



Escenarios energéticos a 2050 con integración de fuentes de energía eléctrica renovables en Colombia

Energy scenarios by 2050 with integration of renewable power sources in Colombia

Angélica Rojas Góngora¹, Yuliana Ducuara Barrera², Ricardo Moreno Chuquen³

Fecha de recepción: Agosto 28 de 2015

Fecha de aceptación: Septiembre 25 de 2015

Como citar: Rojas, A., Ducuara, Y., & Moreno, R. (2015). Escenarios energéticos a 2050 con integración de fuentes de energía eléctrica renovables en Colombia. Revista Tecnura, 19 (CITIE), 83-89. doi: <http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.ICE.a10>

Resumen

Este artículo construye y analiza tres escenarios energéticos en Colombia para explorar el impacto de la integración de fuentes de energía eléctrica que utilizan recursos renovables en escenarios a largo plazo incluyendo impacto medio ambiental. Los escenarios energéticos prospectivos permiten determinar evidencias del nivel de integración de las fuentes de energía eléctrica renovables en el sistema interconectado nacional acorde a decisiones de políticas energéticas en el corto y mediano plazo. Un escenario considera la evolución usual sin considerar la integración de recursos renovables considerando únicamente la inclusión de nuevas centrales térmicas a carbón y gas natural. Los otros escenarios consideran aspectos que dilucidan la integración de fuentes no convencionales de energía a diferentes niveles según decisiones en el corto plazo acerca de la planeación de integración de nuevas fuentes tanto convencionales como no convencionales.

Palabras claves: Fuentes renovables, medio ambiente, escenarios energéticos, Colombia

Abstract

This paper builds and analyzes three energy scenarios in Colombia to explore the impact of integrating electrical power sources using renewable resources in long-term scenarios including environmental impact. Prospective energy scenarios allow determining evidence of the level of integration of renewable electricity into the national grid according to energy policy decisions in the short and medium term. A scenario considers the development without considering the integration of renewable resources considering only the inclusion of new thermal power plants of coal and natural gas. The others scenarios consider aspects that illustrate the integration of non-conventional sources of energy at different levels depending on short-term decisions about planning the integration of new conventional and unconventional sources.

Key words: Renewable sources, environment, energy scenarios, Colombia

¹ Estudiante de Ingeniería Eléctrica, décimo semestre, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá D.C., Colombia. Contacto: angelica.rojas@mail.escuelaing.edu.co

² Estudiante de Ingeniería Eléctrica, décimo semestre, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá D.C., Colombia. Contacto: yuliana.ducuara@mail.escuelaing.edu.co

³ Profesor de Ingeniería Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Máster y Doctorado en Ingeniería Eléctrica. Bogotá D.C., Colombia. Contacto: ricardo.moreno@escuelaing.edu.co

INTRODUCCIÓN

En 2015, las perspectivas del sistema interconectado nacional de electricidad están relacionadas a dos importantes decisiones, una decisión local y otra decisión global. A nivel local, a finales de 2015 quedará reglamentada la Ley 1715 de 2014 de “Integración de las Energías Renovables no Convencionales al Sistema Energético Nacional” por el Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, y entidades adscritas como la CREG (Comisión de Regulación de Energía y Gas) y la UPME (Unidad de Planeación Minero Energética). Esta ley tiene por objeto *“promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético”* (Ley 1715, Artículo 1).

A nivel global, en el mes de diciembre de 2015 se llevará a cabo una cumbre mundial sobre el cambio climático en París, Francia, que tiene como objetivo primordial llegar a un acuerdo de carácter vinculante para todos los países acerca de objetivos de mitigación de cambio climático. En las premisas del acuerdo, los compromisos de los países estarán enfocados en mantener el cambio en la temperatura global por debajo de los 2°C y en lograr niveles de reducción de emisiones de CO₂ del 60% para 2050. Cada país llegará a la cumbre con una propuesta específica de carácter vinculante acerca del nivel de reducción de CO₂.

Este artículo presenta escenarios energéticos como un método satisfactorio para explorar alternativas energéticas desde una perspectiva sistemática de largo plazo. El ejercicio de planeación energética realizado en este artículo es único en desarrollar y analizar escenarios energéticos para Colombia en el contexto de la integración de energías renovables no convencionales como son la energía eólica y la energía solar. El significado e

impacto de las alternativas energéticas es muy relevante en el contexto de la Ley 1715 y hace este artículo relevante para una amplia audiencia de sectores y agentes interesados.

En particular, este artículo presenta tres escenarios energéticos para Colombia que exploran un rango de trayectorias energéticas que permiten ilustrar y analizar resultados potenciales de acuerdo a decisiones y alternativas energéticas con la integración a diferentes niveles de las energías renovables no convencionales. Cada escenario energético representa diferentes políticas o lineamientos de desarrollo energético, de tal manera que los resultados permiten la deducción de un abanico de posibilidades en un entorno complejo.

Este artículo contiene dos secciones adicionales a la introducción. La sección II discute las técnicas de modelado energético para llevar a cabo la selección y evaluación de las implicaciones de los escenarios en un contexto de incertidumbre. La sección III presenta los escenarios energéticos deducidos de la sección II. La sección IV concluye presentando los aspectos críticos e implicaciones esclarecidas a través del análisis.

METODOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS ENERGÉTICOS

El objetivo de construir y desarrollar escenarios energéticos consiste en crear marcos de referencias contextuales para explorar alternativas energéticas, de esta manera, es relevante definir el contexto de análisis en términos de las principales fuerzas y la incertidumbre inherente, para así proceder a la construcción de los escenarios energéticos y realizar la evaluación correspondiente. El desarrollo de los tres escenarios energéticos en Colombia con integración de fuentes de energía eléctrica renovables aplica una metodología de seis (6) fases que incluye identificación, priorización y caracterización de la incertidumbre, adaptada de *The Art of the Long View* (Schwartz, P.1996), que es presentada a continuación:

1. Identificar y definir el tema específico
2. Listar los criterios más relevantes en el contexto de análisis
3. Evaluar los criterios por importancia e incertidumbre
4. Construir escenarios alrededor de las incertidumbres críticas
5. Desarrollar los escenarios alrededor de las incertidumbres críticas
6. Evaluar las implicaciones de los escenarios energéticos

Fase 1: Identificar y definir el tema específico.

La primera fase para el desarrollo de los escenarios identifica y define el tema específico de interés para explorar y evaluar a través de los escenarios prospectivos. Los escenarios energéticos son construidos alrededor del tema específico, de tal manera, que las diferentes perspectivas sean representadas y capturadas en la construcción de los escenarios. En este artículo, el tema específico aborda interrogantes acerca de la integración de fuentes de energía eléctrica renovables en Colombia, dentro de los cuales se destacan:

¿Cuál sería el nivel de integración de las fuentes renovables en los escenarios prospectivos bajo diferentes circunstancias económicas y tecnológicas?

- ¿Cuáles serían las expectativas de integración bajo las condiciones del caso base?
- En particular, el tema específico refleja la incertidumbre de las alternativas energéticas con integración de fuentes renovables. Por tanto, los escenarios permitirán dilucidar específicamente acerca del nivel de integración según decisiones energéticas en el corto plazo.

Fase 2: Listar los criterios más relevantes en el contexto de análisis.

Con el tema específico definido, esta fase consiste en determinar una lista de criterios o factores relevantes en el sistema energético en Colombia. El

objetivo principal de esta fase consiste en definir interacciones y elementos para ser incluidos en la construcción de los escenarios y de esta manera determinar las perspectivas de análisis.

Fase 3: Evaluar los criterios por importancia e incertidumbre.

Dado el alto nivel de interrelaciones en términos económicos, tecnológicos, políticos y sociales de los sistemas de energía, y considerando la lista de criterios definidos en la fase 2, esta fase evalúa los criterios considerando la importancia e incertidumbre.

Fase 4: Construir escenarios.

Dada la evaluación de la fase 3, el objetivo de esta fase está enfocado en la generación y construcción de escenarios que representen diferentes características de incertidumbre alrededor del tema focal de interés. Esta fase incluye hacer explícita la relación y/o conexión entre los escenarios para evaluar criterios críticos antes seleccionados.

Fase 5: Desarrollar los escenarios alrededor de las incertidumbres críticas.

Esta fase consiste en desarrollar los escenarios construidos previamente para proveer análisis y evidencia de temas relevantes basado en la proyección del sistema energético. Requiere de información deducida en las fases 2 y 3.

ESCENARIOS ENERGÉTICOS: INTEGRACIÓN DE FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA

Los escenarios energéticos presentados a continuación fueron construidos en el software de análisis de alternativas energéticas LEAP (*Long Range Energy Alternatives Planning*) (SEI, 2015).

Escenario del caso base:

Está basado en la trayectoria usual del sistema de generación del sistema eléctrico colombiano, donde la generación sigue una trayectoria de acuerdo a la conformación del parque de generación basado en centrales hidroeléctricas y centrales térmicas. La Tabla N.1 presenta la capacidad neta y participación de cada una de las fuentes para la generación de electricidad (Informes anuales XM S.A. E.S.P, 2014). La composición de la generación eléctrica en Colombia es modelada en LEAP

a través de procesos que representan tecnologías de transformación de recursos primarios en energía eléctrica, cada proceso de transformación incluye información como capacidad exógena y endógena, eficiencias, factores de capacidad, orden de mérito y porcentaje de participación, margen de reserva, entre otras utilizadas para la construcción de los escenarios propuestos. La Figura. 1 presenta la ramificación de módulos para la construcción del modelo en LEAP, para satisfacer las necesidades de la demanda de acuerdo a los escenarios presentados.

Tabla 1. Capacidad Neta

| FUENTE | Capacidad (MW) 2014 | Participación (%) |
|---|---------------------|-------------------|
| Centrales Hidroeléctricas | 10315 | 66.6 |
| Centrales Eléctricas a Gas Natural | 1757 | 11.3 |
| Centrales Eléctricas a Carbón | 1003 | 6.5 |
| Centrales Eléctricas a Petróleo | 297 | 1.9 |
| Centrales Eléctricas a Diésel | 1023 | 6.6 |
| Centrales Eléctricas a Combustible Jet | 322 | 2.1 |
| PCHs | 584.9 | 3.8 |
| Centrales Eléctricas Menores a base de Carbón | 91.4 | 0.6 |
| Parque Eólico Jepírachi | 18.4 | 0.1 |
| Plantas Cogeneradoras | 77.3 | 0.5 |

Fuente: XM

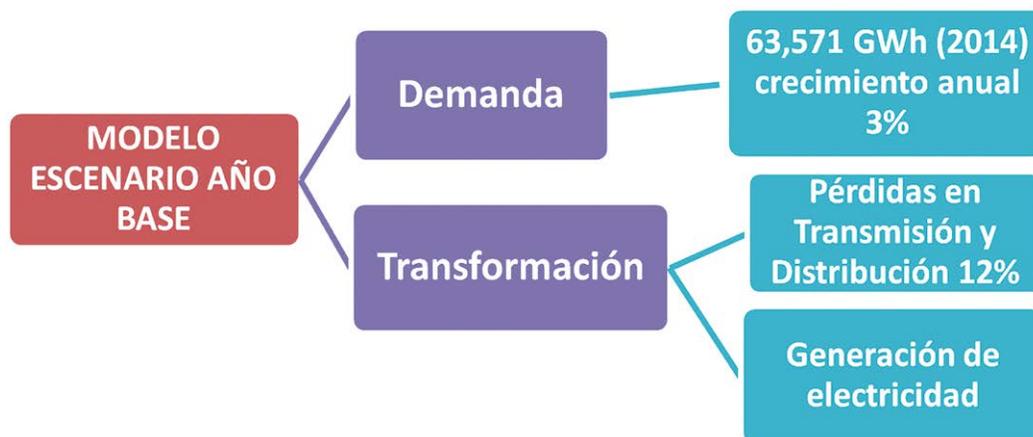


Figura 1. Construcción del modelo en LEAP.

Fuente: Elaboración propia.

El escenario y las alternativas energéticas de este artículo únicamente consideran el recurso de la electricidad que es caracterizado apropiadamente para satisfacer los objetivos propuestos. De esta manera, la demanda por electricidad se define para el año base con una media de crecimiento del 3% de acuerdo a los reportes (Informes anuales de XM S.A. E.S.P, Demanda de energía nacional). Así mismo, se definió una curva de demanda para el año

base como se muestra en la Figura. 2 que refleja el comportamiento de la demanda en Colombia, con base a los datos registrados (XM S.A. E.S.P, 2014) y las pérdidas de electricidad a partir de la transmisión y distribución del 12 %, (IEA, 2012).

De esta manera, la Figura 3 muestra la evolución de la capacidad del sistema de generación nacional. Se observa que en año 2036 se requiere la entrada de nuevas centrales térmicas a gas y

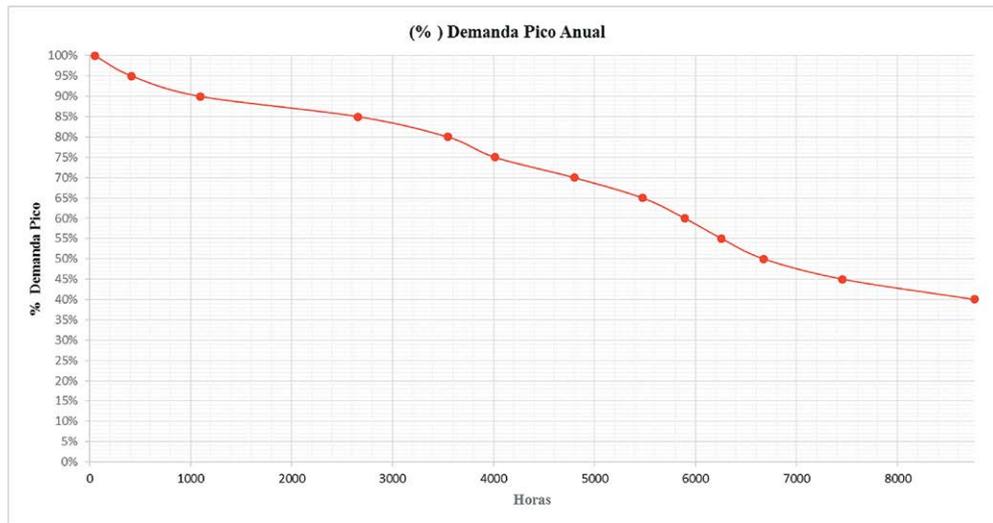


Figura 2. Curva de Demanda año 2014,

Fuente: Elaboración propia

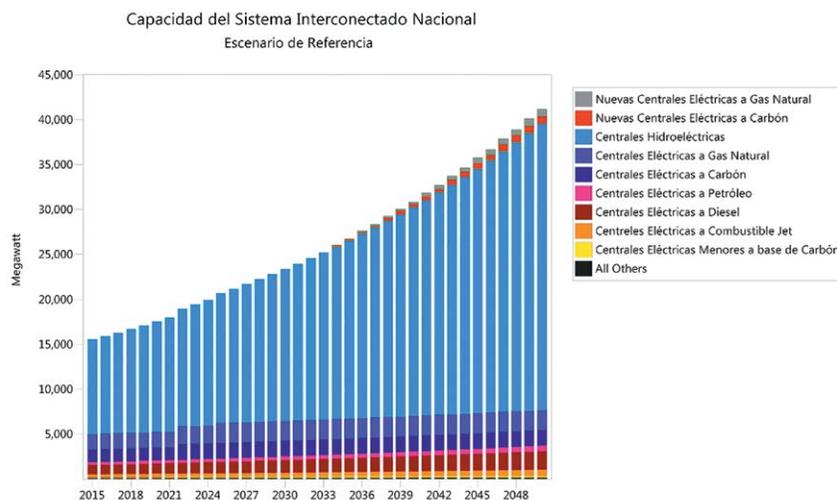


Figura 3. Evolución usual del sistema de generación nacional

carbón, que paulatinamente van aumentando para cumplir con la demanda de electricidad.

Escenario 1: Integración de FNCE – IM

Este escenario contempla la entrada de FNCE en un contexto de competencia con centrales térmicas a gas y carbón. La capacidad (MW) tendría la evolución que se muestra en la Figura 4.

Escenario 2: Integración de FNCE – IM

Este escenario contempla la entrada de FNCE en un contexto de políticas energéticas con objetivos planteados en la disminución de emisiones de CO₂. La capacidad (MW) tendría la evolución que se muestra en la Figura. 5.

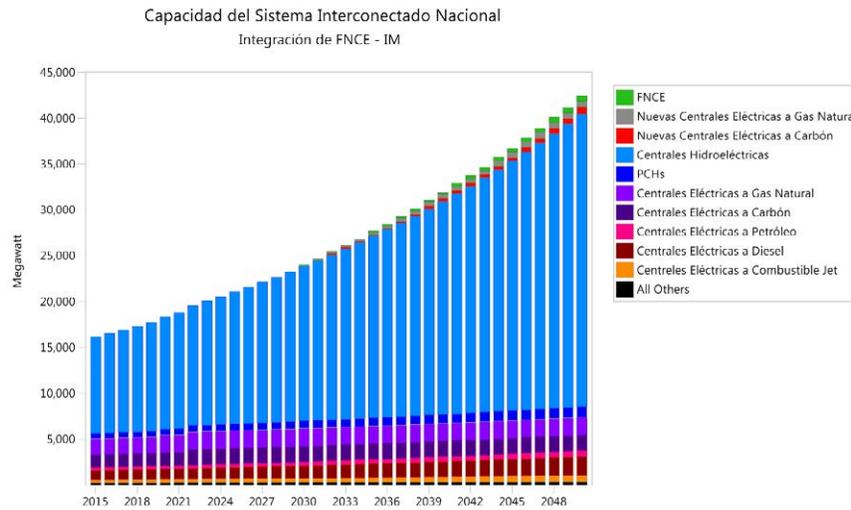


Figura 4. Evolución del sistema de generación nacional con FNCE y fuentes convencionales

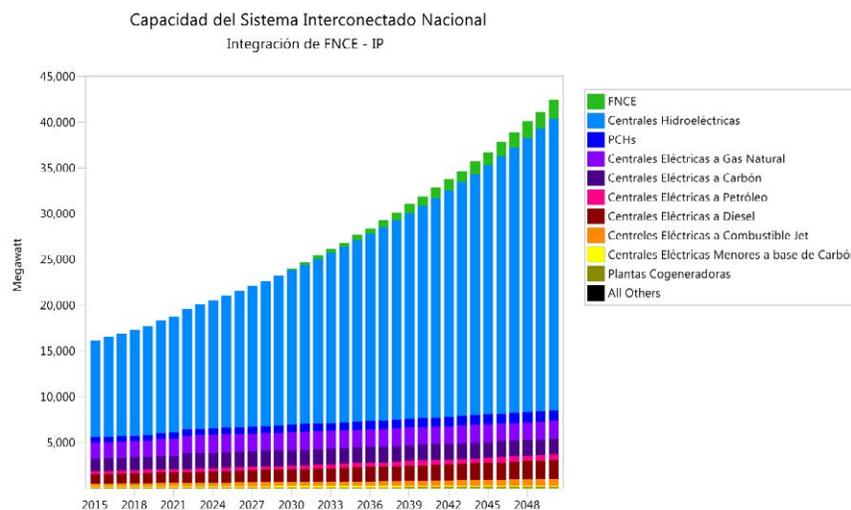


Figura 5. Evolución del sistema de generación nacional con integración de FNCE

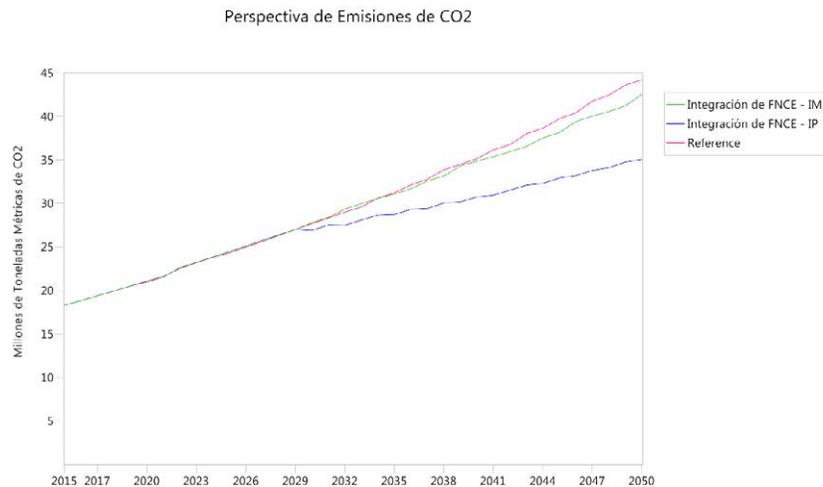


Figura 6. Niveles de emisión de CO₂ en los escenarios de referencia y escenarios de integración de FNCE

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES DE LOS ESCENARIOS ENERGÉTICOS

Dadas las políticas de cambio climático orientadas a la reducción de emisiones de CO₂, este artículo concluye con la comparación de los escenarios 1 y 2, respecto al escenario de referencia que permite determinar las reducciones de CO₂. La Figura 4 muestra que en el escenario 2, caracterizado por un nivel de integración importante de FNCE, la reducción de emisiones es del 25% respecto al escenario de referencia.

Finalmente, en el escenario 2, la integración de FNCE se da a partir del año 2029. La capacidad del sistema eléctrico nacional en los tres escenarios es igual, sin embargo, la estructura del escenario 2 se caracteriza por la presencia de FNCE sin la entrada de nuevas centrales térmicas a gas y carbón.

FINANCIAMIENTO:

Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito

REFERENCIAS

- Schwartz, Peter. 1996, *The Art of the Long View*. Ed: Reprint. New York: Doubleday Books for Young Readers.
- Heaps, C.G., 2012. Long-range Energy Alternatives Planning (LEAP) system. [Software version 2015.0.1] Stockholm Environment Institute. Somerville, MA, USA. www.energycommunity.org
- Ley 1715 de 2014. Congreso de Colombia, República de Colombia, 13 de mayo de 2014.
- XM S.A. E.S.P., 2015. Portal: Energético, Medellín, Colombia, www.xm.com.co
- IEA, International Energy Agency, <http://www.iea.org/sankey>

