

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

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

## 2. Descripción general

El curso de *Sistemas eléctricos de transmisión y distribución* aporta 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 de los sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica, representando los componentes fundamentales de los sistemas eléctricos de potencia, incluyendo generadores, transformadores, líneas de transmisión y elementos de compensación de potencia reactiva; determinar los métodos de análisis de flujos de potencia y estudios de cortocircuito para la evaluación del desempeño de las redes eléctricas; 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, garantizando la seguridad y estabilidad operativa del sistema..

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en el curso 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

### Objetivos específicos

- Describir la estructura de los sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica, representando los componentes fundamentales de los sistemas eléctricos de potencia, incluyendo generadores, transformadores, líneas de transmisión y elementos de compensación de potencia reactiva
- Determinar los métodos de análisis de flujos de potencia y estudios de cortocircuito para la evaluación del desempeño de las redes eléctricas
- 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, garantizando 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. Transformadores
  - 5.3. Demanda
  - 5.4. Generación distribuida e inversores
  - 5.5. Sistemas de almacenamiento
  - 5.6. Vehículos eléctricos
6. Métodos de análisis de flujos de potencia
  - 6.1. Planteamiento del problema de flujo de potencia
  - 6.2. Aplicación de Gauss Seidel
  - 6.3. Aplicación de Newton Rapson
  - 6.4. Aplicación de Desacoplado rápido
  - 6.5. Aplicación de Flujo de potencia DC
  - 6.6. Reconocimiento y programación en software 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
- 8. Operación de sistemas de redes inteligentes de distribución
  - 8.1. Sistemas avanzados para la gestión de la distribución
  - 8.2. Flujos de potencia y el estimador de estados
  - 8.3. Control de tensión y potencia reactiva
  - 8.4. Análisis de cortocircuito simétrico y asimétrico
  - 8.5. Esquemas de protección y gestión de fallas
  - 8.6. Coordinación de recursos energéticos distribuidos
  - 8.7. Coordinación operativa entre transmisión y distribución
- 9. Análisis de condiciones anormales en la red
  - 9.1. Sobretensiones por descargas atmosféricas
  - 9.2. Origen de las descargas atmosféricas, campo eléctrico
  - 9.3. Variaciones del campo eléctrico y formación de rayos
  - 9.4. Pararrayos y zonas de protección, modelo electro-geométrico
  - 9.5. Parámetros eléctricos de las descargas, energía descargada
  - 9.6. Blindaje
  - 9.7. Sobretensiones por maniobra
  - 9.8. Sobretensiones temporales, sobretensiones de frente lento
  - 9.9. Sobretensiones de frente rápido, sobretensiones de frente muy rápido
  - 9.10. Mecanismos de protección, perturbaciones de baja frecuencia
  - 9.11. Perturbaciones de alta frecuencia, problemas por baja tensión
- 10. Conceptos y aplicaciones de las redes inteligentes
  - 10.1. Comunicaciones eléctricas y ciberseguridad

10.2. Manejo de demanda dinámica y medidores inteligentes

10.3. Automatización de sistemas de distribución

10.4. 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

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