

## Comunicación breve

# ENERGÍA NUCLEAR EN MÉXICO, COMO ALTERNATIVA PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO<sub>2</sub>

Gustavo ALONSO, José Ramón RAMÍREZ y Javier C. PALACIOS

Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Carretera México-Toluca s/n, La Marquesa, Ocoyoacac, Estado de México, C.P. 54054. Correos electrónicos: gustavo.alonso@inin.gob.mx; ramón.ramirez@inin.gob.mx; javier.palacios@inin.gob.mx

(Recibido junio 2010, aceptado junio 2011)

Palabras claves: generación eléctrica, emisiones de CO<sub>2</sub>, generación limpia

## RESUMEN

Una de las grandes preocupaciones relacionadas con el calentamiento global es reducir las emisiones de gases del tipo invernadero al ambiente, México no es ajeno a esta preocupación y su reciente Estrategia Nacional de Energía plantea “el uso de fuentes de generación eléctrica limpias, con una contribución del 35 % del total de la capacidad eléctrica instalada para 2024”. En 2008 la participación de fuentes de generación limpia fue de 23.9 % y aún así se emitieron, en la generación eléctrica en el país, 0.466 toneladas de CO<sub>2</sub>/MWh., este índice es mayor que el promedio de los países de la OECD, 0.45 CO<sub>2</sub>/MWh. En el presente trabajo se plantea el uso de reactores nucleares como parte de las fuentes de generación limpias que deberán emplearse para reducir dichas emisiones, se cuantifica la capacidad instalada de los mismos y se analiza el escenario de emisiones que se tendría con este planteamiento.

Key words: power supply, CO<sub>2</sub> emission, clean energy

## ABSTRACT

One of the main concerns related with global warming is the reduction of the green house emissions. Mexico is taking steps to solve this problem, in its recent National Energy Strategy has considered to increase the use of clean electricity sources up to a 35 % the share to be met at 2024, currently this participation in electricity generation is 23.9%. In 2008 the Mexican Electrical Network produced 0.466 tons of CO<sub>2</sub>/MWh, this index is above the OECD 0.45 CO<sub>2</sub>/MWh average value. The current study considers the use of nuclear energy as part of the addition of clean energy to the Electrical grid; it proposes the capacity and the numbers of nuclear reactors to be used and it provides the emissions scenario generated with this proposal.

## INTRODUCCIÓN

En el ámbito internacional, debido al cambio climático, muchos países han elegido incremen-

tar el uso de la energía nuclear, ya que durante la generación de electricidad no hay producción de CO<sub>2</sub>. Así países como Finlandia que en la crisis de los setentas adoptó las energías renovables, ya ha

construido 4 reactores nucleares y actualmente tiene uno en construcción, en los datos reportados al 14 de junio de 2011 por la Asociación Mundial Nuclear, se construyen actualmente 60 reactores nucleares de fisión (WNA 2011) de los cuales 26 son para China

La Estrategia Nacional de Energía (SE 2010) emitida por la Secretaría de Energía plantea el uso de fuentes de generación eléctrica limpias entre las cuales se encuentra la energía nuclear, sin embargo no especifica cual deba ser la participación de la misma. La estrategia plantea un crecimiento en las fuentes de generación limpia, para pasar del 23.9 % en el 2009 al 35 % en 2024.

Como primer punto se muestra la cantidad de emisiones producidas por las diferentes fuentes de generación eléctrica de carga base en México, posteriormente se cuantificó la cantidad de energía requerida adicionalmente para 2024 para cumplir con los objetivos de la Estrategia Nacional de Energía y se propone la cantidad de reactores necesarios para lograr dicho objetivo.

### EMISIONES DE CO<sub>2</sub> POR TIPO DE COMBUSTIBLE

El sistema eléctrico nacional está apoyado por diferentes fuentes de generación que emplean principalmente gas, combustóleo, carbón y uranio. Estas fuentes operan de forma continua las 24 horas del día durante los 365 días del año con paradas exclusivamente para recarga de combustible o mantenimientos programados y se les conoce como fuentes de carga base.

La energía eléctrica generada en 2008, así como la participación de las diferentes fuentes generadoras de electricidad en México (CFE 2010), tanto de generación contaminante como de generación limpia, se muestran en el **cuadro I**.

La cantidad de emisiones producidas por cada una de las fuentes generadoras se determinó con los valores promedio de las eficiencias térmicas reales reportadas por el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) de la Comisión Federal de Electricidad, mostradas en el **cuadro II**, y las curvas de emisiones dadas por el sistema de datos primarios RETScreen (NRC 2010) de la **figura 1**.

Los valores de el **cuadro I** y la **figura 1** permitieron determinar las emisiones promedio dadas en el **cuadro III**. En dicho cuadro la generación de energía limpia corresponde al 23.9 % y el 76.1 % a la emisión contaminante. Para determinar la cantidad de toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas por MWh generado

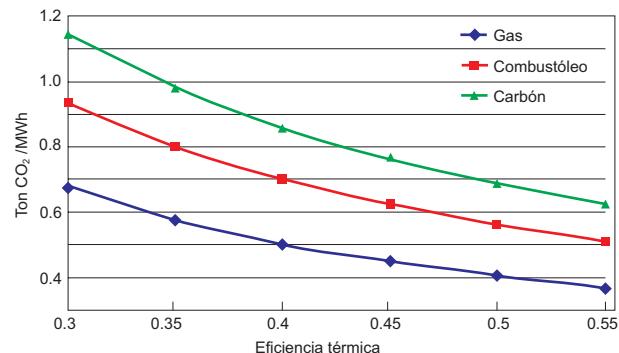
**CUADRO I. FUENTES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA Y POR CIENTO DE PARTICIPACIÓN**

	Participación (%)	Generación MWh
Generación Contaminante		
Ciclo Combinado	45.3	105 832 647
Termoeléctrica Combustóleo	20.3	47 361 670
Termoeléctrica de Carbón	10.5	24 672 451
Subtotal	76.1	177 866 768
Generación Limpia		
Hidroeléctrica	16.6	38 892 032
Geotérmica	3.0	7 055 769
Nuclear	4.2	9 803 976
Eólica	0.1	254 613
Subtotal	23.9	56 006 390
Total	100.0	233 873 158

**CUADRO II. EFICIENCIAS TÉRMICAS PROMEDIO**

Gas natural	Carbón	Combustóleo
0.47 ± 0.02 %	0.37 ± 0.01	0.35 ± 0.02

se divide a la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> entre la generación de electricidad producida en MWh.



**Fig. 1.** Emisiones por tipo de combustible y eficiencia

**CUADRO III. EMISIONES DE CO<sub>2</sub> GENERADAS EN 2008 POR PRODUCCIÓN ELÉCTRICA**

Total de Emisiones de CO <sub>2</sub>	109	Millones de toneladas
Generación Total	233 873 150	MWh
Generación Contaminante	177 866 769	MWh
Emisiones de CO <sub>2</sub> /Gen. Total	0.466	Ton/MWh

### ESTRATEGIA NACIONAL DE ENERGIA

En 2009 en México se generaron 238 868 GWh (emitiéndose 0.469 Ton. de CO<sub>2</sub>/MWh) y la expec-

tativa para 2024 es de 433 898 GWh de acuerdo al Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico (POISE) (CFE 2010). En 2008 la generación limpia fue de 55 895.7 GWh, de acuerdo al POISE y conforme a lo propuesto en la Estrategia Nacional de Energía se requiere producir adicionalmente en 2024, la cantidad de 95 968.6 GWh de generación limpia, considerando los mismos índices de producción actuales.

Actualmente la central Laguna Verde con sus dos reactores nucleares tiene una capacidad de 1365 MW y con factores de planta del 90%, produjo en 2009 10 501 GWh. los reactores comerciales de última generación tienen potencias eléctricas que van de 1100 MWe a 1,600 MWe, así que un valor promedio es 1350 MWe, con el propósito de este estudio consideraremos que esta es la capacidad de los reactores nucleares a instalar, de tal manera que cada uno de ellos produciría 10 643.4 GWh y se propone la construcción de 6 de ellos que contribuirían con 63 860.4 GWh dejando 32 108.2 GWh para ser cubiertos con energía eólica, geotérmica y pequeñas hidroeléctricas (menores a 30 MWe). La energía eólica y las mini-hidroeléctricas tienen factores de planta inferiores al 30 % por lo que resultaría muy difícil cumplir la meta propuesta únicamente con una combinación de estos tipos de energía.

La menor cantidad de emisiones se obtiene con el uso de ciclos combinados que emiten 0.420 toneladas de CO<sub>2</sub>/MWh, así que este valor se consideró para cubrir la capacidad adicional requerida de acuerdo al POISE. De acuerdo al escenario propuesto con la instalación de los reactores nucleares, en el cuadro IV se muestra la distribución de fuentes generadoras para 2024 y allí se observa que se cumplió

**CUADRO IV. PARTICIPACIÓN ESTIMADA POR FUENTE DE ENERGÍA A 2024**

	Participación %	Generación MWh
Generación contaminante		
Ciclo combinado	48.37	209 888 889
Termoeléctrica combustóleo	10.92	47 361 670
Termoeléctrica de carbón	5.69	24 672 451
Subtotal	64.97	281 923 010
Generación limpia		
Hidroeléctrica	8.96	38 892 032
Geotérmica	5.31	23 055 769
Nuclear	16.98	73 664 376
Eólica	3.77	16 362 813
Subtotal	35.03	151 974 990
Total	100.00	433 898 000

ría con el 35 % de generación limpia establecido en la estrategia contra un 65 % de emisiones contaminantes. El **cuadro V** presenta las emisiones de dióxido de carbono que se obtendrían de acuerdo al escenario propuesto, las cuales serían de 0.354 Ton/MWh inferiores a las actuales que son de 0.466 Ton/MWh.

**CUADRO V. EMISIÓNES DE CO<sub>2</sub> PARA 2024 CON LA PARTICIPACIÓN DE LA ENERGÍA NUCLEAR**

Total de emisiones de CO <sub>2</sub>	153.5	Millones de toneladas
Generación total	433 898 000	MWh
Generación contaminante	281 923 010	MWh
Emisiones de CO <sub>2</sub> /Gen. total	0.354	Ton/MWh

## CONCLUSIONES

En este trabajo se cuantifica el número de reactores nucleares como principal medio de generación de energía eléctrica en México para alcanzar los objetivos de la “Estrategia Nacional de Energía”, de acuerdo al escenario aquí planteado, se requiere una participación del 17 % en la generación eléctrica al 2024 y bajo este escenario la participación del gas se mantiene por debajo del 50 % lo cual es un objetivo del sistema eléctrico nacional.

El índice de emisiones en México bajaría en 0.114 toneladas de CO<sub>2</sub> por MWh generado, con lo cual se cumpliría el propósito de disminuir la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub>. Si no se considera a la energía nuclear para lograr este propósito el uso de fuentes renovables requeriría de una cantidad muy alta de capacidad instalada debido a los bajos factores de planta de las mismas.

## REFERENCIAS

- CFE (2010). Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico 2010-2024, Comisión Federal de Electricidad, México.
- NRC (2010). RETScreen. Natural Resources Canada, <http://www.retscreen.net/ang/home.php>, 14 de Junio de 2011
- SE (2010). Estrategia Nacional de Energía, Secretaría de Energía, México, Febrero 2010.
- WNA (2011). World Nuclear Association. “World Nuclear Power Reactors & Uranium Requirements”, <http://www.world-nuclear.org/info/reactors.html>, 14 de junio de 2011.