



# Regulación sobre cogeneración eficiente en México

XV Reunión Anual Iberoamericana de Reguladores de la Energía  
7 de abril de 2011

M. C. Francisco Xavier Salazar Diez de Sollano  
Comisionado Presidente, CRE



# Ley de Energías Renovables

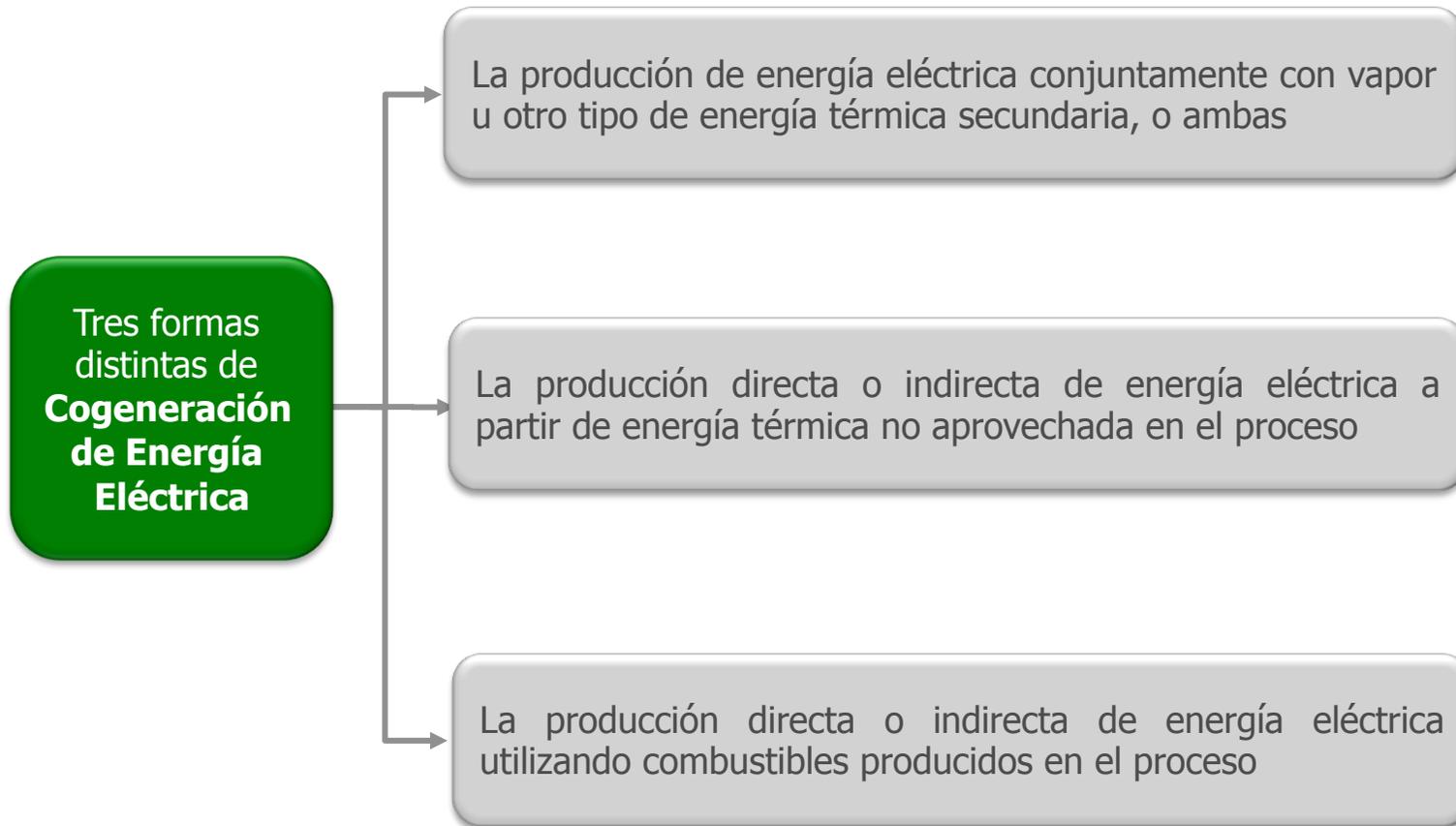
## Cogeneración Eficiente

Las atribuciones de la CRE se aplicarán a los sistemas de cogeneración eficiente aunque no utilicen energías renovables: **instrumentos regulatorios especiales (v. gr. porteo y banco de energía)**

La cogeneración eficiente es la generación de energía eléctrica, conforme a lo establecido en la LSPEE, siempre que el proceso tenga una eficiencia superior a la mínima que establezca para tal efecto la CRE



# Ley del Servicio Público Eléctrico





# Primer criterio

Los sistemas basados en:

1. La producción directa o indirecta de energía eléctrica a partir de energía térmica no aprovechada en los procesos de que se trate, o
  2. La producción directa o indirecta de energía eléctrica utilizando combustibles producidos en los procesos de que se trate,
- y que **no requieran del uso adicional de combustibles fósiles** para la generación de energía eléctrica serán considerados como cogeneración eficiente (se excluyen las refinerías).



## Segundo criterio

En caso que:

1. Los sistemas anteriores **sí requieran del uso adicional de combustibles fósiles** para la generación de energía eléctrica, o
2. la producción de energía eléctrica se lleve a cabo conjuntamente con vapor u otro tipo de energía térmica secundaria, aplicará la metodología descrita a continuación.



# Datos de la central

***E*** La energía eléctrica neta, medida en el punto de conexión de los generadores principales, generada en el **Sistema** durante un año.

***H*** La energía térmica neta o el calor útil generado en el **Sistema** y empleado en un proceso productivo en un año.

***F*** El combustible fósil empleado en el **Sistema** a lo largo de un año, medido sobre poder calorífico inferior.

***Re*** Rendimiento eléctrico medio del **Sistema**, calculado como:

$$Re = \frac{E}{F}$$

***Rh*** Rendimiento térmico medio del **Sistema**, calculado como:

$$Rh = \frac{H}{F}$$



# Sistema de referencia

**RefE** Rendimiento de referencia para la generación eléctrica a partir de un combustible fósil en una central eficiente con tecnología actual, interconectada con el SEN en alta tensión, medido sobre la base del poder calorífico inferior del combustible.

**RefH** Rendimiento de referencia para la generación térmica a partir de un combustible fósil en una planta eficiente de tecnología actual, medido sobre la base del poder calorífico inferior del combustible.

**fp** Factor de pérdidas de energía eléctrica debidas a la transmisión y distribución desde el nivel de alta tensión hasta el nivel de tensión al que se interconecta el Sistema, calculado como:

$$fp = 1 - \% \text{ pérdidas de energía eléctrica}$$

**RefE'** Rendimiento de referencia para la generación eléctrica a partir de un combustible fósil en una central eficiente de tecnología actual, sobre la base del poder calorífico inferior del combustible, medido a la tensión a la que se conecta el Sistema, calculado como:

$$RefE' = RefE * fp$$



# Valores de referencia

Para el cálculo de la eficiencia de un Sistema se deberán considerar los siguientes valores de referencia:

<b>RefE</b>	44%
<b>RefH</b> (con vapor o agua caliente como medio de calentamiento)	90%
<b>RefH</b> (con uso directo de los gases de combustión)	82%

El factor de pérdidas de energía eléctrica que deberá considerarse, de acuerdo al nivel de tensión al que se interconecta el Sistema, será el siguiente:

<b>Nivel de tensión kV</b>	< 1.00	1.00-34.50	69-85	115-230	≥ 400
<b>Factor de pérdidas</b>	0.91	0.94	0.96	0.98	1.00



# Cálculo de eficiencia

***F<sub>h</sub>*** Combustible utilizado en el Sistema atribuible a la producción de calor útil, calculado como:

$$F_h = \frac{H}{RefH}$$

***F<sub>e</sub>*** Combustible utilizado en el Sistema atribuible a la generación de energía eléctrica, calculado como:

$$F_e = F - F_h$$

***EP*** Energía primaria, obtenida del análisis por separado del comportamiento del proceso de generación de energía eléctrica y del proceso térmico del Sistema, calculado como:

$$EP = \frac{E}{RefE'} + \frac{H}{RefH}$$

***AEP*** Ahorro de energía primaria, obtenida del análisis por separado del comportamiento del proceso de generación de energía eléctrica y del proceso térmico del Sistema, calculado como:

$$AEP = EP - F$$



# Cálculo de eficiencia

***Econv*** Energía eléctrica generada por una central convencional eficiente, interconectada con el SEN a alta tensión, utilizando la misma cantidad de combustible que es atribuible en el Sistema a la generación de energía eléctrica, calculado como:

$$E_{conv} = F_e * RefE$$

***Elc*** Energía eléctrica libre de combustible, esto es, la energía eléctrica generada en el **Sistema** por encima de la que se generaría en una central térmica convencional utilizando la misma cantidad de combustible que en un Sistema es atribuible a la generación de energía eléctrica.

Equivale a una energía eléctrica de carácter renovable, calculada como:

$$Elc = AEP * RefE$$

$\eta$  Eficiencia del **Sistema** en términos de generación eléctrica libre de combustible:

$$\eta = \frac{Elc}{E_{conv}} = \frac{AEP}{F_e}$$



# Criterio de eficiencia

Se considerará que el Sistema corresponde a una central con un proceso **Cogeneración Eficiente** si la eficiencia resulta ser:

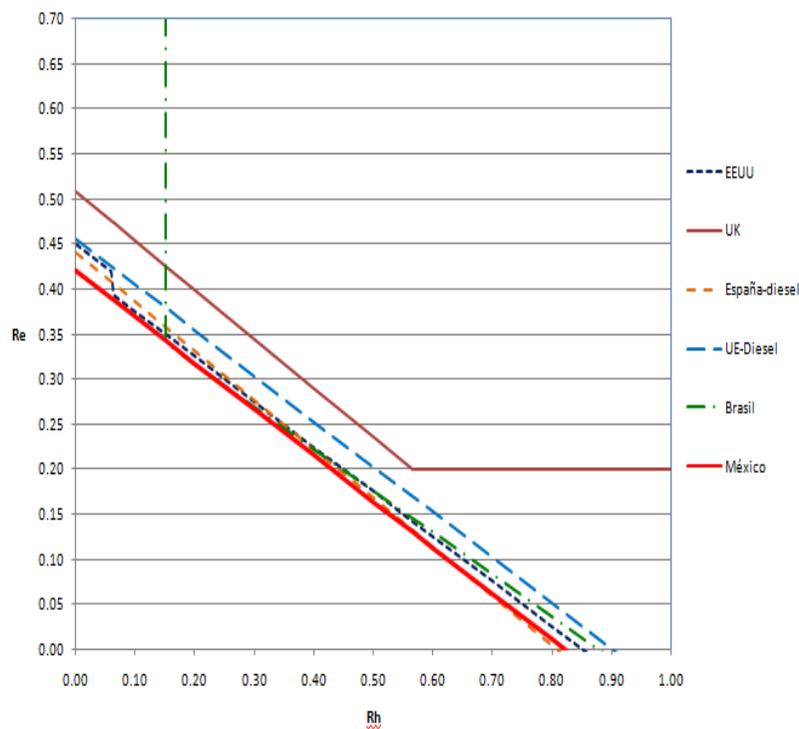
$$\eta \geq \eta_{min}$$

Capacidad del Sistema	% $\eta$
Capacidad MW < 0.5	5
$0.5 \leq$ Capacidad MW < 30	10
$30 \leq$ Capacidad MW < 100	15
Capacidad MW $\geq$ 100	20

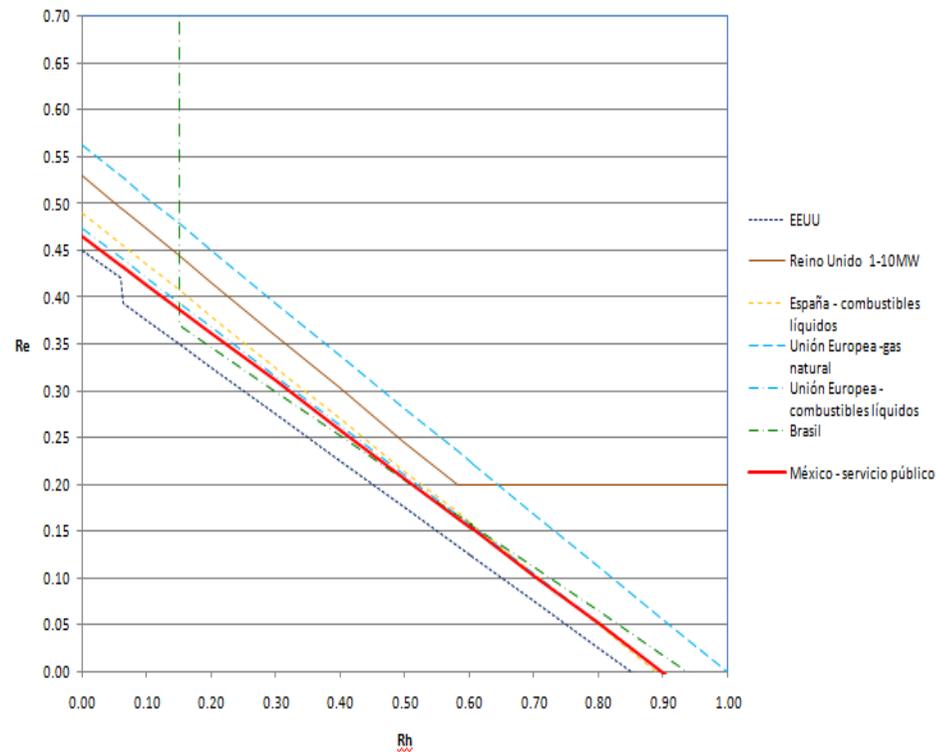


# Comparativo baja potencia

**Cogeneración con motogenerador diesel, utilizando gases de escape, conectado a baja tensión; capacidad <0.5 MW**



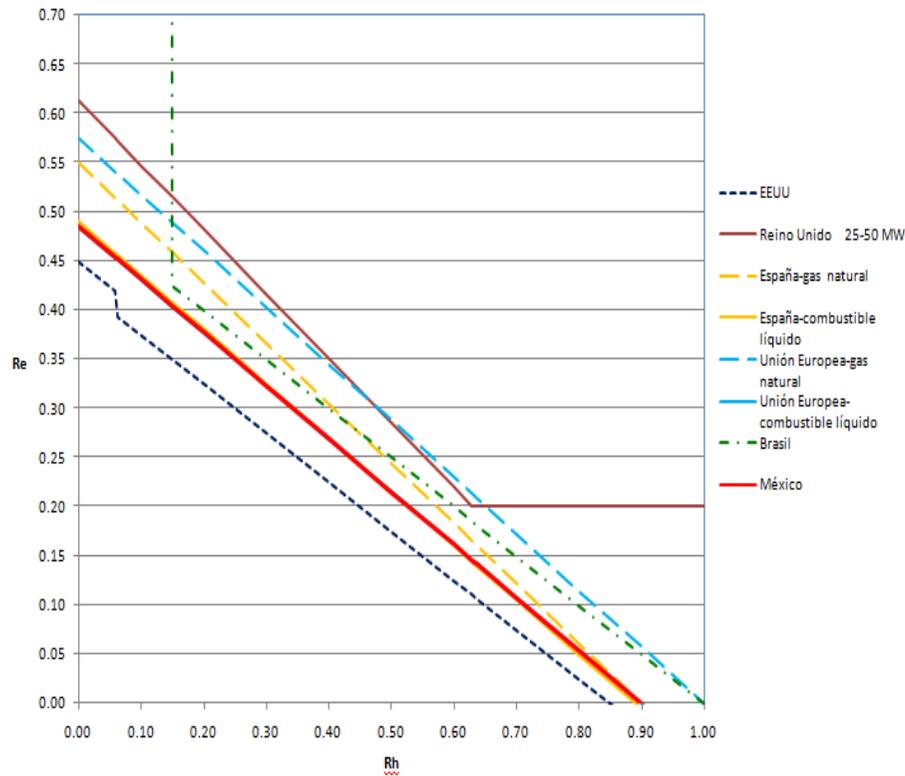
**Cogeneración con caldera de vapor; interconexión a 69 kV; capacidad 0.5-20 MW**



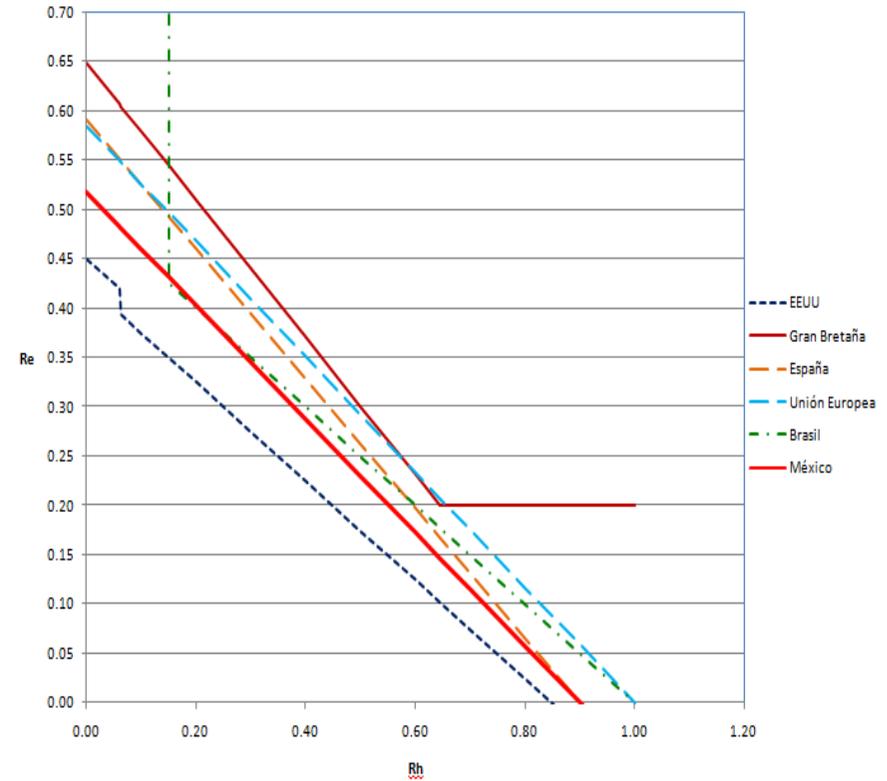


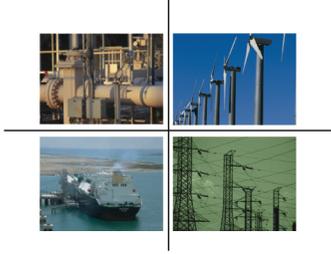
# Comparativo mayor potencia

**Cogeneración con caldera de vapor;  
interconexión a 69 kV; capacidad 20-100 MW**



**Cogeneración con turbina de gas;  
interconexión a 230 kV; capacidad >100 MW**





iGracias!

[www.cre.gov.mx](http://www.cre.gov.mx)



# Anexos



# Modelo español

**Fh** Combustible utilizado en el Sistema atribuible a la producción de calor útil, calculado como:

$$Fh = \frac{H}{RefH}$$

**Fe** Combustible utilizado en el Sistema atribuible a la generación de energía eléctrica, calculado como:

$$Fe = F - Fh$$

**EE** Eficiencia atribuible a la generación eléctrica, calculada como:

$$EE = \frac{E}{Fe} \quad EE > \eta_{min}$$

España	<i>hmin</i>	
	P<1MW	P>1MW
Gas natural y GLP en Turbinas de Gas	0.531	0.590
Gas natural y GLP en motogeneradores	0.495	0.550
Hidrocarburos líq. en motogeneradores	0.504	0.560
Calderas de vapor	0.441	0.490

España	<i>RefH</i>	
	Vapor Agua caliente	Uso directo de gases de escape
Gas Natural	0.90	0.82
Hidrocarburos líquidos	0.89	0.81



# Modelo Unión Europea

**EP** Energía primaria, obtenida del análisis por separado del comportamiento del proceso de generación de energía eléctrica y del proceso térmico del Sistema, calculado como:

$$EP = \frac{E}{RefE'} + \frac{H}{RefH}$$

**AEP** Ahorro de energía primaria, obtenida del análisis por separado del comportamiento del proceso de generación de energía eléctrica y del proceso térmico del Sistema, calculado como:

$$AEP = EP - F$$

**APEP** Ahorro Porcentual de Energía Primaria, obtenida del análisis por separado del comportamiento del proceso de generación de energía eléctrica y del proceso térmico del Sistema, calculado como:

$$APEP = \frac{EP - F}{EP} \quad APEP > \eta_{min} = 1.1$$

Unión Europea	RefH		RefE
	Vapor Agua caliente	Uso directo de gases de escape	
Gas natural	0.90	0.82	0.525
Hidrocarburos líquidos	0.89	0.81	0.442



# Otros modelos simplificados

Estados Unidos:  $\eta = Re + 0.5 * Rh$

USA	$h_{min}$
$RH/(RE+RH) < 0.15$	0.45
$RH/(RE+RH) > 0.15$	0.425

Gran Bretaña:  $\eta = X * Re + Y * Rh > 1.05$  y  $Re > 0.2$

UK	<1MW	1-10 MW	10-25 MW	25-50 MW	50-100 MW	100-200 MW	200-500 MW	> 500 MW
<b>X</b>	207.0	198.0	185.5	171.0	166.5	162.0	153.0	144.0
<b>Y</b>	112.5	112.5	112.5	112.5	112.5	112.5	112.5	112.5

Brasil:  $\eta = Re + Rh/X$

Brasil	$h_{min}$			<b>X</b>		
	< 5 MW	5-20 MW	> 20 MW	< 5 MW	5-20 MW	> 20 MW
<b>Combustibles fósiles</b>	0.41	0.44	0.50	2.14	2.13	2.00
<b>Otros combustibles</b>	0.32	0.37	0.42	2.50	2.14	1.88
<b>Calor recuperado</b>	0.25	0.30	0.35	2.60	2.17	1.86

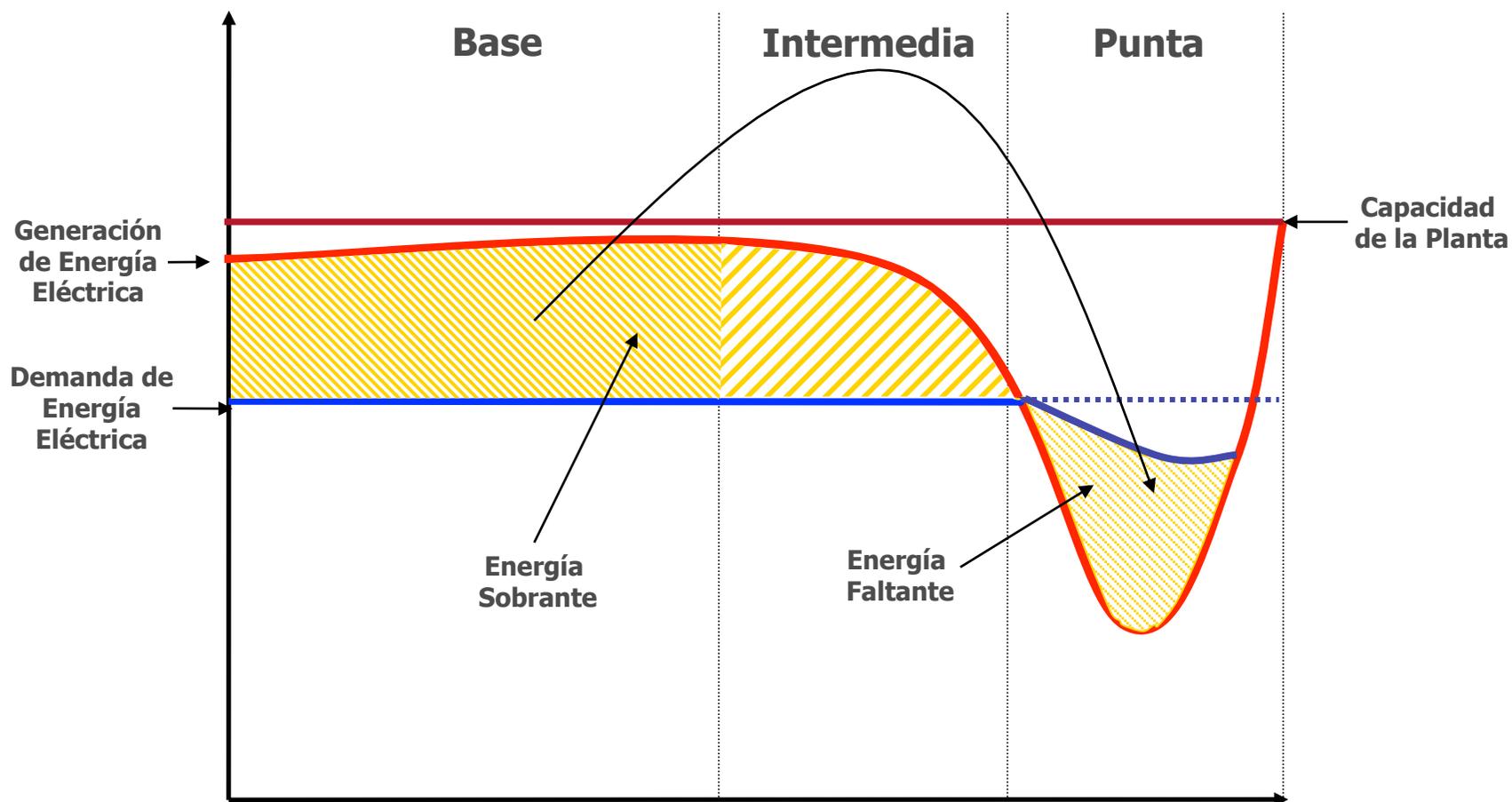


# Banco de energía

- La energía generada se entrega a la red de transmisión cuando está disponible.
- La energía generada en cualquier periodo horario y no consumida por los usuarios puede ser “acumulada” por CFE y “entregada” en otros periodos horarios análogos, en periodos distintos o en días o meses diferentes.
- El intercambio de energía se lleva a cabo al precio de tarifa en el punto de interconexión al Sistema Eléctrico Nacional.
- Al final del año, el permisionario puede vender a la CFE la energía sobrante acumulada al 85% del CTCP (tendrá un periodo de 12 meses para su almacenamiento en “el banco”).



# Funcionamiento





# Tarifa de porteo para renovables

- Cargo tipo estampilla postal.
- Cargos por niveles de tensión (a marzo del 2011):
  - Alta tensión 0.03230 MX\$/kWh
  - Media tensión 0.03230 MX\$/kWh
  - Baja tensión 0.06459 MX\$/kWh
- Para cada punto de carga, el cargo por el servicio de transmisión será el resultado de sumar los cargos para cada uno de los niveles de tensión requeridos. En ningún caso, el servicio de transmisión incluirá 2 ó más veces el cargo por cada nivel de tensión.
- Los cargos se actualizan mensualmente por la CRE de acuerdo al Anexo TB-RC (índices de inflación).