



INSTITUTO DE  
INVESTIGACIONES  
ELÉCTRICAS

# METODOLOGÍA PARA EVALUAR EXTERNALIDADES EN LA GENERACIÓN ELÉCTRICA

**Instituto de Investigaciones Eléctricas**  
**Gerencia de Procesos Térmicos**

Laura E. Sánchez Hernández  
G. Lizbeth Porras Loaiza  
Ranulfo Gutiérrez Ramírez  
Marco Polo Flores López  
David Castrejón Botello

**AMEE 2010, 5 de noviembre**

# AGENDA

- Objetivo
- Introducción
- Metodología de cuantificación física
- Metodología de cuantificación económica
- Externalidades por tecnología de generación
- Impactos principales por combustible
- Externalidades en la Unión Europea
- Externalidades en México
- Externalidades en la planeación
- Conclusiones



# OBJETIVO

Presentar la metodología para identificar y estimar externalidades asociadas a la generación eléctrica.

**Externalidades**: representan costos y beneficios no incorporados a los precios de mercado del bien producido que distorsionan las decisiones económicas óptimas.



# INTRODUCCIÓN



- Tradicionalmente las **decisiones de planeación energética** se han tomado basándose en el concepto de **mínimo costo**, sin embargo debido a que existen impactos derivados de esta actividad sobre la sociedad y el ambiente, es necesario modificar ese enfoque de evaluación para tomar en cuenta esos efectos que son identificados como **externalidades**.
- En el caso de la generación eléctrica, muchos de los impactos sociales y ambientales pueden ser evaluados a través de la cuantificación de las externalidades abarcando el **ciclo completo de los combustibles**, es decir las actividades desde la obtención del combustible hasta el desmantelamiento de las plantas de generación.
- Desde los 90's la Unión Europea (UE) ha desarrollado una metodología para la evaluación de las externalidades más relevantes de la generación eléctrica, a través de los proyectos ExternE y New-Ext. La naturaleza del trabajo ha hecho necesaria la colaboración internacional de grupos multidisciplinarios.

# INTRODUCCIÓN



- La anterior metodología se ha consolidado como una **referencia internacional**, la cual se aplicó en México en un estudio realizado por SEMARNAT y CEPAL en el 2004, cubriendo únicamente la operación de plantas termoeléctricas que queman combustóleo y carbón.
- El proyecto New Energy Externalities Development for Sustainability (NEEDS) de la UE busca **incluir los costos y beneficios de las externalidades en las políticas energéticas y en los sistemas futuros de energía.**
- Se presenta una descripción de la metodología para cuantificar externalidades, la forma de aplicarla en las tecnologías de generación eléctrica en México y su posible efecto en la toma de decisiones sobre la planeación de la expansión de la capacidad de generación.

# METODOLOGÍA DE CUANTIFICACIÓN FÍSICA



Los impactos físicos de las externalidades se manifiestan en:

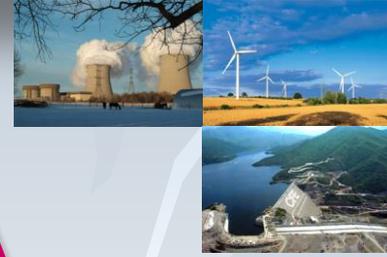


Efectos adversos a la salud (enfermedad y muerte) que pueden ser agudos o crónicos, estos últimos son más frecuentes. Accidentes de trabajo, ruido.

Daños al ambiente, afectación a la vegetación reduciendo la fotosíntesis, acidificación del suelo y del agua, ruido. Impacto visual y calentamiento global.

Corrosión de metales, deterioro de todo tipo de materiales, incluyendo construcciones.

# METODOLOGÍA DE CUANTIFICACIÓN FÍSICA



El procedimiento empleado para evaluar los impactos físicos se encuentra incluido dentro de la metodología **Vías de Impacto de ExternE** de la UE.

En esa evaluación, los costos y beneficios son estimados siguiendo el camino **desde la fuente de emisiones** a través de los cambios en la calidad del aire, el suelo y el agua **hasta su manifestación como impactos**, por ejemplo, incrementos en las afectaciones a la salud, ecosistemas y materiales.

El **método mas utilizado** es: **Dosis-Respuesta** que estima el impacto físico que genera un cambio en el ambiente sobre un receptor. Establece un vínculo entre un nivel de alteración en el ambiente y su impacto físico (daños a la salud, principalmente por emisiones contaminantes).

**La evaluación cuantifica el cambio entre la condición de referencia y la modificada por la presencia de las emisiones.**

# METODOLOGÍA DE CUANTIFICACIÓN FÍSICA



## Etapas de la Metodología Vías de Impacto:

- 1. Emisiones.** Caracterización física de la fuente emisora, localización, inventario de contaminantes y características de las emisiones.
- 2. Dispersión de los contaminantes.** Cálculo del incremento de la concentración de contaminantes en las regiones afectadas utilizando entre otros, modelos de dispersión atmosférica.
- 3. Evaluación de impactos.** Se calculan los impactos físicos mediante funciones exposición-respuesta, los cuales en el caso de efectos en salud son determinados por estudios clínicos o epidemiológicos. Se toma en cuenta tanto la morbilidad como la mortalidad.
- 4. Costo.** Evaluación de los impactos en términos monetarios.

# METODOLOGÍA DE CUANTIFICACIÓN ECONÓMICA



La equivalencia monetaria de los impactos se basa en la **teoría del bienestar**, los daños son percibidos como pérdida de bienestar para los individuos, y los impactos positivos como un incremento del bienestar.

## Valoración de impactos:

### Métodos Directos

- **Precio de Mercado:** Utiliza valores de mercados de bienes o servicios cuando hay un impacto físico en la función de producción de un bien de mercado (pérdida de producción de cosechas o daño en materiales).
- **Costo de Restauración, Costo de Daño Evitado y Costo del Sustituto:** Estima valores económicos con base en el costo que implica evitar los daños resultantes de la pérdida de bienes y servicios, el costo de restaurarlos o bien proveer sustitutos que permita llevarlos a su nivel original en cuanto a calidad y cantidad. Con estos métodos se evalúa, entre otros, el calentamiento global.

# METODOLOGÍA DE CUANTIFICACIÓN ECONÓMICA



## Métodos Indirectos

Estiman el valor del bien o servicio a partir del comportamiento observado y de las preferencias de la población involucrada.

■ **Valoración contingente:** Se basa en encuestas para valorar la disposición de las personas a pagar por un bien o servicio ó la disposición de aceptar la disminución de este (salud y calentamiento global).

■ **Costo por viaje:** Asume el valor del bien ambiental al tomar en cuenta el costo y tiempo que está dispuesta la gente a pagar por acceder al sitio (sitios de recreación, entre otros).

■ **Precio hedónico:** Supone que la utilidad de un bien o servicio, está en función de sus atributos y valora los cambios en estos.

## Otros Métodos

■ **Precios Sombra:** cuando no existe precio de mercado y no es posible usar otros métodos, los costos por alcanzar objetivos específicos pueden ser usados para desarrollar precios sombra que permiten evaluar impactos debido a contaminantes (calentamiento global, acidificación ó eutrofización).

# METODOLOGÍA DE CUANTIFICACIÓN ECONÓMICA



## EFFECTOS EN LOS ECOSISTEMAS

Los impactos ecológicos son difíciles de cuantificar debido a que un solo efecto puede ser originado por muchas causas y tiene alta incertidumbre en su estimación económica. Un valor inicial por daño ecológico se basa en métodos indirectos.

## EFFECTOS A LA SALUD

Se evalúan efectos en la morbilidad y mortalidad.

En el caso de la **morbilidad**, esta cuantificación se hace por medio de costos unitarios, los cuales pueden ser **directos** (atención médica, medicamentos, laboratorio, hospitalización), y representan solo parte del costo total. Otro método más utilizado es valoración contingente.

# METODOLOGÍA DE CUANTIFICACIÓN ECONÓMICA



Es necesario distinguir entre **mortalidad aguda y crónica** la primera se produce después de la exposición a un evento y la segunda se da años después.

En el caso de **mortalidad aguda** se estima la *voluntad a pagar* por un cambio en el riesgo de muerte, del que se derivan el *valor estadístico de la vida (VEV)* y el *valor de un año de vida pérdida (AVP)*.

El proyecto New-Ext estimó el VEV en 1.05 Millones de €<sub>2000</sub> y el AVP para el caso agudo y crónico en 75,000 y 50,000 €<sub>2000</sub> respectivamente, empleando una tasa de descuento del 3%.

# EXTERNALIDADES POR TECNOLOGÍA DE GENERACIÓN



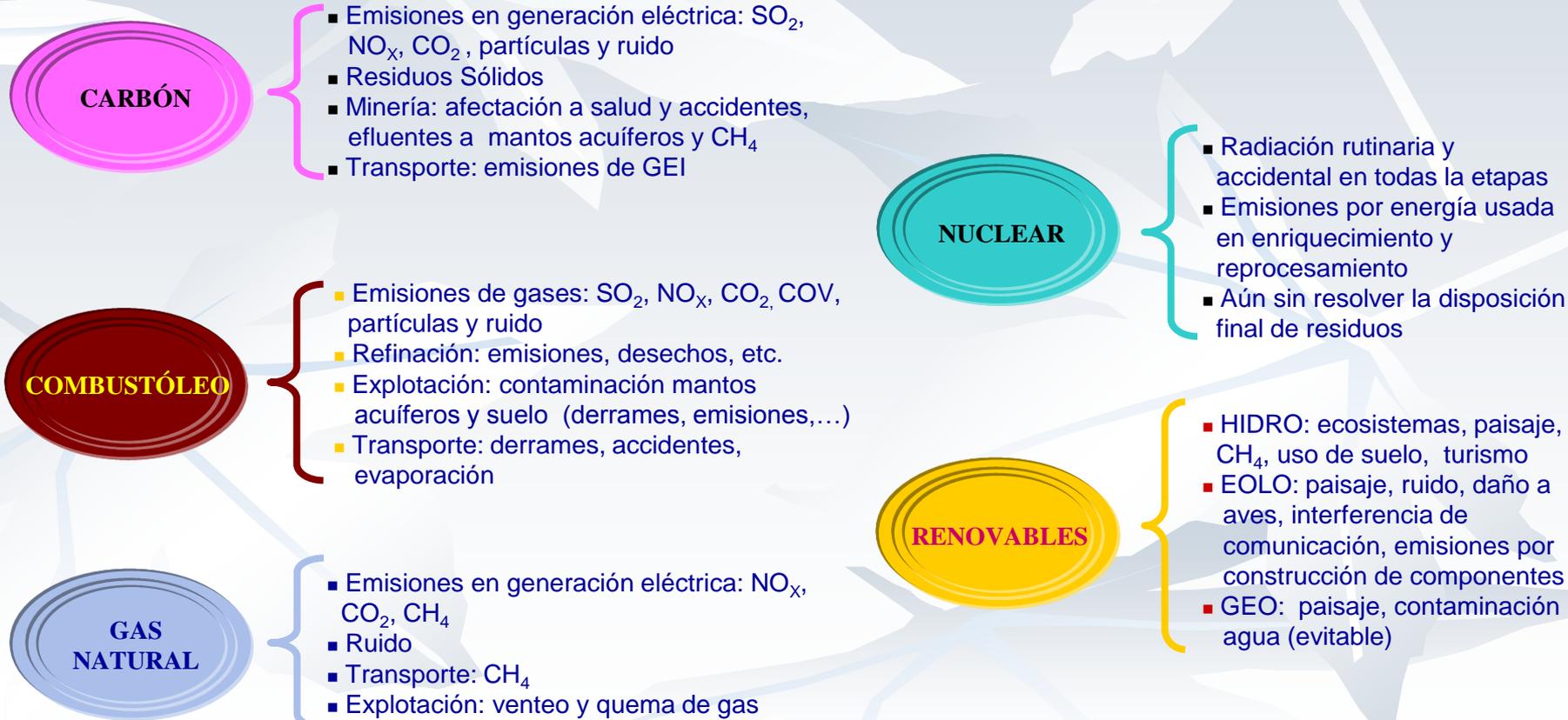
Las evaluaciones analizan el **ciclo completo de los combustibles**.

- Explotación del combustible
- Transporte de combustible, equipos y desperdicios
- Construcción y operación de la planta
- Transmisión y distribución de la electricidad
- Desmantelamiento de la planta
- Disposición final.

# IMPACTOS PRINCIPALES POR COMBUSTIBLE



Los impactos se presentan en salud (accidentes y enfermedades), ecosistemas, cosechas y materiales. Algunos impactos son positivos trayendo beneficios al lugar (mejora en servicios, desarrollos turísticos y generación de empleos).



# EXTERNALIDADES EN LA UE



(¢USD<sub>2010</sub> /kWh)

País	Carbón		gas		Nuclear	Hidro		Eólica		Combustóleo		Geo térmica
Austria			1.2	3.4		0.12	0.12					
Bélgica	4.5	17.2	1.2	2.3	0.5							
Alemania	3.5	6.8	1.2	2.3	0.2			0.1	0.1	5.7	9.2	
Dinamarca	4.5	8.0	2.3	3.5				0.1	0.1			
España	5.7	9.1	1.2	2.3				0.2	0.2			
Finlandia	2.3	4.5										
Francia	8.0	11.5	2.3	4.5	0.3	1.2	1.2			9.2	12.5	
Grecia	5.7	9.2	1.2	1.2		1.2	1.2	0.3	0.3	3.5	5.7	
Irlanda	6.8	9.2										
Italia			2.3	3.5		0.3	0.3			3.5	6.8	
Holanda	3.5	4.5	1.2	2.3	0.8							
Noruega			1.2	2.3		0.2	0.2	0.1	0.3			
Portugal	4.5	8.0	1.2	2.3		0.03	0.03					2.2
Suecia	2.3	4.5				0.0	0.8					
Reino Unido	4.5	8.0	1.2	2.3	0.3			0.2	0.2	3.5	5.7	
<b>Promedios</b>	<b>4.7</b>	<b>8.4</b>	<b>1.5</b>	<b>2.6</b>	<b>0.4</b>	<b>0.4</b>	<b>0.6</b>	<b>0.2</b>	<b>0.2</b>	<b>5.1</b>	<b>8.0</b>	<b>2.2</b>
<b>Promedio</b>	<b>6.6</b>	<b>2.1</b>	<b>0.4</b>	<b>0.4</b>	<b>0.5</b>	<b>0.2</b>	<b>0.2</b>	<b>6.6</b>	<b>2.2</b>			
<b>Factor</b>	<b>314</b>	<b>100</b>	<b>19</b>	<b>24</b>	<b>9</b>	<b>314</b>	<b>105</b>					

Los datos corresponden a la producción de electricidad para tecnología existente. Incluye externalidades cuantificables en salud pública y del trabajo, daño en materiales y calentamiento global el cual se evalúa con estimación de costos por evitar daños entre 18-46 €/ton Co<sub>2</sub>



# EXTERNALIDADES EN MÉXICO

- De la evaluación de **SEMARNAT-CEPAL** se tienen resultados para el año 2000 de 13 termoeléctricas nacionales que consumen carbón o combustóleo. El estudio solo analiza **las externalidades en salud** provenientes de emisiones atmosféricas de  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  y partículas. **No se estudio el impacto sobre el medio ambiente ni gases de efecto invernadero.**
- Se reporta una estimación conservadora del daño. El nivel de incertidumbre puede ser alto, por el uso de supuestos, el gran número de variables requeridas y los costos usados para evaluar morbilidad y mortalidad.
- La estimación **SEMARNAT-CEPAL** conduce a un costo externo de **465 MM USD** por año, equivalente al **0.1% del PIB y 4% del gasto en salud pública** en el 2000. Las emisiones de  $\text{SO}_2$  significaron las de mayores costos externos junto con los contaminantes secundarios.
- Internalizar este costo en el precio de la electricidad significa un **incremento de entre 0.12 y 0.83 ¢USD/kWh**. El costo ponderado entre las centrales evaluadas es de 0.5 ¢USD/kWh.

# EXTERNALIDADES EN LA PLANEACIÓN



- Se plantea utilizar los valores reportados por 15 países de la UE (UE<sub>15</sub>) para diferentes ciclos de combustible y se **adaptan** a México utilizando la **relación del PIB** de México con el PIB de los UE<sub>15</sub>.

(¢USD<sub>2010</sub> /kWh)

País	Carbón	Gas	Nuclear	Hidro	Eólica	Combust.	Geo	Diesel	Res.Vacío	Coque
Prom. UE15	6.6	2.1	0.4	0.54	0.22	6.6	2.2	5.88	6.52	9.34
México	3.54	1.13	0.21	0.29	0.12	3.54	1.18	3.16	3.5	5.02
Factor	313	100	19	26	11	313	104	280	310	444

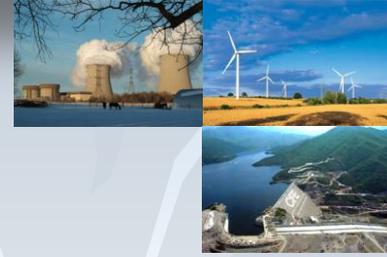
- Las variaciones en algunos combustibles, se debe a que los **resultados de la evaluación son particulares del lugar, la tecnología y las características del combustible**. Los combustibles fósiles tienen mayores costos externos. El factor esta calculado respecto al gas natural, observándose diferencias entre las opciones renovables y la nuclear respecto al resto.

# EXTERNALIDADES EN LA PLANEACIÓN



- Las **externalidades** evaluadas en la UE y las del ejercicio para México **son significativas** respecto al costo de producción de la electricidad, a pesar de que solo incluyen externalidades evaluadas hasta ese momento y por ello se espera que tengan un efecto en la selección de las tecnologías.
- El valor obtenido para los combustibles de origen fósil podría conducir a **preferir tecnologías nucleares y renovables**.
- Para reducir el costo de las externalidades se deben incluir sistemas de mitigación de contaminación ambiental en las tecnologías de generación empleadas.
- **Si las externalidades no se internalizan o no se consideran para planeación, en términos absolutos son costos que el país tendrá que cubrir, sobre todo en salud y medio ambiente.**

# CONCLUSIONES



- La metodología de ExternE surgida en la UE para cuantificar externalidades es ya una **referencia internacional** y su aplicación en México fue iniciada por SEMARNAT- CEPAL y CFE.
- La identificación, estimación y **consideración de los costos externos influye en la toma de decisiones** sobre la selección de nuevas tecnologías de generación.
- A partir de los costos de externalidades para México basados en los resultados de ExternE de la UE (que solo incluyen las externalidades evaluadas hasta ese momento), se observa que estos valores son significativos si se considera que el costo de generación mediante ciclos combinados es aproximadamente 5 ¢USD/kWh.

(¢USD<sub>2010</sub> /kWh)

País	Carbón	Gas	Nuclear	Hidro	Eólica	Combust.	Geo	Diesel	Res.Vacío	Coque
Prom. UE15	6.6	2.1	0.4	0.54	0.22	6.6	2.2	5.88	6.52	9.34
<b>México</b>	3.54	1.13	0.21	0.29	0.12	3.54	1.18	3.16	3.5	5.02
Factor	313	100	19	26	11	313	104	280	310	444

# CONCLUSIONES



- Las tecnologías fósiles son las de mayor costo externo, las renovables y nuclear debido a su menor contribución en emisiones atmosféricas, impactan menos a la salud y al efecto invernadero y consecuentemente tienen un menor costo externo. El diferencial de estos costos entre tecnologías podría emplearse para **dar prioridad a las alternativas más eficientes y limpias, e impulsaría a las fuentes renovables de energía.**
- Conocer la magnitud de los costos externos **facilita la toma de decisiones para la planeación** del sector energético buscando reducir los impactos económicos, sociales y ambientales que genera este sector. Estos costos **se pueden aplicar para:** análisis costo beneficio de instalar equipo de mitigación de emisiones e incrementar la eficiencia de las centrales, establecer nuevos niveles de emisiones permisibles, selección de sitios para instalar las plantas y establecer políticas actuales para que el costo al usuario final refleje el costo real, entre otras aplicaciones.

# CONCLUSIONES



- Aplicar estos estudios al sector energético motivaría hacerlos extensivos a otros sectores, como el de transporte y el industrial.
- Dada la importancia de los estudios sobre externalidades, es recomendable que México continúe con los trabajos iniciados por SEMARNAT-CEPAL y CFE para evaluar todos los ciclos de combustible en la generación eléctrica, ampliando la valoración de otras externalidades como calentamiento global, efectos en ecosistemas y materiales.
- Para facilitar este proceso pueden buscarse apoyos económicos externos, así como convenios para intercambio de experiencia técnica con organismos internacionales.
- Si los costos externos no se internalizan o no se consideran para tomar decisiones de política energética, en términos absolutos son costos que el país tendrá que cubrir, sobre todo en salud y medio ambiente.

# CONCLUSIONES



- La inclusión de externalidades en la selección de tecnologías para la expansión del sector eléctrico requiere acuerdos entre las Secretarías involucradas en las decisiones, SENER, SHCP, SEMARNAT y Salud entre otras, así como CFE ya que la selección de tecnologías puede requerir aplicar un principio de decisión diferente al de “mínimo costo por proyecto” como se aplica actualmente.

*Las decisiones de la expansión de la capacidad de generación deben ser tomadas considerando el aspecto económico, la seguridad energética, así como el impacto ambiental y social que esta actividad involucra.*