

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN JUAN

FACULTAD DE INGENIERÍA

INSTITUTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

**Curso de posgrado intensivo
“Doctorado en Ingeniería Eléctrica”, “Maestría en Sistemas Energéticos
Inteligentes” y “Maestría en Ingeniería Eléctrica”.**

LOS MERCADOS ELÉCTRICOS COMPETITIVOS Y LA RED DE TRANSMISIÓN

2017

Coordinación:
**DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS
DE POSGRADO**

Responsabilidad académica y ejecución:
INSTITUTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Profesores:

Ing. Osvaldo Añó
Dr. Ing. Francisco F. Garcés
Dr. Ing. Diego Ojeda
Dr. Ing. Fernando Olsina
Dr. Ing. Rolando Pringles
Dr. Ing. Rodolfo Reta

Colaboración en el dictado:

Ing. Ricardo Rubio Barros
Ing. Fabricio Porrás Ortiz

Dirección:

Ing. Osvaldo Añó

Tipo del Curso: Área “Ingeniería de Sistemas Eléctricos”

Destinado a graduados en ingeniería en especialidades de sistemas de potencia y a graduados en economía. Válidos para los Programas de “Doctorado en Ingeniería Eléctrica”, “Maestría en Sistemas Energéticos Inteligentes” y “Maestría en Ingeniería Eléctrica”.

Duración del curso: tres semanas alternadas

Carga horaria total del curso:

“Doctorado en Ingeniería Eléctrica” y “Maestría en Ingeniería Eléctrica”:
120 h presenciales y 120 h personales
“Maestría en Sistemas Energéticos Inteligentes”:
120 h presenciales y 180 h personales (incluye 60 h de carga adicional en resolución de trabajos prácticos).

Período de dictado:

Módulo I: 8 al 12 de mayo de 2017
Módulo II: 22 al 26 de mayo de 2017
Módulo III: 5 al 9 de junio de 2017

Horario de clases: lunes a viernes de 9 a 13 y de 16 a 20 horas.

MODALIDAD:

Se desarrollará mediante dictado de clases teóricas, clases de resolución de problemas con prácticas en computadoras y trabajo personal individual, con una carga total horaria presencial de 120 horas. Se dictará en forma intensiva, subdividido en tres módulos.

Evaluaciones: Se hará una evaluación final escrita integradora y ejecución de trabajos prácticos parciales por parte de los participantes.

Certificación: Se certificará la aprobación del curso a los participantes que alcancen el 70% del puntaje total.

Arancel:

Participantes nacionales: \$ 15.000,00
Participantes extranjeros: USD 1.500,00

PROGRAMA SINTÉTICO

Módulo I: MERCADOS ELÉCTRICOS

- I LOS MERCADOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA
- II MICROECONOMÍA DE LOS MERCADOS ELÉCTRICOS
- III INTRODUCCIÓN AL DESPACHO ECONÓMICO DE SISTEMAS ELÉCTRICOS
- IV MERCADOS ELÉCTRICOS: CONTEXTO ACTUAL Y PERSPECTIVAS

Módulo II: EL SISTEMA DE TRANSMISIÓN

- I EL SERVICIO DE TRANSMISIÓN EN MERCADOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA
- II REGULACIÓN Y REMUNERACIÓN DEL SERVICIO DE TRANSMISIÓN
- III INTERCONEXIONES INTERNACIONALES Y MERCADOS REGIONALES
- IV CONFIABILIDAD Y RESERVA CONSIDERANDO LA RED

Módulo III: EXPANSIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN Y MANEJO DE RIESGO

- I EXPANSIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN
- II MANEJO DE RIESGO EN MERCADOS ELÉCTRICOS

PROGRAMA ANALÍTICO

Módulo I: MERCADOS ELÉCTRICOS

I. MICROECONOMÍA DE LOS MERCADOS ELÉCTRICOS

1. Introducción a los mercados de electricidad
2. Teoría de la demanda
3. Teoría de la producción
4. Equilibrio de mercado. Precio y producción bajo competencia perfecta
5. Tipos de mercados: *Spot* y contratos
6. Mercados de competencia imperfecta

II. LOS MERCADOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

1. La operación de un sistema de potencia y el mercado de electricidad
2. La competencia en los mercados de energía eléctrica
3. Empresas y entidades participantes en los mercados eléctricos competitivos
4. Organización de los mercados eléctricos abiertos: Centralizada y descentralizada
5. Mercados de competencia perfecta: Perspectivas del consumidor y productor

III. MERCADOS DE ENERGÍA DE CORTO PLAZO (MERCADO *SPOT*)

1. Introducción al despacho económico de sistemas de potencia.
2. El problema del operador. Seguridad, confiabilidad y economía. Nociones sobre la necesidad de la reserva operativa.
3. Equilibrio de corto plazo del mercado: Caso sin red de transmisión. La operación óptima y el precio de la energía. Costos marginales de corto plazo. Precio spot.
4. Equilibrio de corto plazo del mercado: Consideración de la red de transmisión. Congestión y pérdidas. Precios nodales.
5. Mercados regionales. Transacciones bilaterales o multilaterales. Operación técnica. Operación del mercado. Congestión de la transmisión y beneficios sociales.

IV. MERCADOS ELÉCTRICOS: CONTEXTO ACTUAL Y PERSPECTIVAS

1. Mercados de competencia imperfecta y comportamiento estratégico. Definiciones. Poder de mercado. Equilibrios de mercado.
2. Mercados minoristas. Descripción general y disputabilidad. Experiencias. Funcionalidades de redes inteligentes y su estructuración como productos en mercados minoristas. Generación distribuida. Impacto en los mercados mayoristas.
3. Interacción entre los distintos mercados de energía primaria y secundaria
4. Estructura de la cadena de suministro del gas natural. Grado y alcance de la interdependencia con el suministro eléctrico.
5. Mercados implementados en los sistemas de gas natural. Arbitraje entre los mercados eléctricos y de gas natural.

Módulo II: EL SISTEMA DE TRANSMISIÓN

I EL SERVICIO DE TRANSMISIÓN EN MERCADOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

1. Introducción
2. Rol de la Empresa de Transmisión en Mercados Eléctricos
3. Tipos de acceso a la red de transmisión

II REGULACIÓN Y REMUNERACIÓN DEL SERVICIO DE TRANSMISIÓN

1. Introducción
2. Costos asociados al Servicio de Transmisión

3. Estrategias de regulación para definir las tarifas de red
4. Teoría de Costos Marginales aplicada a Mercados Eléctricos
5. Mercados Eléctricos remunerados a precios marginales
6. Remuneración variable del transporte y cargo complementario
7. Remuneración de la transmisión en sistemas ideales y reales
8. Metodologías de asignación de cargos de transmisión

III INTERCONEXIONES INTERNACIONALES Y MERCADOS REGIONALES

1. Introducción
2. Beneficios y condiciones de equilibrio de los mercados
3. Transacciones internacionales y Rentas de congestión
4. Asignación de cargos de transmisión en Mercados Regionales

IV CONFIABILIDAD Y RESERVA CONSIDERANDO LA RED

1. Confiabilidad de sistemas de suministro de energía eléctrica
2. Confiabilidad de componentes
3. Cálculo de confiabilidad de sistemas
4. Mercados de reserva y la red de transmisión

V MERCADOS DE ENERGÍA Y RESERVA

1. Cooptimización de energía y reserva en mercados competitivos
2. Participación estratégica en mercados competitivos de energía y reserva

Módulo III: EXPANSIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN Y MANEJO DE RIESGO

I EXPANSIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN

1. Planificación óptima de la expansión de redes de transporte. Formulaciones determinísticas y probabilísticas del problema.
2. El problema de la expansión del sistema de transmisión en mercados competitivos.
3. Expansión del sistema de transporte en mercados eléctricos regionales.
4. Evaluación de inversiones en infraestructura de transmisión bajo incertidumbres.
5. Diseño de marcos regulatorios para remunerar inversiones mercantes en transmisión.
6. Esquemas regulatorios para la expansión de sistemas de transporte regionales.

II MANEJO DE RIESGO EN MERCADOS ELÉCTRICOS

1. Mercado físico y mercados financieros de electricidad.
2. Contratos *forward* y contratos futuros.
3. Riesgo de precio y riesgo de volumen.
4. Congestión y volatilidad espacial de precios. Derechos financieros de transmisión.
5. Asignación inicial de los derechos financieros de transmisión.
6. Cobertura del riesgo de congestión a través de FTR.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] S. Stoft, *Power Systems Economics: Designing Markets for Electricity*, IEEE Press/Wiley, New York, 2002.
- [2] D. Kirschen, G. Strbac, *Fundamentals of Power System Economics*, England: John Wiley & Sons, 2004.
- [3] R. J.Kaye, H. R.Outhred, C. H. Bannister. Forward contracts for the operation of an electricity industry under spot pricing, *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 5 (1), pp. 46-52, 1990.
- [4] S. Stoft, T. Belden, C. Goldman, S. Pickle. *Primer on Electricity Futures and Other Derivatives*, Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California, LBNL-41098, 1998.
- [5] E. Tanlapco, J.Lawarrée, C.-C. Liu. Hedging with futures contracts in a deregulated electricity industry, *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 17 (3), 577-582, 2002.
- [6] J.N.Jiang, HanjieChen,M.L.Baughman, Evaluation of insurance on generation forced outages, *IEEE Power Engineering Society General Meeting*, 18-22 June, 2006.
- [7] F. Olsina, C. Larisson, F. Garcés. Cobertura y riesgo de volumen en contratos forward, *Proceedings XII ERIAC de CIGRE*, Foz do Iguaçu, Brasil, Mayo 2007.
- [8] Y. Oum, S. Oren, Optimal static hedging of volumetric risk in a competitive wholesale electricity market, *Decision Analysis*, Vol. 7 (1), pp. 107-122, 2010.
- [9] PowerNext, APX, Belpex, Trilateral market coupling: algorithm appendix, Belgium, September 2006.
- [10] C. Genesi, P. Marannino, M. Montagna, I. Siviero, F. Zanellini, A multilateral market coupling approach for the allocation of cross border transmission capacity, in *Proceedings of 43rd International Universities Power Engineering Conference*, UPEC 2008, Sept. 2008.
- [11] Carlos Josué López-Salgado, Osvaldo Añó, Diego M. Ojeda-Esteybar. Energy and reserve co-optimization within the Short Term Hydrothermal Scheduling under uncertainty: A proposed model and decomposition strategy. *Electric Power Systems Research* 140 (2016) 539–551, <http://doi.org/10.1016/j.epsr.2016.05.020>
- [12] A.F. Porras; O. Añó, Modelo de oferta de un sistema eléctrico en un mercado regional. XVI ERIAC - Decimosexto Encuentro Regional Iberoamericano de Cigré. 17 al 21 mayo de 2015. Puerto Iguazú, Argentina.
- [13] S. Oren, Capacity Payments and Generation Adequacy in Competitive Electricity Markets, *Proceedings of IIV SEPOPE Conference*, Curitiba, Brazil, May 2000.
- [14] F. Olsina, C. Larisson, F. Garcés, Mecanismo eficiente de remuneración de la capacidad de generación en mercados eléctricos, VII Latin-American Conference on Electricity Generation and Transmission (CLAGTEE), paper C020, Viña del Mar, Chile, Octubre 2007.
- [15] O. Alsac, J.M. Bright, S. Brignone, M. Prais, C. Silva, B. Stott, N. Vempati. The rights to fight price volatility, *IEEE Power & Energy Magazine*, pp. 47-57, Jul/Aug. 2004
- [16] J. Arce, S. Wilson. Managing congestion risk in electricity markets, *Carnegie Mellon Conference on Electricity Transmission in Deregulated Markets*. Pittsburgh, USA, December 2004.
- [17] G. Latorre, R.D Cruz, J.M. Areiza, A. Villegas, Classification of publications and models on transmission expansion planning, *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 18 (2), pp. 938 – 946, 2003.
- [18] S. Stoft, Transmission Investment In a Deregulated Power Market, in *Competitive Electricity Markets and Sustainability*, Chapter 4, Ed: François Lévêque, Edward Elgar Publishing, 2006.
- [19] P. Joskow, J. Tirole, Merchant transmission investment, *Journal of Industrial Economics*, Vol. 53, pp. 233-264, 2005.
- [20] J. Rosellón, Different approaches towards electricity transmission expansion, *The Review of Network Economics*, Vol. 2 (3), pp. 238-269, 2003.
- [21] W. Hogan, J. Rosellón, I. Vogelsang, Toward a combined merchant- regulatory mechanism for electricity transmission expansion, *Journal of Regulatory Economics*, Vol. 38 (2), pp. 113-143, 2010.
- [22] OFGEM, Cap and floor regime for regulated electricity interconnector investment for application to project NEMO, Reference 28/13, UK, March 2013.
- [23] G. Blanco, R. Pringles, F. Olsina, F. Garcés, Valuing a flexible regulatory framework for transmission expansion investments, *IEEE PES Power Tech 2009*, Bucharest, Romania, July 2009.