

**Metodología para Valorar Externalidades
Asociadas con la Generación de
Electricidad en México**

I. PRESENTACIÓN

Conforme a lo establecido en la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, se presenta la **Metodología para Valorar Externalidades Asociadas con la Generación de Electricidad en México.**

Para la elaboración de esta metodología se ha contado con la colaboración de centros de investigación y especialistas en la materia como el Centro Mario Molina A.C., así como con la participación de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y la Secretaría de Salud.

En el Plan Nacional de Desarrollo 2007–2012, la sustentabilidad ambiental está definida como un eje central de las políticas públicas de México. Esto implica que nuestro país debe considerar al medio ambiente como uno de los elementos de la competitividad y el desarrollo económico y social.

En la Secretaría de Energía, estamos convencidos de que, a través de la utilización de fuentes renovables de energía, simultáneamente se puede reducir la dependencia de los combustibles fósiles, disminuir proporcionalmente las emisiones de gases de efecto invernadero y aumentar el valor agregado de las actividades económicas.

Esta metodología permitirá valorar las externalidades asociadas con la generación de electricidad a través de diversas fuentes de energía y, a través del tiempo, permitirá tener una valoración de las externalidades producidas durante la generación de electricidad, así como proponer acciones de política pública que permitan disminuir los efectos del cambio climático en beneficio de las próximas generaciones de mexicanos.

Georgina Kessel Martínez

II. INTRODUCCIÓN

La Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética define a las “externalidades” como: “Los impactos positivos o negativos que genera la provisión de un bien o servicio y que afectan a una tercera persona. Las externalidades ocurren cuando los costos o beneficios de los productores o compradores de un bien o servicio son diferentes de los costos o beneficios sociales totales que involucran su producción y consumo”.

Las externalidades son fallas de mercado que tienen que ser internalizadas a través de instrumentos de política. Éstas, están presentes cuando la utilidad o la producción de una empresa es afectada por las decisiones de consumo o producción de otro individuo o empresa, sin recibir ninguno de los dos agentes compensación por la externalidad.

Para realizar una evaluación y calcular las externalidades que una empresa genera existen distintas metodologías, las cuales se han utilizado en diversos países.

De las metodologías utilizadas actualmente, sobresale principalmente la del Análisis del Ciclo de Vida (ACV) y puede tener diferentes variantes:

La metodología ACV es definida como la técnica para evaluar aspectos y potenciales impactos ambientales asociados con un producto, por medio del levantamiento de un inventario de información sobre insumos y resultados de un sistema; de la evaluación de potenciales impactos sobre el medio ambiente asociados con dichos insumos y resultados, y de la interpretación de los resultados de las fases anteriores de acuerdo con los objetivos del estudio¹. Es decir, considera que, para la evaluación del impacto ambiental de una actividad productiva, es necesario medir las emisiones y daños generados durante todo el proceso de producción, desde la adquisición de la materia prima, pasando por la producción y el consumo, hasta el desecho.

Uno de los enfoques utilizados es el de Vías de Impacto, presente en el proyecto *Externalities of Energy* (ExternE) de la Directiva Europea de Valoración de Externalidades, el cual surge de un acuerdo de colaboración entre el Departamento de Energía de los Estados Unidos y la Comunidad

¹ FDIS/ISO 14040: Environmental management- Life cycle assessment – Principles and framework ISO (1997).

El ACV es la única metodología de valoración de externalidades ambientales que cuenta con lineamientos expedidos por la Organización Internacional de Estandarización (ISO). La primera serie de lineamientos para esta metodología fue creada en 1997, pero en 2006 ISO reorganizó los contenidos y se creó la serie 14040. En el año 2003, se creó en México un subcomité nacional para redactar las normas mexicanas NMX-SSA-14040-IMNC-2008 y NMX-SSA-IMNC-2008, análogas a la serie ISO 14040, las cuales fueron aprobadas en el año 2008 y son de aplicación voluntaria.

Europea, la que reconoce la valoración de las externalidades de la producción y uso de la energía como una de sus tareas. Además, el proyecto engloba la cooperación de otros países, principalmente europeos, universidades, institutos de investigación, ONGs e industrias.

El proyecto ExternE y su sucesor, *New Energy Externalities Development for Sustainability* (NEEDS), proveen un marco de referencia para transformar los impactos ambientales directos e indirectos de la generación de energía eléctrica, medidos en unidades de notación científica, en índices o indicadores de entendimiento común, como es el valor monetario o los ecoindicadores. Para ello, se requiere generar un inventario de emisiones contaminantes, modelar la dispersión de dichos contaminantes en el ambiente, analizar los impactos a la salud pública basados en la relación dosis-respuesta (medidos en pérdida de años de vida) y valorar económicamente los impactos locales y regionales. Nótese que los impactos globales sólo se miden para el fenómeno del cambio climático y los costos estimados están relacionados con los costos de mitigación de gases de efecto invernadero.

En México, en el marco de un Convenio de Colaboración entre la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) de la Organización de Naciones Unidas (ONU), se realizó un estudio que utiliza una versión simplificada de la metodología ExternE, con el fin de calcular el valor de las externalidades asociadas a la generación de energía eléctrica con combustibles fósiles, considerando los impactos a la salud y al medio ambiente, a nivel regional y global. Este estudio, que utilizó además el modelo *Simplified Approach for Estimating Impacts of Electricity Generation* (SIMPACTS) del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), contempla actividades como la caracterización de la fuente emisora, el cálculo de la concentración de contaminantes, la evaluación de impactos y la evaluación monetaria.

Por otra parte, el Consejo Mundial de Energía, (WEC, por sus siglas en inglés) llevó a cabo durante el periodo 2002 – 2004, una compilación de estudios de análisis de ciclo de vida de diferentes tecnologías de generación de energía eléctrica desarrollados en los últimos 15 años a nivel internacional. Estos análisis consideraron la cadena completa de producción de energía de la exploración y la extracción a la transformación, almacenamiento, transporte, transformación en combustibles secundarios y uso final; es decir, la energía primaria desde su origen hasta su uso final. De esta forma, se determinó la accesibilidad, disponibilidad y aceptabilidad de la producción de energía eléctrica.

Además, se han desarrollado otras herramientas metodológicas como el Eco-Indicador 99, elaborado por la empresa *PRé Consultants* para el Ministerio Holandés de Planeación Urbana, Vivienda y Medio Ambiente, como parte de su política orientada a la Gestión Ambiental. La técnica consiste en la cuantificación numérica de cada impacto ambiental detectado y su ponderación con base en coeficientes que permiten obtener un valor numérico adimensional denominado “Eco-indicador”. Entre más alto es el valor del Ecoindicador mayor es el impacto ambiental.

Todas estas propuestas metodológicas exigen el levantamiento de información a fin de contar con un inventario sobre las emisiones en diversas fases del proceso productivo y valorar sus impactos en la salud y medio ambiente. Este es un proceso de largo plazo por lo que en los países en los que se ha avanzado en el mismo, se han invertido desde poco más de 4 años hasta incluso 20 años. El resultado de estos estudios ha impulsado a los gobiernos de los países a tomar acciones de política y/o mercado que han fomentado el uso de algunas tecnologías o combustibles sobre otros.

Por lo anterior, la metodología que aquí se presenta pretende valorar en México las emisiones de sustancias contaminantes asociadas a la generación de electricidad. En particular, busca internalizar la relación que guardan las tecnologías y las emisiones de gases de efecto invernadero resultantes de la generación de electricidad. Sabemos que la generación de electricidad conlleva otro tipo de externalidades, por ejemplo, en la salud pública, en el impacto al medio ambiente y hasta en la seguridad energética; sin embargo, como un primer ejercicio, sólo se tomarán en cuenta las emisiones de los gases de efecto invernadero.

Esta metodología es el punto de partida en la valuación de externalidades asociadas a la generación de electricidad y se anticipa que, una vez que se cuente con la información requerida para hacer el cálculo utilizando otras metodologías, podrá ser actualizada.

Paralelamente, la Secretaría de Energía iniciará las gestiones necesarias con las dependencias competentes con el fin de desarrollar un inventario de las emisiones producidas por la generación eléctrica y desarrollar los instrumentos de política que permitan a México avanzar en la transición energética.

III. METODOLOGÍA PARA VALORAR EXTERNALIDADES ASOCIADAS CON LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN MÉXICO.

1 Alcance y objetivos

- 1.1 El presente documento tiene por objeto establecer la Metodología que deberán seguir los suministradores para valorar las externalidades asociadas con la generación de electricidad en México, para las diversas tecnologías y fuentes de energía utilizadas.
- 1.2 Esta Metodología se aplicará a los suministradores a los que se refiere el artículo 2 fracción IX del Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.
- 1.3 La Secretaría de Energía ha elaborado esta Metodología con base en el artículo 10 de la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, y el artículo 16 del Reglamento de esta Ley, para cumplir con el objetivo de valorar las externalidades asociadas con la generación de electricidad, a través de diversas fuentes de energía en sus distintas escalas en el sistema.
- 1.4 Los cálculos que se realicen con esta Metodología permitirán desarrollar proyectos a partir de fuentes renovables de energía que se verán reflejados en los indicadores del Programa Especial para el Aprovechamiento de las Energías Renovables.

2 Definiciones

- 2.1 **Bióxido de Carbono Equivalente:** Es la unidad común que permite llevar una contabilidad de las emisiones de los gases de efecto invernadero de acuerdo con el potencial de calentamiento global de cada uno de ellos.
- 2.2 **Costos de Operación y Mantenimiento:** Costos directos e indirectos de mano de obra, administrativos, refacciones y equipo asociados con la operación y mantenimiento de centrales generadoras. Este concepto no incluye los costos de combustible.ⁱ
- 2.3 **Externalidades:** Los impactos positivos o negativos que genera la provisión de un bien o servicio y que afectan a una tercera persona. Las externalidades ocurren cuando los costos o beneficios de los productores o compradores de un bien o servicio son diferentes de los costos o beneficios sociales totales que involucran su producción y consumo.
- 2.4 **Metodología:** La Metodología para Valorar Externalidades Asociadas con la Generación de Electricidad en México.
- 2.5 **MWh:** Megawatt Hora.

- 2.6 **Periodo Determinado:** Trianual.
- 2.7 **Sistema:** El Sistema Eléctrico Nacional.
- 2.8 **Suministrador:** Comisión Federal de Electricidad y, en lo conducente, las entidades mencionadas en el artículo cuarto transitorio de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.
- 2.9 **Sustancias Contaminantes:** los gases de efecto invernadero, que son: Bióxido de Carbono, Metano, Óxido Nitroso, Hidrofluorocarbonos, Perfluorocarbonos y Hexafluoruro de Azufre.

3 Cálculo de Generación de Electricidad

- 3.1 El objetivo es calcular la generación de electricidad en un Periodo Determinado.
- 3.2 Para lograr este objetivo, en primer lugar se debe calcular la generación de electricidad total del suministrador de acuerdo con la tecnología y el combustible fósil utilizado durante el Periodo Determinado.

$$MWh_{i,c} = \sum_{c=1}^n MWh_i$$

En donde $MWh_{i,c}$ es la generación de electricidad por tipo de tecnología i (en MWh) a través del combustible c , cuando sea el caso, donde

$$c = [\text{Combustóleo}, \text{Gas Natural}, \text{Diesel}, \text{Carbón y otros}]$$

y

$$i = [\text{Tecnología de generación de electricidad utilizada}]$$

- 3.3 En el caso de las tecnologías para las que no existen datos históricos, ya sea por ser nuevas o por haber sido mejoradas, se estimará la operación para la tecnología para un año.

4 Cálculo de emisiones de Sustancias Contaminantesⁱⁱ

- 4.1 El objetivo es que el suministrador identifique las emisiones de Sustancias Contaminantes por tonelada derivadas de cada planta productiva en sus diferentes tecnologías, de acuerdo con su generación de electricidad en el Periodo Determinado.
- 4.2 Hay que calcular las emisiones estimadas de sustancias contaminantes, denominadas E_s (en toneladas de Bióxido de Carbono Equivalente), provenientes del proceso de generación de electricidad por tecnología y combustible.ⁱⁱⁱ Dichas emisiones deberán ser incluidas de acuerdo con el

Potencial de Calentamiento Global,^{iv} donde

$$E_s = \text{Toneladas de emisiones de las sustancias contaminantes}$$

- 4.3 En el caso de las tecnologías para las que no existen datos históricos, ya sea por ser nuevas o por haber sido mejoradas, el cálculo de las emisiones de sustancias contaminantes se realiza con base en las estimaciones de operación de un año, para la tecnología y combustible, y la estimación de las emisiones asociadas a su generación.^v

5 Valoración monetaria de las emisiones de sustancias contaminantes con base en los parámetros establecidos por la Secretaría de Energía^{vi}

- 5.1 El objetivo es obtener el valor en términos monetarios de las emisiones de las Sustancias Contaminantes de los combustibles utilizados por diversas tecnologías de generación de electricidad.
- 5.2 Para ello, hay que determinar el valor monetario de la emisión total del suministrador, de acuerdo con un valor de referencia del precio del Bióxido de Carbono. Para obtener dicho valor de referencia, se toma la serie histórica de los precios de cierre oficial (*settlement prices*) de los contratos de futuros de Bióxido de Carbono, de los últimos tres años (partiendo del mes en que se realiza el cálculo), publicada para el mercado europeo. Esta información se encuentra disponible en la página web de *European Climate Exchange*, <http://www.ecx.eu/EUA-Futures>.^{vii}

Se calcula la serie de promedios mensuales a partir de los precios históricos diarios de cierre oficial de los contratos de futuros de Bióxido de Carbono, de los últimos tres años. A continuación, se convierte dicha serie de euros a dólares por tonelada, utilizando los datos publicados por el Banco de México.^{viii} Posteriormente, se calcula el promedio de la serie resultante, en dólares por tonelada.^{ix}

Entonces, se multiplican las emisiones de Sustancias Contaminantes de cada tecnología y combustible (si es el caso), por el valor de referencia obtenido.

$$VM_{i,c} = \sum_{S=1}^n E_S * P_S$$

En donde $VM_{i,c}$ es el valor monetario de las emisiones por tecnología i y el combustible c , si es el caso; E_S representa las emisiones de las Sustancias Contaminantes estimadas para el Periodo Determinado, y P_S es el precio por tonelada en dólares de las emisiones de la Sustancia Contaminante.

6 Valoración de las externalidades^x

- 6.1 El objetivo es calcular el valor monetario unitario de las externalidades asociadas a la generación de electricidad de los suministradores por tecnología y combustible, si es el caso.
- 6.2 Para lograrlo, hay que obtener el cociente del valor monetario de las emisiones de sustancias contaminantes de cada suministrador, para cada una de sus tecnologías (y combustible si es el caso) $VM_{i,c}$, y dividirlo entre los $MWh_{i,c}$ de generación de electricidad para el Período Determinado.

$$X_{i,c} = \frac{VM_{i,c}}{MWh_{i,c}}$$

En donde $X_{i,c}$ es el valor en dólares por MWh de la externalidad para cada tecnología y combustible.

- 6.3 El valor resultante, por tecnología, deberá incorporarse a los Costos de Operación y Mantenimiento, lo que permitirá incluir externalidades en las comparaciones y análisis entre tecnologías, así como preparar escenarios de emisiones e impactos reducidos, entre otros.

Notas:

ⁱ Terminología de la Comisión Federal de Electricidad. Especificación CFE L0000-39. Subdirección de Programación.

ⁱⁱ Las emisiones directas de bióxido de carbono (las que se originan durante la vida operacional y que resultan de la combustión de combustibles fósiles), representan entre el 80 y 90 por ciento del volumen de las emisiones totales. También resultado de la generación eléctrica se producen, aunque en menor escala, emisiones de otros gases de efecto invernadero

ⁱⁱⁱ Actualmente, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, para formar el Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (con base en el artículo 109 Bis de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente), utiliza los Factores de Emisión AP 42 de la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) del Gobierno Federal de los Estados Unidos de América.

^{iv} La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales publica en su portal de internet, la tabla correspondiente a los factores de conversión de los gases de efecto invernadero según el Tercer Informe de Evaluación del Protocolo Internacional de Cambio Climático (GWP-TAR). Esta información está disponible en la siguiente liga:

http://www.semarnat.gob.mx/queessemarnat/politica_ambiental/cambioclimatico/Documents/queescambioclimatico/tabla1.pdf

^v Remitirse a la nota tres (iii)

^{vi} Dado que no se cuenta con una monetización nacional actualizada de los impactos de las emisiones del sector eléctrico, se utilizarán valores de referencia de mercado para las principales emisiones de este sector.

^{vii} Se consideró que la información más adecuada para calcular el valor de referencia del precio del Bióxido de Carbono es la del mercado europeo, debido a su relevancia mundial en volumen y operaciones, aunque se espera que un potencial mercado norteamericano podría ser la referencia en el futuro.

^{viii} Para convertir los datos de euros a dólares, se utiliza los tipos de cambio mensuales publicados por el Banco de México. Dichos datos se encuentran disponibles en:

<http://www.banxico.gob.mx/PortalesEspecializados/TiposCambio/indicadores.html>

^{ix} Por ejemplo, al tomar la serie de promedios mensuales de Julio de 2006 a Julio de 2009, y utilizando los tipos de cambio del Banco de México, el valor de referencia obtenido con el procedimiento ya descrito es de 16.93 dólares por tonelada de CO₂ emitida.

^x Para que la planeación del sector eléctrico considere las externalidades asociadas a los proyectos de generación eléctrica, se deben identificar mecanismos con validez internacional e impactar los análisis prospectivos para la definición del parque de generación futuro.