

Programa del curso EE-4901

Sistemas de generación y almacenamiento de energía

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 de generación y almacenamiento de energía
Código:	EE-4901
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 9 ^{no} semestre en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Instalaciones Electromecánicas
Requisitos:	EE-4801 Sistemas eléctricos de transmisión y distribución
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	<i>Énfasis en Instalaciones Electromecánicas:</i> EE-5003 Gestión de la energía
Asistencia:	Libre
Suficiencia:	Sí
Posibilidad de reconocimiento:	Sí
Aprobación y actualización del programa:	01/01/2026 en sesión de Consejo de Escuela 01-2026

2. Descripción general

El curso de *Sistemas de generación y almacenamiento de energía* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: desarrollar soluciones de generación y almacenamiento de energía para autoconsumo y venta de energía.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: comprender los principios fundamentales de las tecnologías de generación de energía renovable y no renovable; analizar diferentes sistemas de almacenamiento de energía y su integración en redes eléctricas; dimensionar soluciones de generación y almacenamiento de energía adaptadas a diferentes contextos y necesidades; y aplicar técnicas de análisis de estabilidad para la evaluación de sistemas de generación y almacenamiento de energía, mediante el uso de herramientas de simulación y modelado.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Sistemas eléctricos de transmisión y distribución, y Máquinas eléctricas II.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en el curso de: Gestión de la energía.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Desarrollar en los estudiantes las competencias necesarias para la evaluación de sistemas de generación y almacenamiento de energía, tanto para autoconsumo como para la venta de energía en pequeña y gran escala, utilizando tecnologías sostenibles y eficientes.

Objetivos específicos

- Comprender los principios fundamentales de las tecnologías de generación de energía renovable y no renovable.
- Analizar diferentes sistemas de almacenamiento de energía y su integración en redes eléctricas.
- Dimensionar soluciones de generación y almacenamiento de energía adaptadas a diferentes contextos y necesidades.
- Aplicar técnicas de análisis de estabilidad para la evaluación de sistemas de generación y almacenamiento de energía, mediante el uso de herramientas de simulación y modelado.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Introducción a las energías renovables y no renovables
 - 1.1. Contexto nacional internacional
 - 1.2. Tipos de energías renovables y no renovables
 - 1.3. Importancia del almacenamiento de energía
 - 1.4. Marco regulatorio

- 2. Energías renovables: tecnologías e integración a la red
 - 2.1. Generación hidroeléctrica
 - 2.2. Generación geotérmica
 - 2.3. Generación solar fotovoltaica
 - 2.4. Generación eólica
 - 2.5. Generación por biomasa
 - 2.6. Generación por energía de las olas
- 3. Energías no renovables
 - 3.1. Fundamentos de la energía no renovable
 - 3.2. Tecnologías de las energías no renovables
 - 3.3. Integración a la red de las energías no renovables
- 4. Almacenamiento de energía: baterías electroquímicas
 - 4.1. Tipos de baterías y sus aplicaciones
 - 4.2. Diseño y dimensionamiento de sistemas de baterías
 - 4.3. Ciclo de vida y reciclaje
 - 4.4. Integración a la red eléctrica
- 5. Almacenamiento de energía: hidrógeno y combustibles sintéticos
 - 5.1. Producción y almacenamiento de hidrógeno
 - 5.2. Aplicaciones de combustibles sintéticos
 - 5.3. Integración a la red eléctrica
- 6. Otros tipos de almacenamiento de energía
 - 6.1. Principios de funcionamiento del almacenamiento mecánico, químico, térmico, eléctrico
 - 6.2. Aplicaciones prácticas y alternativas modernas de almacenamiento
 - 6.3. Comparación con otras tecnologías
- 7. Operación económica de la generación de electricidad
 - 7.1. Costos y beneficios de la generación de electricidad
 - 7.2. Distribución de cargas entre unidades de una misma central
 - 7.3. Pérdidas de transmisión en función de la producción, cálculo de los coeficientes de pérdidas, distribución de la carga entre centrales, factores de penalización
 - 7.4. Despacho económico de la generación
- 8. Integración de sistemas de generación y almacenamiento al sistema de potencia
 - 8.1. Modelado y simulación de sistemas integrados

- 8.2. Análisis de estabilidad, el problema de estabilidad
- 8.3. Estabilidad en régimen permanente y estabilidad en régimen transitorio
- 8.4. Ecuación de oscilación
- 8.5. Principios de regulación de tensión y frecuencia en un sistema interconectado
- 8.6. Estrategias de control y regulación
- 8.7. Casos de estudio

II parte: Aspectos operativos

5. Metodología En este curso, se utilizará el enfoque sistémico-complejo para la ejecución de las sesiones magistrales y se integrará la investigación práctica aplicada para las asignaciones extraclase. Esta última se implementará mediante técnicas como el estudio de casos, el aprendizaje basado en proyectos, el modelado y la simulación.

Las personas estudiantes podrán desarrollar actividades en las que:

- Recibirán clases magistrales con material audiovisual y discusión en grupo sobre conceptos de sistemas de generación y almacenamiento de energía.
- Realizarán exposiciones teóricas, combinadas con ejercicios prácticos y simulaciones de la generación de electricidad renovable y no renovable, y se analizarán la integración a la red eléctrica de transmisión y distribución. Se hará análisis de tecnologías mediante estudios de caso y evaluación de impacto ambiental.
- Realizarán cálculos de costos y optimización del despacho económico con ejercicios prácticos con la finalidad de determinar las unidades más económicas.
- Utilizarán herramientas de modelado y simulación para analizar estabilidad y estrategias de control ante una presencia de energías renovables y no renovables, almacenamiento y su interacción con los otros elementos del sistema de potencia.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante desarrollar en los estudiantes las competencias necesarias para la evaluación de sistemas de generación y almacenamiento de energía, tanto para autoconsumo como para la venta de energía en pequeña y gran escala, utilizando tecnologías sostenibles y eficientes

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:

- Pruebas 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.
- Act. aprendizaje activo: actividad diseñada para que los estudiantes se involucren de manera directa y práctica en la construcción de su conocimiento, a través de la resolución de problemas, la discusión y la aplicación de conceptos teóricos en contextos reales o simulados.

Pruebas parciales (2)	60 %
Pruebas cortas (5)	25 %
Act. aprendizaje activo (4)	15 %
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] A. Rufer, *Energy storage: systems and components*. CRC Press, 2017.
- [2] M. Sterner e I. Stadler, *Handbook of energy storage: Demand, technologies, integration*. Springer, 2019.
- [3] J. J. Grainger y W. D. Stevenson, *Análisis de Sistemas de Potencia*. México: McGraw-Hill, 1996.
- [4] M. Eremia y M. Shahidehpour, *Handbook of Electrical Power System Dynamics: Modeling, Stability, and Control*. Wiley-IEEE Press, 2013, ISBN: 9781118516072.
- [5] J. D. Glover y M. S. Sarma, *Sistemas de Potencia: análisis y diseño*. Cengage Learning Editores, 2003.
- [6] S. J. Chapman, *Máquinas Eléctricas*. McGraw Hill México, 2012.
- [7] P. Kundur, N. J. Balu y M. G. Lauby, *Power System Stability and Control*. McGraw-hill New York, 1994, vol. 7.
- [8] L. L. Grigsby, *The Electric Power Engineering Handbook*. CRC Press, 2000.
- [9] T. Wildi et al., *Máquinas eléctricas y sistemas de potencia*. Biblioteca Hernán Malo González, 2007.

8. Persona docente

El curso será impartido por:

M.Sc. Gustavo Gomez Ramirez
Bachillerato en Ingeniería en Mantenimiento Industrial, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica

Licenciatura en Ingeniería en Mantenimiento Industrial, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica

Maestría en Ingeniería Eléctrica, Universidad de Costa Rica, Costa Rica

Maestría en Administración de Negocios, Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica

Doctorado en Ingeniería, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica

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

Oficina: 17 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

M.Sc. Gonzalo Mora Jiménez

Bachillerato en Ingeniería Eléctrica, Universidad de Costa Rica, Costa Rica

Especialización en Mercados Energéticos, Universidad Nacional de Colombia, Colombia

Maestría en Ingeniería Eléctrica, Universidad de Costa Rica, Costa Rica

Correo: gonmora@itcr.ac.cr Teléfono: 25509354

Oficina: 2 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

M.Sc. Luis Carlos Muñoz Chacón

Bachillerato en Ingeniería Eléctrica, Universidad de Costa Rica, Costa Rica

Licenciatura en Ingeniería Eléctrica, Universidad de Costa Rica, Costa Rica

Maestría en Ingeniería Eléctrica, Universidad de Costa Rica, Costa Rica

Maestría en Administración de Proyectos, Universidad para la Cooperación Internacional, Costa Rica

Correo: lmunoz@itcr.ac.cr Teléfono: 25509354

Oficina: 2 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago