

Evolución de las Emisiones de CO₂ Producido por el Parque Generador del Sistema Nacional Interconectado del Ecuador para el Periodo 2010-2015

J.A. Oscullo

Escuela Politécnica Nacional, EPN

E-mail: jose.oscullo@epn.edu.ec

Resumen

Las distintas acciones antropogénicas desarrolladas por las diferentes actividades de la sociedad se intensificaron desde la revolución industrial, situación que incrementa la concentración de los gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, en particular las emisiones de CO₂.

Las diferentes actividades humanas demandan el consumo de energía, entre las principales fuentes de energía es la energía eléctrica. Un sistema eléctrico oferta energía, gracias a la producción de electricidad de un mix de tecnologías entre las cuales se encuentran la generación a base de recursos no renovables denominada como generación termoeléctrica, debido a que consume combustibles fósiles, este tipo de tecnología produce la emisión de contaminantes y GEI; cuya magnitud depende de su participación en la matriz eléctrica del sistema.

El volumen de emisiones de CO₂ producidas por el parque de generación de un sistema eléctrico depende del factor de emisión de CO₂ de cada tipo de combustible utilizado por cada tecnología; en el presente trabajo se utilizan los factores de emisión de CO₂ determinados de acuerdo con el Informe 2006 de Inventarios Nacionales de Gases de efecto Invernadero por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático cuyas siglas en inglés son -IPCC- y del nivel de generación anual producida por cada unidad de generación térmica. Para el caso del Ecuador se determina para el parque de generación sujeto a despacho del operador técnico de la red eléctrica denominada Sistema Nacional Interconectado (SNI).

El análisis para el período 2010-2015 calculará anualmente el nivel de emisiones de CO₂ en ton CO₂ y el factor de emisión de CO₂ en kg CO₂/kWh del SNI y el factor promedio para cada tipo de generación termoeléctrica despachada en el sistema.

Palabras clave— matriz eléctrica, factor de emisión de CO₂, mix de generación, emisión de gases de efecto invernadero.

Abstract

Anthropogenic activities develop by the various activities of society intensified since the industrial revolution, a situation that increases the concentration of greenhouse gases (GHGs) in the atmosphere, particularly CO₂ emissions.

Different human activities require energy consumption; the main source is electricity. An electrical system supply energy, to produce electricity from a mix of technologies among which generation are based on nonrenewable designated as thermoelectric generation resources because it consumes fossil fuels, this technology results in the emission of pollutants and GHGs; whose magnitude depends on its participation in the electrical grid system.

The volume of CO₂ emissions produced by the park generating an electrical system depends on the CO₂ emission factor of each fuel type used by each technology; in this paper the CO₂ emission factors determined in accordance with the 2006 National Inventory of Greenhouse Gases by the Intergovernmental Panel on Climate Change whose -IPCC- and the level of annual generation is used produced for each unit of thermal generation. In the case of Ecuador, dispatch the generation established for operator of the electrical network called the National Interconnected System (SNI).

The analysis for the period 2010-2015 calculated annually the level of CO₂ emissions in tons CO₂ and CO₂ emission factor in kg CO₂/kWh for each type thermoelectric generation in the SNI.

Index terms— Electric matrix, CO₂ emission factor, generation mix, emission of greenhouse gases.

Recibido: 24-08-2016, Aprobado tras revisión: 09-12-2016

Forma sugerida de citación: Oscullo, J (2017). "Evolución de las Emisiones de CO₂ Producido por el Parque Generador del Sistema Nacional Interconectado del Ecuador para el Periodo 2010-2015". Revista Técnica "energía. No. 13, Pp. 191-195

ISSN 1390-5074.

1. INTRODUCCIÓN

La atmósfera contiene menos del 1% de los GEI; y su función principal es producir el fenómeno denominado “efecto invernadero natural”, a través del cual permite la existencia de la vida en el planeta tal y como la conocemos. Así, que el problema no radica en la existencia y comportamiento de los GEI, sino; en el hecho de que los GEI están aumentando como resultado del incremento de las emisiones de CO₂, que es uno de sus principales gases; debido a las diferentes actividades antropogénicas de la sociedad. El mismo altera las condiciones de la atmósfera a nivel global independientemente del sitio donde sea producida la emisión de los GEI, a este fenómeno se ha denominado “Cambio Climático”. [3]

El cambio climático es observado por la modificación de las variables climáticas, principalmente en el incremento de la temperatura y alteración del ciclo hidrológico, este último afecta la oferta de generación de un sistema hidrotérmico. Con lo que las emisiones de CO₂ del sistema, producidas por la operación de las centrales/unidades que utilizan combustibles fósiles; influyen en la duración de los periodos de lluvia y sequía; para la operación de las centrales hidroeléctricas. [7]

En el balance energético nacional del 2015, La oferta de electricidad representó el 22% de la matriz energética del país y respecto al 2014 se incrementó en 4,8% (MICSE, 2015). Bajo este panorama el sector eléctrico del Ecuador consume 2,22 veces más electricidad que hace 15 años, la demanda de energía pasó de 9881,52 GWh en el año 2000 a 21934,39 GWh en el año 2015 con una cobertura del servicio eléctrico que alcanza al 97% de la población; el incremento en el consumo de electricidad fue enfrentado por el ingreso de generación térmica, hidráulica, eólicas y solares. La generación térmica represento en el año 2009 un 47% de la capacidad instalada de generación y continúa siendo representativa en el 2015 con un 39%. [6]

La producción neta total de energía a fin de abastecer el consumo del SNI del Ecuador en el año 2015 fue de 22541,9 GWh, a través de una matriz eléctrica compuesta por un 55,95% de generación hidráulica, 38,5% de generación térmica en base a combustibles fósiles, 0,55% por medio de generación térmica a base de biomasa, 3,75% por fuentes de generación eólica-solar y 2,24% proveniente de las interconexiones eléctricas con Colombia-Perú, como se observa en la fig. 1. [6]

Del porcentaje de generación térmica a base de combustibles fósiles; el 83% se realiza a través del uso de las tecnologías más contaminantes como:

diésel, residuo y fuel oil debido a las emisiones de CO₂ que producen por cada galón de estos tipos de combustible que se utilizan.

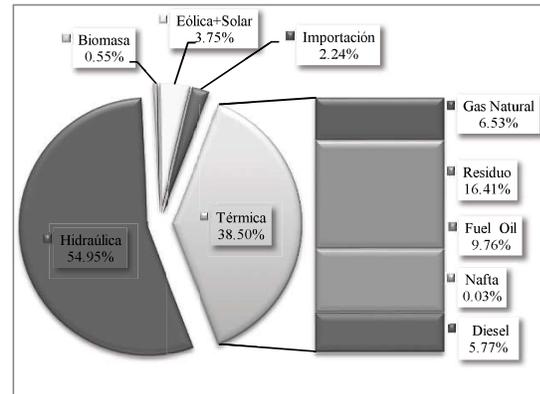


Figura 1: Producción Neta de Energía del SNI al 2015

2. OPERACIÓN DE LAS UNIDADES DE GENERACIÓN TÉRMICA DEL SNI PARA EL PERIODO 2010-2015.

Debido a criterios de política energética y ambiental en los sistemas eléctricos se presenta un mix de tecnologías de generación eléctrica, donde la generación térmica permite obtener un adecuado nivel de fiabilidad para atender el consumo eléctrico, ya que su producción depende principalmente del abastecimiento de combustible, mediante lo cual se reduce el impacto de la variabilidad en la oferta eléctrica de las centrales a base de recursos energéticos estocásticos (hidrología, sol, viento, etc.). [8]

En la fig. 2, se presenta la evolución de la generación termoeléctrica del SNI para el periodo 2010-2015 por tipo de combustible, la participación promedio es 63,5% producida por centrales/unidades de residuo y fuel oil, 19,6% de diésel y el 15,8% de gas natural.

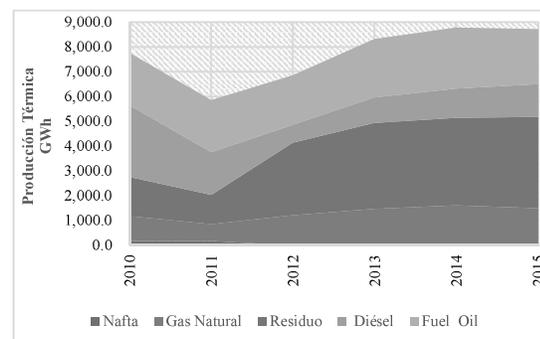


Figura 2: Evolución de la Producción Neta de Generación Térmica del SNI para el periodo 2010-2015

En la fig. 3, se observa los valores anuales consolidados para el periodo del consumo de combustibles de diésel, residuo y fuel oil de las

unidades térmicas del SNI, donde los 2/3 es de las dos fuentes últimas de generación, con una tendencia de decrecimiento, debido al ingreso de proyectos de generación hidroeléctrica y de energía no convencionales. [1,6].

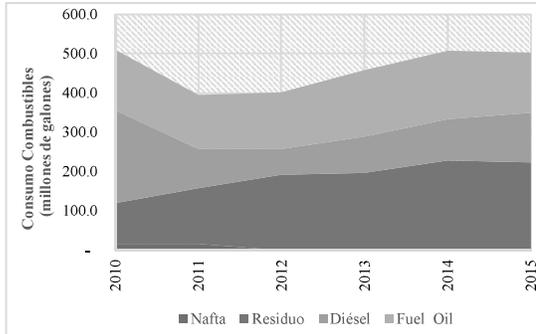


Figura 3: Evolución del consumo de combustibles de las unidades térmicas del SNI para el periodo 2010-2015

Respecto al consumo de gas natural de las unidades térmicas que operan en el SNI, se observa la misma tendencia anterior, como se presenta en la fig. 4. [1,6].

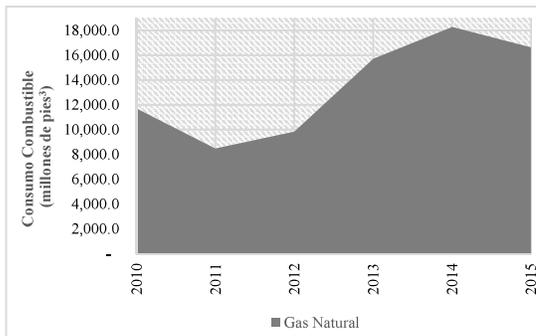


Figura 4: Evolución del consumo del gas natural de las unidades térmicas del SNI para el periodo 2010-2015

Como política de Estado; el Ecuador al ser parte de varios convenios que buscan reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera, ha llevado adelante el desarrollo de proyectos principalmente hidrológicos los mismos se caracterizan económicamente por requerir unas inversiones muy elevadas y amortizables a muy largo plazo (25 o 30 años) después de varios años de construcción (5, 10 o más años). El elevado riesgo económico que lo anterior supone sólo es asumible por entidades de propiedad pública o por la iniciativa privada cuando existe una garantía estatal suficiente que asegure la recuperación de los costos de inversión y operación por medio de unas tarifas reguladas para el efecto. [7]

La nueva generación que ingreso en el periodo 2010-2015 al SNI fue 935,4 MW de los cuales el

61,6% es térmica, 36,7% hidráulica como se observa en la tabla 1. [5]

Tabla 1: Nueva generación del SNI en el periodo 2010-2015

Año	Hidráulica (MW)	Térmica (MW)	Eólica (MW)	Centrales
2010	160.0			Mazar
2011		210.0		Santa Elena II, Quevedo, Miraflores I
2012	26.0	220.0		Ocaña, Jivino, Jaramijó, Santa Elena
2013	42.0		16.5	Baba, Villonaco
2014		146.0		Termoesmeraldas II, Guangopolo II
2015	114.9			Manduriacu, San Bartolo.

3. EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES Y FACTOR DE EMISIÓN DE CO₂ DEL PARQUE GENERADOR DEL SNI

Debido a que el sector eléctrico ecuatoriano no cuenta con los factores de emisión de CO₂ para cada tipo de combustible utilizados en las unidades térmicas, el presente trabajo utilizará los valores estándares para los mismos como los establecidos en del Panel Intergubernamental de Científicos sobre el Cambio Climático (IPCC) y presentados en la tabla 2. [2,3]

Tabla 2: Factores de Emisión de CO₂ por tipo de combustible del IPCC 2006

Tipo de Combustible	Factor de Emisión de CO ₂
Diésel	10,0 E-03 (Ton CO ₂ /gal)
Fuel Oil	10,9 E-03 (Ton CO ₂ /gal)
Gas Natural	5,288 E-05 (Ton CO ₂ /pie ³)
Residuo	9,6 E-03 (Ton CO ₂ /gal)

Considerando el consumo anual de cada tipo de combustible, en base a la operación para cada tecnología de generación. Por medio de la ecuación 1, a través de la cual se determina las emisiones de CO₂ producidas por la matriz eléctrica del SNI.

$$Em_{CO_2KT} = VC_{iT} * FE_{CO_2i} \quad (1)$$

Donde:

- Em_{CO₂KT} Emisiones de CO₂ para la generación de tecnología k en el año T (Ton CO₂)
- VC_{KT} Volumen de combustible del tipo i consumido por la generación de tecnología k en el año T (gal/pie³).
- FE_{CO₂i} Factor de emisiones de CO₂ del tipo de combustible i (ton CO₂/gal ó pie³).

Considerando la generación térmica anual de todas las clases de tecnología y las emisiones de CO₂ totales, mediante la aplicación de la ecuación 2, se determina el factor de emisión de CO₂ del SNI.

$$FE_{CO_2 SNI,T} = \sum_{1,k} Em_{CO_2 kT} / \sum_{1,k} G_{kT} \quad (2)$$

Donde:

- $FE_{CO_2 SNI,T}$ Factor de emisión de CO₂ del SNI del año T (kg CO₂/kWh)
- $\sum_{1,k} Em_{CO_2 kT}$ Emisiones totales de CO₂ para las k tecnologías de generación en el año T (kg CO₂)
- $\sum_{1,k} G_{kT}$ Generación térmica total del SNI para las k tecnologías de generación en el año T (kWh).

A continuación, en la tabla 3, se muestra la evolución para el periodo 2010-2015 de las emisiones de CO₂ y del factor de emisión de CO₂ del SNI.

Tabla 3: Evolución de las Emisiones y Factor de Emisión de CO₂ del SNI

Año	Emisión de CO ₂ (miles de Ton)	Factor de Emisión de CO ₂ (kg CO ₂ /kWh)
2010	5779,9	744,8
2011	4284,8	734,3
2012	4591,5	669,7
2013	5475,3	658,0
2014	6103,2	694,5
2015	5969,3	686,3

La generación térmica neta del SNI durante el 2015 emitió a la atmósfera 5969269,0 toneladas de CO₂ que representó un decremento 2,2% respecto al 2014. Aunque la demanda del 2015 presentó un incremento de 5,04% con relación al mismo año.

Mientras que el factor de emisión de CO₂ del SNI para el 2015 fue de 686,3 kgCO₂/kWh y el factor promedio durante el período 2010-2015 es de 697,9 kgCO₂/kWh con una desviación estándar de 34,8.

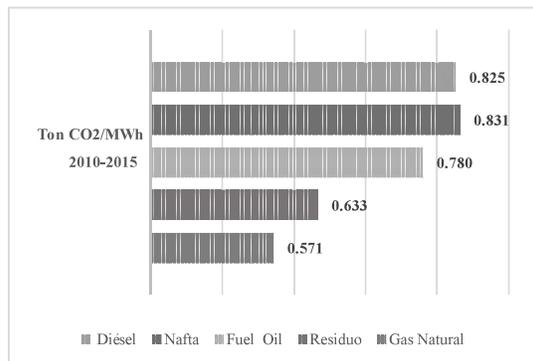


Figura 5: Factor promedio de emisiones de CO₂ por tipo de generación del SNI para el periodo 2010-2015

La fig. 5, permite analizar los factores de emisión promedio de CO₂ del periodo 2010-2015 para cada tipo de tecnología de generación, los mismos dependen del

despacho de cada tipo de central/unidad; se observa que los generadores que utilizan como combustible fuel oil, nafta y diésel son más contaminantes debido a que son unidades que operan durante los periodos cortos en especial para la máxima demanda (nafta y diésel) y en periodos largos de tiempo ya que no pueden salir del despacho dadas las características de operación como es las centrales de vapor.

Con la finalidad de comparar los factores de emisión de CO₂ expresados en kgCO₂/kWh para cada tipo de combustible del parque generador de sistemas eléctricos de otros países [10,11], de los cuales se cuenta con los factores de emisión; como se presenta en la tabla 4.

Tabla 4: Factor de Emisión de CO₂ por tipo de combustible y país

Combustible	Ecuador	México	Colombia
Diésel	825	817	780
Nafta	831	716	745
Fuel Oil	780	803	806
Residuo	633	698	639
Gas Natural	571	573	554

En la tabla 4, se observa que los tipos de combustible en la matriz eléctrica del Ecuador, que son producidos localmente «fuel oil, residuo y gas natural» presentan factores de emisión semejantes a la de los demás países analizados; mientras que, en los combustibles importados, diésel y nafta el factor de emisión es superior debido por un lado a las mezclas realizadas para el consumo local y por otro a los requerimientos de despacho de las unidades de generación con estos tipos de combustibles en el despacho diario del SNI.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El nivel de participación de una u otra tecnología de generación térmica en el despacho, determina la magnitud del factor de emisión de CO₂. Así, se observa un incremento del 5,6% en el factor de emisión anual del 2014 respecto al 2013, que corresponde a un incremento de la demanda para los mismos años de 7,32%. Mientras que la demanda del 2015 se incrementa en 5,04% respecto al 2014, más el factor de emisión se reduce en 1,2%.

En el periodo analizado la matriz eléctrica del país incrementó su capacidad de generación en 576 MW en generación térmica y 359,40 MW de generación hidroeléctrica y eólica, esta última cuyo despacho depende de la estocasticidad del recurso que en el 2015 permitió reducir en 2,2% las emisiones de la red eléctrica; con lo que alcanzó un factor de emisión de CO₂ dada la operación del SNI, similar a la media del periodo.

Los factores de emisión de CO₂ por tipo de tecnología de generación eléctrica considerada en el despacho anual del SNI; dependen del esquema de despacho centralizado del país de cada central y/o unidad térmica en la matriz eléctrica, determinado por la planificación de corto plazo para un sistema hidrotérmico. Más, debido a la existencia en el SNI de tecnologías con combustibles fósiles más contaminantes como es el diésel, nafta y fuel oil. Esta última dado sus costos variables de operación son unidades de base en el despacho, con lo que si se considerara únicamente las mismas el factor de emisión dada la operación de la matriz eléctrica se alcanzaría un valor semejante a este tipo de unidades.

Las emisiones de CO₂ del SNI se han mantenido en la banda de los 6 millones de toneladas gracias al ingreso de proyectos bajos en emisiones (hidroeléctricos y eólicos), lo cual ha permitido abastecer el incrementado del consumo eléctrico y ha logrado reducir el factor de emisión anual de CO₂ en el 1,2%.

Es necesario que el SNI determine mediante prueba de laboratorio los factores de emisión de CO₂ de los combustibles; utilizados por los diferentes tipos de tecnología de las unidades térmicas, a fin de representar a la realidad nacional las características de los combustibles producidos por las diferentes refinerías del país.

El país debe contar con la actualización del factor de emisión de CO₂ de la red eléctrica, debido a que es necesario determinar la eficiencia ambiental de la gestión de la oferta de generación, manejo de la demanda e incremento de infraestructura en el sistema eléctrico. Con lo cual el país cuente con un valor oficial para los cálculos requeridos por la COP21 y diferentes metodologías de inventario de gases de efecto invernadero.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Agencia Nacional de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL) (2015) Información estadística del sector eléctrico ecuatoriano, disponible: <http://www.arconel.gob.ec>.
- [2] IPCC (2006) Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Programme, IGES, Tokio, Japón
- [3] Lohmann L (2012) Mercados de Carbono: La Neoliberalización del Clima, Abya Yala Quito, 2012, pp. 76-98
- [4] Ministerio de Ambiente del Ecuador (MAE) (2013), Factor de Emisión del Sistema Nacional Interconectado del Ecuador 2012, Quito.

- [5] Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos (MICSE), Informe de Rendición de Cuentas 2015, Quito.
- [6] Operador Nacional de Electricidad (CENACE) (2015) Información sobre la operación del SNI, disponible <http://www.cenace.org.ec>
- [7] Oscullo J (2016), Factor Anual de Emisión de CO₂ Producido por el Parque Generador del Sistema Nacional Interconectado del Ecuador, Mediante la Aplicación de la Metodología de la Convención Marco Sobre el Cambio Climático UNFCCC, para el Periodo 2009-2014. Revista Politécnica Vol. 37 pp. 61-75
- [8] Parra R (2012), Factor de Emisión de CO₂ debido a la generación de electricidad en el Ecuador durante el periodo 2001-2011. Revista Avances 2013, Vol 5 No.1, Quito, pp. C39-C42
- [9] Haro Lenin, Determinación Mensual del Factor de Emisiones de CO₂ producido por el Parque Generador en el Sistema Nacional Interconectado del Ecuador, Mediante la Aplicación de la Metodología de la Convención Marco sobre el Cambio Climático UNFCCC, para el periodo 2005-2009. II CISLIE CIER 2011.
- [10]. Quadri G, México: Bases de Política en Materia de Cambio Climático. Revista EcoSecurities ago. 2009 pp. 78-83
- [11]. UPME Factores de Emisión para los combustibles colombianos, 2003



Oscullo Lala José. Nació en Sangolquí, Ecuador, en 1971. Recibió su título de ingeniero eléctrico en la Escuela Politécnica Nacional en 1996, Master en ingeniería eléctrica de la Universidad Estatal de Campinas, Sao Paulo Brasil en 2002 y Magister en Dirección de Empresas de la Universidad Andina Simón Bolívar Sede Ecuador en 2008.

Actualmente se desempeña como profesor titular del Departamento de Energía Eléctrica de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica Nacional y es candidato a Doctor en Ingeniería Eléctrica por parte de la EPN. Su campo de investigación se encuentra relacionado a la aplicación de herramientas de inteligencia artificial en la optimización de sistemas eléctricos de potencia; análisis técnico, económico y financiero de la operación y expansión de sistemas eléctricos.