



INSTITUTO DE
INVESTIGACIONES
ELECTRICAS



Taller sobre Minirredes y Sistemas Híbridos con Energías Renovables en la Electrificación Rural

Universidad de Sao Paulo, Sao Paulo, Brasil

25 y 26 de mayo de 2011

Desarrollo y aplicaciones de microrredes eléctricas en México

Dr. Humberto R. Becerra López

Instituto de Investigaciones Eléctricas - GENC

AGENDA

- **Introducción**
- **Generación con energía renovable en México: sinopsis**
 - **Potencial de energía renovable solar y eólica**
 - **Avances y metas de generación con energía renovable**
- **Electrificación rural en México**
 - **El ámbito rural mexicano**
 - **Estadísticas de electrificación y electrificación rural**
- **Sistemas híbridos y microrredes para electrificación rural en México**
 - **Aspectos generales**
 - **Desarrollos**
 - **Oportunidades de aplicación**
 - **Proyectos y propuestas en curso**
- **Reflexiones**

INTRODUCCIÓN

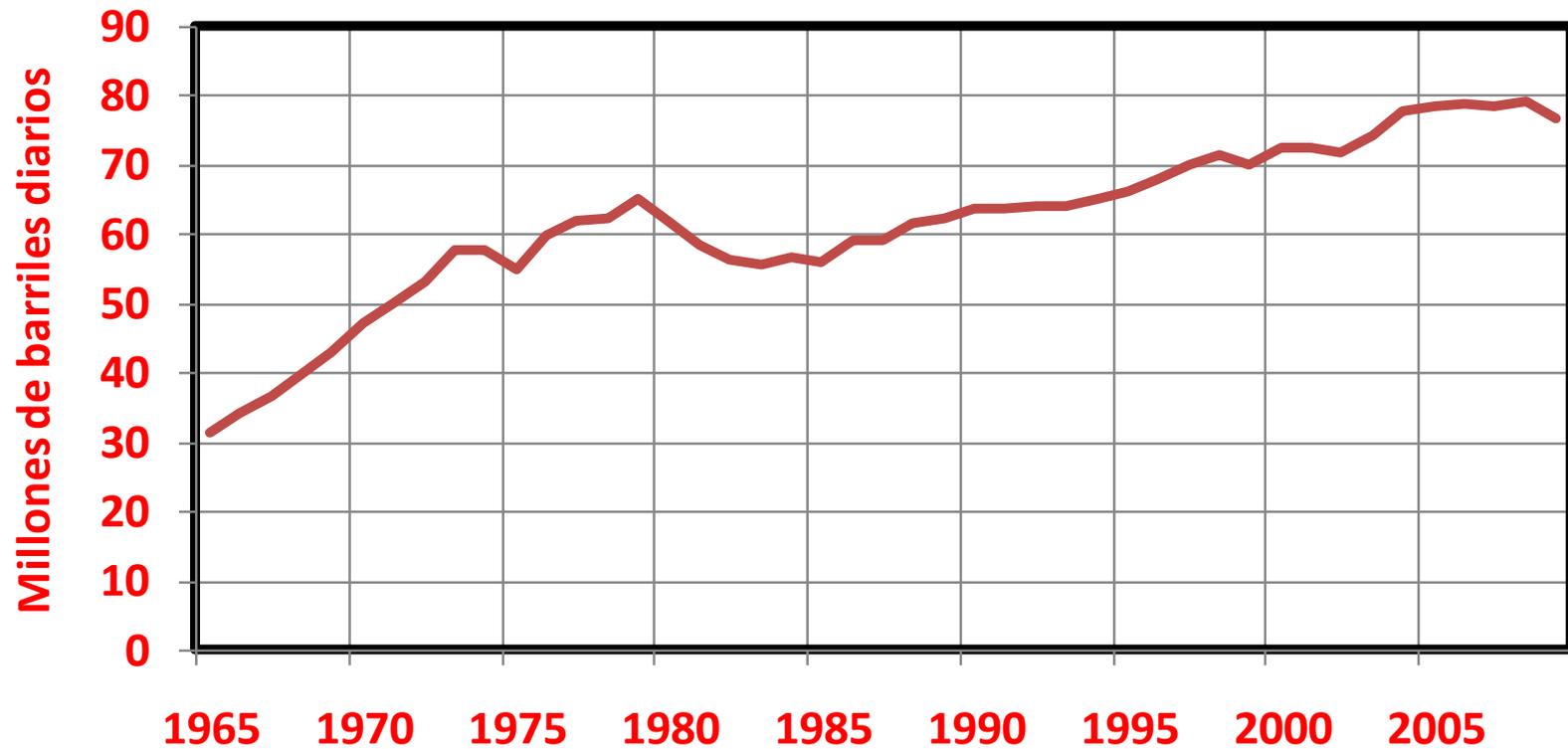


Premisa

La energía es un
elemento indispensable
para el desarrollo
económico y social de la
humanidad

Disponibilidad global de combustibles fósiles

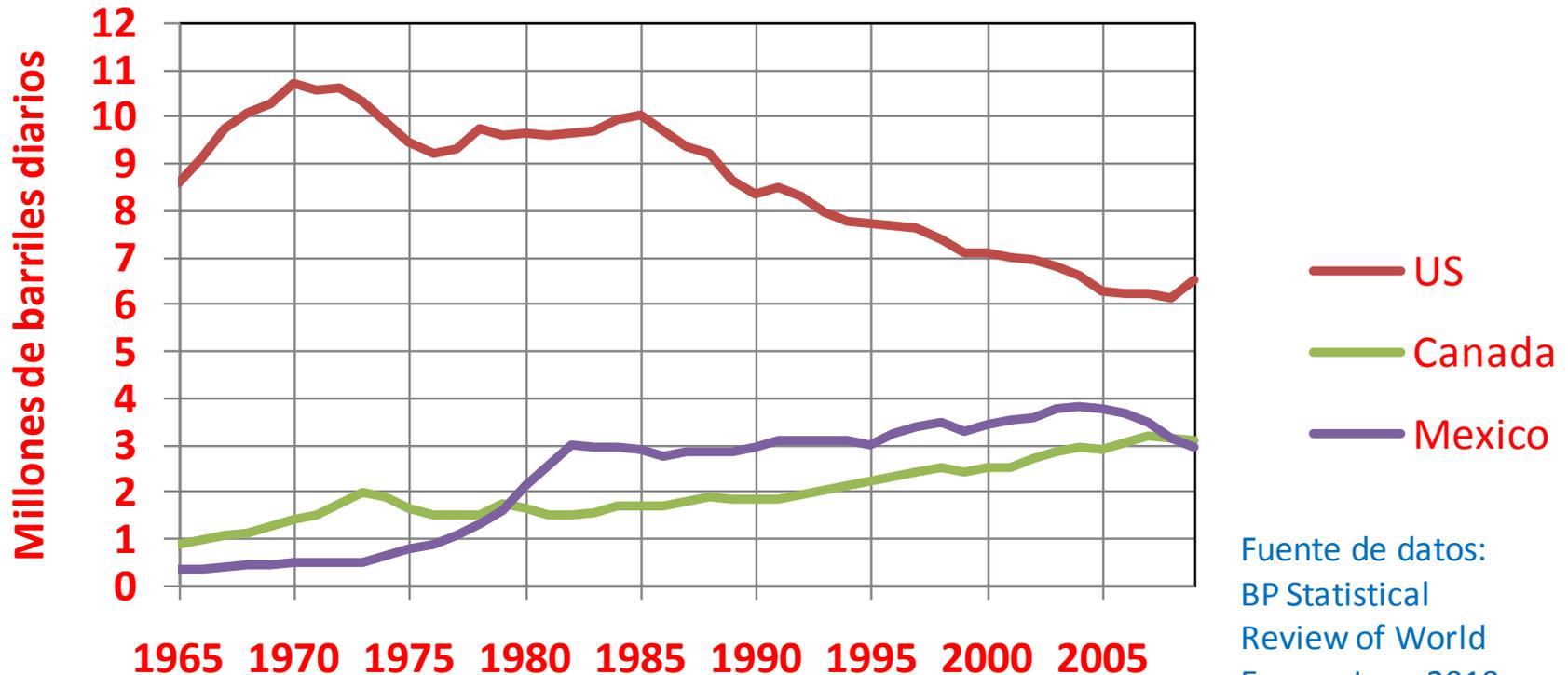
Producción mundial de petróleo crudo



Fuente de datos: BP Statistical Review of World Energy June 2010

Disponibilidad global de combustibles fósiles (cont.)

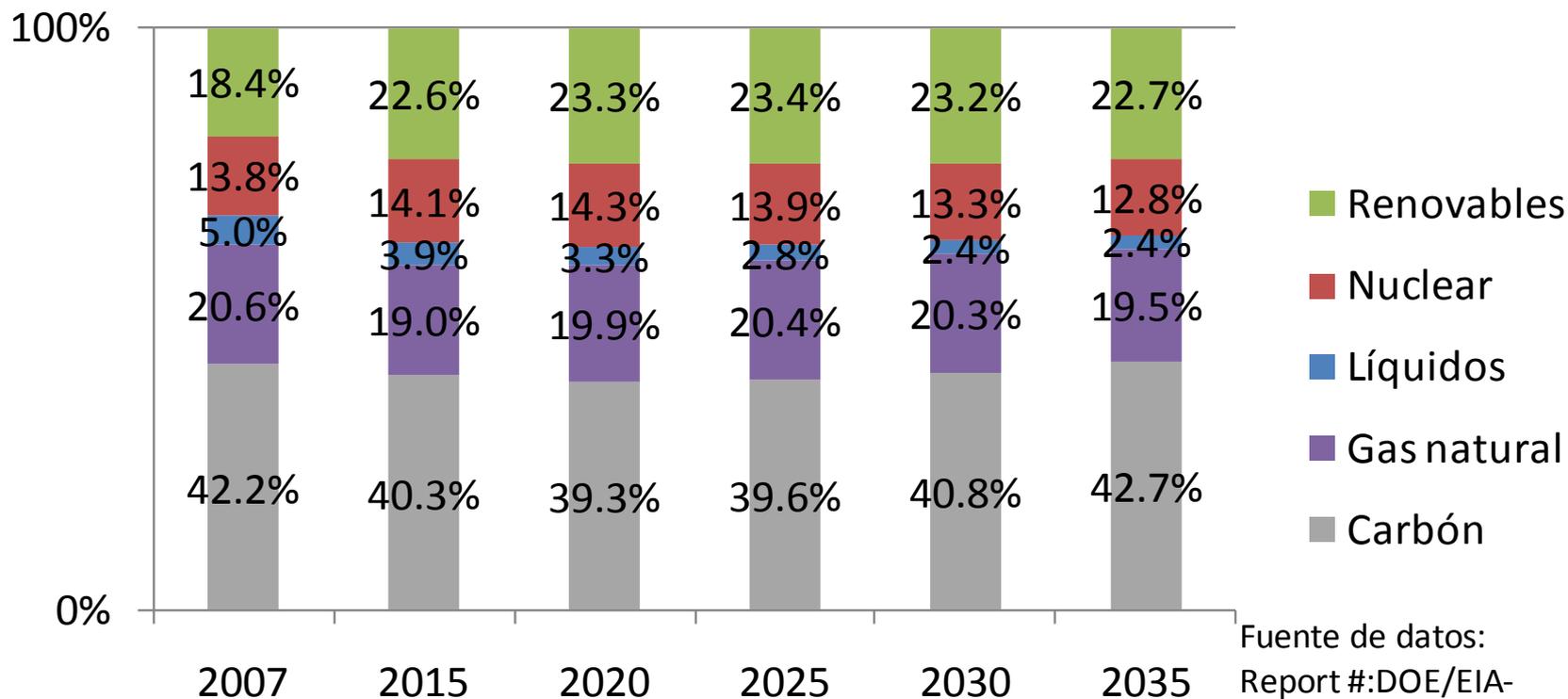
Producción de petróleo crudo en países de América del Norte



Fuente de datos:
BP Statistical
Review of World
Energy June 2010

Composición de la generación eléctrica por tipo de fuente de energía

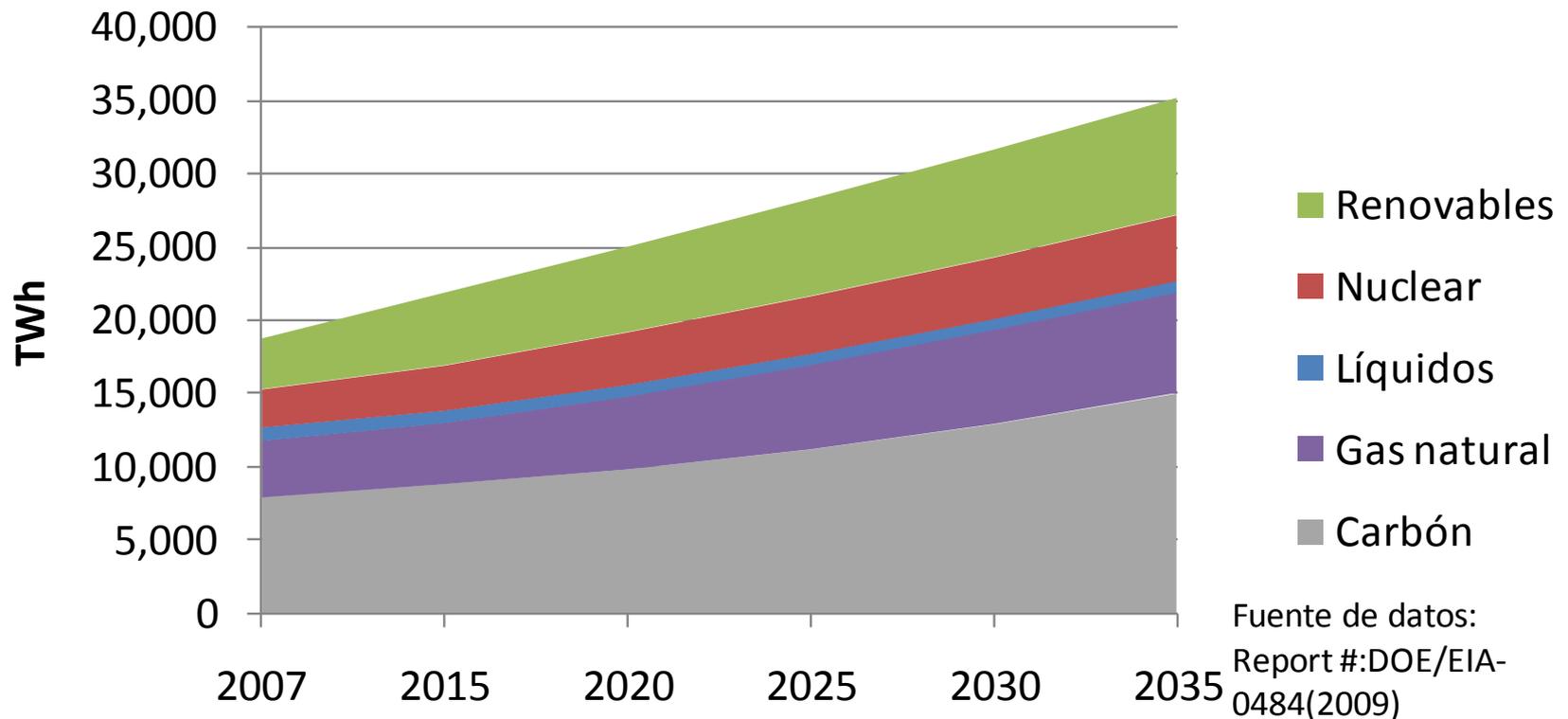
Proyección de la generación de electricidad global por tipo de recurso energético, 2007-2035



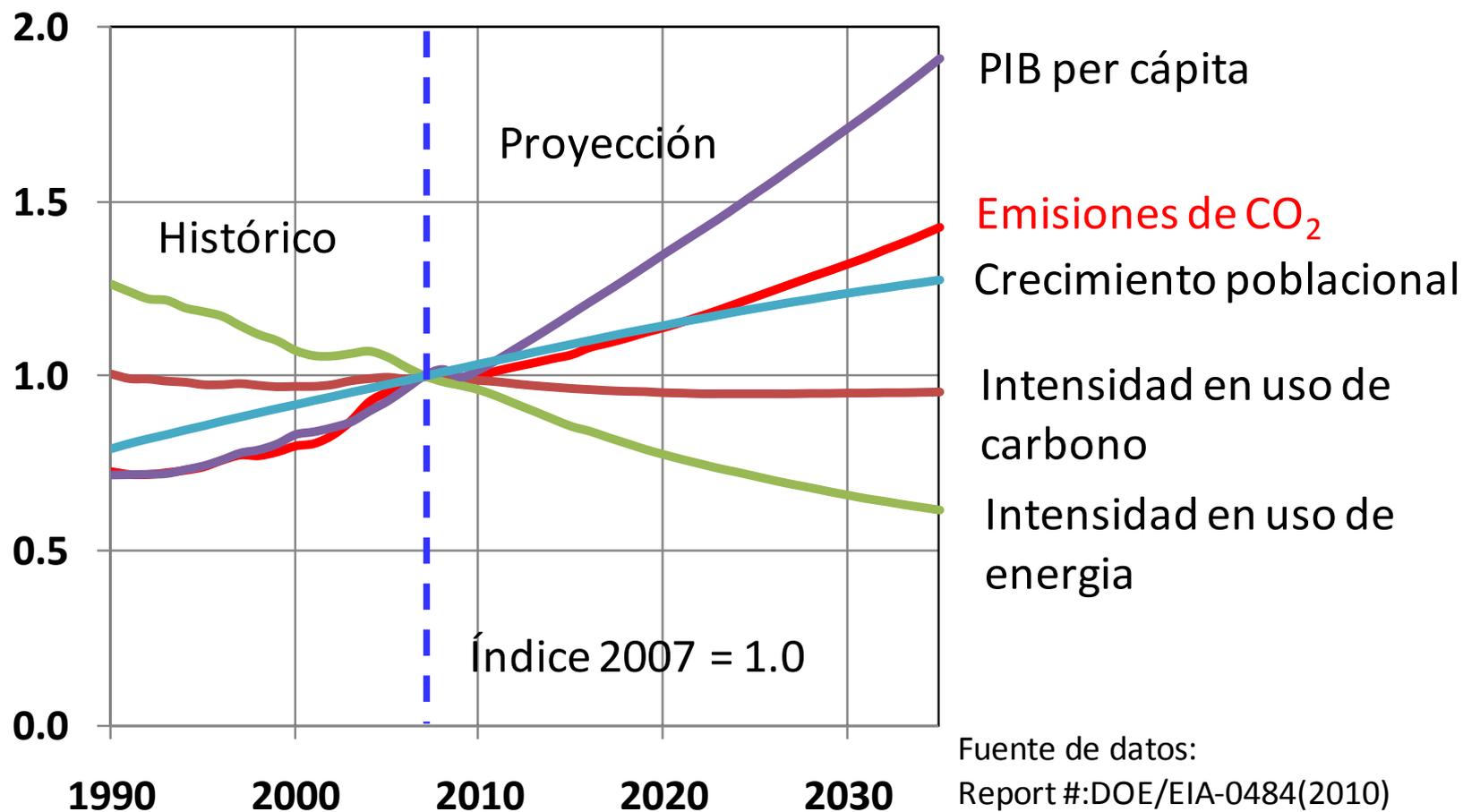
Fuente de datos:
Report #:DOE/EIA-
0484(2009)

Crecimiento de la demanda eléctrica por tipo de fuente de energía primaria

Proyección de la generación de electricidad global por tipo de recurso energético, 2007-2035



Impacto global de los factores Kaya en las emisiones de bióxido de carbono



Nuevo pacto verde mundial

En respuesta a la crisis económica y financiera, el PNUMA hace un llamado para renovar el compromiso hacia un “Nuevo Pacto Verde Mundial” con el fin de mejorar la economía global, elevar el empleo y luchar contra el cambio climático, la degradación del medio ambiente y la pobreza.

G20 Cumbre de Pittsburgh (24-25 de Septiembre de 2009)

Áreas críticas:

- ❖ Incremento de eficiencia energética
- ❖ Transición hacia energías renovables
- ❖ Incremento de transporte sustentable
- ❖ Fomento de la infraestructura ecológica
- ❖ Apoyo a la agricultura sustentable

Empleos estimados en el sector de energía renovable al 2006

	Eólica	Solar FV	Termosolar	Bioenergía	Hidroelectricidad	Geotermia
Alemania	82,100	35,000	13,300	95,400		4,200
Estados Unidos	36,800	15,700	1,900	312,200	19,000	21,000
España	35,000	26,449	9,142	10,349		
China	22,200	55,000	600,000	266,000		
Dinamarca	21,000					
India	10,000					
Brasil				500,000		
Europa					20,000	
Total	207,100	132,149	624,342	1,183,949	39,000	25,200
Total combinado	2,211,740					

Green Jobs: Towards decent work in a sustainable, low-carbon world; Job Number: DRC/1069/PA
September 2008, United Nations Environment Programme

GENERACIÓN CON ENERGÍA RENOVABLE EN MÉXICO: SINOPSIS



Legislación y regulación

- **2001** – Se publican los *modelos de contrato para interconexión y transmisión* en el Diario Oficial de la Federación. No se contemplan subsidios para la promoción del desarrollo de fuentes de energía renovable. Estos modelos de contrato aplican a proyectos eólicos, solares e hidroeléctricos mayores a 0.5 MW.
- **2007** – Se publica en el Diario Oficial de la Federación el *Modelo de Contrato de Interconexión para Fuente de Energía Solar en Pequeña Escala* aplicable a sistemas FV hasta de 30 kW.
- **2008** – Se publica la Especificación *CFE G0100-04 Interconexión a la Red Eléctrica de Baja Tensión de Sistemas Fotovoltaicos con Capacidad hasta 30 kW*.

Legislación y regulación (cont.)

- **2008** – El Congreso Mexicano promulga la ***Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética.***
- **2010** – La Comisión Reguladora de Energía
 - expide el ***Modelo de Contrato de Interconexión para Fuente de Energía Renovable o Sistema de Cogeneración en Mediana Escala,*** y
 - sustituye el ***Modelo de Contrato de Interconexión para Fuente de Energía Solar en Pequeña Escala*** por el ***Modelo de Contrato de Interconexión para Fuente de Energía Renovable o Sistema de Cogeneración en Pequeña Escala.***

Legislación y regulación (cont.)

Miércoles 27 de junio de 2007 DIARIO OFICIAL (Primer Sección) 39

CONTRATO DE INTERCONEXIÓN PARA FUENTE DE ENERGÍA SOLAR EN PEQUEÑA ESCALA QUE CELEBRAN POR UNA PARTE LOS ORGANISMOS PÚBLICOS DESCENTRALIZADOS COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD O LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, DENOMINADOS EN LO SUCESIVO EL SUMINISTRADOR, Y POR LA OTRA PARTE EL REPRESENTANTE POR SU CARÁCTER DE _____ AL TÍTULO DE LAS SIGUIENTES DECLARACIONES Y CLAUSULAS:

DECLARACIONES

I. Declara el Suministrador que:

- Es un organismo público descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propios, que se rige por la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y su Reglamento, y acredita tal carácter en los términos _____.
- Su representante, el señor _____, cuenta con todas las facultades necesarias para comparecer a la celebración del presente contrato, según consta en la escritura pública número _____ de fecha _____ pasada ante la fe del señor licenciado _____ Notario Público No. _____ de la ciudad de _____.
- Tiene su domicilio en _____, mismo que señala para todos los fines y efectos legales del presente Contrato.
- El presente Contrato es aplicable a todos los Generadores con Fuente de Energía Solar en Pequeña Escala con capacidad hasta de 30 kW, que se interconectan a la red eléctrica del suministrador en tensiones inferiores a 1 kV, y que no requieren hacer uso del Sistema del Suministrador para portar energía a sus cargas.

II. Declara el Generador que:

- (Opción 1, persona física): Es una persona física que comparece por su propio derecho con capacidad jurídica para contratar y obligarse en términos del presente Contrato y se identifica con _____, expedida por _____ de fecha _____.
- (Opción 2, persona moral): Es una sociedad mexicana, constituida de acuerdo con la escritura No. _____ de fecha _____ pasada ante la fe del licenciado _____ Notario Público No. _____ de la ciudad de _____ e inscrita en el Registro Público de Comercio de _____ bajo el número _____.
- Su representante _____, quien actúa con el carácter de _____, cuenta con todas las facultades necesarias para la celebración del presente contrato, según se desprende de la escritura pública No. _____ de fecha _____ pasada ante la fe del señor licenciado _____ Notario Público No. _____ de la ciudad de _____ e inscrita en el Registro Público de Comercio de _____ bajo el número _____.
- Tiene su domicilio en _____, mismo que señala para todos los fines y efectos legales de este Contrato.
- Se obliga a proporcionar al Suministrador, el anexo que formará parte del Contrato, el cual se describe a continuación:
Anexo E-RNT Características de los equipos de medición y comunicación.

CLAUSULAS

PRIMERA. Objeto del Contrato. El objeto de este Contrato es realizar y mantener durante la vigencia del mismo, la interconexión entre el Sistema Eléctrico Nacional propiedad del Suministrador y la Fuente de Energía Solar en Pequeña Escala del Generador.

SEGUNDA. Definiciones. Los términos que aparecen en este Contrato, ya sea en el propio cuerpo o en cualquiera de sus anexos, con inicial mayúscula y negritas tendrán el significado que se les asigna en esta cláusula segunda. Dicho significado se aplicará al término tanto en singular como en plural.

- Contrato. El presente Contrato para Fuente de Energía Solar en Pequeña Escala incluyendo todos y cada uno de sus anexos.
- Generador. La persona física o moral que cuente con un equipo de generación eléctrica con Fuente de Energía Solar en Pequeña Escala.
- Fuente de Energía Solar en Pequeña Escala: Es la que utiliza como energético primario la energía solar.
- Ley. La Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.
- Parte o Partes del contrato. La Comisión Federal de Electricidad o Luz y Fuerza del Centro y la persona física o moral que suscribe el Contrato.



INTERCONEXIÓN A LA RED ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN DE
SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CON CAPACIDAD HASTA 30 kW

ESPECIFICACIÓN
CFE G0100-04

AGOSTO 2008

MÉXICO

Modelo de Contrato de Interconexión
para Fuente de Energía Renovable o
Sistema de Cogeneración en
Pequeña Escala

Especificación CFE G0100-04 para la
interconexión de SFV hasta de 30 kW_p

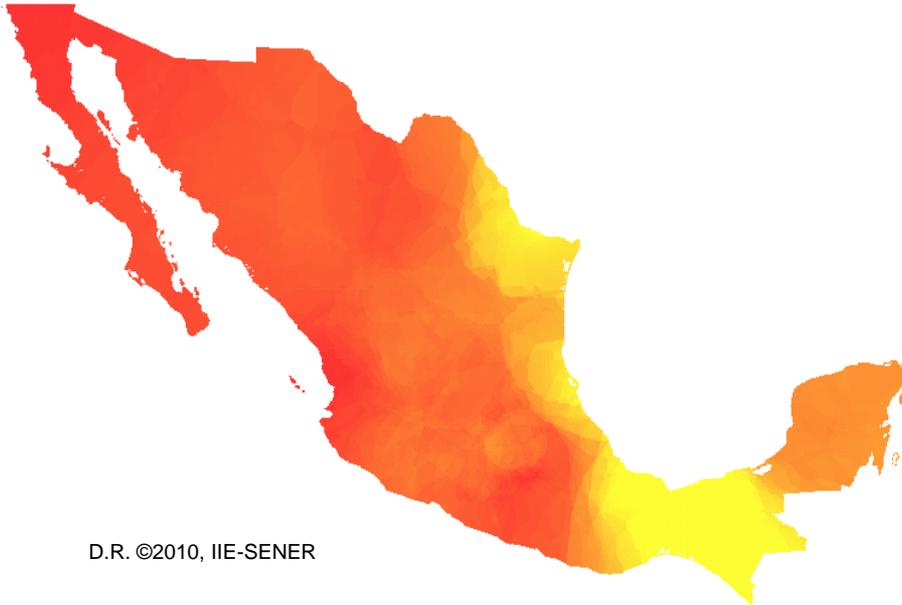
Potencial de energía renovable

México tiene un significativo potencial en energía renovable, estimándose lo siguiente:

- **Hidro:** 53,000 MW, de los cuales alrededor de 3,250 corresponden a minihidro (< 10 MW).
- **Geotermia:** 2,400 MW
- **Eólica:** > 70,000 MW, localizados principalmente en el Istmo de Tehuantepec en Oaxaca y en el estado de Baja California.
- **Bioenergía:** 2,635 – 3,771 PJ/año; madera 40%, biocombustibles 26% y desechos municipales 0.6%

Recurso solar

Radiación solar global



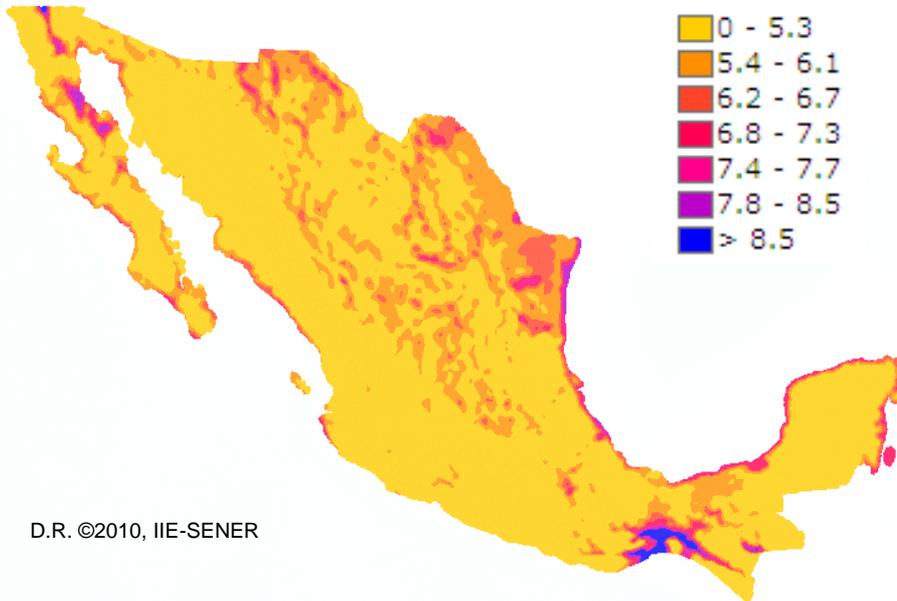
D.R. ©2010, IIE-SENER

Con una insolación media superior a los 5 kWh/m² el potencial en México es de los más altos del mundo.

Al finalizar 2010 se alcanzó una capacidad instalada FV del orden de 30 MW; correspondiendo 85% a instalaciones fuera de red y 15% a sistemas conectados a red.

Recurso eólico

Media anual de la rapidez del viento a 50 m (m/s)



D.R. ©2010, IIE-SENER

Al 2009 se alcanzó una capacidad eoloeléctrica de 202 MW, de los cuales 85 MW fueron instalados por la CFE.

Durante el período 2010-2011 se estarán adicionando 568 MW.

En 2014 se espera tener en operación una capacidad eoloeléctrica total de 3,637 MW.

Avances y metas de generación con energía renovable

Estrategia Nacional de Energía

Incrementar la participación de las tecnologías limpias en el parque de generación, de ~27% actual a 35% en 2024

Capacidad bruta por tipo de fuente de energía POISE 2011-2025, CFE

Fuente de energía	2009	2025 (Planeación)
		53,763 MW
Combustibles fósiles	73.6%	55.3%
Hidráulica	21.4%	18.0%
Nuclear	2.5%	1.8%
Geotermia	1.8%	1.3%
Eólica	0.7%	6.9%
Solar		0.7%
Nuevas tecnologías de generación (NTG)		7.9%
Nueva generación limpia (NGL)		8.1%

Proyectos de autoabastecimiento para generación eléctrica

Programa de autoabastecimiento 2015-2025 POISE 2011-2025, CFE

Recurso	MW
Eólico	1800
Solar	600
Biomasa	300
Minihidro	300
TOTAL	3000

Instalaciones fuera de red

Situación actual

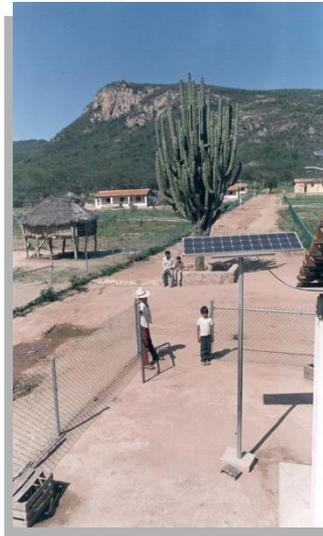
- En 2010 se alcanzó en México una capacidad FV instalada total cercana a los 30 MW_p. Se considera que alrededor del 85% corresponden a sistemas FV fuera de red.
- Más de 2,500 localidades con servicio eléctrico básico
- Cerca de 100,000 sistemas domiciliarios instalados
- Alrededor de 3,500 clínicas rurales, escuelas y edificios comunales
- Más de 13,000 teléfonos fotovoltaicos



Instalaciones fuera de red

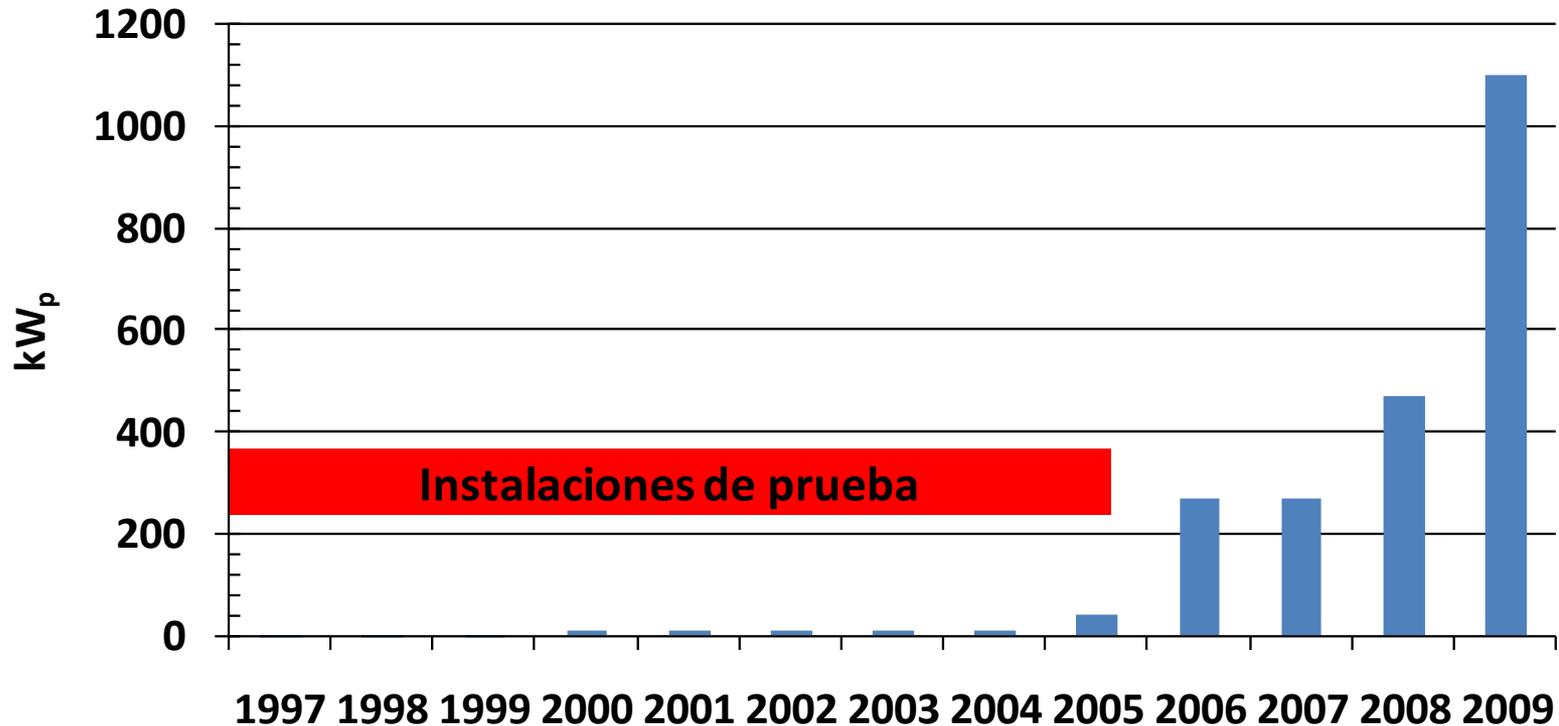
Situación actual

- ~12 mini-redes con sistemas híbridos sol-viento
- Cientos de sistemas FV para bombeo de agua
- Energía para telecomunicaciones y ecoturismo



Evolución de los sistemas FV interconectados con la red

Capacidad acumulada estimada puesta en operación de
sistemas FV conectados a red en México



SFVI recientemente instalados en México

2008

Wal-Mart, Aguascalientes,
174 kW_p. 1,056 paneles
solares ocupan el techo de
Bodega Aurrerá,
Aguascalientes. Se evita la
emisión de 140 toneladas
anuales de CO₂ al ambiente.
Se genera 20% de la
energía que la tienda
requiere en un año.



Wal-Mart, Aguascalientes, 174 kW_p

SFVI recientemente instalados en México (cont.)



UPEMOR 2009

6.5 kW_p



UAM-Iztapalapa 2009

60 kW_p

SFVI recientemente instalados en México (cont.)



Parque Benito Juárez,
Puebla 2009 - 20 kW_p

SFVI recientemente instalados en México (cont.)

2009

- **SAM's Club, La Paz, BCS, 200 kW_p.**
- **Chrysler, Valle de Derramadero, Coahuila, 411.84 kW_p.** La energía generada abastece las diferentes líneas de producción que componen la planta automotriz. La instalación está compuesta por 1875 módulos formando el logotipo de Chrysler. Se cuenta con un conjunto de baterías para abastecer por la noche a 150 luminarias LED de última generación, que iluminarán las zonas exteriores de la fábrica.

2010

Parque Solar Fotovoltaico "Bicentenario", **1 MW_p**, Aguascalientes.

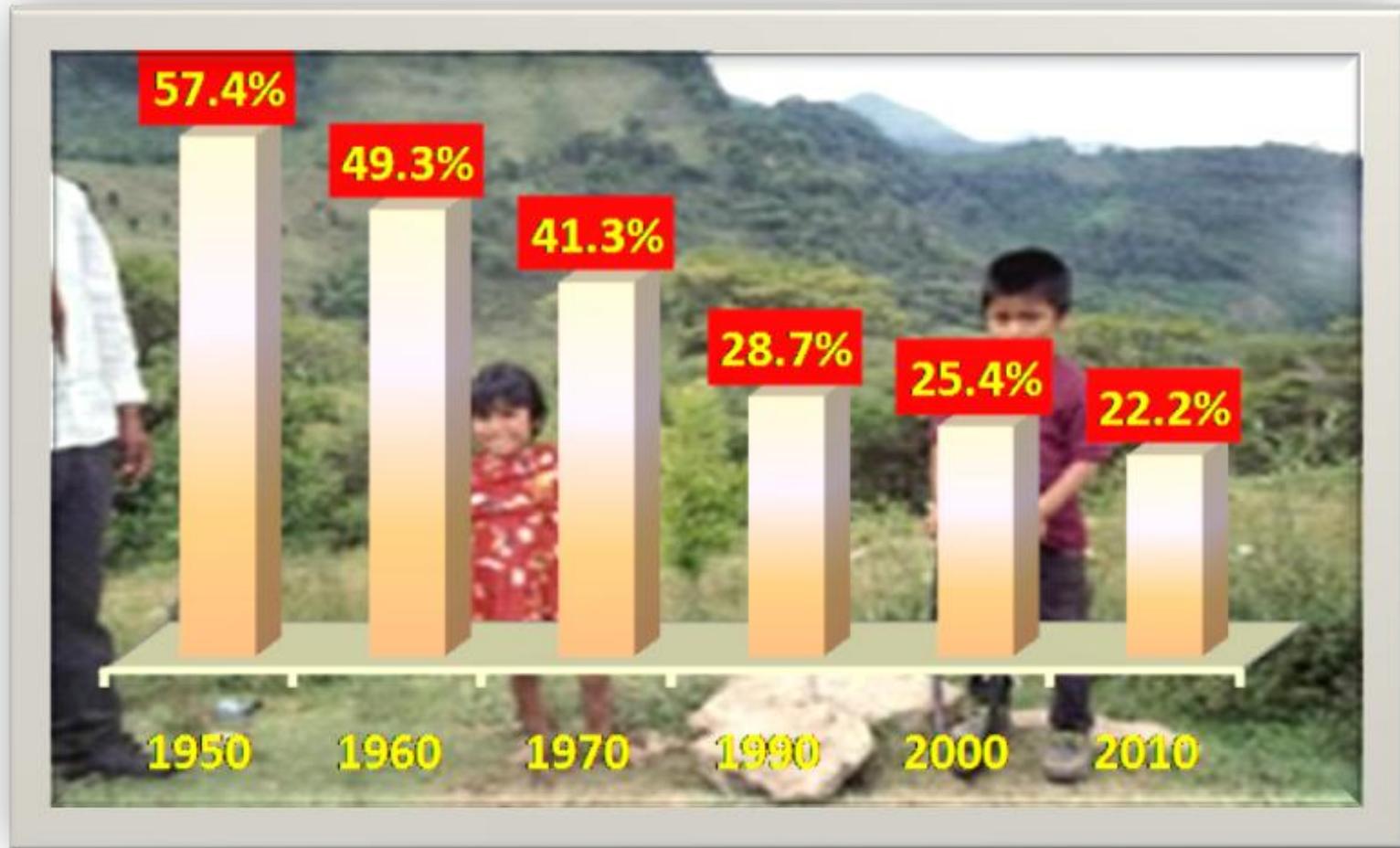
2011

En licitación, planta de **1 MW_p** en Baja California Sur.

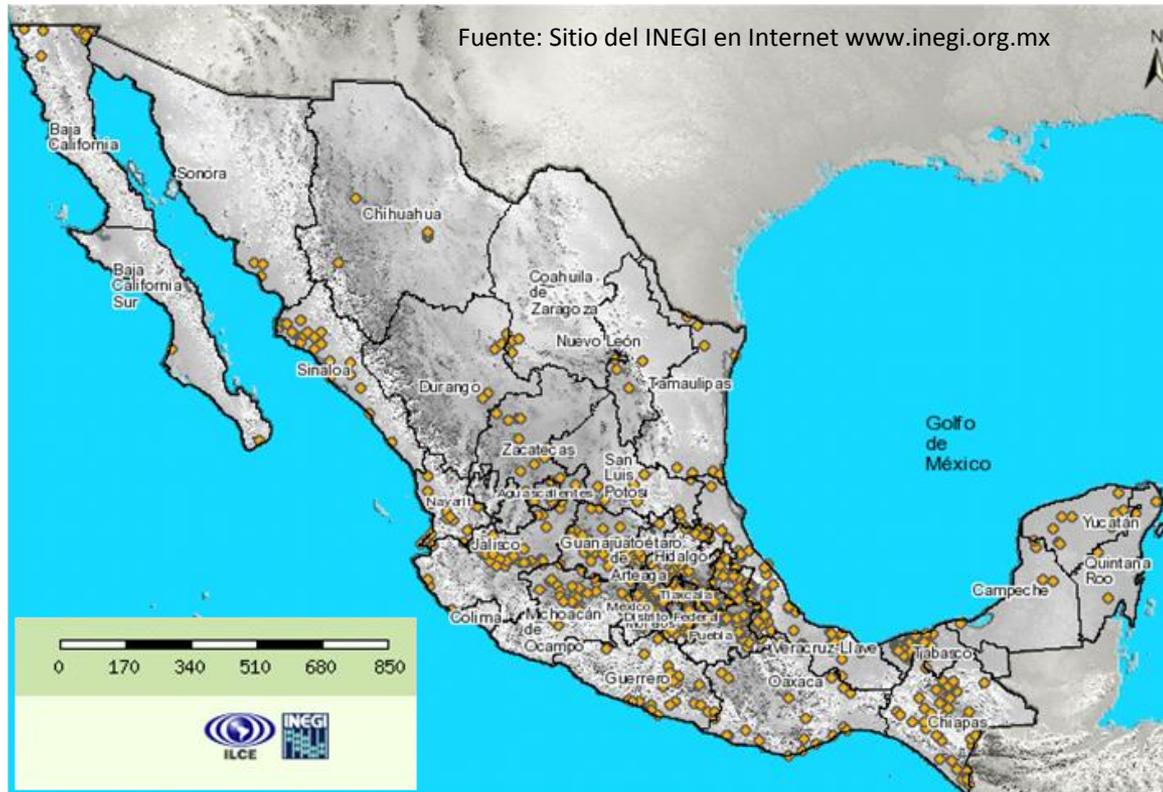


ELECTRIFICACION RURAL EN MÉXICO

Población rural mexicana



Distribución de localidades rurales – problema social



Más de 80,000 comunidades con menos de 80 habitantes sin servicios básicos, incluyendo el suministro eléctrico (de acuerdo a datos del Censo de Población y Vivienda 2005)

Características de comunidades rurales críticas

- Carentes de todos los servicios.
- Muy alejadas de los centros urbanos.
- Infraestructura de acceso muy limitada (caminos de terracería o brechas).
- Asentamientos en terrenos difíciles (laderas, barrancas y riberas de ríos).



Características de comunidades rurales críticas

- Muy poca capacidad económica.
- Muy limitados en el uso de tecnologías modernas.
- Baja escolaridad.
- En ocasiones, sin dominio de la lengua nacional.

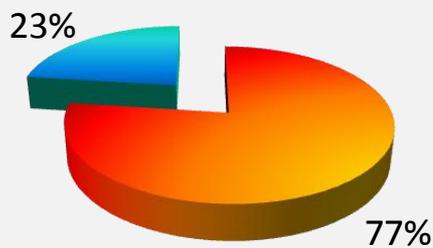


Problemática de la electrificación rural convencional

- Dificultad de acceso a financiamiento
- Baja densidad de la población rural
- Dificultades logísticas y constructivas que se enfrentan en topografías accidentadas
- Pérdidas técnicas
- Pérdidas no técnicas

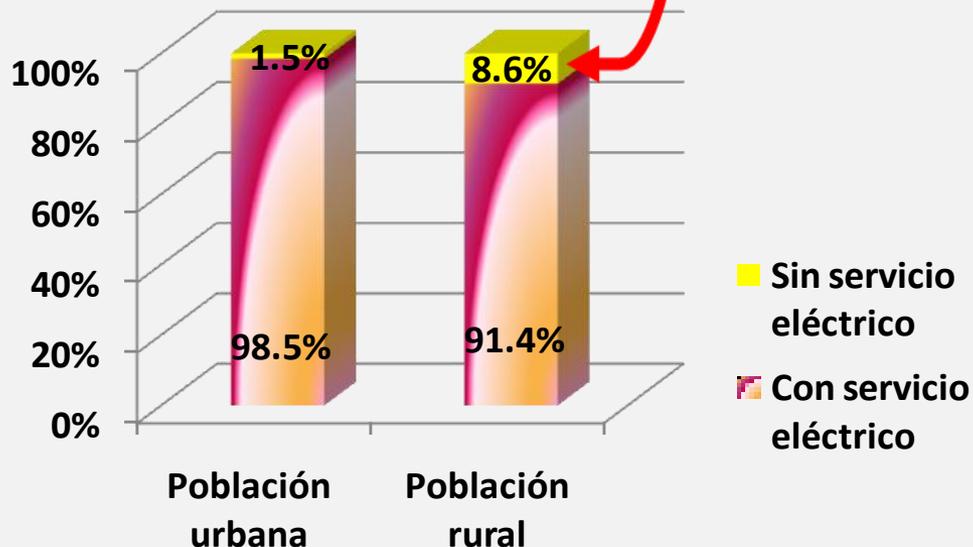
Estadísticas de electrificación

109,311,159 habitantes (2009)



■ Población urbana ■ Población rural

2,168,896 habitantes en
comunidades rurales sin
servicio eléctrico (2009)



Objetivo de la electrificación rural

Proporcionar un medio para que las comunidades marginadas mejoren su calidad de vida y puedan emprender una ruta de desarrollo económico a través de actividades productivas tecnificadas.

- Servicios médicos
- Telecomunicaciones
- Educación
- Actividades productivas
- Abastecimiento de agua
- Fortalecimiento comunitario

Electrificación rural con sistemas FV fuera de red en México

- 1970's Primeras aplicaciones de electrificación rural FV
- 1980's
 - Expansión comercial creciente de sistemas FV para aplicaciones en telecomunicaciones
 - Incorporación de electrificación rural FV a programas sociales nacionales (PRONASOL)
- 1990's
 - 47,300 sistemas FV instalados en 1,727 comunidades rurales
 - Lanzamiento de un **programa de aseguramiento de calidad** conducido por el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE)
- 2000's
 - Más de 100,000 sistemas FV rurales instalados

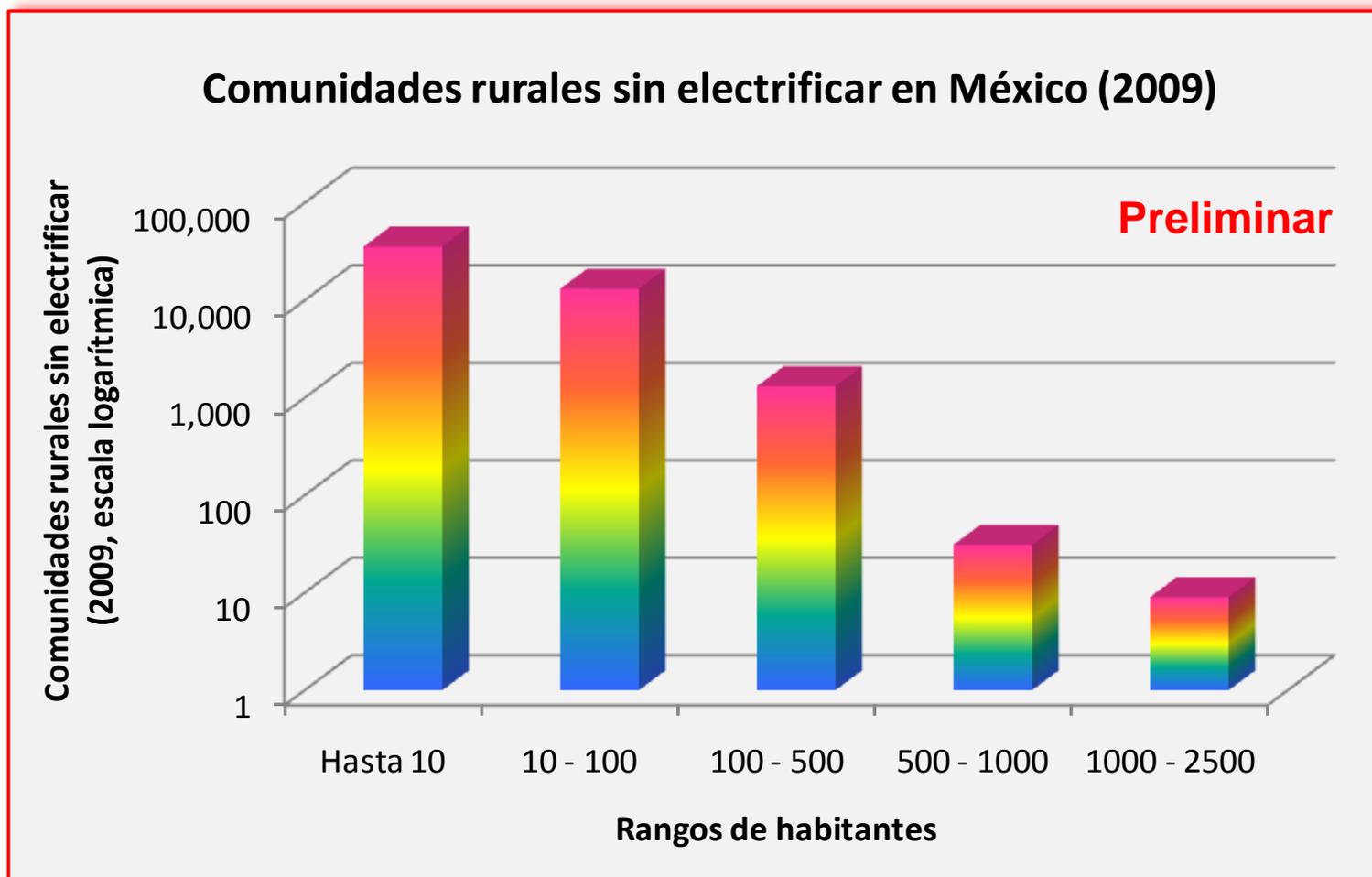
Estadísticas de electrificación

% de electrificación

% de electrificación rural



Estadísticas de electrificación (cont.)





SISTEMAS HÍBRIDOS Y MICRORREDES PARA ELECTRIFICACIÓN RURAL EN MÉXICO

Aspectos generales

- Las **microrredes** también son referidas como **minirredes**.
¡En esta presentación se utiliza el término microrredes!
- Las **microrredes** constituyen una versión más pequeña del concepto de red eléctrica tradicional o **macrorred**, o de la recientemente introducida red inteligente digitalizada.
- Existen dos clases de **microrredes**: microrredes aisladas o remotas y microrredes inteligentes interactivas con la macrorred.

Aspectos generales (cont.)

- El concepto de **microrred** cubre desde proyectos de electrificación que utilizan únicamente generadores diesel (**microrredes simples o rudimentarias**), hasta ciudades futuristas que integran múltiples formas de energía renovable (**microrredes híbridas**) y las más avanzadas tecnologías de control y operación.

Mercado de microrredes

- *SBI Energy* estima que en 2010 el mercado mundial de microrredes alcanzó un volumen superior a los 4 mil millones de dólares.
- *Pike Research* reporta que a nivel mundial en 2010 más de 140 microrredes estaban operando con un total de 1.1 GW de capacidad instalada, y pronostica que en 2015 más de 2000 microrredes podrían estar instaladas.
- Las microrredes constituyen una industria emergente y un nuevo mercado global.

¿Por qué son necesarias las microrredes?

La red eléctrica tradicional es, definitivamente, la columna vertebral de un sistema eléctrico nacional. Sin embargo, ésta presenta algunas desventajas:

- Las pérdidas de energía pueden ser de más del **~10%**.
- Tiene altos costos de inversión en transmisión, transformación y control de energía.
- Los usuarios están expuestos a frecuentes interrupciones en el suministro y deficiente calidad de energía.
- Las comunidades apartadas o aisladas geográficamente no son beneficiadas con el servicio eléctrico.

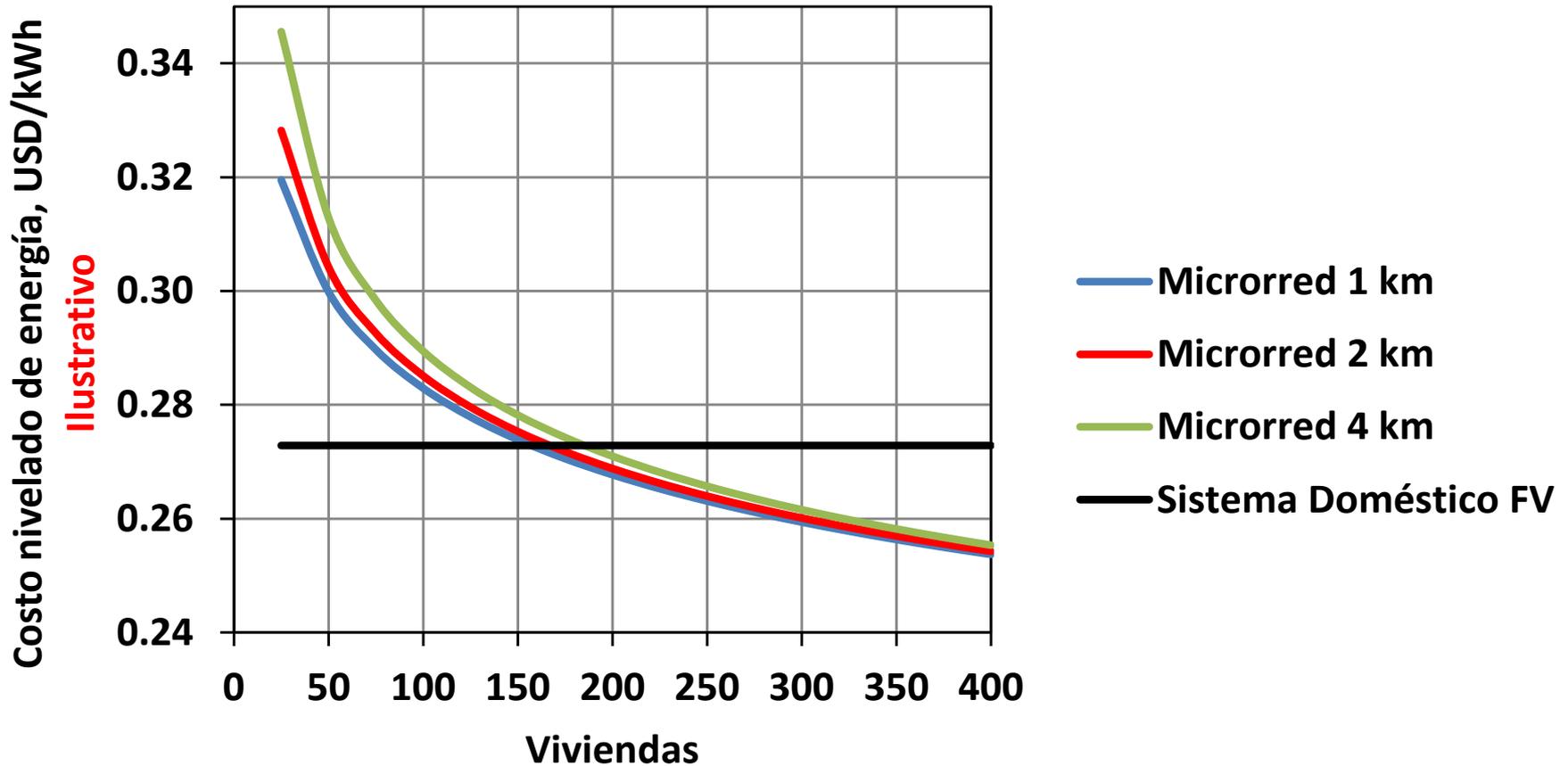
¿Cuáles son los beneficios que pueden aportar las microrredes?

- Tienen compromisos financieros de baja escala.
- Pueden hacer un uso intensivo de recursos energéticos renovables, i.e., energía solar, energía eólica, bioenergía o energía hidráulica.
- Pueden operar de manera aislada de la red o con interconexión.
- Brindan independencia, seguridad y calidad de suministro eléctrico a la comunidad servida.
- La capacidad de suministro eléctrico es mayor que con respecto al uso de sistemas fotovoltaicos individuales.

¿Cómo se compara un sistema FV doméstico contra una microrred?

Sistema doméstico FV (SDFV)	Microrred
Independencia del usuario para administrar carga y consumo	La provisión de energía y el consumo los administra una empresa eléctrica
El usuario es responsable del cuidado y mantenimiento de su instalación	El usuario sólo cubre el pago del servicio de la manera tradicional
Generalmente se diseña para un nivel de servicio muy limitado	Existe flexibilidad en el nivel y uso de mayores cargas
Restricción técnica y económica para utilizar tecnologías más eficientes	Diseño optimizado con posibilidad de incorporar más y mejores tecnologías
Sistema FV sujeto a vandalismo	La planta de generación queda bajo resguardo de la empresa o la autoridad
El mantenimiento profesional se dificulta por la dispersión de sistemas	La ubicación centralizada de la planta de generación facilita la O&M
El costo es uniforme	El costo se beneficia de un factor de escalamiento

Comparativo de costos Sistema Doméstico FV vs. Microrred



Desarrollos de sistemas híbridos y microrredes en México

Capacidad:

Energía solar FV 11.2 kW

Energía eólica 60 kW

Generador diesel ¿?

Inicio de operaciones

1992



Sistema híbrido y minirred en X-Calac, Quintana Roo

Desarrollos de sistemas híbridos y microrredes en México (cont.)

Capacidad:

15 sistemas híbridos

independientes eólico-FV

Generación FV $150-320 W_p$ c/u

Generación eólica $500 W_p$ c/u

Banco de baterías $570 Ah$ c/u

Inicio de operaciones **1995**



Sistema híbrido en Villas Carrousel, Quintana Roo

Desarrollos de sistemas híbridos y microrredes en México (cont.)

Capacidad:

Energía solar FV **2.3 kW**

Energía eólica **15 kW**

Generador diesel **60 kW**

Inicio de operaciones

1997



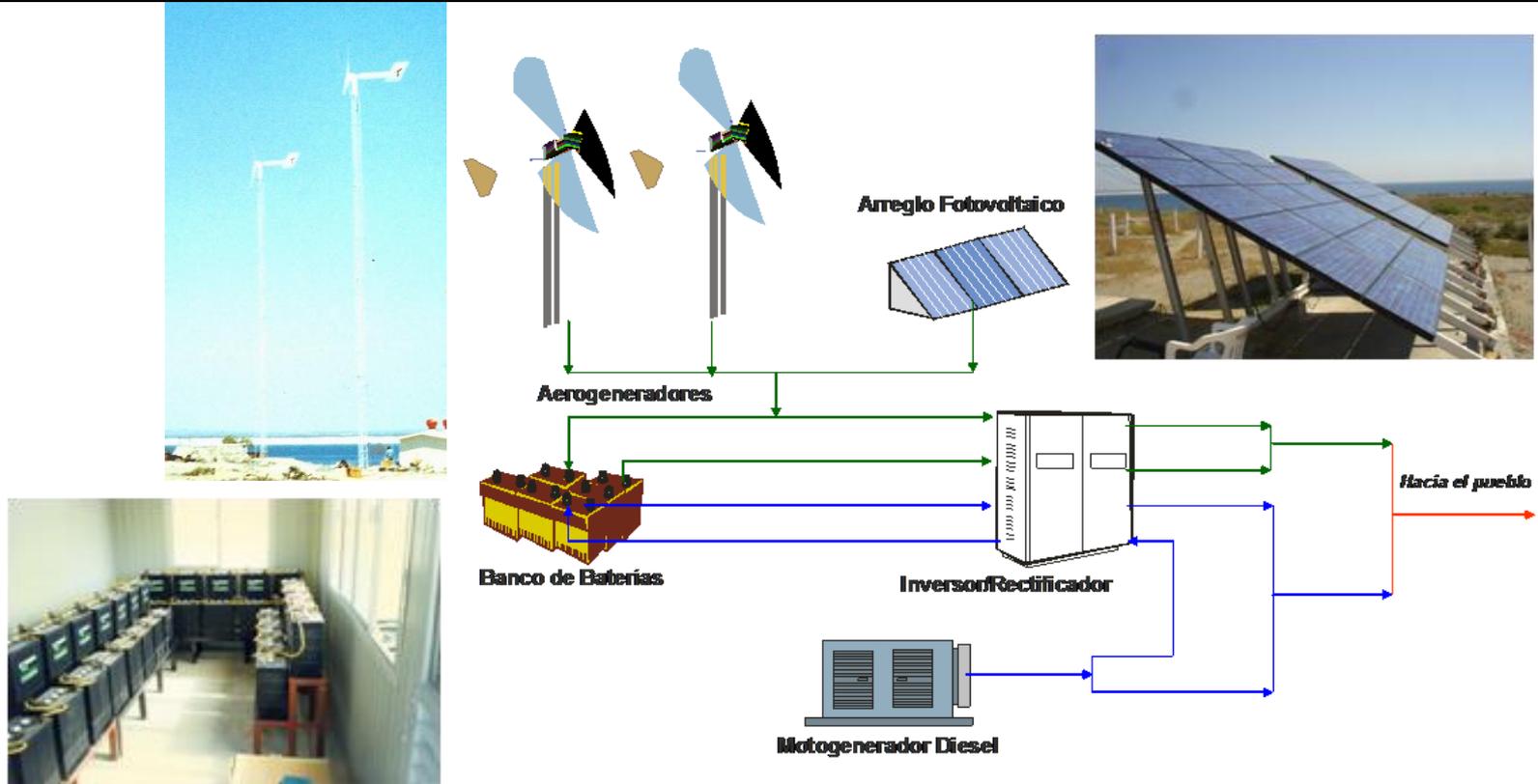
Sistema híbrido y minirred en Isla Santa Margarita,
Baja California Sur

Desarrollos de sistemas híbridos y microrredes en México (cont.)

Imagen satelital de Puerto Alcatraz en Isla Santa Margarita, Baja California Sur



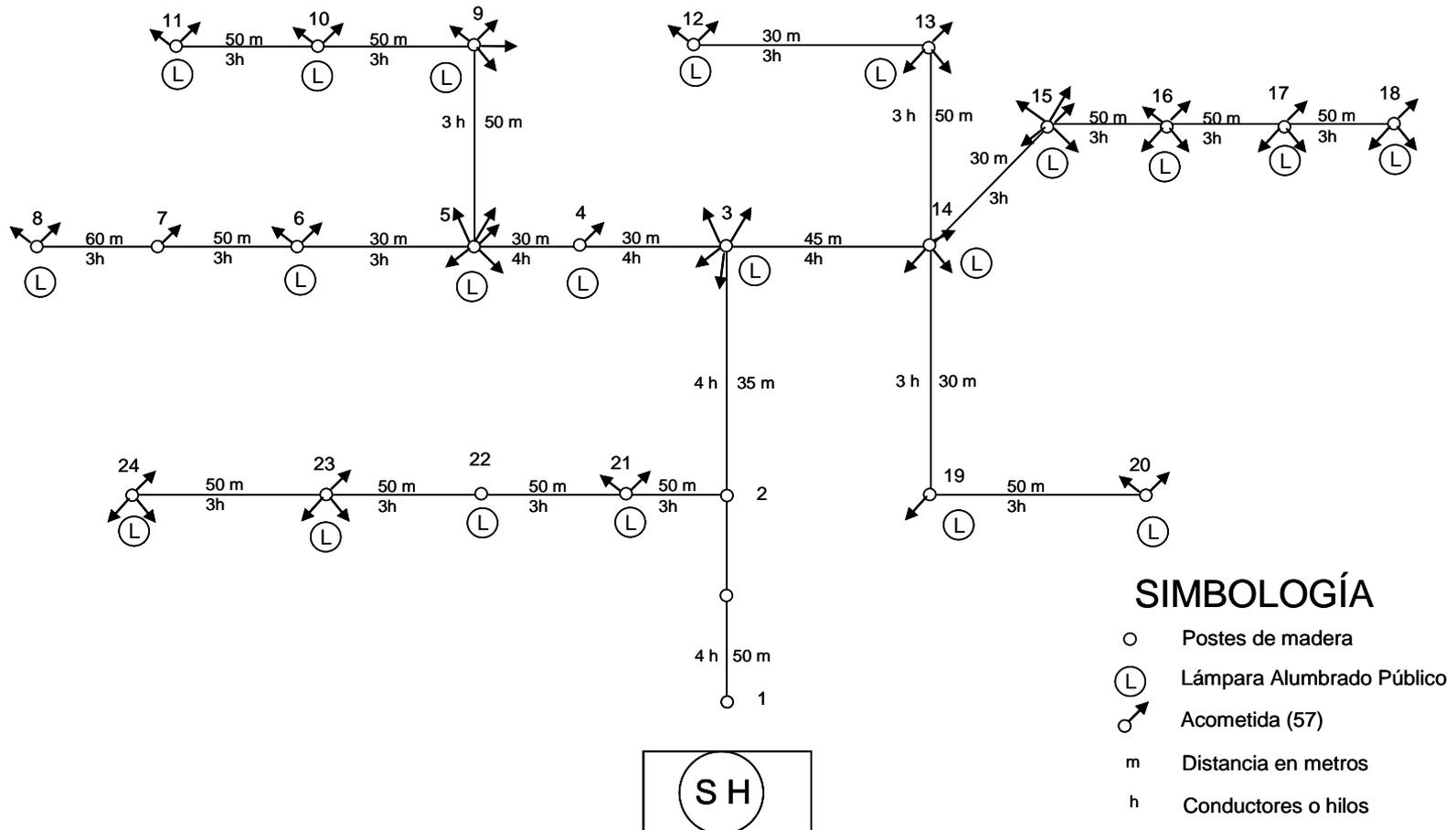
Desarrollos de sistemas híbridos y microrredes en México (cont.)



Sistema híbrido y minirred en Isla Santa Margarita,
Baja California Sur

Desarrollos de sistemas híbridos y microrredes en México (cont.)

Red de distribución de Puerto Alcatraz, Isla Margarita, BCS



Desarrollos de sistemas híbridos y microrredes en México (cont.)

Capacidad:

Generación solar FV **17 kW**

Generación eólica **70 kW**

Generación diesel **80 kW**

Inicio de operaciones **1999**

Proyecto **APS/CFE**



Sistema híbrido y minirred en San Juanico, Baja California Sur

Desarrollos de sistemas híbridos y microrredes en México (cont.)



Comunidad servida **400 personas**



Desarrollos de sistemas híbridos y microrredes en México (cont.)

Capacidad:

Generación solar FV **2.7 kW**

Generación eólica **2.5 kW**

Generador de gasolina **6.4 kW**

Banco de baterías **1500 Ah**

Inicio de operaciones **2000**



Sistema híbrido experimental en Pachuca, Hidalgo

Proyectos y propuestas

Proyecto / Propuesta	Institución	Estatus
Diseño e implementación de un sistema de generación híbrido de energía eléctrica en zonas rurales del estado de Hidalgo mediante fuentes alternas renovables	Universidad Politécnica de Tulancingo	Proyecto en desarrollo 2010
Diseño, desarrollo e implementación de un sistema micro híbrido, solar/eólico, para generación de energía eléctrica dirigido a zonas marginadas del estado de Hidalgo	CIATEQ, A.C.	Proyecto en desarrollo 2010
Estación de Pruebas para Sistemas Micro Híbridos (solar-eólico-motogenerador) en Juchitán, Oaxaca	Instituto de Investigaciones Eléctricas Universidad del Istmo	Proyecto en desarrollo 2010
Desarrollo y evaluación experimental del concepto de microrred eléctrica con uso optimizado de fuentes de energía renovable para aplicaciones sustentables en el ámbito mexicano	Instituto de Investigaciones Eléctricas	Propuesta 2011

Proyectos en desarrollo

Estación de Pruebas para Sistemas Micro Híbridos (solar-eólico-motogenerador) en el CERTE del IIE en Juchitán, Oaxaca



Proyectos en desarrollo

Se está trabajando a nivel federal en un proyecto de electrificación de comunidades rurales utilizando microrredes híbridas aisladas. Algunas consideraciones preliminares son:

- Construcción, operación y mantenimiento a cargo de la empresa pública.
- Aceptación de la comunidad.
- Necesidad de establecer acuerdos formales con todos los niveles de gobierno.
- Donación de terrenos para las instalaciones.
- Comunidades de 50 a 200 habitantes, sin servicio eléctrico y alejadas más de 40 km de la red de distribución.
- Poca dispersión de la población.
- Vías de acceso favorables para proporcionar mantenimiento.



REFLEXIONES

Gestación y despliegue de proyectos de microrredes

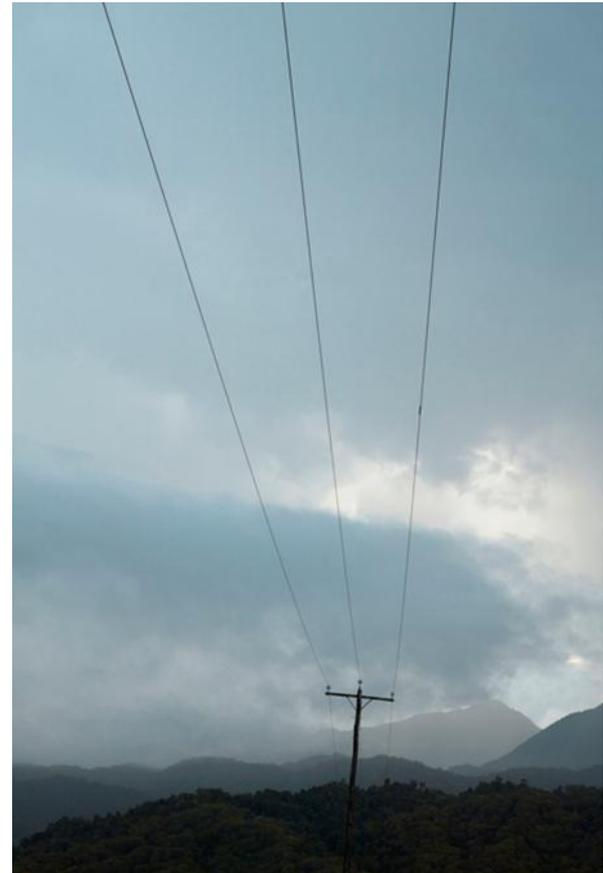
La gestación y despliegue de proyectos de microrredes híbridas aisladas requieren de la intervención de diversas entidades:

- **La comunidad usuaria** debe ponderar el costo de adquirir y mantener instalaciones individuales, contra el pago periódico del servicio eléctrico que proporcione la microrred.



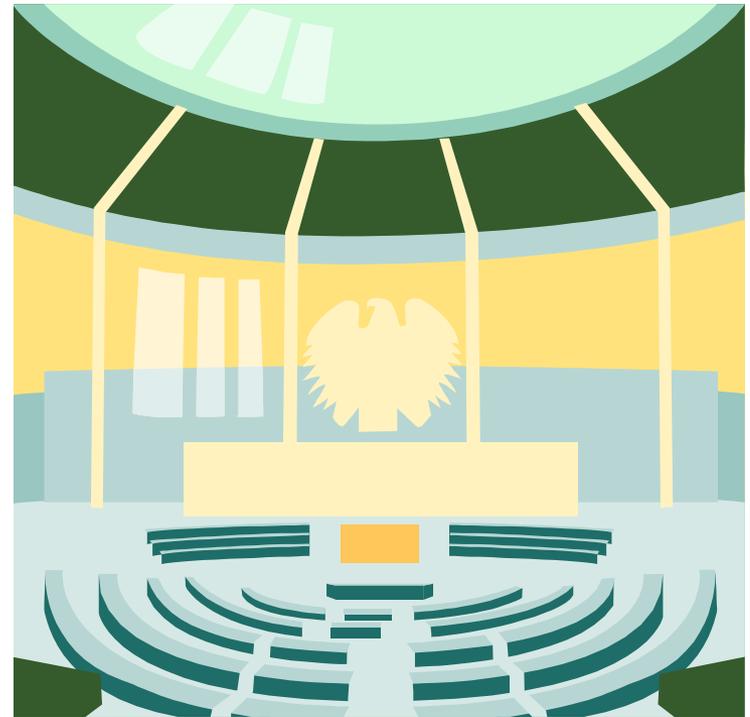
Gestación y despliegue de proyectos de microrredes (cont.)

- **La empresa eléctrica** (Comisión Federal de Electricidad, en el caso de México), debe evaluar técnica y económicamente la opción de instalar la microrred en contraposición a las alternativas de instalar sistemas domésticos individuales, o bien, extender la red de distribución.



Gestación y despliegue de proyectos de microrredes (cont.)

- **La autoridad de energía** (Secretaría de Energía, en el caso de México), debería determinar la carga financiera o subsidio requerido, promover acciones legislativas, así como gestionar fondos, liderar acuerdos y formalizar convenios con las instancias públicas y privadas que se requieran.



Gestación y despliegue de proyectos de microrredes (cont.)

- **La industria local** de energía renovable, debe incorporar un nicho de mercado específico relativo a las microrredes y desarrollar su cadena de valor.
- **El sector académico y las instituciones de I+DT** deben aportar soluciones que detonen el desarrollo de proyectos en microrredes costo-benéficos.



Instituto de Investigaciones Eléctricas México



www.iie.org.mx

Gracias.....