negativas (electrones).



Un módulo solar está compuesto por un conjunto de celdas unitarias cuya superficie depende de la potencia del módulo que se desee realizar. Normalmente se conectan en serie – paralelo para obtener el voltaje y la corriente deseados. Normalmente se tienen conjuntos de 36 celdas en serie para obtener voltajes del orden de los 16 – 18 Volts. Nominalmente una celda unitaria tiene un voltaje de 0.5 Volts. Aunque este voltaje, en la práctica es función de la temperatura de operación y de la irradiancia recibida.

Comercialmente, las celdas solares se conectan en serie, se agrupan, se enlaminan y se empaquetan entre hojas de plástico o hule (normalmente silicón) y vidrio, formando la unidad del módulo solar. El módulo tiene un marco (usualmente de aluminio) que le da rigidez y facilidad en el manejo y transportación. Cuenta con una caja de conexiones eléctricas para conectar el cableado exterior. El número de celdas que contienen los módulos depende de la aplicación para la que se necesita.

Es costumbre configurar el número de celdas conectadas en serie para tener módulos que sirvan para cargar acumuladores (o baterías) de 12 volts. Estos módulos proporcionan un voltaje de salida útil que sirve para cargar baterías a 12 volts, incluyendo las pérdidas de voltaje en los circuitos eléctricos así como en los sistemas de control y manejo de energía.

Un módulo se caracteriza por cuatro parámetros importantes, a saber:

Corriente a corto circuito I_{cc} (I_{sc}): Es la máxima corriente generada por el módulo solar y se mide cuando se conecta un circuito exterior a la celda con resistencia nula. Su valor depende del área superficial y de la Irradiancia. Es frecuente tener 0.25mA/cm² a temperatura de 25°C.

Corriente máxima a la potencia del módulo I_{max} (corriente nominal): Es la máxima corriente generada por el módulo medida con carga eléctrica a la máxima potencia de salida módulo.

Voltaje a circuito abierto V_{ca} (V_{oc}): Es el voltaje máximo que genera un módulo solar. Este voltaje se mide cuando no existe un circuito externo conectado a la celda; no hay carga eléctrica.

Voltaje máximo V_{max} (voltaje nominal): Es el voltaje máximo cuando se conecta una carga eléctrica equivalente a la máxima potencia de salida del módulo.

El comportamiento eléctrico de los módulos está dado por las curvas de corriente contra voltaje (curva I-V) o potencia contra voltaje (curva P-V) que los caracteriza. La curva de potencia se genera multiplicando la corriente y el voltaje en cada punto de la curva I-V. La Figura VIII-4 muestra las curvas I - V y P-V para un módulo fotovoltaico típico. Bajo condiciones estándares de prueba (irradiancia de 1kW/m² y temperatura de celda de 25 °C), cada modelo de módulo tiene una curva I-V (o P-V) característica. En la curva de potencia contra voltaje, la potencia máxima (P_p) es la capacidad nominal o tamaño del módulo. La corriente y el voltaje en el punto de máxima potencia (I_p y V_p) corresponden a la corriente nominal y voltaje nominal del módulo, respectivamente. Es importante notar que cuando el



módulo opera lejos del punto de máxima potencia, la potencia entregada se reduce significativamente.

La potencia máxima o tamaño de los módulos comerciales varía entre 3 y 300 Watts. El voltaje nominal de la mayoría de los módulos fluctúa entre los 16 y 17.5 voltios. Cada módulos tiene en su parte posterior una placa del fabricante con el modelo y las especificaciones eléctricas. Por ejemplo, la placa en la parte posterior del módulo de la Figura IX-5 se muestra en la Tabla IX-1.

Figura IX-4. Curva I-V y P-V para un módulo fotovoltaico a 1,000 W/m² y 25 °C

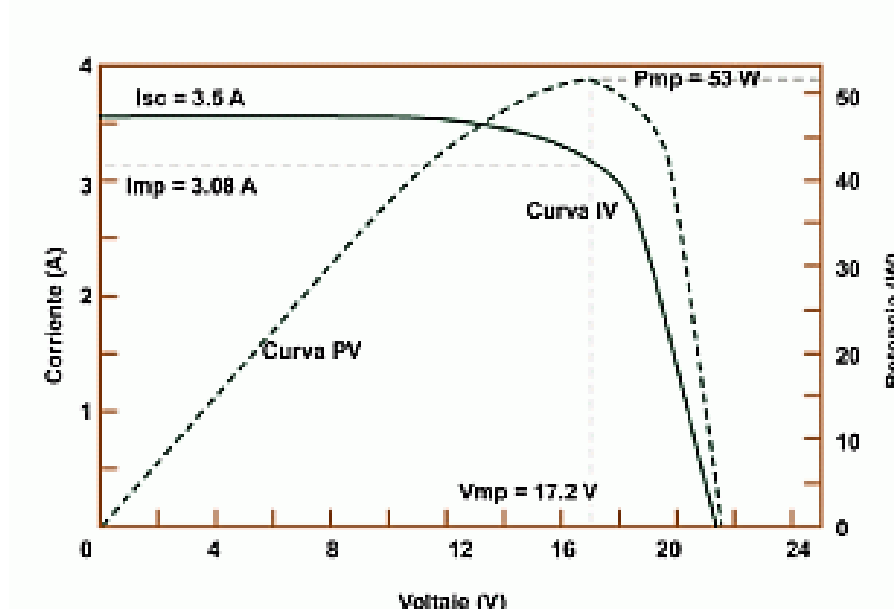


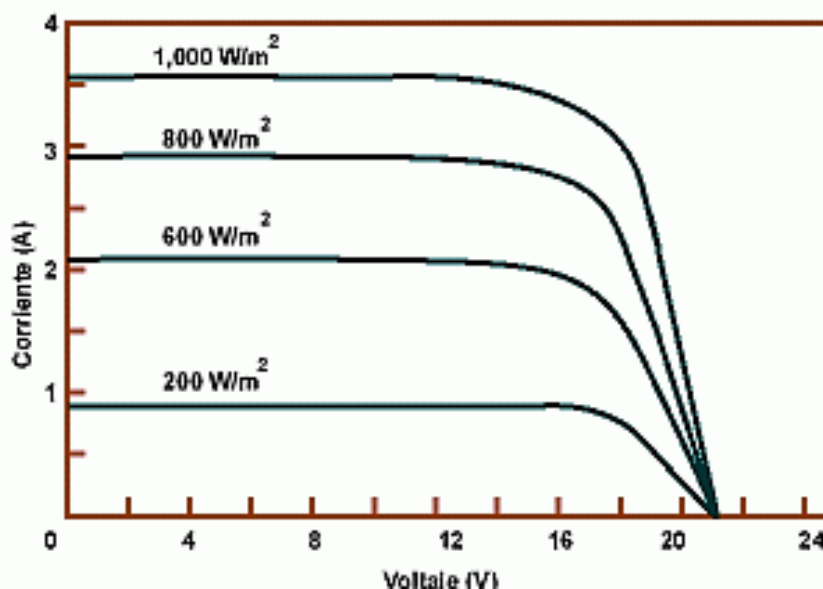
Tabla IX-1. Placa de características de un módulo Solarex VLX-53

Modelo	VLX-53
Pp	53 W
Vp	17.2 V
Ip	3.08 A
Vca	21.5 V
Icc	3.5 A
Condiciones	1000 W/m ² 25 °C

La operación de un módulo fotovoltaico se ve modificada por la intensidad de la radiación solar y de la temperatura que alcanza el módulo en operación. La Figura VIII-5 muestra el comportamiento de la corriente producida en función del voltaje para diferentes intensidades de la radiación solar. La corriente generada se incrementa al incremental la irradiancia. Se observa que el voltaje a circuito abierto, Vca, no cambia sustancialmente.

En la Figura IX-6 se muestra el efecto que produce la temperatura sobre la producción de corriente en el módulo. Esta vez, el efecto se manifiesta en el voltaje generado. La potencia nominal se reduce aproximadamente 0.5% por cada grado centígrado por encima de 25 °C de la temperatura del módulo.

Figura IX-5. Curva I-V para diferentes intensidades de radiación solar a temperatura constante de 25 °C



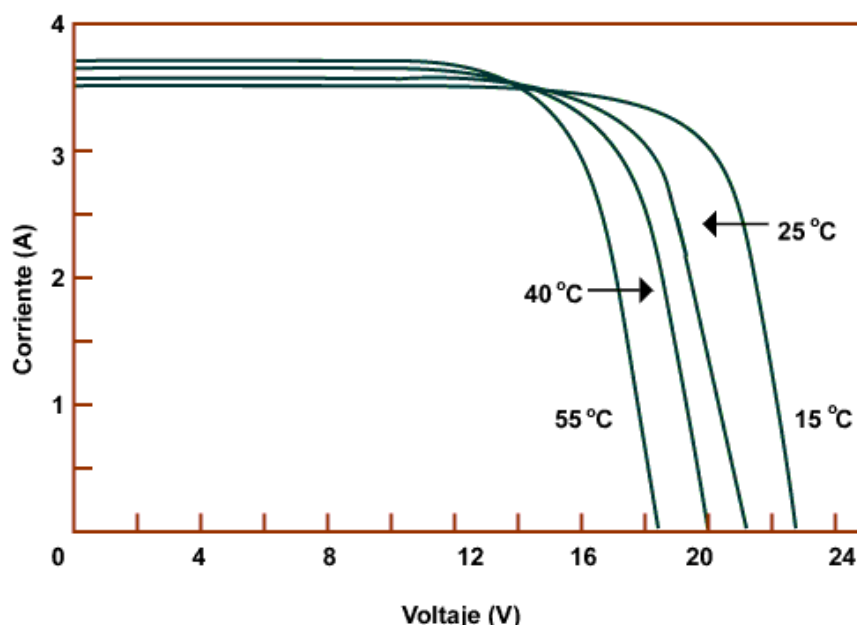
Para obtener las características eléctricas deseadas en un arreglo FV, éstos deben de conectarse eléctricamente en serie o en paralelo. Las características eléctricas del arreglo son análogas a la de módulos individuales, con la potencia, corriente y voltaje modificados de acuerdo al número de módulos conectados en serie y/o en paralelo.

Los módulos solares se conectan en serie para obtener voltajes de salida más grandes. El voltaje de salida, V_s , de módulos conectados en serie esta dado por la suma de los voltajes generados por cada módulo.

Los módulos se conectan en paralelo para incrementar la corriente del arreglo. El voltaje del conjunto es el mismo que el de un módulo; pero la corriente de salida, I_s , es la suma de cada unidad conectada en paralelo.

Para evitar el flujo de corriente en la dirección opuesta se utilizan diodos de bloqueo. Los diodos de paso, proporcionan un camino de alivio para evitar que circule corriente por un panel o un módulo sombreado (sombra de nubes o de objetos). El módulo sombreado no genera energía, por lo cual, los demás módulos lo verán como un punto de resistencia. En consecuencia, fluirá corriente hacia él convirtiéndose en un punto caliente del arreglo; aumentará su temperatura y las fotoceldas se degradarán aceleradamente.

Figura IX-6. Curva I-V en función de la temperatura del módulo a irradiancia constante 1,000W/m²



El bombeo fotovoltaico

La selección y dimensionamiento de un sistema de bombeo fotovoltaico requiere de la comprensión de la dinámica de fluidos involucrada en este proceso. El tamaño del sistema está en relación directa con el producto de la Carga Dinámica Total (CDT) y el volumen de agua diario necesario. A este producto se le conoce como ciclo hidráulico.

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

$CDT = CE + CD = (\text{Nivel estático} + \text{abatimiento} + \text{altura de la descarga}) + (\text{pérdidas por fricción})$

Carga estática. Se trata de la distancia vertical que el agua se desplaza desde el nivel de abatimiento del pozo hasta la altura en que se descarga el agua. La carga estática es la suma del nivel estático, del abatimiento y la altura de la descarga. Todos los pozos experimentan el fenómeno de abatimiento cuando se bombea agua. Es la distancia que baja el nivel del agua debido a la constante extracción de agua. La Figura IX-7 muestra estos componentes hidráulicos que conforman la carga estática.

Carga dinámica. La carga dinámica, es el incremento en la presión causado por la resistencia al flujo al agua debido a la rugosidad de las tuberías y componentes como codos y válvulas. Esta rugosidad depende del material usado en la fabricación de las tuberías. Los

tubos de acero producen una fricción diferente a la de los tubos de plástico PVC de similar tamaño. Además, el diámetro de los tubos influye en la fricción. Mientras más estrechos, mayor será la resistencia producida.

Para calcular la carga dinámica, es necesario encontrar la distancia que recorre el agua desde el punto en que el agua entra a la bomba hasta el punto de descarga, incluyendo las distancias horizontales, así como el material de la línea de conducción y su diámetro. Con esta información se puede estimar la carga dinámica de varias maneras.

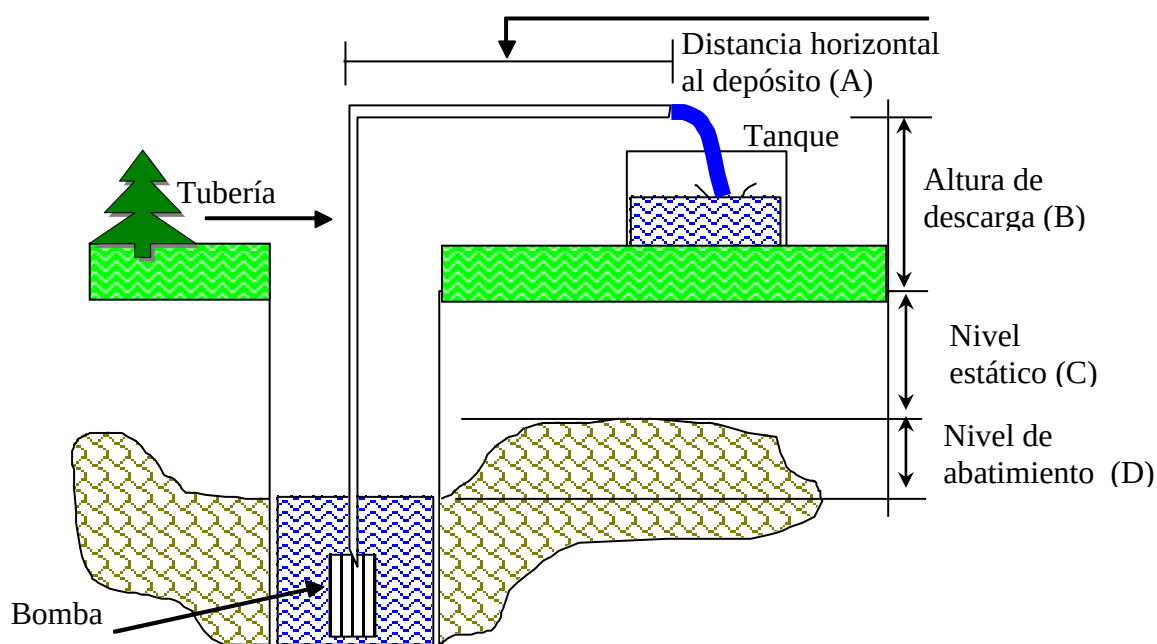


Figura IX-7. Componentes del sistema hidráulico de bombeo

La carga dinámica es aproximadamente el 2% de la distancia de recorrido del agua. Por lo general el resultado es una estimación conservadora si se asume que los sistemas de bombeo solar típicos tienen flujos de menos de 1 l/s y las bombas recomendadas se conectan a tuberías de diámetro amplio.

Almacenar agua en tanques es mucho más económico que almacenar energía en baterías. Después de cinco a siete años, las baterías necesitan reemplazarse, mientras que la vida útil de un tanque de almacenamiento bien construido es de varias décadas. El almacenamiento por baterías normalmente se justifica sólo cuando el rendimiento máximo del pozo durante las horas de sol es insuficiente para satisfacer las necesidades diarias de agua y cuando se requiere bombear agua durante la noche. A largo plazo, podría ser más económico perforar otro pozo que añadir almacenamiento por baterías. La introducción de baterías en un sistema de bombeo FV podría reducir su confiabilidad e incrementar sus requerimientos de mantenimiento. En general no se recomienda utilizar baterías en sistemas de bombeo fotovoltaico.

A. Equipo de bombeo

Las bombas comunes disponibles en el mercado han sido desarrolladas pensando en que hay una fuente de energía constante, cuya potencia puede ser satisfecha en cualquier momento. Sin embargo, la potencia que producen los módulos FV es directamente proporcional a la disponibilidad de la radiación solar y con ello la disponibilidad de potencia para la bomba. Por esta razón se han creado algunas bombas especiales para operar sin riesgo con la electricidad generada por el sistema fotovoltaico. Estas bombas son de diferentes tipos, pero genéricamente se clasifican en centrífugas y de desplazamiento positivo.

B. Bombas centrífugas

Tienen un impulsor que por medio de la fuerza centrífuga de su alta velocidad arrastran agua por su eje y la expulsan radialmente. Estas bombas pueden ser sumergibles o de superficie y son capaces de bombear el agua a 60 metros o más de altura, dependiendo del número y tipo de impulsores. Están optimizadas para un rango estrecho de cargas dinámicas totales y la salida de agua se incrementa con su velocidad rotacional.

Las bombas de succión superficial se instalan a nivel del suelo y tienen la ventaja de que se les puede inspeccionar y dar servicio fácilmente. Tienen la limitante de que no trabajan adecuadamente si la profundidad de succión excede los 8 metros (Figuras IX-8).

Hay una gran variedad de bombas centrífugas sumergibles. Algunas de estas bombas tienen el motor acoplado directamente a los impulsores y se sumergen completamente (Figuras IX-8 y IX-9). Otras, tienen el motor en la superficie mientras que los impulsores se encuentran completamente sumergidos y unidos por una flecha. Generalmente las bombas centrífugas sumergibles tienen varios impulsores y por ello, se les conoce como bombas de paso múltiple. Todas las bombas sumergibles están selladas y tienen el aceite de lubricación contenido para evitar contaminación del agua. Otras bombas utilizan el agua misma como lubricante. Estas bombas no deben operarse en seco porque sufren sobrecalentamiento.

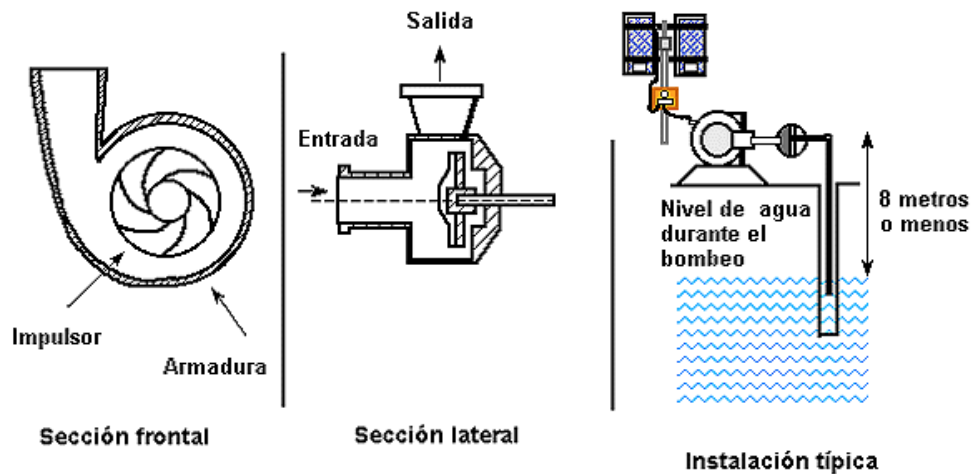


Figura IX-8. Diagrama de bomba centrífuga superficial

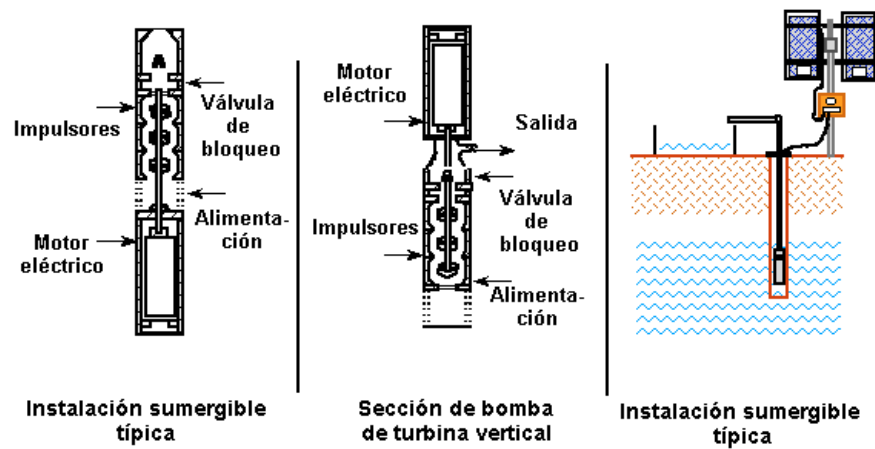


Figura IX-9. Diagrama de bomba centrífuga sumergible

Bombas de desplazamiento positivo. Las bombas de desplazamiento positivo o volumétricas son adecuadas para el bombeo de bajos caudales y/o donde la profundidad es grande (Figura IX-10). Algunas de estas bombas usan un cilindro y un pistón para mover paquetes de agua a través de una cámara sellada. Otras utilizan un pistón con diafragmas. Cada ciclo mueve una pequeña cantidad de líquido hacia arriba. El caudal es proporcional al volumen de agua. Esto se traduce a un funcionamiento eficiente en un amplio intervalo de cargas dinámicas. Cuando la radiación solar aumenta también aumenta la velocidad del motor y por lo tanto el flujo de agua bombeada es mayor.

Bombas de cilindro. Las bombas de cilindro han sido muy populares en aplicaciones de bombeo mecánico activadas por el viento, tracción animal o humana. Su principio consiste en que cada vez que el pistón baja, el agua del pozo entra a su cavidad y cuando éste sube, empuja el agua a la superficie. La energía eléctrica requerida para hacerla funcionar se

aplica sólo durante una parte del ciclo de bombeo. Las bombas de esta categoría deben estar siempre conectadas a un controlador de corriente para aprovechar al máximo la potencia otorgada por el arreglo fotovoltaico.

Bombas de diafragma. Las bombas de diafragma desplazan el agua por medio de diafragmas de un material flexible y resistente (Figura IX-11). Existen modelos sumergibles y no sumergibles. Comúnmente los diafragmas se fabrican de caucho reforzado con materiales sintéticos. En la actualidad, estos materiales son muy resistentes y pueden durar de dos a tres años de funcionamiento continuo antes de requerir reemplazo, dependiendo de la calidad del agua.

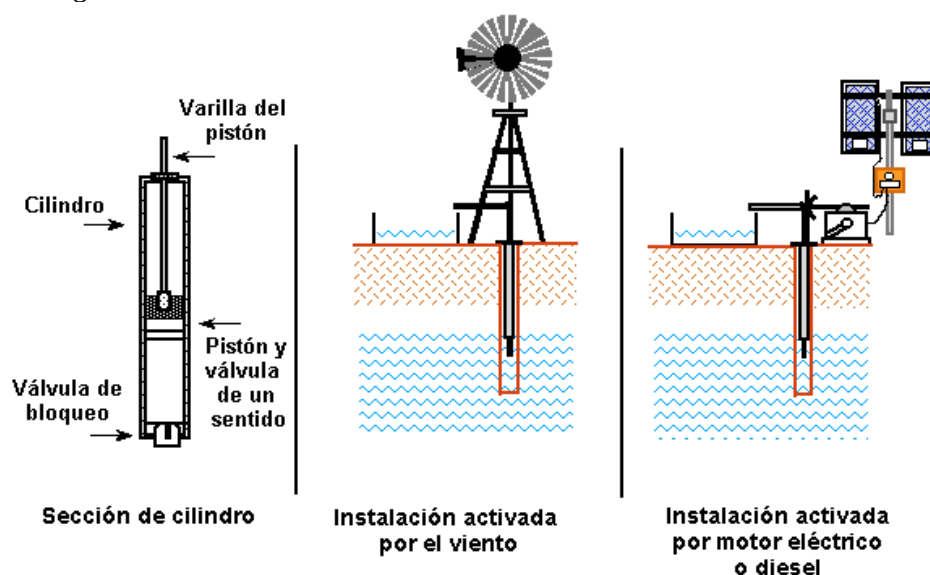


Figura IX-10. Bomba sumergible de desplazamiento positivo con cilindro - pistón

Las bombas de diafragma son económicas en su inversión inicial. Cuando se instala una bomba de este tipo siempre se debe considerar el gasto que representa el reemplazo de los diafragmas una vez cada dos o tres años. Más aún, muchas de estas bombas tienen un motor de corriente continua con escobillas. Las escobillas también deben cambiarse periódicamente. Los juegos de reemplazo incluyen los diafragmas, escobillas, empaques y sellos. La vida útil de este tipo de bomba es aproximadamente 5 años de uso.

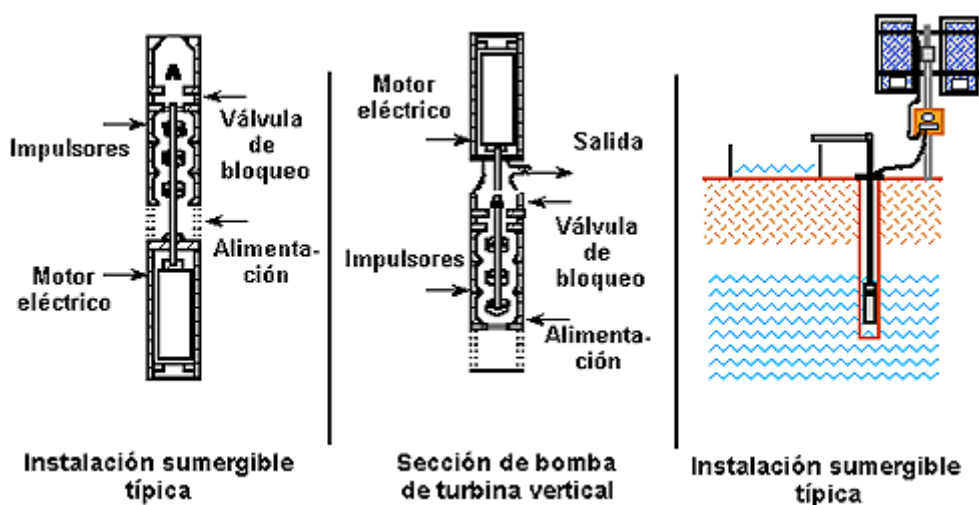


Figura IX-11. Bomba de diafragma sumergible

Selección de la bomba

Las bombas centrífugas y de desplazamiento positivo ofrecen diferentes alternativas para diferentes intervalos de aplicación. El proceso de selección de la bomba para un proyecto es determinante en las necesidades de energía requerida. Todas las bombas tienen que usar la energía eficientemente ya que en un sistema FV, la energía tiene un costo elevado. En general se debe tener una idea clara de qué tipo de bomba es la más adecuada para el proyecto. Este proceso de selección de la bomba se complica debido a la multitud de marcas, modelos y características de cada bomba. Un sólo fabricante puede ofrecer más de 20 modelos de bombas y cada una tiene un rango óptimo de operación.

Las bombas más eficientes son las de desplazamiento positivo de pistón, pero no son recomendables para gastos medianos y grandes a baja carga dinámica total. Por ejemplo, una bomba de palanca puede llegar a tener una eficiencia de más de 40%, mientras que una bomba centrífuga puede tener una eficiencia tan baja como 15%. La Figura IX-12 indica el tipo de bomba adecuada que se recomienda en general según la carga dinámica total del sistema de bombeo. La Tabla IX-2 presenta las ventajas y desventajas de las diferentes bombas utilizadas en bombeo fotovoltaico.

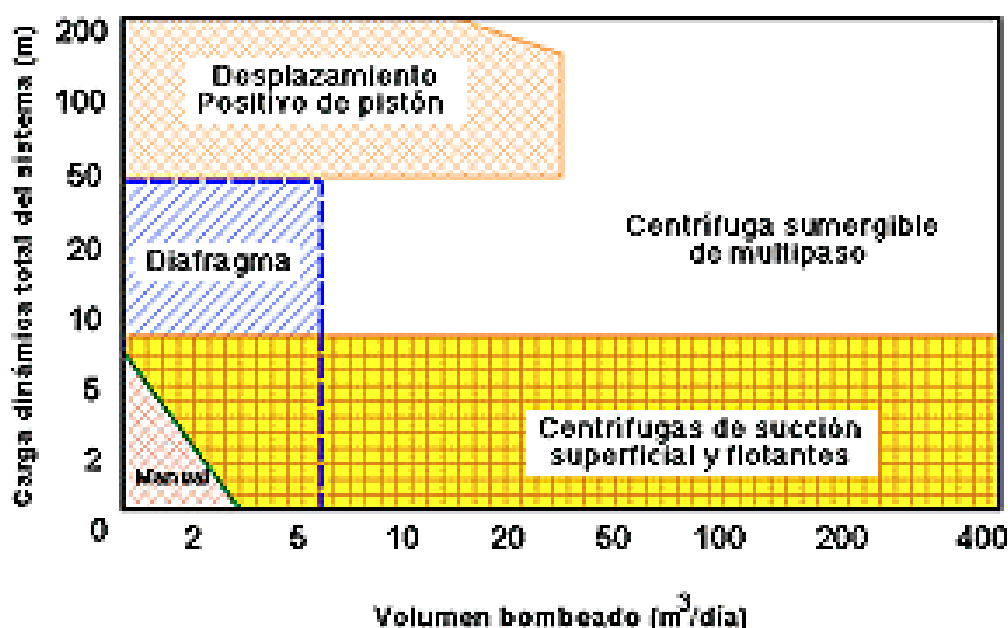


Figura IX-12. Diagrama de selección del tipo de bomba adecuada para cada proyecto.

Tipos de motores

La selección de un motor depende de la eficiencia, disponibilidad, confiabilidad y costos. Comúnmente se usan dos tipos de motores en aplicaciones fotovoltaicas: De CC (de imán permanente y de bobina) y de corriente alterna CA. Debido a que los arreglos FV proporcionan potencia en CC, los motores de CC pueden conectarse directamente, mientras que los motores de CA deben incorporar un inversor CC-CA.

Los requerimientos de potencia pueden usarse como una guía general para la selección del motor. Los motores de CC de imán permanente, aunque requieren reemplazo periódico de las escobillas, son sencillos y eficientes para cargas pequeñas. Los motores de CC de campos bobinados (sin escobillas) se utilizan en aplicaciones de mayor capacidad y requieren de poco mantenimiento. Aunque son motores sin escobillas, el mecanismo electrónico que sustituye a las escobillas puede significar un gasto adicional y un riesgo de descompostura. Los motores CA son más adecuados para cargas grandes en el rango de diez o más caballos de fuerza. Éstos son más baratos que los motores CC, pero requieren de un inversor CC-CA, que se agrega a los gastos iniciales y gastos potenciales de mantenimiento. Los sistemas de CA son ligeramente menos eficientes que los sistemas CC debido a las pérdidas de conversión.

Los motores de CA pueden funcionar por muchos años con menos mantenimiento que los motores CC.

Tabla IX-2. Principales características de las bombas fotovoltaicas

Bombas Fotovoltaicas	Características y Ventajas	Desventajas
Centrífugas sumergibles	Comúnmente disponibles. Pueden tolerar pequeñas cantidades de arena. Pueden utilizar el agua como lubricante. Cuentan con motores de CC de velocidad variable o CA. Manejan altos flujos. Operan a cargas dinámicas grandes. Tienen un diseño modular que permite obtener más agua al agregar los módulos fotovoltaicos.	Tienen un rango de eficiencia estrecho con respecto a la CDT. Se dañan si trabajan en seco. Deben extraerse para darles mantenimiento. Sufren desgaste acelerado cuando se instalan en fuentes corrosivas.
Centrífugas de succión superficial	Comúnmente disponibles. Pueden tolerar pequeñas cantidades de arena. Son de fácil operación y mantenimiento por ser superficiales. Cuentan con motores de CC de velocidad variable o CA. Manejan altos flujos. Manejan cargas dinámicas altas, aunque no son capaces de succionar más de 8 metros.	Tienen un rango de eficiencia estrecho con respecto a la CDT. Sufren desgaste acelerado cuando se instalan en fuentes corrosivas. Pueden dañarse por el congelamiento en climas fríos.
Desplazamiento positivo de pistón	Soportan cargas dinámicas muy grandes. La producción puede variarse ajustando la carrera del pistón.	Requieren de reemplazo regular de sellos del pistón. No toleran arenas o sedimentos. La eficiencia se reduce a medida que el pistón pierde la capacidad de sellar el cilindro. Debe extraerse el pistón y el cilindro del pozo para reparar los sellos . No dan grandes flujos.
Diafragma		Operan a cargas menores de 80 m. Son muy económicas. No toleran arenas o sedimentos. No trabajan a cargas dinámicas profundas. Bajos flujos.

Controladores

Los controles electrónicos pueden mejorar el rendimiento de un sistema de bombeo solar bien diseñado del 10 al 15%. Los controles se usan con frecuencia en áreas con niveles de agua y/o condiciones atmosféricas fluctuantes, aunque consumen del 4 al 7% de la potencia del arreglo fotovoltaico. Es común que las bombas FV se vendan junto con el controlador adecuado para operarlas eficientemente. Generalmente se usan controladores de potencia máxima (los cuales operan el arreglo cerca de su punto de potencia pico).

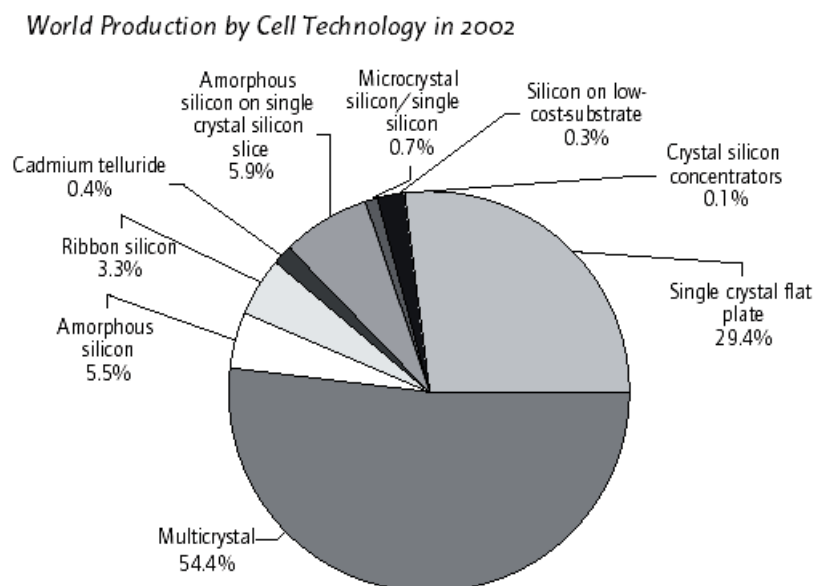
c. Oferta de sistemas fotovoltaicos

La tecnología fotovoltaica se encuentra en el mercado desde hace al menos treinta años. Esta ha evolucionado en eficiencia, en arreglos y en capacidad de los módulos fotovoltaicos disponibles. El número de fabricantes también ha crecido en forma sustancial y se puede afirmar de un grado elevado de madurez de esta tecnología.

Oferta mundial

De acuerdo a los datos del año 2002, la fabricación de celdas solares está dominada por las de silicio cristalino (mono y policristalino), con más del 80% de la producción (figura IX-13).

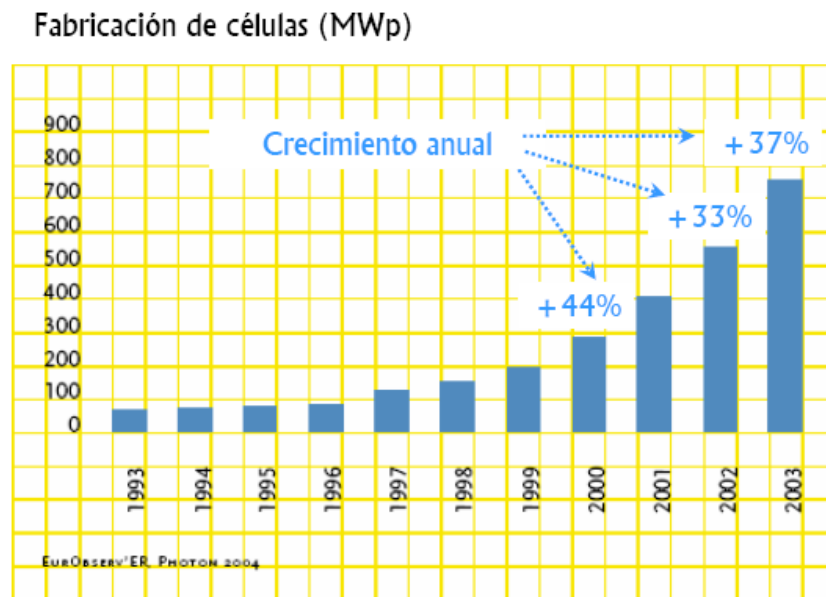
Figura IX-13. Producción mundial por tecnologías de celdas solares en el 2002.



La oferta mundial de celdas fotovoltaicas ha tenido un crecimiento exponencial en los últimos años. En los países miembros de la AIE en el año 2004 produjeron 1109 MWp, más

de 689 MWp que en el 2003; 62% de crecimiento en el período. Japón creció el 65% y Europa en su conjunto el 71%. La producción mundial de fabricación de celdas se incrementó con un ritmo del 32% en los años previos al 2003 y para el 2003 había alcanzado un 37% de crecimiento anual (figura IX-14).

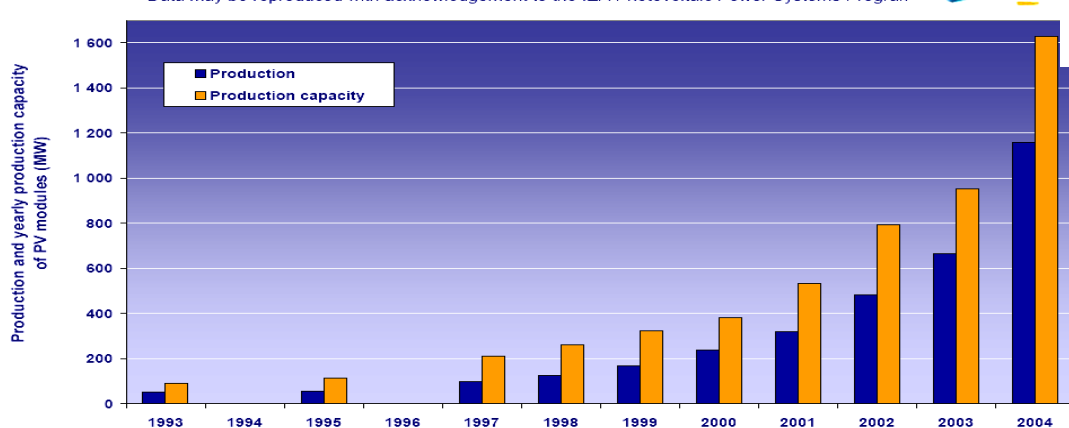
Figura IX-14. Crecimiento medio anual en la fabricación de celdas fotovoltaicas



Al igual que la producción de celdas, la fabricación de módulos fotovoltaicos también ha crecido en forma acelerada. (figura IX-15).

Figura IX-15. Evolución del mercado de módulos fotovoltaicos.

Graph downloaded from the IEA-PVPS website, <http://www.iea-pvps.org>
Data may be reproduced with acknowledgement to the IEA Photovoltaic Power Systems Program



Graph downloaded from the IEA-PVPS website, <http://www.iea-pvps.org>
Data may be reproduced with acknowledgement to the IEA Photovoltaic Power Systems Programme

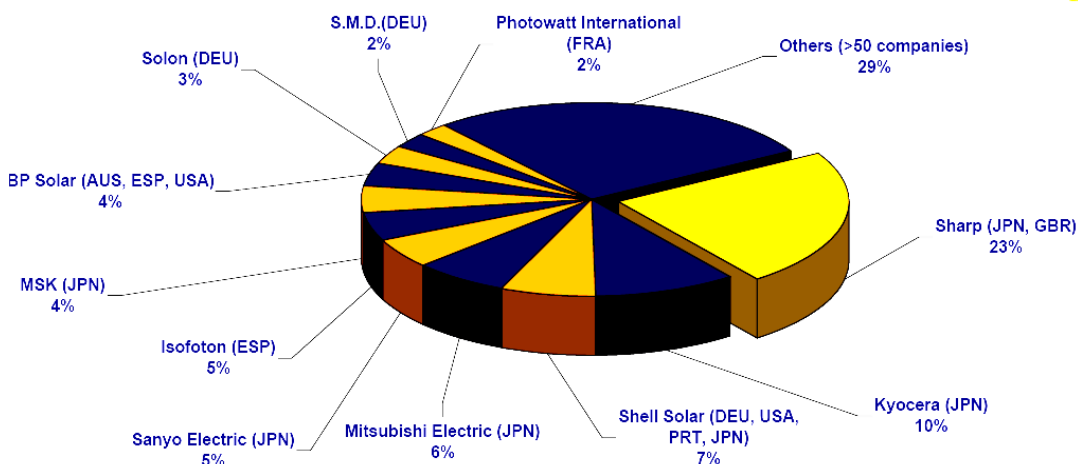


Figura IX-16. Distribución de la oferta mundial de módulos al año 2004

Capacidad instalada

En los países miembros de la Agencia Internacional de Energía al 2004, donde México no es miembro pero es contabilizado por pertenecer a la OCDE, se tenía una capacidad instalada de 2.6 GWp y sólo en el año 2004 se instalaron en esos países 770.2 MW.

De acuerdo a esa misma fuente, en México se instaló un promedio de un MW anual para llegar a la cifra de 18.18 MW instalados totales. La tendencia indica que la demanda en los próximos años crecerá paulatinamente y la pendiente de crecimiento dependerá del fomento a las FER.

Evolución del mercado fotovoltaico en México

La evolución de la capacidad instalada fotovoltaico para el periodo 1992 – 2004 años se presenta en la Tabla VIII-3. El principal impulsor del mercado FV han sido los programas gubernamentales de electrificación rural. De esta forma las ventas anuales de módulos FV durante los últimos años han sido en promedio de alrededor de 1 MW. Puede claramente apreciarse que no existe ningún ejemplo de aplicación de conexión a la red eléctrica centralizado y es hasta el año 1997 que se instala por primera vez un sistema distribuido.

Mercado/ Aplicación	31 Dic. 1992	31 Dic. 1993	31 Dic. 1994	31 Dic. 1995	31 Dic. 1996	31 Dic. 1997	31 Dic. 1998	31 Dic. 1999	31 Dic. 2000	31 Dic. 2001	31 Dic. 2002	31 Dic. 2003	31 Dic. 2004
	kWp	kWp	kWp	kWp	kWp	kWp	kWp	kWp	kWp	kWp	kWp	kWp	kWp
doméstico fuera de red	5 200	6700	7920	8270	9020	9870	10673	11228	11828	12349	12943	13595	14169
no-doméstico fuera de red	200	400	900	950	1000	1150	1347	1692	2092	2614	3208	3536	4003
conectado a red distribuido	0	0	0	0	0	1.8	1.8	1.8	8.6	8.6	9.6	9.6	9.6
conectado a red centralizado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	5400*	7100	8220	9220	10020	11021	12021	12021	13928	14971	16160	17140	18181

*Las instalaciones FV realizadas antes de 1992 representan 3700 kW y fueron utilizadas en electrificación rural

Tabla IX-3. Evolución de la capacidad instalada fotovoltaico en México en sus diferentes aplicaciones.

d. Análisis económico

La decisión de utilizar un sistema solar para bombeo de agua depende en gran medida del costo del sistema y los beneficios económicos que se esperan. Los sistemas de bombeo FV tienen un alto costo inicial comparado con otras alternativas de bombeo; sin embargo, no necesitan combustible y requieren menos mantenimiento y atención del operador. Debido a esta característica de los sistemas solares, el costo a largo plazo debe usarse para determinar si el sistema solar es factible económicamente. En este capítulo se muestra cómo estimar el costo inicial de un sistema de bombeo a partir de las características del proyecto propuesto. También se muestra un método para determinar el costo a largo plazo del sistema solar comparado con otras alternativas de bombeo, tomando en cuenta gastos de reemplazos de equipo, operación y mantenimiento (OyM) y combustible.

Estimación del costo del sistema

La mejor manera de estimar el costo de un sistema de bombeo solar es obtener cotizaciones de uno o más proveedores locales. Sin embargo, el costo se puede estimar con la ayuda de datos sobre sistemas instalados recientemente. El lector debe tomar en cuenta que el costo total de un sistema instalado incluye lo siguiente:

- Costo de materiales y equipos con todos los impuestos aplicables
- Costo de instalación, garantías y acuerdo de mantenimiento
- Margen de ganancia de la empresa

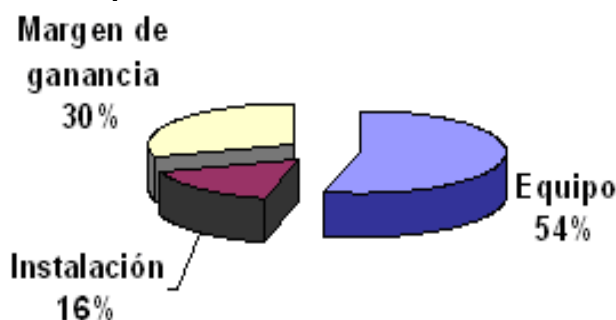
El costo de instalación (incluye traslados), garantía y mantenimiento varían mucho de acuerdo al proveedor y el acceso al lugar del proyecto. Sin embargo, es raro que estos costos excedan el 30% del costo total del sistema.

Los costos del sistema es función de tres parámetros principalmente:

- Ciclo hidráulico
- Tecnología energética empleada (fotovoltaica o eólica)¹⁴
- Distancia y dificultad de llegar al sitio de instalación

La distribución de costos, por lo tanto, es variable. Sin embargo se podría aproximar a la distribución de costos que se presenta en la figura IX-17.

Figura IX-17. Distribución típica de costos de los sistemas de bombeo fotovoltaico



En la figura IX-18 se presenta el comportamiento típico de los costos totales de un sistema de bombeo fotovoltaico en función del ciclo hidráulico, se observa que los costos totales, en general, se incrementan proporcionalmente respecto al ciclo hidráulico a partir de un valor de 100 m⁴/día. El espacio comprendido entre 0 y 100 m⁴/día, su comportamiento es potencial.

El costo unitario tiene un comportamiento inverso, entre mayor es el ciclo hidráulico menor son los costos del m⁴/día. Al graficar el logaritmo de ciclo hidráulico contra el logaritmo del costo unitario se obtiene una línea recta de pendiente negativa (figura IX-19).

Este gráfico permite elucidar la tendencia de la eficiencia global del sistema. De la figura VIII-3, la cadena energética del sistema de bombeo fotovoltaico, se puede fácilmente deducir que la eficiencia de la bomba es un factor altamente limitante. Así, del conjunto de bombas existentes en el mercado, la eficiencia máxima que se encuentra es de 65%. Entonces la eficiencia máxima que se puede obtener entre lo que entrega el sistema fotovoltaico y el equivalente energético del agua bombeada (m⁴/día) sería, en el mejor de los casos, de 60%.

¹⁴ En fotovoltaico, también depende de la tecnología fotovoltaica empleada: monocristalina de silicio, policristalina o amorfo u otra.

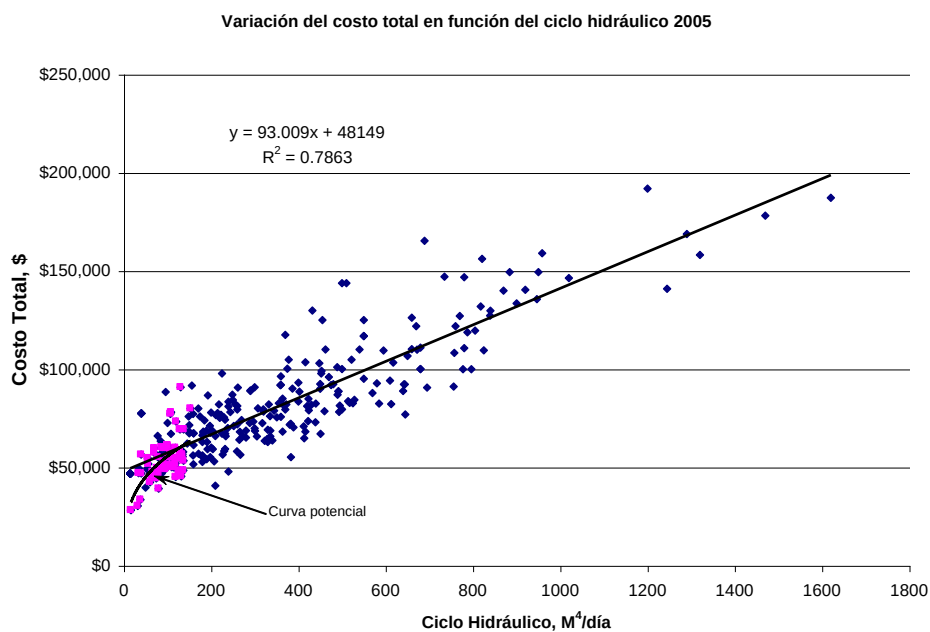


Figura IX-18, Variación de costo total de un sistema de bombeo fotovoltaico

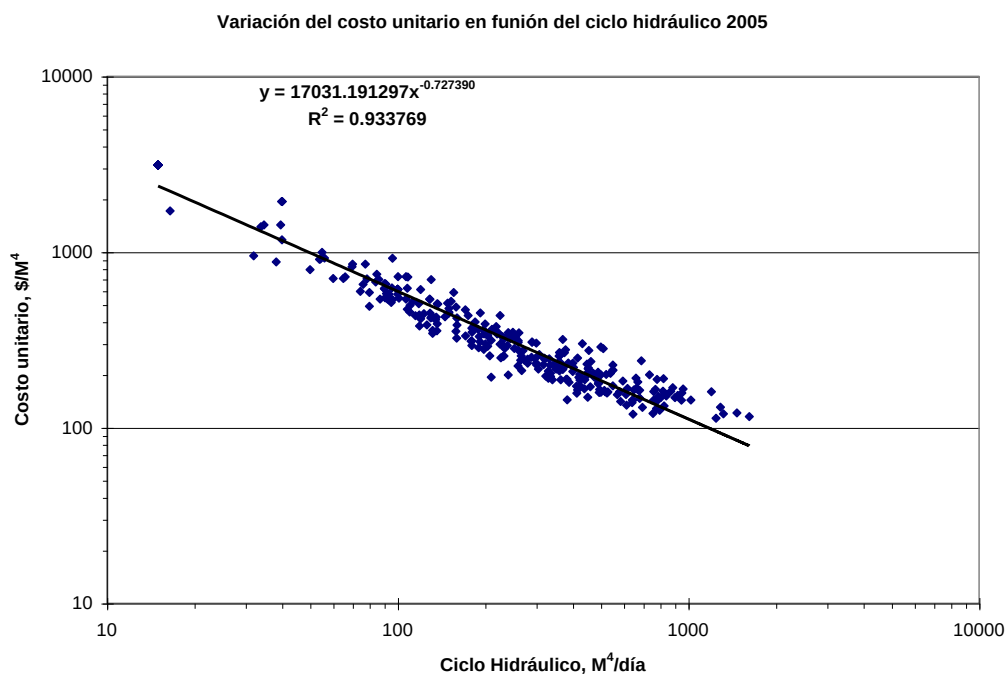


Figura IX-19. Costo unitario de los sistemas de bombeo fotovoltaico respecto m³/día

La figura IX-20 muestra la línea de tendencia de la eficiencia de bombeo fotovoltaico respecto al ciclo hidráulico. Se observa, como es de esperar, que la eficiencia incrementa al incrementar el ciclo hidráulico.

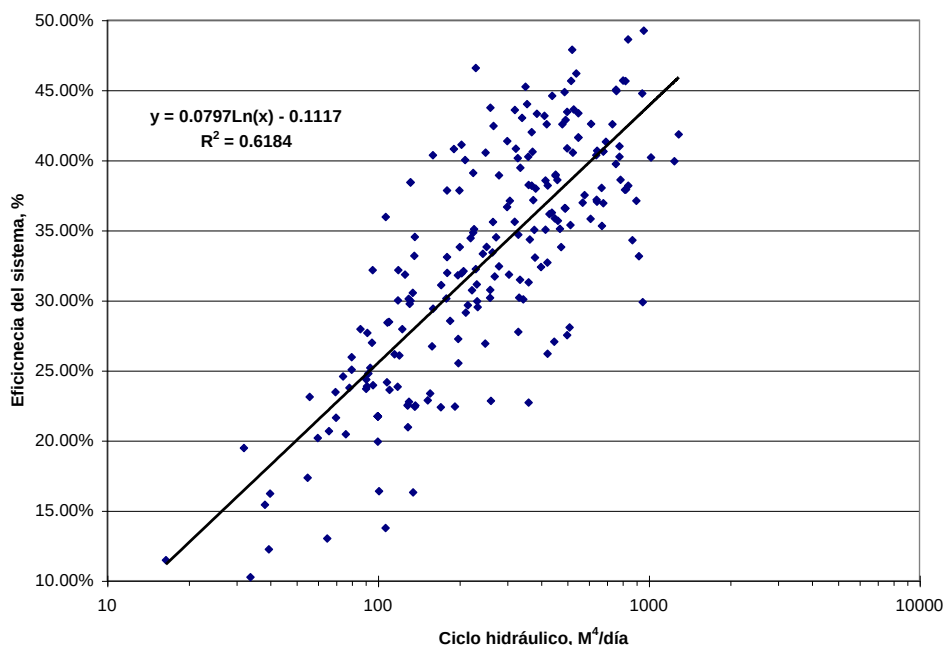


Figura IX-20. Variación de la eficiencia del sistema de bombeo fotovoltaico en función del ciclo hidráulico.

e. El efecto del PERA

Como se ha mencionado anteriormente en que a partir de 1994, cuando inician las labores emprendidas por el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) para promover e implementar proyectos demostrativos sobre el uso de tecnologías asociadas a las fuentes de energía renovable en el ámbito rural y demostrar sus beneficios en actividades agropecuarias, particularmente su uso en la extracción de agua por medio de equipos de bombeo fotovoltaico.

En una primera etapa, el programa estuvo dirigido principalmente a los estados de Chihuahua, Sonora, Quintana Roo y Baja California Sur y en menor magnitud, en Chiapas, Oaxaca, San Luis Potosí y Veracruz. Durante los años 1994 y 1995 el número de instalaciones fuera de programa fue lento y muy escaso.

En 1996 el Programa de la Alianza para el Campo, que contempló el apoyo a los productores agropecuarios para la adquisición de dichos equipos. Durante el periodo de 1994-1999 fue posible, gracias a los programas gubernamentales, la instalación de 195 sistemas demostrativos de bombeo fotovoltaico asociados a igual número de proyectos productivos agropecuarios.

El período 2001 – 2005 se caracterizó por un gran dinamismo derivado del desarrollo del PERA. En este período se instalaron 1868 sistemas de bombeo donde el 12% fueron réplicas realizadas por los proveedores. El 85% de esas réplicas se concentran en 4 estados del norte del país.

La figura IX-21 muestra la distribución porcentual de los 223 casos de réplica. El hecho que sea tan reducido el número de réplicas y que la gran mayoría de las logradas se concentran en el norte del país, se puede inferir la influencia del programa inicial de los años 90. Implica que el tiempo de maduración de un mercado es lento pero progresivo.

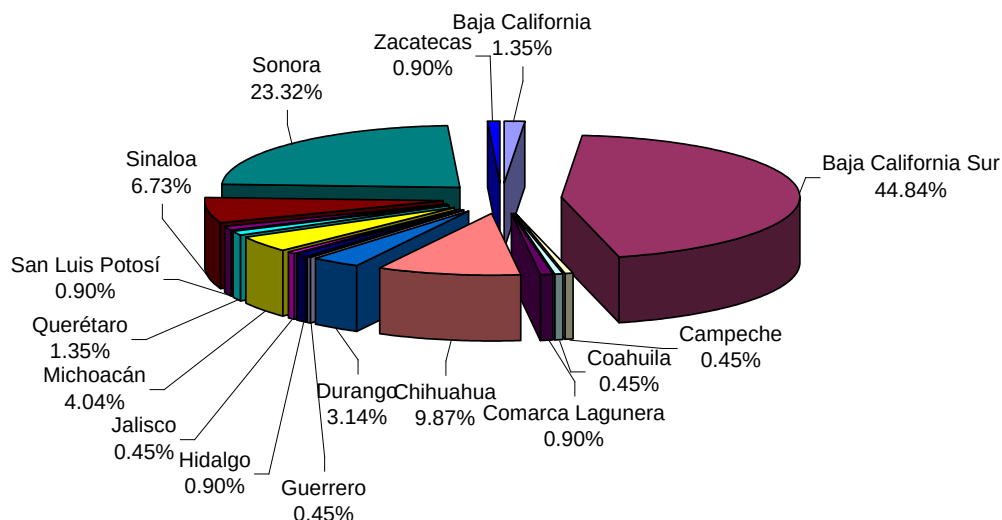


Figura IX-21. Distribución de las replicas de bombeo fotovoltaico realizadas en México

En la figura IX-22 se presenta la evolución de los proyectos replicados en función del tiempo. Es apreciable que en año 2001 hubo mayor número de réplicas que años posteriores. La lectura que se puede tener de este resultado, es que el tiempo de respuesta a una propuesta individual de un productor es función de los apoyos financieros que pueda recibir. Al haber habido un programa concluido en el año 1999 y un vacío de poco más de un año, los productores se animaron a la compra directa de los sistemas de bombeo. Al reaparecer un programa de apoyo (2001), los productores prefieren acercarse a esos apoyos y por ello se reduce sustancialmente los casos de réplica.

La figura IX-23 realza que la mayor parte de la demanda ha provenido de los productores de ganado vacuno (más del 65%), seguido de lejos por los que cuentan con especies diferentes (bovino – caprino). A este respecto se debe señalar la influencia en la necesidad de agua por parte de este tipo de productores. Es, sin embargo, normal que los productores agrícolas que no cuentan con sistemas de bombeo, tengan sus cultivos de temporal y por ello su requerimiento de agua no sea de primera necesidad, a no ser de una demanda doméstica de ese fluido.

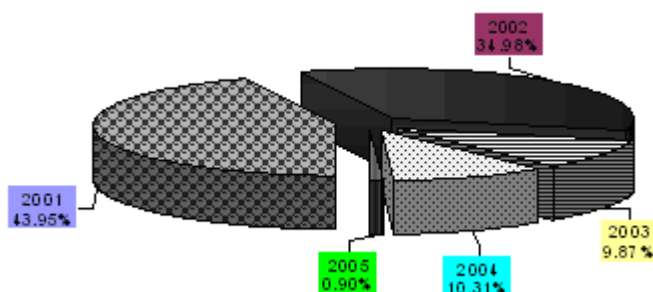


Figura VIII-22. Variación de replicas de bombeo fotovoltaico en el período 2001 – 2005

De acuerdo con los datos del PERA, de los 1868 proyectos realizados 56 son solamente productores agrícolas (3%). Esto implica naturalmente que la diferencia es de productores con ambas actividades o solamente ganadero. Del estudio de mercado se destaca que de 1349 productores beneficiados del PERA, 1226 usan el agua para abrevadero, 259 para riego y 1321 para uso doméstico. De estas cifras se puede elucidar que el 98% de los productores también aprovecharon el agua bombeada para uso doméstico y que 136 (10%) productores tienen actividades agropecuarias.

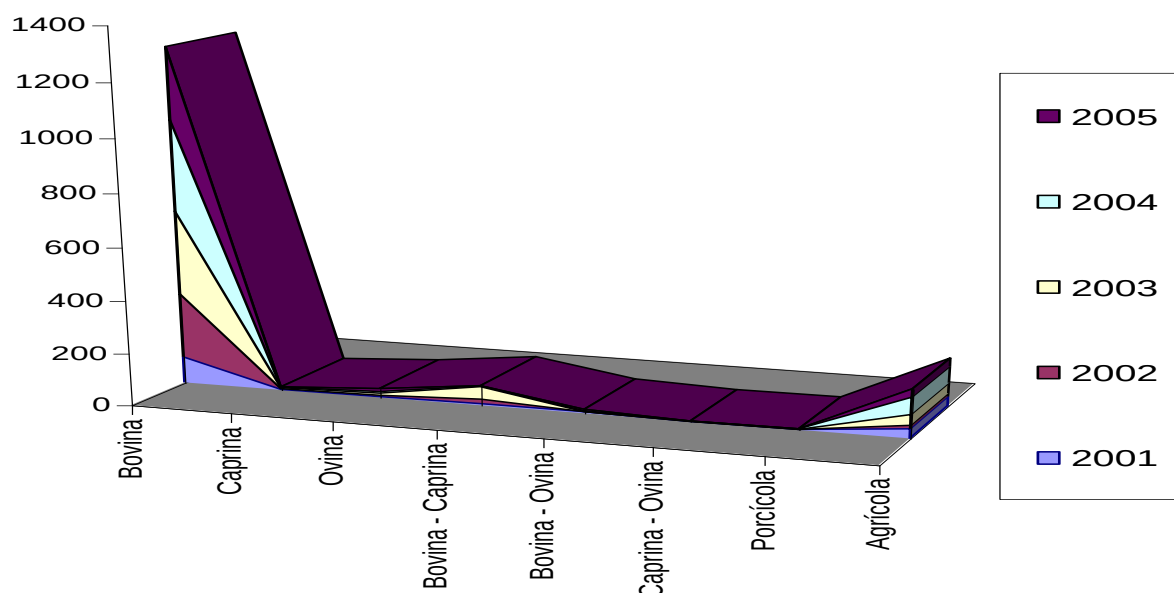


Figura IX-23. Distribución del Mercado de demanda de sistemas de bombeo fotovoltaico

Beneficios obtenidos.

Uno de los beneficios obtenidos es en la reducción de costos de operación respecto al bombeo de agua. En las encuestas realizadas se aprecia que el 65% redujo su actividad en el acarreo y distribución del agua, 227 productores encuestados piensan que redujeron sus costos, aunque no saben evaluar el monto reducido, a no ser que por efecto en la reducción o mismo eliminación del consumo en combustibles para bombeo. En la gráfica de la figura

IX-24 se presenta la distribución del consumo de combustibles que se utilizaban antes de la instalación de los sistemas de bombeo fotovoltaico. Se observa que el 54% de los encuestados consumían entre 20 y 500 litros por mes. Aunque no es claro cuanto han dejado de consumir.

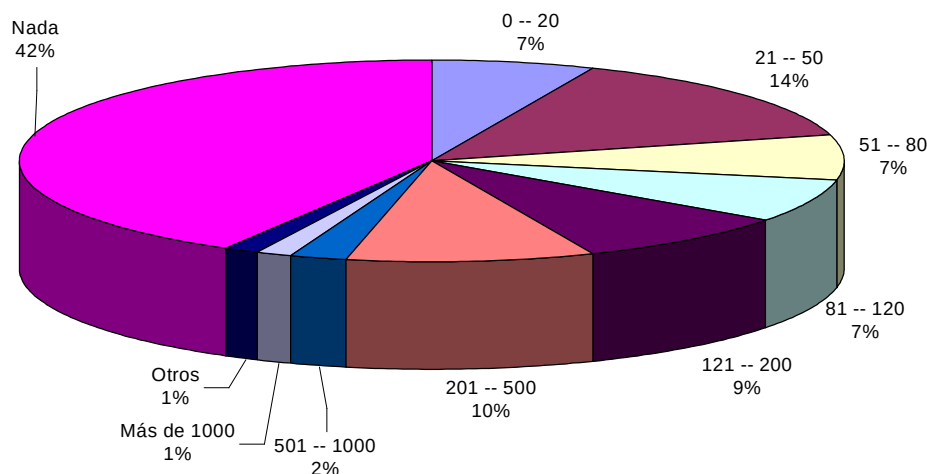


Figura IX-24. Distribución de consumo de combustibles en bombeo de agua antes de la instalación de los sistemas fotovoltaicos.

Ahora bien el bombeo de agua se realizaba también con otras tecnologías como lo muestra la figura 5. La sustitución tecnológica vino a veneficiar en una mejor eficiencia y continuidad en el suministro de agua, a un precio menor que el que venían pagando en el caso del uso de combustibles y le ha liberado tiempo que antes empleaban en el acarreo del fluido. Uno más de los beneficios es que se les ha abierto la posibilidad de sembrar forraje o establecer un huerto familiar incrementando su nivel de alimentación. La figura IX-25 se presenta la relación de beneficios obtenidos derivados del bombeo fotovoltaico de acuerdo con las encuestas a los productores.

En cuanto a la productividad, ésta también sufrió mejoras. En términos generales se ha demostrado que ha existido un crecimiento en el número de cabezas de ganado que se tiene en la propiedad. La Tabla IX-4 muestra que ha habido un crecimiento adecuado para el tiempo que se tiene desde que se instalaron los sistemas de bombeo fotovoltaico.

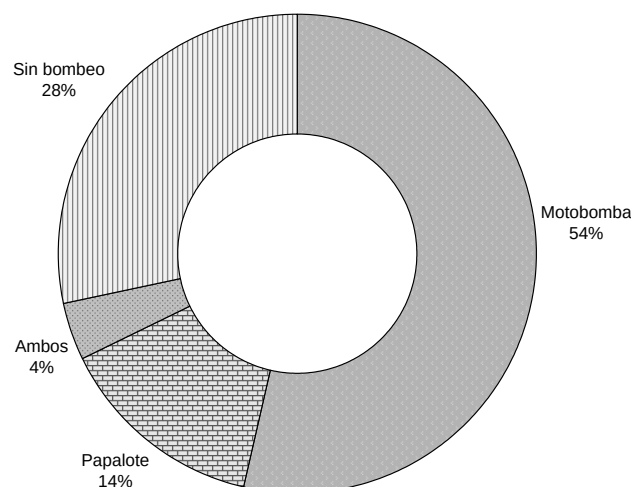


Figura IX-25. Tecnología empleada para el bombeo de agua

Tabla IX-4. Variación en el número de cabezas de ganado de los productores antes y después de la instalación de sistemas de bombeo fotovoltaico

Intervalo	Antes Número de Productores	Después Número de Productores	% variación de
2 -- 20	114	89	-21.93%
21 -- 50	241	222	-7.88%
51 -- 70	124	119	-4.03%
71 -- 100	214	215	0.47%
101 -- 300	363	441	21.49%
Más de 300	95	134	41.05%
TOTAL	1,151	1,220	5.99%

En global ese crecimiento es de prácticamente de un 30%. También es de notarse que creció en 6% el número de productores con ganado. Es de esperarse que en los próximos años estas cifras cambien favorablemente. Aquí cabe la pregunta, que tanto ese cambio se derivó de los sistemas de bombeo instalado. Un 73% opina que es a consecuencia de esas instalaciones y el 18% opina que no fue esa solamente la causa. Sin embargo el 84% coincide que sí influyó. Otros factores como mejora en el manejo del ganado, situación económica y comercialización influyeron también en ese cambio.

Adicionalmente al incremento en el número de cabezas, también ha habido una mejora en la producción de leche y en carne, para el ganado dedicado a esas actividades respectivamente. Y de la misma manera ha habido un sensible incremento en la producción de forraje. En la

Tabla IX-5 se han agrupado los indicadores productivos del conjunto de productores encuestados.

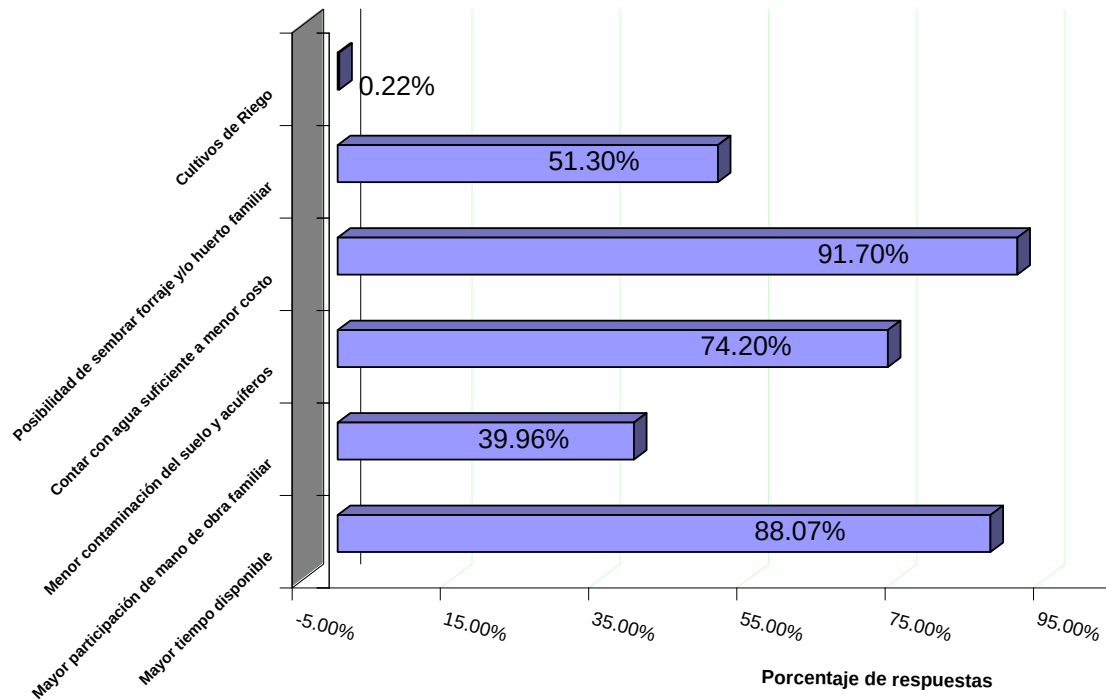


Figura IX-26. Beneficios obtenidos por el PERA en las comunidades rurales.

Los agostaderos se redujeron sensiblemente en 1.5% aunque se incrementó la producción de pastos. La superficie de praderas también se incrementó en 8.65%, sin embargo esos incrementos fueron inferiores al crecimiento que se obtuvo en el número de cabezas en el agostadero (22.36%) o en la pradera (40.82%). Esto implica un mayor número de cabezas por hectárea de terreno. Otro detalle importante son las pariciones obtenidas en el período 2001 – 2005. Se incrementaron en 14% y se mejoró la supervivencia de los becerros; la mortalidad decreció en 28%. El incremento en la producción de leche fue de 27%, pero también creció la alimentación suplementaria al hato ganadero (24%).

Tabla IX-5. Indicadores productivos

CONCEPTOS	Antes	Después	Variación	%
Superficie destinada al agostadero	1,290,957.32	1,271,233.03	- 19,724.29	-1.53%
Estado de la Superficie destinada a praderas	14,570.50	15,831.36	1,260.86	8.65%
Numero de cabezas en el agostadero	124,730.65	152,615.05	27,884.40	22.36%
Numero de cabezas en la pradera	29,094.20	40,969.00	11,874.80	40.82%
No de pariciones del hato ganadero	58,816.05	67,187.52	8,371.47	14.23%
No de parición de crías por ciclo	37,235.40	42,972.20	5,736.80	15.41%
Mortalidad de animales	3,769.11	2,702.41	-1,066.71	-28.30%
Producción de leche en Litros	205,781.70	261,892.30	56,110.60	27.27%
Alimentación suplementaria al hato ganadero (Kg.)	396,280.99	492,732.31	96,451.32	24.34%

Efecto en la oferta

La oferta ha crecido de una forma exponencial. El PERA ha favorecido la creación de empresas de energías renovables (ER), pero solo por el hecho de ser la principal fuente actual de demanda de los equipos solares. No hay evidencias claras que el programa haya tenido un efecto multiplicador. Esto se hace evidente en el hecho de que se han creado relativamente pocas empresas para participar en el mercado de energías renovables: de las 29 empresas encuestadas, solo 8 llevan menos de cinco años de existencia (28%), mientras 19 reportan llevar más de tres años asociadas al tema de las ER (66%). No obstante se debe señalar que las actividades de FIRCO con proveedores de ER iniciaron en el año 1997. Por lo que las empresas creadas antes de ese año no tuvieron la influencia del PERA,

De las empresas, la dedicación al mercado de las energías renovables es variable. Diez de las empresas se dedican únicamente a ER aunque 15 tuvieron más del 60% de ventas por ER y 13 menos del 40%. En buena medida, parece que el PERA llevó a empresas ya relacionadas a ER a expandir sus actividades. Más de la mitad (17) de los entrevistados refirieron que las empresas se dedican a las ER por “oportunidad” y 11 (38%) respondieron “mucho” cuando se les pregunta de la influencia del PERA en su incorporación al mercado de ER.

Integración de las redes de productos y servicios y orientación de las empresas. Las asociaciones que tiene establecidas las empresas proveedoras se concentran en la venta y no en la instalación y el servicio. Prácticamente la mitad (14) de las empresas tienen algún tipo de asociación aunque el énfasis de esta asociación son las ventas y la promoción. Así, la mayor parte de éstas (9) lo tienen para vender y 6 para promover. Menos de una tercera parte (8) de las empresas tienen asociaciones para instalar y un número muy pequeño (3) se han asociado para dar mantenimiento a los equipos. Una quinta parte (4) tiene alianzas para fabricar.

Estas conclusiones son reforzadas por respuestas a preguntas relativas al margen de ganancia. De las 29 empresas, 18 respondieron que su principal margen de ganancia viene de ya sea vender o promover. Sólo siete respondieron con “instalar”. A su vez, la manufactura

fue el origen del principal margen de utilidad de 5 empresas. El hecho de que empresas no pongan—como se refleja en las respuestas a la encuesta—suficiente prioridad en la instalación de los equipos y en el servicio a instalaciones en operación, puede convertirse en un problema en el mediano y largo plazos, cuando los equipos presenten problemas por desgaste o problemas relacionados a su exposición a la intemperie en condiciones de campo.

El papel de la capacitación. La capacitación es un elemento importante para las empresas proveedoras de sistemas de bombeo con energía solar. De las 29 entrevistadas, 27 dijeron contar con personal capacitado y 21 consideran que ha influido “mucho” la capacitación de su personal en las ventas. Sin embargo, las empresas dicen que no han dependido de la capacitación que provee el PERA ya que sólo 15 (52%) reportaron capacitación por esta vía mientras que 20 empresas (69%) capacitaron por su cuenta a su personal. Ahora bien, 23 de las empresas (79%) reportan haber enviado a su personal a cursos de FIRCO. No obstante las empresas señalan que cuentan con personal altamente calificado en energías renovables. En cuanto al tipo de capacitación, solo siete de las empresas consideran que les sería de utilidad una capacitación distinta a la técnica, para ser más competitivas.

La capacitación del personal, aunada a la experiencia ganada en campo, las empresas instaladoras han mejorado sustancialmente sus métodos de dimensionamiento y la selección de equipos y sistemas. Al mismo tiempo la tecnología de las bombas ha mejorado sustancialmente, lo que ha traído consigo un incremento importante en la eficiencia del sistema y por consiguiente en el precio. La eficiencia promedio en el período 2001 – 2005 mejoró en un 33% pasando de un promedio de 25% a 33%.

La grafica de la figura IX-27 muestra la variación de la eficiencia del sistema de bombeo fotovoltaico en función del ciclo hidráulico para el año 2001. Se debe también observar la dispersión tan grande en la información. La eficiencia media para el año 2001 fue de 26% con una dispersión del $\pm 14.5\%$.

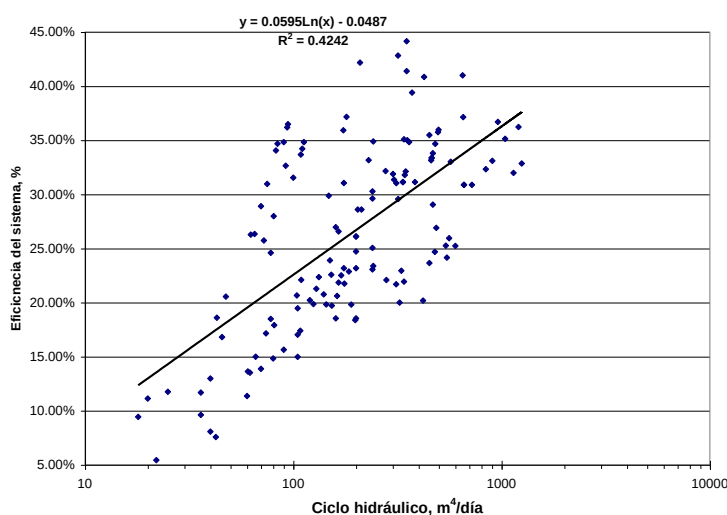


Figura IX-27. Variación de la eficiencia de los sistemas de bombeo fotovoltaico en función del ciclo hidráulico para el año 2001.

El año 2002 se comportó de una forma más estable, con una tendencia a similar a la del 2001 (figura IX-28). El año 2003 marca la pauta del cambio en una mejora sustancial en la eficiencia de los sistemas al llegar a una media de 32%. Los años 2004 y 2005 se mantuvieron constantes con una eficiencia media del 33%.

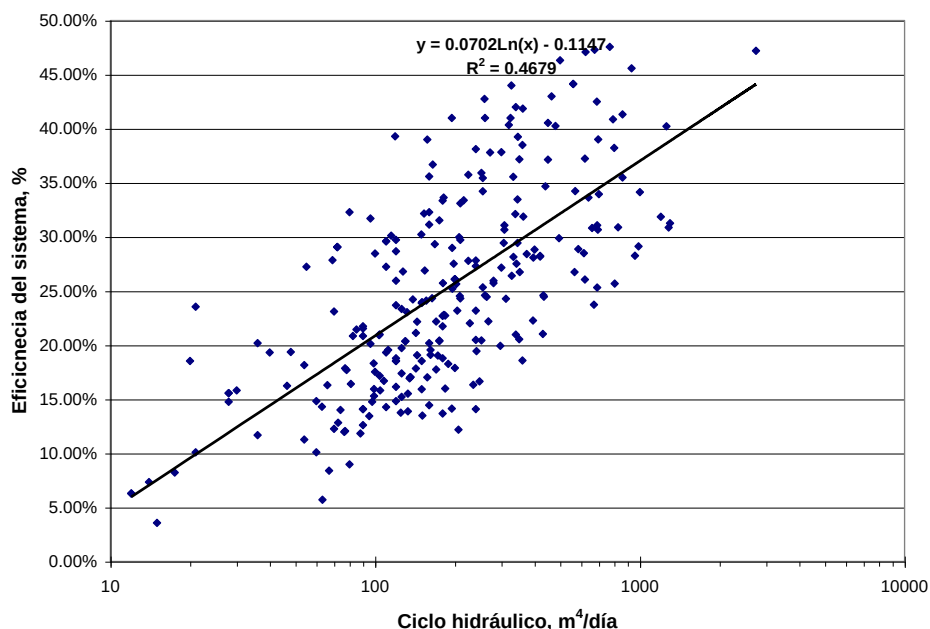


Figura IX-28. Variación de la eficiencia de los sistemas de bombeo fotovoltaico en función del ciclo hidráulico para el año 2002.

La figura IX-29 muestra este comportamiento anual. Cabe la pena señalar que la eficiencia de los sistemas de bombeo fotovoltaico varía linealmente respecto al logaritmo natural del ciclo hidráulico. La eficiencia mínima encontrada fue del 4% y la máxima del 60% acorde con lo descrito en el diagrama de la cadena energética. Se debe hacer notar que se aplicó un criterio para descartar algunos proyectos que no tenían valores consistentes en su dimensionamiento. Si bien hubo valores de eficiencia que superaron el 100%, estos fueron descartados por no ser consistentes o por ser derivados de un sub dimensionamiento. Se hizo lo mismo con la mayoría de los valores inferiores al 10% pues es un reflejo de un sobre dimensionamiento del sistema.

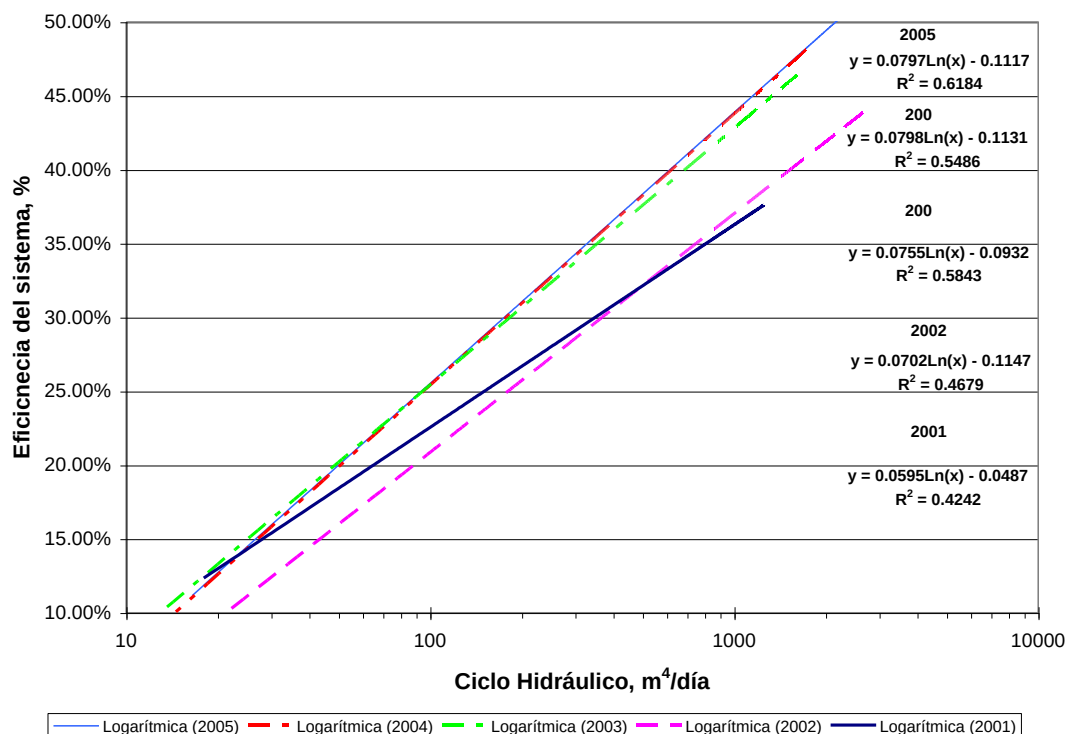


Figura IX-29. Variación de la eficiencia de los sistemas de bombeo fotovoltaico en función del ciclo hidráulico para el período 2001 - 2005.

Efecto en los precios

Como se mencionó en el párrafo precedente, la mejora en la eficiencia tenderá a tener una disminución en el precio del sistema, derivado de dimensionarlo con mayor precisión. Esta aseveración no es en toda su extensión una ley, ya que la disminución de los precios puede deberse a otros factores como la optimización de la actividad administrativa, la seguridad en la confiabilidad del sistema que permite reducir los costos de incertidumbre en la operación y por consiguiente en los costos de traslado, mano de obra y mantenimiento. Aunque también puede influir el no contemplar en los precios los costos de supervisión y seguimiento de las instalaciones que puede redundar en proyectos no sustentables. El precio, pues, del sistema, no refleja lo que sí está contemplado y lo que no se consideró. La variación de precio encontrada y su dispersión es una muestra de esos hechos.

El costo unitario de los sistemas de bombeo fotovoltaico tiene una función potencial respecto al ciclo hidráulico. A menor tamaño mayor será el costo unitario, ya que su eficiencia es inversa a ese comportamiento; a menor tamaño menor es la eficiencia. La figura IX-30 presenta el resultado obtenido del análisis de los proyectos del año 2001. En una gráfica log – log, se aprecia la linealidad de ese comportamiento y se observa que existe una gran dispersión en la información de los sistemas para ese año, alcanzando un valor medio de $\pm 25\%$. Esta dispersión es muy grande considerando el número de proyectos realizados (157).

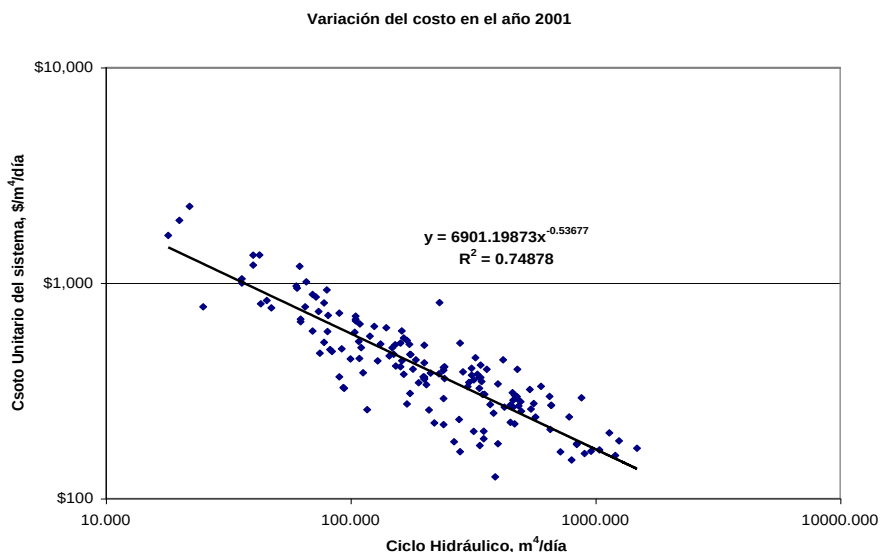


Figura IX-30. Variación y dispersión del costo de los sistemas de bombeo fotovoltaico para el año 2001.

Para el año 2002, la dispersión media en el costo del sistema disminuye sensiblemente para ubicarse en un valor del $\pm 16\%$ (figura IX-31). Lo que representa una mejora en la calidad del precio de mercado. Los años 2003 – 2005 marcan una tendencia a la mejora sustancial al ubicarse en un valor de dispersión media del 7% en el 2005.

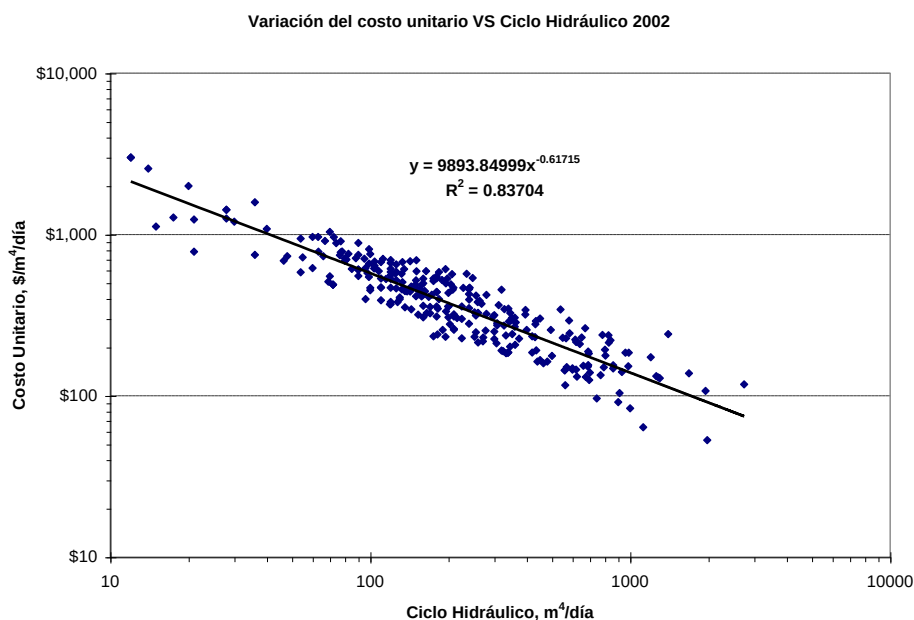


Figura IX-31. Variación y dispersión del costo unitario de los sistemas de bombeo fotovoltaico para el año 2002.

La figura IX-32 muestra la variación de la dispersión positiva y negativa en el precio unitarios de los sistemas de bombeo para el período 2001 – 2005 (líneas continuas). Al igual que la variación del precio de los sistemas para el mismo período (línea punteada) respecto al año precedente y en línea discontinua la variación del precio acumulada año con año. Esta última curva refleja el cambio promedio en el precio unitario de los sistemas de bombeo fotovoltaico al año 2005, al tomar como línea base los precios del año 2001. La variación del precio promedio 2001 – 2005 es entonces $16\% \pm 16\%$ al año 2005.

Variación de precios de los sistemas de bombeo fotovoltaico

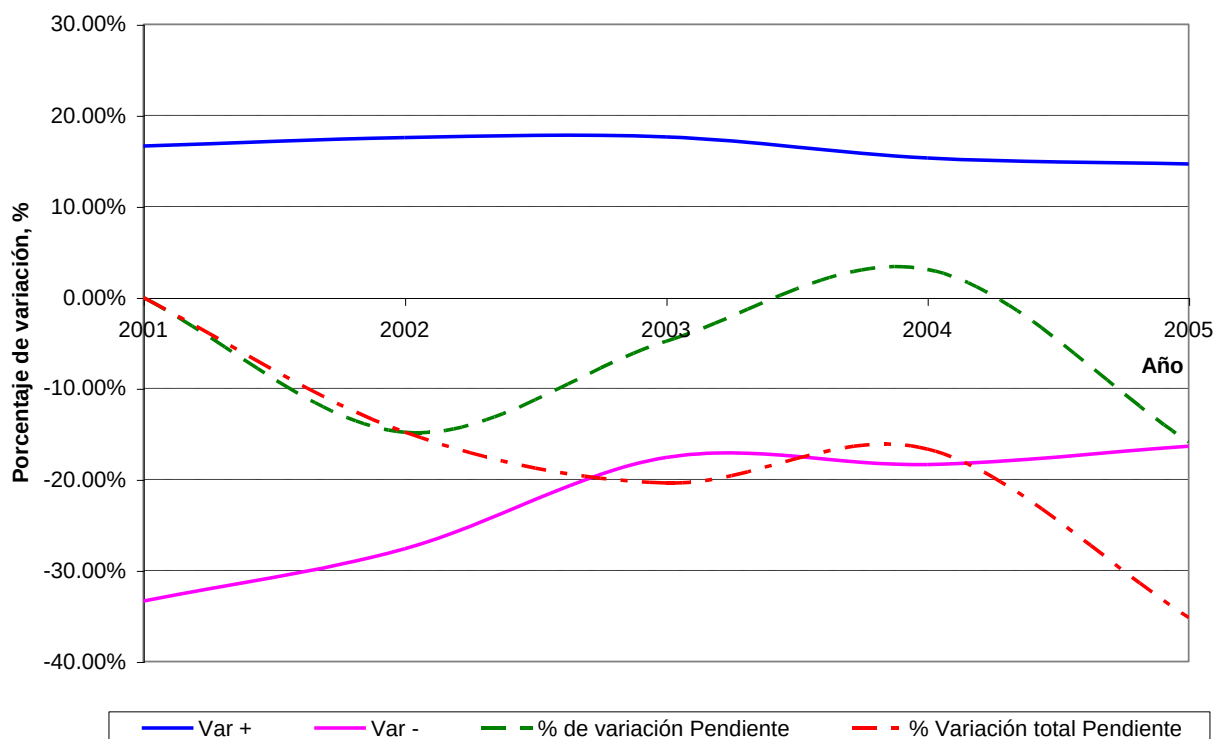


Figura IX-32. Variación positiva – negativa de la dispersión del precio unitario de los sistemas de bombeo fotovoltaico para el período 2001 - 2005.

La figura IX-33 muestra el efecto de esta variación en la que se aprecia que por debajo de un valor del ciclo hidráulico de $55 \text{ m}^4/\text{día}$, el precio promedio de los sistemas de bombeo fotovoltaico tienen un precio medio mayor del período 2001 - 2005 que en el 2001. Aunque la explicación a este fenómeno no es muy clara, se puede especular que, por un lado, la bomba empleada para un ciclo hidráulico de $120 \text{ m}^4/\text{día}$ es la misma que para cualquier valor inferior del ciclo hidráulico y por lo tanto el costo es el mismo. Por otro lado la dispersión en los precios en ese intervalo de ciclo hidráulico es grande y por lo tanto no es apreciable la disminución en el precio de los sistemas. Para valores superiores a $55 \text{ m}^4/\text{día}$, existe una disminución progresiva en el precio de los sistemas para alcanzar un promedio de 15.6% respecto al año 2001. La variación máxima la encontramos a valores superiores a $1000 \text{ m}^4/\text{día}$, la cual supera el 30% de disminución promedio del precio respecto al 2001.

La figura IX-34 muestra el conjunto de rectas que representan la variación de los costos unitarios para el período 2001 – 2005 en función del ciclo hidráulico. Es notorio, pero no de una manera contundente, que la variación de precios es favorable para cuando el ciclo hidráulico supera el valor de 100 m⁴, por debajo de este valor el precio se incrementó respecto a los años anteriores. Para fines comparativos, el precio más bajo en general, se presentó en el año 2004. Aunque este comportamiento puede ser leído de múltiples maneras, es muy probable que ese efecto sea la tendencia a la estabilidad de precios en el mercado nacional.

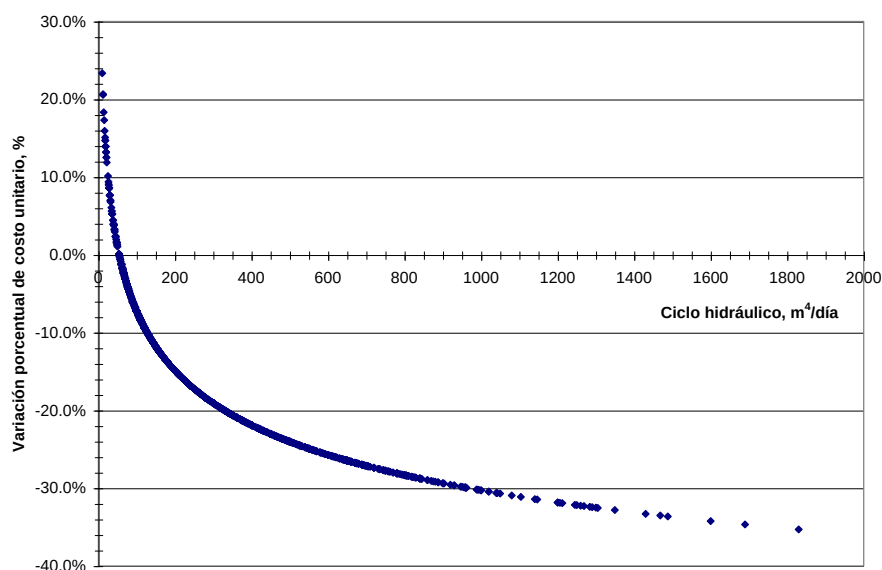


Figura IX-33. Variación porcentual del precio unitario promedio

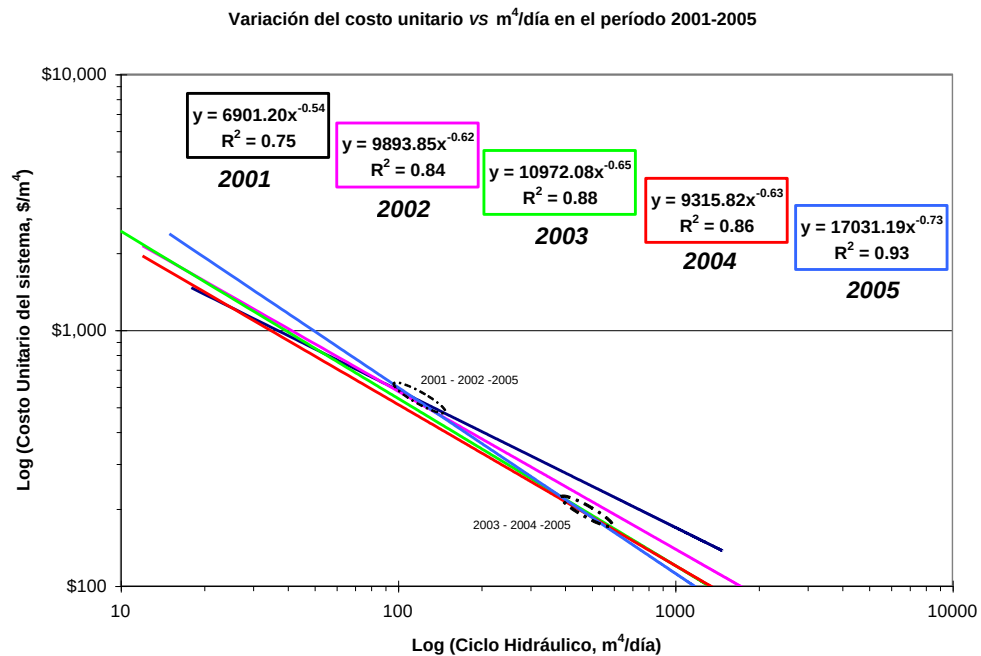


Figura IX-34. Variación y dispersión del costo unitario de los sistemas de bombeo fotovoltaico para el período 2001 - 2005.

Los precios totales tienen una tendencia similar, pero ahora reflejan la magnitud de pesos (MN) que se tienen en el mercado nacional. La figura IX-35 muestra el comportamiento del año 2001 en donde claramente se observa ese comportamiento del precio por debajo del valor de 100 $m^4/día$, en el ciclo hidráulico. Por arriba de ese valor el comportamiento es lineal.

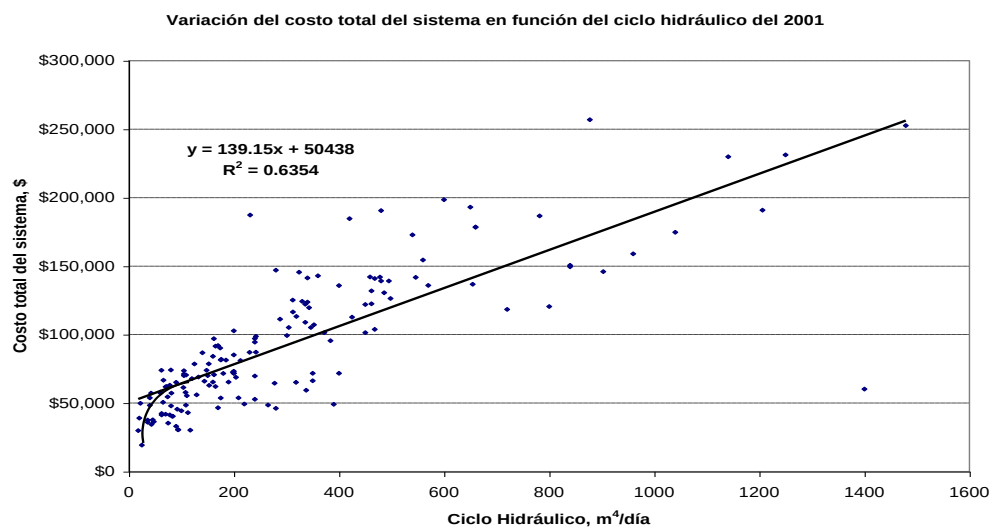


Figura IX-35. Variación y dispersión del costo total de los sistemas de bombeo fotovoltaico para el año 2001

Para el año 2002 la dispersión disminuye sensiblemente y presenta una pendiente corregida menor a la del año 2001 (figura IX-36). En esta gráfica se puede observar un par de puntos que están extremos y reflejan algún tipo de error en el dimensionamiento del sistema y por ende se ve reflejado en el precio, que se dispara enormemente hacia arriba y abajo respectivamente. La evolución del precio total del sistema para el período 2001 – 2005 se ha representado en la figura IX-37. Es notorio que el precio más bajo, tal como se observó en los precios unitarios, se presentó en el año 2004, incrementándose sensiblemente para el 2005. El fenómeno se puede igualmente asociar al incremento en el costo del Watt pico en el mercado internacional, y por lo tanto entra al país más caro que el año precedente.

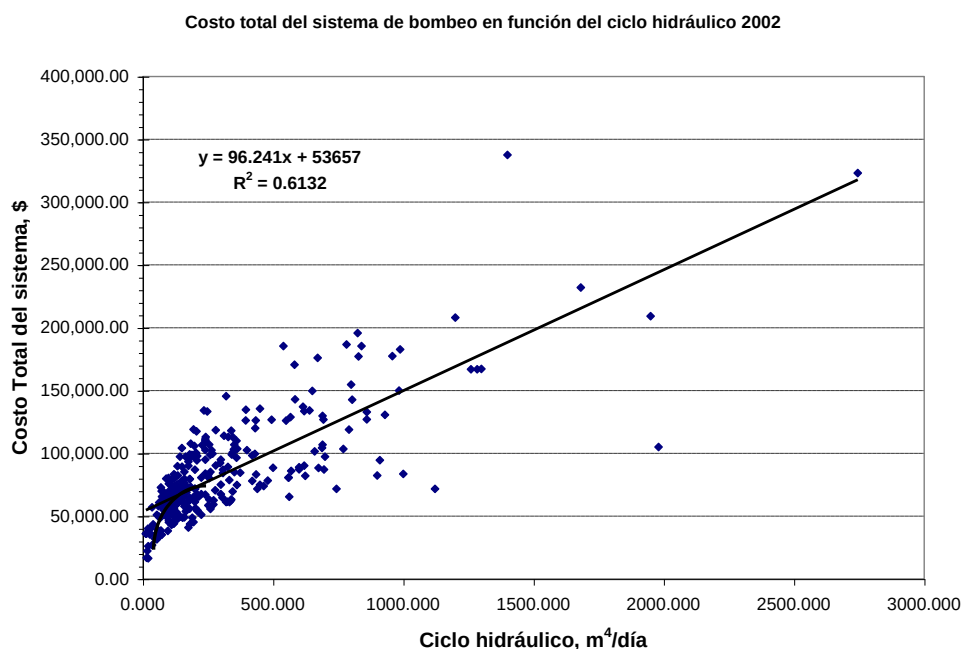


Figura IX-36. Variación y dispersión del costo total de los sistemas de bombeo fotovoltaico para el año 2002

Variación del costo total en función del ciclo hidráulico 2001 - 2005

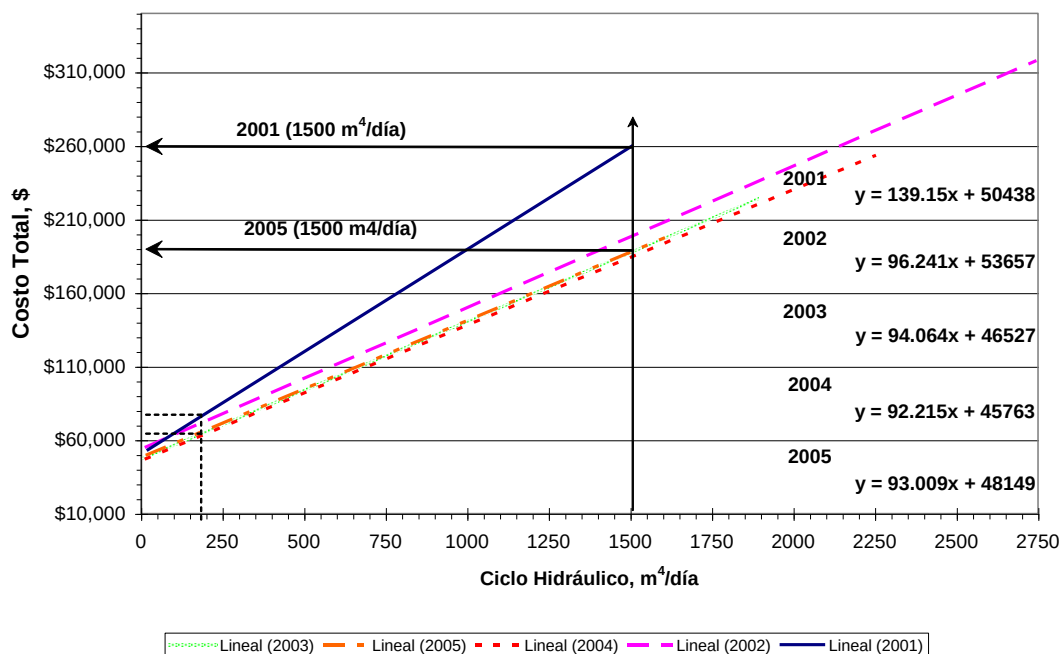


Figura IX-37. Variación del precio nacional total de los sistemas de bombeo fotovoltaico en función del ciclo hidráulico para el período 2001 – 2005.

Respecto a la variación de la eficiencia en los sistemas de bombeo fotovoltaico, existe una tendencia normal a incrementar el precio en función de la eficiencia. Sin embargo el incremento en costo es muy pequeño respecto al incremento en la eficiencia (figura IX-38 y IX-39). Este precio es total y dependiente del valor del ciclo hidráulico, tal como se mencionó anteriormente. Se aprecia igualmente la poca diferencia en costo total por eficiencia de ambas gráficas. Lo que implica que el precio de la eficiencia no se alteró grandemente en el período.

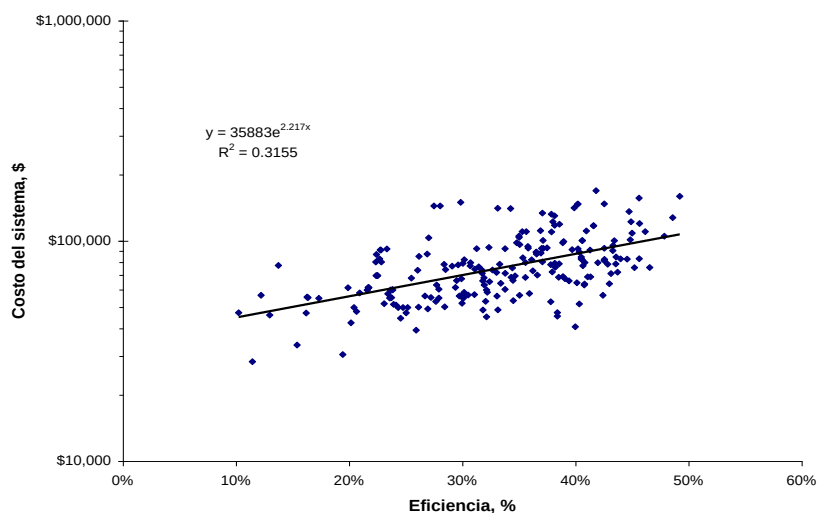


Figura IX-38. Variación y dispersión del costo total de los sistemas de bombeo fotovoltaico en función de su eficiencia para el año 2002.

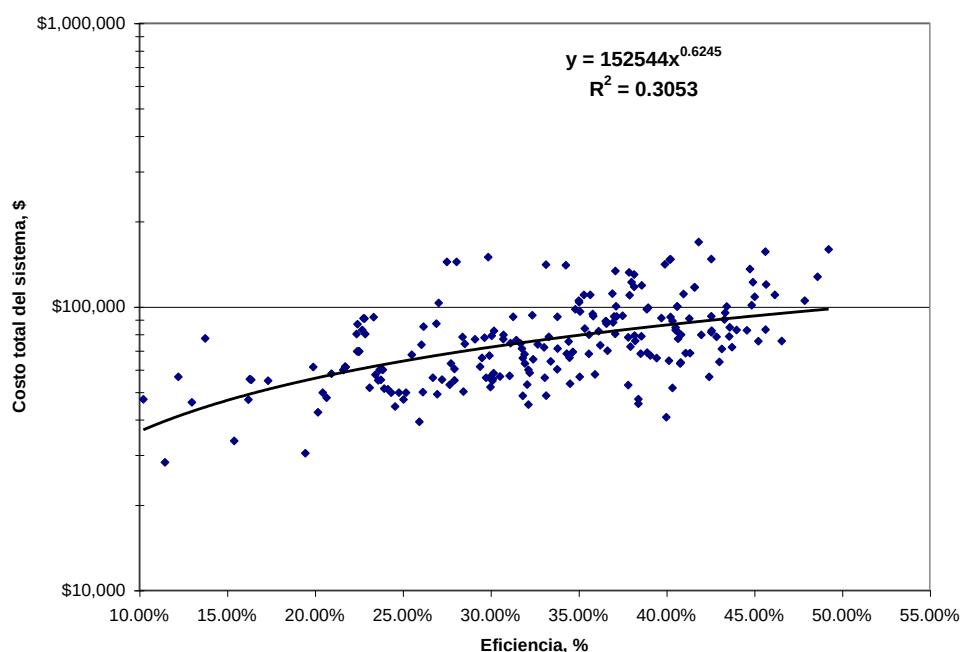


Figura IX-39. Variación y dispersión del costo total de los sistemas de bombeo fotovoltaico en función de su eficiencia para el año 2002.

Por lo tanto, se puede afirmar que el PERA ha venido contribuyendo sustancialmente en la estabilidad de los precios y en su reducción de una forma sensible. Se puede aseverar que al año 2004 encontraron sus valores más bajos y ahora la tendencia es un sensible incremento como una respuesta al incremento en los precios del Watt pico fotovoltaico en los mercados

internacionales, desatado por la gran demanda que estos han tenido, sobre todo en el mercado europeo.

f. Evolución esperada en la oferta de bombeo de agua fotovoltaico

El período 2001 – 2005 se caracterizó por un gran dinamismo en el programa denominado PERA. En este período se instalaron 1868 sistemas de bombeo donde el 12% fueron réplicas realizadas por los proveedores. La distribución porcentual de las instalaciones realizadas se puede observar en la figura 5, donde se aprecia que en 12 estados se concentró la mayor parte de las instalaciones alcanzando el 63% del total.

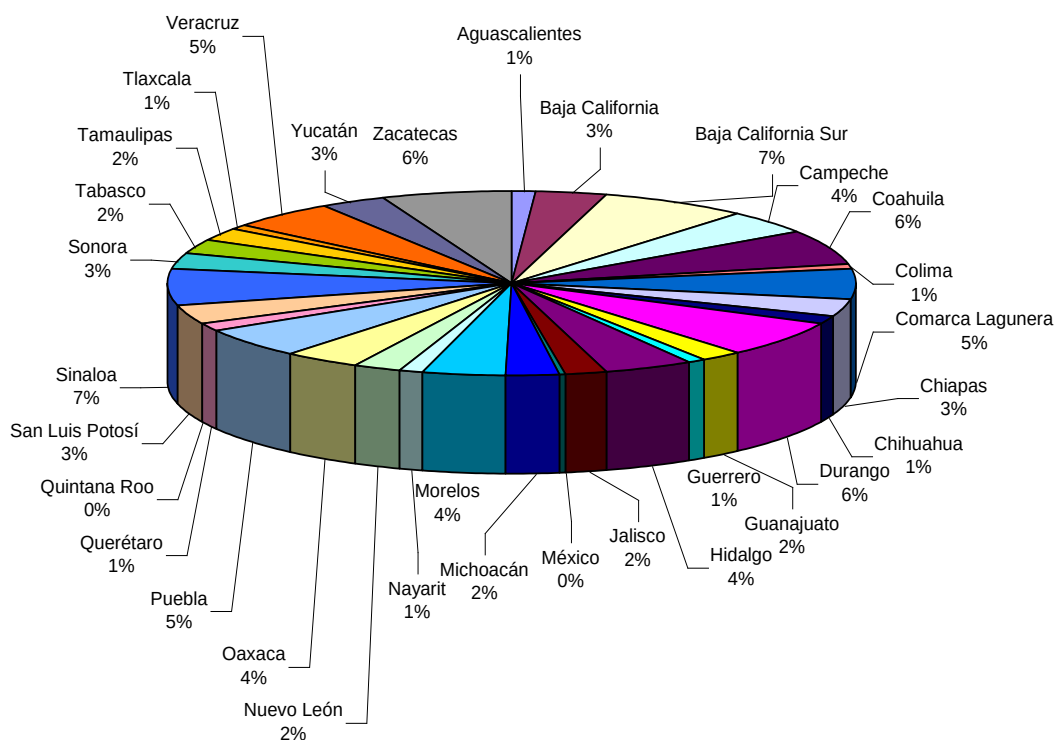


Figura IX-40. Distribución porcentual de las instalaciones de bombeo fotovoltaico en el período 2001 – 2005 en la República Mexicana.

En la figura IX-40 se presenta el tipo de usuario que se benefició con las instalaciones realizadas por estado en la República Mexicana. Se ha distinguido entre agrícola, ganadero y agropecuario.

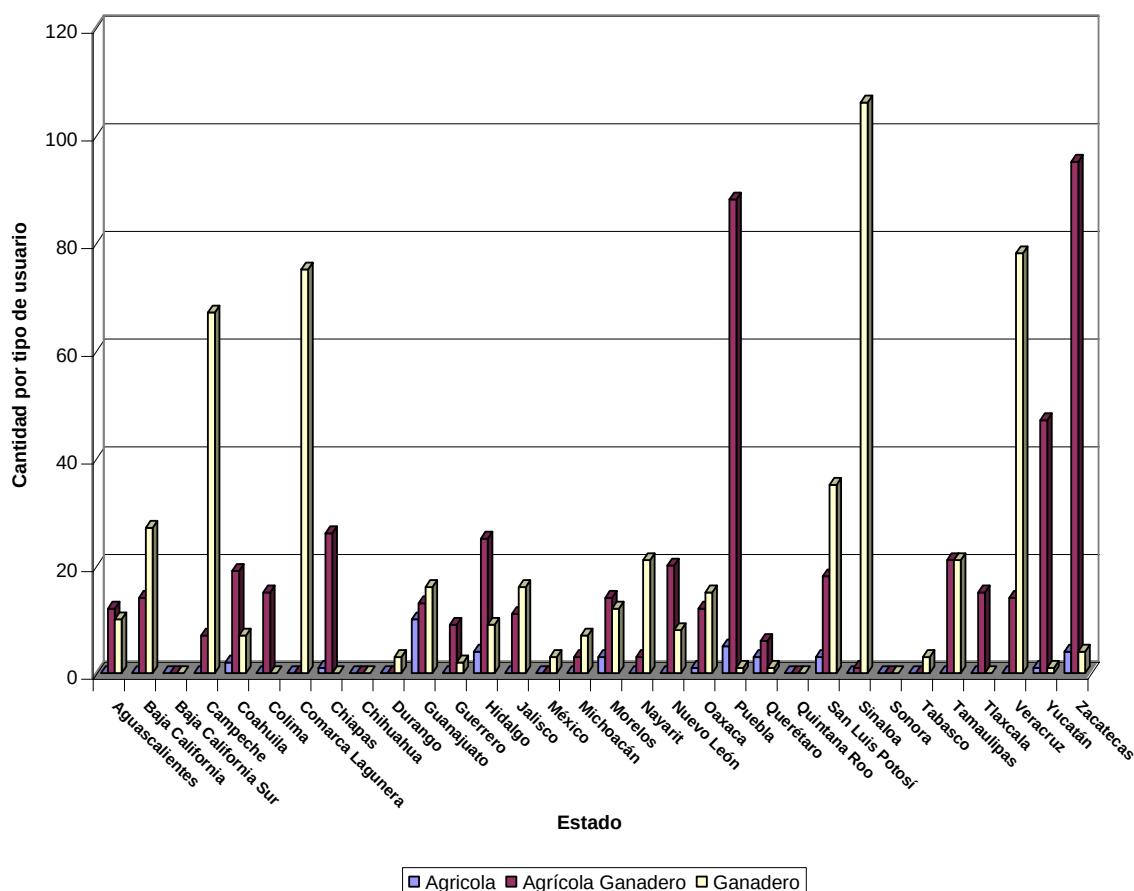


Figura IX-41. Distribución del mercado atendido por estados divididos por la principal actividad económica del sitio.

A la fecha se han atendido demandas de sistemas de bombeo fotovoltaico en los 32 estados de la República desde pequeños agricultores hasta medianos productores (de 1 hasta 50 hectáreas) así como pequeños propietarios de ganado hasta propietarios que cuentan con 395 cabezas y todos ellos retirados de la red eléctrica hasta 130 km de distancia. Aunque habo treinta proyectos que se realizaron y cuya distancia es menor a 1 km.

Esta oferta fue ofrecida por un grupo de alrededor de 65 empresas ubicadas a todo lo largo y ancho del país.

Del equipo de bombeo que ofrece en el territorio nacional destacan cinco marcas diferentes que cubren el espectro de necesidades de bombeo agropecuario. Estas son: Dankoff, que incluye la línea de bombas Lorentz, Dankoff etapump mini y la Suncentric; la amplia línea de Grundfos; Shurflo; Solar Jack. Existe una gama amplia de marcas y modelos de bombas aptas para operar con sistemas fotovoltaicos, aunque muchas de ellas aún no han sido introducidas al mercado mexicano. De esta oferta aproximadamente el 85% fue de marca Grundfos, seguida por Solar Jack y Dankoff.



Demanda actual

La demanda de bombeo fotovoltaico ha estado supeditada en más del 85% a la promoción realizada por los representantes de FIRCO en las diferentes regiones del país. De la encuesta realizada a 1349 beneficiarios del PERA, 1165 conocieron los sistemas de bombeo fotovoltaico por medio de esos representantes, 75 obtuvieron la información del municipio (5.5%), 4.2% la obtuvieron por pláticas con sus propios vecindados y solo el 1.6% mediante otras fuentes de información entre las que están los propios proveedores.

De estas encuestas solo el 13.5% utilizaba bombas a gasolina o diesel, cuyo consumo mensual promedio ascendía a 2780 litros en total. Estas cifras naturalmente que no permiten realizar un balance económico de beneficios derivados del reemplazo de sistemas de bombeo diesel - fotovoltaico.

Sin embargo es muy claro que la demanda de estos sistemas obedece más a la necesidad de realizar una actividad productiva con mayores índices de productividad que les genere una mayor derrama económica. La introducción del bombeo fotovoltaico les permitió tener mayor tiempo disponible, contar con agua a un costo inferior, posibilidad de tener y mejorar sus campos de forraje y/o huerto familiar. Ha influido también en un sensible incremento en cabezas de ganado en aquellos productores pecuarios. Se estima que esta mejoría afectó a un 73% de la muestra encuestada. El 84% opina que ha obtenido una mejoría en su actividad económica, al incrementar la producción lechera, de carne y forraje en un 80% de las veces.

Del Universo del mercado mexicano, el cual puede señalarse como todas aquellas pequeñas regiones donde no llega actualmente la energía eléctrica, estimada en más de 65,000 poblaciones que aglomeran algo así como 800,000 familias, se han abordado menos de 2000 y todas ellas requieren de agua potable en sus parcelas y hogares. Se estima también que existen alrededor de 600,000 ranchos dedicados a la agricultura y/o ganadería. En suma ese universo son posibles sitios que pueden ser abastecidos con sistemas fotovoltaicos para bombeo de agua.

El mercado actual está aún muy constreñido y los usuarios potenciales, quienes también tienen la capacidad de pago, aunque sea solamente en forma parcial, están muy poco definidos. En la figura IX-41 se ha señalado el mercado actual existente para cada estado de la república Mexicana. Ese es el mercado atendido y que sigue vigente. Estudios realizados por la SENER han mostrado que en los municipios de más alta marginación, que engloban el 32% de viviendas sin electrificar formadas por el 62% de la población indígena y el 89% tienen ingresos del orden de 2 salarios mínimos, representa una barrera para la implementación de programas con aportación económica por parte de los usuarios y reduce considerablemente la demanda de sistemas de bombeo fotovoltaico.



X. ELECTRIFICACIÓN DE AGRONEGOCIOS CON SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

a. Introducción

Es del conocimiento popular que la electricidad es la energía que ha permitido el desarrollo de los grandes conglomerados urbanos y que se ha vuelto un catalizador indispensable para el desarrollo de la actividad humana actual. Una característica que tienen las comunidades urbanas es su gran cobertura de electrificación, la que se ve reflejada por los altos grados de desarrollo económico que impulsan la prosperidad de sus habitantes. Sin embargo, la carencia de ésta energía o su baja disponibilidad limita las actividades industriales de las comunidades, volviéndolas de bajo rendimiento productivo y con poco desarrollo económico. Este fenómeno suele acontecer en las comunidades rurales no electrificadas, las que se caracterizan generalmente por carecer de medios de comunicación y estar constituidas por un conjunto de familias dispersas.

Sin electricidad no se pueden crear polos de desarrollo económico que generen recursos monetarios a los habitantes de una región dada, los cuales son necesarios para impulsar acciones relacionadas con el mejoramiento de la salud, educación y sanidad.

El círculo vicioso antes mencionado es posible romperlo usando políticas de beneficio social que fomenten actividades productivas y de desarrollo social, basadas en la electrificación rural mediante tecnologías no convencionales, que operen con las Fuentes de Energía Renovable (FER) locales y que no están supeditadas a la infraestructura en carreteras. Este tipo de políticas debe ser integral de tal manera que se impulse y se fomente, con la gente del agro mexicano, en aquellos sitios en donde sea necesaria su implementación, estén o no electrificados, la creación y consolidación de *proyectos productivos agropecuarios* o lo que se ha dado en llamar *agronegocios*.

La creación y consolidación de un *agronegocio* depende de factores que son atribuibles al productor agropecuario entre los cuales se pueden mencionar a los del tipo personal (capacidad, conocimiento, tenacidad), de infraestructura existente (tenencia de la tierra, dotación de agua, electricidad); y factores geográficos y climatológicos, los que definen en parte los recursos de energía renovables locales.

Si se logra identificar los factores que impiden la realización de un *agronegocio*, es posible consolidar al productor agropecuario en una actividad que le será rentable para toda su vida. Sin embargo, es muy importante que los involucrados en este tipo de retos estén concientes lo que significa *agronegocio* tanto como en sus objetivos como en su alcance.

Un *agronegocio* puede definirse como una actividad productiva que contemple la producción agrícola o pecuaria de un producto (o animal) con fines de comercialización; es decir, la meta es producir con el mayor rendimiento posible habiendo contemplado un mercado probable para el producto, con el objeto de generar recursos económicos redituables a través de su venta o comercialización.

Esto implica necesariamente que los *agronegocios* sean actividades bien planteadas que tengan, entre otras componentes, las correspondientes a asesorías en métodos de producción, metodologías



de conservación, cadenas de comercialización, y energía eléctrica. Esta última componente es la que permitirá al productor agropecuario producir con altos rendimientos. Sin embargo, la falta de electricidad en el ámbito rural es una de las principales barreras a vencer. Afortunadamente, usando fuentes locales de energía renovable y tecnologías que generan electricidad con ellas, es posible vencer dicha barrera; como es el caso del binomio de generación de electricidad limpia: energía solar-tecnología fotovoltaica, que ha representado desde los años 80's, una forma de generar electricidad en el sitio en que se requiere, y gracias a los proyectos gubernamentales (1994-2006), se ha podido mostrar que las inversiones monetarias que hay que hacer, asociadas a una actividad productiva, en muchos casos son rentables para el productor, con tiempos de retorno no mayores a 4 años [*].

Es así como, en el año 2001, se obtiene un donativo del Fondo Mundial del Medio Ambiente (Global Environmental Facility; GEF) para que el FIRCO continuara impulsando las experiencias anteriores, mediante el establecimiento del Proyecto de Energía Renovable para la Agricultura (PERA), cuyas metas han sido fortalecer los cuadros técnicos, el establecer Módulos Demostrativos, la promoción y difusión de la tecnología, así como la elaboración de diversos estudios, entre los que se encuentra la realización de estudios del mercado de renovables en el sector agropecuario.

El PERA ha promovido una política de beneficio económico-social y una campaña ambiciosa de Capacitación y Promoción para el uso de la Tecnología Fotovoltaica aplicada al bombeo de agua para instaurar, impulsar, fomentar y fortalecer proyectos productivos pecuarios, principalmente en la ganadería, lo que a traído como consecuencia la instalación de 1648 sistemas de bombeo FV asociados a proyectos productivos pecuarios y algunos de ellos a *agronegocios*. Estas actividades han permitido la disminución de la barrera del conocimiento en la tecnología FV trayendo como consecuencia la adopción y aceptación de la misma por un número mayor de usuarios y beneficiarios. Así mismo, dichas acciones han propiciado la reducción de los costos de implementación al fomentar la capacitación de los proveedores y propiciar la competencia leal entre ellos.

Por otra parte, el PERA en su componente “Desarrollo del Mercado”, ha contemplado la realización de un estudio de mercado de renovables en el sector rural, que permita estimar la condición actual y potencial de los usos y aplicaciones de la tecnología fotovoltaica en el sector agropecuario, así como su distribución espacial local, regional y nacional, identificando sus perspectivas de crecimiento y las estrategias para su mejor evolución y desarrollo. Así mismo, que integre y compendie los datos e información del padrón de proveedores y fabricantes de estos equipos, para difundir e intercambiar los resultados del estudio, a fin de fortalecer e incentivar la participación de un mayor número de empresas que consoliden el desarrollo de las fuentes de energía renovable.

Como antecedente a esta acción se tiene el conocimiento que durante la implementación del PERM se realizó un estudio de mercado, para la tecnología fotovoltaica, llevado a cabo por la compañía Business Technology Practice KPMG Peat Marwick LLP. Como resultado se estimó que en México hay alrededor de 54,130 Unidades Productivas Agropecuarias, que al no estar electrificadas, fueron consideradas como el Mercado Potencial. Sin embargo los resultados y conclusiones que se vierten han sido considerados como cortos en su perspectiva, debido quizá a que no se identificaron con claridad el universo de los posibles consumidores y en especial su aplicación para impulsar el desarrollo del campo mexicano.



Al analizar otras aplicaciones posibles, en la dirección de coadyuvar al desarrollo del campo con las energías renovables, estimaciones realizadas posteriormente arrojan como resultado que en México hay del orden de 100,000 comunidades rurales que necesitan agua potable y 600,000 ranchos que requieren agua para abreviar ganado o para irrigar la tierra. Lo anterior genera un universo en esas aplicaciones de 700,000 posibles sitios en donde se podría implementar un proyecto de desarrollo social basado en fuentes alternas de energía. Con esos datos no es posible cuantificar el tamaño del mercado de una tecnología dada.

Sin embargo, existen varias interrogantes que no pueden ser contestadas con los resultados de dicho estudio, siendo la más importante la cuantificación de la energía necesaria para que el *agronegocio* sea sustentable.

Por esta razón, en la segunda etapa del estudio de mercado llamada Estudio del Mercado de las Fuentes de Energía Renovable en el Sector Agropecuario se persigue captar, integrar y analizar con mayor profundidad, la información que nos permita conocer y determinar los impactos y aportes del PERA en el crecimiento y expansión del mercado de renovables en el medio rural, con una visión integral de la cadena donde se analicen el desarrollo y evolución de la demanda, oferta, canales de distribución y comercialización y, en particular, su aplicación a agroengocios.

b. Descripción de la tecnología.

El Efecto Fotovoltaico es un fenómeno físico a través del cual ciertos dispositivos fabricados con semiconductores, uniones del tipo P-N, son capaces de absorber la luz del sol y convertirla en electricidad del tipo corriente directa (CD) sin ningún proceso intermedio. A la unidad mínima en donde se realiza dicho fenómeno se le llama “celda solar” o “celda fotovoltaica”, o “generador fotovoltaico”. De hecho, el Efecto Fotovoltaico es la generación de un *voltaje eléctrico* (V, medido en *Volt*) ó fuerza electromotriz o diferencia de potencial eléctrico, en las terminales de la celda solar cuando ésta es sometida a la luz solar.

Funcionamiento básico

Si a las terminales de la celda solar se le conecta un aparato eléctrico cuando está bajo iluminación, por ejemplo, un foco, entonces éste se encenderá poniendo en evidencia que hay una *corriente eléctrica* (I, medida en *Amper*) que circula a través de su filamento, consumiendo una *potencia eléctrica* (P medida en *Watt*) y ejerciendo trabajo (ver Fig. X-1). Esto representa la evidencia física del efecto fotovoltaico.

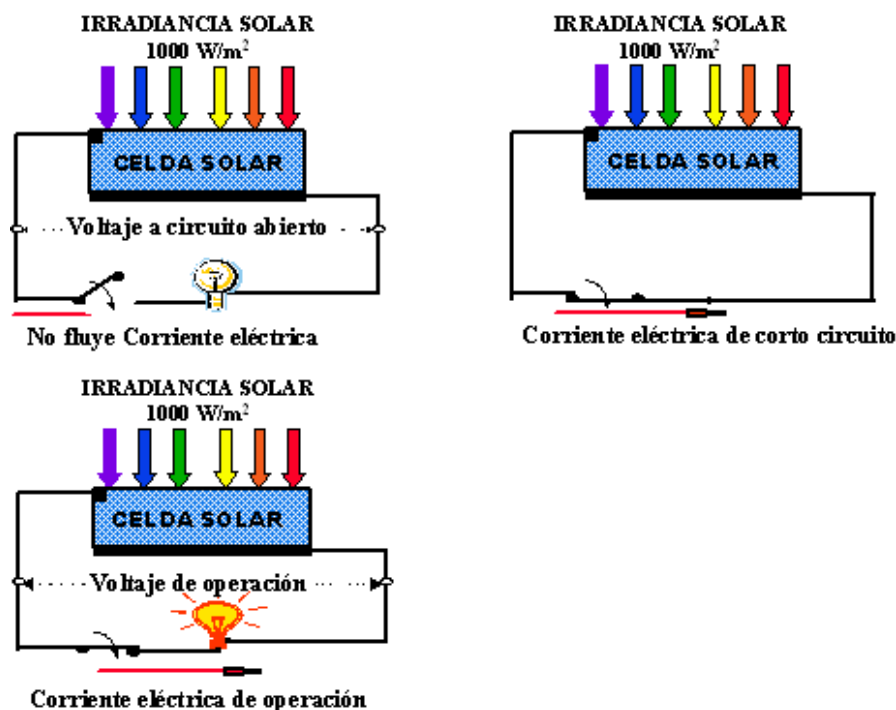


Figura X-1: Representación esquemática de una celda solar conectada a una “resistencia” (foco) a través de un interruptor. Se muestra el concepto de voltaje a circuito abierto, corriente de corto circuito, y el voltaje y la corriente de operación.

Lo anterior significa que 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. Al voltaje máximo que genera la celda solar, el cual se produce cuando no hay ninguna resistencia conectada a sus terminales se le llama voltaje a circuito abierto (V_{CA}). A la corriente máxima que genera la celda, bajo una irradiancia solar constante, la que se obtiene cuando se cortocircuita sus terminales se le llama corriente de corto circuito (I_{CC}).

Estos parámetros eléctricos y la pareja voltaje-corriente de operación de la “resistencia” conectada a sus terminales, (V_{OP} , I_{OP}), cuyo producto proporciona la “potencia de operación”, P_{OP} , son los que definen las características eléctricas de la celda solar. Entre estas características está la eficiencia de conversión, η , término definido como el cociente entre la potencia máxima de salida y la potencia de la radiación luminosa recibida en el área de la celda.

Se ha determinado que el voltaje generado, V , por una celda solar depende del tipo de material con que esta fabricada y que su magnitud disminuye conforme aumenta la temperatura de operación, sin embargo, la magnitud de la corriente generada, I , es directamente proporcional a la irradiancia solar. Debido a estos efectos, los fabricantes de la tecnología fotovoltaica deben reportar las características eléctricas de su producto bajo las condiciones estándares de prueba: irradiancia de 1000 W/m^2 , masa de aire AM1.5 y temperatura de celda a 25°C .

Fabricación

Las celdas solares se fabrican con diferentes semiconductores, entre los cuales, 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, siendo el primero el material usado actualmente para las aplicaciones espaciales.

El rango de las eficiencias de conversión para las celdas solares fabricadas con dichos materiales así como sus características eléctricas se muestra en la Tabla X-1.

Tabla X-1. Eficiencias de conversión y características eléctricas de celdas solares con las mayores eficiencias reportadas al 2003 [2].

MATERIAL	Características eléctricas de las celdas solares con mayores eficiencias reportadas Irradiancia de 1000 W/m ² ; a 25°C			
	V _{CA} (V)	J _{CC} (mA/cm ²)	P _M (mW/cm ²)	η (%)
Silicio monocristalino	0.706	42.2	24.7	24.7
Silicio policristalino	0.654	38.1	19.8	19.8
Silicio amorfo S: simple unión T: Tandem	0.8 (S) hasta 2.375 (T)	7.7 (T) hasta 19.4 (S)	10.4 (S) hasta 13.5 (T)	10.4 (S) hasta 13.5 (T)
Telurio de Cadmio	0.84	25.9	16.5	16.5
Cobre-Indio-Diselenio	0.67	35.7	18.4	18.4
Fosfuro de indio	0.88	29.3	21.9	21.9
Arseniuro de Galio monocristalino	1.02	28.2	25.1	25.1

Ya que la potencia generada por una celda solar es muy pequeña, independientemente del material con que este fabricada, estos dispositivos no son susceptibles de usarse mas que para aplicaciones en donde la potencia requerida es pequeña, como es el caso de relojes, calculadoras, sistemas de control electrónico u otro tipo de aplicación en donde la potencia es menor de 1 W. Sin embargo, debido al tipo de electricidad generada, que es corriente directa, las celdas solares pueden conectarse en serie y en paralelo para construir dispositivos de mayor potencia. La conexión en serie incrementa el voltaje, y la conexión en paralelo incrementa la corriente. El único requerimiento para este tipo de conexiones es que las celdas sean de igual eficiencia con idénticas características eléctricas.

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

Este conjunto de celdas deben estar convenientemente conectadas, de tal forma que reúnan las condiciones óptimas para su integración en sistemas de generación de energía, siendo compatibles con las necesidades y los equipos estándares (aparatos eléctricos o electrodomésticos) existentes en el mercado. La Fig. X-2 muestra un corte transversal de un módulo fotovoltaico. En ella se puede distinguir un vidrio templado diseñado para soportar golpes de granizo del tamaño del puño de una mano, los polímeros protectores que se usan para el encapsulado, las celdas solares, la caja de conexión y el marco metálico, usualmente aluminio, para darle al módulo la rigidez mecánica necesaria para manipularlo e instalarlo en su estructura correspondiente.

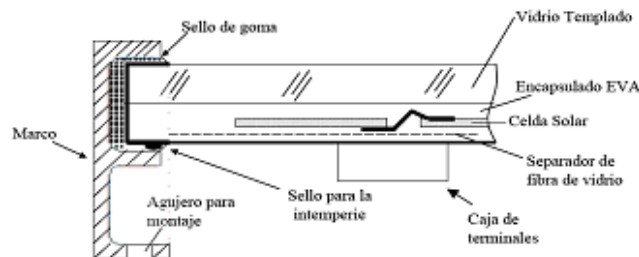


Figura X-2. Corte transversal de un módulo fotovoltaico.

La Fig. X-3 muestra una fotografía de un módulo típico de silicio cristalino y el símbolo que se usa convencionalmente para representar al módulo en un diagrama eléctrico fotovoltaico.

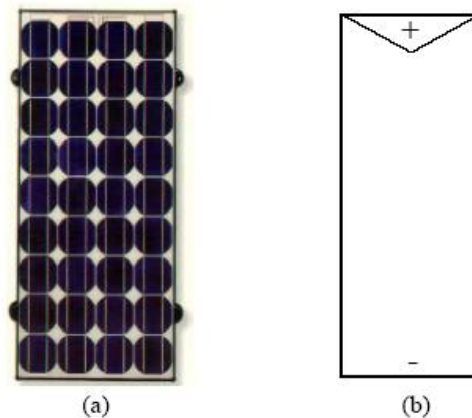


Fig. X-3. En (a) se muestra una fotografía de un módulo típico de silicio cristalino, y en (b) el símbolo convencional que representa a un módulo FV en un diagrama eléctrico.

Eficiencia de conversión

La eficiencia de conversión en un sistema de producción, para éste tipo de celdas, ha llegado a valores de hasta 24.7% [2]; sin embargo, su costo de fabricación es alto. Para reducir éste parámetro que significa una barrera para la aplicación de la tecnología a gran escala, las actividades de investigación y desarrollo han propuesto materiales alternativos cuyos costos de elaboración sean más baratos que aquel para el Si-*mX*. Es así como se han desarrollado y ofertados al mercado



internacional celdas solares de Si-*pX* (policristalino), material cuya elaboración es más económica que los monocristales de silicio, pero con menor eficiencia (19.8% para la mejor celda); y las celdas solares en película delgada como la de unión múltiple de a-Si (silicio amorfo) con eficiencia máxima de 13.5%, las celdas de CdTe (telurio de cadmio), y celdas CIGS (cobre-indio-galio-selenio). Aunque presentan problemas de inestabilidad en el corto tiempo, las celdas solares de a-Si de unión múltiple y las de CdTe se ofertan al mercado con el mismo tiempo de garantía que las celdas de silicio cristalino, compitiendo técnica y económicamente con ellas.

La Potencia Pico

Bajo las condiciones estándares de prueba, el módulo fotovoltaico generará electricidad la que se especifica por el voltaje a circuito abierto y la corriente de corto circuito; y la corriente y el voltaje para la potencia máxima, valores que identificarán al módulo en el mercado bajo el concepto de *potencia pico*. Con este concepto el fabricante vende su producto y se compra a los diferentes distribuidores.

Ya que la potencia generada por una celda solar depende de su eficiencia de conversión, por ejemplo, una celda del 10% de eficiencia con un área hipotética de 100 cm² de área genera 1.0 W cuando sobre ella incide la irradiancia pico (1,000 W/m²), 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 él. Valores típicos de dicha potencia están comprendidos desde unos cuantos Watt hasta 300 W.

Arreglos en módulos

El número de celdas que contienen un módulo FV depende de la aplicación para la que se necesite; siendo más claro, depende del voltaje de operación de la “*carga eléctrica*” a conectar. Así que el fabricante de ésta tecnología debe construir un generador eléctrico tal que el voltaje generado durante las horas sol tenga una magnitud en el rango del voltaje de operación del aparato a electrificar, o sea un múltiplo de dicho rango.

Sin embargo, como ésta 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 sol. Ya que la tecnología mas conocida para almacenar electricidad es la celda electroquímica de plomo-ácido y dentro de ellas, el acumulador tipo automotriz de voltaje nominal de 12 Volt es el más común, los módulos fotovoltaicos se han diseñado para que puedan cargar acumuladores de energía a 12 Volt nominales.

Por esta razón y para el caso de celdas solares de silicio cristalino (monocristal y policristal), es común que los módulos sean contruidos usando 36 celdas conectadas en serie, ó múltiplos de 36, aunque hay sus excepciones. Estos módulos proporcionan un voltaje de salida que sirve para cargar dichos acumuladores más un voltaje extra que sirve para compensar las caídas de tensión en los circuitos eléctricos, en los sistemas de control y manejo de energía y las pérdidas de voltaje debido a la temperatura de operación del módulo. Debido a lo anterior a dichos módulos se les asigna un voltaje nominativo de 12 Volt.

Existen en el mercado otro tipo de módulos que han sido fabricados para aplicaciones que requieren voltajes nominales de 120 Volt. Este es el caso de los módulos de telurio de cadmio cuyo diseño esta satisfaciendo la demanda de módulos de mayor voltaje para aplicaciones acopladas a la red eléctrica convencional. En la Tabla X-2 se muestran las características eléctricas de placa para varios módulos de silicio fabricados por las marcas que se enuncian, incluyendo además un módulo comercial de telurio de cadmio diseñado para sistemas que operan con voltajes que son múltiplos de 60 V nominales.

Tabla X-2. Características eléctricas de algunos módulos fotovoltaicos comerciales de silicio de 12 V nominales bajo condiciones estándares de medición (1000 W/m², AM1.5, 25° C).

Marca	Modelo	Tipo	No. Celdas Serie	V _N (V)	P _P (W)	V _{CA} (V)	I _{CC} (A)	V _M (V)	I _M (A)
SHELL	SM110	<i>mX</i>	72	12/24	110	21.7/43.5	6.9/3.45	17.5/35	6.3/3.15
BP SOLAR	BP275F	<i>mX</i>	36	12	75	21.4	4.75	17	4.45
KYOCERA	KC60	<i>pX</i>	36	12	60	21.5	3.73	16.9	3.55
UNISOLAR	US64	<i>a-Si</i>	11	12	64	23.8	2.4	16.5	1.94
FIRST SOLAR	FS-50	<i>CdTe</i>	116	60	50	89.5	0.98	60.5	0.75
PHOTOWATT	PWX75	<i>pX</i>	36	12	80	21.9	5.0	17.3	4.6
ASTROPOWER	AP120	<i>mX</i>	36	12	120	21.0	7.7	16.9	7.1
ASE	ASE-100	<i>pX</i>	72	24	92.0	41.6	3.0	34.0	2.7

mX: monocristal; *pX* policristal; *a-Si* silicio amorfo

Todos los módulos que se están comercializando se pueden acoplar en sistemas de mayor potencia al construir estructuras serie y paralelo. Conexión en serie incrementa el voltaje. A la estructura obtenida al interconectar módulos en serie se le suele llamar *panel fotovoltaico*. La conexión en paralelo de módulos individuales o de paneles incrementa la corriente de salida. A las estructuras así formadas se les suele llamar *arreglos fotovoltaicos*. La Fig. X-4 muestra el diagrama típico de conexión serie y paralelo de módulos FV's acoplados a sistemas con baterías de 12 Volt.

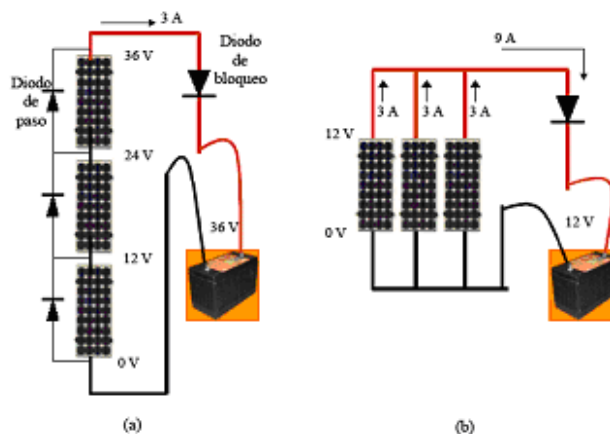


Figura X-4. En (a) se muestra la conexión serie, indicando el voltaje resultante; y en (b) la conexión en paralelo indicando la suma de corriente.

La energía generada por un módulo, panel ó arreglo FV no sólo depende de la potencia del módulo individual, si no también de la cantidad de radiación solar disponible en el sitio así como de factores

geográficos y de orientación. Para dar una idea de la cantidad de energía que pueda generar un módulo, supóngase que se tiene una carga que se acoplará al módulo en su punto de máxima potencia. Como el módulo estará expuesto al Sol, su potencia se verá reducida debido al calentamiento. Al considerar éste valor, la energía generada por el módulo se obtiene mediante el producto del recurso solar, expresado en horas pico, por la potencia del módulo cuando éste está caliente. En la Tabla X-3 se muestran los valores de energía máxima que proporcionarían los módulos considerados si es que se tiene el recurso solar dado.

Tabla X-3. Energía generada, expresada en W-hr, por módulos comerciales de silicio cristalino en función del recurso solar, en el punto de máxima potencia

		RECURSO SOLAR (HORAS-PICO)				
		Promedio diario				
Potencia Pico a 25°C (W)	Potencia Pico a 49°C (W)	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Anual
		4.7	4.3	4.0	4.2	4.3
		ENERGÍA GENERADA (W-hr)				
50	45	211.5	193.5	180.0	189.0	193.5
60	54	253.8	232.2	216.0	226.8	232.2
75	67.5	317.25	290.25	270.0	283.5	290.25
100	90	423.0	387.0	360.0	378.0	387.0

De esta Tabla se puede observar que un mismo módulo genera valores diferentes de energía debido a valores diferentes del recurso solar, lo que habrá que considerar cuando se pretenda estimar el tamaño del arreglo FV para satisfacer una demanda específica de energía.

Sistemas fotovoltaicos

La conexión de un arreglo FV a una carga eléctrica a través del cableado y sistemas de acondicionamiento de energía constituye lo que se conoce con el nombre de *sistema fotovoltaico*. Dependiendo del tipo de carga eléctrica a energizar y del patrón de uso de la misma, los sistemas FV's se pueden clasificar en dos diferentes arquitecturas: *acoplamiento sin almacenamiento eléctrico* y *acoplamiento con almacenamiento eléctrico*.

Dentro de los sistemas sin almacenamiento están aquellos cuyas "cargas eléctricas" no requieren de una potencia constante para operar y cuyo funcionamiento solo sea necesario durante las horas de sol. A esta arquitectura pertenece los sistemas de *acoplamiento directo*, los cuales son los más simples de los sistemas FV's. Con el objeto de extraer la máxima potencia del arreglo FV es necesario el uso de un dispositivo electrónico, acoplado en paralelo tanto como con el arreglo FV y con la "carga eléctrica", conocido con el nombre de *seguidor de máxima potencia*.

Las "cargas eléctricas" a conectar pueden ser tanto en corriente directa como en corriente alterna, sin embargo, para este tipo de "cargas" es necesario el uso de un *acondicionador de energía*, llamado *inversor*, que transforme la corriente directa en corriente alterna. Un diagrama esquemático de tal acoplamiento se muestra en la Fig. X-5. Bajo esta condición, si hay sol, hay generación de electricidad y el equipo funcionará. Si no hay sol, el equipo no trabajará; es decir, la "carga" no

operará en las noches. En el caso de días nublados, la carga operará con baja potencia. Esta es la configuración más simple de un *sistema fotovoltaico*.

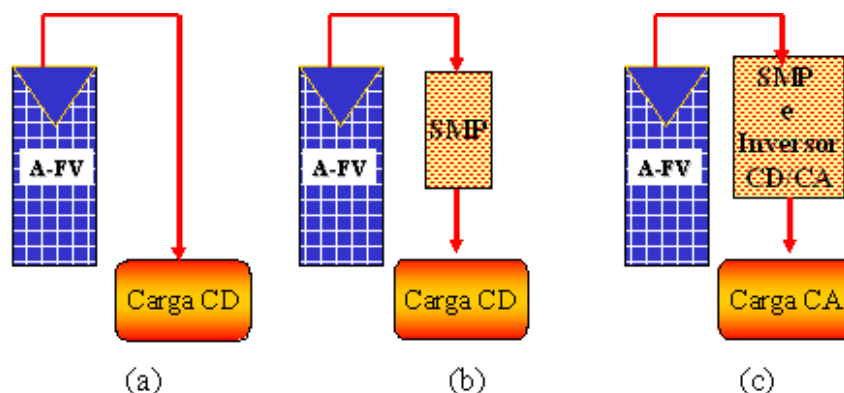


Figura X-5. Diagrama esquemático de un sistema FV sin almacenamiento. En (a) se muestra el acoplamiento directo puro. En (b) se contempla el uso de un Seguidor de Máxima Potencia (SMP) para mejorar el rendimiento energético del sistema FV. En (c) se muestra una carga eléctrica en CA acoplada al inversor CD-CA. Cuando exista más de una “carga eléctrica” a energizar se sugiere el uso de distribuidores de electricidad.

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 que puedan funcionar a cualquier hora del día. Las “cargas” a energizar pueden ser de corriente directa o de corriente 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.

Sin embargo, en el mercado hay disponibles otras tecnologías de almacenamiento de energía mediante reacciones electroquímicas, como lo son los acumuladores de níquel-cadmio y los de hidruro metálico, que se pueden acoplar con la tecnología FV existente para el almacenamiento de la electricidad, soportan más de 2000 ciclos de descarga profunda, pero su costo es muy elevado, comparado con las de plomo-ácido, para aplicaciones rurales domésticas o de agronegocios.

En los sistemas de almacenamiento de electricidad se requiere de un dispositivo electrónico que vigile el estado de carga de la batería para que ésta no se deteriore durante el proceso de carga y descarga. A dicho aparato se le conoce con el nombre de *controlador de carga*. La Fig. X-6 muestra el diagrama esquemático de un sistema FV con almacenamiento de energía.

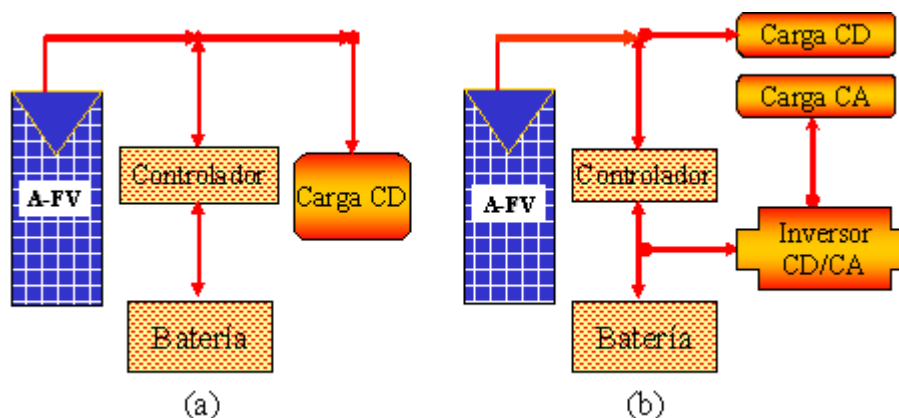


Figura X-6. Sistema FV con almacenamiento de energía. Cuando exista más de una “carga eléctrica” a energizar se sugiere el uso de distribuidores de electricidad.

Por otra parte, si en la localidad en donde se instalará dicha tecnología existe otro tipo de fuente de energía que pueda usarse en conjunto con la tecnología FV, entonces es posible diseñar sistemas combinados que generen la electricidad requerida por las “cargas eléctricas”. A este tipo de sistemas se les conoce con el nombre de *sistemas híbridos*, pudiendo ser una combinación de un motogenerador convencional, un generador eólico, he inclusive un generador microhidráulico.

Conexión a la red eléctrica

Si además existe la posibilidad de tener acceso a la red eléctrica convencional, puede ser que un sistema interactuando con el sistema de distribución nacional sea una alternativa energética óptima para energizar un conjunto de “cargas eléctricas”. En la Fig. X-7 se muestra un diagrama esquemático de las dos posibles aplicaciones acopladas a la red eléctrica convencional.

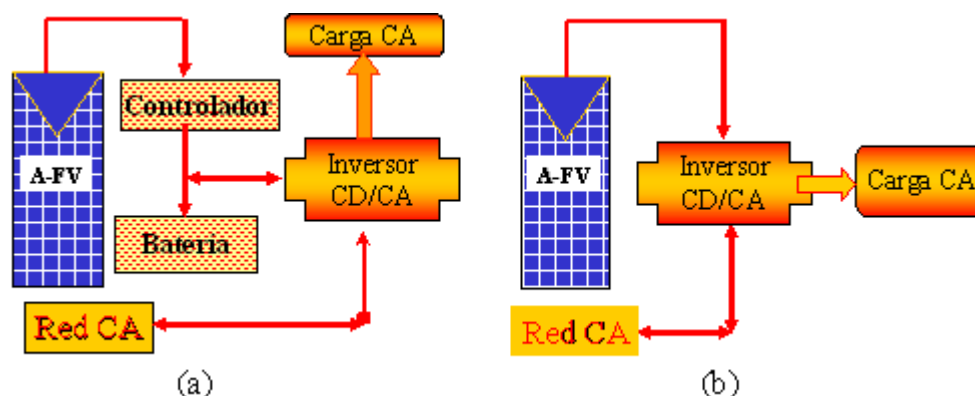


Figura X-7. Diagrama esquemático que muestra la arquitectura de un sistema FV interactuando con la red. En (a) el sistema FV entra en operación para satisfacer la demanda de la carga eléctrica en las horas pico de la red. En (b) se tiene la interacción pura con la red: si hay exceso de generación FV, la energía se envía a la red, y en caso contrario, la red proporciona la energía.

Excluyendo a los sistemas híbridos que no usan la red convencional, las arquitecturas mostradas en las figuras X-5, X-6 y X-7, presentan todas las posibles configuraciones de sistemas fotovoltaicos. En ellas podemos distinguir los elementos necesarios para la generación de electricidad, acondicionamiento, almacenamiento y suministro de electricidad a las cargas eléctricas a energizar.

Una de las bondades de los sistemas fotovoltaicos es que estos se dimensionan o se estiman al tamaño de las necesidades energéticas del proyecto a electrificar ya que dicho procedimiento se realiza bajo el concepto del balance energético; es decir, energía generada igual a la energía consumida. Debido a que la tecnología es modular, el incremento de potencia pico se puede hacer en la misma manera en que el proyecto aumente sus necesidades de electricidad. Por esta razón, los sistemas FV son generadores de electricidad que tienen el mayor rendimiento comparado con cualquier generador de potencia eléctrica convencional.

c. Mercado actual.

La tecnología actual de los generadores fotovoltaicos, ofertadas por los fabricantes y existentes en el mercado, esta principalmente basada en las celdas solares de silicio monocristalino (Si-mX), en buena medida porque la tecnología de elaboración de éste semiconductor es muy conocida, considerándose una tecnología madura y confiable. Las celdas solares y módulos fotovoltaicos elaborados con dicho material han mostrado tener alta estabilidad en el tiempo lo que implica una tecnología de larga vida (mayor de 20 años).

Por otra parte y como todo producto comercial, el precio de la tecnología esta influenciado por el costo total de fabricación y el comportamiento del mercado (oferta y demanda). El fabricante costea su producto en términos de la *unidad de producción*, que en este caso son los *metros cuadrados* que puede producir la fábrica en un tiempo dado, tomando en consideración el precio unitario de los insumos necesarios para producir esa unidad. Sin embargo, cuando el fabricante oferta su producto al mercado lo hace usando como unidad de venta la *potencia pico* que genera el producto. De esta manera resulta ser que en un módulo de potencia pequeña, el precio por Watt es más grande que para un módulo de mayor potencia.

Por otra parte, también se establece la viabilidad económica o rentabilidad de estos sistemas aplicados en cualquier proyecto por el costo por *unidad de energía generada* en el tiempo de garantía del producto, es decir el *costo por kWh*. Ante esta triple interpretación, los analistas que estudian el comportamiento de precios con respecto al tiempo de la tecnología FV lo hacen usando la unidad de potencia pico.

Así, el precio por Watt de los módulos FV ha venido decreciendo paulatinamente desde principios de los años 80's con un valor promedio de US\$20.00/W hasta US\$3.90/W en el año 2003 (precio al distribuidor). Sin embargo, el incremento de la *demand mundial* mostrada a partir del año 2004, gracias al fomento del uso de esta tecnología en el ámbito urbano en países como Japón, Alemania, Francia y USA, para aplicaciones interactuando con la red convencional, ha traído como consecuencia un incremento en el precio por Watt.

Para el caso de las celdas solares basadas en silicio cristalino, el incremento en el precio por Watt esta sustentado en el hecho de que a nivel mundial, la demanda del material base para la tecnología FV, el polisilicio—que es el mismo usado para los circuitos integrados (CI)—ha crecido



considerablemente gracias al avance tecnológico en su uso para computadoras y otros dispositivos electrónicos, y a los programas de fomento del uso de la tecnología FV para generar electricidad.

Al aumentar la demanda del polisilicio con ventas programadas para la industria de los CI, los fabricantes de celdas solares se han visto en la necesidad de comprar silicio grado semiconductor, que es más caro que el polisilicio, para garantizar la demanda del producto. Esto explica parcialmente el incremento de precios en los últimos dos años.

La oferta en el mundo.

Es interesante considerar que al año 2005, sólo había a nivel mundial 10 empresas que producen polisilicio, a una tasa de 30,200 toneladas métricas (T) al año. De esa cantidad, aproximadamente las dos terceras partes (20,000 T) se usan en los circuitos integrados, y el resto se usa en la tecnología de celdas solares.

Por otra parte, en el 2004 y usando material en bodega, con 21,150 T de polisilicio se fabricaron 1,256 MW de celdas solares, de los cuales, 1,142 fueron de celdas monocristalinas y el resto policristalinas. En ese mismo año se produjo también 114 MW de celdas solares usando otros materiales [5]. Las cifras anteriores representan un incremento del 60% con respecto a la producción del 2003 y se centró principalmente en países como Japón (50%), Europa (27%), USA (13%), y el resto en otros países.

Las predicciones sobre el mercado del polisilicio establecen que, para el 2006, se fabricarán 2,001 MW de celdas solares, y con esta expectativa, ya que en el 2005 se instalaron 1,460 MW a nivel mundial es de esperarse que a fines del 2006 haya mas oferta que demanda, y como consecuencia, puede haber una tendencia de reducción de precios. Además, se predice, con base en el crecimiento anunciado por las compañías productoras de silicio que para el 2010, que se estará en disposición de colocar al mercado 58,800 T de material, de las cuales el 53% estarán destinadas para la elaboración de celdas solares a una tasa esperada de 4,720 MW.

La demanda en México.

En el caso de México, la tendencia de la potencia pico importada en años anteriores al 2005 puede usarse para pronosticar cual sería la demanda en un futuro próximo si es que se mantienen los factores que han detonado el uso de dicha tecnología en los diferentes rubros de aplicación.

Para años previos a 1992, la información analizada indica que desde 1980 a 1992 se instalaron sistemas FV para diferentes aplicaciones acumulando hasta 1991 una potencia pico instalada aproximadamente de 3.7 MW [6]. El programa social que detonó inicialmente el uso de la tecnología FV en el ámbito rural de manera masiva fue el de PRONASOL 1988-1994. Bajo este programa se instaló del orden de 1.5 MW-pico de paneles solares. En ese mismo periodo, la compañía telefónica de México, TELMEX, lanzó su programa de telefonía rural energizando tanto sus repetidoras como el servicio al público con tecnología FV. Bajo este programa se instalaron del orden de 1.3 MW-pico.

Ahora bien, no es sencillo cuantificar la potencia pico instalada a la fecha, sin embargo se puede establecer un criterio que nos arroje un resultado que pueda ser representativo de dicha magnitud.

Para esto, se buscó información de la cantidad de módulos importados legalmente en el país en los periodos de estudio. La Fig. X-8 muestra la tendencia de los datos obtenidos en términos de cada año. Estos datos han sido obtenidos de la Secretaría de Economía desde 1992 al 2004. Se argumenta que el comportamiento del producto instalado debe seguir la tendencia mostrada en la Fig. IX-9. En la figura se observa que el comportamiento de la adquisición de producto que debería ser el instalado fluctúa alrededor de 1 MW. Se nota la disminución en la importación en el año 1995 debido al colapso económico. Sin embargo, al siguiente año hay un repunte a valores equivalentes al año de 1994.

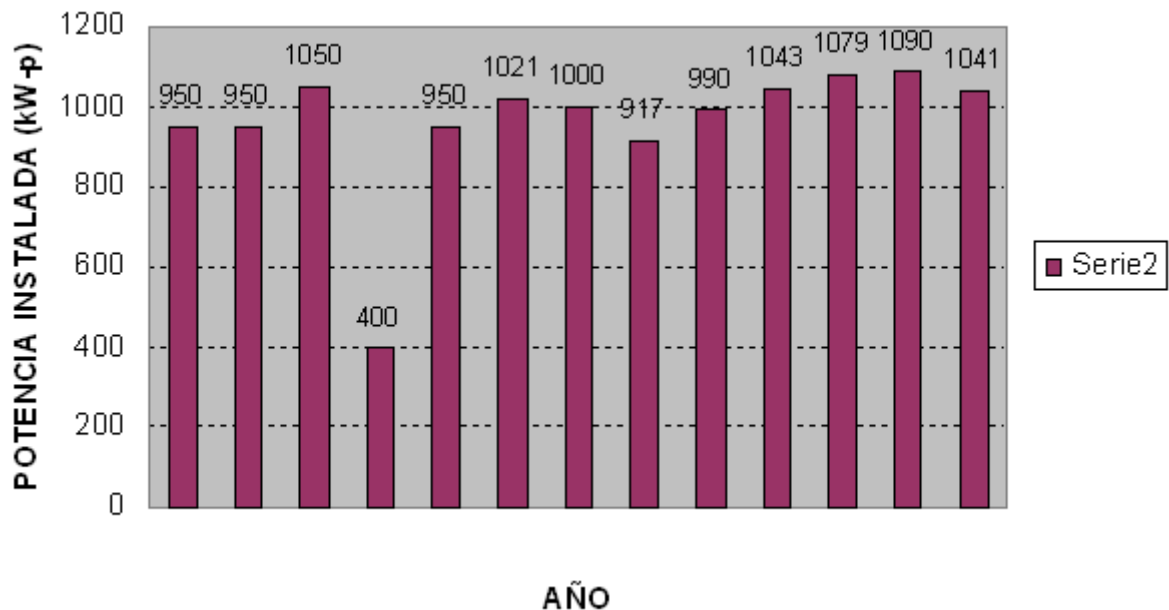


Fig. X-8. Comportamiento de la demanda y/o mercado FV en México. Datos obtenidos del volumen de importación del producto en el periodo que se indica.

Exceptuando al año 1995, la tendencia indica que la demanda en los próximos años debe situarse alrededor de 1 MW. Sin embargo, si hubiera un programa social adicional que fomente el uso de la tecnología y que proporcione incentivos fiscales junto con créditos blandos, se obtendría el mismo fenómeno que esta sucediendo en Europa en donde los programas de “casas solares” interactuando con la red son ya muy comunes.

La oferta en México

La cantidad anterior es ofertada en México a través de un grupo creciente de vendedores y distribuidores de tecnologías de energía renovable, cuya consolidación ha sido fomentada por dos programas sociales: el Programa de Energías Renovables para México (1994-2000) y el Programa de Energías Renovables para la Agricultura. Su distribución geográfica así como su área de influencia y otros datos adicionales aparece en el Anexo de Proveedores.

Actualmente, el precio promedio por Watt, para venta al público al menudeo, de módulos con potencia pico superiores a 60 W ofertado a nivel mundial se muestra en la Tabla X-4. Estos precios no incluyen el impuesto al valor agregado que asigna cada país en el proceso de comercialización.

Tabla X-4. Precio promedio para venta al público de la tecnología fotovoltaica ofertada al menudeo en el mercado internacional, en unidades de usd\$ por Watt-pico.

PAÍS	USD\$/W PICO
Alemania	5.45
España	5.60
Japón	5.35
USA	5.20
México	6.90

Es claro que para un país dado, los precios al menudeo ofertados por un distribuidor tienden a variar de región a región, dependiendo de las rutas de proveeduría que tenga el vendedor y de su volumen de compra, respecto del distribuidor mayorista. Para el caso de México, el precio por Watt fluctúa entre los US\$6.10 hasta US\$8.50. La discrepancia es debida sobre todo a los costos asociados en las líneas de proveeduría del vendedor analizado y del volumen de venta. Sin embargo, para fines indicativos se puede considerar un precio aproximado de 6.50 US\$/Watt, el cual ha sido corroborado con algunos proveedores nacionales de módulos fotovoltaicos (Plantas Solares SA de CV, Solartronic SA de CV, Cryplant, e Inelecsa). Sin embargo, hay que tener presente que este precio depende fuertemente del comportamiento de la oferta y la demanda. Con el grupo de proveedores mexicanos y con el precio por Watt antes mencionado, se puede cubrir la demanda de la tecnología en los próximos años.

Con el grupo de proveedores mencionados anteriormente y con los precios por Watt antes mencionados, se pretende cubrir la demanda de la tecnología en los próximos años.

d. Aplicaciones en agronegocios.

Las posibilidades de aplicación de la tecnología fotovoltaica en actividades productivas que pueden establecerse como un agronegocio son muchas. Para este estudio se enumeran algunas, dejando en claro que no son las únicas actividades que se pueden implementar, si no que son una muestra de lo que se puede energizar para tener una idea de la potencia pico requerida y los montos de inversión.

Refrigeración de leche

Una actividad productiva asociada a la ganadería es la ordeña y la conservación de la leche mediante refrigeración. La leche refrigerada se puede comercializar a mayor precio que la que no esta. Los clientes potenciales son el público en general y las compañías recolectoras del producto. Los ganaderos que proveen la leche pueden ser pequeños productores cuya capacidad de producción de leche por día no superan los 50 litros por ordeña. Un tanque comercial de 500 litros puede ser usado hasta por 5 productores con esa capacidad de producción. Estando el tanque a su máxima capacidad, el sistema de refrigeración consume una energía promedio diario aproximado de 6.0 kW-hr con temperatura ambiente máxima de 32°C (primavera) [9]. Con un recurso solar promedio diario de 5.4 kW-hr/m² para esa temporada se requiere una potencia pico de paneles FV de 1.45 kW. La arquitectura del sistema puede ser la mostrada en la Fig. 7-a si el motor es de CD.



Considerando un precio promedio de usd 7.00 /W para el arreglo FV, para el banco de baterías un precio de usd [\\$2.00/A-hr@12VCD](#), usd\$1,500 para el controlador, cableado y sistemas de protección, el sistema instalado puede llegar a costar a razón de usd\$12.00/W-pico.

Ordeña de vacas

Una ordeñadora típica con un motor de 1 HP puede ordeñar 12 vacas en una hora. Con un 75% de eficiencia, trabajando a 120 VCA nominales, consumirá una corriente aproximada de 8.3 A. Si su tiempo de uso promedio diario es de 3 hrs, se requerirá de 2.98 kWh al día de energía. Ya que el motor trabajará a cualquier hora del día con un voltaje constante, la arquitectura óptima del arreglo FV debe ser la mostrada en la Fig. 8(a) sin la red convencional. Para un recurso típico promedio diario anual de 5.0 kWh/m², con un banco de baterías de plomo-ácido, el arreglo FV que suministrará la energía requerida debe tener una potencia pico de 750 W. Considerando un costo promedio de US\$ 7.00 /W para el arreglo FV, US\$ 1.00/W para el inversor, [US\\$2.00/A-hr@12VCD](#), US\$1,500 para el controlador, cableado y sistemas de protección, el sistema instalado puede llegar a costar a razón de usd\$15.00/W-pico.

Invernaderos

En este caso se requiere energía para presurizar las líneas de riego tecnificado y/o para homogenizar la temperatura interna del mismo. En el caso de un invernadero de 1,000 m², con gastos típicos de agua no mayores a 1250 litros por día, se requiere de una bomba de diafragma de 75W si es que la fuente de agua es un contenedor sobre la superficie del terreno. El costo de este sistema de bombeo incluyendo el soporte y poste, una batería de 100 A-hr, un controlador, un módulo de 60 W-pico, cables e instalación cuesta aproximadamente US\$12.00W-pico.

Para homogeneizar la temperatura dentro de la nave es necesario el uso de un ventilador que opere a 12 V CD nominales a cualquier hora del día. Para un motor de 75 W con tiempos de operación del orden de 4 horas al día, usando una batería de 100 A-hr con un controlador de carga, el sistema puede tener un precio de US\$12.00 por Watt incluyendo la mano de obra por instalación.

Refrigeración de productos perecederos

La necesidad de conservar los productos provenientes de actividades de acuicultura, como son los pescados, camarones, y langostinos, los cuales necesitan refrigeración y congelación para mantenerlos comestibles para su posterior venta, requieren de sistemas de refrigeración. Existe en el mercado un refrigerador/congelador de 105 litros de capacidad que opera a 12V CD con consumos típicos promedio diario de 440 W-hr. Con una potencia pico instalada de 110 W a 12 V CD el sistema de refrigeración producirá frío con temperaturas del orden de -2°C, suficientes para conservar los productos. El costo del sistema FV que incluye dos módulos de 55 o 60 W-pico a un precio de US\$7.00/Watt, el poste soporte, un seguidor de máxima potencia, cableado e instalación suele ser del orden de US\$10.00 por Watt-pico del sistema más el costo del refrigerador/congelador.



e. Evaluación económica.

En el entorno de aplicación de la tecnología FV en proyectos productivos agropecuarios, en donde el costo de la energía requiere de inversiones iniciales grandes, es necesario analizar si el proyecto es económicamente rentable. Para realizar esto es necesario llevar a cabo un proceso de comparación con los sistemas convencionales de generación de energía y usar cualquiera de los modelos económicos que permitan concluir si el proyecto es o no rentable. La idea es establecer el máximo periodo de recuperación aceptable. Generalmente se considera que un proyecto es económicamente atractivo si se obtiene la recuperación del capital invertido en un periodo máximo de 3 a 6 años, de lo contrario el proyecto no es económicamente atractivo. Independientemente del método elegido, es necesario conocer cuales son los costos involucrados en el proyecto basados en los precios unitarios de los componentes que lo forman.

Los precios de los módulos fotovoltaicos.

Para el caso de la tecnología fotovoltaica hay varios factores que afectan los precios de la tecnología así como del equipo periférico necesario para su operación y funcionamiento. En la Fig. X-9 se muestra una distribución de los factores que afectan el precio final de venta de un sistema FV. El enunciar estos factores no significa que sean los únicos, sin embargo son los que se han considerado de mayor relevancia.

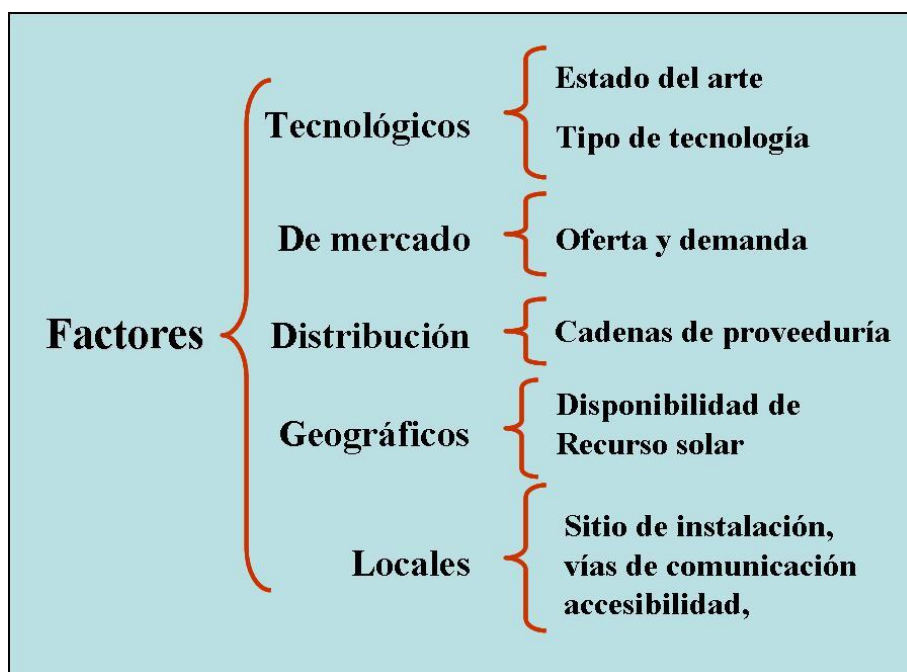


Figura X-9. Factores que determinan el precio final en un sistema fotovoltaico

Como se puede observar, hay factores del tipo tecnológico, de mercado, de distribución, geográficos y locales. Dentro de estos, los tres primeros afectan directamente el precio por Watt de la tecnología.

En la Tabla X-5 se anota un valor para el precio al menudeo de ciertos módulos fotovoltaicos ofertados por distribuidores de la tecnología en USA localizados en la frontera con México, que es indicativo para México más sin embargo no es absoluto. Los precios están ordenados en forma ascendente con respecto a la potencia que produce el módulo.

Tabla X-5. Precios para algunos módulos FV's obtenidos de distribuidores en USA a lo largo de la frontera con México.

Fabricante	Tecnología	Modelo	Potencia [Watts]	Precio (2005) (usd)	Precio por Watt (usd)	Área (m ²)	Precio W/m ² (usd)
Shell-Solarex	Silicio Poli	SA-2	2.2	\$47.00	\$21.36		
Unisolar	Silicio amorfo	US-5	5.25	\$53.00	\$10.60	0.105	\$504.7
BP solar	Película delgada	ST-10	10	\$104.00	\$10.40	0.128	\$812.5
BP solar	Silicio Mono	SM-20	20	\$219.00	\$10.95	0.186	\$1177.4
Unisolar	Silicio amorfo	US-32	32	\$185.00	\$5.78	0.527	\$351
Kyocera	Silicio Poli	KC-35	35	\$200.00	\$5.71	0.307	\$651.4
Shell-Solarex	Silicio Poli	SX-50M	50	\$305.00	\$6.10	0.514	\$593.3
Kyocera	Silicio Poli	LA-51	51	\$268.00	\$5.25	0.438	\$611.8
BP solar	Silicio Mono	SM 55	55	\$319.00	\$5.80	0.425	\$705.5
Unisolar	Silicio amorfo	US-64	64	\$298.00	\$4.66	1.01	\$295
BP solar	Silicio Mono	BP75	75	\$375.00	\$5.00	0.646	\$580.4
Shell-Solarex	Silicio Poli	MSX83	83	\$479.00	\$5.77	0.732	\$654.3
BP solar	Silicio Mono	SR100	100	\$485.00	\$4.85	0.89	\$544.9
Shell-Solarex	Silicio Poli	MSX120	120	\$619.00	\$4.99	1.098	\$563.7
Kyocera	Silicio Poli	KC120	120	\$585.00	\$4.88	0.929	\$629.7

La Tabla muestra discrepancias en el precio por Watt. Esto es debido a los costos involucrados en el proceso de fabricación, el tipo de tecnología del fabricante y su volumen de producción. Por ejemplo, se aprecia una gran diferencia en el precio por Watt entre los módulos de menos de 30 W de potencia (los mostrados en los 4 primeros renglones) con los de mas de 30 W. Esto se explica, probablemente, a dos causas principales, una relacionada al tamaño del módulo y otra al proceso de fabricación.

La relacionada con el tamaño del módulo ocurre en función de que, a menor tamaño, mayor desperdicio de los materiales de encapsulamiento. La relacionada al proceso de fabricación, porque son fabricados a baja escala, en muchos casos fuera de la línea de producción y manualmente, como sucede para los de menos de 10 W.



Se puede observar también que para potencias mayores hay ligeras diferencias en el precio por Watt en términos de la potencia y de la tecnología. Por ejemplo, la tecnología de silicio amorfo tiene un precio menor que la del silicio policristalino, debido a que la celda es fabricada con películas delgadas y con costos de producción menores. Sin embargo esta diferencia es marginal, dado que los módulos de silicio cristalino mayores de 100 W tienen un precio promedio cercano al del silicio amorfo de 64 W.

Por lo mismo, es claro que los módulos más baratos por unidad de potencia son aquellos con mayor potencia, y en consecuencia, se recomendaría el uso de ese tipo de módulos para cualquier proyecto de electrificación.

El efecto de los costos de importación.

Como no hay fabricantes de celdas solares en México, los proveedores deben comprarlos en el extranjero e importarlos. Debido a los costos asociados a la cadena de proveeduría y al pago de los impuestos aduanales, un módulo de 100 W-pico que se puede comprar en la frontera a una tasa de 4.85 US\$/ Watt puede tener un precio en el D.F. de 7.00 US\$/Watt. Sin embargo, es conocido que comprando por volumen es posible obtener mejores precios; o bien, si hay oferta por parte de los distribuidores internacionales, los precios tienden a disminuir. En caso contrario, si hay demanda del producto, fenómeno que ha estado pasando en el 2005 y 2006, los precios ofertados tienden a subir. En el año 2005, los precios ofertados por los proveedores de módulos fotovoltaicos para el PERA tuvieron un valor promedio de 6.80 US\$/W, independientemente de la marca y tecnología (base de datos del FIRCO). Actualmente hay proveedores nacionales que están comercializando el producto fotovoltaico con un precio promedio de 6.50 US\$/W para módulos de potencias mayores de 80W.

Los costos de los sistemas.

Aunque un sistema fotovoltaico está integrado por partes y componentes cuyo precio se tasa por unidades diferentes, es conveniente expresar el costo final del sistema, incluyendo la mano de obra y los costos derivados de las garantías y servicios post-venta, en unidades que sirvan para comparar diferentes tecnologías con la fotovoltaica. Por convención se ha decidido que el precio de un sistema fotovoltaico sea expresado en términos de la potencia pico instalada. Así que el precio de un sistema que tiene instalado una potencia pico dada se expresa en unidades monetarias por unidad de potencia pico instalada, independientemente de la energía que genere.

Si se pretende estimar el costo de un sistema fotovoltaico para su uso o electrificación de *agronegocios*, lo que habrá que estimar es el costo unitario de cada una de las partes y componentes del sistema, incluyendo la mano de obra por instalación. Debe quedar claro que dichos costos unitarios no serán absolutos y variarán dependiendo de la oferta y la demanda, y sobre todo de los factores de proveeduría, variando de Estado en Estado y de proveedor a proveedor.

Otros factores que afectan el costo del sistema.

Es importante considerar que aunque se puede establecer un precio promedio por Watt para la tecnología, los factores que afectarán el costo del sistema estarán involucrados con la disponibilidad del recurso solar, el acondicionador de energía, el tipo de estructura, la propia carga eléctrica y la



accesibilidad del sitio de instalación o factores locales que impactan en el costo de la instalación, y en consecuencia, en el precio final del sistema FV. Una potencia pico instalada generará más energía en sitios con mayor recurso solar, en consecuencia el costo de la energía será más barato. O el otro punto de vista, para un mismo valor de energía ha generar, los sistemas instalados en sitios con recurso solar menor de 4.5 kWh/m^2 requerirán ser más grandes (y por lo tanto más caros) que aquellos instalados en localidades con recurso solar mayor de 5.5 kWh/m^2 .

Los costos por aplicación.

En la Tabla 8 se muestra el costo por Watt hipotético para varias aplicaciones para los *agronegocios*. Para llegar a dichos valores se estimó que los costos unitarios correspondientes a banco de baterías, sistemas de acondicionamiento de energía (controlador de carga e inversor), cables, sistemas de protección, estructura fija (sin seguimiento solar), y mano de obra por instalación, impactan en el costo final del sistema a una razón promedio del 235% del precio del arreglo fotovoltaico.

Dicha aproximación se obtuvo de la información provista por un conjunto de proveedores asociados en la AMPER (Asociación Mexicana de Proveedores de Energías Renovables, AC) dada sus experiencias en la venta de sistemas fotovoltaicos durante los últimos dos años. Los valores expresados en esta Tabla se obtuvieron considerando un recurso solar promedio diario de 5.0 kWh/m^2 , un precio promedio para la tecnología fotovoltaica de $6.50 \text{ US\$/Watt}$ (independiente de la marca o tecnología), un precio de $1.50 \text{ US\$/A-hr}$ para el sistema de almacenamiento y $1.0 \text{ US\$/Watt}$ para inversores en el rango de 1000-4000 W .

Por lo mismo, el factor del 235% sobre el precio del arreglo FV proporciona un costo promedio de $15.27 \text{ US\$/Watt}$ para el sistema fotovoltaico, valor que puede usarse para estimar las inversiones globales que habrá que hacerse para la implementación de dichos proyectos. Es importante aclarar que este porcentaje no es una “regla de dedo”, si no que es, como se afirmó, una estimación hipotética que permitirá dar una aproximación al mercado de la tecnología



Tabla X-6. Costos involucrados de sistemas FV en algunos proyectos para agronegocios.

Agronegocio	Parámetro	Potencia Equipo (Watt)	Energía diaria (kWh)	Potencia Pico promedio (Watt)	Arreglo FV (US\$)	Baterías (A-hr) @12V D	Inversión total US\$
Refrigeración de leche	Hasta 500 litros	1000	6.0	1,500	9,750	3000	22,912
Ordeña	18 vacas por turno	1000	3.0	750	4,875	1500	11,456
Invernaderos 1000 m ²	Riego por goteo, 1250 litros/día	75	0.30	80	520	150	1,222
Refrigeración de productos perecederos	Hasta 100 litros	50	0.45	260	1,690	230	3,971
Incubadora de huevos	Hasta 60 huevos	30	0.30	80	520	150	1,222
Iluminación en zonas de trabajo para procesamiento de alimentos	20 m ²	60	0.18	60	390	100	916

Desde un punto de vista en particular y con base a las experiencias de los socios de la AMPER, el costo de un sistema fotovoltaico puede reducirse si las empresas tienden a tener una cadena de proveeduría eficiente con representación local, desde el distribuidor mayorista hasta el usuario final. Es claro que una cadena de proveeduría eficiente con representación local trae como consecuencia una reducción de los costos involucrados en dicho proceso, y en consecuencia, menores precios de los productos y una respuesta breve en caso de suministro por reposición de productos o falla de los mismos.

Análisis económico por Valor Presente Neto.

Ya que se ha identificado los factores que afectan el costo en los sistemas fotovoltaicos, que impactan en la unidad de medición, costo por Watt, ahora deberá establecerse los mecanismos de análisis económico para determinar la rentabilidad de un proyecto. Para tal efecto, debe tenerse el marco de referencia de comparación el cual generalmente corresponde a una tecnología de generación convencional que es la que representan los motogeneradores.

Para fines comparativos con los costos de la electricidad que puede llegar de la red eléctrica convencional, el análisis de rentabilidad se hace en términos de la energía generada en el tiempo de garantía del producto.

Una actividad que se suele realizar para los sistemas de bombeo FV es analizar el costo de vida útil del equipo mediante el modelo del Valor Presente Neto y compararlo con el obtenido para una tecnología convencional, como es el caso de un motogenerador, integrando en dicho proceso todos los costos ha realizar en operación y mantenimiento, así como los reemplazos necesarios durante el periodo de estudio. Por ejemplo, la Tabla X-7 condensa las actividades de operación y mantenimiento identificadas en un arreglo FV así como en donde se deberá de hacer reemplazos y su periodicidad.

Tabla X-7. Indicadores de operación y mantenimiento en sistemas FV's

Componente	Operación	Mantenimiento	Costo mantenimiento	Reemplazo	Costo reemplazo
Arreglo FV	No hay	Limpieza	No hay	No hay	No hay
Controlador	No hay	Limpieza	No hay	~5 años	~5% Inv. Inicial
Inversor	No hay	Limpieza	No hay	~5 años	~20% Inv. Inicial
Baterías	No hay	Limpieza, reposición electrolito	Marginal	~3-10 años	~20% Inv. Inicial
Estructura metálica	No hay	Pintura	Marginal	No hay	No hay
Sistema de protección	No hay	Cambio de elementos	Marginal	~5 años	~1% Inv. Inicial
Líneas de transmisión	No hay	Fijar	No hay	~30 años	~5% Inv. Inicial

En la Tabla X-8 se muestra la comparación sobre las inversiones iniciales y las actividades de operación y mantenimiento de la tecnología FV comparada con un motogenerador que consume combustible.

Tabla X-8. Comparación de tecnologías que generan electricidad.

CONCEPTO	SISTEMA FV	SISTEMA COMBUSTION INTERNA
Costo inicial	Alto	Bajo
Refacciones y reemplazos	Bajo o ningún costo	Alto
Operación y Mantenimiento	Bajo	Alto
Combustible	Sin costo	Considerable
Contaminación	No produce	Si produce

Se ha determinado mediante el modelo del ciclo de vida útil que los sistemas de bombeo fotovoltaico son rentables, con tasas de retorno no mayores de 5 años para proyectos que no

sobrepasen potencias de 2.5 kW. El mismo comportamiento debe tenerse para el caso de proyectos fotovoltaicos asignados en proyectos productivos agropecuarios, como lo son los agronegocios.

Análisis económico por Costo Unitario del kWh.

La Tabla X-9 muestra valores de costo unitario del kWh generado con sistemas fotovoltaicos en función de la potencia del arreglo fotovoltaico en el rango de 100 a 1000 Watts pico, evaluada a 20 años, con una tasa de interés del 5%, en términos del recurso solar.

Tabla X-9. Costo del kWh de energía generado por sistemas fotovoltaicos evaluado en el tiempo de vida útil del arreglo FV (20 años).

Caso	POTENCIA (W)	RECURSO SOLAR (kWh/m ²)	ENERGÍA GENERADA EN 20 AÑOS kWh	INVERSION INICIAL (usd)	INVERSION TOTAL (Valor presente)	Costo Unitario (US\$/KWh)
1	100	4.0	2,920	\$1,527	\$4,007	\$1.37
	100	6.0	4,380	\$1,527	\$4,007	\$0.91
2	500	4.0	14,600	\$7,635	\$14,195	\$0.97
	500	6.0	21,900	\$7,635	\$14,195	\$0.65
3	1,000	4.0	29,200	\$15,270	\$28,070	\$0.96
	1,000	6.0	43,800	\$15,270	\$28,070	\$0.64
4	20,000	4.0	584,000	\$220,000	\$256,000	\$0.44
	20,000	6.0	876,000	\$220,000	\$256,000	\$0.29

En los tres primeros casos se está considerando un sistema FV en CD con baterías, mientras que el último caso a un sistema interconectado a la red, sin baterías. El monto aplicado al costo fue de 15.27 US\$/W para los tres primeros casos y de 11.00 US\$/W para el sistema interconectado a la red (dato proporcionado por MICROM SA de CV para el caso del sistema instalado en el proyecto The Green Corner en Coyoacan DF).

Los valores encontrados varían notablemente, de 0.29 a 1.37 US\$/kWh. Estos resultados indican las economías de escala que se pueden lograr en aplicaciones mayores. Es evidente que, entre menos potencia tenga el sistema, más cara es la energía. Igualmente, entre más recurso solar se tenga disponible, la energía generada será más barata. Así, los sistemas de potencias mayores instalados en sitios de recurso solar grande, generarán electricidad al menor costo.

f. Demanda potencial

La generación de electricidad fotovoltaica ha sido identificada como una tecnología de rápido crecimiento, cuyas aplicaciones han sido encaminadas hacia la solución de problemas energéticos en lugares apartados de la red eléctrica convencional, o en lugares donde la inversión costo-beneficio es justificable. Por ser modular, puede ser usada en muchas aplicaciones. Su principal propósito es generar electricidad para usos específicos como pueden ser iluminación, comunicación, señalización, bombeo de agua, educación, refrigeración para vacunas, alimentos y productos perecederos, producción de hielo, o cualquier otro uso en donde se requiera de un generador limpio, silencioso, confiable, que no requiera operador y que sea de larga duración. En todas las

aplicaciones, el precio del sistema depende de la potencia pico a instalar, y ésta, es función de la energía requerida así como del recurso solar.

El mayor obstáculo para su uso en gran escala es el alto costo de inversión inicial para el sistema FV. Por ejemplo un sistema de 1250 W-p para aplicaciones domésticas fuera de la red, que puede generar 5,000 W-hr por día en una localidad con un recurso solar de 5.0 kWh/m², puede costar 15,000.00 US\$.

Como resultado, el uso de los generadores fotovoltaicos esta limitado principalmente a aplicaciones en las que el costo de introducción de la red eléctrica convencional y del consumo eléctrico es alto, o en sitios no electrificados apartados de las vías de comunicación ó en áreas remotas. Además, también se han identificado aplicaciones de la tecnología FV en lugares en donde existe la red eléctrica convencional, como es el caso de los sistemas interconectados a la red para amortiguar los picos de consumo altos en fábricas o edificios, o simplemente para proyectos de usuarios domésticos que deseen interactuar con la red. De hecho, este tipo de proyectos son los que se han estado fomentando tanto en Europa, US y Japón. Los usos o aplicaciones de la tecnología definen la *demand*a de la tecnología FV y la magnitud de proyectos que se pudieran establecer definen el mercado potencial de la tecnología.

La detección del universo que define la demanda del producto puede dividirse en dos aplicaciones: sistemas que están *fuera de la red* y sistemas *interactuando con la red*. La Tabla X-10 muestra la propuesta de identificación de las posibles aplicaciones de la tecnología FV para ambas categorías.

Tabla X-10. Propuesta para el universo de aplicaciones de la tecnología FV.

DEMANDA UNIVERSAL POTENCIAL	
FUERA DE LA RED: ELECTRIFICACIÓN RURAL	SERVICIO DOMÉSTICO: DESDE ILUMINACIÓN HASTA CUBRIR LAS NECESIDADES BÁSICAS DE ENERGÍA PARA CASA RURAL
	SERVICIOS COMUNITARIOS: ILUMINACIÓN PARA ACTIVIDADES DE COSTURA, HILADOS, EDUCACIÓN, ETC.
	PROYECTOS DE AGRONEGOCIOS: AGUA PARA ABREVADEROS (GANADO, OVEJAS, CABRAS) IRRIGACIÓN TECNIFICADA (INVERNADEROS, HUERTOS) ELECTRIFICACIÓN (ACUACULTURA, CERCOS ELÉCTRICOS, MAQUINAS DE ORDEÑA, REFRIGERACIÓN DE LECHE, REFRIGERACIÓN DE PRODUCTOS PERECEDEROS,
	SERVICIOS SOCIALES: SALUD (REFRIGERACIÓN DE VACUNAS), EDUCACIÓN, COMUNICACIÓN
INTERACTUANDO CON LA RED	SISTEMAS DE RESPALDO: HASTA DE 10 kW PARA EMERGENCIAS
	AGRONEGOCIOS: REFRIGERACIÓN DE LECHE, PICADORAS, ORDEÑADORAS, VENTILACIÓN
	DOMESTICAS: SISTEMAS HASTA DE 10 kW MEDICIÓN NETA
	POTENCIA: CENTRALIZADA Y DISTRIBUÍDA GENERACIÓN PARA VENTA DE ELECTRICIDAD



Dentro de los sistemas fuera de la red, aplicables en los sitios en donde no hay red eléctrica convencional, que puede ser en el ámbito urbano y rural, tenemos una amplia variedad de nichos de aplicación involucrados la mayor parte de ellos con el concepto de electrificación rural. Pese a la alta cobertura de electrificación nacional hay en el país aproximadamente 4 millones de habitantes que carecen electricidad, de los cuales, el 60% radica en comunidades de menos de 2500 habitantes. De ese universo sin electricidad, aproximadamente 3.6 millones se encuentran en las zonas rurales, y de ellos, aproximadamente 1.3 millones son indígenas.

Si se considera que del 10% de la población rural que gana más de 2 salarios mínimos, el 15% (12,000) tengan capacidad de aportar recursos económicos para consolidar un agronegocio, entonces se tendría *12,000 proyectos* que establecerían una *demanda* en paneles FV que dependerá de la capacidad energética requerida por cada proyecto.

Sin embargo, el universo para los agronegocios no solo estará limitado a las zonas sin electrificación, si no que abarcan a productores agropecuarios que viven en zonas urbanas y semiurbanas con tierras de cultivo que son los candidatos ideales para consolidar, las actividades agropecuarias que han venido realizando, con la meta de establecer agronegocios productivos redituables.

Ya que el tema central de esta sección es la estimación de la demanda o mercado potencial de la tecnología FV para el caso de los agronegocios, la discusión sobre la potencia pico requerida se centrará en ejemplos tipo de proyectos productivos agropecuarios, los que se establecerán a continuación.

Para efectos de este trabajo, se considerará al Universo de Usuarios como aquellos que han participado dentro del Programa Alianza Contigo y los datos que establecerán la cantidad de Unidades Productivas se generarán de la Tabla X-11.

En la Tabla 14 se muestra la cantidad de Unidades Productivas que son susceptibles de fortalecer, hacia un *agronegocio*, mediante la inclusión de un sistema FV para la generación de electricidad. En ella se ha contemplado los datos vertidos en la Tabla 8 los que se aplicaron hacia otro tipo de *agronegocio* relacionado con los mismos. Este conjunto de valores han definido la potencia del arreglo FV como los montos de inversión para cada agronegocio los que se usarán para cuantificar el mercado de dicha tecnología. Los valores de la columna correspondiente al universo de productores fueron obtenidos considerando el número de productores beneficiados con el programa Alianza Contigo 2005.

Tabla X-11. Actividades agrícolas que pueden fortalecer usando tecnología FV para transformarla en *agronegocios* relacionadas con las unidades productivas.

AGRONEGOCIO	Universo de Usuarios	Potencia unitaria arreglo (kW)	del FV	Potencia del arreglo FV (kW)	Inversión*** usdM\$ (\$15.27 US\$/W)
Refrigeración leche; 500 litros **	3,950	1.45		5,727.50	\$87.46
Ordeña; 36 vacas en dos turnos**	3,950	0.75		2,962.50	\$45.24
Invernaderos 1000 m ² (riego y aspersión) **	3,950	0.15		592.50	\$9.05
Refrigeración de producto perecedero (pescado, marisco); 105 litros**	3,950	0.18		711.00	\$10.86
Incubadora de huevos**	3,950	0.075		296.25	\$4.52
Iluminación (procesamiento de pescado y marisco)*; 100 m ² @50 W/m ²	865	0.25		216.25	\$3.30
Iluminación para aves *(2000 m ²)	865	5		4,325.00	\$66.04
Bombeo de agua para abrevaderos*	33,587	0.4		13,434.80	\$205.15
Aireamiento piscícola para acuicultura*	865	1.5		1,297.50	\$19.81
Cercos eléctricos para pastoreo	44,025	0.02		880.50	\$13.45
Refrigeración de producto perecedero (frutas, legumbres y verduras, etc)**; 1.0 m ³	865	1.8		1,557.00	\$23.78
Control de plagas agrícolas, linternas de 9W, 1 Ha de terreno	2,000	0.1		200.00	\$3.05
TOTAL	102,822			32,200.80	\$491.71

* Se ha usado el 25% de los usuarios del rubro: “otros usos”

** Se ha usado el 10% de los usuarios del rubro actividades productivas

*** La estimación del monto de inversión se ha calculado al considerar el costo promedio de sistemas típicos en 15.27 US\$/W incluyendo la instalación del mismo.

Los resultados mostrados aquí son el producto de los valores obtenidos de las encuestas al considerar como universo a los productores agropecuarios que han tenido soporte del gobierno a través del Programa Alianza Contigo 2005.

Considerando únicamente las componentes de *agronegocios*, es decir excluyendo la componente relacionada con el bombeo de agua para abrevaderos, el universo de las Unidades Productivas Probables se reduce a 65,285 las que requerirán una potencia pico de ~18.7 MW con una inversión promedio de \$ 286 millones de dólares.

Ahora bien, la capacidad de aportación económica del productor agropecuario, en la consolidación de los agronegocios, limita su participación y reduce considerablemente el número de productores potenciales. Por ejemplo proyectos como iluminación para aves, refrigeración de leche o de producto agrícola, y aireamiento piscícola, son proyectos con una alta inversión inicial. Sólo aquellos productores con capacidad de aportación inicial pueden adquirir dichos equipos. Del Censo

Agrícola Ganadero y Ejidal de 1990 se desprende que sólo el 17% del universo de productores poseen poder económico que los haga candidatos a adquirir esta tecnología para ese tipo de proyectos que requieren de una alta inversión inicial.

Usando ese argumento, de la Tabla 15 se tiene que el universo probable de usuarios de 11,769 agronegocios que demandarán una potencia pico de 3.19 MW, estimándose una inversión total de \$48.71 millones de dólares.

Conclusiones

Se ha especificado que un *agronegocio* es una actividad productiva que tiene como meta generar recursos económicos a través de la producción agropecuaria y su correspondiente comercialización. Para que los productos sean de alta calidad y con valor agregado, las actividades agropecuarias se deben de realizar con asesoría técnica, tecnologías de producción y empaquetamiento y canales de comercialización, requiriéndose en todo el proceso energía eléctrica.

En sitios en donde no hay electricidad, ya sea que estén aislados o apartados de la red eléctrica convencional, la consolidación de un agronegocio esta limitada a la generación de electricidad por medio de tecnologías que queman combustible. Sin embargo, con el uso de tecnologías basadas en las fuentes renovables de energía, como es el caso del binomio de generación limpia: tecnología fotovoltaica-energía solar, es posible fomentar e impulsar la estructuración y puesta en operación de agronegocios locales.

La tecnología fotovoltaica se ha consolidado como una tecnología madura, de larga duración, sin emisión de contaminantes, sin necesidad de operarios, casi libre de mantenimiento y modular, que la hacen ideal para generar electricidad en sitios apartados o aislados.

Desafortunadamente, el costo por Watt de potencia producida es alto, llegándose actualmente a valores promedio de 6.50 US\$/W en nuestro país. Este precio es fuertemente afectado por las cadenas de distribución del producto desde la frontera hacia los sitios de aplicación. Esto hace que la inversión inicial para adquirir esta tecnología se alta, comparada con una tecnología convencional de generación de electricidad. Sin embargo, dadas sus bondades de larga duración, componentes de larga vida y alta eficiencia, hacen que esta tecnología, aplicada a proyectos específicos de baja potencia (menos de 10 kW), tenga tasas de retorno menores de 10 años, la que tiende a tener valores de hasta 2 años para potencias típicas de 2.0 kW.

Con la tecnología FV es posible sustentar energéticamente a un conjunto de proyectos productivos agropecuarios, los que sólo estarán limitados para su implementación por la capacidad de compra del productor agropecuario.

El costo de un sistema FV depende de dos parámetros energéticos: la energía que requiere el proyecto y el recurso solar. Afortunadamente, México presenta niveles altos de irradiancia la que se acumula durante el día dando un recurso solar con valores que van desde los 3.5 kWh/m² hasta 7.5 kWh/m². Para fines de estimación y dimensionamiento se suele usar como parámetro el valor de 5.0 kWh/m² para el recurso solar. Por otra parte, la energía que requiere el proyecto depende de la actividad específica ha realizar, teniéndose potencias típicas desde 20 Watts hasta decenas de kW.



El costo de un sistema FV se estima al multiplicar el costo por Watt de la tecnología con el cociente de la energía requerida por el proyecto dividida entre el recurso solar de la localidad. Así que el reto principal es la estimación de la energía eléctrica que se consumirá durante el día al estar operando las “cargas eléctricas” instaladas para el proyecto.

El tipo de agronegocios que se han identificados muestran una gran variedad de aplicaciones de la tecnología FV y gracias a la eficiencia de los equipos a energizar, la energía demandada no es grande.

El mercado de la tecnología FV esta definido por dos factores: usuarios de la tecnología y la magnitud en potencia eléctrica del proyecto a electrificar. El segundo factor es relativamente simple de cuantificar, pero el primero, depende de información que es necesaria obtener.

Con los valores determinados a partir de las suposiciones hechas, se obtiene un mercado que demanda una potencia eléctrica promedio del orden de 1.7 MW con un monto de inversión de \$25.9 millones de dolares. Para estimar el monto de la inversión se usó como parámetro 15.27 US\$/W como el costo promedio de la tecnología en operación.

Sin embargo, en el caso de los *agronegocios*, estos se pueden establecer con productores que viven en el ámbito semi-rural, que tienen electricidad, y que su actividad productiva la realicen en su rancho. Cuantificar esto no es fácil ya que se carecen de datos actuales que relacionen las actividades productivas con número de usuarios. Los datos disponibles son del Censo Agrícola Ganadero y Ejidal de 1990.

Considerando lo anterior y para estimar el universo de usuarios de la tecnología FV aplicada en agronegocios se usaron los datos del Informe Presidencial del 2005 suponiendo capacidades de pago y tipos de actividad.

Con la selección de usuarios, su capacidad de pago y el tipo de agronegocio contemplado, ha sido posible cuantificar un total de 11,769 agronegocios que demandarán una potencia pico de 3.19 MW estimándose una inversión que alcanza los \$48.71 millones de dólares.

REFERENCIAS

- [1] Comisión Federal de Electricidad: Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico 2005-2014; <http://www.sener.gob.mx>
- [2] Green M.A., Emery K., King D. L., Igari S., and Warta W; “*Solar Cell Efficiency Tables (Version 22)*”; Progress in Photovoltaic: Research and Applications 2003; **11** 347-352.
- [3] Ambos valores corresponden al valor presente neto del sistema para 20 años con una tasa real de descuento del 5%. El valor inferior corresponde a un sistema de 100 kW pico conectado a la red eléctrica convencional, mientras que el otro corresponde a un sistema autónomo de 20 kW pico, ambos en una localidad con un recurso solar de 5.0 kW-hr/m².
- [4] Valores tomados de la red electrónica en páginas de proveedores de tecnología al menudeo.
- [5] Jesse W. Pichel and Ming Yang, “*Polysilicon Supply Constrain Limiting Industry Growth*”; 2005 Solar Year-end Review & 2006 Solar Industry Forecast, January 11, 2006.





- [6] Comunicación verbal en 1998 del Ing. Carlos Flores, ex-Gerente de producto FV en el Depto. de Energías Alternas de la compañía CONDUMEX.
- [7] Prospectiva Eléctrica 2005-2014; SENER, Comisión Federal de Electricidad; 2005; www.sener.gob
- [8] M. Calixto Rodríguez; “Aspectos Energéticos y Económicos de Sistemas de Bombeo Fotovoltaico”, 2002 Tesis de Maestría, Posgrado en Ingeniería, UNAM.
- [9] R Foster, L Estrada, A Sanchez-Juarez, M. Calixto, J Ortega, “Milk Tank Refrigeration System: Monitoring Results at Atotonilco Mor”; Sandia National Lab Report, December 2002.
- [10] V Fox Quezada, Informe Presidencial, Septiembre 2005.
- [11] Documento proporcionado por el equipo de trabajo.

XI. CALENTAMIENTO SOLAR DE AGUA

a. Antecedentes

El calor de baja temperatura tiene una gran variedad de aplicaciones en actividades productivas. Puede ser aprovechado para los procesos de crianza y engorda de aves y animales para mantener ciertos niveles de temperatura en espacios cerrados o para higiene. Puede también ser usado en los procesos de transformación en productos para comercialización, ya sea para limpieza, desinfección o preparación para procesamientos que requieren mayores intensidades energéticas.

Una forma de obtener este calor es a través de sistemas de calentamiento de agua, los cuales pueden proveer de agua caliente directamente o como fluido primario en procesos de intercambio de calor.

El calentamiento solar de agua es un proceso relativamente simple que se puede lograr de varias formas. De manera convencional, esto se puede lograr a través de sistemas que utilizan calentadores y/o calderas que funcionan con combustibles fósiles (como gas LP o diesel). Otra forma de lograrlo es a través de sistemas que aprovechan la energía solar.

En el campo de las aplicaciones de la energía solar no existe todavía una experiencia amplia en agnegocios. De acuerdo a la información que se tiene sobre los mercados locales e internacionales de las tecnologías de aprovechamiento de la energía solar para calentamiento de agua, la aplicación más importante de los sistemas solares térmicos corresponde a la generación de calor a baja temperatura para el calentamiento de agua en sistemas domésticos. De acuerdo a Pilatowsky et. al “el uso de la energía termosolar en el sector comercial e industrial ha sido muy incipiente comparada con su uso en piscinas y en el sector doméstico. La mayoría de las aplicaciones en procesos industriales se han usado en una relativa pequeña escala y la mayor parte con una naturaleza experimental. Solo unos cuantos sistemas a gran escala están funcionando a nivel mundial.”¹⁵

A finales del 2003 se tenía instalados 132 millones de m² de área de captación--correspondiendo a una capacidad instalada de 92 GW_{th}—en los 35 países más importantes en la fabricación de estos sistema,. Estos 35 países representan aproximadamente entre el 85 y el 90% del mercado mundial termosolar. La producción anual de todo el campo de captadores solares instalados en el 2003 en los 35 países fue de 55,233 GWh (198,837TJ), correspondiendo a 8.8 billones de litros de equivalente de petróleo y en una disminución de 24.1 millones de toneladas de emisiones de CO₂.^{16 17}

b. Descripción de la tecnología

De manera simple, la energía necesaria para elevar la temperatura de una cantidad de agua (m) en un gradiente de temperatura (ΔT) se define por la fórmula:

¹⁵ Pilatowsky et. al. 2005. La Utilización de la Energía Termosolar en el Sector Industrial.

¹⁶ Se estima que 1 m² de captador solar evita la emisión atmosférica de un equivalente de 250 kg de CO₂ al año, así como de gases de invernadero y que el aporte solar promedio equivale a cerca de los 850 kWh/año m² de captador solar.

¹⁷ Pilatowsky et. al. 2005. La Utilización de la Energía Termosolar en el Sector Industrial.

$$E=m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

donde C_p es el calor específico del agua (4.186 Kjoules/Kg K), m está expresado en masa y ΔT en grados kelvin

Considerando que una masa de un kilogramo de agua es equivalente a un litro, por cada grado centígrado que sube la temperatura de un litro de agua se necesita la energía que se anota en la Tabla XI-1.

**Tabla XI-1. Energía necesaria para elevar
un litro de agua un 1° C.**

Unidades	Cantidad de energía
Kjoules	4.186
BTU	3.97
Wh	1.16 x 10 ⁻³

Existen en el mercado una variedad importante de equipos y sistemas que permiten elevar la temperatura del agua para un conjunto de necesidades diversas (higiene, recreación, preparación y/o procesamiento de alimentos, entre otros). De manera general, estos equipos operan a partir de la quema directa de combustibles fósiles, del intercambio de calor con fluidos a altas temperaturas y a partir de la captación de la radiación solar.

Calderas y calentadores

Las calderas y los calentadores son intercambiadores de calor que se utilizan para calentar agua o producir vapor y su principio de funcionamiento es el mismo: la quema de un combustible en un quemador que se transmite energía calorífica a un fluido, generalmente agua, que fluye dentro del dispositivo o se acumula dentro del mismo.

Las calderas sirven para producir vapor y trabajan a presión. Existe una variedad amplia de diseños los cuales se componen en general de una cámara de combustión, una cámara de agua y una cámara de vapor. Los calentadores proporcionan agua caliente a baja presión, cuentan con una cámara de combustión, un cambiador de calor, un quemador y un piloto.

En ambos casos se utiliza como combustible gas PL, gas natural o diesel.

Calentadores solares

Un calentador solar es un dispositivo que capta la radiación solar, la transforma en energía térmica y la transfiere a un fluido de trabajo, generalmente agua. Para los propósitos del presente análisis se



consideran los equipos que funcionan para calentar el agua por debajo de su punto de ebullición¹⁸, es decir, sin un cambio de estado a vapor.

A su vez, los calentadores solares pueden clasificarse para los propósitos del presente estudio en tres tipos: solares planos, de tubos evacuados (o de vacío), colectores de concentración.

Colectores solares planos. Estos equipos funcionan captando la energía solar en aletas o placas captadoras conectadas térmicamente a tubos por donde circula el fluido a calentar. Los tubos generalmente corren en paralelo y comienzan y terminan en un cabezal común.

- Las aletas y los tubos pueden ser de una variedad de materiales, predominando el cobre, el plástico (polipropileno) y el aluminio. Las aletas que conforman el absorbedor tienen un recubrimiento que permita la mejor colección de energía solar, esta puede ser mediante una superficie con obscura (pintura negra) o bien por medio de una superficie selectiva, misma que mejora la eficiencia del calentador.
- Los colectores solares planos pueden estar aislados térmicamente para evitar pérdidas de calor al ambiente y lograr una temperatura de calentamiento mayor, comúnmente los colectores de plástico no tienen esta cubierta, por lo que las pérdidas térmicas son considerables. En el caso de los colectores aislados tienen el absorbedor expuesto al sol mediante una cubierta transparente, la cual puede ser de vidrio o de un material plástico.
- Los colectores solares que se utilizan sin aislamiento térmico sirven para aplicaciones donde se requiere subir la temperatura del agua a temperaturas relativamente bajas, como es el caso de las albercas.

Calentadores integrales. Un calentador integral se caracteriza por que el tanque de almacenamiento del agua se encuentra en la misma sección que el absorbedor, donde el tanque sirve como absorbedor.

Calentadores solares de tubos evacuados. La principal característica este tipo de colectores es que el absorbedor se encuentra dentro de una cámara que se le ha extraído el aire, con la finalidad de evitar pérdidas térmicas por conducción y convección.

Dentro de los calentadores solares de tubos evacuados existen diversas tecnologías. La primera de ellas consiste en un tubo de vidrio al vacío que contiene un tubo de metal o tubo de calor, en el cual existe un cambio de fase. El segundo consiste en un tubo en U por donde pasa el fluido. El tercero consiste en tubos concéntricos.

¹⁸ El punto de ebullición es la [temperatura](#) a la cual un [elemento](#) o [compuesto químico](#) pasa del estado [líquido](#) al estado [gaseoso](#), o a la inversa se denomina punto de condensación. (es.wikipedia.org)



Los materiales con lo que se fabrican los colectores de tubos evacuados es vidrio en el tubo exterior y el tubo interior puede ser cobre o vidrio principalmente. Independientemente de la tecnología usada, los colectores constan de varios tubos evacuados conectados en paralelo y en la parte superior.

Estos equipos pueden venir acompañados de un tanque asilado térmicamente, que es donde se acumula el agua caliente para ser usada posteriormente. Igualmente, los sistemas pueden ser de circulación forzada por una bomba o de tipo termosifónico, que quiere decir que el agua circula por las diferencias de densidad originada por diferenciales de temperatura entre la parte inferior del colector y la superior en el tanque.

Colectores solares de concentración. Existen los concentradores parabólicos compuestos (CPC) que son estacionarios y son para temperaturas del rango mencionado en este escrito. Están conformados por espejos cóncavos y parabólicos orientados en un punto determinado concentran la energía de la radiación solar. Son eficaces sólo con luz solar directa, y tienen que seguir el movimiento del Sol. Este tipo de colector puede alcanzar altas temperaturas.

c. Aplicaciones en agronegocios

El agua caliente se utiliza en diversos procesos del sector agropecuario, entre los que destaca el tratamiento a frutas y verduras, el escaldado en rastros, y la limpieza e higiene del personal que trabaja en la industria. Las temperaturas requeridas varían dependiendo de la aplicación y los calentadores solares se pueden utilizar para calentar el agua a la temperatura de uso o como precalentador de la misma (Tabla XI-2).

Tabla XI-2. Temperatura de agua caliente para procesos del sector agropecuario

INDUSTRIA	PROCESO	NIVEL DE TEMPERATURA (°C)
Conservas de vegetales	Escaldado (congelación) Esterilización	110 – 120 95 – 100
Bebidas	Limpieza y desinfección	70 - 90
Lácteos	Deshidratación Pasterización Cuajo Concentrados Alimentación de agua a la caldera	120 – 180 72 – 85 (corto) 62 – 65 (largo) 130 – 150 (UAT) 35 60 – 80 60 – 90
Bebidas	Limpieza y desinfección	70 – 90
Pescados y mariscos	Limpieza, esterilización, envase y cocción	95 - 100
Alimentos infantiles	Cocción Esterilización	70 - 100 110 - 125
Cárnicos	Lavado, cocción y limpieza. Cocción	60 – 90 90 - 100
Productos madereros	Termodifusión en vigas Secado Precalentamiento de agua Preparación de pulpa	80 – 100 60 – 100 60 – 90 120 – 190

Procesos de escaldado en frutas y verduras

Algunas frutas y verduras necesitan un tratamiento de escaldado antes de la congelación o secado. El escaldado (mediante baño de agua a temperatura de ebullición) detiene ciertas reacciones enzimáticas que ocurren en el producto, ayudando así a conservar el color y sabor después del procesado. Estos baños son baños cortos, lo que implica condiciones particulares al diseño de los sistemas de calentamiento de agua con energía solar (Tabla XI-3).

Tabla XI-3. Tiempo de escaldado para algunos productos de acuerdo a NOM-194-SSA1-2004

Producto	Tiempo en agua hirviendo (minutos)
Brócoli	3
Judías verdes	3
Col	5
Zanahorias	5
Coliflor	3
Maíz dulce	7
Berenjena	4
Hortalizas de hoja	2
Setas (hongos)	3 a 5
Guisantes (chícharos)	5
Patatas (papas) (nuevas)	4 a 10
Calabacitas	3
Brócoli	3

Rastros

En los rastros el escaldado se hace a los animales sacrificados los cuales son introducidos en agua caliente con el fin de facilitar el depilado o el desplumado, según la especie que se trate. La temperatura de este proceso debe estar entre los 60° C a fin de no provocar un precocimiento, ya que superar esta temperatura provoca una vida menor de la carne. Igualmente, el elevar la temperatura más allá de 60° C también contrae la piel del animal muerto, dificultando el depilado.

El tiempo aproximado de escaldado es de 3.5 minutos, tiempo ideal para facilitar el depilado y en el caso de los cerdos, la extracción de pezuñas. Esto significa que los sistemas de calentamiento deben tener un tanque que acumule el agua a la temperatura requerida ya que depender directamente de los equipos de calentamiento significa que requieren de una gran capacidad que opera en periodos muy cortos, resultando una sobreinversión (Tabla XI-4).

Tabla XI-4. Tamaño del tanque de escaldado.

Numero de Animales (Cerdos)	Volumen
De 21 a 75	6.10 m ³
De 76 a 150	12.20 m ³
De 151 a 300	18.30 m ³
De 301 a 600	27.50 m ³

El tanque de escaldado debe ser aislado y cubierto con una tapa para evitar las pérdidas de calor, lo que permitirá un ahorro de agua y energía. Existen oportunidades para rehusar el agua utilizada en esta área. El agua enfriada puede ser recogida en un tanque y usada para otros propósitos, tal como el aspersor en la etapa de depilado.

El agua del tanque para escaldar debe ser recirculada y filtrada o repuesta constantemente, de forma que se mantenga el nivel de agua del tanque. El flujo del agua debe ser contrario al de los animales.

Limpieza de equipos de procesos agropecuarios.

Algunos procesos en el sector agropecuario requieren de agua a diferentes temperaturas.

En los establos lecheros se recomienda lavar las líneas de ordeño, utilizando agua potable a una temperatura de aproximadamente 40° C. así mismo los tanques deben ser lavados, con el fin de remover los residuos de leche.

Higiene del personal.

La higiene del personal que labora en algunas industrias del sector agropecuario es una práctica necesaria, por ejemplo en los rastros, el personal debe tomar un baño antes de iniciar sus labores y otro al finalizarlas. Esta practica no solo se limita a los rastros, en los procesos agropecuarios, el trabajador esta expuesto a suciedad, incluso a posibles enfermedades de transmisión cutánea, por lo que es necesario bañarse después de la jornada laboral.

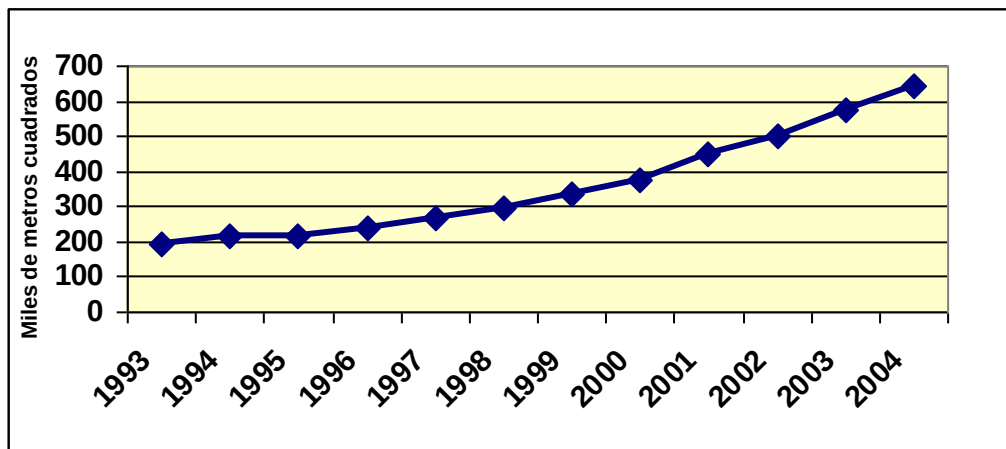
d. Mercado actual

En México se fabrican calentadores solares planos desde hace más de cincuenta años y en la actualidad existen un México—desde hace varias décadas—un conjunto de varias decenas de fabricantes y/o distribuidores de estos equipos, además de que operan algunos importadores.

La demanda de sistemas de calentamiento solar en México

De acuerdo al Balance Nacional de Energía 2004, se tenían instalados más de 650 mil metros cuadrados de este tipo de sistemas (Fig. XI-1).

Figura XI-1. Metros cuadrados de calentadores solares instalados en México (1993-2004).



Fuente: Balances Nacionales de Energía 1993-2004, México

El mercado más importante en la actualidad se presenta en el sector servicios (principalmente hoteles y centros deportivos) lo que se refleja en que el 79% de las ventas son de sistemas utilizados en albercas. La mayoría de estos sistemas son hechos de plástico y son importados (Tabla XI-5).

Tabla XI-5. Ventas, en m², de los cinco principales fabricantes y/o distribuidores de sistemas de calentamiento solar.

Aplicaciones	Miles de m ²	
	Nacionales	Importados
Albercas	9.7	50.3
Casas habitación	1.2	1.45
Calor de proceso Industrial	0.4	3.0
Otra aplicación	1.2	-
TOTAL	12.4	63.8

Fuente: Asociación Nacional de Energía Solar

La demanda de sistemas para procesos industriales, donde es incluido el sector agropecuario, es pequeña, representando poco más del 4% de las ventas.

La oferta de sistemas de calentamiento solar en México

Para establecer las características de la oferta de sistemas de calentamiento solar de agua se realizó una búsqueda de empresas por medio de la Sección Amarilla y de Internet. Se ubicaron 34 empresas y se logró establecer algún tipo de contacto con 27 de estas empresas (Tabla XI-6).

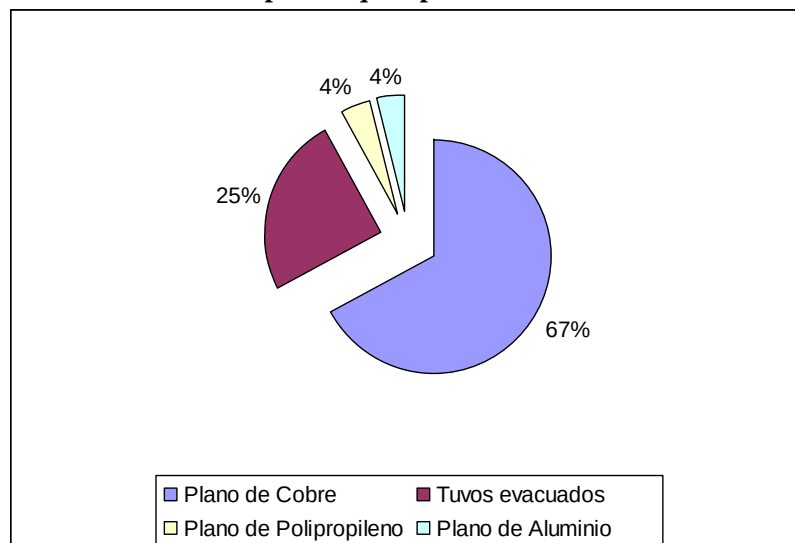
Tabla XI-6 Empresas consultadas para el estudio de mercado.

EMPRESA	ESTADO
AGROSOL	JALISCO
ALFA SOLAR	JALISCO
AQUA KIT	JALISCO
BIOCONSTRUCCION Y ENERGIA ALTERNATIVA	NUEVO LEON
BUTECSA	DF
ALTA TECNOLOGIA EN CALENTADORES SOLARES	JALISCO
CALENTADORES SOLARES ZEUS	JALISCO
CASOLAR	MICHOACAN
CERO CONTAMINACION	JALISCO
CONSTRUCTORA IXTEPETE	JALISCO
DETEFA	DF
ESPECIALISTA EN SERVICIOS REZA	DF
GENERSYS	EDO MEX
HELIOCOL	DF
IMPREMA	DF
INDUSTRIAS TONALY	MICHOACAN
INGENIERIA APLICADA DE PUEBLA	PUEBLA
INGENIERIA SOLAR DE AGUASCALIENTES	AGUASCALIENTES
INSTALACIONES TECNICAS ESPECIALIZADAS, SOLARITE	DF
INTEGRA	MICHOACAN
MODULO SOLAR	MORELOS
PLASMATEK	JALISCO
PODER SOLAR	SONORA
SERVICIOS ESÉCIALIZADOS FALCON	DF
SISTEMAS Y COMPONENTES DE ENERGIA SOLAR	MORELOS
SUNERGY	JALISCO
SUNWAY	DF
SYPA	VERACRUZ
TECNOLOGIA APLICADA	EDO MEX
THERMOSOL	JALISCO
ULTRA SOLAR	JALISCO

Tecnología. Los equipos que se ofrecen en el mercado mexicano son colectores planos y colectores de tubos evacuados (vidrio).

Materiales. En función de los materiales, la mayoría de las empresas ofrecen equipos hechos de cobre (67%) y de vidrio (25%). También se ofrecen, aunque en un porcentaje menor, equipos de aluminio y de plástico (polipropileno) (Fig. XI-2).

Figura XI-2. Porcentajes de tipos de materiales de los equipos de uso doméstico que ofrecen las empresas que operan en México.



Origen de los productos. Los calentadores planos que se ofrecen son de fabricación nacional e importada, mientras que los de tubos evacuados son importados de China, Canadá, Inglaterra y Alemania, principalmente.

Cobertura. De acuerdo a entrevistas hechas por teléfono, la cobertura de ventas de equipos para calentamiento solar en la Republica Mexicana es prácticamente total. De acuerdo a los entrevistados, si el distribuidor no se encuentra en la ciudad en donde se va a instalar, el calentador es enviado con las instrucciones de instalación y el costo del transporte lo cubre el cliente o si se prefiere, se puede pagar la instalación a la empresa con un costo por transportación y viáticos del personal.

Tiempos de entrega. La mayoría de las empresas tiene calentadores en almacén, pudiendo satisfacer la entrega e instalación en un periodo de tres días a una semana, siempre y cuando se trate de sistemas pequeños. Los sistemas de calentamiento de agua en industrias son mas complejos, requieren ser fabricados e instalados bajo diseños específicos lo cual alarga el periodo de entrega entre seis a doce semanas, contemplando la instalación y dependiendo de la dimensión del proyecto.

Formas de pago. En todos los casos se pide el 50 % de anticipo y el resto en el momento de la instalación o entrega.

Instalación.

Los grandes sistemas son instalados por la empresa a la que se le compro el sistema o mediante un contratista especializado en instalaciones solares.

Mantenimiento. El mantenimiento a los calentadores lo realizan las empresas, en algunas ocasiones esto no es necesario debido a que se considera únicamente como limpieza externa y, en algunos casos, una purga periódica del sistema.

En el balance, es evidente el carácter de pequeñas empresas que tiene la oferta de sistemas de calentamiento solar en México.

e. Evaluación económica

Para establecer la rentabilidad y/o las necesidades de apoyo para el aprovechamiento de la energía solar en calentamiento de agua en agronegocios se requiere establecer un comparativo entre las alternativas de tecnología solar y las formas convencionales de calentamiento de agua. Para el presente estudio se considerará el caso en el que la inversión en calentamiento solar se utiliza para sustituir combustible que ya es utilizado en una instalación convencional.

Para evaluar a este conjunto de alternativas se consideran las siguientes variables:

- Disponibilidad de energía solar
- Costo de los energéticos
- Costo de los equipos
- Eficiencias de los equipos
- Vida útil de los equipos
- Tasas de interés

Estas variables se analizan a continuación.

Disponibilidad del recurso solar

Se estima, de acuerdo a mapas de radiación solar basados en imágenes provenientes de satélites y apoyados en algunas mediciones sistemáticas para algunas localidades que más de la mitad del territorio nacional presenta una irradiación con una densidad energética de 5 kWh por metro cuadrado. En términos energéticos esto equivale a que cada m² recibe 18,000 Kilojoules (equivalentes a la energía contenida en 1.5 kilos de gas LP) (Tabla XI-8).

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.

Tabla XI-8. Radiación promedio diaria para localidades en México.

CIUDAD	ESTADO	Irradiación promedio diaria (kWh/m ² -dia)
Aguascalientes	Aguascalientes	5.6
La Paz	BCS	5.7
Mexicali	BC	5.5
Campeche	Campeche	4.7
Tuxtla Gutiérrez	Chiapas	4.7
Chihuahua	Chihuahua	5.9
Saltillo	Coahuila	4.8
Colima	Colima	4.9
Distrito Federal	D.F.	4.9
Durango	Durango	5.7
Guanajuato	Guanajuato	5.6
Acapulco	Guerrero	5.3
Pachuca	Hidalgo	5.4
Guadalajara	Jalisco	5.6
Toluca	México	4.8
Morelia	Michoacán	4.9
Tepic	Nayarit	4.8
Monterrey	Nuevo León	4.4
Oaxaca	Oaxaca	5.3
Puebla	Puebla	5.5
Querétaro	Querétaro	5.9
Cozumel	Quintana Roo	4.7
San Luis Potosí	San Luis Potosí	5.4
Culiacán	Sinaloa	4.9
Hermosillo	Sonora	6.0
Tampico	Tamaulipas	4.5
Tlaxcala	Tlaxcala	5.1
Jalapa	Veracruz	4.0
Mérida	Yucatán	4.7
Zacatecas	Zacatecas	5.8

Fuente: www.conae.gob.mx

Costo de los equipos

Calentadores solares. Los precios de un calentador solar varían dependiendo de la tecnología ofertada, de 330 a 800 \$US (Tabla XI-7).

**Tabla XI-7. Precios típicos de calentadores solares
(Mayo de 2005)**

Tipo	Precio por m ² (US\$)
Colectores solares planos	300
Colectores de tubos evacuados de baja calidad	300
Colectores de tubos evacuados de alta calidad	650

Eficiencia de los equipos de calentamiento de agua

La eficiencia es numéricamente equivalente a la fracción de la energía que llega a un equipo (sea en forma de poder calorífico de un combustible o de la irradiación proveniente del sol) que es absorbido por el agua que sale del mismo.

En este sentido es importante distinguir entre la eficiencia que tienen los equipos al ser instalados y la que tienen a lo largo de su vida útil. Esto es especialmente significativo para los calentadores de gas, cuya eficiencia depende de las formas de operación, de la limpieza de los quemadores, de la calibración del piloto y de otros aspectos relacionados a un buen mantenimiento.

Calentadores solares. Para los propósitos del presente estudio, se considera que los calentadores solares tienen una eficiencia de 50%.

Calderas. De acuerdo a la NOM-003-ENER-2000 la eficiencia mínima debe ser de 79%.

Vida útil de los equipos

La vida útil de los equipos depende de una serie de factores, donde pesa de manera importante la dureza del agua y aspectos como la proximidad al mar y la humedad del aire (en particular para los equipos hechos de lámina).

Calderas. Se considera que las calderas tienen una vida útil de 30 años.

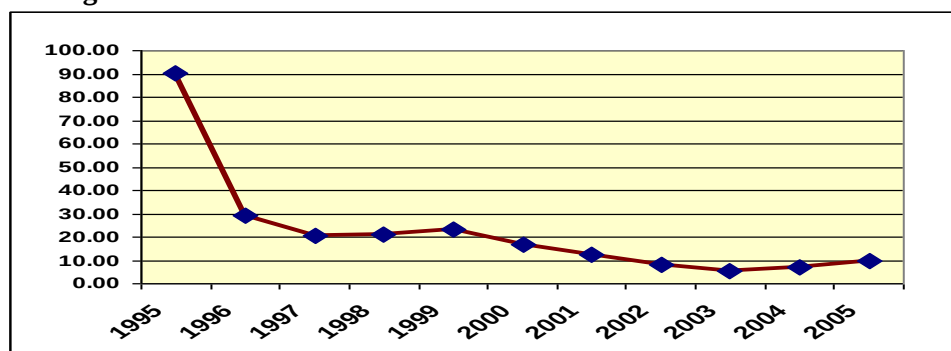
Calentadores solares. De acuerdo a la encuesta telefónica que se realizó con los distribuidores de estos equipos, los calentadores solares de agua hechos de cobre tienen una vida útil de 20 años mientras que los de tubos evacuados llegan a durar 30 años. En lo que se refiere a los hechos de cobre hay instalaciones en México que evidencian esta longevidad mientras que ese no es el caso para los de tubos evacuados.

Tasas de interés

Las tasas de interés son un factor clave en la rentabilidad de la inversión en los calentadores solares. Dado que este tipo de equipos se amortiza a lo largo de su vida útil, a mayor la tasa de interés mayor el plazo de recuperación y menor el atractivo de la inversión.

Afortunadamente para la alternativa que representan los calentadores solares, las tasas de interés en México han mejorado mucho en los últimos diez años. Esto se refleja en la evolución de la tasa de interés interbancaria, que ha pasado de un nivel cercano al 100% en 1995 a cerca de 5% en 2005 (Fig. XI-3).

Figura XI-3. Evolución de la tasa de interés interbancaria en México.



Fuente: Banco de México

Costo de la energía

La energía entregada para calentar 10,000 litros de agua a la temperatura de suministro (15° C) con un incremento de temperatura de 35° C y 75° C es equivalente, en números redondos y como valor promedio en la vida útil del calentador o caldera, a 2,093.00 Mjoules y 4,485 Mjoules.

Por supuesto, el calentador solar no consume combustible, no tiene costo de energía. Sin embargo, la cantidad de energía requerida determina el tamaño del calentador solar, por lo que es importante considerar las necesidades de calor de la unidad económica para establecer el tamaño (y por lo tanto el costo) del sistema.

Costo de la inversión

Los calentadores solares, considerado que el tamaño adecuado del equipo para calentar 10000 litros de agua a 50° C es de 115 m², tiene un precio de US\$ 35,040 en el caso de colectores solares planos y 108 m² a un precio de US\$ 70,200.00 y US\$ 32,400.00 para tubos evacuados. Para calentar 10000 litros de agua a 90° C se requieren 560 m² a un precio de US\$ 168,000.00 en el caso de colectores solares planos, 325 m² a un precio de US\$ 204,750.00 con calentadores solares de tubos evacuados de alta calidad y 275 m² a un precio 82,500.00 para tubos evacuados de baja calidad (Tabla XI-8).

Tabla XI-8. Áreas requeridas para condiciones de calentamiento directo y precalentamiento por tipo de colector (m²)

Temperatura	Área colector plano	Área tubos evacuados (alta calidad)	Área tubos evacuados (baja calidad)
50°C	115	108	108
90°C	560	315	275

Costos unitarios para 2005

Para realizar una comparación equivalente se establecen necesidades unitarias para una agroindustria. Para el presente análisis se considera calentar 10,000 litros diarios de agua a dos niveles de temperatura distintas: precalentamiento a 50° C y calentamiento directo a 90° C

En la Tabla XI-10 se muestran los valores utilizados para establecer el costo unitario de calentamiento de agua para las condiciones requeridas en una instalación de tipo agropecuario. Los cálculos se realizan bajo la hipótesis de que la inversión en el calentador solar se hace nada más para ahorrar gas (es decir, que no hay costo de inversión en los calentadores de combustible).

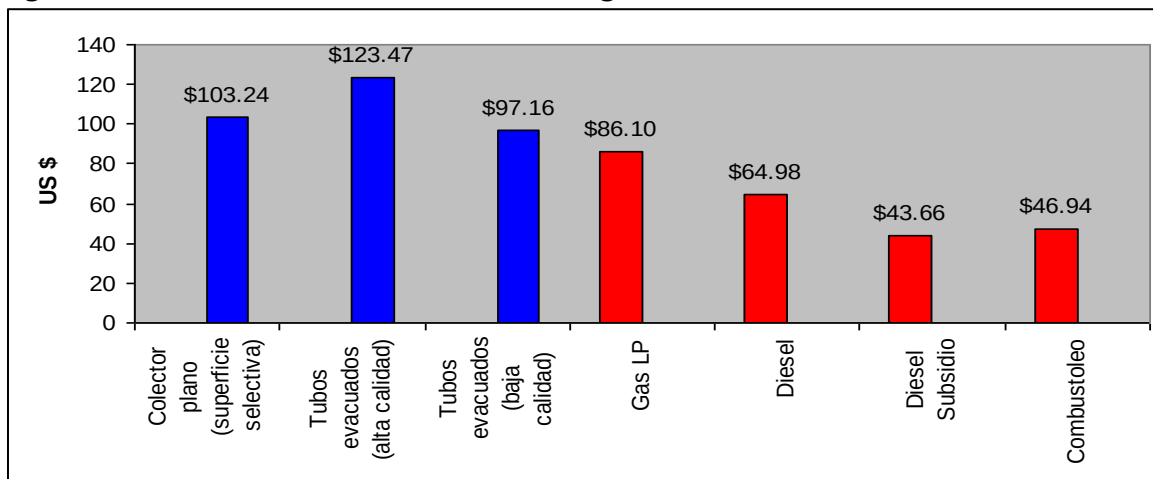
Tabla XI-10. Factores y valores considerados para calcular el costo unitario de calentamiento de agua.

Factor	Concepto secundario	Cantidades	Observaciones
Energía entregada	Volumen a calentar	10,000 litros	A 50° C y 90° C
	Incremento de temperatura	35 / 75 ° C	
	Energía entregada	1,465 / 3,140 Mjoules	
Eficiencia de calentamiento	Calentador de gas	70%	Se considera como promedio en la vida útil
	Calentador solar plano	50%	Este valor se considera para dimensionar el sistema @ 50° C
	Calentador solar tubos evacuados	57%	
Costo del combustible	Gas LP	0.8 US\$/kg	Precio promedio en 2005
	Diesel	0.54 US\$/L	
	Diesel Agropecuario	0.35 US\$/L	
Costo de los equipos	Calentador solar plano (superficie selectiva)	US\$ 35,040 / 168,000.00	Inversión en el equipo que entrega 10,000 litros de agua a 50° C y 90° C
	Calentador solar de tubos evacuados (cobre-vidrio)	US\$ 70,200 / 204,750	
	Calentador solar de tubos evacuados (vidrio-vidrio)	US\$ 32,400 / 82,500	
Vida útil de los equipos	Calentador solar plano	20 años	-
	Calentador solar de tubos evacuados (cobre-vidrio)	30 años	
	Calentador solar de tubos evacuados (vidrio-vidrio)	10 años	
Tasa de interés		16.3	-

Estableciendo los costos unitarios con los valores referidos arriba se tienen resultados distintos para las diferentes alternativas consideradas.

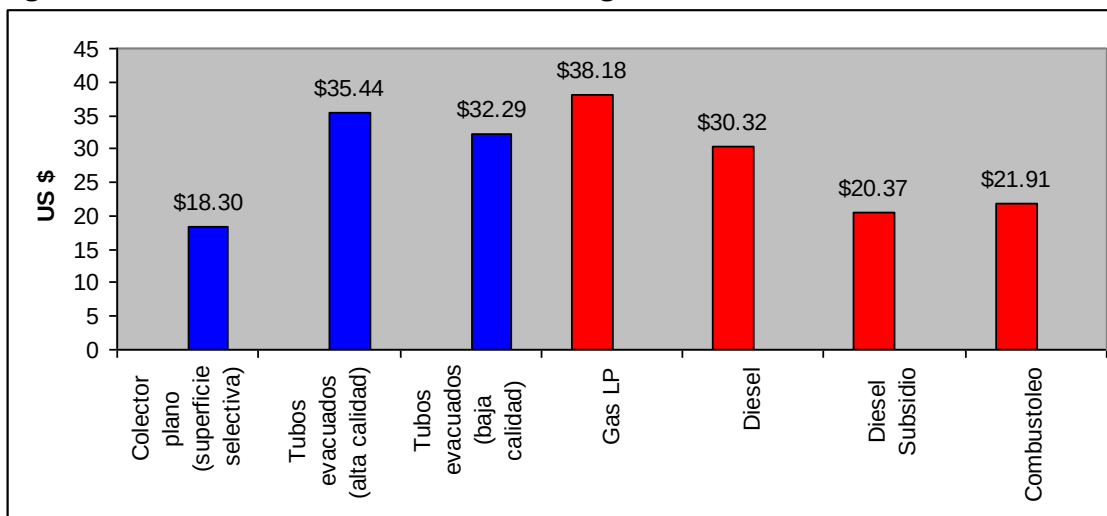
Calentamiento directo. El calentamiento directo supone que el agua pasa directamente del colector a la aplicación. Para calentar 10,000 litros de agua a 90° C, la tecnología de calentamiento solar que representa la menor costo unitario es la de tubos evacuados de baja calidad (que requieren varias reposiciones a lo largo de su vida útil). Sin embargo, no es más barata que la alternativa de sistemas convencionales, donde el de menor costo unitario es el de calderas con diesel subsidiado (Fig.XI-4).

Figura XI-4. Costo de calentar 10,000 litros de agua a 90° C con diversas alternativas



Precalentamiento. Para calentar 10,000 litros de agua a 50° C el calentador solar plano con superficie selectiva tiene el menor costo unitario (\$18.3) mientras que el gas LP tiene el mayor costo unitario (\$38.18) (Fig. XI-5).

Figura XI-5. Costo de calentar 10,000 litros de agua a 50° C con diversas alternativas



f. Inversión

Las inversiones necesarias para instalaciones de rastros se establecen a partir del área que se requiere para calentar un volumen de agua para dos capacidades de dos tipos de animales. Así, para precalentar agua a 50° C en un rastro que maneja 1,000 cabezas diarias de ganado bovino se requieren poco más de 1,500 metros cuadrados para cualquiera de las tecnologías (Tabla XI-11).

Tabla XI-11. Área de instalación por tipo de ganado y de colector solar para precalentamiento de agua a 50° C

Tipo de Ganado	Cabezas	Volumen de agua caliente m ³ /dia	Tipo de colector		
			Colector plano	Tubos evacuados (alta calidad)	Tubos evacuados (baja calidad)
Porcino	300	5.6	59.1	60.75	60.8
	1,000	18.8	196.9	202.5	202.5
Bovino	300	45	472.5	486.0	486
	1,000	150	1,575.0	1,620.0	1,620.0

A su vez, las inversiones necesarias para el sistema de precalentamiento varían de acuerdo a los costos de la tecnología, resultando que la que requiere menor inversión es la de tubos evacuados de baja calidad (con vida útil estimada en 10 años) con un costo cercano al medio millón de pesos (Tabla XI-12).

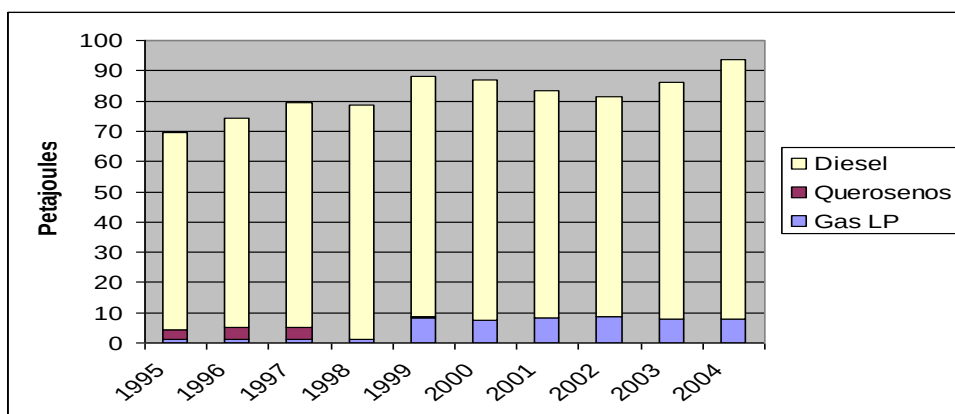
Tabla XI-12. Costo de la Inversión de instalación por tipo de ganado y de colector solar para precalentamiento de agua a 50 oC (US\$)

Tipo de Ganado	Cabezas	Colector plano	Tubos evacuados (alta calidad)	Tubos evacuados (baja calidad)
Porcino	300	\$ 19,710	\$ 39,488	\$ 18,225
	1,000	\$ 65,700	\$ 131,625	\$ 60,750
Bovino	300	\$ 157,680	\$ 315,900	\$ 145,800
	1,000	\$ 525,600	\$1,053,000	\$ 486,000

g. Mercado potencial

El consumo de combustibles en el sector agropecuario de México (querosenos, gas LP y diesel) es de 93.52 Pjoules (Fig. XI-6).

Figura XI-6. Consumo de combustibles en el sector agropecuario.

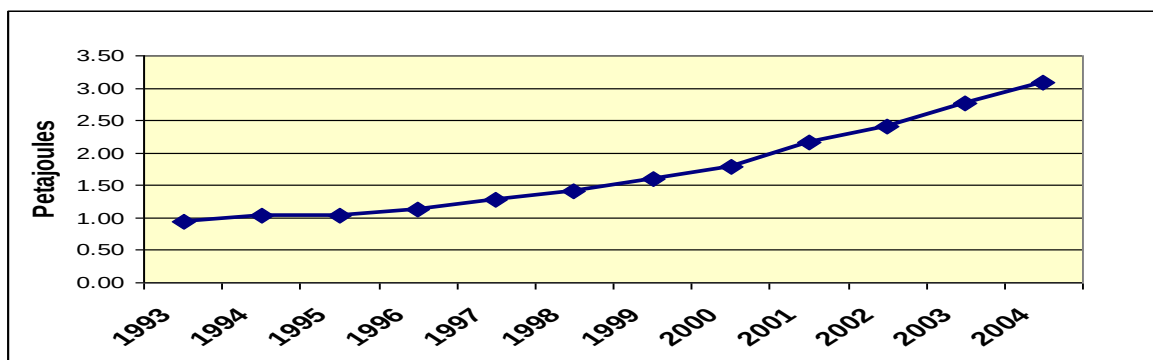


Fuente: Balance Nacional de Energía 2004, México

Este consumo integra muchas aplicaciones y no existe información sobre lo que se aplica a calentamiento de agua.

Como comparación, el conjunto de sistemas que están instalados en México para el calentamiento solar (principalmente en casas y hoteles) representa apenas el 3% de lo que se reporta consume el sector agropecuario.

Figura XI-7. Calor entregado por calentadores solares en México, 1993 a 2004.



Fuente: Balance Nacional de Energía 2004, México

Esto nos refiere al gran potencial que se tiene de sustitución de combustibles fósiles por energía solar en el medio rural.

A su vez, considerando los universos de unidades productivas podemos establecer algunos mercados potenciales.

De los 1.27 millones unidades de producción rural, alrededor del 30% (380 mil) están dedicadas a la ganadería con aproximadamente 30 millones de cabezas de ganado. De éstas, el 23% (cerca de 90 mil) operan en establos.

También se estima que el 54% de los 297 mil establos lecheros tienen más de 265 vacas en promedio y son considerados de carácter intensivo. Esto daría cerca de 160 mil instalaciones como posible mercado de calentamiento solar de agua.

En lo que corresponde a rastros, los de Tipo Inspección Federal (TIF) ascienden a 53 establecimientos. Con respecto a los rastros municipales y particulares, no se cuenta con información precisa pero algunas estimaciones señalan que el número de rastros municipales es de más de 2 mil establecimientos.

Por lo tanto, de manera general se puede considerar que, en el contexto de usos para la ganadería, el mercado potencial es, en números redondos, de 150,000 instalaciones que pueden ser consideradas para utilizar calentamiento solar de agua.

g. Conclusiones y recomendaciones

Para precalentar agua a 50° C en un rastro que maneja 1,000 cabezas diarias de ganado bovino se requieren poco más de 1,500 metros cuadrados de captación solar, lo que requiere una inversión que puede ir de medio millón (tubos evacuados de baja calidad) a un millón de pesos (tubos evacuados de alta calidad).

Para calentar 10,000 litros de agua a 90° C, la tecnología de calentamiento solar más barata como inversión inicial es la de tubos evacuados de baja calidad (que requieren varias reposiciones a lo largo de su vida útil). Sin embargo, no es más económica que la alternativa de sistemas convencionales, donde el más económico es el de calderas con diesel subsidiado.

Como costo unitario, para calentar 10,000 litros de agua a 50° C (como precalentamiento) el calentador solar plano con superficie selectiva tiene el menor costo unitario de calentamiento mientras que el gas LP tiene el mayor costo unitario.

De manera general, se puede considerar que, en el contexto de usos para la ganadería, el mercado potencial es, en números redondos, de 150,000 instalaciones que pueden ser consideradas para utilizar calentamiento solar de agua.

La rentabilidad del calentamiento solar depende de la aplicación y la mayor rentabilidad se logra como sistema de precalentamiento.

Las tasas de interés tienen un papel fundamental en el financiamiento de las instalaciones solares. Buscar los mecanismos para obtener tasas preferenciales es una tarea que garantiza el éxito del desarrollo de utilización solar en el sector.

Sin embargo, por la novedad de la tecnología y la poca experiencia y capacidad que se tiene en México, es muy recomendable que exista un intenso apoyo y supervisión técnica apoyada por el estado.

Igualmente, sería útil incluir esquemas de garantía a las inversiones, lo cual puede reducir el riesgo de las mismas.

XII. PRODUCCIÓN Y PROVECHAMIENTO DEL BIOGÁS

a. El biogás

El biogás es un gas combustible producido por bacterias en el proceso de biodegradación de material orgánico en condiciones anaeróbicas, es decir, sin oxígeno. Es una mezcla de gases en donde predomina el metano y el dióxido de carbono. El metano es el último eslabón en el proceso de biodegradación y es un gas inflamable que, mediante una sencilla adaptación, puede ser utilizado para ser quemado para obtener calor (Tabla XII-1).

Tabla XII-1. Composición del Biogásⁱⁱ

Gas	%
Metano CH ₄	55 - 70
Dióxido de Carbono CO ₂	35 - 40
Hidrógeno H ₂	1 - 3
Nitrógeno N ₂	0.5 - 3
Sulfuro de hidrógeno	0.1
Vapor de agua	Trazas

En términos energéticos un metro cúbico de biogás (con 60% de metano) representa 21,600 Kilojoules lo que equivale aⁱⁱⁱ:

- 0.71 litros de gasolina
- 0.55 litros de diesel
- 0.45 litros de gas licuado de petróleo
- 1.85 kilos de leña con 10% de humedad

Proceso de producción del biogás

La producción de biogás a través de la digestión anaeróbica depende de las características y tipo de la materia orgánica, así como de la cantidad de la misma. En términos generales, el biogás puede ser obtenido de las aguas residuales orgánicas y de residuos orgánicos sólidos, como el estiércol, desechos de pastos o desechos urbanos (basura).

La fermentación anaeróbica (fermentación microbiana en ausencia del aire) es un proceso natural que ocurre en forma espontánea en la naturaleza y forma parte del ciclo biológico. De esta forma podemos encontrar el llamado "gas de los pantanos" que brota en aguas estancadas, el gas natural metano de los yacimientos petrolíferos, así como el gas producido en el tracto digestivo de los rumiantes como los bovinos. En todos estos procesos intervienen las denominadas bacterias metanogénicas.

La fermentación anaeróbica involucra a un complejo número de microorganismos de distintos tipos, los cuales pueden ser divididos en tres grandes grupos principales, siendo cada grupo responsable de las tres etapas en que se divide el proceso de biodigestión. La producción de metano es la última parte del proceso y no ocurre si no han actuado los primeros dos grupos de microorganismos.

- *Fase de hidrólisis.* Las bacterias de esta primera etapa toman la materia orgánica virgen con sus cadenas de estructuras carbonadas y las van rompiendo y transformando en cadenas más cortas y simples (ácidos orgánicos), liberando hidrógeno y dióxido de carbono. Este trabajo es llevado a cabo por un complejo de microorganismos de distintos tipos que son en su gran mayoría anaerobios facultativos. En esta fase, los carbohidratos o polisacáridos (almidón, celulosa, etc.), los lípidos o grasa y las proteínas son reducidos a moléculas más simples.
- *Fase de acidificación o de formación de ácidos o acidogénesis.* Esta etapa la llevan a cabo las bacterias acetogénicas y realizan la degradación de los ácidos orgánicos llevándolos al grupo acético y liberando como productos hidrógeno y bióxido de carbono. Esta reacción es endoexergética pues demanda energía para ser realizada y es posible gracias a la estrecha relación simbiótica con las bacterias metanogénicas que substraen los productos finales del medio minimizando la concentración de los mismos en la cercanía de las bacterias acetogénicas. Esta baja concentración de productos finales es la que activa la reacción y actividad de estas bacterias, haciendo posible la degradación manteniendo el equilibrio energético.
- *Fase metanogénica ó de formación de metano.* Las bacterias que intervienen en esta etapa pertenecen al grupo de las arqueobacterias y poseen características únicas que las diferencian de todo el resto de las bacterias, por lo cual se cree que pertenecen a uno de los géneros más primitivos de vida colonizadoras de la superficie terrestre. Aquí, los productos de la fase de acidogénesis, son convertidos a metano, bióxido de carbono y otros gases. A esta mezcla se le llama biogás.

La composición de la mezcla de los gases que se obtienen del proceso anterior depende de las características y tipo de la materia orgánica, variando el contenido de metano de 45 a 80% (Tabla XII-2).

Tabla XII-2 Componentes del biogás en función del substrato utilizado^{iv}

Componente	Residuos Agrícolas	Lodos de depuradora	Residuos Industriales	Gas de vertedero
Metano	50-80%	50-80%	50-70%	45-65%
Dióxido de carbono	30-50%	20-50%	30-50%	34-55%
Agua	Saturado	Saturado	Saturado	Saturado
Hidrógeno	0-2%	0-5%	0-2%	0-1%
Sulfuro de hidrógeno	100-700 ppm	0-1%	0-8%	0.5-100 ppm
Amoníaco	Trazas	Trazas	Trazas	Trazas
Monóxido de carbono	0-1%	0-1%	0-1%	Trazas
Nitrógeno	0-1%	0-3%	0-1%	0-20%
Oxígeno	0-1%	0-1%	0-1%	0-5%
Compuestos orgánicos	Trazas	Trazas	Trazas	5 ppm*

*terpenos, esteroides,...

En el caso del proceso de generación del biogás mediante excretas este trae, como subproducto adicional a la energía, el de biofertilizantes (o bioabono). Estos últimos, cuando son residuos generados por el proceso anaeróbico, tienen mayor riqueza nutricional que los producidos por la biodegradación aeróbica. La composición del bioabono se estima en promedio en 8.5% de materia

orgánica, 2.65 de nitrógeno, 1.5 de fósforo, 1.0% de potasio y un pH de 7.5. El bioabono sólido o líquido no posee olor, no deja residuos tóxicos en el suelo, eleva la calidad del mismo y compite con los fertilizantes químicos tradicionales.^v

b. Descripción de la tecnología para la producción de biogás^{vi}

La tecnología utilizada para convertir los residuos sólidos y líquidos en biogás es el biodigestor, que es donde ocurren los procesos de fermentación anaeróbica referidos arriba.

Las variables más importantes en la producción de biogás, son el tipo de sustrato o nutrientes disponibles, la temperatura del sustrato, la carga volumétrica, el tiempo de retención, el grado de mezclado y la presencia de inhibidores del proceso. Por lo mismo, para controlar este proceso se han desarrollado diversos modelos de digestores que responden a las características de la materia prima a utilizar, la aplicación que se le dará al biogás, las exigencias de los niveles de descontaminación, y el costo-beneficio de los equipos, entre otros.

La clasificación de digestores de una forma simplificada, y considerando los más sencillos hasta los de alta eficiencia se muestra en la Tabla XII-3.

Tabla XII-3. Tipos de digestores de acuerdo a la variable determinante

VARIABLE	TIPO DE SISTEMA
Frecuencia de la carga	• Sistema por lotes • Sistema continuo o semicontinuo ○ Digestores tipo hindú ○ Digestores tipo chino
Intensidad de Mezcla	• Mezcla completa • Mezcla Parcial o Nula
Manejo del sustrato	• Contacto anaeróbico • U.A.S.B.: (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) • Lecho fluidizado • Filtro anaeróbico
Manejo bioquímico	• Una etapa • Dos etapas

A continuación se describen los diversos tipos de digestores.

Sistema por lotes

Se caracteriza por que se carga de una vez en forma total o por intervalos durante varios días y la descarga se efectúa cuando se ha dejado de producir biogás. Normalmente consisten en tanques herméticos con una salida de gas conectada a un gasómetro flotante, donde se almacena el gas.

Este sistema es aplicable preferentemente cuando se desea procesar materia orgánica que presente problemas de manejo en un sistema continuo o cuando la materia orgánica esta disponible en forma intermitente. Este tipo de digestor es apropiado cuando a nivel de laboratorio se desean evaluar los parámetros del proceso o el comportamiento de un desecho.

Sistema continuo o semicontinuo

En este tipo de digestores el volumen que ingresa desplaza una cantidad equivalente de efluente que se evacua por la salida. De este modo el volumen del substrato en la cámara de digestión se mantiene constante. Los digestores continuos se cargan generalmente en forma diaria y a diferencia de los semicontinuos, se descargan totalmente una o dos veces por año, lo que generalmente coincide con el período de siembra para aprovechar el poder fertilizante de los residuos de la digestión y de los lodos fermentados. Parte de estos últimos es utilizada en el nuevo arranque.

La mayor parte de los digestores en operación en el mundo pertenecen a esta categoría y existen dentro de ella enormes variaciones sobre el mismo principio.

El semicontinuo es el tipo de digestor más usado en el medio rural, cuando se trata de sistemas pequeños para uso doméstico. De éstos, los sistemas más populares son el hindú y el chino.

- *Digestores tipo hindú.* Existen varios diseños de este tipo de digestores, pero en general son verticales y enterrados. Se cargan por gravedad una vez al día, con un volumen de mezcla que depende del tiempo de fermentación o digestión y producen una cantidad diaria de biogás más o menos constante si se mantienen las condiciones de operación. En la parte superior del pozo flota una campana donde se almacena el gas para su uso. En esta forma la presión del gas sobre la superficie de la mezcla es muy baja. Con esta campana se logra además una presión constante, lo cual permite una operación eficiente de los equipos a los que alimenta. En caso de requerirse una presión mayor, simplemente se adicionan pesos sobre la campana en forma simétrica. El digestor se construye normalmente de ladrillos o bloques de hormigón, revestidos de cemento pulido para evitar filtraciones. La campana se construye de acero, fibra de vidrio u otros materiales que no permitan la fuga de gas.
- *Digestores tipo chino.* Los digestores este tipo son recipientes redondos y achatados con el techo y con piso en forma de domo. Se construyen enterrados y trabajan bajo el principio de hidropresión. En este tipo de digestor no se utiliza gasómetro o campana móvil. El biogás se almacena dentro del digestor junto al material a digerir. Al iniciar el proceso, el digestor se carga de residuos agrícolas, comportados y mezclados con lodos activos de otro digestor. Una vez cargado, se va alimentando diariamente con los desechos disponibles provenientes de la letrina y del establo, a través del tubo de carga.

Intensidad de mezcla

- *Mezcla completa.* En estos digestores se busca que la materia prima en fermentación dentro de la cámara se mezcle en forma total, generalmente con frecuencia diaria. Esta acción asegura una distribución uniforme de la temperatura en todo el volumen del digestor. Existen diversos medios para lograr este fin. Uno de ellos es por agitación de líquidos mediante bombas internas o externas al digestor y otro por la reinyección de biogás dentro de la cámara produciendo un intenso burbujeo. Se debe tener mucho cuidado en la intensidad y periodicidad de la agitación, para no afectar el delicado equilibrio bacteriano.
- *Mezclado Parcial.* En este grupo se encuentran los pequeños digestores rurales en los cuales los métodos de agitación son muy rudimentarios (agitadores del tipo manual o rotación de la campana gasométrica). La agitación se lleva a cabo con el fin de evitar la formación de una costra, la cual puede perjudicar gravemente el funcionamiento del

digestor. En otros casos, como en los digestores del tipo horizontal, la agitación se logra mediante la circulación de la materia prima dentro de la cámara de digestión provista de una serie de tabiques. El flujo puede ser también ascendente o descendente, lo que dependerá de la ubicación de las cañerías de entrada y salida del sustrato.

Manejo del sustrato

- *Contacto anaeróbico.* Tanto en este como en los siguientes sistemas se ha buscado algún medio para retener la mayor cantidad de bacterias activas dentro de la cámara de digestión a fin de lograr menores tiempos de retención y consecuentemente menores volúmenes de digestor para tratar la misma cantidad de biomasa. En estos digestores la pileta de sedimentación a la salida de los mismos le da la posibilidad a las bacterias que han salido con el efluente a asentarse y decantar para luego ser reintroducidas en forma de lodo, mezclado con material de carga como inoculo. Otro puede ser un separador de membranas, que no hace otra cosa que filtrar las bacterias, proceso que se realiza mediante un bombeo externo del lodo de la parte inferior hacia la superior.
- *U.A.S.B.: (Upflow Anaerobic Sludge Blanket).* El digestor de capa de lodo anaeróbico con flujo ascendente, posee en su interior separadores y mamparas estratégicamente ubicadas las que generan zonas de tranquilidad en las cuales las bacterias han conformado glomérulos (floculación) que sedimentan y así se evita que salgan con el efluente que es sacado por la parte superior de la cámara de carga. El UASB fue desarrollado en Holanda y es de alta eficiencia aunque tiene una estructura relativamente simple. Se emplea para aguas cloacales, líquidos residuales de la fermentación en la producción de alcoholes, y de lavaderos de lana, entre otros.
- *Lecho fluidizado.* En este tipo de digestor unas pequeñas partículas se mantienen en suspensión dentro de la cámara de digestión. Las bacterias se adhieren a estas partículas, que no son atacadas y salen con ellas. Mediante el filtrado del efluente se pueden recuperar estas partículas juntamente a las bacterias y se reintroducen en el digestor. Este tipo de reactor está poco difundido y las mayores referencias son de plantas a nivel laboratorio o piloto. Los hay de flujo ascendente y descendente.
- *Filtro anaeróbico.* Estos reactores tienen la particularidad de ser alargados, últimamente se está experimentando con filtros horizontales, pero los verticales siguen siendo más eficientes, en su interior poseen un medio fijo que puede estar constituido por cañerías reticuladas, piedra caliza, formas plásticas de gran relación superficie/volumen, etc. Sobre estos materiales no atacables se adhieren las bacterias y así se evita su pérdida, que disminuye notablemente los tiempos de retención. Existen dos variantes: de flujo ascendente y de flujo descendente. Debido a estos elementos filtrantes ubicados dentro de la cámara de digestión, no admiten líquidos con material insoluble en suspensión ya que dichos sólidos bloquearían el pasaje del sustrato.

Manejo bioquímico

- *Una etapa.* Todos los tipos de digestores arriba citados se agrupan en esta categoría debido a que todas las etapas de la digestión anaeróbica se cumplen en una única cámara, en la cual todas las bacterias están sometidas a las mismas condiciones.

- *Dos etapas.* En estos reactores se ha dividido en dos cámaras de digestión separadas, donde en la primera se desarrolla la etapa acidogénica y en la segunda la acética y la metanogénica. Esto permite optimizar las condiciones de desarrollo de cada tipo de bacterias y extraer los sólidos indigeribles antes que pasen a la etapa metanogénica. Estos digestores no han sobrepasado la etapa experimental y de plantas piloto y aún resta solucionar una serie de problemas de funcionamiento a gran escala para llegar a una amplia difusión.

c. Producción unitaria de biogás.

Producción unitaria de excretas

La calidad y cantidad de estiércol producido depende de la edad del animal, su tamaño y peso¹⁹. El tipo de dieta es otro factor que influye en la determinación de la cantidad de excretas (por ejemplo, el ganado alimentado con dietas altas en concentrado no producirá tanto estiércol como el alimentado con dietas altas en fibra).

Cuando el contenido de sólidos en el estiércol es de 20-25% se considera sólido, cuando el contenido de sólidos es de 10-20% se define como semisólido, y cuando el contenido es de 0-10% se considera líquido.

Para los cálculos de peso de estiércol por animal se tomó como base los parámetros del un trabajo relacionado con el Programa de Evaluación de la Granja de la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S. EPA). Para poder relacionar estos parámetros con la información de inventarios del SIAP se analizó la media ponderada de pesos de estiércol por especie pecuaria, con relación al tamaño en peso del animal, que para el caso de ganado lechero fue de 37.15 kg; para bovinos de carne 26.24 kg; y para cerdos de 4.21kg (sin considerar el concepto de cerda y camada). Para el caso de bovino lecheros se ajustó el peso promedio en función de un rango de entre 227 a 424 kg, dado que estos pesos supuestos serían los prevalecientes en los establos (Tabla XII-4).

Tabla XII-4. Producción promedio diaria de estiércol húmedo por especies

Especies	Producción promedio diaria de estiércol húmedo (Kg)
Bovino p/carne	26.24
Bovino p/leche	27.9
Porcino	4.21
Ovino	1.81
Caprino	1.81
Aves p/carne	0.06
Aves p/huevo	0.09

¹⁹ Algunas estimaciones indican que la cantidad de estiércol producida por un día es el 8% del peso del animal

Producción unitaria de biogás

El volumen de biogás que se puede producir es función de las características de las especies de animales y de las calidades y cantidades de estiércol. Cabe señalar que el tratamiento que se le da a las excretas es factor principal en cuanto a la cantidad de biogás producido. Los índices de producción de biogás en función de peso de excretas secas varía de 0.33 a 0.7 m³ por kilogramo de excreta seca (Tabla XII-6).

**Tabla XII 6. Producción de biogás a partir de desechos sólidos
(Valores característicos)**

Tipo de residuo	Producción de Biogás (60% metano) m³/Kg material seco
Estiércol vacuno	0.33
Estiércol de gallina	0.50
Estiércol de cerdo	0.70

Los valores de producción de gas ajustados a condiciones de excreta húmeda y que consideran las eficiencias de producción de los biodigestores son cerca de diez veces menores a los que se establecen para excreta seca sin procesar. En otras palabras, el volumen de gas útil (que puede usarse como combustible) es proporcionalmente menor al gas generado (Tabla XII-7).

**Tabla XII-7. Producción típica de biogás útil²⁰ por Kg
de excretas en biodigestores**

Tipo	Cantidad (m³ de biogás por kg)
Vacuno	0.04
Porcino	0.08
Bufalo	0.03
Avícola	0.04
Humano	0.07

²⁰ Se refiere al biogás que se puede aprovechar como combustible.

Es importante anotar que se estima que para que una planta de producción de biogás empiece a ser rentable la producción ha de ser superior a 30 m³ de biogás/tonelada métrica de residuo tratado. El nivel mínimo de producción es difícil de conseguir con los residuos ganaderos.

Producción unitaria de metano

El volumen de metano, a su vez, también varía según la especie, aunque en un rango de va de 55 a 70%, siendo los valores más altos los que corresponden a la especie porcina (Tabla XII-8).

Tabla XII-8. Porcentaje de metano en el biogás según el animal productor de las deyecciones.^{vii}

Tipo de Animal	%CH ₄
Terneros	55-60
Vacas	55-60
Porcino engorde	68-70
Gallinas ponedoras	65-70

Como gas de efecto de invernadero, el metano tiene el efecto equivalente, por peso, de 21 veces lo que tiene el dióxido de carbono. Cada metro cúbico de biogás pesa 1.037 kg. Por lo mismo, por cada mil metros cúbicos de gas metano que se evita ser emitido a la atmósfera.

Tabla XII-9. Porcentaje de metano en el biogás según el animal productor de las deyecciones.^{viii}

Tipo	Producción promedio diaria de estiércol húmedo (Kg/día-cabeza))	Cantidad de biogás útil ²¹ (m3/ kg)	%CH ₄	Cantidad de metano (m3/día-cabeza)	Peso del metano (kg día-cabeza)
Vacuno	26.24	0.04	55	.577	0.598
Porcino	4.21	0.08	55	.185	0.192
Avícola	0.08	0.04	65	.002	0.002

d. Aplicaciones en agronegocios

Para fines prácticos de este estudio, interesa el biogás en términos de su capacidad de ser utilizado en fines productivos dentro del sector agropecuario. En particular, se abordara la potencialidad del biogás generado a partir de las excretas animales y, en su caso, de los desechos generados en los rastros.

En la actualidad se ha presentado una demanda por el aprovechamiento de biogás en diversos usos y aplicaciones, además de la necesidad de resolver problemas ambientales, relacionados con la reducción de olores y vectores de transmisión de enfermedades que conlleva este aprovechamiento.

²¹ Se refiere al biogás que se puede aprovechar como combustible.



Dentro de las principales motivaciones para el consumo de biogás destacan:

- Su uso para la quema directa, mediante convenios con empresas dedicadas a la comercialización de los denominados “bonos de carbono”, mediante el desarrollo de proyectos bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) a partir del estiércol.
- Su aprovechamiento para la generación de energía eléctrica y calórica
- Su aprovechamiento directo para iluminación y uso directo para la cocción de alimentos.
- Su aprovechamiento para la generación de electricidad y calor en rastros, mediante el procesamiento de desechos de vísceras, intestinos y sangre de los animales.

e. Mercado potencial

El mercado potencial para instalaciones que pueden producir y aprovechar el biogás está en función del universo de animales productores de excretas y en términos de la forma en los que éstos se agrupan (de manera que la acumulación y el manejo de las excretas pueden ser económicos).

Para obtener esta información existen dos fuentes oficiales fundamentales: la de los Resultados Definitivos del VII Censo Agrícola – Ganadero de los Estados Unidos Mexicanos 1991. INEGI y la de Sistema Integral de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), de la SAGARPA.

En la primera fuente, el problema es que la información no ha sido actualizada, ya que hasta la fecha no se ha elaborado el nuevo Censo Agrícola – Ganadero; Censo que en teoría debe ser publicado cada 10 años.

En la segunda fuente, la información del SIAP, el dato más reciente se refiere a los datos preliminares de 2003 (con información proveniente de las Delegaciones Estatales de la SAGARPA), cuya estructura solamente contempla número de animales y entidades federativas, sin establecer ninguna relación con sistemas productivos, niveles de tecnificación y número de unidades productivas. Quizá esto entendible por que estos niveles de desagregación, se supone, deben ser atendidos con información Censal.

En ambas fuentes, y dado que la contabilidad de existencias de ganado implica una “fotografía” en el momento de su realización o levantamiento, la interpretación de los ciclos productivos por especie-producto dentro de la mencionada contabilidad es uno de los factores limitantes para realizar buenas estimaciones.

En número de animales

De acuerdo a las fuentes citadas, en México la población total de especies de mamíferos (bovino, porcino, ovino y caprino) que forman parte de la agroindustria y que pueden ser considerados para la producción de biogás superan los 60 millones de cabezas. A su vez, las aves domesticadas superan los 350 millones (Tabla XII-10).



Tabla XII-10. Inventarios de especies pecuarias (Datos de 1999)

Especie	Millones de cabezas
Bovino p/carne	28.31
Bovino p/leche	1.86
Subtotal bovino	30.17
Porcino	15.75
Ovino	5.95
Caprino	9.07
Aves p/carne	222.01
Aves p/huevo	144.07
Subtotal aves	366.08

Fuente www.sagarpa.gob.mx

Por instalaciones que manejan animales

Dado que a los animales de las especies ovina y caprina se les maneja en rebaños que se pastorean—lo que no permite realizar un manejo adecuado de las excretas—no se considerarán en la parte subsecuente del presente análisis. Igualmente, tampoco se tomará en cuenta a las aves, ya que sus excretas tienen mayor valor de mercado al venderse como alimento para animales.

Por otro lado, es lógico suponer que en la ganadería bovina extensiva de carne y doble propósito no es fácil manejar y aprovechar sus excretas para generación de biogás. Similar situación se presenta en la porcicultura cuando la atomización de cerdos en el sistema familiar o traspasio dificulta el control de los desechos.

Para el caso de bovinos carne, la posibilidad de aprovechar las excretas solo se puede dar en los animales que se encuentran en corral. Si bien no existe información disponible sobre corrales de engorda, se estima que el número de animales, con respecto al inventario de los mismos, se encuentra en un rango de entre 3 millones y 1.8 millones de animales en engorda^{ix}. Para fines de este trabajo se considera que la cifra de 1.8 millones podría estar más cercana a la realidad. La estimación supone que los animales permanecen en el corral para su ceba, durante un periodo de 120 días en promedio.

A su vez, cada especie tiene subconjuntos de agrupaciones y/o instalaciones de animales. En este sentido identificamos tres universos: establos lecheros, granjas porcinas y rastros.

Establos Lecheros. De acuerdo a las fuentes de información más recientes, las existencias de vientres bovinos para la producción de leche ascendía a poco más de 1.9 millones cabezas, distribuidas en 297 mil unidades de producción, cuya estructura se observa en el cuadro siguiente:

Tabla XII-11. Población de vientres bovinos por tipo de unidad productiva

Concepto	Unidades de Producción	Número de Unidades de Producción	Existencias (cabezas)
Total	Total	297,152	1,922,262
	Hasta 5 cabezas	91,740	152,239
	Más de 5 hasta 20 cabezas	127,950	472,142
	Más de 20 cabezas	77,462	1297,881
Urbanas	Urbanas	6,192	51,638
	Hasta 5 cabezas	1,206	2,592
	Más de 5 hasta 20 cabezas	3,621	15,935
	Más de 20 cabezas	1,365	33,111
Rurales	Rurales	290,960	1,870,624
	Hasta 5 cabezas	90,534	149,647
	Más de 5 hasta 20 cabezas	124,329	456,207
	Más de 20 cabezas	76,097	1,264,770

Si a estas unidades le restamos, las 3,000 unidades señaladas en el cuadro de demanda estimada de sistemas de biogás (que se supone tienen más de 500 animales), resultaría una demanda adicional de 197,426 unidades productivas que tendrían el potencial para el aprovechamiento de biogás en usos domésticos (iluminación y cocción de alimentos).

A su vez, otra clasificación refiere a tres universos de instalaciones: intensiva, familiar y de doble propósito, donde la primera manera 265 vacas en promedio, la segunda hasta 25 y la tercera 55 (Tabla XII-12).

Tabla XII-12. Categorías de producción de leche en México

Lechería	Hatos	Participación	Regiones
Intensiva	265 vacas en promedio	54%	Norte y Centro
Familiar	5 a 25 en promedio	31%	Jalisco, México, Michoacán, Guanajuato, Hidalgo, Sonora.
Doble propósito	55 vacas en promedio	15%	Chiapas, Veracruz, Jalisco, Guerrero, Guanajuato, Tabasco, Zacatecas, Nayarit, San Luis Potosí y Tamaulipas

Bajo este razonamiento, en el caso de la ganadería bovina lechera, los sistemas productivos donde existe mayor posibilidad de utilización del estiércol es el especializado (intensivo y dedicado nada más a la producción de leche) y el de doble propósito (también llamado semiespecializado). En consideración de la producción de leche, la participación de los sistemas productivos en este subsector es de 50.6% especializado, 21.3% semiespecializado, 18.3% doble propósito y 9.8% familiar.^x



En el caso de los establos lecheros es muy probable que los que se encuentran dentro del sistema de producción especializado, demanden el establecimiento de sistemas de biogás integrales dentro de sus unidades productivas y tengan capacidad económica de realizar proyectos de este tipo.

Esto es así, porque cuentan con un manejo sistemático de las excretas, que son una fuente abundante de materia prima y que es necesario tratarlas para evitar impactos ambientales.

Adicionalmente, dentro de este sistema productivo, la producción de leche se haya tecnificada mediante el uso de diversos equipo, que requieren de energía eléctrica para su funcionamiento, tales como ordeñadoras, tanques de frío, bombas, etc. Otro aspecto es que estas unidades productivas tienen la posibilidad de asociarse con empresas que comercializan bonos de carbono, con lo que pueden obtener ingresos por la quema de biogás. Dentro de este universo, los 1,860 establos presentan una demanda real muy visible.

No pasa así con los sistemas semiespecializados. De los 1,140 establos arriba referidos, pocos de ellos (los de menos de 300 vacas) cuentan con un manejo adecuado del estiércol para ser aprovechado en digestores. Algunos no cuenta con pisos de concreto en los establos. Otros cuentan con equipo básico, tales como pequeñas ordeñadoras y cámara de hielo.

Bajo esta situación, se estima que cerca del 30% de las explotaciones de este tipo estarían dispuestas a realizar un proyecto de biogás, en el corto plazo. Esto sería de aproximadamente 350 establos; y los restantes se incorporarían a largo plazo en cuanto verifiquen los beneficios que conlleva el uso del biogás.

Con relación los 197,426 establos pequeños (de 5 a 200 vacas), los niveles de utilización de biogás estarían en su aprovechamiento para usos domésticos como sería la cocción de alimentos e iluminación. Sólo en casos muy excepcionales se podría manejar la opción de generación de energía eléctrica.

Es probable que el 2% de estos establos pequeños pueda incorporarse a corto plazo a proyectos de aprovechamiento de biogás, lo que representaría cerca de 4,000 unidades productivas.

Granjas porcinas. En el caso de la porcicultura, y en función de su caracterización por su nivel tecnológico, existen básicamente tres sistemas: tecnificado, semitecnificado y de traspatio, cuya participación dentro de la producción nacional es de 58%, 12%, 30% respectivamente^{xi}. Las excretas aprovechables deben provenir de los sistemas tecnificado y semitecnificado, lo que equivale a 10.2 millones de cabezas^{xii}.

La porcicultura, después de la avicultura, es una de las actividades pecuarias más tecnificadas en el país.

El equipo que utilizan las granjas para sus actividades consiste en diversos motores para trabajar los equipos de ventilación y extracción de aire y de alimentación. El aprovechamiento del biogás para fines de generación de energía muestra su utilidad en estos aspectos. Adicionalmente las compañías dedicadas a la comercialización de bonos de carbono han enfocado sus proyectos a las granjas porcinas, ya que estas son una fuente constante de excretas.

Uno de los grandes problemas que enfrentan las granjas porcinas tecnificadas y semitecnificadas es el relacionado con la contaminación de los cuerpos de agua, por lo que requerirán de sistemas de tratamiento de desechos que atiendan el cumplimiento de la normatividad sobre aguas residuales; y la opción más viable, que además les dará beneficios en la instalación de biodigestores

Por tanto, las 1,500 granjas porcinas ya mencionadas demandan realmente este tipo de sistemas.

Rastros. En México se sacrifican cerca de 14 millones de animales al año, de los cuales poco más de 6 millones se sacrifican en rastros Tipo Inspección Federal (TIF) y el resto en rastros municipales. El total de animales sacrificados de especie bovina llega a poco más de 4.3 millones, mientras que 9.1 millones son de especie porcina (Tabla XII-13).

Tabla XII-13. Animales sacrificados en rastros en México (miles de cabezas)

Ganado Sacrificado	Rastros TIF cabezas	Rastros Municipales cabezas	Total Rastros cabezas
Bovino	1,536	2,830	4,366
Porcino	4,507	4,624	9,131
Ovino	9	175	183
Caprino	22	194	216
Equino	25	n/d	25
TOTAL	6,099	7,823	13,922

Los rastros TIF son buenos candidatos a ser demandantes de sistemas de biogás. Esto es así porque sus procesos productivos y su incorporación dentro del mercado nacional e internacional requieren de certificaciones de calidad. Además, los beneficios del aprovechamiento del biogás para generación de electricidad les permitirán utilizar energía para sus procesos de frío, escaldado e iluminación. De hecho, en los proyectos de construcción de rastros TIF nuevos, se ven casos que ya prevén la incorporación de dichos sistemas.

Respecto a los rastros municipales, se tiene conocimiento que algunos de ellos están interesados en incorporar digestores para el tratamiento de sus desechos. Principalmente aquellos que están siendo absorbidos por la mancha urbana.

Por lo mismo, el universo de animales con potencial de producción de biogás para uso energético se limita cerca de 17.6 millones de cabezas (Tabla XII-14).

El ganado del país es sacrificado en rastros Tipo Inspección Federal (TIF), municipales y particulares. Sobre el número de rastros a nivel nacional, los rastros TIF ascienden a 53 establecimientos en donde se sacrifica ganado^{xiii}. Con respecto a los rastros municipales y particulares, no se cuenta con información precisa. Algunas estimaciones señalan que el número de rastros municipales es de más de 2 mil establecimientos.

Finalmente, en término de número de instalaciones, se estima un total de 8,163 (Tabla XII-15).

Tabla XII-14. Población de especies susceptibles para producción de biogás para usos energéticos (Datos de 1999)

Especie	Inventario (Millones de cabezas)
Bovinos Carne (en corrales)	1.8
Bovinos Leche (especializado y semiespecializado)	1.9
Total Bovinos	3.7
Porcinos (tecnificado y semitecnificado)	10.2
TOTAL	17.6

Tabla XII-15. Demanda real de sistemas de biogás

Tipo de unidad productiva	Demanda real de Sistemas de biogás
Establos especializados	1,860
Establos semiespecializados	350
Establos de 5 a 200 vacas	4,000
Granjas Porcinas	1500
Rastros TIF	53
Rastros Municipales	400
Total	8,163

Si bien la demanda real de 8,163 unidades productivas es un gran reto, en el largo plazo, el desarrollo de la tecnología de aprovechamiento de biogás y sus aplicaciones tenderá a ampliarse. Esto servirá como detonante para ir creando un mercado que actualmente esta eclosionando.

En producción de biogás aprovechable

Animales estabulados. De acuerdo a lo establecido arriba y asumiendo que cada kg de excreta de bovino se convierte en 0.04 m³ de biogás aprovechable para bovino y 0.08 m³/kg para porcino, el potencial de producción de biogás es de 2,650 millones de m³ de biogás (Tabla XII-16).

Tabla XII-16. Producción potencial de biogás aprovechable energéticamente para bovinos y porcinos estabulados.

Especies	Millones de cabezas	Excretas		Biogás	
		Kg/cabeza	Miles de Ton/día	Millones de m ³ /día	Millones de m ³ /año
Bovinos carne (corrales)	1.8	26.24	47.23	1.84	672.3
Bovinos leche	1.9	27.9	53.01	2.07	754.6
Porcinos	10.2	4.21	42.94	3.35	1,222.6
Total	13.9	-	143.18	7.26	2,649.5

Rastros. Tomando como base la información de sacrificio de ganado durante el 2004 y asumiendo que cada kg de excreta de bovino se convierte en 0.04 m³ de biogás aprovechable para bovino y aves, y 0.08 m³/kg para porcino, ovino y caprino, y que los animales pasan en promedio 2 días en los rastros, el potencial de producción de biogás se estima en cerca de 25 millones m³ al año (Tabla XII-17).

Tabla XII-17. Producción potencial de biogás aprovechable energéticamente para rastros.

Especie	Millones cabezas	Kg/cabeza	Miles de Ton/día	Millones de m ³ /día	Millones de m ³ /año
Bovino	4.37	25.00	109.15	4.26	8.51
Porcino	9.13	9.00	82.18	6.41	12.82
Ovino	0.18	5.00	0.92	0.07	0.14
Caprino	0.22	5.00	1.08	0.08	0.17
Equino	0.03	20.00	0.51	0.02	0.04
Aves	489.05	0.08	36.68	1.43	2.86
TOTAL	502.97	64.08	230.51	12.27	24.55

En resumen, el potencial total de biogás a nivel nacional, en consideración de la producción de biogás aprovechable, asciende a 2,714 millones de m³ de biogás al año, cuyos valores por especie animal se muestran el siguiente cuadro:

Tabla XII-18. Producción potencial de biogás aprovechable energéticamente.

Tipo de ganado	Nº de Cabezas (Millones)	Producción de Biogás (Millones de m ³ /año)
Unidades de producción aprovechables (Millones)		
Bovinos Carne	1.8	672.3
Bovinos Leche	1.9	754.6
Porcinos	10.2	1,222.6
<i>Subtotal</i>	<i>13.9</i>	2,649.5
Nº de animales sacrificados		
Bovino	4.4	8.5
Porcino	9.1	12.8
Ovino	0.2	0.1
Caprino	0.2	0.2
Equino	(25.5 mil)	0.0
Aves	489.0	2.9
<i>Subtotal</i>	<i>502.9</i>	24.6
GRAN TOTAL		2,674.1

f. La oferta de productos y servicios.

Proyectos recientes de empresas vinculadas con el Mecanismos de Desarrollo Limpio y de disminución de impactos ambientales vislumbran que en el corto plazo el biogás se este convirtiendo en un producto competitivo y que en el futuro puede sustituir a otros, como el caso de los combustibles fósiles y sus diferentes modalidades. En este contexto, la oferta potencial de bienes



y servicios de los nichos de mercado relacionados con los sistemas de biogás están creciendo aceleradamente.

Las tendencias del uso y aprovechamiento del biogás prevén una disminución de los GEI y en los problemas de impacto ambiental relacionados con el manejo de desechos agropecuarios; y por el lado de los consumidores potenciales, variaciones en los gastos, al generar ahorros en el consumo de energía e inclusive ingresos adicionales.

Uno de los problemas que se tiene en cuanto a la atención de la demanda, es que mucha de la tecnología para el aprovechamiento del biogás requiere de empresas extranjeras que la aplican a través de diversos paquetes tecnológicos. No se tiene a nivel nacional una industria que produzca sistemas de biogás, de forma sistemática. En tal sentido, las oportunidades que se tienen para aplicar esta tecnología hacen necesario el vincularse con organismos promotores de la tecnología, tanto a nivel internacional, como nacional.

Dentro de este grupo de oferentes destacan las empresas que se dedican a comercializar los aspectos relacionados con la eliminación de gases de efecto invernadero, consistentes en realizar inversiones en proyectos de generación de biogás para su quema y con ello colocar en el mercado los llamados “bonos de carbono”.

Otras empresas y consultorías se centran en promover la reducción de emisiones de gases de metano, provenientes de los desechos de las actividades ganaderas, en un marco de disminución de impacto ambiental, promoviendo el uso de sistemas para la recuperación de biogás, tales como los digestores anaeróbicos, para su uso en la producción de calor y energía eléctrica.

Por otra parte, algunas empresas nacionales y distribuidores de equipo de generación eléctrica, están iniciando su incursión en este tipo de mercado. Aquí cabe indicar que los motores-generadores, diseñados específicamente para utilizar como combustible al biogás son de importación. No obstante, a nivel nacional se han realizado adecuaciones de motores-generadores de combustible tradicionales, para que trabajen con biogás y existen ya empresas que están ofreciendo estos productos.

La magnitud del potencial de aprovechamiento de biogás y la demanda de sistemas de biogás en nuestro país, hace suponer que ésta no será cubierta en el corto plazo por los oferentes de bienes y servicios que proveen las empresas en el marco de los Mecanismos de Desarrollo Limpio, o de disminución de impacto ambiental.

En este sentido, se tendrá que ir promoviendo la ampliación de empresas oferentes de bienes y servicios que tengan como fin el aprovechamiento del biogás con fines productivos.

Ejemplos de empresas, proveedores y promotores.

Para atender la demanda existen empresas y proveedores que se dedican a ofrecer diversos bienes y servicios tales como los que se presentan en la Tabla XII-19.

Tabla XII-19

	Empresa	Actividad	Comentarios
1	<i>AgCert México Servicios Ambientales, S. de R.L. de C.V.</i>	Gestión integral de proyectos MDL	-
2	<i>EcoSecurities Ltd</i>	Gestión integral de proyectos MDL	-
3	<i>EcoMethane</i>	Gestión integral de proyectos MDL	-
4	<i>STM Power, Inc</i>	Fabricante de sistemas de cogeneración de electricidad	-
5	<i>Grupo GUASCOR</i>	Fabricante de toda una gama de motores de gas y sistemas de cogeneración	-
6	<i>MOPESA Motores Power, S.A</i>	Fabricante y proveedor de plantas generadoras de energía eléctrica que funcionan con Gas LP, Gas natural o Diesel	Produce la Planta Perkins de 60Kw y de 50 Kw; Voltaje 220/400 y 1,800 rpm
7	<i>Servicio Arias</i>	Adaptación de motores para que trabajen con biogás	Actualmente esta trabajando en motores marca Coleman / Briggs, de 5 kw, 10 Kw, 15 Kw, 20 Kw y 50 Kw.

Precios de los equipos

Los sistemas de biogás demandados consideran las capacidades de producción de desechos, las características del equipo y sus precios, y las potencialidades de demanda de energía eléctrica.

Para fines de estimación de precios de demanda, se consideró el precio más reducido informado por algunos proveedores. Las razones fueron las siguientes:

- No existen registros sistemáticos de precios de sistemas de biogás de los fabricantes o proveedores que abastecen estos bienes en nuestro país.
- El precio más barato influye en la indeferencia del consumidor, ya que sólo tendría una canasta de bienes elegibles, en términos de precio. Por lo tanto, este consumidor sui generis, en forma hipotética, no puede sustituir bienes.
- El supuesto es de precios constantes. Solamente los niveles de ingreso de los demandantes pueden influir en sus cambios.

Precios de Digestores. El precio de digestores varía significativamente y depende de tipo de animal, de su tamaño y de su número. De acuerdo a experiencias internacionales, estos varían de 120 a 1,300 miles de dólares americanos (Tabla XII-20).

Tabla XII-20. Costos estimado de digestor de acuerdo al tipo de operación^{xiv}
(Miles de US\$)

Tipo de operación	Categoría	N° de animales	Bajo	Medio	Alto
Cerdos	Pequeña	5,000	120	180	240
Cerdos	Grande	20,000	375	562	750
Vacas Lecheras	Pequeña	1,000	235	352	470
Vacas lecheras	Grande	4,000	650	975	1,300

Precios de motores generadores. El precio de los equipos para generación de electricidad está en función de la capacidad requerida lo cual, a su vez, está determinado por el tamaño de la operación (Tabla XII-21), éste varía entre 2,900 y 3,500 \$M.N./KW.

Tabla XII-21. Costos de equipos de generación eléctrica^{xv}
(Miles de US\$)

Tipo de motor				
	Tamaño (kW)	Marca	Precio (Moneda Nacional)	Precio (En otra moneda)
1	5	Colema/Briggs	15, 000	-
2	10	Colema/Briggs	33,000	-
3	15	Colema/Briggs	-	US\$4,400
4	20	Colema/Briggs	-	US\$8,500
5	50	Colema/Briggs	-	US\$13,000
6	50	Planta Perkins	176,500	-
7	55	Sproesser	-	Unidad Básica más accesorios US\$88,540.00
8	60	Planta Perkins	191,500	-
9	170	Motor a Biogás Guascor FG180	-	337,861 Euros

Comercialización

La movilidad y circulación de los bienes y servicios relacionados con los sistemas de biogás o algunos de sus componentes se encuentran muy limitadas y en proceso de desarrollo.

Si bien la demanda para el uso de las tecnologías de biogás es manifiesta, existen pocas empresas que promuevan la venta de bienes o servicios, y muchos productores agropecuarios carecen de información sobre las especificaciones técnicas.

Estos dos aspectos son factores que limitan el desarrollo del mercado, ya que se desconoce la capacidad de respuesta y los plazos en que los agentes comerciales atenderían la demanda de uso de biogás arriba citada.



Por otro lado, los canales de comercialización de las tecnologías no están muy bien definidos, dado que son mínimas las empresas que diseñan, construyen y operan biodigestores, o aquellas que producen motores diseñados para ser usados con biogás y generar electricidad.

Respecto a las funciones comerciales de las empresas y proveedores, existen diferencias en la atención del mercado. Esto es, que se dan casos en donde una sola empresa se encarga de diseñar, construir y operar el sistema de biogás, además otorgar los servicios de asistencia técnica y de gestión; mientras que en contraparte, otras se enfrentan al mercado con acciones muy específicas, lo que limita la competencia empresarial.

Esto es así, ya que la actualidad la comercialización del biogás se encuentra íntimamente elacionada con sus impactos en el cambio climático debido a la emisión del metano y el bióxido de carbono, entre otros gases de efecto invernadero.

En este contexto, y derivado de diversos acuerdos internacionales, como se explicará en el apartado de “Políticas Relacionadas con la Disminución de Gases de Efecto Invernadero”, se abre un mercado en donde los países del mundo industrializado puedan invertir en proyectos ambientales en países en desarrollo, y contar las reducciones como propias, estableciéndoles un valor comercial (bonos de carbono); dentro de las que, una de sus modalidades, es la quema de biogás para contabilizar dichas reducciones.

Esta modalidad ha influido necesariamente en la comercialización del biogás en nuestro país, ya que las empresas que se dedican a comercializar bonos de carbono, han hecho atractivo el aprovechamiento del biogás mediante su quema.

Este esquema, en una descripción breve, consiste en que la empresa invierte e instala en la unidad productiva el sistema de biodigestión, sin ningún costo para el productor, y en la cual se realiza la quema de biogás, con el fin de generar bonos de carbono. Al colocar la empresa los bonos de carbono en el mercado, le otorga un porcentaje de ganancia al productor.

Esta forma de atender el aprovechamiento del biogás lo convierte en atractivo para las empresas que promueven este tipo de proyectos, y son las que han despertado mayor interés entre los productores, los que además se ven beneficiados con la disminución del impacto ambiental en sus unidades productivas, al tratar los desechos animales en el proceso de biodigestión.

Este esquema de comercialización es el de mayor preponderancia en el ámbito mundial, y si bien se reconoce que tiene impactos benéficos para ayudar en la mitigación de los cambios climáticos, en contraparte significa el desperdicio de la fuente energética, al quemar el biogás, y no darle un mejor uso.

g. Economía de los proyectos

Para analizar la economía de la producción y aprovechamiento del biogás analizaremos seis casos distintos aplicables a los tres universos (establos lecheros, granjas porcinas y rastros) en dos dimensiones de proyecto.



En primer lugar, con los valores unitarios de producción de excretas y de biogás, establecemos los volúmenes aproximados de generación de biogás útil (el que se suministra al generador eléctrico) y de electricidad por día (Tabla XII-22).

Tabla XII-22. Producción estimada diaria de gas y electricidad

ESPECIE	Número de animales	Kg. de excreta/cabeza	Producción estimada por día		
			Excretas (Ton)	Biogás útil (m3)	Electricidad (MWh)
Establos lecheros	500	26.2	13	511	0.74
	1,000	26.2	26	1,022	1.47
Granjas porcinas	5,000	4.21	21	821	1.18
	10,000	4.21	42	1,642	2.37
Rastros	300	26.2	8	307	0.44
	1,000	26.2	26	1,022	1.47

Con los valores establecidos por día se dimensionan los equipos y sus costos, además de los costos de operación y el consumo de electricidad para la instalación (Tabla XII-23).

Tabla XII-23. Tamaño, costo de los equipos, costos de mantenimiento y consumo de electricidad al año.

Tipo	Número de animales	Producción total de biogás (m3/día)	Biodigestor (Basado en producción de biogás bruta) ²²		Generador eléctrico		Costo de O&M (Miles de pesos al año)
			Volumen (m3/día)	Costo (Miles de pesos)	Tamaño (kW)	Costo (Miles de pesos)	
Establos lecheros	500	1,703	1,500	850	45	320	30
	1,000	3,406	2,800	1,000	90	600	50
Granjas porcinas	5,000	2,737	2,300	1,800	75	500	60
	10,000	5,473	5,000	1,500	150	1000	100
Rastros	300	1,022	900	500	30	230	30
	1,000	3,406	3,000	1,000	90	600	60

Para establecer costos unitarios de producción y el valor de los flujos de efectivo anuales por los diferentes costos y beneficios de los proyectos, establecemos los parámetros a utilizar en cuanto a tasa de retorno y vida útil del proyecto, al igual que para la planta eléctrica y los Certificados de Reducción de Emisiones.

²² Es el volumen de gas producido por las excretas. El gas útil corresponde a cerca de una tercera parte de este volumen.

Tabla XII-24. Parámetros considerados para el análisis

Parámetro	Valor
Tasa de retorno considerada	12% anual
Vida útil del proyecto	20 años
Costo unitario de la planta eléctrica	4,000 \$/kW
Eficiencia de la planta eléctrica	36%
Factor de carga de la planta de generación eléctrica	89%
Tarifa eléctrica promedio	1.03 \$/kWh
Valor de Certificado de Reducción de Emisiones	60 \$/Ton CO2 equivalente
Potencial de Calentamiento Global del metano	21

Haciendo un cálculo donde se distribuyen costos por cada unidad producida, se establecen los costos unitarios. Los resultados obtenidos reflejan la ventaja económica que tienen los proyectos de biogás al tener costos unitarios de generación eléctrica menores a los de la tarifa eléctrica (de 0.24 a 0.72 vs 1.03 \$/kWh) (Tabla XII-25).

Tabla XII-25. Costos e ingresos unitarios

	Establos lecheros		Granjas porcinas		Rastros	
	500	1,000	5,000	10,000	300	1,000
Costo unitario gas aprov (\$/m3)	0.68	0.44	0.46	0.30	1.13	0.44
Costo unitario gas (\$/kWh)	0.39	0.26	0.27	0.17	0.65	0.26
Amortización generador (\$/kwh)	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Costo untario total (\$/kWh)	0.46	0.32	0.33	0.24	0.72	0.32
Ingreso por CRE (\$/kWh)	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41

Igualmente, resalta el valor que tienen los Certificados de Reducción de Emisiones, los cuales, en algunos casos, superan el valor del costo unitarios de generación de electricidad.

Esta situación se confirma al analizar los costos y beneficios anuales (Tabla XII-26).

Tabla XII-26. Costos iniciales, gastos e ingresos anuales y saldo positivo
(Valores en miles de pesos)

Costo/Beneficio	Establos lecheros		Granjas porcinas		Rastros	
	500	1,000	5,000	10,000	300	1,000
Costo Anualizado del Generador Eléctrico	180	360	300	600	120	360
Costo Anualizado del Digestor	850	1,000	850	1,000	850	1,000
Costo total	1,030	1,360	1,150	1,600	970	1,360
Ingresos por CRE	146	292	215	430	88	292
Reducción de facturación anual	325	650	541	1,083	217	650
Gastos O&M	36	60	36	60	36	60
Saldo positivo anual	435	882	720	1,453	268	882

Desde el punto de vista de período de recuperación de la inversión, las inversiones en digestores y plantas eléctricas para los seis casos considerados tienen períodos de recuperación de poco más de un año (para la granja porcina de 10,000 cabezas con recuperación de Certificados de Reducción de Emisiones) hasta de cerca de 4.5 (para el rastro con capacidad de 300 animales y sin recuperación de Certificados de Reducción de Emisiones) (Tabla XII-27).

Tabla XII-27. Períodos simples de recuperación de la inversión (En años)

	Establos lecheros		Granjas porcinas		Rastros	
	500	1,000	5,000	10,000	300	1,000
No de cabezas	500	1,000	5,000	10,000	300	1,000
Período simple de recuperación (S/CRE)	3.17	2.09	2.12	1.48	4.48	2.09
Período simple de recuperación (C/CRE)	2.37	1.54	1.60	1.10	3.62	1.54

Cabe también señalar que existen claras economías de escala al ser más rentables los proyectos más grandes.

h. Conclusiones

Se estima que la demanda real de instalaciones es cercana a los 4,163 sistemas de biogas (Tabla XII-28).

Tabla XII-28. Demanda real de sistemas de biogás

Tipo de unidad productiva	Demanda real de Sistemas de biogás
Establos especializados	1,860
Establos semiespecializados	350
Granjas Porcinas	1500
Rastros TIF	53
Rastros Municipales	400
Total	4,163

Estas instalaciones pudiesen llegar a significar inversiones por más de 5,000 millones de pesos (Tabla XII-29).

Tabla XII-29. Inversiones potenciales en sistemas de biogás

Tipo de establecimiento	Demanda estimada	Valores por establecimiento				Valor potencial de las inversiones (Millones de pesos)
		No de cabezas	Digestor (k\$)	Generador (k\$)	Total Inversión (k\$)	
Establos especializados	1,860	1,000	1,000	360	1,360	2,529
Establos semiespecializados	350	500	850	180	1,030	360
Granjas Porcinas	1500	5,000	850	300	1,150	1,725
Rastros TIF	53	1,000	1,000	360	1,360	72
Rastros Municipales	400	300	850	120	970	388
TOTAL	4,163	-	-	-	-	5,075

De acuerdo a los cálculos económicos, es claro que los proyectos son rentables y más aún si aprovechan el Mecanismo de Desarrollo Limpio y Venden Certificados de Reducción de Emisiones.

Por supuesto, existen economías de escala que se reflejan en mayor rentabilidad para los proyectos más grandes.

Por lo mismo, éste universo de proyectos no requieren de subsidios o de apoyo económico directo del estado para ser rentables para los dueños de las inversiones.

Sin embargo, por la novedad de la tecnología y la poca experiencia y capacidad que se tiene en México, es muy recomendable que exista un intenso apoyo y supervisión técnica apoyada por el estado.



Igualmente, sería útil incluir esquemas de garantía a las inversiones, lo cual puede reducir el riesgo de las mismas.

XIII. PROPUESTAS PARA UNA NUEVA ETAPA DEL PERA

a. Premisas

El análisis de la información disponible en la literatura sobre el desarrollo de los mercados de tecnología de aprovechamiento de energías renovables y las encuestas que se realizaron en el contexto de este estudio de mercado apuntan claramente los siguientes aspectos del mercado de esta tecnología en México.

Sobre la oferta

- El mercado de productos y servicios asociados al aprovechamiento de las energías renovables en el sector rural en México es todavía inmaduro.
- Los canales de distribución de los sistemas fotovoltaicos para aplicaciones en el sector agropecuario son, en México, insuficientes e incipientes.
- Para las aplicaciones calentamiento de agua es muy recomendable que se fortalezca a las empresas mexicanas para que evolucionen y puedan cumplir con las exigencias de precio, calidad y servicio necesarios para competir en el mercado mexicano.
- Para aplicaciones relacionadas al aprovechamiento de biogás, la tecnología existe pero no hay un mercado de este tipo de sistemas. Sin embargo, existe un mercado relacionado, por medio del Protocolo de Kioto, para reducciones de gases de efecto de invernadero, que tiene alcance internacional y que incluye a un conjunto de empresas que se dedican a gestionar este tipo de proyectos.

Hay poco desarrollo de cadenas de suministro y servicio de sistemas que aprovechan la energía renovable en zonas fuera de la red eléctrica. En México no existe suficiente capacidad en cadenas de suministro y servicio de sistemas aislados, lo cual ha sido un factor para encarecer y/o impedir el desarrollo de proyectos técnicamente sustentables.

Sobre los precios de los equipos

- Los precios de la tecnología de los sistemas fotovoltaicos, no se ha reducido en los años recientes, esto en la medida de que su demanda ha crecido más que la oferta en todo el mundo.
- Los costos de integrar sistemas de aprovechamiento de biogás y de calentamiento de agua, combinado con los niveles actuales de precios del gas y la electricidad hacen que éstos sistemas sean rentables.

Sobre las barreras a la aplicación masiva

- Las principales barreras de entrada de los sistemas fotovoltaicos en aplicaciones rurales son por mucho las de carácter económico (alto precio inicial de los equipos y baja capacidad de compra de los clientes potenciales), financiero (inviabilidad de financiamiento comercial y

apoyo limitado de programas gubernamentales) y de información (insuficiente conocimiento de la tecnología de fotovoltaicos entre los potenciales compradores).

- En cuanto a los sistemas de aprovechamiento de biogás y de calentamiento de agua, la principal barrera es de carácter técnico, al haber pocas instalaciones para uso en agronegocios en el país y, por lo mismo, se tenga incertidumbre sobre su factibilidad técnica y económica.
- También se puede considerar una barrera el que no se tengan suficientes empresas con actividades relacionadas, en el sector agropecuario, a sistemas de aprovechamiento de biogás y de calentamiento de agua.

Sobre la normalización de equipos y sistemas

- Por la barrera referida arriba, el establecer sistemas de normalización de productos y empresas es indispensable para asegurar la calidad de los equipos y las instalaciones y evitar una percepción negativa de la tecnología asociada al aprovechamiento de las energías renovables.

Sobre el apoyo financiero

- Todo parece indicar que los apoyos financieros a los usuarios de sistemas de tipo fotovoltaico tendrán que contemplar subsidios parciales a fondo perdido. En las condiciones que prevalecen, parece difícil pensar que un programa con financiamientos decrecientes conforme se amplíe el número de sistemas instalados podría tener éxito.
- Sin embargo, los análisis económicos para los sistemas de aprovechamiento de biogás y de calentamiento de agua muestran que éstos son rentables, por lo que no requieren de subsidios de inversión sino, más bien, mecanismos de garantía para las incertidumbres técnicas (posibles fallas de los sistemas).
- Los proveedores no están incluidos en los esquemas de apoyo financiero, por lo que conviene revisar la conveniencia de establecer estímulos adicionales para los proveedores; por ejemplo, estímulos fiscales.
- Los apoyos otorgados cubren sólo la inversión inicial. Dado que los costos de mantenimiento pueden llegar a representar entre 3 y 6 mil pesos o más por año (5 a 10% de la inversión inicial) y dado que ello representa una cantidad importante para buena parte de los productores agropecuarios (en particular los agrícolas), cabría pensar sobre la conveniencia de diseñar mecanismos de financiamiento para que los consumidores puedan cubrir los costos correspondientes.

Sobre las estrategias programáticas

- Un elemento central en la difusión y apropiación de la tecnología de aprovechamiento de las energías renovables es la información sobre aplicaciones, costos y funcionamiento de los mismos a los usuarios finales.



- Los esfuerzos por implantar sistemas de demostración, como el que desarrolla FIRCO, están jugando un papel importante en la difusión de los sistemas fotovoltaicos en el sector agropecuario, aunque hasta ahora éste esté limitado en su alcance cuantitativo. Con todo, parece que sería importante reforzar las actividades de promoción y difusión.
- Sería importante reforzar las actividades de promoción y difusión. Convendría que FIRCO explorase formas para aprovechar la disposición de los proveedores a colaborar en esfuerzos coordinados para intensificar la promoción de los sistemas.

b. Iniciativas en operación y/o desarrollo

Actualmente operan o están en proceso de diseño y desarrollo una serie de acciones y propuestas para empujar el mercado del calentamiento solar de agua en México. Resaltan tres en particular:

Deducción de impuestos a equipos que aprovechan energías renovables.

Como parte de la llamada Miscelánea Fiscal, desde 2004 se permite, para las empresas o personas con actividad empresarial, la deducción acelerada de las inversiones que se hagan en equipos que aprovechan la energía solar.

Norma voluntaria para colectores solares planos de la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES).

ANES promovió y logró establecer, en conjunto con la CONAE y la CANACINTRA, una norma de carácter voluntario que se aplica a colectores solares planos y que establece su rendimiento térmico y asegura un nivel mínimo de calidad en su manufactura. Esta norma está basada en normas americanas (no es igual) y está en vigor desde mediados de 2005. La ANES ha considerado el establecimiento de tres nuevas normas (de sistemas, de instalaciones y de nomenclatura) pero no ha podido obtener recursos para que se desarrollen.

Laboratorio de pruebas para calentadores solares planos.

Para apoyar la norma voluntaria de ANES, la Universidad de Guanajuato, con apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, está por concluir y acreditar un laboratorio que podrá hacer las pruebas que exige la norma voluntaria. Se espera que este laboratorio comience a funcionar en 2006.

c. Planteamiento estratégico.

Si bien en los objetivos iniciales del PERA se había planteado el eliminar las barreras que han impedido el uso generalizado de estas tecnologías y reducir los costos de implementación de la energía renovable para impulsar el desarrollo de las aplicaciones productivas en el sector agropecuario, ahora es imprescindible adecuarlos en el sentido de que se requiere ampliar la cobertura del universo de tecnologías de renovables y sus aplicaciones, además de buscar mecanismos de consecución de recursos para dar salida y atención a las referidas propuestas.





Como se establece para el PERA, para promover y apoyar con recursos económicos, técnicos y tecnológicos el establecimiento de proyectos productivos sustentables, técnica y económicamente viables, que cuenten dentro de sus componentes con la utilización de fuentes alternas de energía renovable se recomienda trabajar en cuatro líneas estratégicas:

- Reducir los costos de los proyectos a través de lograr economías de escala.
- Enfoque de los apoyos en proyectos sólidos y visibles.
- Llevar adelante un fortalecimiento de las empresas de productos y servicios
- Llevar adelante el fortalecimiento institucional de FIRCO
- Asegurar recursos para el programa

A continuación se explica estas líneas estratégicas y se definen acciones particulares.

Reducir los costos de los proyectos a través de lograr economías de escala.

El tener un número mayor de proyectos permitirá reducir costos en una perspectiva de economías de escala. Para esto se consideran dos acciones clave: ampliar la población objetivo y el alcance de las aplicaciones.

Ampliar la población objetivo. Incluir a productores del sector agropecuario y rural que cuenten con una iniciativa para la implantación de un proyecto productivo integral, el cual debe de ser técnica y económicamente viable, y que contenga dentro de sus componentes el uso de la energía renovable con fines productivos. Este tipo de proyectos están orientados a productores y agroempresarios que generan ingresos suficientes para cubrir los costos de operación del negocio quedando un remanente de utilidad. Mediante este enfoque, se busca la reducción parcial o total de los costos de los combustibles utilizados en los procesos productivos.

Ampliar el alcance de aplicaciones. Las inversiones prevén apoyar proyectos productivos dentro de un abanico de posibilidades que contemplan el suministro de energía para cercos eléctricos, molinos, ordeñadoras, iluminación, ventilación, equipos de bombeo para abreviar el ganado y sistemas de irrigación a pequeña escala, en donde la fuente de energía principal son los sistemas de energía fotovoltaica. A los productores les corresponde la decisión del tipo de inversiones, la tecnología a utilizar y el proveedor a quién recurrir.

Se pretenden aplicaciones con las que se busca coadyuvar a la implementación de agronegocios y al desarrollo del campo mexicano, principalmente en las áreas donde se tengan productos con alto valor agregado, permitiendo a la familia rural aumentar sus ingresos de una manera sustentable y sostenida.

Enfoque de los apoyos en proyectos sólidos y visibles.

A partir de lo ya realizado, se recomienda fortalecer la estrategia de instalación de módulos demostrativos donde, además de diversificarlos por tipo de tecnología, buscar que los mismos estén localizados en zonas y unidades productivas visibles y significativas, donde la tecnología específica muestre su efectividad. Asimismo, fortalecer y estrechar la vinculación con los productores agropecuarios para que el efecto multiplicador de las aplicaciones genere cada vez más un mayor número de réplicas sobre las mismas, y por ende, una masificación en su adopción. Por lo mismo se recomienda dar prioridad de atención a aquellos productores que al seleccionar uno o varios tipos de tecnología, tengan en el corto plazo impactos importantes en su producción.

Fortalecimiento de las empresas proveedoras de productos y servicios.

La demanda de tecnología para el aprovechamiento de energías renovables prevé la necesidad de inducir que los fabricantes de estas tecnologías y sus distribuidores reduzcan sus costos. Además consoliden sus operaciones al continuar los esfuerzos tendientes hacia la mejora y estandarización de los servicios prestados por las empresas, mediante la generalización de la aplicación de especificaciones técnicas para todos los productos y servicios relacionados con renovables, la certificación de empresas y técnicos. Con esto se verán beneficiados los productores adquirentes de los equipos.

- **Establecer fondos de garantía para empresas.** Esta medida tiene el propósito de dar garantías a los usuarios finales y a las propias empresas en la medida que permite cubrir los costos no programados en procesos de aprendizaje en el desarrollo de los mercados.
- **Fortalecimiento técnico en aspectos de mercadotecnia y desarrollo empresarial.** Como han demostrado las encuestas realizadas para este estudio, actualmente las empresas que han estado involucradas en el PERA han dependido en gran medida de la iniciativa de FIRCO y los asesores técnicos para tener proyectos. Para que el mercado se desarrolle es necesario que las empresas dependan cada vez menos de la iniciativa de FIRCO para ubicar y desarrollar proyectos. Por lo mismo, es recomendable mejorar la capacidad de las empresas en relación a mercadotecnia y en aspectos relacionados a planes de negocios
- **Mejorar el ambiente de negocios para las empresas relacionadas a la distribución de los sistemas y servicios.** Para poder hacer sustentable no solo los sistemas de suministro de energía eléctrica sino también los sistemas productivos que funcionan con ella es necesario establecer redes de suministro de equipos y refacciones, de financiamiento, de capacitación y de mantenimiento y servicio. En este sentido estos sistemas pueden partir de redes actuales no necesariamente abocadas a estos bienes y servicios pero que ya llegan a los puntos donde no llega la electricidad. Por lo tanto, es recomendable:
 - Promover alianzas con empresas u organizaciones no gubernamentales no especializadas con capacidad de acceso y/o distribución en zonas rurales (para promoción, para acceso a refacciones, para financiamiento a usuarios finales).
 - Promover el fraccionamiento del mercado (o especialización de empresas) en aspectos como diseño e integración de sistemas, instalación, mantenimiento, distribución de refacciones.

Fortalecimiento institucional de FIRCO

La intervención del FIRCO en esta nueva etapa está definida por el papel que ha desempeñado en el desarrollo del proceso. Desde el inicio de las actividades relacionadas con el fomento de las energías renovables desde hace casi ya 10 años, FIRCO se ha convertido en uno de los principales promotores de este tipo de tecnologías. La experiencia generada y acumulada en los últimos años por FIRCO en esta materia, a través de la operación de Proyecto de Energía Renovable para la Agricultura, es un activo invaluable para el futuro desarrollo de la tecnología.

Dentro de la primera etapa del PERA, en esta componente se dirigieron los esfuerzos hacia tres objetivos fundamentales:

- Formar al interior de la institución (FIRCO) cuadros técnicos capacitados que fungieran como responsables del Proyecto en las Gerencias Estatales y como capacitadores en los cursos impartidos en el marco del proyecto.
- Impartir cursos a técnicos del sector agropecuario, funcionarios tomadores de decisiones y productores líderes, para darles a conocer la tecnología y que fungieran como agentes de cambio, fundamentalmente en lo referente al uso de la energía fotovoltaica para bombeo de agua.
- Retroalimentar las experiencias obtenidas en la operación del Proyecto, a través de talleres nacionales y regionales de los operadores del mismo.

Los resultados obtenidos en estos aspectos fueron más que satisfactorios. Considerando lo obtenido hasta el momento y los requerimientos futuros, las estrategias de la componente se dirigirán a:

- Diversificar y ampliar las capacidades del capital humano de FIRCO, hacia las diferentes opciones tecnológicas que ofrecen las energías renovables en el sector productivo agropecuario, enfatizando su uso en agronegocios que dan valor agregado a la producción primaria.
- Diversificar el contenido de los cursos de capacitación, contemplando como mínimo los temas considerados en este estudio:
 - Bombeo de agua con energía fotovoltaica
 - Calentadores solares de agua y su uso en agroempresas
 - Energía solar para el desarrollo rural
 - Utilización de biogás en agroempresas

Asegurar recursos fiscales para fortalecer y ampliar el programa.

De acuerdo a la experiencia obtenida en los diversos países en los que se han desarrollado programas de fomento de las energías renovables, se ha comprobado que para la divulgación de la tecnología se requiere de apoyos económicos, en razón de los altos costos de inversión inicial, por lo que esta circunstancia se toma en consideración para definir las fuentes de financiamiento para el Proyecto. Esto es válido no sólo para la energía solar térmica para el calentamiento de agua, sino para todas las tecnologías que se integran en el mismo.

El financiamiento del proyecto se ha sustentado con una mezcla de recursos provenientes del Gobierno Federal y los Gobiernos Estatales (Alianza Contigo y otros programas gubernamentales),



contribuciones de productores y donativos de organismos internacionales, esquema que ha mostrado su funcionalidad y que es necesario conservar para dar continuidad a este proyecto. Estos recursos deben servir para:

- Subsidiar a los usuarios finales
- Presupuesto para el programa en FIRCO
- Asegurar tasas de interés bajas y estables

Uno de los retos que se presentan es que los recursos fiscales por parte del Gobierno Federal, en forma tradicional han sido escasos, en particular en lo que se refiere al sector agropecuario. Este hecho ha determinado la necesidad de fijar prioridades para su ejercicio, que en lo general se han dirigido hacia la realización de acciones de bajo costo, con el fin de ampliar en lo posible el número de productores beneficiados, lo que sin embargo ha tenido como consecuencia la implementación de actividades aisladas, que inciden marginalmente en el bienestar de los habitantes del medio rural.

En este sentido, se requiere para asegurar la disponibilidad de recursos para el Proyecto, gestionar ante el Poder Legislativo la inclusión en el Presupuesto de Egresos de la Federación del proyecto específico, con recursos etiquetados para tal fin, con el fin de que no sean destinados a otras necesidades del sector, fijando las prioridades con base en los compromisos establecidos por el Gobierno Mexicano en materia de protección ambiental, y en función del interés de los organismos internacionales, preocupados por los efectos del cambio climático.

Buscar recursos de organismos internacionales

Por otra parte, se evidencia la necesidad de que estos recursos sean incrementados mediante opciones de financiamiento de organismos internacionales, considerando los buenos resultados obtenidos por el PERA y el propio interés de dichos organismos por el impulso a las energías renovables. De manera colateral, y de particular importancia, la negociación de este financiamiento establecería compromisos presupuestales por parte del Gobierno Mexicano que asegurarían la asignación para el período de vigencia de los recursos gubernamentales para el Proyecto.

Buscar otros recursos

Tendrá que inducirse la complementación de recursos económicos que provengan de participaciones de Gobiernos Estatales y Municipales, y en caso de ser factible, de Organismos No Gubernamentales (ONG).

d. Componentes del programa.

Dando continuidad a los esquemas considerados en el diseño original del PERA, se proponen

Asistencia técnica.

La asistencia técnica formó parte fundamental en el PERA, tanto para propiciar la utilización eficiente de los módulos demostrativos instalados, como la mejora tecnológica en las unidades





productivas en las que éstos se ubicaron, y como en las acciones de promoción de los asesores técnicos externos mediante la realización de días demostrativos con productores y técnicos agropecuarios. Estas actividades promovieron la multiplicación de módulos demostrativos durante la operación del PERA.

El planteamiento que se establece para la asistencia técnica en la actual propuesta, se define en dos escenarios:

- En relación a los módulos demostrativos, coadyuvar al logro de los propósitos de su instalación, mediante una asistencia técnica intensiva, adicionalmente a la realización de eventos de promoción (días demostrativos).
- Como soporte del Proyecto en general, dado que se aspira a la masificación de las tecnologías de renovables, se manejará una asistencia técnica de tipo extensivo, dirigida principalmente a la divulgación de las mejores prácticas de manejo de los sistemas productivos en los que se insertan las tecnologías de utilización de energías renovables.

Capacitación.

Adicionalmente, mediante el proceso de capacitación que ha sido componente fundamental del Proyecto, se ha desarrollado un capital humano de calidad para atender este tipo de apoyos y proyectos específicos. Este personal se encuentra estratégicamente distribuido en todo el territorio nacional, lo que permite afirmar que el FIRCO es la institución que cuenta con el soporte técnico más sólido en materia de energía renovable en México, y por ende tendrá un papel importante y de relevancia en el desarrollo de la infraestructura de renovables y sus distintas aplicaciones, además de que la atención de las energías renovables se encuentran dentro de sus actividades prioritarias.

Lo anterior se apoyará con la formación de especialistas mediante una capacitación especializada por tecnología y aplicación específica; y soportada con asesores técnicos externos que proporcionen asistencia sobre el particular.

Promoción y difusión.

Los buenos resultados en esta componente han mostrado que es necesario fortalecer la promoción de las tecnologías de renovables. Si bien ya se cuenta con una infraestructura considerable para ser usada en las acciones de Días Demostrativos, gran parte de ella se ha desarrollado alrededor de la tecnología de bombeo de agua. Por esto, conforme se vayan incorporando nuevas tecnologías y/o nuevas aplicaciones, se ampliarán las actividades de Talleres con Productores y de Días Demostrativos, lo cual es la parte fundamental de las metas, ya que es allí donde se realizan el intercambio de experiencias. Así mismo, las Ferias y Exposiciones Agropecuarias, en su calidad de foros de exhibición y de reunión de productores, empresarios, funcionarios y público, seguirán siendo la mejor oportunidad de generalizar entre la población el conocimiento de las tecnologías.

La difusión de las ventajas en cuanto al uso de sistemas de energías renovables, a través de medios masivos de comunicación, ya sea impresos o electrónicos, forma parte fundamental de la operación del proyecto, ya que impacta en técnicos, productores, funcionarios, instituciones y al público en general.

Desarrollo Tecnológico

Parte importante en la operación del proyecto es el desarrollo de estudios de nuevas aplicaciones en cuanto a tecnologías de energía renovable, dando continuidad a las acciones realizadas por el PERA.

Estos estudios tendrán como propósito no sólo el diseño, validación y prueba de equipos, sino que buscarán responder a las necesidades de aplicaciones específicas que demanden los productores dentro de sus explotaciones. Esto permitirá, en el corto plazo, definir prioridades de atención y utilización de los sistemas.

Normalización

Las normas técnicas son la base de los programas, ya que permiten asegurar la calidad de los equipos y dar certidumbre sobre su funcionamiento. Por lo mismo, se recomienda moverse en dos direcciones: fortalecimiento del proceso de normalización y sintonizar los programas e iniciativas de fomento con los proceso de normalización que ya existen.

- **Fortalecimiento del proceso de normalización.** Dado que el proceso actual de normalización se encuentra detenido por recursos y que no se tienen todas las normas que son necesarias para asegurar la calidad de los equipos e instalaciones que se está considerando promover, el fortalecer este proceso de normalización se convierte en una acción por demás prioritaria para llevar adelante con éxito cualquier iniciativa de fomento del calentamiento solar de agua en México.
- **Sintonizar los programas e iniciativas de fomento con el proceso de normalización.** Si los programas e iniciativas actualmente en proceso de desarrollo e implantación no están en sintonía con el proceso de normalización, las probabilidades de fracaso son mayores, lo cual incidiría negativamente en la opinión pública y, por lo tanto, en las posibilidades de desarrollo del mercado del calentamiento solar de agua.

e. Esquemas de apoyo financiero.

Se consideran dos posibles esquemas de apoyo financiero en función de la tecnología de energía renovable que utilicen los productores.

- **Para sistemas fotovoltaicos.** Mantener los apoyos a los productores dependiendo de la tecnología a utilizar en los proyectos, oscilando entre el 40 y 60% del costo total, siempre y cuando se cuente con la aportación segura de los beneficiarios de cuando menos el 20% en efectivo.
- **Para sistemas de aprovechamiento de biogás y de calentamiento de agua.** Dado que estos sistemas son rentables, lo recomendable es establecer mecanismos de financiamiento con fondos de garantía y con arreglos de pago a proveedores basados en el desempeño de los sistemas.



Los apoyos que deriven de la continuidad operativa del Proyecto tendrán que adecuar sus esquemas en atención al nivel de ingreso de los productores del medio rural, a su disponibilidad para su participación económica, así como a la actividad productiva y necesidades de energía para sus procesos

XIV. ANEXOS AL ESTUDIO

ANEXO 1. MARCO INSTITUCIONAL RELATIVO A LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN MEXICO.

El marco institucional relacionado a las energías renovables en México es, por los múltiples aspectos relacionados a su aprovechamiento, muy amplio. Por una parte, está el relacionado a la energía, sector encabezado por la Secretaría de Energía. Por otro parte, por estar relacionado a recursos naturales y por sus impactos ambientales positivos, está relacionado al sector ambiental, encabezado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Además, por sus aplicaciones y por ser una opción económica y técnicamente factible para ser aplicada en zonas rurales aisladas, están involucrados los sectores social (a través de la secretaría de Desarrollo Social) y agrícola y ganadero (a través de la SAGARPA).

Sin embargo, en México solo existe una organización pública con mandato explícito para desarrollar actividades de fomento y promoción relacionadas al ahorro de energía, a la cogeneración y a las energías renovables, y esta es la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía. Existen, sin embargo, una Dirección General en la SENER, un programa interno de la CFE y tres fideicomisos, dos relacionados a CFE y uno relacionado a la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAGARPA), que también desarrollan actividades alrededor de estos temas.

A continuación se describen brevemente las instituciones involucradas en los sectores referidos arriba.

a. 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:

- 1 Conducir la política energética del país.
- 2 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.
- 3 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.
- 4 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.



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

Dentro de la SENER, la Subsecretaría de Política Energética y Desarrollo Tecnológico tiene a su cargo la planeación energética nacional, y tiene entre sus atribuciones:

1. Someter a la aprobación del Secretario los proyectos del programa sectorial y, en su caso, de programas regionales y especiales que determine el Presidente de la República en los asuntos relacionados con la planeación nacional del desarrollo y la política energética del país.
2. Fomentar la participación de particulares u organismos privados nacionales y extranjeros en la ejecución de proyectos del sector de la energía del país.
3. 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.
4. Coordinar las políticas de investigación y desarrollo tecnológico del sector.

Entre las entidades administrativas adscritas a la Subsecretaría de Política Energética y Desarrollo Tecnológico, figura la Dirección General de Investigación y Desarrollo de Tecnología y Medio Ambiente. En virtud de su orientación ambiental y tecnológica, esta Dirección es de particular relevancia en los temas de eficiencia energética y energías renovables. Sus atribuciones en la materia son:

1. Proponer, cuando proceda, la celebración de convenios con los gobiernos de las entidades federativas y con los municipios, a efecto de establecer programas y apoyos específicos de carácter regional, estatal y municipal, en investigación, desarrollo tecnológico, medio ambiente y promoción de energías renovables en el ámbito del sector energía.
2. Coordinar la elaboración de los programas en materia del fomento para el aprovechamiento de las energías renovables.

Esta Dirección General está a cargo de los proyectos del Global Environmental Facility (GEF) orientados al desarrollo de las energías renovables en México.

La Comisión Federal de Electricidad (CFE)

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

1. Prestar el servicio público de energía eléctrica.
2. Exportar energía eléctrica y, en forma exclusiva, importarla para la prestación del servicio público.



3. Formular y proponer al Ejecutivo Federal los programas de operación, inversión y financiamiento que a corto, mediano o largo plazo requiera la prestación del servicio público de energía eléctrica.
4. Promover la investigación científica y tecnológica nacional en materia de electricidad.
5. Promover el desarrollo y la fabricación nacional de equipos y materiales utilizables en el servicio público de energía eléctrica.

Luz y Fuerza del Centro

En términos formales, Luz y Fuerza del Centro se creó el 9 de febrero de 1994 por decreto presidencial, con el objetivo de la prestación del servicio público de energía eléctrica, principalmente en materia de distribución, en la región central del país, que abarca el Distrito Federal y parte de los estados de México, Morelos, Puebla e Hidalgo, contando con personalidad jurídica y patrimonio propio. En términos reales, Luz y Fuerza nace en 1881 como empresa privada y se convierte en pública en 1960.

La Comisión Reguladora de Energía (CRE)

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

1. El suministro y venta de energía eléctrica a los usuarios del servicio público.
2. La generación, exportación e importación de energía eléctrica, que realicen los particulares.
3. La adquisición de energía eléctrica que se destine al servicio público.
4. 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.
5. Las ventas de primera mano de gas natural y gas licuado de petróleo.
6. El transporte y el almacenamiento de gas natural que no sean indispensables y necesarios para interconectar su explotación y elaboración.
7. La distribución de gas natural.
8. El transporte y la distribución de gas licuado de petróleo por medio de ductos.

La Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (Conae)

La Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (Conae) es un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Energía, que goza de autonomía técnica y operativa y que tiene por objeto fungir como órgano técnico de consulta de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, así como, de los gobiernos de las entidades federativas, de los





municipios y de los particulares, en materia de ahorro y uso eficiente de la energía y de aprovechamiento de energías renovables. La Conae fue creada como comisión intersecretarial en septiembre de 1989 con recursos del Banco Mundial y en 1999 tomó el carácter órgano desconcentrado.

La Conae tiene, entre otras funciones, las de:

1. Fomentar la eficiencia en el uso de energía mediante acciones coordinadas con las diversas dependencias y entidades de la Administración Pública Federal y con los gobiernos de las entidades federativas y de los municipios y, a través de acciones concertadas, con los sectores social y privado.
2. Preparar los programas nacionales en materia de ahorro y uso eficiente de energía y el fomento del aprovechamiento de energías renovables, someterlos a la consideración y, en su caso, autorización de la Secretaría de Energía.
3. Promover, gestionar y, en su caso, apoyar las actividades tendientes a obtener y aplicar los fondos provenientes de fuentes de financiamiento públicas y privadas, para la implementación de acciones para el ahorro y uso eficiente de la energía.

De los programas desarrollados por la Conae resaltan sus grupos de consulta, en particular el Consejo Consultivo para el Fomento de las Energías Renovables (COFER) y la Subcomisión para el Fomento de Proyectos de Cogeneración. Estos dos grupos, junto con la actividad de promoción de la propia Conae, han servido para ampliar y afinar el conocimiento de estas alternativas a la oferta centralizada y para que se hayan llevado adelante proyectos de este tipo en México.

b. 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 establecen 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:

1. 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 hidrógenos líquidos, sólidos y gaseosos, así como minerales radioactivos.
2. 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.
3. 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.

4. 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.
5. Conducir las políticas nacionales sobre cambio climático y sobre protección de la capa de ozono.
6. Administrar, controlar y reglamentar el aprovechamiento de cuencas hidráulicas, vasos, manantiales y aguas de propiedad nacional, y de las zonas federales correspondientes.
7. 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.
8. 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 a 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:

1. Fungir como la Autoridad en materia de la cantidad y de la calidad de las aguas y su gestión en el territorio nacional.
2. 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.
3. Expedir títulos de concesión, asignación o permiso de descarga a que se refiere la presente Ley y sus reglamentos, reconocer derechos y llevar el Registro Público de Derechos de Agua.

Comité Mexicano para Proyectos de Reducción de Emisiones y Captura de Gases de Efecto Invernadero y Comisión Intersecretarial del Cambio Climático

En enero del 2004, con carácter permanente y para atender los compromisos de México dentro de la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto se creó el Comité Mexicano para Proyectos de Reducción de Emisiones y Captura de Gases



de Efecto Invernadero, con el propósito de buscar oportunidades, facilitar, promover, difundir, evaluar y en su caso aprobar, proyectos de reducción de emisiones y captura de gases de efecto invernadero; dentro de la cual participan diversas Secretarías de Estado. En abril del 2005, y con fin de enriquecer las acciones del mencionado Comité y su sustitución, se crea la Comisión Intersecretarial del Cambio Climático, cuyo objeto es el coordinar las acciones con relación a la formulación e instrumentación de las políticas nacionales para la prevención y mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, la adaptación a los efectos del cambio climático y, en general, para promover el desarrollo de programas y estrategias de acción climática relacionados con el cumplimiento de los compromisos firmados por México.

c. Actores de mercado.

De manera general los actores de mercado en el campo de energías renovables se pueden integrar en dos categorías:

Fabricantes, importadores y proveedores de equipos.

En este conjunto de empresas se ubican las que fabrican y distribuyen calentadores solares planos, sistemas fotovoltaicos, aerogeneradores, turbinas de agua y motores que operan con biogás. En calentadores solares, existen varias decenas de pequeños fabricantes y varios importadores. En sistemas fotovoltaicos, no hay producción nacional y se importan de Estados Unidos, Europa y Japón. En aerogeneradores, sólo existe un fabricante nacional. En turbinas de agua, hay fabricación nacional y distribuidores de equipos importados. Finalmente, en México se fabrican e importan motores de combustión interna capaces de operar con biogás.

Desarrolladores de proyectos.

A pesar del poco desarrollo de este tipo de proyectos, en México existen empresas con capacidad de llevar adelante proyectos de energías renovables, la mayoría de ellos europeos. Un número importante de estas empresas están organizadas en la Asociación Mexicana de Energía Eólica (AMEE), la cual fue creada a principios de 2005. Igualmente, la Conae tiene registradas a 45 empresas como desarrolladoras de proyectos de cogeneración y autoabastecimiento, habiendo muchas de estas empresas duplicadas como de consultoría y muchas de ellas son también distribuidoras de equipos y marcas específicas.

Consultores.

De acuerdo a información de la Conae, a pesar del poco desarrollo de la cogeneración en México, la oferta de consultoría relacionada a proyectos de cogeneración y autoabastecimiento es amplia, con la presencia una variedad de pequeños consultores y grandes empresas, algunas de ellas europeas. En total, la Conae tiene registrados a 25 consultorías con actividades en este ramo.

ANEXO 2. PRECIOS DE LA ENERGÍA EN MÉXICO

En el marco legal mexicano existen dos líneas claras de política sobre cómo y por quién se definen los precios de los energéticos que se comercializan en el país.

En primer lugar, de acuerdo al Artículo 26 del Reglamento de la Ley Federal de las Entidades Paraestatales, “los precios y las tarifas de las entidades se fijarán conforme a los criterios de eficiencia económica y saneamiento financiero”, es decir, “los precios y tarifas de los bienes y servicios susceptibles de comercializarse internacionalmente, se fijarán considerando los prevalecientes en el mercado internacional de estos productos.” Ahora bien, “para aquellos bienes o servicios que no sean susceptibles de comercializarse en el mercado internacional, los precios y tarifas se fijarán considerando el costo de producción que se derive de una valuación de los insumos a su costo real de oportunidad.” Para esto, se define al costo real de oportunidad como “el precio en el mercado internacional cuando los insumos sean susceptibles de comercializarse en el mismo, y el precio en el mercado nacional, para los que no lo sean.”

Por otro lado, la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal establece que la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) es la encargada de establecer y revisar los precios y tarifas de los bienes y servicios de la administración pública federal. Dado que la mayor parte de los energéticos se comercializan a través de los monopolios estatales, la SHCP está encargada de establecer sus precios y tarifas.

a. Electricidad

Por principio de política, las tarifas eléctricas deben cubrir los costos fijos y variables de suministro a fin de que la CFE y LFC sean empresas sanas financieramente y estén en condiciones de ampliar la cobertura y la calidad del servicio. Actualmente, las únicas fuentes de recursos de esos organismos son los ingresos captados por el cobro de tarifas, las aportaciones de algunos usuarios y las transferencias del Gobierno Federal. Sin embargo, debido a que se busca disminuir esas transferencias y canalizar los recursos liberados a otros programas de beneficio social, la fuente fundamental de financiamiento para los organismos del sector eléctrico debe ser el cobro de las tarifas establecidas.

Principios de política

La fijación de tarifas eléctricas se lleva a cabo a partir de una serie de principios de política pública. De acuerdo a la Secretaría de Energía:

1. La fijación de las tarifas eléctricas es un importante mecanismo para la formulación de la política energética del país.
2. Por ello, la presente administración ha venido trabajando en una estructura tarifaria que envíe señales apropiadas de eficiencia económica y al mismo tiempo promueva el uso eficiente de la energía eléctrica sin afectar a las familias de menores ingresos, que conforman los deciles de menor consumo.

3. El principal objetivo de la actual política tarifaria es recuperar la relación precio/costo a niveles que permitan el sano crecimiento de las empresas y generen los recursos suficientes para financiar los programas de inversión.
4. Asimismo, la SENER refiere, como fundamentos de la política tarifaria del sector eléctrico, que “la fijación de las tarifas eléctricas es un importante mecanismo para la formulación de la política energética del país” y que por ello, “la presente administración ha venido trabajando en una estructura tarifaria que envíe señales apropiadas de eficiencia económica y al mismo tiempo promueva el uso eficiente de la energía eléctrica sin afectar a las familias de menores ingresos, que conforman los deciles de menor consumo.” Igualmente, se establece que “el principal objetivo de la actual política tarifaria es recuperar la relación precio/costo a niveles que permitan el sano crecimiento de las empresas y generen los recursos suficientes para financiar los programas de inversión.”

Lo que refieren la Ley de del Servicio Público de la Energía Eléctrica y su reglamento

De acuerdo a la Ley del Servicio Público de la Energía Eléctrica la venta de energía eléctrica se rige por las tarifas que apruebe la SHCP. Esta secretaría, con la participación de la SENER y la Secretaría de Economía, y a propuesta de la CFE, las fijará, ajustará o reestructurará de manera que tienda a cubrir las necesidades financieras y las de ampliación del servicio público, y el racional del consumo de energía. Esta ley refiere, en dos artículos, sobre cómo se establecen las tarifas eléctricas:

- 1 ARTÍCULO 30. La venta de energía eléctrica se regirá por las tarifas que apruebe la Secretaría de Hacienda y Crédito Público. Las condiciones de la prestación de los servicios que deban consignarse en los contratos de suministro y de los modelos de estos, serán aprobados por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, oyendo a la de Energía, Minas e Industria Paraestatal. Dichas formas de contrato se publicarán en el Diario Oficial de la Federación.
- 2 ARTÍCULO 31. La Secretaría de Hacienda y Crédito Público, con la participación de las Secretarías de Energía, Minas e Industria Paraestatal y de Comercio y Fomento Industrial y a propuesta de la Comisión Federal de Electricidad, fijará las tarifas, su ajuste o reestructuración, de manera que tienda a cubrir las necesidades financieras y las de ampliación del servicio público, y el racional del consumo de energía. Asimismo, y a través del procedimiento señalado, la Secretaría de Hacienda y Crédito Público podrá fijar tarifas especiales en horas de demanda máxima, demanda mínima o una combinación de ambas.

A su vez, el Reglamento 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. Esto se establece en tres artículos de dicho reglamento:

- 1 ARTICULO 47. La Secretaría a de Hacienda y Crédito Público, a propuesta del suministrador, con la participación de la Secretaría de Energía y de la de Comercio y Fomento Industrial, fijará las tarifas para venta de energía eléctrica, su ajuste, modificación o reestructuración, con las modalidades que dicten el interés público y los requerimientos del servicio público. El ajuste corresponderá a los casos en que varíe alguno de los elementos de la tarifa o la forma en que estos intervienen. La modificación corresponderá a los casos en que se varíe alguno de los elementos de la tarifa o la forma en que éstos intervienen. La reestructuración corresponderá a los casos en que sea necesaria la adición o supresión de alguna o varias tarifas.
- 2 ARTICULO 49. Con apego a lo dispuesto por el artículo anterior, 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.
- 3 ARTICULO 51. A la propuesta del suministrador para fijación, ajuste o reestructuración de las tarifas deberá anexarse, cuando menos, la siguiente información:

Estudio justificativo de la propuesta, en que se consignará:

- Estudio de costos económicos de la energía eléctrica en los que se fundamente la propuesta
- Descripción de los elementos que integran la propuesta; y
- Estimación de resultados considerando el ajuste, modificación o reestructuración.

La propuesta deberá ser aprobada por la Junta de Gobierno del suministrador previamente a su presentación ante la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, la que podrá solicitar al suministrador información adicional para el estudio de la propuesta. Si no se proporciona la información adicional dentro del plazo que se señale, dicha dependencia resolverá lo procedente conforme a los datos disponibles.

Tarifas aplicables

Actualmente, en México se aplican 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.

Tarifas para baja tensión

En México se aplican, además de las correspondientes al sector residencial, dos tarifas para baja tensión: las denominadas 2 y 3.

Tarifa 2. Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía en baja tensión a cualquier uso, con demanda hasta de 25 kilowatts, excepto a los servicios para los cuales se fija específicamente su tarifa. Para esta tarifa solo hay cobro por energía consumida.

Tarifa 3. Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía en baja tensión a cualquier uso, con demanda de más de 25 kilowatts, excepto a los servicios para los cuales se fija específicamente su tarifa. Para esta tarifa hay cobro por energía consumida y por capacidad demandada.

**Tabla 1. Cargos para
Tarifa 2
para mayo de 2006**

Rango (kwh/mes)	(\$/kWh)
Hasta 50	1.608
51 - 100	1.942
Adic.	2.141
Cargo fijo	
(\$/mes)	41.2

**Tabla 2.Cargos para Tarifa 3
para mayo de 2006**

Cargo	Unidades	Tarifa
Por demanda	(\$/kW)	187.1
Por energía	(\$/kWh)	1.18

Tarifas para bombeo de agua

Las tarifas para bombeo de agua en el sector agrícola tienen cuatro modalidades:

1. **Tarifa 9.** Esta tarifa se aplicará exclusivamente a los servicios en baja tensión que destinen la energía para el bombeo de agua utilizada en el riego de tierras dedicadas al cultivo de productos agrícolas y al alumbrado del local donde se encuentre instalado el equipo de bombeo.
2. **Tarifa 9-M.** Esta tarifa se aplicará exclusivamente a los servicios en media tensión que destinen la energía para el bombeo de agua utilizada en el riego de tierras dedicadas al cultivo de productos agrícolas y al alumbrado del local donde se encuentre instalado el equipo de bombeo.
3. **Tarifa 9-CU.** Esta tarifa de estímulo se aplicará para la energía eléctrica utilizada en la operación de los equipos de bombeo y rebombeo de agua para riego agrícola por los sujetos productivos inscritos en el padrón de beneficiarios de energéticos agropecuarios, hasta por la Cuota Energética determinada por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.”
4. **Tarifa 9-N.** Esta tarifa de estímulo nocturna se aplicará para la energía eléctrica utilizada en la operación de los equipos de bombeo y rebombeo de agua para riego agrícola por los sujetos productivos inscritos en el padrón de beneficiarios de energéticos agropecuarios, hasta por la Cuota Energética determinada por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. La inscripción a esta tarifa será a solicitud del usuario.

Tabla 3. Cargos para tarifas para bombeo de agua, Mayo de 2006

TARIFA		
9	1 a 5000	0.661
	5001-15000	0.733
	15001-35000	0.803
	Adic.	0.88
9-M	1 a 5000	0.661
	5001-15000	0.742
	15001-35000	0.81
	Adic.	0.885
9-CU	1 a 5000	0.36
9-N	1 a 5000	0.18
Tabla 1. Cargos para Tarifa 2 para mayo de 2006		

Fuente: www.cfe.gob.mx

Tarifas para media tensión

En las tarifas para media y alta tensión, que son las que aplican para grandes comercios e industria, existen cobros por períodos horarios y por demanda. Estas tarifas eléctricas están indexadas a través de una compleja fórmula que depende de las variaciones ponderadas de los índices inflacionarios de sectores relacionados a equipos manufacturados y de las variaciones (ponderadas por su fracción de participación en la generación total de electricidad) de los precios internacionales de la canasta de combustibles fósiles utilizados para la generación de electricidad.

Para usuarios de media y alta tensión se aplican tarifas horarias que han tenido, desde hace ya varios años, un alto precio para la demanda en los períodos de punta, los cuales se extienden de dos a diez horas por día según la estación, la región, el día de la semana y la hora del día. Estas tarifas—que reflejan costos marginales y se determinan a partir de factores que incluyen los precios internacionales de la mezcla de combustibles utilizados para la generación de electricidad en México—han llegado a estar muy cerca de los veinte centavos de dólar por kWh (0.20 \$US/kWh) para ciertas zonas del país.

Tarifa OM. Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión, con una demanda menor a 100 kW.

Tabla 4: Tarifas aplicables en Tarifa OM en Mayo de 2006

Región	Cargo por kilowatt de demanda máxima medida	Cargo por kilowatt - hora de energía consumida
Baja California	102.95	0.869
Baja California Sur	114.04	1.170
Central	116.49	0.869
Noreste	107.11	0.810
Noroeste	109.35	0.804
Norte	107.53	0.810
Peninsular	120.23	0.827
Sur	116.49	0.840

Tarifa HM. Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión, con una demanda de 100 kilowatts o más.

Tabla 5: Tarifas aplicables en Tarifa HM en Mayo de 2006

Región	Cargo por kilowatt de demanda facturable	Cargo por kilowatt - hora de energía de punta	Cargo por kilowatt - hora de energía intermedia	Cargo por kilowatt - hora de energía de base
Baja California	\$ 174.09	\$ 2.3792	\$ 0.6584	\$ 0.5174
Baja California Sur	\$ 167.30	\$ 1.9091	\$ 0.9139	\$ 0.6468
Central	\$ 120.68	\$ 2.2802	\$ 0.7294	\$ 0.6093
Noreste	\$ 110.95	\$ 2.1062	\$ 0.6772	\$ 0.5549
Noroeste	\$ 113.30	\$ 2.1184	\$ 0.6720	\$ 0.5633
Norte	\$ 111.49	\$ 2.1213	\$ 0.6837	\$ 0.5565
Peninsular	\$ 124.67	\$ 2.2308	\$ 0.6851	\$ 0.5644
Sur	\$ 120.68	\$ 2.2333	\$ 0.6974	\$ 0.5797

La demanda facturable se define como:

$$DF = DP + FRI \times \max(DI - DP, 0) + FRB \times \max(DB - DPI, 0)$$

Donde

DP es la demanda máxima medida en el periodo de punta

DI es la demanda máxima medida en el periodo intermedio

DB es la demanda máxima medida en el periodo de base

DPI es la demanda máxima medida en los periodos de punta e intermedio
FRI y FRB son factores de reducción que tendrán los siguientes valores, dependiendo de la región tarifaria

Tabla 6. Factores para calcular Demanda Facturable

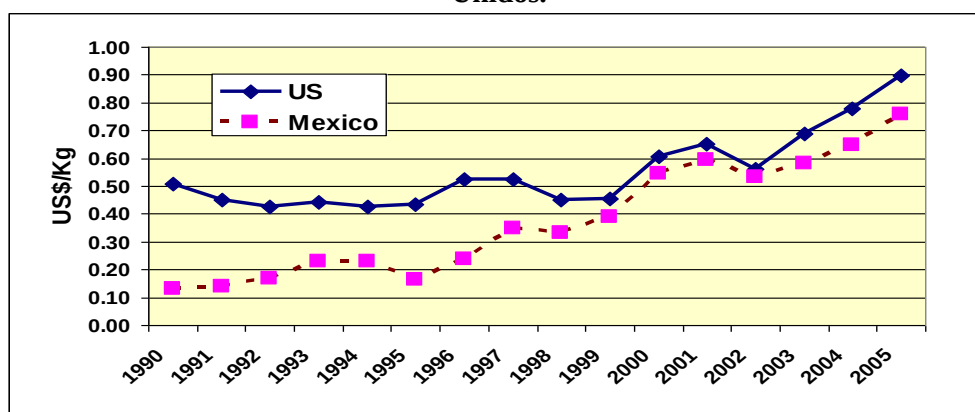
Región	FRI	FRB
Baja California	0.141	0.070
Baja California Sur	0.195	0.097
Central	0.300	0.150
Noreste	0.300	0.150
Noroeste	0.300	0.150
Norte	0.300	0.150
Peninsular	0.300	0.150
Sur	0.300	0.150

b. Gas licuado de petróleo.

De acuerdo a la Ley Federal de Competencia Económica corresponde a la Secretaría de Economía determinar, mediante acuerdos, los precios máximos de bienes y servicios “que sean necesarios para la economía nacional o el consumo popular” y el gas licuado de petróleo entra en esta categoría. A su vez, corresponde a la SENER, a través de la CRE, y considerando la opinión de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, el establecer la metodología para la determinación del precio de primera mano.

En precio actual (Abril de 2006) del gas LP en México es de 0.68 US\$/Kg. Este precio está ligeramente por abajo del precio que se paga en Estados Unidos, esto en la medida de que en México se mantiene un subsidio menor. Este subsidio, sin embargo, se ha reducido significativamente respecto a lo que se tenía hace diez años, cuando su precio unitario era equivalente a la mitad de lo que se pagaba en los Estados Unidos (Fig. 1).

Figura 1. Evolución del precio de venta del gas LP al usuario residencial en México y Estados Unidos.



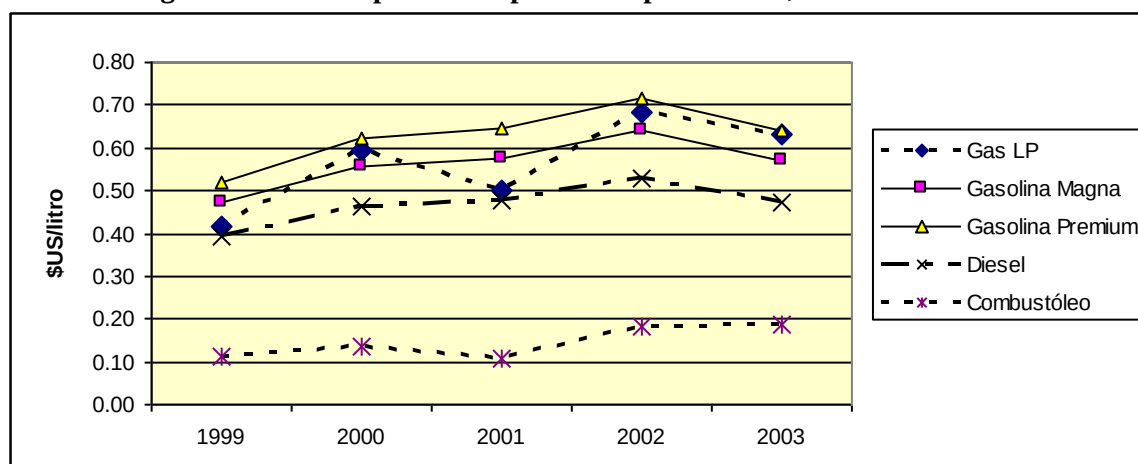
Fuentes: www.sener.gob y www.eia.doe.gov.

c. Gasolina, diesel y combustóleo.

Los precios de las gasolinas y el diesel en México se establecen sumando dos componentes: el costo de producción y el impuesto especial sobre producción y servicios (IEPS). De acuerdo a la Ley del IEPS, el precio del diesel y el impuesto correspondiente se establecen teniendo como referencia a los precios vigentes en la Costa del Golfo de los Estados Unidos de América. El impuesto IEPS se fija como una fracción del precio de referencia del diesel y varía mes a mes, manteniendo un precio final sin las variaciones que tiene el precio de referencia. Es importante anotar que el IEPS es acreditable como impuesto pagado para usuarios industriales.

El precio del combustóleo mexicano, por ser un producto no susceptible de comercializarse en el mercado internacional, está basado en su costo de oportunidad y su precio es determinado por la SHCP.

Figura 2. Precio al público de productos petrolíferos, México 1999-2003



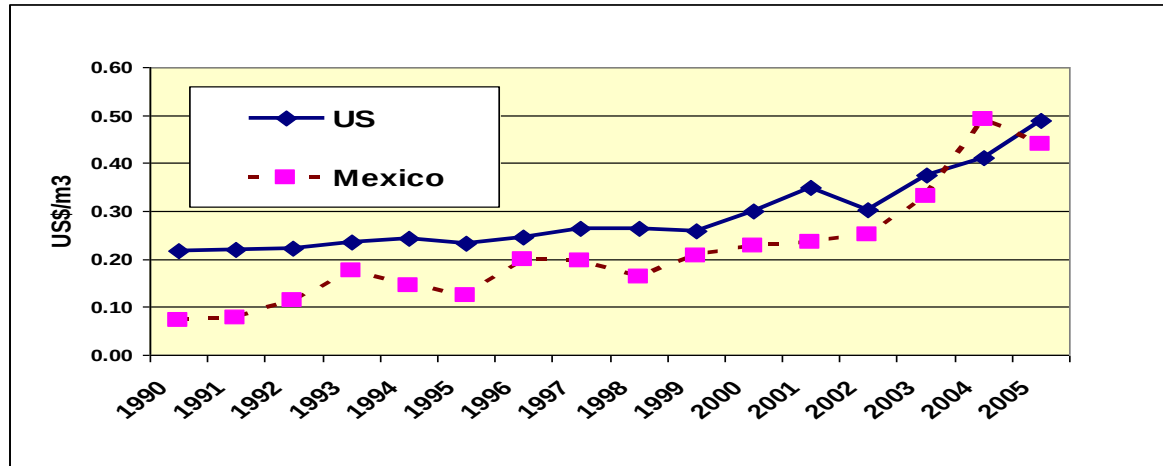
d. Gas natural

De acuerdo al Reglamento de Gas Natural las tarifas para la venta de gas natural incluyen cargos por conexión, capacidad y uso. Estas tarifas varían de acuerdo a varios factores, como la categoría y localización del usuario. Las tarifas para la prestación del servicio son tarifas máximas y se establecen por medio de una metodología que expide la CRE, la cual no es obligatoria cuando si se declaran condiciones de competencia efectiva por parte de la Comisión Federal de Competencia.

A su vez, el precio de venta al usuario final se integra por el precio de adquisición del gas, la tarifa de transporte, la tarifa de almacenamiento y la tarifa de distribución. Los distribuidores pueden trasladar a sus usuarios finales las variaciones que sufran el precio de adquisición del gas y las tarifas de transporte y almacenamiento. Para esto, la CRE expide la metodología que deberán utilizar los distribuidores para el cálculo de sus precios de adquisición del gas y la forma de trasladarlos a los usuarios finales.

El precio promedio anual del gas natural al usuario de sector residencial en México se ubicó en 2005 en 0.45 US\$/m³, muy cerca del precio que se cobra en los Estados Unidos para el mismo tipo de servicio (Fig. 3).

Figura 3. Evolución del precio de venta del gas natural al usuario residencial en México y Estados Unidos.



Fuentes: www.sener.gob y www.eia.doe.gov.

Tabla 7. PRECIOS VIGENTES DE LOS PRINCIPALES ENERGÉTICOS

Energéticos	Poder Calorífico (f)		Precio por energía
PEMEX MAGNA (a)	\$/lt	MJ/bl	\$/GJ
Valle M.	6.06	5331	180.74
Frontera Norte	5.95	5331	177.46
Resto país	6.22	5331	185.51
PEMEX PREMIUM	\$/lt(a)	MJ/bl	\$/GJ
Valle M.	7.13	5331	212.66
Frontera Norte	7.03	5331	209.67
Resto país	7.34	5331	218.92
ELECTRICIDAD (b)	\$/KWh	MJ/MWh	\$/GJ
Domestico	0.9201	3600	255.58
Comercial	2.0544	3600	570.67
Servicios	1.4802	3600	411.17
Agricola	0.436	3600	121.11
Ind. Mediana	1.0645	3600	295.69
Ind. Grande	0.7784	3600	216.22
GAS L.P. (c)	\$/kg	MJ/bl	\$/GJ
Baja California Sur	8.65	3812	189.10
Chihuahua	7.55	3812	165.05
Mex. Hgo. D.F.	7.79	3812	170.30
Chiapas y Tabasco	7.75	3812	169.42
Yucatán y Q. Roo	8.11	3812	177.29
DIESEL INDUSTRIAL	\$/lt(a)	MJ/bl	\$/GJ
Promedio Nacional	5.16	5757	142.51
GAS NATURAL (d)	\$/m3	KJ/m3	\$/GJ
D.F.	2.1477	35420	60.64

(a) Precios al cierre del 2004. Incluyen IVA. PEMEX

(b) Precios medios del 2004. CFE

(c) Precios máximos de venta para usuarios finales al cierre del 2004. Pemex

(d) Precios de adquisición. Ene 2006. PEMEX

(e) Precios promedio anual de 2004. PEMEX

(f) Datos obtenidos del balance nacional de energía 2004. SENER

Demanda de Energía
Loreley Campos Franco

ANEXO 3. MARCO LEGAL APLICABLE A LAS ENERGÍAS RENOVABLES.

El marco jurídico mexicano establece el control de la mayoría de la industria de la energía en manos del Estado. La Constitución de México marca que “corresponde a la Nación el dominio directo, inalienable e imprescriptible de todos los carburos de hidrógeno que se encuentren en el territorio nacional”. A su vez, en el campo de la electricidad, las leyes mexicanas establecen que “corresponde exclusivamente a la Nación, generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer energía eléctrica que tenga por objeto la prestación de servicio público”. Sin embargo, se permite participación privada en la distribución de gas natural y gas LP, y 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 generación de energía eléctrica para autoabastecimiento, cogeneración o pequeña producción.

El marco legislativo alrededor del ahorro de energía, la cogeneración y las energías renovables es disperso y existen—como se ha anotado arriba—aspectos en las leyes y en el marco jurídico que están relacionadas, que son diversas, pero que no terminan siendo instrumentos claros, desde una perspectiva de negocios, para llevar adelante proyectos.

Es importante señalar, como punto de partida, que no existe una ley expresa para estos temas y la única referencia en la Constitución es indirecta al referirse, en el Artículo 25, que el desarrollo nacional debe ser “integral y sustentable”. Es, como se ha referido, en una diversidad de leyes donde se encuentran los mandatos para realizar y apoyar acciones que, de una manera u otra, están relacionadas al ahorro de energía, a la cogeneración y a las energías renovables.

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.

1. Ley Orgánica de la Administración Pública Federal. Esta ley establece 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 la de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Esta ley también establece que la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) es la encargada de establecer y revisar los precios y tarifas de los bienes y servicios de la administración pública federal.
2. Ley Federal sobre Meteorología y Normalización. En esta ley se establece el mandato de implantar normas técnicas obligatorias (Norma 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.”
3. Ley del Impuesto Especial sobre Productos y Servicios. Establece la obligación a pagar el Impuesto Especial sobre Productos y Servicios a 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 a que se refiere este artículo. 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.

4. Ley Federal de Competencia Económica. Esta ley tiene por objeto 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. Establece, 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.
5. Ley Federal de las Entidades Paraestatales. Esta ley tiene por objeto regular la organización, funcionamiento y control de las entidades paraestatales de la Administración Pública Federal. A esta categoría pertenecen, de acuerdo a 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. Esta ley marca que las entidades paraestatales gozarán de autonomía de gestión para el cabal cumplimiento de su objeto.
6. Ley del Servicio Público de la Energía Eléctrica. Esta ley establece 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 aprovechara, a través de la Comisión Federal de Electricidad, los bienes y recursos materiales que se requieran para dichos fines.” La misma ley refiere que “todos los actos relacionados con el servicio público de energía eléctrica son del orden público” pero, al mismo tiempo, abre el espacio a la participación del sector privado al excluir como servicio público a, entre otros: (a) la generación de energía eléctrica para autoabastecimiento, cogeneración o pequeña producción, (b) la generación de energía eléctrica que realicen los productores independientes para su venta a la Comisión Federal de Electricidad, (c) la generación de energía eléctrica para su exportación, y (d) la importación de energía eléctrica destinada exclusivamente al abastecimiento.
7. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Esta ley 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 establece las facultades diferenciadas que corresponden a 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 correspondientes para, entre otras, obras hidráulicas; de las industria del petróleo, petroquímica, química, siderúrgica, papelera, azucarera, del cemento y eléctrica. También 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.

8. *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.* Esta ley tiene por objeto garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente adecuado y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la 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, tecnológica y económica, y esquemas de financiamiento adecuados.
9. *Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.* En esta ley hay elementos relacionados al aprovechamiento de la biomasa al tener entre sus objetivos el de “regular el aprovechamiento y uso de los recursos forestales maderables y no maderables.”

A otros niveles, ya en los aspectos que están fuera del dominio del poder legislativo y dentro de las atribuciones del poder ejecutivo—como lo son los reglamentos de las leyes, los planes y programas gubernamentales, los decretos y acuerdos presidenciales y las NOM—se ubican algunas referencias explícitas.

- 1 En el Artículo 3 del Reglamento de la Ley de Servicio Público de la Energía Eléctrica, se establece que la SENER, con la participación de la CFE y de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, “tomará las medidas conducentes para propiciar la utilización racional de la energía eléctrica y desarrollará campañas para ese propósito, en los términos de los programas para el ahorro de energía”.
- 2 En el Decreto de Creación de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía se la dan a esta comisión, entre otras facultades, las de “fomentar la eficiencia en el uso” y las de “preparar los programas nacionales en materia de ahorro y uso eficiente de energía y el fomento del aprovechamiento de energías renovables.”
- 3 Por su parte en el Programa Sectorial de Energía 2001-2006, que es parte del Plan Nacional de Desarrollo para el mismo plazo, uno de los objetivos allí señalados es el de “incrementar la utilización de fuentes renovables de energía” y, para esto, se define, como acción específica, la “creación de un programa anual de fomento a la generación de energía eléctrica, a partir de energía renovable”. Este programa, cabe decirlo, no existe todavía.

ANEXO 4. MECANISMO DE DESARROLLO LIMPIO

a. Antecedentes

El calentamiento global de la tierra es el problema ambiental más importante de la actualidad y se encuentra relacionado directamente con la industria energética. Las nuevas temperaturas tienden a derretir los hielos de los polos y glaciares, lo que provocará un incremento en el nivel de los océanos. Se verá afectado el clima, la geografía y las relaciones humanas. La manifestación de inundaciones en las costas, fuertes precipitaciones en zonas medias y sequías en las zonas ecuatoriales, afectarán a las actividades económicas al perderse cosechas e interrumpir procesos productivos.

Ante esta perspectiva, en 1992, la Conferencia de las Naciones Unidas para el Desarrollo y Medio Ambiente, después de evaluar diversos informes científicos, decidió conformar la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), vigente desde 1994.

La CMNUCC es el instrumento jurídico internacional establecida para atender los asuntos relacionados al cambio climático. Esta instancia reconoce que el clima es un recurso mundial, compartido por todos los países, cuya estabilidad puede verse afectada por las emisiones de bióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero producidos por la actividad humana. Dentro de la Convención, los países generan, intercambian y comparten información sobre las emisiones de GEI y las políticas nacionales en la materia; preparan estrategias nacionales que les permita reducir la generación de los GEI y adaptarse a los impactos previstos del cambio climático, considerando el apoyo financiero y tecnológico a los países en vías de desarrollo; y cooperan en la preparación de métodos para mitigar los efectos y adaptarse de mejor manera a los impactos esperados.

El texto de la CMNUCC, firmado por la mayoría de los países, fue firmado por México el 13 de junio de 1992 y ratificado el 11 de marzo de 1993. Luego de la aprobación por parte del Senado de la República, la CMNUCC entró en vigor para México el 21 de marzo de 1994.

La Convención establece la distinción entre los países que forman parte de ella, en función de su desarrollo económico, catalogándolos en países Anexo 1 y países No Anexo 1. México es parte de la Convención como país No Anexo 1. En este sentido, forman parte del Anexo 1 los países industrializados que fueron miembros de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) en 1992, además de otros países con economías consideradas en transición, que incluyen a la Federación Rusa y otros estados de Europa del Este.

Los países del Anexo 1 tienen el compromiso de reducir en al menos un 5% sus emisiones de gases de efecto invernadero con respecto al nivel de emisiones que se tenía en 1990. Los países deben cumplir con su compromiso durante el primer período de cumplimiento entre 2008 y 2012. México, junto con el resto de los países parte de la Convención, integra el grupo no Anexo 1, es decir, economías en desarrollo. Cabe hacer mención que aun cuando México es parte de la OCDE, no fue sino hasta 1994 que formó parte de pleno derecho de dicha organización. Dentro del Protocolo de Kioto, los Países No Anexo 1 no tienen compromisos de reducción de emisiones.

Tres años después, en 1997, en Kyoto, Japón, se adoptó el denominado Protocolo de Kyoto, que regula y fija obligaciones para 39 países, en su mayoría desarrollados, para rebajar sus emisiones de GEI en un promedio de 5%, tomando como base las emisiones del año 1990. El Protocolo es una adhesión acordada por los países, para adoptar medidas y establecer compromisos más ambiciosos en torno a lo ya establecido sobre cambio climático. El Protocolo de Kyoto entró en vigor el pasado 15 de febrero de 2005.

El Protocolo de Kioto, ya en vigor, supone un acontecimiento importante en la historia de la política ambiental. Por primera vez la comunidad internacional cuenta con un tratado, en donde existen vinculación para buscar soluciones a los problemas que se derivan del cambio climático, que deben gestionarse en el marco de la cooperación multilateral.

b. El Mecanismo de Desarrollo Limpio.

El Mecanismo de Desarrollo Limpio es un procedimiento contemplado en el Protocolo de Kioto 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 (IPCC, 2001).

El propósito del Mecanismo de Desarrollo Limpio es, de acuerdo a 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 Mecanismo de Desarrollo Limpio reduce el costo de cumplimiento de compromisos ante 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 estos ofrecen para las políticas de desarrollo sustentable.

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

Este mecanismo está regulado fundamentalmente por el Artículo 12 del Protocolo de Kioto, los acuerdos de Marrakech y las decisiones y recomendaciones que vaya tomando la Junta Ejecutiva del MDL. I.

Art. 12 del Protocolo de Kyoto

1. Por el presente se define un mecanismo para un desarrollo limpio.
2. El propósito del mecanismo para un desarrollo limpio es ayudar a las Partes no incluidas en el anexo I a lograr un desarrollo sostenible 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 las emisiones contraídos en virtud del artículo 3.
3. En el marco del mecanismo para un desarrollo limpio:
 - a) Las Partes no incluidas en el anexo I se beneficiarán de las actividades de proyectos que tengan por resultado reducciones certificadas de las emisiones; y
 - b) Las Partes incluidas en el anexo I podrán utilizar las reducciones certificadas de emisiones resultantes de esas actividades de proyectos para contribuir al cumplimiento de una parte de sus compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones contraídos en virtud del artículo 3, conforme lo determine la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo.
4. El mecanismo para un desarrollo limpio estará sujeto a la autoridad y la dirección de la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo y a la supervisión de una junta ejecutiva del mecanismo para un desarrollo limpio.
5. La reducción de emisiones resultante de cada actividad de proyecto deberá ser certificada por las entidades operacionales que designe la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo sobre la base de:
 - a) La participación voluntaria acordada por cada Parte participante;
 - b) Unos beneficios reales, mensurables y a largo plazo en relación con la mitigación del cambio climático; y
 - c) Reducciones de las emisiones que sean adicionales a las que se producirían en ausencia de la actividad de proyecto certificada.
6. El mecanismo para un desarrollo limpio ayudará según sea necesario a organizar la financiación de actividades de proyectos certificadas.
7. La Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo en su primer periodo de sesiones deberá establecer las modalidades y procedimientos que permitan asegurar la transparencia, la eficiencia y la rendición de cuentas por medio de una auditoría y la verificación independiente de las actividades de proyectos.
8. La Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo se asegurará de que una parte de los fondos procedentes de las actividades de proyectos certificadas se utilice para cubrir los gastos administrativos y ayudar a las Partes que son países en desarrollo particularmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático a hacer frente a los costos de la adaptación.
9. Podrán participar en el mecanismo para un desarrollo limpio, en particular en las actividades mencionadas en el inciso a) del párrafo 3 supra y en la adquisición de unidades certificadas de reducción de emisiones, entidades privadas o públicas, y esa participación quedará sujeta a las directrices que imparta la junta ejecutiva del mecanismo para un desarrollo limpio.
10. Las reducciones certificadas de emisiones que se obtengan en el periodo comprendido entre el año 2000 y el comienzo del primer periodo de compromiso podrán utilizarse para contribuir al cumplimiento en el primer periodo de compromiso.

El Mecanismo de Desarrollo Limpio ermite, por un lado, ayudar al desarrollo sostenible de las Partes no incluidas en el Anexo I de la CMNUCC, mediante la ejecución de proyectos de



tecnologías limpias; y por otro lado, permiten generar *Reducciones Certificadas de Emisiones* (RCE), que pueden ser contabilizados por los países del Anexo.

El MDL es uno de los instrumentos más valiosos contemplados en el Protocolo de Kioto ya que da oportunidad a los países desarrollados de reducir emisiones de GEI fuera de sus fronteras, financiando la producción de energía limpia en países en desarrollo. El principio imperante apunta al efecto global de estas reducciones, con independencia del lugar donde se generan. A su vez la ubicación de proyectos en países en desarrollo los hace más rentables y económicamente atractivos. El punto importante es el desarrollo sostenible de los países de desarrollo, a través de la transferencia de tecnologías limpias y eficientes con relación al medio ambiente.

A través del MDL, un país (del Anexo I) que tiene compromisos de reducción o limitación de sus emisiones de GEI, puede desarrollar proyectos que contribuyan a reducir las emisiones en países en desarrollo que no tienen objetivos en la reducción de estas emisiones. Por la realización de estos proyectos, el país recibe una cantidad de reducciones certificadas igual a la cantidad de gases reducida por los mismos, pudiendo utilizar estos certificados a efectos de contabilizar el cumplimiento de sus objetivos.

Las reglas establecidas por el Consejo Ejecutivo del MDL señalan las siguientes categorías como categorías autorizadas para el desarrollo de proyectos MDL:

1. Industrias energéticas (renovables/no renovables)
2. Distribución de energía
3. Demanda de energía
4. Industrias manufactureras
5. Industrias químicas
6. Construcción
7. Transporte
8. Minas / producción mineral
9. Producción metalúrgica
10. Emisiones fugitivas de combustibles (sólidos, petróleo y gas natural)
11. Emisiones fugitivas de la producción y consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre
12. Uso de solventes
13. Disposición y manejo de desechos
14. Forestación y reforestación
15. Agricultura

Un proyecto MDL debe cumplir con las condiciones de adicionalidad, de determinación de la línea base y de contribución al desarrollo sostenible del país, según lo establece el Artículo 12 del Protocolo de Kioto.



c. Certificados de Reducción de Emisiones o Bonos de Carbono

El Artículo 17 del Protocolo de Kioto permite la compraventa de emisiones entre las Partes incluidas en el Anexo I de la CMNUCC, para el cumplimiento de sus compromisos.

Art. 17 del Protocolo de Kyoto

La Conferencia de las Partes determinará los principios, modalidades, normas y directrices pertinentes, en particular para la verificación, la presentación de informes y la rendición de cuentas en relación con el comercio de los derechos de emisión. Las Partes incluidas en el anexo B podrán participar en operaciones de comercio de los derechos de emisión a los efectos de cumplir sus compromisos dimanantes del artículo 3. Toda operación de este tipo será suplementaria a las medidas nacionales que se adopten para cumplir los compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones dimanantes de ese artículo.

Otra forma de comprender lo anterior es que, para incentivar la reducción de emisiones, se acordó que las empresas o los países del mundo industrializado puedan invertir en proyectos ambientales en países en desarrollo, como México, y contar las reducciones como propias. Mediante este esquema, las empresas que inviertan en estos proyectos podrán adquirir un Certificado de Reducción de Emisiones por cada tonelada de gas con efecto invernadero no emitida a la atmósfera. Cualquier proyecto que reduzca emisiones o capture gases de efecto invernadero, podrá vender sus certificados a un gobierno o empresa extranjero

Esta forma de atender la reducción de emisiones, resalta que los límites de las emisiones de gases de efecto invernadero establecidos se convirtieron en una manera de asignar valores monetarios a la atmósfera terrestre. El Protocolo permitirá a los países que pueden ahorrarse algunas unidades de emisión y vender este exceso de capacidad a los países que superan sus objetivos.

Así es como se crea el “mercado de bonos de carbono” (conocido con esta denominación porque el dióxido de carbono es el gas de efecto invernadero más frecuentemente producido, y porque las emisiones de otros gases de efecto invernadero se registran y contabilizan en forma de “equivalentes de dióxido de carbono”).

El valor de cada certificado al arranque del acuerdo fue de 8 euros por cada tonelada de bióxido de carbono o cualquiera de los 6 gases de efecto invernadero, no emitida. El precio puede variar: tan sólo en abril del 2005 fue de 13 euros, pero en América Latina el precio se cotiza entre 4 y 6 dólares.

Se puede decir que existen “varios tipos” de bonos de carbono, dependiendo de la forma en que éstos fueron generados: Certificados de Reducción de Emisiones (CERs); Montos Asignados Anualmente (AAUs); Unidades de Reducción de Emisiones (ERUs), Unidades de Remoción de Emisiones (RMUs).

No hay un valor “oficial” sobre el precio de una tonelada de CO₂ reducida o no emitida. Aunque algunas agencias multilaterales han establecido ciertos precios para los proyectos de reducción de emisiones financiados por ellas mismas (por ejemplo, hasta 2005, el Banco Mundial emplea un



precio de \$5 dólares por tonelada de CO₂ equivalente no emitida), el precio de la tonelada está sujeto a oferta y demanda de bonos de carbono en el mercado.

Dado que existen diferentes esquemas para el comercio de los bonos y diferentes sitios del mundo donde se pueden comprar y vender, pueden existir precios diferentes por cada tonelada de CO₂. Por ejemplo: *Chicago Climate Exchange*: en operación desde diciembre del 2003; el precio ha fluctuado desde \$0.90 hasta los \$2.10 dólares por tonelada de CO₂ (datos a junio de 2005). *European Climate Exchange Carbon*: en operación desde abril del 2005; el precio ha fluctuado entre \$6.40 y \$19.70 euros por tonelada de CO₂ (datos a junio de 2005).

En consideración de lo expuesto en este capítulo, cabría señalar que el desarrollo de proyectos bajo el contexto del MDL, relacionados con el aprovechamiento de biogás en México, se han vuelto atractivos en términos económicos y rentables. El contexto de su desarrollo permite la transferencia de tecnologías limpias y eficientes, las que paralelamente coadyuvan a solucionar problemas de tipo ambiental e ingresos adicionales para los beneficiarios directos de los proyectos. A su vez la ubicación de proyectos en países en desarrollo los hace más rentables y económicamente atractivos. Las empresas que invierten en estos proyectos adquieren certificado de reducción de emisiones (CER) por cada tonelada de gas con efecto invernadero no emitida a la atmósfera, siendo posible vender sus certificados a un gobierno o empresa extranjero.

d. Asociación Metano a Mercados

La Asociación del Metano a los Mercados, iniciada en noviembre del 2004, es una iniciativa multilateral que une intereses públicos y privados para promover la recuperación y el uso del metano como fuente de energía limpia. Es un programa nuevo e innovador cuyo propósito es promover la seguridad energética, mejorar la calidad del medio ambiente y reducir las emisiones de gases de invernadero en todo el mundo. La Asociación trabajará de cerca con el sector privado en fijar como objetivo el metano que actualmente se desprende de sistemas de petróleo y gas, de minas de carbón subterráneas y rellenos sanitarios. La EPA calcula que la Asociación podría recuperar para el año 2015 hasta 500,000 millones anuales de pies cúbicos de gas natural (equivalentes a 50 millones de toneladas de carbono). El logro de este objetivo desarrollará fuentes de energía nuevas y más limpias que estimularán el crecimiento económico, mejorarán el medio ambiente y reducirán las emisiones mundiales de este poderoso gas de invernadero. Estados Unidos se propone aportar hasta 53 millones de dólares a la Asociación durante los cinco próximos años.

Los propósitos de la Asociación Metano a Mercados son: En el marco internacional, intensificar la recuperación y el uso del metano como valiosa fuente de energía limpia. En cuanto a la orientación de proyectos rentables y de corto plazo, apoyar a países en vías de desarrollo y con economías en transición en la recuperación y el uso del metano. Con relación a la participación del sector privado, incluir a compañías privadas, bancos multilaterales de desarrollo y otras organizaciones en las actividades de implementación del Metano a Mercados 2M a lo largo del proyecto. Además, se promoverán proyectos rentables en la recuperación y uso del metano, tales como minas de carbón, sistemas de petróleo y gas, rellenos sanitarios y desechos del ganado.

Los países desarrollados se comprometen a ayudar, en la realización de estos propósitos, a los países en vías de desarrollo y con economías en transición. Los países miembros son Argentina,





Australia, Brasil, Canadá, China, Colombia, India, Italia, Japón, México, Nigeria, Rusia, Corea del Sur, Ucrania, Reino Unido y Estados Unidos.

Además, aproximadamente 150 organizaciones se han hecho miembros de la red del proyecto desde la firma en el mes de noviembre del 2004; las que incluyen empresas del sector privado (promotores de proyectos, fabricantes de equipos, productores de petróleo/gas, etc.), banca y finanzas y otras organizaciones a nivel mundial.



BIBLIOGRAFIA

Agredano, Jaime. Prospectiva de la Tecnología Solar Fotovoltaica para la Generación de Electricidad. Anexo 7. Instituto de Investigaciones Eléctricas, División de Energías Alternas. Gerencia de Energías No Convencionales.

Anderson, Teresa; Doig, Alison; Rees, Dai and Khennas, Smail. Rural Energy Services. A handbook for sustainable energy development. Intermediate Technology Publications, London, 1999.

Fishbein, Robert E. Survey of Productive Uses of Electricity in Rural Areas. Africa Energy Unit. World Bank, Washington, DC, April, 2003.

Barry, Roger G., Chorley, Richard J., "Atmósfera, tiempo y clima", Ediciones Omega, España, 1999.

Byers, Horace R., "General Meteorology", 4111 edition, McGraw-Hill, USA, 1974.
Concheiro, Antonio A., Rodríguez V. Luis, "Alternativas energéticas", Fondo de Cultura Económica, México, 1985.

Calor Solar para Procesos Industriales IEA SHC – Tarea 33, IEA SolarPaces – Tarea IV. Internacional Energy Agency and SolarPaces. Boletín No. 1 – Diciembre 2004.

Elliott, D., Schwartz, M., Scott, G., Haymes, S., Heimiller, D., George, R. Atlas de Recursos Eólicos del Estado de Oaxaca. NREL/TP, Abril de 2004.

Golding, E.W. "The generation of electricity by wind power", E. & F.N: SPON, 4^a edition, USA, 1980.

“Guía para el Desarrollo de Proyectos de Bombeo de Agua con Energía Fotovoltaica” publicada por FIRCO dentro del proyecto de Energía Renovable para la Agricultura. FIRCO, SNL, USAID, GEF. Año 2001.

Kaufman, Steven with contribution by Duke, Richard; Hansen, Richard; Rogers, John; Smith, G. L., A. C. Wilber, S. K. Gupta, and P. W. Stackhouse, Jr., 2002: Surface Radiation Budget and Climate Classification, Applied Optics, Vol. 15, pp. 1175-1188.

Knowles Middleton, W.E., Spilhaus, A.F., "Meteorological Instruments", 3rd edition, University of Toronto Press, Canadá, 1953.

Manwell, J.F., McGowan, J.G., Rogers, A.L., "Wind energy explained", John Wiley & Sons, USA, 2002.

Masera, Omar (Coord.). La Bioenergía en México. Un catalizador del Desarrollo Sustentable. Comisión Nacional Forestal. Grupo Mundi-Prensa, México, 2006.



Pierson, Richard E. "Technician's and experimenters guide to using sun, wind and water power", Parker Publishing Company, USA, 1977.

Pilatowsky, Isaac; García Octavio; Oskam, Adrián; Martínez, Rodolfo. La Utilización de la Energía Termosolar en el Sector Industrial.

Programa Sectorial de Energía 2001-2006. Un país con energía es un país con futuro. Plan Nacional de Desarrollo. Secretaría de Energía, México, 2003

Schwartz, Richard and Trexler, Mark. Rural Electrification with Solar Energy as a Climate Protection Strategy. Renewable Energy Policy Project. Research Report No. 9, January 2000.

Sources of Financing for PV-Based Rural Electrification in Developing Countries. Photovoltaic Power Systems Programme. Report International Energy Agency-PVPS, T9-08:2004.

Tonda, Juan "El oro solar y otras fuentes de energía", Fondo de Cultura Económica, Colección "La Ciencia desde México" No. 119, México, 1993.

Whitlock, C. H., D. R. Cahoon, and T. Konzelmann, 1996: Biomass Burning Effects on Shortwave Radiation in Africa. Biomass Burning and Global Change. J. S. Levine, Ed., MIT Press, Cambridge, pp. 485-491.

Whitlock, C.H., D. E. Brown, R.C. DiPasquale, W. S. Chandler, and P. W. Stackhouse, 2002: Variability of Diffuse Solar Surface Radiation over the Globe. SOLAR | 2002, Paper 189A, Proceedings of Sunrise on the Reliable Energy Economy, June 15-19, Reno, NV. Sponsored by ASES and 12 other industry societies.

Wind Energy, Spring 1998.

ⁱ Véase Directorio de Establecimientos TIF, Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera

ⁱⁱ *Manual de Autoenseñanza Programada. Introducción a la Tecnología de la Digestión Anaeróbica.* FIRCO.

ⁱⁱⁱ Citado por el Ing. Marcelo Muños R., en *Modelos de Gestión Limpia para Residuos Municipales*. Escuela Politécnica Nacional. Departamento del Medio Ambiente, 2004. Quito, Ecuador.

^{iv} E. Campos, A. Bonmatí, M.R. Teira, X. Flotats. *Aprovechamiento energético de lodos residuales y purines. Producción de Biogás.* Jornades tècniques sobre energia. Barcelona Noviembre 2001. Laboratori d'Enginyeria Ambiental. Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl de la Universitat de Lleida.

^v Soria Fragoso, Manuel de Jesús. Producción de biofertilizantes mediante biodigestión de excreta líquida de cerdo. Terra Latinoamericana. Revista de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Octubre-Diciembre 2001, vol. 19 N° 4. Chapingo, México.

^{vi} Con base en los siguientes documentos

Manual para la producción de Biogás. Ing. A.M. Sc. Jorge A. Hilbert. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos, 2003, Buenos Aires, Argentina.

Manual de Autoenseñanza Programada . Introducción a la Tecnología de la Digestión Anaeróbica. Fideicomiso de Riesgo Compartido. s/f.

Energía de Biomasa. Fotosíntesis. Biomasa. Conversión por Microorganismos. Biogas. Etanol. Biodiesel. Leonor Carrillo, Edición del autor, S.S. Jujuy, 2004. ISBN 987-43-8679-7.

^{vii} E. Campos, A. Bonmatí, M.R. Teira, X. Flotats. *Aprovechamiento energético de lodos residuales y purines. Producción de Biogás.* Jornades tècniques sobre energia. Barcelona Noviembre 2001. Laboratori d'Enginyeria Ambiental. Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl de la Universitat de Lleida.

^{viii} E. Campos, A. Bonmatí, M.R. Teira, X. Flotats. *Aprovechamiento energético de lodos residuales y purines. Producción de Biogás.* Jornades tècniques sobre energia. Barcelona Noviembre 2001. Laboratori d'Enginyeria Ambiental. Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl de la Universitat de Lleida.

^{ix} Cfr. los datos obtenidos de la página WEB de AMEG, <http://www.ameg.org.mx/mn/estadisticas.asp> (27/12/05), respecto a la extracción de ganado bovino:

Periodo	Sacrificio Rastro Municipal	Sacrificio En Planta TIF	Exportación Total de Ganado en pie	Importación Total de Ganado para abasto	Extracción Total de ganado Nacional
	a	b	c	d	e = a+b+c-d
2002	2,958,424	922,212	1,145,669	111,224	4,915,081
2003	2,965,795	1,270,911	1,342,758	31,928	5,547,536
2004	2,830,388	1,498,430	1,374,430	28,450	5,674,798

^x Los datos de los sistemas de producción derivan de un monitoreo realizado en 1997 en las Delegaciones Estatales de en aquel entonces la SAGAR. No existe información estadística oficial sobre el particular. En la definición de los sistemas de producción se considera, en lo general, lo siguiente: *Sistema Especializado*.- Se caracteriza por contar con ganado especializado en la producción de leche, fundamentalmente por la raza Holstein y en menor medida Jersey y Pardo Suizo Americano; cuenta con tecnología altamente especializada para la producción láctea; el sistema de manejo predominante es el estabulado; realizando prácticas en medicina reproductiva, medicina preventiva y mejoramiento genético; la dieta del ganado se basa en forrajes de corte y alimentos balanceados. Las labores agrícolas, así como la ordeña están mecanizadas y la leche producida se destina a las plantas pasteurizadas. Se desarrolla en el altiplano y en las zonas áridas y semiáridas de país. Los principales estados que cuentan con este sistema son Durango y Coahuila (Región Lagunera), Jalisco, Chihuahua, Guanajuato, Aguascalientes, Hidalgo y Baja California. *Sistema Semiespecializado*.- En la base genética de este sistema predomina la raza Holstein y Pardo Suizo, sin llegar a nivel es de producción y lactancia del sistema especializado. El ganado se mantiene en condiciones de semiestabulación, en pequeñas extensiones de terreno. Las instalaciones son acondicionadas o adaptadas para la explotación del ganado. El ordeño se realiza en forma manual, con ordeñadoras individuales o de pocas unidades. Carecen en al gran mayoría de equipo propio para enfriamiento y conservación de leche, por lo que se considera un nivel medio de incorporación tecnológica en infraestructura y equipo. Existe cierto tipo de control productivo y programas de reproducción que incluyen inseminación artificial. Los principales estados que cuentan con este sistema son Jalisco, Chihuahua, Michoacán, Puebla; México, Tlaxcala, Zacatecas, Hidalgo, Baja California y Sonora. *Sistema de Doble Propósito*.- Se desarrolla principalmente en las zonas tropicales del país., utilizando razas cebuinas y sus cruza. El manejo de los animales se efectúa en forma extensiva. Sui alimentación se basa en pastoreo con un mínimo de suplementación alimenticia y ocasionalmente con empleo de subproductos agrícolas. Cunta con instalaciones adaptadas, empleando para su construcción materiales de la región. El ordeño se realiza por lo general en forma manual. Las prácticas de medicina reproductiva y preventiva, el mejoramiento genético y el manejo recursos forrajeros, requieren ser mejorados. Los principales estados que cuentan con este sistema son Veracruz, Jalisco, Guanajuato, Chiapas, , San Luís Potosí, Tabasco, Guerrero, Sinaloa, y Zacatecas. *Sistema Familiar o de Traspatio*.- Este sistema representa la tradición ganadera de nuestro país. La explotación del ganado esta condicionada a pequeñas superficies de terreno; cuando éstas se ubican cerca de las viviendas se les denomina de “traspatio”. Pueden ser de tipo estabulado o semiestabulado. Con animales de las razas Holstein y en menor proporción Suizo Americano y cruza. Si bien el ganado no es de calidad genética utilizado en el sistema especializado, se puede considerar, en cuanto a la producción láctea, de bena calidad. Las instalaciones son rudimentarias y el ordeño, en general, se realiza manualmente. Los principales estados que cuentan con este sistema son Jalisco, México, Hidalgo, Durango, Coahuila, Aguascalientes, Nuevo León, Michoacán, Sonora y Baja California. (HPF).

^{xi} Mariscal Landin, Gerardo. CENID, Fisiología INIFAP. *Efecto del programa de alimentación sobre el contenido de nutrimentos en las excretas porcinas*, documento dentro del Reporte de la Iniciativa de la Ganadería, el Medio Ambiente y el Desarrollo (LEAD) - Integración por Zonas de la Ganadería y de la Agricultura Especializadas (AWI) - Opciones para el Manejo de Efluentes de Granjas Porcícolas de la Zona Centro de México. Realizado por: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (México); Universidad Nacional Autónoma de México (México); Swiss College of Agriculture (Switzerland); y Coordinado por la FAO. En este documento se citan definiciones de los sistemas de producción porcina.: “...Sistema tecnificado: Se caracteriza por utilizar tecnología de punta, con adecuaciones particulares a las condiciones climatológicas donde se encuentra. El nivel de integración es alto, lo que le permite controlar la calidad genética de la pira y estandarizar los cerdos producidos para sacrificio. Generalmente son empresas que cuentan con asesoría en la formulación de raciones de acuerdo a la disponibilidad de insumos y capacidad productiva de la pira, así como con fábrica de alimentos balanceados. Los estados en donde es preponderante este sistema y los que se encuentran libres de enfermedades de carácter económico son prácticamente los mismos, lo que indica su preocupación sobre el control sanitario del hato. Los mercados en los cuales comercializa su producción son las principales zonas urbanas del país y la industria de carnes frías y

embutidos. Este sistema de producción ha ido incrementando su participación en la producción en los últimos años; actualmente se estima que representa aproximadamente el 58% de la producción nacional y se ubica principalmente en los estados de Sonora, Sinaloa y Yucatán. Sistema semitecnificado: Se le nombra así porque su principal característica es la de utilizar tecnología moderna al mismo tiempo que técnicas tradicionales de manejo, sus parámetros productivos son muy variables; sin embargo, generalmente su productividad es inferior a la observada en el sistema tecnificado. Esto es debido principalmente a que la infraestructura de las granjas y el control sanitario de las mismas no son adecuados, a lo cual se suma el empleo de alimentos comerciales, los cuales se caracterizan por cubrir los requerimientos nutrimentales de una población hipotética de cerdos. Comercializa sus productos principalmente en mercados regionales y en pequeños centros urbanos; su participación en el mercado nacional representa alrededor del 15% y su importancia productiva disminuyó en un 5% en la última década. Este sistema se encuentra en todos los estados de la república, aunque es mayoritario en el Centro (Guanajuato, Michoacán, Jalisco) y Sur del país. Sistema de traspatio: Este sistema se practica en todo el territorio nacional, incluyendo áreas urbanas como la ciudad de México, donde se tienen censados a 40,000 cerdos repartidos en siete delegaciones: Alvaro Obregón, Magdalena Contreras, Cuajimalpa, Milpa Alta, Xochimilco, Tláhuac y Tlalpan, su mayor relevancia radica en ser una fuente de abasto de carne en zonas en donde los canales comerciales formales no operan. Su aporte a la producción nacional se estima en un 30%, este porcentaje se ha mantenido prácticamente invariable durante la última década. Otra característica importante de este sistema es que la calidad genética de los animales es baja, lo cual se traduce en bajos rendimientos productivos.”

xii Sobre algunos cálculos para estimar las excretas de cerdo, véase a Mariscal Landin, Gerardo. CENID, Fisiología INIFAP. *Efecto del programa de alimentación sobre el contenido de nutrimentos en las excretas porcinas*. Op. Cit., en donde se menciona que “...Se han realizado varios cálculos para estimar la cantidad de excreta (heces + orina + agua) que se producen en una explotación porcina; a continuación se enumeran algunos de ellos: Pérez Espejo menciona que por cada 70 Kg. de peso vivo en granja, se producen entre 4 y 5 Kg. de excreta, por su parte Gadd menciona que el promedio de producción de excretas en engorda, puede ser un décimo del peso vivo por día (sólido y líquido), lo que representa 1.36 Kg. de heces y 4.73 l de orina por día en promedio desde el destete hasta el peso al sacrificio; Penz proporciona datos del volumen diario de excretas producidas por tipo de cerdo (Ver cuadro); Sweeten estima la cantidad anual producida por unidad cerda (lo que equivale a una hembra más los cerdos producidos por ella en un año), cantidad que representa 13 ton de excretas por año, con un contenido de 10% de materia seca. Sin embargo, es de remarcar que la cantidad producida de excretas varía básicamente por los siguientes factores: los ligados a las instalaciones y al equipo y los ligados al animal y al alimento, Los factores ligados a las instalaciones afectan principalmente el contenido de agua de las excretas, así como la emanación de gases, por su parte los factores ligados al animal y al alimento influyen directamente sobre la composición química de las excretas, ya que la excreción corresponde a la proporción de un nutrimento contenido en el alimento que no es retenido por el animal; la cantidad retenida depende a su vez de la composición del alimento y de la capacidad del animal por fijar (depositar) los diferentes nutrimentos, principalmente el nitrógeno y el fósforo. Por lo que la composición química y por lo tanto el poder contaminante de las excretas es muy variable y depende básicamente de la calidad del alimento, del programa de alimentación y de la capacidad productiva de los cerdos de una granja”.

Etapas	Estiércol Kg./día	Estiércol +Orina Kg./día	Volumen L/día	Volumen M ³ /animal/mes
25 – 100 Kg.	2.3	4.9	7.0	0.25
Hembra	3.6	11.0	16.0	0.48
H. Lactación	6.4	18.0	27.0	0.81
Semental	3.0	6.0	9.0	0.28
Lechón	0.35	0.95	1.4	0.05
Promedio	2.35	5.8	8.6	0.27

^{xiii} Véase Directorio de Establecimientos TIF, Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera

^{xiv} Tomado de Antonieli, David. *Oportunidades para Desarrollar Proyectos Bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio a Partir del Estiércol*. EcoSecurities. Ponencia presentada en el marco del evento Energía Limpia y Financiamiento en Municipios, organizado por la Secretaría de energía, 29 de julio del 2005.

^{xv} Tomado de Antonieli, David. *Oportunidades para Desarrollar Proyectos Bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio a Partir del Estiércol*. EcoSecurities. Ponencia presentada en el marco del evento Energía Limpia y Financiamiento en Municipios, organizado por la Secretaría de energía, 29 de julio del 2005.