

Asignatura: **Estaciones Transformadoras y Transmisión de Energía Eléctrica**

Código: 10-09116

RTF

7

Semestre: 10mo

Carga Horaria

72

Bloque: Tecnologías Aplicadas

Horas de Práctica

24

Departamento: Electrotecnia

Correlativas:

- Correlativa: Distribución de Energía Eléctrica

Contenido Sintético:

1. Mercado eléctrico
2. Sistemas eléctricos interconectados
3. Líneas aéreas de transporte de energía eléctrica de alta tensión y extra alta tensión
4. Líneas subterráneas de energía eléctrica de alta tensión
5. Estaciones transformadoras
6. Protecciones eléctricas

Competencias Genéricas:

- **CG 1.** Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- **CG 2.** Competencia para concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).
- **CG 4.** Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de la ingeniería
- **CG 6** Competencia para desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.
- **CG 7.** Competencia para comunicarse con efectividad.
- **CG 8.** Competencia para actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.
- **CG 9.** Competencia para aprender en forma continua y autónoma

## Competencias Específicas:

- **CE 1.3.2** Realizar el diseño proyecto y cálculos de sistemas, redes y /o líneas de Transporte de energía en alta tensión.

## Presentación

Estaciones Transformadoras y Transmisión de la Energía Eléctrica (EETT) es una actividad curricular que pertenece al último año (décimo semestre) de la carrera de Ingeniería Electromecánica. A través del cursado de la asignatura el estudiante desarrollará competencias tales como la de analizar, diseñar y proyectar sistemas de Transformación y Transporte de sistemas eléctricos de potencia y adquirir conceptos de mercado eléctrico, tarifas y calidad del servicio eléctrico.

El estudiante se inicia en la problemática del transporte de la energía eléctrica, utilizando recursos y conceptos adquiridos en otras asignaturas, que son integrados en un solo conjunto, a efectos de lograr la máxima eficiencia.

Con referencia al Mercado Eléctrico se analizan los principios económicos relacionados con los costos de producción, la oferta y demanda del mercado y los conceptos empleados para la determinación de la tarifa al usuario final.

Finalmente se incorporan conceptos relacionados con la calidad del servicio eléctrico en los aspectos del producto técnico y comercial, y los mecanismos de regulación del servicio.

Se enfoca el dictado para que el estudiante adquiera la capacidad de evaluar opciones de transformación y transporte de grandes volúmenes de energía eléctrica, con un criterio técnico- económico,

## Contenidos

### **Unidad 1: Estaciones de transformación y maniobra - Generalidades**

Generalidades. Funciones. Tipos de Estaciones Transformadoras: para Centrales, como vínculo de sistemas de transporte ó para vínculo de transporte y distribución. Esquemas unifilares de sistemas de barras . Simbología, nomenclaturas de equipos y protecciones.

### **Unidad 2: Estaciones de transformación y maniobra – Equipos**

Componentes: Estaciones Transformadoras AIS (Sistemas Aislados en Aire), transformadores, interruptores, seccionadores, transformadores de medida, descargadores de sobretensión, resistores y reactores de neutro. Especificaciones.

Estaciones Transformadoras GIS (Sistemas Aislados en Gas), ventajas, tecnologías, características sobresalientes, especificaciones.

### **Unidad 3: Estaciones de transformación y maniobra - Protecciones**

Análisis de tipos de fallas en líneas de transmisión, en estaciones transformadoras, en redes de distribución.

Simbología de las protecciones. Tipos, de sobrecorriente, direccionales, de mínima y máxima tensión, diferencial, de impedancia. Análisis de fallas en líneas de transmisión, recierre. Protección del transformador (eléctricas y mecánicas).

### **Unidad 4: Estaciones de transformación y maniobra - Diseño**

Emplazamiento de la Estación Transformadora. Relevamiento planialtimétrico. Obras civiles. Nivelación del Terreno. Drenajes y escurrimiento de aguas pluviales. Caminos internos principales y secundarios. Cerramiento perimetral. Fundaciones para equipos, pórticos y transformadores de potencia. Malla de puesta a tierra. Montaje de equipos y estructuras.

### **Unidad 5: Líneas de transporte en alta y muy alta tensión**

Generalidades. Constantes características de las líneas. Ecuación fundamental. Significado físico de las constantes auxiliares. Líneas de alta tensión con constantes distribuidas. Diagrama general de la línea en vacío y en cortocircuito. Pérdidas de potencia y rendimiento de la transmisión. Potencia de máximo rendimiento y potencia máxima transmisible.

Estructuras portantes, aisladores, perfil de tensión de la cadena de aisladores. Conductores aéreos, características principales. Planialtimetría. Hipótesis de cálculo según zonas climáticas en Argentina.

El cable subterráneo de AT, cálculos térmicos y eléctricos. Tendido Cross Bonding Transporte de energía eléctrica en Corriente Continua de Alta Tensión.

### **Unidad 6: Sistemas interconectados.**

Definición. Ventajas e inconvenientes. Regulación de la tensión. Regulación de la frecuencia por una central guía sobre la que repercuten las variaciones de frecuencia. El agente distribuidor o despachante de carga (DUC). Regulación de la potencia por varias centrales guía. Regulador de Potencia. Regulación combinada de la potencia y frecuencia. Regulador de velocidad electrónico.

### **Unidad 7: Costos y precios de la electricidad**

Definición de costos de la electricidad. Principios básicos de la teoría económica. Oferta eléctrica. Demanda eléctrica. Costos económicos de un sistema eléctrico. Costo marginal y costo medio. Costos fijos y costos variables. Criterios económicos de la operación del sistema. Valor agregado de distribución.

## **Unidad 8: Mercado eléctrico – Marco regulatorio**

Definición de mercado eléctrico. Características. Tipos de mercado: spot y a término. Agentes del mercado eléctrico. Rol de los distribuidores de energía eléctrica. Determinación de precios y tarifas eléctricas. Principios de tarificación. Valor nuevo de reemplazo. Costos de capital. Gastos de operación y mantenimiento.

## **Unidad 9: Calidad de servicio eléctrico**

Definición de calidad de servicio. Aspectos regulatorios. Ley 24065: marco regulatorio eléctrico. Características del producto y del servicio eléctrico. Interrupciones. Energía No Suministrada. Penalidades por mala calidad de servicio.

## Metodología de enseñanza

Las clases son teóricas y prácticas, éstas últimas con trabajos prácticos mediante visitas guiadas a distintos tipos de instalaciones. Las actividades teóricas- prácticas se realizan a través de exposiciones dialogadas del docente orientadas a desarrollar en los estudiantes la capacidad de utilizar los recursos disponibles en determinadas zonas para proveer de energía eléctrica a usuarios vinculados al Sistema Eléctrico Nacional de la manera más racional y eficiente. Durante el desarrollo de los Trabajos Prácticos se realizan visitas guiadas a diversos tipos de estaciones transformadoras que le permiten al estudiante ver in situ los conceptos vertidos en las clases teóricas-prácticas, estando en contacto con el equipamiento de alta tensión, las protecciones de líneas y transformadores, sistemas de telecontrol, sistemas de tensiones auxiliares y las características de la operación como integrantes de un sistema interconectado, conjuntamente con las características generales de las líneas de alta tensión que la vinculan al sistema. Se orienta al estudiante para que interrelacione los contenidos de la asignatura, con las otras asignaturas de la especialidad lo que le permite desarrollar un criterio profesional. Plantear situaciones de diferente complejidad durante la clase para que el estudiante proponga soluciones y las defienda utilizando los conocimientos adquiridos. Dar participación permanente al estudiante, realizando preguntas durante el desarrollo del tema para incentivar el aprendizaje.

## Evaluación

Las metodologías y estrategias de evaluación que se emplean, considerando los resultados de aprendizaje y los diferentes temas de las unidades desarrolladas son:

Evaluación de aprendizajes teóricos-prácticos

Se evalúan los informes que elaboran de cada tema y cuestionarios. Evaluaciones escritas parcializando la asignatura. Empleando el instrumento rúbrica.

## Evaluación oral

Se realiza una evaluación anual mediante una entrevista con el estudiante durante la cuál se hacen preguntas aleatorias sobre diversos temas.

## Condiciones de aprobación

- 1.- Tener aprobadas las materias correlativas.-
- 2.- Asistir al 80% de las clases teóricas y prácticas.-
- 3.- Aprobar todos y cada uno de los temas de cada parcial con el 60%.
- 4.- Se podrá recuperar un solo parcial, siendo condición para rendir éste, haber aprobado al menos uno de los parciales que serán tomados en las fechas estipuladas
- 5.- Presentar y aprobar los trabajos que se exijan durante el desarrollo de la enseñanza.
- 6.- Cumpliendo todos los puntos anteriores el estudiante promociona la materia
- 7.- Los estudiantes que cumplen los requisitos y alcanzan el 50% en los parciales y el recuperatorio, quedan en condición de regular pudiendo presentarse en un turno de examen para ser evaluado

## Actividades prácticas y de laboratorio

Se realizan visitas a diferentes Estaciones Transformadores de AT, se concurre al campo didáctico de AT en Laboratorio de AT de la UNC para reconocer equipos, realizar maniobras, simular fallas y otras actividades relacionadas con EETT.

## Competencias y resultados de aprendizaje

<b>Competencia genéricas</b>	<b>Resultados de aprendizaje</b>
<b>CG 1.</b> Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.	<b>RA1.-</b> Aplica conocimientos adquiridos para plantear soluciones a diferentes problemas con un criterio profesional.
<b>CG 2.</b> Competencia para concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).	<b>RA2.-</b> Utiliza las herramientas de diseño con una visión creativa seleccionando materiales y equipos para lograr un resultado técnica y económicamente viable.
<b>CG 4.</b> Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de la ingeniería	<b>RA3.-</b> Identifica las distintas herramientas disponibles para una utilización adecuada de las soluciones posibles en diferentes entornos de aplicación.

<p><b>CG 6</b> Competencia para desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.</p>	<p><b>RA4.-</b> Realiza informes de visitas a EETT y reconocimiento de líneas de AT, en conjunto con otros estudiantes, de acuerdo a los procedimientos.</p>
<p><b>CG 7.</b> Competencia para comunicarse con efectividad.</p>	<p><b>RA5.-</b> Realiza la presentación de un trabajo de investigación, en un tiempo fijo considerando la introducción, desarrollo y conclusiones.</p>
<p><b>CG 8.</b> Competencia para actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.</p>	<p><b>RA6.-</b> Ejecuta el diseño de una EETT y línea de AT considerando el impacto ambiental, el beneficio social durante la obra y funcionamiento industrial.</p> <p><b>RA7.-</b> Aplica alternativas técnicas y económicas para lograr el mejor y viable proyecto en un contexto de actualidad.</p>
<p><b>CG 9.</b> Competencia para aprender en forma continua y autónoma</p>	<p><b>RA8.-</b> Aplica métodos y procedimientos en la resolución de problemas relacionados a estaciones y líneas de AT.</p>

<p><b>Competencia específicas</b></p>	<p><b>Resultados de aprendizaje</b></p>
<p><b>CE 1.3.2</b> Realizar el diseño proyecto y cálculos de sistemas, redes y /o líneas de Transporte de energía en alta tensión.</p>	<p><b>RA1.-</b> Evalúa la necesidad del desarrollo de la infraestructura eléctrica para su incorporación al sistema de EETT y líneas de AT.</p> <p><b>RA2.-</b> Realiza el proyecto de una EETT y línea de AT, para una aplicación determinada, empleando normativas y reglamentaciones vigentes.</p>

# Bibliografía

## **Estaciones de transformación y maniobra**

- "Estaciones de Transformación y Distribución". Protección de Sistemas Eléctricos" de José Ramírez Vázquez - Editorial CEAC S.A.
- "El arte y la ciencia de la protección por relevadores", de C.Russel Mason - Compañía Editorial Continental S.A.

## **Líneas de transporte en alta y muy alta tensión**

- "Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión", de José A. Navarro Márquez, Antonio Montañes Espinosa y Ángel Santillán Lázaro - Editorial Paraninfo - 1998 (Cálculo de Corrientes de Cortocircuito).
- "Cálculos Eléctricos de Grandes Líneas de transmisión" Agostino Dalla Verde Editorial: Alsina.
- "Líneas Aéreas de Transporte de la Energía Eléctrica" A. Checca
- Manual A.E.G.
- "Transmisión and Distribution: Reference Book" Westinghouse
- Revista ABB publicación Mensual de ASEA Y BROWN BOVERI
- "Hitachi Review" publicación de la firma Hitachi de Japón

## **Sistemas interconectados**

- "Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia". William D. Stevenson Editorial: Mc.Graw Hill

## **Costos y precios de la electricidad**

- "Teoría y práctica de la Tarificación a Costos Marginales", de E.M.B.de Caligaris y O.J.Arca (1981). Publicado por EPEC
- "El servicio de distribución de energía eléctrica", de H.Meyer (2008) Jornadas de "Energía eléctrica y alternativas" Departamento Electrotecnia. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. UNC
- "Procedimientos para la Programación de la Operación, el despacho de cargas y el cálculo de precios" de CAMMESA, Bs As, 2000, Tomo I, versión XV, págs 1-320

## **Mercado eléctrico – Marco regulatorio**

- "Introducción al Mercado Eléctrico Mayorista", preparado por CAMMESA para el Curso Introductorio dictado en el Centro Argentino de Ingenieros y adaptado a la normativa vigente a junio de 1995.
- "Análisis del comportamiento del Mercado Eléctrico Argentino y su incidencia en el Mercado Eléctrico de Córdoba" de H.Meyer, 2008. Jornadas de "Energía eléctrica y alternativas" Departamento Electrotecnia. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. UNC

## **Calidad del servicio eléctrico**

- “Evaluación de Confiabilidad de Sistemas de Distribución Eléctrica en Desregulación” Revista Facultad de Ingeniería, U.T.A. CHILE, VOL. 11 N°1, 2003, pp. 33-39 Ricardo Baeza G., José Rodríguez P y Juan L. Hernández S.