

Programa del curso EE-4801

Sistemas eléctricos de transmisión y distribución

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica con énfasis en Instalaciones Electromecánicas

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Sistemas eléctricos de transmisión y distribución
Código:	EE-4801
Tipo de curso:	Teórico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extraclase por semana:	5
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 8 ^{vo} semestre en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Instalaciones Electromecánicas
Requisitos:	Ninguno
Correquisitos:	EE-0802 Máquinas eléctricas II
El curso es requisito de:	EE-4901 Sistemas de generación y almacenamiento de energía
Asistencia:	Libre
Suficiencia:	Si
Posibilidad de reconocimiento:	Si
Aprobación y actualización del programa:	01/01/2026 en sesión de Consejo de Escuela 01-2026

2. Descripción general

El curso de *Sistemas eléctricos de transmisión y distribución* colabora en el desarrollo de los siguientes rasgos del plan de estudios: comprender los fundamentos de los sistemas de distribución y transmisión de energía eléctrica.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: describir la estructura y los desafíos de los sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica, destacando su importancia en la red eléctrica; representar los componentes fundamentales de los sistemas eléctricos de potencia, incluyendo generadores, transformadores, líneas de transmisión y elementos de compensación; determinar los métodos de análisis para evaluar el desempeño de las redes eléctricas, tales como flujos de potencia y estudios de cortocircuito; examinar el impacto de tecnologías emergentes como generación distribuida, almacenamiento de energía y redes inteligentes en la operación de los sistemas eléctricos; y identificar las condiciones anormales en la red eléctrica y los mecanismos de protección para garantizar la seguridad y estabilidad operativa del sistema..

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Máquinas eléctricas II, y Laboratorio de máquinas eléctricas II.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: Sistemas de generación y almacenamiento de energía, y Gestión de la energía.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Analizar el funcionamiento, modelado y operación de los sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica, considerando sus elementos fundamentales, métodos de análisis y tecnologías emergentes para su gestión eficiente y segura

Objetivos específicos

- Describir la estructura y los desafíos de los sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica, destacando su importancia en la red eléctrica
- Representar los componentes fundamentales de los sistemas eléctricos de potencia, incluyendo generadores, transformadores, líneas de transmisión y elementos de compensación
- Determinar los métodos de análisis para evaluar el desempeño de las redes eléctricas, tales como flujos de potencia y estudios de cortocircuito
- Examinar el impacto de tecnologías emergentes como generación distribuida, almacenamiento de energía y redes inteligentes en la operación de los sistemas eléctricos
- Identificar las condiciones anormales en la red eléctrica y los mecanismos de protección para garantizar la seguridad y estabilidad operativa del sistema.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Introducción

- 1.1. Introducción al análisis de los sistemas eléctricos de potencia
 - 1.2. Perspectivas generales de los sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica
 - 1.3. Desafíos y oportunidades
2. Elementos de modelado de sistemas eléctricos de potencia
 - 2.1. Centrales eléctricas
 - 2.2. Generador sincrónico: modelo y parámetros
 - 2.3. Transformador de potencia: modelo y parámetros
 - 2.4. Elementos de compensación de potencia reactiva
 - 2.5. Subestaciones eléctricas
 - 2.6. Cargas estáticas y dinámicas
 - 2.7. Sistema p.u.
3. Elementos estáticos de las redes eléctricas
 - 3.1. Líneas aéreas
 - 3.2. Líneas subterráneas
 - 3.3. Resistencia, inductancia, capacitancia y conductancia de la línea de transmisión.
 - 3.4. Modelado de la línea de transmisión
4. Modelado de las líneas de transmisión
 - 4.1. Modelo de la línea corta
 - 4.2. Modelo de la línea media
 - 4.3. Modelo de la línea larga
5. Modelado de componentes de los sistemas de distribución
 - 5.1. Líneas eléctricas aéreas y subterráneas
 - 5.2. Modelado de transformadores
 - 5.3. Modelado de la demanda
 - 5.4. Modelo de la generación distribuida e inversores
 - 5.5. Modelado de sistemas de almacenamiento
 - 5.6. Modelado de vehículos eléctricos
6. Métodos de flujos de potencia
 - 6.1. Planteamiento del problema de flujo de potencia
 - 6.2. Métodos numéricos para la solución de flujos de potencia
 - 6.3. Gauss Seidel
 - 6.4. Newton Rapson

- 6.5. Desacoplado
- 6.6. Flujo de potencia DC
- 6.7. Reconocimiento de programas de simulación
- 6.8. Programación en programas de simulación
- 7. Análisis de Fallas y estudio de cortocircuito
 - 7.1. Planteamiento del problema de cortocircuito
 - 7.2. Componentes simétricos
 - 7.3. Síntesis de vectores desequilibrados a partir de componentes simétricos
 - 7.4. Operadores, componentes simétricos de vectores asimétricos
 - 7.5. Potencia en función de los componentes simétricos
 - 7.6. Impedancias de secuencia, redes de secuencia
 - 7.7. Fallas NO Simétricas
 - 7.8. Análisis de fallas monofásicas, bifásicas y trifásicas
 - 7.9. Interpretación de las redes de secuencia interconectadas
 - 7.10. Análisis de fallas asimétricas utilizando la matriz de impedancias de barras
 - Operación de sistemas de redes inteligentes de distribución
 - 7.11. Sistemas avanzados para la gestión de la distribución
 - 7.12. Flujos de potencia y el estimador de estados
 - 7.13. Control de tensión y potencia reactiva
 - 7.14. Análisis de cortocircuito simétrico y asimétrico
 - 7.15. Esquemas de protección y gestión de fallas
 - 7.16. Coordinación de recursos energéticos distribuidos
 - 7.17. Coordinación operativa entre transmisión y distribución
- 8. Análisis de condiciones anormales en la red
 - 8.1. Sobretensiones por descargas atmosféricas
 - 8.2. Origen de las descargas atmosféricas, campo eléctrico
 - 8.3. Variaciones del campo eléctrico y formación de rayos
 - 8.4. Pararrayos y zonas de protección, modelo electro-geométrico
 - 8.5. Parámetros eléctricos de las descargas, energía descargada
 - 8.6. Blindaje
 - 8.7. Sobretensiones por maniobra
 - 8.8. Sobretensiones temporales, sobretensiones de frente lento
 - 8.9. Sobretensiones de frente rápido, sobretensiones de frente muy rápido

- 8.10. Mecanismos de protección, perturbaciones de baja frecuencia
- 8.11. Perturbaciones de alta frecuencia, problemas por baja tensión
- 9. Conceptos y aplicaciones de las redes inteligentes
 - 9.1. Comunicaciones eléctricas y ciberseguridad
 - 9.2. Manejo de demanda dinámica y medidores inteligentes
 - 9.3. Automatización de sistemas de distribución
 - 9.4. Sistemas de almacenamiento y electrónica de potencia

II parte: Aspectos operativos

5. Metodología

En este curso, la metodología adoptada es constructivista enfocada en la investigación práctica aplicada. Mediante el uso de técnicas como: estudio de casos, análisis de escenarios y simulación, se espera que el estudiante domine la aplicabilidad de los sistemas de transmisión y distribución.

Las personas estudiantes podrán desarrollar actividades en las que:

- Analizarán casos de estudio sobre la estructura y operación de los sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica.
- Modelarán componentes de los sistemas eléctricos de potencia utilizando software de simulación.
- Resolverán problemas numéricos de flujos de potencia y cortocircuito aplicando diferentes métodos de análisis.
- Examinarán fallas en la red mediante la interpretación de redes de secuencia y análisis de condiciones anormales.
- Interpretarán resultados de estudios eléctricos para proponer estrategias de mejora en la operación del sistema.
- Compararán diferentes modelos de líneas de transmisión y distribución para identificar sus ventajas y limitaciones.
- Investigarán tendencias actuales en tecnologías de transmisión, distribución y automatización de redes eléctricas.
- Presentarán informes técnicos sobre los resultados obtenidos en las simulaciones y análisis realizados.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante analizar el funcionamiento, modelado y operación de los sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica, considerando sus elementos fundamentales, métodos de análisis y tecnologías emergentes para su gestión eficiente y segura

Si un estudiante requiere apoyos educativos, podrá solicitarlos a través del Departamento de Orientación y Psicología.

6. Evaluación

La evaluación se distribuye en los siguientes rubros:

- Exámenes parciales: evaluaciones formales que miden el nivel de comprensión y aplicación de los conceptos clave del curso. Generalmente cubren una parte significativa del contenido visto hasta la fecha y pueden incluir problemas teóricos y prácticos.
- Pruebas cortas: evaluaciones breves y frecuentes que sirven para comprobar el dominio de temas específicos. Suelen ser de menor peso en la calificación final y permiten reforzar el aprendizaje continuo.
- Proyecto: actividad integradora donde los estudiantes aplican conocimientos teóricos y prácticos para resolver un problema real o simulado. Fomenta el desarrollo de habilidades analíticas, de investigación y trabajo en equipo.

Exámenes parciales	60 %
Pruebas cortas	20 %
Proyecto	20 %
Total	100 %

De conformidad con el artículo 78 del Reglamento del Régimen Enseñanza-Aprendizaje del Instituto Tecnológico de Costa Rica y sus Reformas, en este curso la persona estudiante tiene derecho a presentar un examen de reposición si su nota luego de redondeo es 60 o 65.

7. Bibliografía

- [1] J. J. Grainger y W. D. Stevenson, *Análisis de Sistemas de Potencia*. México: McGraw-Hill, 1996.
- [2] D. P. Kothari e I. J. Nagrath, *Sistemas Eléctricos de Potencia*. México: McGraw-Hill, 2008.
- [3] T. Wildi, *Máquinas Eléctricas y Sistemas de Potencia*. México: PEARSON, 2007.
- [4] W. Kersting, *Distribution System Modeling and Analysis*, 3rd. CRC Press, 2012.
- [5] T. Short, *Electric Power Distribution Handbook*, 2nd. CRC Press, 2014.
- [6] T. Gönen, *Electric Power Distribution System Engineering*, 2nd. CRC Press, 2008.
- [7] J. Momoh, *Smart Grid: Fundamentals of Design and Analysis*. Wiley, 2012.
- [8] J. Ekanayake et al., *Smart Grid: Technology and Applications*. Wiley, 2012.
- [9] D. Pinheiro et al., *Smart Operations for Power Distribution Systems: Concepts and Applications*. Springer, 2018.
- [10] G. Migliavacca, *TSO-DSO Interactions and Ancillary Services in Electricity Transmission and Distribution Networks: Modelling, Analysis and Case Studies*. Springer, 2020.

8. Persona docente

El curso será impartido por:

Dr.-Ing. Gustavo Gomez Ramirez

Maestría académica en Ingeniería Eléctrica. Universidad de Costa Rica. Costa Rica.

Maestría Profesional en Administración de Negocios. Universidad Estatal a Distancia. Costa Rica

Doctor en Ingeniería. Licenciado en Ingeniería en Mantenimiento Industrial. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica

Correo: ggomez@itcr.ac.cr *Teléfono:* 25509354

Oficina: 17 *Escuela:* Ingeniería Electromecánica *Sede:* Cartago