

Desarrollo de una evaluación de ciclo de vida de la electricidad

Ángel D. Ramirez^{1,*}, Andrea Boero², Ana María Melendres², Francisco Izurieta², Sebastián Espinoza², Jorge Duque¹

¹Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Guayaquil-Ecuador.

²Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables, INER, Quito-Ecuador.

* Autor corresponsal: aramire@espol.edu.ec

RESUMEN

Evaluación de Ciclo de Vida (LCA) es una herramienta para la cuantificación de la sostenibilidad ambiental de un producto o servicio a lo largo de su ciclo de vida. LCA ha sido muy utilizada en la evaluación de sistemas energéticos a nivel de tecnología, país o región. La producción de electricidad es un aspecto central en el desarrollo sostenible de un país, por lo tanto se requiere llevar a cabo estudios que permitan describir el estado del desarrollo del sistema eléctrico de un país y evaluar cambios importantes en la generación o consumo. No existen estudios de este tipo para la electricidad en el Ecuador.

El objetivo es cuantificar el desempeño ambiental del sistema eléctrico del Ecuador desde una perspectiva de ciclo de vida. El producto estudiado es el kWh producido en Ecuador disponible para los usuarios en la red de distribución. Se incluyen la extracción de recursos y procesos de transformación y distribución utilizados en el sistema eléctrico ecuatoriano. Se incorpora las actividades de operación y actividades asociadas.

Datos de componentes mayores del sistema son obtenidos de estadísticas nacionales y de los estudios de impacto ambiental y auditorías ambientales de las principales plantas de generación. Datos de componentes menores del sistema son obtenidos de bases de dato como *Ecoinvent* y *NREL* entre otras. El cálculo de flujos del inventario e impacto ambientales será asistido por el software Simapro. Metodologías de evaluación de impacto de ciclo de vida a considerarse serán Eco-indicator y The Greenhouse Gas Protocol, entre otras.

PALABRAS CLAVE

Evaluación de Ciclo de Vida, Electricidad, Sostenibilidad, Impacto ambiental

INTRODUCCIÓN

La evaluación de ciclo de vida (LCA por sus siglas en inglés) es considerada una de las herramientas más cuantitativas en la evaluación ambiental. Se define la Evaluación de Ciclo de Vida como “la compilación y evaluación de entradas, salidas y los impactos ambientales potenciales de sistema de producto durante su ciclo de vida”, en donde el ciclo de vida se define como “las etapas consecutivas e interconectadas de un sistema de producto, desde la adquisición de materias primas o generación desde recursos naturales hasta su disposición final” (ISO, 2006a, b).

Considerando a la producción de electricidad como un aspecto clave en el desarrollo sustentable de un país, los cambios propuestos para la variación de la matriz productiva deben contar con un respaldo basado en LCA, la cual puede cuantificar el beneficio ambiental asociado, por esto LCA es una herramienta muy utilizada en la evaluación de sistemas energéticos a nivel de tecnología, país o región.

LCA ha sido aplicada a la producción de electricidad en varios países, regiones y/o tecnologías (Ribeiro y da Silva, 2010; Santoyo-Castelazo et al., 2011). Las bases de datos comerciales como Ecoinvent incluyen el inventario de ciclo de vida de la producción de electricidad en cada país de Europa Occidental.

El desarrollar un inventario de ciclo de vida de la electricidad en Ecuador es un paso fundamental en el desarrollo de un estudio de este tipo debido a que la electricidad es un insumo usado en la producción, procesamiento, uso o disposición de prácticamente todo producto. El estudio de evaluación de ciclo de vida de la electricidad producida en Ecuador servirá para comprender los aspectos ambientales del sector eléctrico del Ecuador actual y futuro con una perspectiva sistémica.

El proyecto “Evaluación de Ciclo de Vida de la Electricidad del Ecuador” se encuentra actualmente en desarrollo, en la fase de estudio del sistema de producto y los resultados aquí presentados son los obtenidos hasta la fecha.

MÉTODOS

La unidad funcional definida es el kWh producido en Ecuador disponible para los usuarios en la red de distribución.

Los límites del sistema en estudio incluyen: la extracción de recursos y tecnologías de transformación y distribución utilizadas en el Sistema Nacional Interconectado - SNI, se incorporan las actividades de operación y se encuentra en análisis la necesidad de la inclusión de actividades asociadas con la producción y/o construcción y mantenimiento de bienes de capital.

Además de las plantas de potencia ubicadas dentro del Ecuador, el Sistema Nacional Interconectado comprende infraestructura para la importación de electricidad de sus países vecinos Colombia y Perú; y por tanto la producción eléctrica de estos países está incluida como parte del sistema en estudio.

La primera fase del proyecto, actualmente en ejecución, es del tipo atribucional y contempla la evaluación del ciclo de vida de la electricidad en el Ecuador tomando como base información de los últimos 5 años. En cambio, la segunda fase del proyecto se considerará el uso de la metodología consecucional que comprende la estimación de los impactos ambientales de la producción marginal de electricidad en el Ecuador en base a proyecciones de la generación y la demanda.

En gran medida la primera fase del proyecto comprende el estudio del sistema de producto, en este caso el sistema eléctrico ecuatoriano. El estudio del SNI identifica los procesos principales de generación, mediante un análisis retrospectivo de 5 años, del 2008 al 2012, de los promedios de generación anual de las centrales que componen el sistema. De igual manera, el análisis del SNI derivó en la identificación de la tecnología marginal, en base a un análisis multivariado, se determinó aquella tecnología que con mayor probabilidad responde a un cambio en la demanda, en este caso cambios a corto plazo, hora a hora (Lund et al., 2010).

Los datos han sido obtenidos de estadísticas nacionales (CONELEC, 2011) y contactos del sector eléctrico, productores de energía y bases de datos (CONELEC, 2013a). Actualmente se trabaja en la recolección de datos referente a los estudios de impacto ambiental y auditorías ambientales de las principales plantas de generación. Datos de componentes menores del

sistema (como: manufactura de equipos, fungibles, entre otros) serán obtenidos de bases de dato comerciales como *Ecoinvent* y *NREL* entre otras.

Los datos compilados incluyen: el uso de combustibles, energía, químicos y otras entradas, la producción de energía, las descargas líquidas, la emisión de gases y su composición, los desechos sólidos y otras salidas, de las plantas de potencia del sector eléctrico ecuatoriano. Aspectos ambientales y eficiencias a nivel de transmisión y distribución de energía eléctrica también han sido considerados.

Para llevar a cabo la compilación del inventario de ciclo de vida se analizará el uso de las siguientes guías y/o modelos (entre otros):

- ISO 14040:2006. *Environmental management - life cycle assessment - principles and framework* (ISO, 2006a).
- ISO 14044:2006. *Environmental management - life cycle assessment - requirements and guidelines* (ISO, 2006b).
- PAS 2050: *Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services* (BSI, 2008).
- *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* desarrollado por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático
- GEMIS, acrónimo de *Global Emission Model of Integrated Systems*, es un modelo computacional capaz de realizar simulaciones de ciclo de vida para sistemas energéticos, de transporte, entre otros (IINAS, 2013).

El cálculo de flujos del inventario e impacto ambientales será asistido por el software Simapro. Las metodologías de evaluación de impacto de ciclo de vida a considerarse serán Eco-indicator (Ministry of Housing Spatial Planning and the Environment of The Netherlands, 2000) y The Greenhouse Gas Protocol (WBCSD y WRI, 2011), entre otras.

RESULTADOS PRELIMINARES

El sector eléctrico Ecuatoriano a diciembre de 2012 registra una capacidad instalada total de 6164 MW y una capacidad efectiva total de 5750 MW (CONELEC, 2013b). A esa misma fecha, el Sistema Nacional Interconectado SNI representa el 87% y el 90% de la potencia nominal y efectiva, respectivamente.

La Figura 1 presenta la distribución de la potencia efectiva que conforma el SNI a diciembre de 2012 por tipo de tecnología.

Durante el periodo de estudio, 2008 – 2012, la electricidad neta disponible en el SNI (incluyendo la energía importada a través de las interconexiones con Colombia y Perú) se ha incrementado 21%, con una variación anual promedio de 5%. La variación anual de la producción nacional de electricidad ha fluctuado de -1% a 11%; lo cual ha sido compensado con las importaciones de electricidad, desde Colombia principalmente. Del 2008 al 2009 se registró una pequeña contracción en la producción nacional de electricidad en el SNI, del -1.14% (debido a un déficit de lluvias en la región durante el último trimestre del año 2009, que provocó una reducción de la producción hidroeléctrica en el país); a partir del 2009 se mantiene una tendencia positiva, hasta llegar a 11.23% entre el 2011 y 2012.

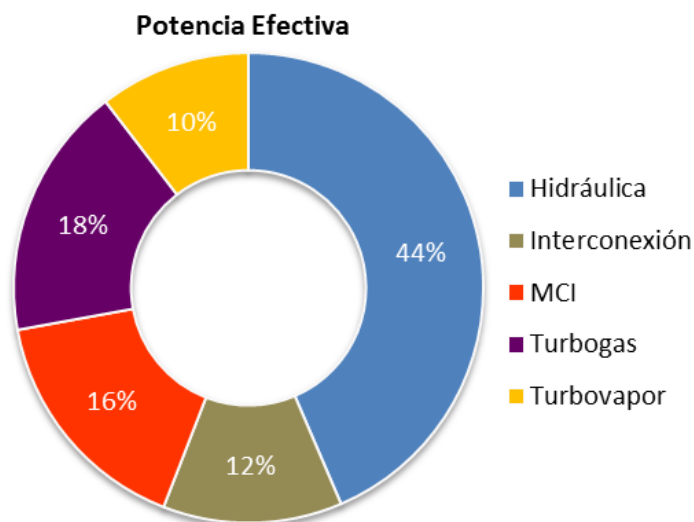


Figura 1. Capacidad de generación por tipo de tecnología del SNI, año 2012 (CONELEC, 2013b).

Del total de electricidad generada en el SNI durante los cinco años que comprende el periodo de estudio (85068 GWh), el 61% de la electricidad provino de centrales hidroeléctricas. En la Figura 2 se observa que en los años 2009 y 2010 la participación de la generación hidroeléctrica disminuye levemente. En contraste, la contribución de las centrales térmicas con motores de combustión interna se incrementó en 126% del 2008 al 2012.

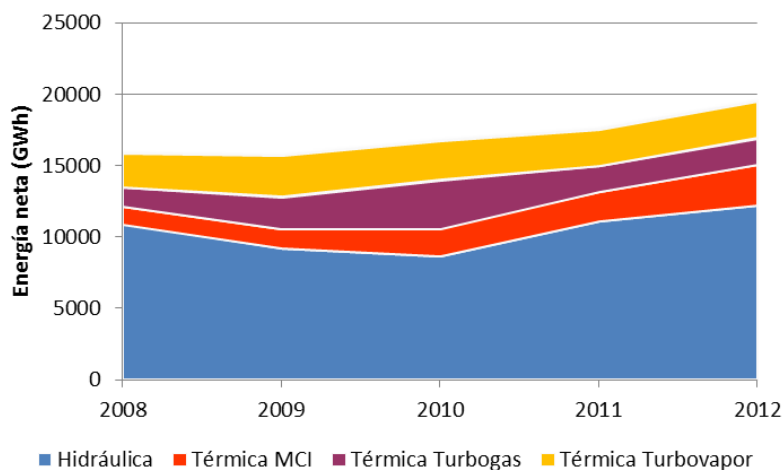


Figura 2. Electricidad Neta producida en el SNI por tipo de tecnología, Periodo 2008-2012 (CONELEC, 2013a).

Identificación de los procesos principales

La Figura 3 presenta la contribución anual promedio para el periodo 2008 – 2012 de las centrales de generación que conforman el SNI, identificando a las principales centrales que representan el 60% de la electricidad producida en el Ecuador durante el mismo periodo. Cinco corresponden a centrales hidroeléctricas, mientras que las cinco restantes son centrales térmicas que usan combustibles derivados de hidrocarburos, *Fuel Oil* principalmente. Del 40% restante, las centrales térmicas Jaramijó de CELEC EP Termoesmeraldas y Quevedo II

de CELEC EP Termopichincha, que recientemente iniciaron sus operaciones en el 2012, son las unidades que más aportaron durante el 2012 al SNI, 2.33% y 2.23% respectivamente.

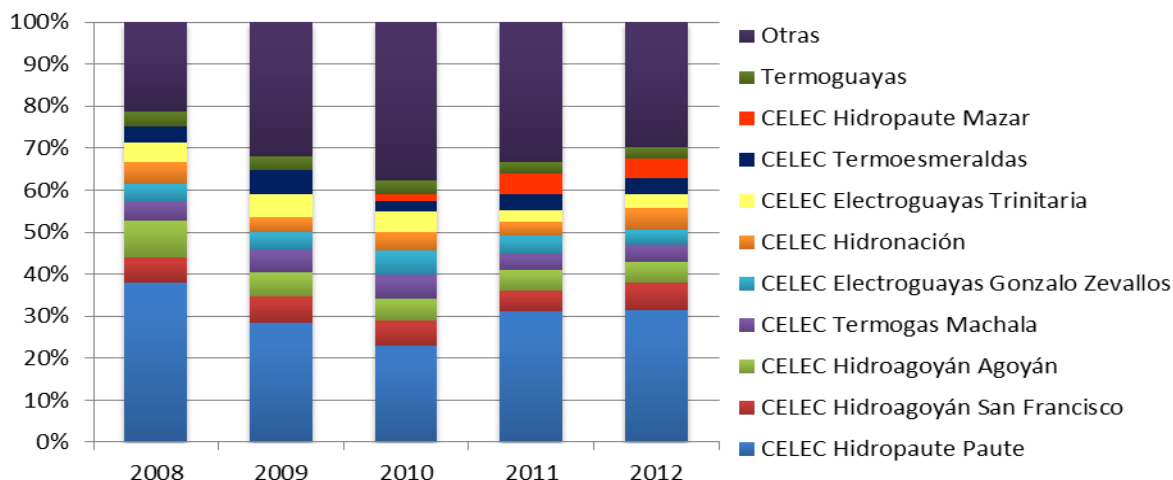


Figura 3. Contribución de las principales centrales de generación eléctrica del SNI. Periodo 2008 – 2012 (CONELEC, 2013b).

Identificación de la Tecnología Marginal

La Figura 4 presenta los resultados de un análisis multivariado para la identificación de la tecnología marginal. Se observa que la generación hidráulica presenta mayor estabilidad en la primera mitad del año; sin embargo, a partir de agosto, con el inicio de la época de estiaje, ésta disminuye. Esto explica el incremento en la generación y la estabilidad de la misma en los últimos meses del año de las centrales que utilizan diésel, gas natural, y residuo FO6.

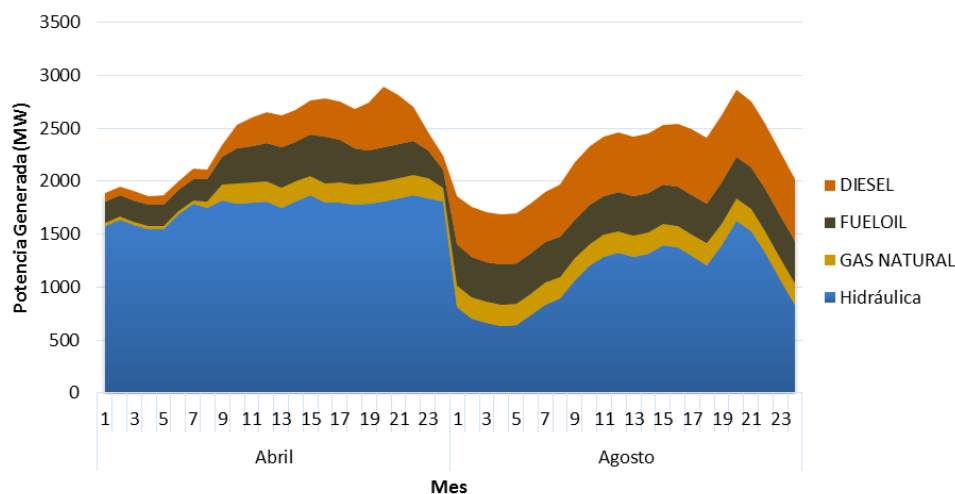


Figura 4. Comparación de generación en meses de lluvia y estiaje por Tecnología y combustible, año 2012 (CENACE, 2013).

Sobre la base del porcentaje de contribución al total de la energía generada y el patrón de generación a lo largo del año, se ha considerado a las centrales térmicas con motores de combustión interna que utilizan residuo, y aquellas centrales térmicas con turbinas de gas que utilizan gas natural, como tecnologías marginales.

TRABAJO FUTURO

Compilación de flujos ambientalmente relevantes y de recursos de cada proceso del sistema de producto actual a partir de información primaria y secundaria.

Cuantificación de indicadores de impacto ambiental de ciclo de vida.

Compilación de flujos ambientalmente relevantes y de recursos de sistemas de generación a implementarse a partir de modelos e información secundaria.

Análisis consecuencial del impacto de cambios en matriz energética.

RECONOCIMIENTOS

El trabajo presentado es un proyecto de investigación entre la ESPOL, Escuela Superior Politécnica del Litoral y el INER, Instituto Nacional de Eficiencia Energética y energías renovables, financiado por la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo SENPLADES.

REFERENCIAS

- BSI British Standards Institution (2008). *PAS 2050 Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services*. Londres: BSI.
- CENACE Centro Nacional de Control de Energía (2013). *Energía Bruta Generada Horaria Enero 2010-Marzo2013*. Quito.
- CONELEC Consejo Nacional de Electricidad (2011). *Boletín Estadístico Sector Eléctrico Ecuatoriano*, 2011. Recuperado de <http://www.conelec.gob.ec/documentos.php?cd=3050&l=1>, en Marzo 25 de 2013.
- CONELEC Consejo Nacional de Electricidad (2013a). *Estadísticas del SISDAT*.
- CONELEC Consejo Nacional de Electricidad (2013b). *SISDAT Público*. Recuperado de <http://www.conelec.gob.ec/contenido.php?cd=115&l=1>, en Abril de 2013.
- IINAS Internationales Institut fur Nachhaltigkeitsanalysen und Strategien (2013). *GEMIS - Global Emissions Model for integrated Systems*. Recuperado de <http://www.iinas.org/gemis.html>, en Octubre 29 de 2013.
- ISO International Organisation for Standardization (2006a). *ISO 14040:2006 Environmental Management - life cycle assessment - principles and framework*. Geneva: ISO.
- ISO International Organisation for Standardization (2006b). *ISO 14044:2006 Environmental Management - life cycle assessment - principles and framework*. Geneva: ISO.
- Lund, Henrik, et al. (2010). Energy system analysis of marginal electricity supply in consequential LCA. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 15(3):260-271.
- Ministry of Housing Spatial Planning and the Environment of The Netherlands (2000). *Product Life Cycle Accounting Reporting Standard*. La Haya: Ministry of Housing Spatial Planning and the Environment Communications Directorate.
- Ribeiro, Flávio de Miranda y Gil Anderi da Silva (2010). Life-cycle inventory for hydroelectric generation: a Brazilian case study. *Journal of Cleaner Production* 18(1):44-54.
- Santoyo-Castelazo, Gujba, y Azapagic (2011). Life cycle assessment of electricity generation in Mexico. *Energy* 36(3):1488-1499.
- WBCSD World Business Council for Sustainable Development y WRI World Resource Institute (2011). *The GHG Protocol Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard*. USA: WBCSD y WRI.