

## COMISION REGULADORA DE ENERGIA

**RESOLUCIÓN de la Comisión Reguladora de Energía por la que se expiden las Disposiciones administrativas de carácter general que contienen los criterios de eficiencia y establecen la metodología de cálculo para determinar el porcentaje de energía libre de combustible en fuentes de energía y procesos de generación de energía eléctrica.**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Comisión Reguladora de Energía.

### RESOLUCIÓN Núm. RES/1838/2016

RESOLUCIÓN DE LA COMISIÓN REGULADORA DE ENERGÍA POR LA QUE SE EXPIDEN LAS DISPOSICIONES ADMINISTRATIVAS DE CARÁCTER GENERAL QUE CONTIENEN LOS CRITERIOS DE EFICIENCIA Y ESTABLECEN LA METODOLOGÍA DE CÁLCULO PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE DE ENERGÍA LIBRE DE COMBUSTIBLE EN FUENTES DE ENERGÍA Y PROCESOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

#### RESULTANDO

**PRIMERO.** Que el 31 de octubre de 2014, se publicaron en el DOF, entre otros ordenamientos, los Lineamientos que establecen los criterios para el otorgamiento de certificados de energías limpias y los requisitos para su adquisición (los Lineamientos).

**SEGUNDO.** Que el 24 de diciembre de 2015 se publicó en el DOF la Ley de Transición Energética (LTE).

#### CONSIDERANDO

**PRIMERO.** Que el artículo 42 de la Ley de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética (LORCME) establece que la Comisión Reguladora de Energía (Comisión) deberá, entre otros, fomentar el desarrollo eficiente de la industria y propiciará una adecuada cobertura nacional.

**SEGUNDO.** Que la Ley de la Industria Eléctrica (LIE) tiene entre sus finalidades promover el desarrollo sustentable de la industria eléctrica y garantizar su operación eficiente en beneficio de los usuarios, así como impulsar el cumplimiento de las obligaciones de energías limpias.

**TERCERO.** Que el artículo 3, fracción XXII de la LIE enuncia las fuentes de energía y procesos de generación de energía eléctrica que son consideradas energías limpias. Asimismo, establece, en sus incisos "g", "k", "l", "m", "n" y "o", aquellas tecnologías que requieren del cumplimiento de criterios de eficiencia que emita la Comisión, estándares internacionales y/o criterios de emisiones establecidos por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales para ser considerados energías limpias.

**CUARTO.** Que el artículo 12, fracciones XIX y XX de la LIE, establece que corresponde a la Comisión emitir los criterios de eficiencia utilizados en la definición de energías limpias y expedir las normas, directivas, metodologías y demás disposiciones de carácter administrativo que regulen y promuevan la generación de energía eléctrica a partir de energías limpias, de conformidad con lo establecido en dicha Ley, atendiendo a la política energética establecida por la Secretaría de Energía (Sener).

**QUINTO.** Que los Lineamientos establecen, en su numeral 6, que el porcentaje de energía libre de combustible de cada central eléctrica limpia que utiliza combustibles fósiles, se determinará conforme a la metodología que para el efecto establezca la Comisión.

**SEXTO.** Que el artículo 3, fracción VI de la LTE define a la cogeneración como la generación de energía eléctrica producida conjuntamente con vapor u otro tipo de energía térmica secundaria o ambos; producción directa o indirecta de energía eléctrica mediante la energía térmica no aprovechada en los procesos, o generación directa o indirecta de energía eléctrica cuando se utilicen combustibles producidos en los procesos.

**SÉPTIMO.** Que de conformidad con el artículo 3, fracción XVI, de la LTE, se consideran fuentes de energía renovables: el viento; la radiación solar, en todas sus formas; el movimiento del agua en cauces naturales o en aquellos artificiales con embalses ya existentes, con sistemas de generación de capacidad menor o igual a 30 MW o una densidad de potencia superior a 10 watts/m<sup>2</sup>; la energía oceánica en sus

distintas formas; el calor de los yacimientos geotérmicos y los bioenergéticos que determine la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos.

**OCTAVO.** Que la facultad de la Comisión para la expedición de criterios de eficiencia, también se encuentra reconocida en el Transitorio Décimo Sexto, fracciones I y II de la LTE, estableciendo un plazo de 365 días a partir de la promulgación de dicha Ley para la expedición de dichos criterios.

**NOVENO.** Que para efectos de la definición de energías limpias de la LIE, el Transitorio Décimo Sexto de la LTE establece en sus fracciones III, IV, V y VI, valores mínimos de eficiencia aplicables a los incisos “g”, “k”, “m” y “n” del artículo 3 de la LIE, a saber:

LIE, Artículo 3, fracción XXII	LTE, Artículo Transitorio Décimo Sexto
g) La energía generada por el aprovechamiento del hidrógeno mediante su combustión o su uso en celdas de combustible, siempre y cuando se cumpla con la eficiencia mínima que establezca la CRE y los criterios de emisiones establecidos por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales en su ciclo de vida;	III. La eficiencia mínima para que el aprovechamiento de hidrógeno se considere una Energía Limpia no será menor a 70% del poder calorífico inferior de los combustibles utilizados en la producción de dicho hidrógeno;
k) La energía generada por centrales de cogeneración eficiente en términos de los criterios de eficiencia emitidos por la CRE y de emisiones establecidos por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales;	IV. En el caso de cogeneración solamente se considerará Energía Limpia a la generación neta de electricidad por encima de la mínima requerida para que la central califique como cogeneración eficiente en términos de la regulación que al efecto expida la CRE. La generación eléctrica mediante ciclos combinados no podrá considerarse como cogeneración eficiente.
m) La energía generada por centrales térmicas con procesos de captura y almacenamiento geológico o biosecuestro de bióxido de carbono que tengan una eficiencia igual o superior en términos de kWh-generado por tonelada de bióxido de carbono equivalente emitida a la atmósfera a la eficiencia mínima que establezca la CRE y los criterios de emisiones establecidos por la Secretaría de Medio Ambiente y Recurso Naturales;	V. La eficiencia mínima para que los procesos de captura y almacenamiento geológico o biosecuestro de bióxido de carbono se consideren energías limpias se basará en una tasa de emisiones no mayor a 100 kg/MWh, y
n) Tecnologías consideradas de bajas emisiones de carbono conforme a estándares internacionales	VI. La eficiencia mínima para que cualquier otra tecnología se considere de bajas emisiones de carbono conforme a estándares internacionales, o bien, para que la Secretaría de Energía y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales determinen que sean energías limpias, se basará en una tasa de emisiones no mayor a 100 kg/MWh.

Así mismo, para el caso de la energía proveniente de centrales hidroeléctricas, se considera necesario definir la metodología para el cálculo de la densidad de potencia a la que se refiere el inciso c), de la fracción XVI del artículo 2 de la LTE.

**DÉCIMO.** Que de conformidad con el artículo 12, fracción XLIX, de la LIE, corresponde a la Comisión expedir y vigilar el cumplimiento de las disposiciones administrativas de carácter general en relación con las atribuciones que le confiere la LIE.

**UNDÉCIMO.** Que de conformidad con el artículo 15, fracción V de la LTE, corresponde a la Comisión expedir las normas oficiales mexicanas en materia de energías limpias y de cogeneración eficiente.

**DUODÉCIMO.** Que en cumplimiento con lo establecido en la LIE, la LTE y los Lineamientos, la Comisión cuenta con las facultades para establecer los criterios de eficiencia y la metodología para determinar el porcentaje de energía libre de combustible.

**DÉCIMOTERCERO.** Que los procesos de generación de energía eléctrica a partir de energías limpias producen beneficios tales como el aprovechamiento eficiente de los recursos energéticos; el cuidado del medio ambiente y la salud; el desarrollo de la capacidad industrial; la creación de empleos; el cumplimiento de los compromisos internacionales en materia ambiental y de cambio climático; la diversificación del parque de generación eléctrica con el consecuente aumento en la confiabilidad del sistema eléctrico nacional; la disminución de la variabilidad de los costos de generación de energía eléctrica; la participación social y privada en la inversión requerida por el sector eléctrico para satisfacer la demanda nacional, y la disminución de la dependencia nacional de los hidrocarburos.

Por lo anterior, y con fundamento en los artículos 28, párrafo octavo, de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; 2, fracción III, y 43 Ter, de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 2, fracción II, 4, párrafo primero, 22, fracciones II, III, IX, X XXIV y XXVII y 42 de la Ley de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética; 1, 2, 3, fracción XXII, 12, fracciones XIX, XX, XLVII, XLIX, LII y LIII, 158, Transitorios Primero, Segundo, párrafos primero y tercero, Décimo, párrafo primero, y Décimo Segundo, de la Ley de la Industria Eléctrica; 3, fracciones VI y XVI, y Décimo Sexto Transitorio de la Ley de Transición Energética; 2, 4, 12, 13, 15, 16, fracción VII y X, 57, fracción I y 69 H, de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo; 17, 106 y 109, fracciones I y II, Reglamento de la Ley de la Industria Eléctrica; 1, 2, 3, 6, fracciones I, III, VII y XV, 16, fracción I, 17, fracción I, 24, fracciones I, y XXXII, y 59, fracción I, del Reglamento Interno de la Comisión Reguladora de Energía, y el lineamiento 6 de los Lineamientos que establecen los criterios para el otorgamiento de certificados de energías limpias y los requisitos para su adquisición, la Comisión:

#### RESUELVE

**PRIMERO.** Se expiden las Disposiciones administrativas de carácter general por las que se emiten los criterios de eficiencia a que se refieren los incisos g, k, l, m, n y o, de la fracción XXII del artículo 3 de la LIE y se establece la metodología de cálculo para determinar el porcentaje de energía libre de combustible en fuentes de energía y procesos de generación de energía eléctrica a que se refiere el lineamiento 6 de los Lineamientos como anexo único de la presente resolución.

**SEGUNDO.** Los criterios de eficiencia, los valores de referencia y la metodología para determinar el porcentaje de energía libre de combustible objeto de la presente resolución serán revisados cada 5 años, contados a partir de su publicación en el Diario Oficial de la Federación, o antes, si así lo considera necesario la Comisión.

**TERCERO.** La presente resolución entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

**CUARTO.** Publíquese la presente resolución y su anexo único en el Diario Oficial de la Federación.

**QUINTO.** El presente acto administrativo puede ser impugnado promoviendo en su contra el juicio de amparo indirecto que prevé el artículo 27 de la Ley de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética. El expediente respectivo se encuentra y puede ser consultado en las oficinas de la Comisión Reguladora de Energía, ubicadas en boulevard Adolfo López Mateos 172, colonia Merced Gómez, Benito Juárez, Ciudad de México, código postal 03930.

**SEXTO.** Inscribáse la presente resolución bajo el número **RES/1838/2016**, en el Registro al que se refieren los Artículos 11, 22, fracción XXVI, inciso a, y 25, fracción X de la Ley de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética y 59, fracción I del Reglamento Interno de la Comisión Reguladora de Energía.

Ciudad de México, a 15 de diciembre de 2016.- El Presidente, **Guillermo Ignacio García Alcocer**.- Los Comisionados: **Marcelino Madrigal Martínez, Noé Navarrete González, Luis Guillermo Pineda Bernal, Cecilia Montserrat Ramiro Ximénez, Jesús Serrano Landeros, Guillermo Zúñiga Martínez**.- Rúbricas.

## ANEXO ÚNICO DE LA RESOLUCIÓN Núm. RES/1838/2016

### DISPOSICIONES ADMINISTRATIVAS DE CARÁCTER GENERAL QUE CONTIENEN LOS CRITERIOS DE EFICIENCIA Y ESTABLECEN LA METODOLOGÍA DE CÁLCULO PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE DE ENERGÍA LIBRE DE COMBUSTIBLE EN FUENTES DE ENERGÍA Y PROCESOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

#### Capítulo I

#### Disposiciones Generales

##### 1.1. Objetivos

Estas Disposiciones administrativas de carácter general (las Disposiciones) tienen como objeto:

- I. Determinar los criterios de eficiencia utilizados en la definición de **energías limpias a que hacen referencia los incisos g, k, l, m, n y o del fracción XXII del artículo 3 de la LIE**.
- II. Establecer a través de una metodología, el porcentaje de energía libre de combustible, empleado para el cálculo de los Certificados de Energías Limpias que los Generadores Limpios tendrán derecho a recibir cuando utilicen combustibles fósiles, sin perjuicio del cumplimiento de los requisitos establecidos en las Disposiciones aplicables.
- III. Establecer la metodología de cálculo de la densidad de potencia de centrales hidroeléctricas.

##### 1.2. Alcance

Las presentes Disposiciones serán aplicables a las fuentes de energía y procesos de generación de energía eléctrica para ser considerados como **energía limpia**, de acuerdo con lo establecido en el artículo 3, fracción XXII de la LIE. En este sentido, se aplicarán los criterios de eficiencia y la metodología a los **generadores limpios** y a la **generación limpia distribuida**, conforme lo establecen los Lineamientos y la LIE, determinando así el porcentaje de energía libre de combustible en términos de la tabla 1.

Tabla 1. Metodología aplicable para determinar el porcentaje de energía libre de combustible

Inciso de la fracción XXII del art. 3 de la LIE	Energías limpias (Art.3, fracción XXII, de la LIE)	Uso de combustible fósil		Porcentaje de ELC con respecto a la producción de energía eléctrica de la central	Criterios y metodología aplicables
		Sí	Parcial o total		
g)	La energía generada por el aprovechamiento del hidrógeno mediante su combustión o su uso en celdas de combustible, siempre y cuando se cumpla con la eficiencia mínima que establezca la CRE y los criterios de emisiones establecidos por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales en su ciclo de vida;	Sí	No aplica	En términos de la metodología	Caso IV
h)	La energía proveniente de centrales hidroeléctricas;	No	No aplica	En términos de la metodología	Caso V
k)	La energía generada por centrales de cogeneración eficiente en términos de los criterios de eficiencia emitidos por la CRE y de emisiones establecidos por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales;	Sí	Total	En términos de la metodología	Caso I
l)	La energía generada por ingenios azucareros que cumplan con los criterios de eficiencia que establezca la CRE y de emisiones establecidos por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales;	No	No aplica	100 %	No aplica
		Sí	Parcial	En términos de la metodología	Caso II
m)	La energía generada por centrales térmicas con procesos de captura y almacenamiento geológico o biosecuestro de dióxido de carbono que tengan una eficiencia igual o superior en términos de kWh-generado por tonelada de bióxido de carbono equivalente emitida a la atmósfera a la eficiencia mínima que establezca la CRE y los criterios de emisiones establecidos por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales;	Sí	Total	En términos de la metodología	Caso III

n)	Tecnologías consideradas de bajas emisiones de carbono conforme a estándares internacionales, y	Sí	Total	En términos de la metodología	Caso III
o)	Otras tecnologías que determinen la Secretaría y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con base en parámetros y normas de eficiencia energética e hídrica, emisiones a la atmósfera y generación de residuos, de manera directa, indirecta o en ciclo de vida;	No	No aplica	100 %	No aplica
		Sí	Parcial o Total	En términos de la metodología	Según sea el caso

**Nota:**

- Para la definición de **otras tecnologías** se analizará cada caso de manera particular, considerando el documento definitorio que, para tal efecto, emitan la Secretaría de Energía y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y se tomará como referencia la información presentada en el procedimiento correspondiente que se establezca, a fin de evaluar los criterios y metodología aplicables para determinar el porcentaje de energía libre de combustible.
- Para el caso de centrales eléctricas que se encuentren en operación y que utilicen como fuente de energía combustibles fósiles y energías limpias, se atenderá a lo establecido en el Caso II. De manera enunciativa, mas no limitativa se considera el uso de biocombustibles y combustible fósil en una central eléctrica, centrales termosolares con uso de combustible fósil, etcétera.

Los casos mencionados en la tabla 1 corresponden a lo siguiente:

Caso I. Centrales eléctricas de cogeneración eficiente.

Caso II. Centrales eléctricas limpias que utilizan combustibles fósiles.

Caso III. Tecnologías de bajas emisiones y centrales térmicas con procesos de captura y almacenamiento geológico o biosecuestro de carbono.

Caso IV. Aprovechamiento del hidrógeno.

Caso V. Metodología de cálculo de densidad de potencia de centrales hidroeléctricas.

**1.3. Revisiones**

Los criterios de eficiencia, valores de referencia y la metodología utilizados en las presentes Disposiciones serán revisados cada cinco años, o antes, si así lo considera necesario la Comisión.

**1.4. Cumplimiento de otras disposiciones**

El cumplimiento de las presentes disposiciones se efectuará sin perjuicio del cumplimiento de las normas oficiales mexicanas y otras disposiciones aplicables.

**Capítulo II****Definiciones y acrónimos**

Para efectos de las presentes Disposiciones aplica, salvo que se indique lo contrario, la adopción de las definiciones contenidas en:

- La Ley de la Industria Eléctrica (LIE);
- La Ley de Transición Energética (LTE);
- Los Lineamientos que establecen los criterios para el otorgamiento de certificados de energías limpias y los requisitos para su adquisición (los Lineamientos).

Adicionalmente, serán aplicables las siguientes definiciones, entiéndanse en singular o plural, según corresponda:

- 1.1. Captura y almacenamiento geológico o biosecuestro de bióxido de carbono:** Conjunto de procesos que incluyen capturar, separar, transportar y almacenar el CO<sub>2</sub> que proviene de una emisión industrial, definido por el IPCC como secuestro geológico de carbono (CCS), y que cumple con las presentes Disposiciones.
- 1.2. Celda de combustible:** Generador electroquímico que produce energía eléctrica a partir de la reacción química entre un combustible y el oxígeno del aire.
- 1.3. Central térmica:** Central eléctrica convencional cuya fuente de energía es un combustible fósil.
- 1.4. Cogeneración eficiente:** Proceso de cogeneración de energía eléctrica, que al ser evaluado con los criterios y la metodología de las presentes Disposiciones, cumple con el criterio de energía libre de combustible establecido para tal efecto.

- 1.5. **Disposiciones:** Las presentes Disposiciones Administrativas de Carácter General por las que se emiten los criterios de eficiencia y se establece la metodología de cálculo para determinar el porcentaje de energía libre de combustible en fuentes de energía y procesos de generación de energía eléctrica.
- 1.6. **Energía libre de combustible (ELC):** Energía eléctrica atribuible al uso de energía limpia, definida en cada caso, en términos de las presentes Disposiciones.
- 1.7. **Energía necesaria bruta:** Energía que se requiere para satisfacer la demanda de un sistema eléctrico, incluyendo los usos propios de la central.
- 1.8. **Energía neta:** Energía necesaria bruta menos la energía de los usos propios de la central.
- 1.9. **Metodología:** La metodología de cálculo desarrollada por la Comisión para determinar el porcentaje de energía libre de combustible cuando se utilicen combustibles fósiles en procesos de generación de energía eléctrica a partir de energías limpias.
- 1.10. **Periodo "p":** Lapso para la medición de variables, definido en las disposiciones correspondientes y aplicables a los casos presentados en estas disposiciones.
- 1.11. **Porcentaje de energía libre de combustible:** Relación entre la cantidad de energía limpia generada respecto a la energía eléctrica total generada por una central eléctrica, expresado en porcentaje (%).

#### Acrónimos y abreviaciones/siglas

Para efectos de las presentes Disposiciones, se utilizarán los acrónimos siguientes:

CCS	Carbon Capture and Sequestration
ELC	Energía libre de combustible
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático establecido en 1988 por the World Meteorological Organization y United Nations Environment Programme, del inglés: Intergovernmental Panel on Climate Change
LIE	Ley de la Industria Eléctrica
LTE	Ley de Transición Energética
SEN	Sistema eléctrico nacional

### Capítulo III

#### Caso I. Centrales eléctricas con procesos de cogeneración

##### 3.1. Alcance

- Este caso será aplicable a los **generadores limpios** y a la **generación limpia distribuida**, conforme lo establecen los Lineamientos y la LIE, cuyas centrales eléctricas generen energía eléctrica a partir de sistemas de cogeneración que se encuentren en operación, para determinar el porcentaje de energía libre de combustible, si es que se trata de un proceso de cogeneración eficiente en términos de las presentes Disposiciones.

##### 3.2. Cálculo de la energía libre de combustible en procesos de cogeneración eficiente de energía eléctrica.

3.2.1. Para el cálculo de la eficiencia de una central eléctrica, se consideran aspectos tales como:

- |          |   |
|----------|---|
| <i>E</i> | La energía eléctrica neta generada en la central eléctrica durante el periodo "p" (MWh).  |
| <i>F</i> | La energía de los combustibles empleados en la central eléctrica a lo largo del periodo "p", medida sobre el poder calorífico inferior (MWh). |
| <i>H</i> | La energía térmica neta o el calor útil generado en una central eléctrica y empleado en un proceso productivo durante el periodo "p" (MWh).   |

(Nota: deberá restarse la energía térmica del agua de alimentación a la energía térmica del vapor o agua caliente producidos en el proceso).

3.2.2. Considerando los aspectos del punto 3.2.1, el cálculo de la eficiencia de una central eléctrica será de la siguiente forma:

$\eta_e$  Eficiencia eléctrica media de una central eléctrica, y calculada como:

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

$\eta_h$  Eficiencia térmica media de una central eléctrica, y calculada como:

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

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

*RefH* Eficiencia de referencia, para la generación térmica a partir de un combustible fósil en una central térmica 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 la central eléctrica, conforme a lo siguiente:

Nivel de tensión	< 1.0 kV	1.0-34.5 kV	69-85 kV	115-230 kV	≥ 400 kV
Factor de pérdidas (fp)	0.91	0.94	0.96	0.98	1.00

*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 interconecta la central eléctrica, calculado como:

$$RefE' = RefE * fp$$

*Fh* Energía de los combustibles fósiles utilizados en la central eléctrica atribuible a la producción de calor útil (MWh), calculada como:

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

*Fe* Energía de los combustibles fósiles utilizados en la central eléctrica atribuible a la generación de energía eléctrica (MWh), calculada como:

$$Fe = F - Fh$$

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

$$EE = \frac{E}{Fe}$$

*E<sub>conv</sub>* Energía eléctrica generada por una central térmica eficiente, interconectada con el SEN en alta tensión, utilizando la misma cantidad de combustible que es atribuible en la central eléctrica a la generación de energía eléctrica (MWh), calculado como:

$$E_{conv} = Fe * RefE'$$

*EP* Energía primaria, obtenida del análisis por separado del comportamiento del proceso de generación de energía eléctrica y del proceso térmico de la central eléctrica (MWh), calculado como:

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

*AEP* Ahorro de energía primaria, obtenido del análisis por separado del comportamiento del proceso de generación de energía eléctrica y del proceso térmico de la central eléctrica (MWh), calculado como:

$$AEP = EP - F$$

*APEP* Ahorro porcentual de energía primaria, obtenido del análisis por separado del comportamiento del proceso de generación de energía eléctrica y del proceso térmico de la central eléctrica, calculado como:

$$APEP = \frac{EP - F}{EP}$$

*AREL* El aporte relativo de energía limpia de una central eléctrica de cogeneración con relación a la energía generada por la central de referencia, calculado de la siguiente forma:

$$AREL = \frac{AEP}{Fe}$$

### 3.3. Valores de referencia<sup>1</sup>

3.3.1. Para el cálculo de la energía libre de combustible se deberán considerar los siguientes valores de referencia:

Referencia	Capacidad de la central eléctrica (MW)	RefE
RefE	Capacidad < 0.5	40 %
	$0.5 \leq$ Capacidad < 6	44 %
	$6 \leq$ Capacidad < 15	47 %
	$15 \leq$ Capacidad < 30	48 %
	$30 \leq$ Capacidad < 150	51 %
	$150 \leq$ Capacidad < 300	52 %
	Capacidad $\geq$ 300	53 %
RefH (con vapor o agua caliente como medio de calentamiento)		90 %
RefH (con uso directo de los gases de combustión)		82 %

3.3.2. Para las centrales eléctricas con capacidad igual o menor a 30 MW instalados a una altura superior a 1500 metros sobre el nivel del mar, generando con motores de combustión interna o con turbinas de gas, se considerarán los siguientes valores de referencia:

Capacidad de la central eléctrica (MW)	RefE
Capacidad < 0.5	40 %
$0.5 \leq$ Capacidad < 6	44 %
$6 \leq$ Capacidad < 15	45 %
$15 \leq$ Capacidad < 30	45 %

### 3.4. Criterio de eficiencia para determinar a la cogeneración eficiente.

3.4.1. Derivado de la aplicación de la **metodología**, la Comisión determinará que la central eléctrica corresponde a una central con un proceso de cogeneración eficiente, si dicha central eléctrica cumple con el siguiente criterio:

$$Si ELC > 0$$

Donde:

*ELC* **Energía libre de combustible**, esto es, la energía eléctrica generada en la central eléctrica de cogeneración por encima de la que se generaría en una **central térmica**, utilizando la misma cantidad de combustible que en una central eléctrica de cogeneración (MWh), calculada como:

$$ELC = AEP * RefE$$

El criterio anterior no será aplicable a las centrales eléctricas de cogeneración que utilicen, para la generación de energía eléctrica, la energía térmica no aprovechada en el proceso o los combustibles generados en el proceso, y que no requieran para ello del uso adicional de combustible fósil. Estos casos, serán considerados **cogeneración eficiente**. Este criterio no aplica a los procesos de la industria petrolera o cualquier otro, cuyo fin sea la producción de algún tipo de combustible.

<sup>1</sup> Referencia: Reglamento Delegado (UE) 2015/2402 de la Comisión, de 12 de octubre de 2015, por el que se revisan los valores de referencia de la eficiencia armonizados para la producción por separado de calor y electricidad, de conformidad con lo dispuesto en la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y el Consejo, y por el que se deroga la Decisión de Ejecución 2011/877/UE de la Comisión ([http://eur-lex.europa.eu/eli/reg\\_del/2015/2402/oj](http://eur-lex.europa.eu/eli/reg_del/2015/2402/oj))

### 3.5. Determinación del porcentaje de energía libre de combustible

El **porcentaje de energía libre de combustible** se determinará conforme a lo siguiente:

$$\%ELC = \frac{ELC}{E}$$

Para las exenciones mencionadas en el punto 3.4.1 anterior, el **porcentaje de energía libre de combustible** será:

$$\%ELC = 100 \%$$

Por lo anterior, si se determina que la central eléctrica de cogeneración cuenta con un proceso de **cogeneración eficiente**, su energía libre de combustible será considerada como energía limpia.

## Capítulo IV

### Caso II. Centrales eléctricas limpias que utilizan combustibles fósiles

#### 4.1. Alcance

Este caso será aplicable a los **generadores limpios** y a la **generación limpia distribuida**, conforme lo establecen los Lineamientos y la LIE, cuyas centrales eléctricas se encuentren en operación y que utilicen como fuente de energía combustibles fósiles y energías limpias, para determinar su porcentaje de energía libre de combustible.

Este caso es aplicable, de manera enunciativa mas no limitativa, a la energía generada por ingenios azucareros que cumplan con los criterios de eficiencia que establezca la CRE y de emisiones establecidos por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

#### 4.2. Cálculo de la energía libre de combustible en centrales eléctricas limpias que utilizan combustibles fósiles

4.2.1. Para el cálculo de la **energía libre de combustible** en una central eléctrica con generación limpia y que, además utiliza determinada proporción de combustibles fósiles, se consideran los siguientes aspectos:

$E$  La energía eléctrica neta generada en la central eléctrica durante el periodo "p" (MWh).

$F$  La energía de los combustibles fósiles empleados en la central eléctrica a lo largo del periodo "p", medida sobre el poder calorífico inferior (MWh).

$F_{EL}$  La energía de los combustibles no fósiles empleados en la central eléctrica a lo largo del periodo "p", medida sobre el poder calorífico inferior (MWh).

4.2.2. Considerando los aspectos del punto 4.2.1, se calcularán los siguientes elementos:

$F_{total}$  Cantidad total de energía aportada por los energéticos primarios (MWh), calculado como:

$$F_{total} = F + F_{EL}$$

$\eta_e$  Eficiencia eléctrica de la central eléctrica, expresada en porcentaje.

$$\eta_e = \frac{E}{F_{total}}$$

4.2.3. Para que las centrales eléctricas limpias que utilizan combustibles fósiles puedan ser consideradas como energías limpias, la central eléctrica en cuestión deberá tener una eficiencia eléctrica mayor o igual a la eficiencia de referencia, es decir:

$$\eta_e \geq \eta_{Ref}$$

Donde la eficiencia de referencia  $\eta_{Ref}$  depende del tipo de tecnología, utilizada en la central eléctrica en donde se aprovechará el combustible fósil, conforme a la siguiente tabla:

Tecnología	$\eta_{Ref}$
Ciclo Combinado	50%
Combustión Interna	30%
Turbina de Gas	25%
Ciclo Convencional	21%

Si se cumple el criterio de eficiencia anterior, se determinará la energía libre de combustible conforme al procedimiento siguiente:

$\%F$  Porcentaje de energía atribuible al combustible fósil, calculado como:

$$\%F = \frac{F}{F_{total}}$$

$\%F_{EL}$  Porcentaje de energía atribuible a la energía limpia, calculado como:

$$\%F_{EL} = \frac{F_{EL}}{F_{total}}$$

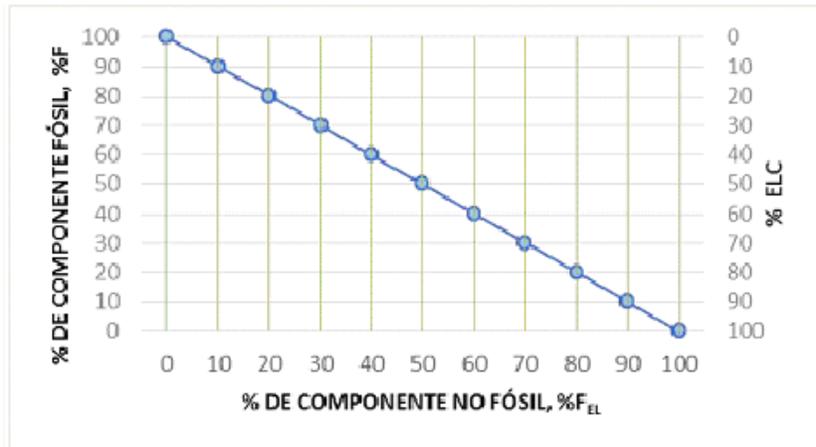
$E_F$  Energía eléctrica proveniente de combustibles fósiles (MWh), calculada como:

$$E_F = \%F * E$$

$ELC$  Energía libre de combustible, esto es, la energía proveniente de combustibles no fósiles, calculada como:

$$ELC = \%F_{EL} * E$$

En este caso se utilizará directamente la relación porcentual de la energía de los combustibles fósiles y no fósiles empleados conforme a la gráfica 1.



Gráfica 1. Relación entre porcentajes de componentes fósil y no fósil.

En donde la suma de los porcentajes de los componentes fósil y no fósil de la energía generada debe corresponder al 100%.

#### 4.3. Determinación del porcentaje de energía libre de combustible

Por lo anterior, el porcentaje de energía libre de combustible será:

$$\%ELC = \frac{ELC}{E}$$

## Capítulo V

### Caso III. Tecnologías de bajas emisiones y centrales térmicas con procesos de captura y almacenamiento geológico o biosecuestro de bióxido de carbono

#### 5.1. Alcance

5.1.1. Este caso será aplicable a los **generadores limpios** y a la **generación limpia distribuida**, conforme lo establecen los Lineamientos y la LIE, cuyas centrales eléctricas se encuentren en operación y que cuenten con tecnología considerada de bajas emisiones de carbono conforme a estándares internacionales, así como a las centrales térmicas con procesos de captura y almacenamiento geológico o biosecuestro de bióxido de carbono, para determinar su porcentaje de energía libre de combustible.

En este sentido, a nivel internacional se consideran, entre otras, diversas tecnologías como de bajas emisiones, entre ellas, las siguientes:

- Gasificación integrada en ciclo combinado (IGCC, Integrated Gasification Combined Cycle). Esta tecnología usa la oxidación parcial del carbón con oxígeno como oxidante para producir un gas de síntesis (syngas), compuesto principalmente por monóxido de carbono e hidrógeno. Como en las tecnologías de combustión, una alta eficiencia resulta en bajas emisiones por MWh.
- Gasificación subterránea del carbón (USG, Underground Coal Gasification). Esta tecnología usa vapor y oxígeno para convertir el carbón en monóxido de carbono e hidrógeno.
- Tecnologías supercríticas de carbón. Con parámetros de operación de alrededor de 300 kg/cm<sup>2</sup> de presión y 700°C de temperatura.

Se considerarán tecnologías de bajas emisiones aquellas centrales eléctricas que cumplan con lo establecido en el Transitorio Décimo Sexto, fracción VI de la LTE, que indica un nivel de 100 kg/MWh de bióxido de carbono emitido.

Por otro lado, los procesos de captura y secuestro de carbono son también considerados a nivel internacional como una tecnología de bajas emisiones y se aplicará lo establecido en el Transitorio Décimo Sexto, fracción V de la Ley de Transición Energética, que indica un nivel de 100 kg/MWh de bióxido de carbono emitido.

#### 5.2. Cálculo de la energía libre de combustible en tecnologías de bajas emisiones y centrales térmicas con procesos de captura y almacenamiento geológico o biosecuestro de bióxido de carbono.

5.2.1. Para el cálculo de la **energía libre de combustible** se consideran los siguientes aspectos:

$E$	La energía eléctrica neta generada en la central eléctrica durante el periodo "p" (MWh).
$Factor_{mC}$	Factor de emisiones de bióxido de carbono por energía eléctrica generada en la central eléctrica, medidas en el sitio de generación (tCO <sub>2</sub> /MWh).
$Factor_{mRef}$	Factor de emisiones de bióxido de carbono por energía eléctrica generada por una central de referencia, que conforme a lo establecido en la LTE, será:

$$Factor_{mRef} = 0.100 [tCO_2/MWh]$$

5.2.2. Considerando los aspectos del punto anterior, para el cálculo de la energía libre de combustible de la central eléctrica, sus emisiones deberán ser menores o iguales a las emisiones de la central de referencia, es decir, se deberá cumplir el siguiente criterio:

$$Factor_{mC} \leq Factor_{mRef}$$

5.2.3. Si se cumple el criterio de eficiencia anterior, entonces la **energía libre de combustible** de la central eléctrica será igual a la energía eléctrica neta (MWh), es decir:

$$ELC = E$$

#### 5.3. Determinación del porcentaje de energía libre de combustible

Por lo tanto, si se cumple el criterio de emisiones, el **porcentaje de energía libre de combustible** será:

$$\%ELC = 100 \%$$

## Capítulo VI

### Caso IV. Aprovechamiento del hidrógeno

#### 6.1. Alcance

Este caso será aplicable a los procesos en operación de producción de hidrógeno para su aprovechamiento en la generación de energía eléctrica, a fin de calcular el porcentaje de energía libre de combustible.

#### 6.2. Cálculo de la energía libre de combustible en procesos de aprovechamiento de hidrógeno

6.2.1. El hidrógeno, al ser un elemento que no se encuentra libre en la naturaleza, requiere, al igual que el petróleo y los productos refinados de éste (como gasolinas, GLP, etc.), de inversión de recursos para su obtención. En este sentido, para el cálculo de la **energía libre de combustible** en procesos de aprovechamiento de hidrógeno se considerará el proceso de obtención del hidrógeno de acuerdo a los siguientes casos:

- A partir de combustibles fósiles (por ejemplo, de manera enunciativa, mas no limitativa, gasificación, reformado por vapor, entre otros).
- Mediante electrólisis.

A continuación se analizará cada uno de los casos anteriores:

- Para procesos de producción de hidrógeno que utilicen combustibles fósiles, se consideran los siguientes aspectos:

$Prod_{H_2}$  La producción de hidrógeno durante el periodo "p" (kg).

$PC_{H_2}$  El poder calorífico del hidrógeno (MJ/kg).

$F$  La energía de los combustibles fósiles empleados en el proceso de producción de hidrógeno a lo largo del periodo "p", medida sobre el poder calorífico inferior (MJ).

$E_{H_2}$  La energía aprovechable del hidrógeno producido durante el periodo "p" (MJ).

$$E_{H_2} = Prod_{H_2} * PC_{H_2}$$

Considerando los aspectos del inciso a) anterior, se determinará la eficiencia del proceso de producción de hidrógeno:

$\eta_{H_2}$  Eficiencia del proceso de producción de hidrógeno a partir de combustibles fósiles.

$$\eta_{H_2} = \frac{E_{H_2}}{F}$$

- La Comisión considera que los procesos de producción de hidrógeno mediante electrólisis, utilizan como insumo energía eléctrica generada por distintas fuentes y procesos, las cuales pueden ser limpias y fósiles.

Quando el hidrógeno es empleado en **celdas de combustible** para generar energía eléctrica, las emisiones son exclusivamente vapor de agua y calor, un subproducto susceptible de aprovecharse para incrementar aún más la eficiencia del uso del hidrógeno como combustible.

#### 6.3. Determinación del porcentaje de energía libre de combustible

6.3.1. Para determinar la **energía libre de combustible** será necesario conocer lo siguiente:

$E$  La energía eléctrica neta, generada por el aprovechamiento de hidrógeno (combustión, ciclo termodinámico o mediante celdas de combustible), durante el periodo "p" (MWh).

$EL_{Nacional}$  Relación entre la cantidad de energía eléctrica limpia y la generación de energía eléctrica total, ambas a nivel nacional, expresada en porcentaje (%), tomando como

referencia la información publicada en el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional más reciente.

6.3.2. Para procesos de producción de hidrógeno a partir de combustibles fósiles conforme al inciso "a)" del punto 6.2.1, se deberá cumplir con una eficiencia igual o superior al 70%, es decir:

$$Si \eta_{H_2} \geq 70 \%$$

Entonces, la **energía libre de combustible** se calculará, según el proceso de producción de hidrógeno, conforme a lo siguiente:

Caso a) Si se cumple el criterio de eficiencia anterior, entonces:

$$ELC = E$$

$$ELC = E * EL_{Nacional}$$

Caso b)

Por lo tanto, para procesos de producción de hidrógeno a partir de combustibles fósiles que cumplan con el criterio de eficiencia el **porcentaje de energía libre de combustible** será

$$\%ELC = 100 \%$$

y para procesos de producción de hidrógeno mediante electrólisis, el **porcentaje de energía libre de combustible** será:

$$\%ELC = \frac{ELC}{E}$$

## Capítulo VII

### Caso V. Metodología de cálculo de densidad de potencia de centrales hidroeléctricas

#### 7.1. Alcance

7.1.1. Este caso será aplicable a los **generadores limpios**, conforme lo establecen los Lineamientos y la LIE, cuya generación de energía eléctrica sea a partir del movimiento del agua en cauces naturales o en aquellos artificiales con embalses ya existentes, con sistemas de generación de capacidad mayor a 30 MW y que se encuentran en operación.

#### 7.2. Cálculo de la energía libre de combustible en Centrales Hidroeléctricas.

7.2.1. Para el cálculo de la **energía libre de combustible** se consideran los siguientes aspectos:

$E$  La energía eléctrica neta generada en la central eléctrica durante el periodo "p" (MWh).

$P$  Capacidad de generación de energía eléctrica de la central eléctrica (Watts).

$Sup_e$  Superficie de embalse ( $m^2$ ), correspondiente al nivel de aguas máximas ordinarias (NAMO).

7.2.2. Considerando los aspectos del punto anterior, deberá determinarse la densidad de potencia:

$DP$  Densidad de potencia, definida como la relación entre la capacidad de generación y la superficie de embalse ( $W/m^2$ ), es decir:

$$DP = \frac{P}{Sup_e}$$

Finalmente, la densidad de potencia deberá cumplir el siguiente criterio:

$$DP > 10$$

