



# ECONOMÍA DEL DESPACHO Y PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO

CAPACITACIÓN A DISTANCIA



## **OBJETIVO**

El curso se divide en tres módulos cuyos objetivos fundamentales son:

Presentar una introducción a los problemas de la operación del sistema de generación. Se esboza una descripción de algunos conceptos matemáticos empleados en los modelos de optimización de la operación.

Dar una idea general sobre la forma en que puede modelarse el problema de operación de un sistema eléctrico como un problema de optimización matemática.

Brindar una introducción a los problemas de la planificación de la generación eléctrica y algunas cuestiones específicas de la formulación y evaluación de proyectos de generación.

## **PÚBLICO OBJETIVO**

Al igual que el Programa de Regulación, el curso está dirigido a profesionales, técnicos y funcionarios de entes reguladores y planificadores que requieran una formación en regulación del sector eléctrico. También está pensado para aquellos que necesiten un nivel de formación sobre el tema que los habilite a colaborar con especialistas de diferentes áreas y orientaciones. Apropiado para las ramas de la economía, administración, el derecho, ingeniería, entre otras.

## **DURACION, METODOLOGÍA y ESTRUCTURA**

Se trata de un curso de tres módulos semanales, totalizando 36 horas.

Cada alumno deberá ceñirse a ciertas actividades establecidas por el docente y comunicadas al alumno por medio del Coordinador del Curso. Las mismas deberán cumplirse en los tiempos establecidos para poder aprobar el Módulo y pasar al siguiente.

La metodología introduce la figura del Profesor / Tutor que acompañará al alumno en el estudio del módulo sin perder de vista y un Coordinador que lo acompañará para que pueda llevar al día el curso sin perderse actividades..

El curso se lleva a cabo en un salón de clases virtual que brinda posibilidades de comunicación, colaboración, participación, motivación y aprendizaje con la ventaja de seleccionar hora y lugar de estudio, respetando la dinámica y los estilos personales.

Contará con los siguientes materiales y actividades:

- Material de lectura de desarrollo del tema obligatorio
- Presentación .ppt con audio explicativo (sesiones pregrabadas)
- Tests para autoevaluación de la comprensión de cada uno de los módulos
- Tests para evaluar el conocimiento adquirido en cada módulo
- Glosario
- Bibliografía complementaria



## **DESARROLLO DEL TEMARIO**

### **MÓDULO 1**

1. El problema de la planificación de la generación
  - 1.1. El papel de la planificación en la región
  - 1.2. Amplitud y horizonte de tiempo de los estudios de planificación
  - 1.3. La incertidumbre en los datos de los estudios de planificación
  - 1.4. Métodos de optimización en los modelos del sector eléctrico
  - 1.5. Resultados de los análisis de planificación. Importancia de la simulación
  - 1.6. Criterios de confiabilidad. Costos de falla
    - 1.6.1. Costos de falla según el tipo de racionamiento y de consumidor
    - 1.6.2. Estimación del costo de falla para clientes residenciales
    - 1.6.3. Estimación del costo de falla por racionamiento a empresas
    - 1.6.4. Juicios de valor de las autoridades y costos implícitos de falla
2. Los datos necesarios para los estudios de planificación
  - 2.1. La tasa de descuento
    - 2.1.1. La tasa de descuento en las decisiones empresariales
    - 2.1.2. La tasa de descuento en las decisiones sobre proyectos y políticas públicas
    - 2.1.3. El costo fijo anual de los activos de larga vida útil
  - 2.2. Disponibilidad de los combustibles para las centrales térmicas
  - 2.3. Los precios internacionales de los combustibles
  - 2.4. Centrales térmicas
    - 2.4.1. Los costos de inversión, rendimientos y disponibilidades de las centrales térmicas
    - 2.4.2. Costo medio de la energía de las centrales térmicas en función del factor de planta. Comparación entre tipos de centrales
  - 2.5. Centrales hidráulicas
  - 2.6. Energías renovables centralizadas eólica y solar
    - 2.6.1. Costos
    - 2.6.2. Medición de los recursos y determinación de su valor par el sistema
    - 2.6.3. Compatibilidad de las ERNC con el resto del sistema
  - 2.7. Generación nucleoelectrica
  - 2.8. Demanda
  - 2.9. Comercio internacional y situación energética regional
3. Propiedades económicas de los parques óptimos
  - 3.1. Igualdad del beneficio marginal esperado y costo marginal de inversión en los parques óptimos
  - 3.2. Igualdad de los costos marginales de corto y largo plazo en los parques óptimos



#### 4. Los proyectos de generación

##### 4.1. Los costos de transacción en los proyectos de generación

4.1.1. Origen de los costos de transacción

4.1.2. Características de los proyectos de generación eléctrica que les confieren altos costos de transacción

4.2. Ingresos y costos en el mercado de los proyectos de generación y análisis de los riesgos económicos

4.3. Riesgos e incentivos en los contratos para desarrollar un proyecto de generación

### **MÓDULO 2**

#### 1. El problema de operación de un sistema eléctrico

1.1. Operación técnica del sistema

1.2. Reservas operativas de corto plazo y servicios complementarios para la seguridad del sistema

1.2.1. Reservas operativas y regulación de la frecuencia

1.2.2. Otros servicios complementarios

1.3. Restricciones de seguridad impuestas por las autoridades

1.4. Los datos que definen el problema de operación

1.4.1. Centrales de generación

1.4.2. Demanda

1.4.3. Comercio internacional

1.4.4. Pérdidas y restricciones de la red de transmisión

1.4.5. Costos y restricciones ambientales

#### 2. Conceptos previos para comprender la modelación matemática de la operación

2.1. Problemas matemáticos de optimización

2.1.1. Concepto general

2.1.2. Programación lineal. Un ejemplo sencillo

2.2. No linealidad

2.3. Las ideas de probabilidad, variable aleatoria y proceso estocástico para representar datos futuros sujetos a aleatoriedad

2.3.1. Distribución de probabilidad de una variable aleatoria

2.3.2. Valor esperado y varianza de una variable aleatoria

2.3.3. Independencia de variables aleatorias. Probabilidad condicional

2.3.4. Ley de los grandes números y teorema de Bernoulli

2.3.5. Distribución uniforme continua

2.3.6. Distribución normal y teorema central del límite

2.3.7. Proceso estocástico

2.3.8. Simulación probabilística. Método de Montecarlo



## **MÓDULO 3**

1. Formulación matemática del problema de operación de un solo paso de tiempo y determinístico
  - 1.1. Hipótesis simplificadoras
  - 1.2. Una intuición aproximada sobre el despacho óptimo en un paso de tiempo
  - 1.3. Las variables de control, datos del problema, restricciones y aportes
    - 1.3.1. Centrales térmicas
    - 1.3.2. Centrales hidráulicas
    - 1.3.3. Energías renovables no convencionales eólica y solar
    - 1.3.4. Comercio internacional
    - 1.3.5. Falla
    - 1.3.6. Demanda
    - 1.3.7. Objetivo completo del problema
    - 1.3.8. Problema resultante
    - 1.3.9. Resumen de la formulación matemática del problema. Costo marginal por hora
2. La operación en un horizonte de tiempo de múltiples pasos, como problema dinámico y estocástico
  - 2.1. Formulación del problema
    - 2.1.1. Estado del sistema
    - 2.1.2. Horizonte de análisis
    - 2.1.3. Variables de control o de decisión
    - 2.1.4. Entradas aleatorias
    - 2.1.5. Ecuación del estado del sistema
    - 2.1.6. Costo del paso de tiempo
    - 2.1.7. Objetivo global del problema
  - 2.2. Ejemplo
    - 2.2.1. Caso con aportes independientes entre las semanas
    - 2.2.2. Caso con aportes autoregresivos de orden 1
  - 2.3. Política de operación del sistema
3. Optimización y simulación de un sistema de generación
  - 3.1. La recursión hacia atrás en el tiempo para resolver un problema dinámico. Programación dinámica
    - 3.1.1. Principio de Bellman
    - 3.1.2. Ejemplo trivial determinístico
  - 3.2. Ecuación de transición en la programación dinámica
  - 3.3. Solución numérica del problema
    - 3.3.1. Discretización en el espacio de estados



- 3.3.2. Estimación de la esperanza en la ecuación de transición mediante el método de Montecarlo
- 3.4. Aproximación de la función de valor
- 3.5. Aplicación de la política de operación hallada para tomar las decisiones de operación. Optimización y simulación
  - 3.5.1. Optimización y decisiones de operación inmediatas
  - 3.5.2. Simulación
- 3.6. Limitaciones de la programación dinámica estocástica. Programación dinámica estocástica dual

## **INVERSIÓN**

Matrícula para Empresas Miembro de CIER: U\$S 650

Matrícula para Empresas No Miembro de CIER: U\$S 750

Matrícula para Empresas Miembro de CIER en Costa Rica: U\$S 867 (impuestos incluidos)

Matrícula para Empresas No Miembro de CIER en Costa Rica: U\$S 1000 (impuestos incluidos)

**Nota:** Impuestos, retenciones de impuestos, tasa o cualquier otro gravamen correrán por cuenta del cliente.

## **DOCENTE**

### **Ing. Rodrigo Porteiro**

Ingeniero en Computación, egresado de la Universidad de la República Oriental del Uruguay.

Más de 15 años de experiencia en el sector eléctrico trabajando en la empresa eléctrica UTE de Uruguay, desde 2014 en la gerencia de Planificación del Abastecimiento y Medio Ambiente. Especializado en el desarrollo de modelos computacionales destinados a la optimización energética, en especial los vinculados con el despacho, la planificación y la expansión del sistema eléctrico.

Desde 2017 forma parte del Proyecto de Redes Inteligentes desarrollado en UTE. Su principal contribución en el proyecto se centra en la aplicación de nuevas tecnologías (inteligencia artificial, manejo de grandes volúmenes de datos y blockchain), así como también en el desarrollo de modelos de optimización energética. Las líneas de trabajo que desarrolló en el mismo refieren a estrategias de gestión de la demanda utilizando termotanques eléctricos y a la certificación de energía renovable a través de plataformas blockchain.

Ha publicado diversos artículos científicos en temas como: gestión de la demanda, optimización energética, pronóstico de demanda a corto plazo, detección de perfiles de consumo eléctrico, redes neuronales aplicadas a la resolución del problema de flujo de carga, entre otros.

**NOTA:** Para el presente Curso, se tomará como base el material elaborado por el Ing. Mario Ibarburu

**UNIVERSIDAD  
CORPORATIVA  
PERMANENTE  
CIER**

