

**Facultad Politécnica Universidad Nacional de Asunción
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología**

**Proyecto 14-INV-271
“Valuación de Inversiones en Infraestructura Eléctrica y
Comportamiento Estratégico”**

**ANEXO 04
PGT 2.1 – Formulación matemática de modelos de
Opciones Reales – Informe**

Power Generation and Transmission Expansion Planning under Uncertainty considering Flexibility in Generation Investments

Mario Arévalo*¹, Daniel Ríos*, Gabriel Baum* and Gerardo Blanco*, *Senior Member, IEEE*

* *Grupo de Investigación en Sistemas Energéticos, Facultad Politécnica, Universidad Nacional de Asunción
Campus Universitario, San Lorenzo 2111, Paraguay*

¹masa_aregon@hotmail.com

Abstract— The process of liberalization of power markets has led to a paradigm shift in the joint expansion planning of the generation and transmission segments. The assessment of this problem is even more complex when considering the uncertainties that usually determine the long-term evolution of the system. Moreover, and from the point of view of regulators and policy makers, an optimal assessment is of great interest because the lack of coordination between the two types of investment can jeopardize competition and efficiency in the whole electricity sector. In this regard, the literature suggests the use of holistic approaches, which necessarily evaluate the risks associated with the coordination of investments in the power system, in order to allow regulators to identify an efficient investment alternative, considering scenarios in which the uncertain variables evolve unfavorably. In this context, this paper test a method to assess the joint expansion planning of the generation and transmission segments, considering the inherent flexibility of generation investments, using the Real Options Valuation approach, calculated with the Least Squares Monte Carlo. In order to validate this method, a case study has been simulated. It is shown that the consideration of investments' flexibility allows increasing the system-wide social benefit through the coordinated planning of the generation and transmission segments.

Index Terms—Flexibility, Integrated planning, Least Square Monte Carlo, Real Option, Regulation, Stochastic simulation, Uncertainty, Valuation.

I. INTRODUCCIÓN

La planificación integrada de los mercados eléctricos mediante la interacción entre la generación y la transmisión juega un papel clave en la determinación del grado de competencia en el mercado, así como las economías globales del sistema y los niveles adecuados de seguridad y confiabilidad. La expansión adecuada y oportuna de las redes de transmisión y su interacción con el sistema de generación se ha convertido en un tema de preocupación en la industria de suministro de electricidad.

La regulación se refiere a un conjunto de prácticas y reglas con las cuales el regulador cambia la conducta y/o la estructura de las entidades públicas o privadas, con el fin de: a) reducir al mínimo los costos de transacción asociados a factores institucionales, y b) mejorar la eficiencia y la equidad

del mercado de acuerdo con los intereses sociales [1]. En este sentido, la regulación debe garantizar condiciones de acceso no discriminado a la capacidad del sistema y al mismo tiempo promover mecanismos de expansión claros a través de la competencia entre los participantes del mercado, considerando los niveles adecuados de calidad y confiabilidad del sistema.

Por otra parte, la regulación busca promover la competencia en los mercados, implementando políticas que impidan el ejercicio de poder de mercado, principalmente en agentes que poseen activos en ambos sectores y operan sus plantas o el sistema de transmisión para la maximización de su beneficio propio en detrimento del bienestar social. Por lo tanto, las políticas regulatorias de los mercados liberalizados intentan excluir agentes generadores de cualquier participación en el sector de transmisión de energía. Esta práctica es una medida válida para la prevención del ejercicio de poder de mercado, pero por otro lado, limita la posibilidad de tomar ventaja de una posible sinergia entre los agentes, lo que podría conducir, al contrario, a una mejora en el beneficio social [1].

El problema de la expansión del sistema eléctrico de potencia se caracteriza por la naturaleza de las inversiones implicadas, así como también, por las incertidumbres que determinan la evolución del mercado eléctrico. Las economías de escala y el uso intensivo de capital son algunas de las características de las inversiones del sistema eléctrico de potencia. En ese contexto, las incertidumbres asociadas a la planificación de la expansión del sistema eléctrico de potencia son mejor encaradas cuando se considera la flexibilidad de las inversiones. Las diversas acciones a lo largo del horizonte de inversión, como las opciones para diferir, ampliar, o incluso abandonar el proyecto presentan flexibilidad que permitiría hacer frente a los escenarios desfavorables al proyecto. En este contexto, la flexibilidad tiene un valor cuantitativo que debe incorporarse al valor final de la alternativa.

La flexibilidad estratégica es una técnica de gestión de riesgos que está ganando cada vez más atención en las investigaciones sobre toma de decisiones, ya que permite gestionar adecuadamente las principales relacionadas con las incertidumbres del jugador. Sin embargo, cuantificar el valor de la flexibilidad en términos económicos no es una tarea



Bogotá D.C, 26 de septiembre de 2017

GABRIEL FERNANDO BAUM RAMOS

Universidad Nacional de Asunción
Paraguay

Paper Ref: 59

Title ID Ref: "Power Generation and Transmission Expansion Planning under Uncertainty considering Flexibility in Generation Investments"

Estimado Gabriel,

En nombre del Comité Organizador, nos complace informarle que el paper mencionado anteriormente ha sido aceptado para una presentación de la Conferencia en el III Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería - CONIITI 2017 que tendrá lugar en Bogotá (Colombia), del 4 al 6 de octubre.

Esperamos darle la bienvenida en Bogotá en octubre.

Cordialmente,

Edwin Daniel Durán Gaviria
General Chair CONIITI
Universidad Católica de Colombia



UNIVERSIDAD CATÓLICA
de Colombia
Facultad de Ingeniería

CERTIFICA QUE:

Gabriel Fernando Baum Ramos

Participó en el III Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería "CONIITI", con la Ponencia titulada:

**"PLANNING OF EXPANSION OF GENERATION AND TRANSMISSION UNDER UNCERTAINTY
CONSIDERING FLEXIBILITY IN GENERATION INVESTMENTS "**

Realizado en Bogotá, Colombia del 4 al 6 de Octubre de 2017

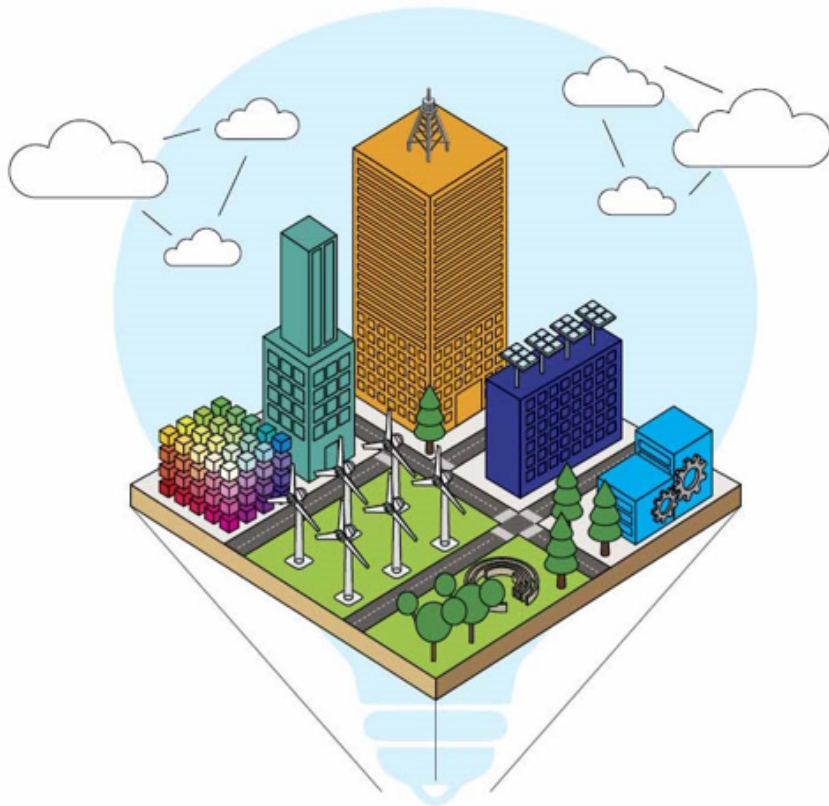
Registro No. IICITIPON2017100048

EDWÍN DANIEL DURAN GAVIRIA
General Chair CONIITI 2017

JAIME DÍAZ ORTIZ
Decano Facultad de Ingeniería

Coniiti

III Congreso Internacional de Innovación -2017
y Tendencias en Ingeniería



Octubre 4, 5 y 6

#Coniiti

CONSTANCIA DE PARTICIPACIÓN

Gabriel Fernando Baum Ramos
identificado con el documento número **2224546**
asistió al **III CONGRESO INTERNACIONAL DE INNOVACIÓN Y TENDENCIAS EN INGENIERÍA- CONIITI 2017** realizado por la Universidad Católica de Colombia del 4 al 6 de Octubre de 2017 en la en la ciudad de Bogotá, Colombia.

LIZETH SERRANO

Lizeth Fernanda Serrano Cárdenas
Coordinadora de Extensión
Facultad de Ingeniería
Universidad Católica de Colombia

Edwin Daniel Durán Gaviria
Director de Investigación
Facultad de Ingeniería
Universidad Católica de Colombia

Organizado por:



Con el apoyo de:

