

Programa del curso CA-2026

Introducción a la computación

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica (tronco común)

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Introducción a la computación
Código:	CA-2026
Tipo de curso:	Teórico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	2
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extraclasses por semana:	2
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 2 ^{do} semestre en Ingeniería Electromecánica (tronco común)
Requisitos:	EE-0108 Introducción a la ingeniería electromecánica
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	EE-0305 Transductores
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 *Introducción a la computación* aporta en el desarrollo de los siguientes rasgos del plan de estudios: desarrollar soluciones de software para el control y procesamiento de datos en sistemas electromecánicos; y desarrollar soluciones de hardware usando microcontroladores para el control y procesamiento de datos en sistemas electromecánicos.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: reconocer a los principales actores históricos de la computación y sus aportes, valorando cómo estos influyeron en la evolución de las arquitecturas computacionales modernas; aplicar conceptos matemáticos en la representación de datos digitales, entendiendo cómo se modela la información del mundo físico dentro de dispositivos digitales ; simular procesos computacionales por medio de una representación abstracta de máquina, ya sea una máquina de estados o una máquina de Turing como herramienta para la abstracción de problemas y soluciones ; y explicar el rol y funcionamiento de los diferentes componentes arquitecturales de la computadora digital moderna.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en el curso de: Matemática general.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: Transductores, Métodos numéricos para ingeniería, y Microcontroladores.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Comprender los fundamentos del procesamiento y representación de la información en sistemas computacionales, así como la estructura básica de las computadoras digitales, con el fin de aplicar estos conocimientos en el análisis, selección e integración de tecnologías computacionales dentro de sistemas electromecánicos.

Objetivos específicos

- Reconocer a los principales actores históricos de la computación y sus aportes, valorando cómo estos influyeron en la evolución de las arquitecturas computacionales modernas.
- Aplicar conceptos matemáticos en la representación de datos digitales, entendiendo cómo se modela la información del mundo físico dentro de dispositivos digitales .
- Simular procesos computacionales por medio de una representación abstracta de máquina, ya sea una máquina de estados o una máquina de Turing como herramienta para la abstracción de problemas y soluciones .
- Explicar el rol y funcionamiento de los diferentes componentes arquitecturales de la computadora digital moderna.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Representación de Información

- 1.1. Información analógica y digital
- 1.2. Bases numéricas posicionales y cambio de base
- 1.3. Representación de números binarios
- 1.4. Operaciones aritméticas en otras bases
- 1.5. Notación de punto flotante
- 1.6. Representaciones de datos como números enteros, caracteres, flotantes y otros tipos de datos
2. Modelo de Computación Abstracto
 - 2.1. Máquinas de estados finitos y autómatas
 - 2.2. Máquinas no programables, programables y reprogramables
 - 2.3. Historia de Alan Turing y sus aportes a la computación
 - 2.4. Máquinas de Turing
 - 2.5. Niveles de máquinas virtuales y construcción de lenguajes
3. Arquitectura de Computadoras
 - 3.1. Actores importantes en la arquitectura de computadoras y sus aportes
 - 3.2. Arquitectura de von Neumann y arquitectura de Harvard
 - 3.3. Estructura de la Unidad Central de Procesamiento
 - 3.4. Jerarquía de Memoria
4. Ciclo de Procesamiento
 - 4.1. Historia de los procesadores y Ley de Moore
 - 4.2. Introducción al lenguaje ensamblador
 - 4.3. Interrupciones, operaciones de registros y microcódigo
 - 4.4. Arquitecturas de computadoras no convencionales

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 exposiciones breves y estructuradas para introducir los fundamentos de la computación aplicados a la ingeniería electromecánica.
- Analizarán casos históricos y arquitecturas de computadoras mediante lecturas guiadas y discusiones en clase.
- Desarrollarán ejercicios prácticos de representación numérica, operaciones binarias y notación de punto flotante.
- Simularán modelos computacionales abstractos como autómatas y máquinas de Turing para ejercitarse en el razonamiento lógico.
- Explorarán el funcionamiento del procesador y del lenguaje ensamblador a través de actividades prácticas y resolución de problemas.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante comprender los fundamentos del procesamiento y representación de la información en sistemas computacionales, así como la estructura básica de las computadoras digitales, con el fin de aplicar estos conocimientos en el análisis, selección e integración de tecnologías computacionales dentro de sistemas electromecánicos

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] J. E. Hopcroft, R. Motwani y J. D. Ullman, *Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation*. Addison-Wesley, 2001.
- [2] M. Mano, *Diseño Digital*. Pearson Education, 2003.
- [3] W. Stallings, *Computer Organization and Architecture*, 10.^a ed. Pearson, 2016.
- [4] A. S. Tanenbaum y T. Austin, *Structured Computer Organization*. Pearson, 2016.

8. Persona do- cente

El curso será impartido por:

Mag. Rellenar

Rellenar

Correo: xxx@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 0 Escuela: Ingeniería en Producción Industrial Sede: Cartago

Programa del curso EE-0107

Dibujo técnico

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica (tronco común)

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Dibujo técnico
Código:	EE-0107
Tipo de curso:	Teórico - Práctico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extraclasses por semana:	5
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 1 ^{er} semestre en Ingeniería Electromecánica (tronco común)
Requisitos:	Ninguno
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	EE-0207 Estática
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
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 *Dibujo técnico* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: estructurar sus ideas de manera clara y transmitirlas de forma oral, escrita o mediante dibujos de ingeniería, tanto en español como en inglés.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: desarrollar la inteligencia espacial y la capacidad de la elaboración de bocetos a mano alzada y el uso de instrumentos básicos de dibujo, con el fin de interpretar y comunicar eficazmente ideas en el ámbito de la ingeniería; comprender los fundamentos teóricos del dibujo técnico básico necesarios para la correcta construcción de proyecciones ortogonales y axonométricas, escalas y acotado de cuerpos geométricos; usar las normas de dibujo, en particular las normas INTE/ISO y ANSI, para construir planos técnicos que representen de forma clara y detallada cuerpos geométricos, incorporando toda la información necesaria para su correcta especificación geométrica y dimensional; y utilizar herramientas de diseño asistido por computadora (CAD) de vanguardia, de forma integral para leer, diseñar y editar planos de ingeniería.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en el curso de: Matemática general.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: Estática, Manufactura, y Dibujo industrial.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Aplicar de manera efectiva los fundamentos, normas y herramientas del dibujo técnico para elaborar e interpretar planos de cuerpos geométricos de forma clara y precisa, tanto en español como en inglés.

Objetivos específicos

- Desarrollar la inteligencia espacial y la capacidad de la elaboración de bocetos a mano alzada y el uso de instrumentos básicos de dibujo, con el fin de interpretar y comunicar eficazmente ideas en el ámbito de la ingeniería.
- Comprender los fundamentos teóricos del dibujo técnico básico necesarios para la correcta construcción de proyecciones ortogonales y axonométricas, escalas y acotado de cuerpos geométricos.
- Usar las normas de dibujo, en particular las normas INTE/ISO y ANSI, para construir planos técnicos que representen de forma clara y detallada cuerpos geométricos, incorporando toda la información necesaria para su correcta especificación geométrica y dimensional.
- Utilizar herramientas de diseño asistido por computadora (CAD) de vanguardia, de forma integral para leer, diseñar y editar planos de ingeniería.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Introducción al dibujo técnico como lenguaje de comunicación
 - 1.1. Historia del dibujo técnico

- 1.2. El dibujo técnico como lenguaje de ingeniería
- 1.3. Instrumentos y herramientas de dibujo
2. Conceptos normativos del dibujo técnico
 - 2.1. Tipos de líneas
 - 2.2. Rotulado
 - 2.3. Formatos
 - 2.4. Cajetín
 - 2.5. Escalas
 - 2.6. Distribución de un plano
3. Geometría descriptiva
 - 3.1. Consideraciones fundamentales de la Geometría Descriptiva
 - 3.2. Sistema de proyección y designación de vistas
 - 3.3. Proyección del punto, el segmento y los planos en el espacio
 - 3.4. Longitudes y dimensiones naturales
 - 3.5. Características particulares de la representación de los Cuerpos Geométricos
 - 3.6. Intersección de Cuerpos Geométricos
 - 3.7. Desarrollos de cuerpos geométricos
4. Proyecciones ortogonales
 - 4.1. Criterios de selección de la vista frontal y la ubicación de las otras vistas
 - 4.2. Selección de vistas mínimas para definir un objeto
5. Proyecciones Axonométricas
 - 5.1. Axonometría isométrica
 - 5.2. Axonometrías dimétricas
 - 5.3. Construcción de proyección axonométrica a partir de proyecciones ortogonales
6. Acotado
 - 6.1. Conceptos normativos del acotado
 - 6.2. Criterios para la acotación correcta de proyecciones ortogonales
 - 6.3. Relación entre cota y escala

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 sesiones prácticas. Esta última se implementará mediante técnicas como el modelado, simulación, prototipado y la experimentación controlada.

Las personas estudiantes podrán desarrollar actividades en las que:

- Recibirán instrucción sobre los fundamentos del dibujo técnico para ingeniería.
- Desarrollarán habilidades técnicas en el contexto del dibujo técnico normado.
- Validarán planos contra estándares y normas establecidas.
- Utilizarán herramientas computacionales para el modelado y representación gráfica de una parte de un producto con el fin de generar un plano técnico que responda a las normas de dibujo.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante aplicar de manera efectiva los fundamentos, normas y herramientas del dibujo técnico para elaborar e interpretar planos de cuerpos geométricos de forma clara y precisa, tanto en español como en inglés

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.
- Tareas: evaluaciones que tienen el propósito de reforzar, aplicar o evaluar el aprendizaje de un tema específico. Pueden requerir investigación, resolución de problemas, desarrollo de habilidades prácticas o aplicación de conocimientos teóricos.
- 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 %
Tareas (6)	15 %
Act. aprendizaje activo (1)	25 %
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 **no** tiene derecho a presentar un examen de reposición.

7. Bibliografía

- [1] F. E. Giesecke et al., *Dibujo Técnico con Gráficas de Ingeniería*, 14.^a ed. México: Pearson Educación, 2012, ISBN: 978-607-32-1353-0.
- [2] D. K. Lieu y S. A. Sorby, *Visualization, Modeling, and Graphics for Engineering Design*, 2nd. Cengage Learning, 2017, ISBN: 9780357112100.
- [3] S. Bogoliúbov, *Dibujo Técnico*. Moscú, Rusia: MIR, 1985.
- [4] S. Bogoliúbov, *Prácticas para el Curso de Dibujo Técnico*. Moscú, Rusia: MIR, 1985.
- [5] J. L. P. Díaz y S. P. Cuenca, *Expresión Gráfica en la Ingeniería: Introducción al Dibujo Industrial*. España: Prentice Hall, 1998, ISBN: 978-84-205-5090-9.

8. Persona docente El curso será impartido por:

M.Sc. Luis Felipe Córdoba Ramírez

Máster en ciencias en Ingeniería Mecánica. Universidad de Utah. Estados Unidos.

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

Correo: lfcordoba@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 22 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Christopher Vega Sánchez, Ph.D.

Doctor en filosofía en ciencias. Universidad de Sídney. Australia.

Máster en ciencias en Ingeniería de Sistemas Microelectromecánicos. Universidad de Freiburg. Alemania.

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

Correo: cvega@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 20 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

M.Sc. Noel Jacob Ureña Sandí

Máster en ciencias en Concepción y Producción Asistida por Computadora en Ingeniería Mecánica. RWTH Aachen University. Alemania.

Licenciado en Ingeniería en Materiales. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica

Correo: nurena@itcr.ac.cr Teléfono: 25509347

Oficina: 22 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Juan Luis Guerrero Fernández, Ph.D.

Doctor en filosofía en ciencias. Universidad de Sheffield. Inglaterra.

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

Máster en Ciencias en Mecatrónica. FH Aachen University of Applied Sciences. Alemania.

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

Oficina: 10 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Mag. Herberth Jackson Quirós

Máster profesional en Ingeniería Mecánica. Universidad de Costa Rica. Costa Rica.

Licenciado en Ingeniería Mecánica. Universidad de Costa Rica. Costa Rica.

Bachiller en Ingeniería Electromecánica. Universidad Fidélitas. Costa Rica.

Correo: hjackson@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 15 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Mag. Carlos Otárola Zúñiga

Máster en Sistemas Modernos de Manufactura. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Bachiller en Ingeniería Mecánica. Universidad de Costa Rica. Costa Rica.

Correo: cotarola@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 4 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

M.Sc. Víctor Julio Hernández

Máster en ciencias con especialización explotación técnica de aviones y motores. Instituto de Kiev de los Ingenieros de Aviación Civil. Ucrania.

Ingeniero aeronáutico. Instituto de Kiev de los Ingenieros de Aviación Civil. Ucrania.

Correo: vhernandezg@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 11 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Ing. Francisco Bonilla Guido

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

Correo: frbonilla@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 15 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Ing. Joshua Guzmán Conejo

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

Correo: joguzman@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 25 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Ing. Julio César Rojas Gómez

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

Correo: jrojas@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 0 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Mag. Laura Salas Moya

Maestría en Administración de Proyectos de Construcción. Licenciatura en Ingeniería Mecánica. Universidad de Costa Rica. Costa Rica

Correo: lausalas@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 0 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Mag. Manuel Francisco Mata Coto

LLENAR

Correo: mfmata@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 0 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

M.Sc. Frank Marín Guillén

Master en Ingeniería en Microsistemas. Albert-Ludwigs Universität. Alemania

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

Correo: fmarin@itcr.ac.cr Teléfono: 25509380

Oficina: 31 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Ing. Luis Chévez Gómez

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

Correo: lchevez@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 0 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Ing. Maximino Jimenez Cecilio

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

Correo: maxjimenez@itcr.ac.cr Teléfono: 87849096

Oficina: 0 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Ing. Marvin Bermúdez Chacón

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

Correo: mabermudez@itcr.ac.cr *Teléfono:* 86228623

Oficina: 216 *Escuela:* Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Industrial *Sede:* Cartago

Programa del curso EE-0108

Introducción a la ingeniería electromecánica

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica (tronco común)

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Introducción a la ingeniería electromecánica
Código:	EE-0108
Tipo de curso:	Teórico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	1
Nº horas de clase por semana:	2
Nº horas extraclasses por semana:	1
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 1 ^{er} semestre en Ingeniería Electromecánica (tronco común)
Requisitos:	Ninguno
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	CA-2026 Introducción a la computación; CS-2303 Relaciones laborales
Asistencia:	Libre
Suficiencia:	Sí
Possibilidad 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 *Introducción a la ingeniería electromecánica* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: actuar con integridad y responsabilidad social en el ejercicio de la ingeniería, fomentando una comunicación efectiva y una actitud colaborativa en equipos de trabajo, y promoviendo una cultura de salud, seguridad y bienestar en el entorno laboral.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: contextualizar la ingeniería electromecánica dentro de las ciencias de la ingeniería y su impacto en la industria y la sociedad; introducir conceptos fundamentales de mecánica, electricidad, termodinámica y control, resaltando sus interacciones en sistemas electromecánicos, enfatizando la importancia de la eficiencia energética y la sostenibilidad; familiarizar a los estudiantes con herramientas y metodologías de análisis y diseño utilizadas en la resolución de problemas técnicos, fomentando el pensamiento crítico e interdisciplinario; y explorar aplicaciones prácticas en sectores clave como energía, manufactura, robótica y transporte, considerando aspectos de la normativa nacional y la responsabilidad profesional.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en el curso de: Relaciones laborales.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Comprender de manera integral la ingeniería electromecánica, incluyendo sus principios básicos, aplicaciones y metodologías de resolución de problemas, para el desarrollo un pensamiento analítico y una perspectiva interdisciplinaria sobre el diseño, análisis, seguridad y mantenimiento de sistemas electromecánicos.

Objetivos específicos

- Contextualizar la ingeniería electromecánica dentro de las ciencias de la ingeniería y su impacto en la industria y la sociedad.
- Introducir conceptos fundamentales de mecánica, electricidad, termodinámica y control, resaltando sus interacciones en sistemas electromecánicos, enfatizando la importancia de la eficiencia energética y la sostenibilidad.
- Familiarizar a los estudiantes con herramientas y metodologías de análisis y diseño utilizadas en la resolución de problemas técnicos, fomentando el pensamiento crítico e interdisciplinario.
- Explorar aplicaciones prácticas en sectores clave como energía, manufactura, robótica y transporte, considerando aspectos de la normativa nacional y la responsabilidad profesional.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Introducción a la ingeniería electromecánica
 - 1.1. ¿Qué es la ingeniería electromecánica?
 - 1.2. Historia y evolución de la ingeniería electromecánica

- 1.3. Importancia en la industria y la sociedad
- 1.4. Relación con otras disciplinas (mecánica, eléctrica, electrónica, aeronáutica, sistemas ciber físicos)
2. El rol de la persona ingeniera electromecánica
 - 2.1. Perfil profesional y competencias clave
 - 2.2. Ética y responsabilidad en la ingeniería
 - 2.3. Impacto social, ambiental y económico de la profesión
 - 2.4. Experiencias de personas ingenieras en el mundo
3. Fundamentos de mecánica clásica
 - 3.1. Leyes de Newton y análisis de fuerzas
 - 3.2. Cinemática y dinámica de cuerpos rígidos
 - 3.3. Visualización Lagrangiana y Hamiltoniana de movimiento
 - 3.4. Energía mecánica y eficiencia
 - 3.5. Aplicaciones en sistemas electromecánicos
4. Termodinámica y conversión de energía
 - 4.1. Principios de la termodinámica
 - 4.2. Ciclos termodinámicos
 - 4.3. Aplicaciones en motores térmicos y sistemas de refrigeración
5. Mecánica de fluidos y transferencia de calor
 - 5.1. Principios de mecánica de fluidos: ecuación de continuidad y Bernoulli
 - 5.2. Aplicaciones de las ecuaciones de Navier Stokes
 - 5.3. Fundamentos de transferencia de calor: conducción, convección y radiación
 - 5.4. Aplicaciones en sistemas térmicos y de refrigeración
6. Principios de ingeniería eléctrica
 - 6.1. Circuitos eléctricos básicos y leyes de Kirchhoff
 - 6.2. Magnetismo y sus aplicaciones en transformadores y motores eléctricos
 - 6.3. Generación, transmisión y distribución de energía
7. Fundamentos de ingeniería electrónica y de control
 - 7.1. Conceptos básicos de circuitos electrónicos
 - 7.2. Sensores y actuadores en sistemas electromecánicos
 - 7.3. Introducción al control automático y sistemas embebidos
8. Programación aplicada a la electromecánica para diseño y simulación
 - 8.1. Introducción al modelado y simulación

- 8.2. Lenguajes comunes
- 8.3. Control de sistemas electromecánicos con programación
- 8.4. Simulación de sistemas simples
- 8.5. Aplicaciones en la industria
- 9. Sistemas ciberfísicos y transformación digital
 - 9.1. Definición y aplicaciones de sistemas ciber físicos
 - 9.2. Internet de las cosas (IoT) en la ingeniería electromecánica
 - 9.3. Gemelos digitales y manufactura inteligente
- 10. Ingeniería Aeronáutica
 - 10.1. Sistemas electromecánicos en aeronaves
 - 10.2. Principios básicos de aerodinámica y propulsión
 - 10.3. Electrificación y automatización en la aviación
- 11. Energías renovables, eficiencia energética y sostenibilidad
 - 11.1. Fuentes de energía tradicionales: hidráulica, geotérmica, térmica
 - 11.2. Fuentes de energía no tradicionales: eólica, solar y oceánica
 - 11.3. Almacenamiento de energía y baterías
 - 11.4. Vehículos eléctricos
 - 11.5. Diseño para la eficiencia energética en sistemas electromecánicos
 - 11.6. Impacto ambiental y normativas de sustentabilidad
- 12. Gestión y administración en ingeniería
 - 12.1. Fundamentos de gestión de proyectos
 - 12.2. Costos y presupuestos en ingeniería electromecánica
 - 12.3. Estrategias clásicas y emergentes de mantenimiento industrial
- 13. Desarrollo profesional y oportunidades laborales
 - 13.1. Normativa nacional y responsabilidad profesional
 - 13.2. Certificaciones y especializaciones clave
 - 13.3. Sectores industriales y áreas de aplicación
 - 13.4. Habilidades y competencias para el mercado laboral
- 14. Seguridad en ingeniería electromecánica
 - 14.1. Normas de seguridad eléctrica, mecánica y térmica
 - 14.2. Protocolos de protección en instalaciones electromecánicas
 - 14.3. Prevención de riesgos en la industria
- 15. Tendencias y futuro de la ingeniería electromecánica

- 15.1. Transformación digital y manufactura inteligente
- 15.2. Inteligencia artificial aplicada a sistemas electromecánicos
- 15.3. Avances en materiales inteligentes y manufactura aditiva
- 15.4. Perspectivas futuras de la ingeniería electromecánica
- 16. La investigación en el campo de la ingeniería electromecánica
 - 16.1. Las líneas actuales de investigación
 - 16.2. Metodologías científicas aplicadas a la ingeniería
 - 16.3. Vínculos entre academia, industria y sociedad
 - 16.4. Ética, sostenibilidad y responsabilidad en la investigación

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 temas introductorios de la ingeniería electromecánica.
- Realizarán juegos, analogías y experimentos controlados con modelos sencillos, para hacer que los conceptos sean más tangibles y atractivos.
- Analizarán la evolución y el impacto de la ingeniería electromecánica en la industria y la sociedad.
- Conocerán los principios de mecánica, termodinámica, mecánica de fluidos y transferencia de calor en sistemas electromecánicos.
- Conocerán las normativas y protocolos de seguridad en entornos industriales.
- Conocerán sobre circuitos eléctricos, máquinas eléctricas, sistemas electrónicos de control y componentes electromecánicos en software especializado.
- Explorarán aplicaciones en aeronáutica, transporte eléctrico, generación de energía, compararán tecnologías emergentes en automatización, sistemas cibéricos y transformación digital.
- Entenderán conceptos sobre eficiencia energética y sostenibilidad, innovaciones tecnológicas y tendencias en el sector.
- Realizarán giras donde se complementen los conceptos desarrollados del curso.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante comprender de manera integral la ingeniería electromecánica, incluyendo sus principios básicos, aplicaciones y metodologías de resolución de problemas, para el desarrollo un pensamiento analítico y una perspectiva interdisciplinaria sobre el diseño, análisis, seguridad y mantenimiento de sistemas electromecánicos

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] S. E. Lyshevski, *Electromechanical systems and devices*. CRC Press, 2008.
- [2] B. S. Elliott, *Electromechanical devices & components illustrated sourcebook*. McGraw Hill Professional, 2007.
- [3] T. Wildi et al., *Máquinas eléctricas y sistemas de potencia*. Biblioteca Hernán Malo González, 2007.

8. Persona docente

El curso será impartido por:

Christopher Vega Sánchez, Ph.D.

Doctor en filosofía en ciencias. Universidad de Sídney. Australia.

Máster en ciencias en Ingeniería de Sistemas Microelectromecánicos. Universidad de Freiburg. Alemania.

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

Correo: cvega@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 20 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Dr.-Ing. Juan José Rojas Hernández

Doctor en ciencia aplicada a la integración de sistemas. Instituto Tecnológico de Kyushu. Japón.

Máster en electrónica con énfasis en microsistemas. Licenciado en Mantenimiento Industrial. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Correo: juan.rojas@itcr.ac.cr Teléfono: 88581419

Oficina: 31 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

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

Juan José Montero Jimenez, Ph.D.

Doctorado en Ingeniería Industrial e Informática. Universidad de Toulouse. Francia.

Máster en ciencias en Ingeniería Aeroespacial. ISAE-SUPAERO. Francia.

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

Correo: juan.montero@itcr.ac.cr Teléfono: 25509338

Oficina: 5 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-0207

Estática

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica (tronco común)

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Estática
Código:	EE-0207
Tipo de curso:	Teórico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extraclasses por semana:	5
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 2 ^{do} semestre en Ingeniería Electromecánica (tronco común)
Requisitos:	FI-1101 Física general I; EE-0107 Dibujo técnico
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	EE-0307 Dinámica
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 *Estática* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: aplicar los principios de la mecánica de sólidos y fluidos, termodinámica y transferencia de calor para analizar el comportamiento de los sistemas electromecánicos.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: comprender los principios fundamentales de la estática de partículas y cuerpos rígidos; analizar diferentes tipos de sistemas mecánicos, como armaduras simples, marcos y máquinas, para la determinación de las fuerzas externas, internas y los efectos de la fricción en sus componentes; resolver problemas de equilibrio de cuerpos rígidos utilizando los conceptos centro de gravedad, centro de masa y centroide; y utilizar el principio de trabajo virtual para el estudio del equilibrio de un sistema mecánico.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Cálculo diferencial e integral, Física general I, y Dibujo técnico.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: Dinámica, Resistencia de materiales, Mecánica de fluidos, y Modelado y simulación de sistemas.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Resolver problemas de equilibrio estático de partículas y cuerpos rígidos aplicando los principios fundamentales de la mecánica vectorial.

Objetivos específicos

- Comprender los principios fundamentales de la estática de partículas y cuerpos rígidos.
- Analizar diferentes tipos de sistemas mecánicos, como armaduras simples, marcos y máquinas, para la determinación de las fuerzas externas, internas y los efectos de la fricción en sus componentes.
- Resolver problemas de equilibrio de cuerpos rígidos utilizando los conceptos centro de gravedad, centro de masa y centroide.
- Utilizar el principio de trabajo virtual para el estudio del equilibrio de un sistema mecánico.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Introducción a la mecánica
 - 1.1. Mecánica clásica (newtoniana), lagrangiana y hamiltoniana
 - 1.2. Ramas de la mecánica
 - 1.3. Cuerpos rígidos y cuerpos deformables
 - 1.4. La estática en el contexto de la mecánica para ingeniería
2. Equilibrio de una partícula
 - 2.1. Condiciones para el equilibrio de una partícula

- 2.2. Diagrama cuerpo libre
- 2.3. Sistemas de fuerzas tridimensionales
- 3. Centroides
 - 3.1. Centro de gravedad, centro de masa y centroide de un cuerpo
 - 3.2. Cuerpos compuestos
 - 3.3. Teorema de Pappus y Guldinus
- 4. Resultante de un sistema de fuerzas
 - 4.1. Momento de una fuerza
 - 4.2. Momento de una fuerza con respecto a un eje específico
 - 4.3. Momento de un par
 - 4.4. Simplificación de un sistema fuerza y par, fuerzas coplanares y reducción a una llave
 - 4.5. Reducción de una carga distribuida a una puntual
- 5. Equilibrio de un cuerpo rígido
 - 5.1. Condiciones para el equilibrio de un cuerpo rígido
 - 5.2. Diagrama de cuerpo libre
 - 5.3. Elementos a dos fuerzas y tres fuerzas
 - 5.4. Restricciones y determinación estática
- 6. Análisis estructural
 - 6.1. Armaduras simples
 - 6.2. Método de nodos
 - 6.3. Elementos de fuerza cero
 - 6.4. Método de secciones
 - 6.5. Armaduras espaciales
 - 6.6. Bastidores y máquinas
- 7. Fuerzas internas
 - 7.1. Cargas internas desarrolladas en elementos estructurales
 - 7.2. Ecuaciones y diagramas de fuerza cortante y momento flexionante
 - 7.3. Relaciones entre carga distribuida, fuerza cortante y momento flexionante
 - 7.4. Cables
- 8. Fricción
 - 8.1. Características de la fricción seca
 - 8.2. Cuñas

- 8.3. Tornillos
- 8.4. Bandas planas
- 8.5. Chumaceras y discos
- 9. Trabajo virtual
 - 9.1. Definición de trabajo
 - 9.2. Principio del trabajo virtual
 - 9.3. Principio del trabajo virtual para un sistema de cuerpos rígidos conectados

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 instrucción sobre los fundamentos de la mecánica clásica para el análisis de sistemas físicos en equilibrio estático.
- Analizarán situaciones reales o hipotéticas de sistemas mecánicos, en los cuales se puede asumir la condición de cuerpo rígido, para extraer aprendizajes aplicables a contextos similares.
- Evaluarán múltiples soluciones a un problema mecánico para evaluar, de forma comparativa, la mejor opción.
- Diseñarán y ejecutarán experimentos en condiciones controladas para validar conceptos fundamentales teóricos de la mecánica de cuerpos rígidos.
- Trabajarán en proyectos prácticos para desarrollar habilidades técnicas, de investigación, prototipado, trabajo en equipo y resolución de problemas en un contexto aplicado a la mecánica de cuerpos rígidos.
- Usarán herramientas computacionales para modelar sistemas mecánicos y estimar fuerzas y pares en los mismos.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante resolver problemas de equilibrio estático de partículas y cuerpos rígidos aplicando los principios fundamentales de la mecánica vectorial

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] R. C. Hibbeler, *Ingeniería mecánica. Estática*, 14.^a ed. México: Pearson Educación, 2017, ISBN: 978-607-32-1850-4.
- [2] F. P. Beer y R. Johnston, *Mecánica Vectorial para Ingenieros. Estática*, 11.^a ed. Ciudad de México: McGraw-Hill, 2017, ISBN: 978-607-15-0424-9.
- [3] J. L. Meriam, L. Kraige y J. Bolton, *Engineering Mechanics: Statics*, 9.^a ed. Hoboken, NJ, USA: John Wiley y Sons, 2018, ISBN: 978-1-119-39262-0.
- [4] A. Bedford y W. Fowler, *Mecánica para Ingeniería: Estática*, 5.^a ed. México: Pearson Educación, 2011.

8. Persona docente

El curso será impartido por:

Christopher Vega Sánchez, Ph.D.

Doctor en filosofía en ciencias. Universidad de Sídney. Australia.

Máster en ciencias en Ingeniería de Sistemas Microelectromecánicos. Universidad de Freiburg. Alemania.

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

Correo: cvega@itcr.ac.cr *Teléfono:* 0

Oficina: 20 *Escuela:* Ingeniería Electromecánica *Sede:* Cartago

Programa del curso EE-0303

Análisis de circuitos I

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica (tronco común)

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Análisis de circuitos I
Código:	EE-0303
Tipo de curso:	Teórico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extraclasses por semana:	5
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 3 ^{er} semestre en Ingeniería Electromecánica (tronco común)
Requisitos:	FI-1202 Laboratorio de física general II; FI-1102 Física general II
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	EE-0403 Análisis de circuitos II; EE-0503 Sistemas analógicos; EE-0304 Laboratorio de circuitos I
Asistencia:	Libre
Suficiencia:	Sí
Possibilidad 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 *Análisis de circuitos I* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: conocer y aplicar los principios de los circuitos eléctricos y la electrónica, y analizar su funcionamiento en las diversas aplicaciones en ingeniería electromecánica.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: comprender los fundamentos de los circuitos eléctricos en corriente directa, incluyendo sus leyes y componentes principales; aplicar métodos de análisis y simulación para la solución de circuitos eléctricos en corriente directa; y evaluar circuitos en corriente directa para su uso en diversas aplicaciones de sistemas electromecánicos.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Cálculo diferencial e integral, y Física general II.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: Análisis de circuitos II, Transductores, e Instrumentación.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Analizar los principios de los circuitos eléctricos en corriente directa, permitiendo su implementación en diversas aplicaciones de la ingeniería electromecánica.

Objetivos específicos

- Comprender los fundamentos de los circuitos eléctricos en corriente directa, incluyendo sus leyes y componentes principales.
- Aplicar métodos de análisis y simulación para la solución de circuitos eléctricos en corriente directa.
- Evaluar circuitos en corriente directa para su uso en diversas aplicaciones de sistemas electromecánicos.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Conceptos y definiciones
 - 1.1. Bandas de energía
 - 1.2. Carga eléctrica
 - 1.3. Corriente
 - 1.4. Voltaje
 - 1.5. Resistencia eléctrica
 - 1.6. Ley de Ohm
 - 1.7. Potencia eléctrica
 - 1.8. Energía

- 1.9. Elementos activos y pasivos
- 1.10. Corto circuito y circuito abierto
- 1.11. Fuentes dependientes e independientes
2. Análisis de circuitos básicos.
 - 2.1. Leyes de Kirchhoff
 - 2.2. Elementos y circuitos en serie
 - 2.3. Divisor de voltaje
 - 2.4. Elementos y circuitos en paralelo
 - 2.5. Divisor de corriente
 - 2.6. Fuentes reales
3. Técnicas para el análisis de circuitos complejos.
 - 3.1. Análisis de mallas y supermallas
 - 3.2. Análisis de nodos y supernodos
 - 3.3. Superposición
 - 3.4. Conversión de fuentes
 - 3.5. Teoremas de Thévenin y Norton
 - 3.6. Teorema de máxima transferencia de potencia
 - 3.7. Conversión de delta-estrella y estrella-delta
 - 3.8. Circuitos Puente (H, Wheatstone, celda de carga)
4. Bobinas y condensadores
 - 4.1. Definición de elementos almacenadores de energía
 - 4.2. Fundamentos de condensadores y bobinas
 - 4.3. Arreglo de elementos en serie y paralelo
 - 4.4. Respuesta natural y forzada
 - 4.5. La función de singularidad
 - 4.6. Circuitos de primer orden RL y RC
 - 4.7. Circuitos de segundo orden RLC en serie y paralelo
5. Fundamentos de la transformada de Laplace
 - 5.1. Definición de la transformada de Laplace
 - 5.2. Propiedades de la transformada de Laplace
 - 5.3. Definición de elementos en el dominio "s"
 - 5.4. Análisis de circuitos RLC en estado transitorio y estable

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 fundamentales de circuitos eléctricos en corriente directa, abarcando tanto el comportamiento en estado estacionario como el análisis de las respuestas transitorias.
- Resolverán problemas; y validarán sus resultados utilizando simulaciones.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante analizar los principios de los circuitos eléctricos en corriente directa, permitiendo su implementación en diversas aplicaciones de la ingeniería electromecánica

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] W. H. Hayt, J. E. Kemmerly, J. Phillips y S. M. Durbin, *Engineering Circuit Analysis*, 10th. McGraw Hill, 2023, ISBN: 9781264149919.
- [2] R. L. Boylestad y B. A. Olivari, *Introductory Circuit Analysis*, 14th. Pearson, 2022, ISBN: 9780137594177.
- [3] C. K. Alexander y M. N. O. Sadiku, *Fundamentals of Electric Circuits*, 7th. McGraw-Hill, 2023, ISBN: 9781260226409.
- [4] R. C. Dorf y J. A. Svoboda, *Electric Circuits*, 8th. Alfaomega, 2011, ISBN: 9786077072324.

8. Persona docente El curso será impartido por:

Dr.-Ing. Juan José Rojas Hernández

Doctor en ciencia aplicada a la integración de sistemas. Instituto Tecnológico de Kyushu. Japón.

Máster en electrónica con énfasis en microsistemas. Licenciado en Mantenimiento Industrial. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Correo: juan.rojas@itcr.ac.cr Teléfono: 88581419

Oficina: 31 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Mag. Lisandro Araya Rodriguez

Maestría en Ingeniería en Computación con énfasis en Telemática. Bachillerato en Ingeniería Electrónica Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica

Correo: laraya@itcr.ac.cr Teléfono: 25509333

Oficina: 19 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

M.Sc. Nicolás Vaquerano Pineda

Maestría en Electrónica con énfasis en Sistemas Embebidos. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica

Correo: nvaquerano@itcr.ac.cr Teléfono: 25509350

Oficina: 0 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-0304

Laboratorio de circuitos I

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica (tronco común)

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Laboratorio de circuitos I
Código:	EE-0304
Tipo de curso:	Práctico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	1
Nº horas de clase por semana:	2
Nº horas extraclasses por semana:	1
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 3 ^{er} semestre en Ingeniería Electromecánica (tronco común)
Requisitos:	Ninguno
Correquisitos:	EE-0303 Análisis de circuitos I
El curso es requisito de:	EE-0403 Análisis de circuitos II; EE-0305 Transductores
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
Possibilidad 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 *Laboratorio de circuitos I* aporta en el desarrollo de los siguientes rasgos del plan de estudios: conocer y aplicar los principios de los circuitos eléctricos y la electrónica, y analizar su funcionamiento en las diversas aplicaciones en ingeniería electromecánica; y aplicar principios de metrología para medir variables físicas en sistemas electromecánicos.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: experimentar en circuitos de corriente directa, ejecutando y aplicando métodos de análisis de las pruebas y ensayos; medir parámetros eléctricos fundamentales (tensión, corriente, resistencia y potencia) con la instrumentación adecuada, asegurando precisión y repetibilidad en los resultados; interpretar los resultados, desarrollando informes y documentos de los experimentos; y evaluar el error en la mediciones electricas en corriente directa usando los principios de la metrología.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Cálculo diferencial e integral, y Física general II.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: Análisis de circuitos II, Transductores, e Instrumentación.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Comprobar experimentalmente los métodos de análisis de circuitos eléctricos en corriente directa.

Objetivos específicos

- Experimentar en circuitos de corriente directa, ejecutando y aplicando métodos de análisis de las pruebas y ensayos.
- Medir parámetros eléctricos fundamentales (tensión, corriente, resistencia y potencia) con la instrumentación adecuada, asegurando precisión y repetibilidad en los resultados.
- Interpretar los resultados, desarrollando informes y documentos de los experimentos.
- Evaluar el error en la mediciones electricas en corriente directa usando los principios de la metrología.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes laboratorios:

1. Empleo y lectura de instrumentos de medición eléctrica para corriente y voltaje
2. Resistencia y resistividad
3. Circuitos en serie y en paralelo
4. Taller de simulación de circuitos
5. Análisis de mallas y teorema de superposición

6. Teoremas de Thévenin y máxima transferencia de potencia
7. Taller del osciloscopio digital y el generador de señales
8. Análisis de elementos reactivos: bobinas y condensadores
9. Análisis de elementos almacenadores de energía: bobinas y condensadores
10. Análisis de la carga y descarga de condensadores en circuitos de corriente directa
11. Configuraciones en serie y paralelo de bobinas y condensadores
12. Respuesta transitoria en circuitos RL y RC
13. Análisis de circuitos RLC de segundo orden

II parte: Aspectos operativos

5. Metodología

En este curso, se utilizará la investigación práctica aplicada mediante técnicas como el modelado, simulación, prototipado, experimentación controlada e ingeniería inversa.

Las personas estudiantes podrán desarrollar actividades en las que:

- Realizarán experimentos para comprobar los conceptos de circuitos eléctricos en corriente directa
- Redactarán reportes de los experimentos realizados en cada una de las sesiones de laboratorios.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante comprobar experimentalmente los métodos de análisis de circuitos eléctricos en corriente directa

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:

- Reportes: documento técnico que presenta de forma ordenada y estructurada el desarrollo, resultados y análisis de un experimento o práctica de laboratorio.
- 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.

Reportes (12)	60 %
Pruebas cortas (4)	40 %
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 **no** tiene derecho a presentar un examen de reposición.

7. Bibliografía

- [1] W. H. Hayt, J. E. Kemmerly, J. Phillips y S. M. Durbin, *Engineering Circuit Analysis*, 10th. McGraw Hill, 2023, ISBN: 9781264149919.
- [2] R. L. Boylestad y B. A. Olivari, *Introductory Circuit Analysis*, 14th. Pearson, 2022, ISBN: 9780137594177.
- [3] C. K. Alexander y M. N. O. Sadiku, *Fundamentals of Electric Circuits*, 7th. McGraw-Hill, 2023, ISBN: 9781260226409.
- [4] R. C. Dorf y J. A. Svoboda, *Electric Circuits*, 8th. Alfaomega, 2011, ISBN: 9786077072324.

8. Persona docente El curso será impartido por:

Dr.-Ing. Juan José Rojas Hernández

Doctor en ciencia aplicada a la integración de sistemas. Instituto Tecnológico de Kyushu. Japón.

Máster en electrónica con énfasis en microsistemas. Licenciado en Mantenimiento Industrial. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Correo: juan.rojas@itcr.ac.cr Teléfono: 88581419

Oficina: 31 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Mag. Sebastián Mata Ortega

Maestría en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Administración de la Energía. Licenciado en Ingeniería en Mantenimiento Industrial. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Correo: semata@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 26 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Mag. Lisandro Araya Rodriguez

Maestría en Ingeniería en Computación con énfasis en Telemática. Bachillerato en Ingeniería Electrónica Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica

Correo: laraya@itcr.ac.cr Teléfono: 25509333

Oficina: 19 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

M.Sc. Nicolás Vaquerano Pineda

Maestría en Electrónica con énfasis en Sistemas Embebidos. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica

Correo: nvaquerano@itcr.ac.cr Teléfono: 25509350

Oficina: 0 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-0305

Transductores

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica (tronco común)

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Transductores
Código:	EE-0305
Tipo de curso:	Teórico - Práctico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	2
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclasses por semana:	3
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 3 ^{er} semestre en Ingeniería Electromecánica (tronco común)
Requisitos:	CA-2026 Introducción a la computación
Correquisitos:	EE-0304 Laboratorio de circuitos I
El curso es requisito de:	EE-0405 Instrumentación
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
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 *Transductores* aporta en el desarrollo de los siguientes rasgos del plan de estudios: implementar sistemas de instrumentación para la medición y modificación de variables físicas en sistemas electromecánicos; y aplicar principios de metrología para medir variables físicas en sistemas electromecánicos.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: comprender las características estáticas, dinámicas, eléctricas y de fabricación de los transductores; seleccionar transductores según su aplicación en sistemas específicos, considerando sus características y principios de funcionamiento; y experimentar con transductores mediante prácticas que permitan aprendizajes significativos y el desarrollo de habilidades aplicadas.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Física general I, y Física general II.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: Instrumentación, Modelado y simulación de sistemas, Control automático, y Control por eventos discretos.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Evaluar transductores para su integración en sistemas de instrumentación dedicados a la medición y manipulación de variables físicas en sistemas electromecánicos.

Objetivos específicos

- Comprender las características estáticas, dinámicas, eléctricas y de fabricación de los transductores.
- Seleccionar transductores según su aplicación en sistemas específicos, considerando sus características y principios de funcionamiento.
- Experimentar con transductores mediante prácticas que permitan aprendizajes significativos y el desarrollo de habilidades aplicadas.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Conceptos básicos
 - 1.1. Señales, estímulos y sistemas
 - 1.2. Modelos y simulaciones
 - 1.3. Sensores, actuadores y transductores
 - 1.4. Clasificaciones
2. Características de los transductores
 - 2.1. Función de transferencia
 - 2.2. Entrada y salida a escala completa
 - 2.3. Exactitud y precisión

- 2.4. Repetibilidad y reproducibilidad
- 2.5. Histéresis y no linealidad
- 2.6. Saturación y banda muerta
- 2.7. Resolución
- 2.8. Impedancia de salida
- 2.9. Excitación
- 2.10. Características dinámicas
- 2.11. Confiabilidad e incertidumbre
- 3. Transductores térmicos
 - 3.1. Bimetales
 - 3.2. Termoresistivos
 - 3.3. Termoeléctricos
 - 3.4. Termomecánicos
 - 3.5. Inductivos y microondas para calentamiento
- 4. Transductores ópticos
 - 4.1. Fotoconductores
 - 4.2. Fotodiodos
 - 4.3. Fototransistores
 - 4.4. Fotovoltaicos
 - 4.5. Piroeléctricos y termopiles para radiación térmica
- 5. Transductores eléctricos y magnéticos
 - 5.1. Capacitivos
 - 5.2. Inductivos
 - 5.3. Efecto Hall
 - 5.4. Magnetohidrodinámicos
 - 5.5. Magnetoresistivos
 - 5.6. Magnetostrictivos
 - 5.7. Magnetómetros
 - 5.8. Piezoelectricos
 - 5.9. Piezoresistivos
 - 5.10. Voltaje, corriente y resistencia
 - 5.11. Motores
 - 5.12. Solenoides

6. Transductores mecánicos
 - 6.1. Galgas extensiometricas
 - 6.2. Celdas de carga
 - 6.3. Acelerómetros
 - 6.4. Sensores de presión
 - 6.5. Velocidad
 - 6.6. Giroscopios
7. Transductores acústicos
 - 7.1. Micrófonos e hidrófonos
 - 7.2. Parlantes
 - 7.3. Ultrasónicos
8. Transductores químicos
 - 8.1. Electroquímicos
 - 8.2. Potenciométricos
 - 8.3. Termoquímicos
9. Transductores de radiación
 - 9.1. Ionizante
 - 9.2. Microondas
10. Transductores MEMS
 - 10.1. Métodos de fabricación
 - 10.2. Unidades de medición inercial (IMU)
 - 10.3. Sensores de presión
 - 10.4. Micrófonos
 - 10.5. Interruptores ópticos
11. Interfaces de los transductores
 - 11.1. Amplificadores operacionales
 - 11.2. Amplificadores de potencia
 - 11.3. PWMs para actuadores
 - 11.4. Convertidores A/D y D/A
 - 11.5. Puentes
 - 11.6. Transmisión de datos
 - 11.7. Excitadores
 - 11.8. Ruido e interferencia

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 sesiones prácticas. Esta última se implementará mediante técnicas como el modelado, simulación, prototipado y la experimentación controlada.

Las personas estudiantes podrán desarrollar actividades en las que:

- Recibirán instrucción sobre los principios físicos que gobiernan el comportamiento de los transductores.
- Analizarán alternativas para seleccionar el transductor adecuado de acuerdo con cada aplicación vista en los estudios de caso.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante evaluar transductores para su integración en sistemas de instrumentación dedicados a la medición y manipulación de variables físicas en sistemas electromecánicos

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.
- Tareas: evaluaciones que tienen el propósito de reforzar, aplicar o evaluar el aprendizaje de un tema específico. Pueden requerir investigación, resolución de problemas, desarrollo de habilidades prácticas o aplicación de conocimientos teóricos.
- 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 %
Tareas (6)	15 %
Act. aprendizaje activo (1)	25 %
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 **no** tiene derecho a presentar un examen de reposición.

7. Bibliografía

- [1] N. Ida, *Sensors, actuators, and their interfaces*. The Institution of Engineering and Technology, 2020.

- [2] J. Fraden, *Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications*. Springer, 2016.
- [3] R. Pallas-Areny y J. G. Webster, *Sensors and signal conditioning*. John Wiley & Sons, 2012.

8. Persona docente

El curso será impartido por:

Dr.-Ing. Luis Diego Murillo Soto

Máster en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica. Universidad de Costa Rica. Costa Rica

Máster en computación. Ingeniero en Mantenimiento Industrial. Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica

Técnico en Electrónica. COVAO

Correo: lmurillo@itcr.ac.cr Teléfono: 25509347

Oficina: 7 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Dr.-Ing. Juan José Rojas Hernández

Doctor en ciencia aplicada a la integración de sistemas. Instituto Tecnológico de Kyushu. Japón.

Máster en electrónica con énfasis en microsistemas. Licenciado en Mantenimiento Industrial. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Correo: juan.rojas@itcr.ac.cr Teléfono: 88581419

Oficina: 31 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-0307

Dinámica

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica (tronco común)

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Dinámica
Código:	EE-0307
Tipo de curso:	Teórico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extraclasses por semana:	5
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 3 ^{er} semestre en Ingeniería Electromecánica (tronco común)
Requisitos:	EE-0207 Estática
Correquisitos:	MA-2105 Ecuaciones diferenciales
El curso es requisito de:	EE-0504 Modelado y simulación de sistemas; EE-0507 Manufatura
Asistencia:	Libre
Suficiencia:	Sí
Possibilidad 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 *Dinámica* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: aplicar los principios de la mecánica de sólidos y fluidos, termodinámica y transferencia de calor para analizar el comportamiento de los sistemas electromecánicos.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: estudiar los principios fundamentales de la mecánica clásica necesarios para analizar y resolver problemas de cinemática y cinética de partículas y cuerpos rígidos; estudiar los efectos de las fuerzas y vibraciones en partículas y cuerpos rígidos en movimiento; y determinar los parámetros de movimiento de cuerpos rígidos y partículas, incluyendo posición, velocidad y aceleración, a partir de las leyes de Newton, los principios de trabajo-energía y conservación de la cantidad de movimiento.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Física general I, Estática, Ecuaciones diferenciales, y Dibujo técnico.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: Modelado y simulación de sistemas, Elementos de máquinas, Máquinas y mecanismos, y Robótica.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Aplicar los principios fundamentales de la mecánica clásica de manera clara y lógica para analizar y resolver problemas de sistemas físicos en movimiento.

Objetivos específicos

- Estudiar los principios fundamentales de la mecánica clásica necesarios para analizar y resolver problemas de cinemática y cinética de partículas y cuerpos rígidos.
- Estudiar los efectos de las fuerzas y vibraciones en partículas y cuerpos rígidos en movimiento.
- Determinar los parámetros de movimiento de cuerpos rígidos y partículas, incluyendo posición, velocidad y aceleración, a partir de las leyes de Newton, los principios de trabajo-energía y conservación de la cantidad de movimiento.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Cinemática de Partículas
 - 1.1. Cinemática del movimiento rectilíneo
 - 1.2. Cinemática del movimiento curvilíneo
 - 1.3. Movimiento dependiente absoluto y relativo de dos o más partículas
2. Cinética de partículas y sistemas de partículas
 - 2.1. Segunda Ley de Newton
 - 2.2. Métodos de trabajo y energía

- 2.3. Principio del Impulso y cantidad de movimiento
- 3. Cinemática del movimiento plano de cuerpos rígidos
 - 3.1. Traslación pura
 - 3.2. Rotación en torno a un eje fijo
 - 3.3. Movimiento plano general
 - 3.4. Análisis del movimiento relativo
 - 3.5. Sistemas de referencia en rotación
- 4. Cinética del movimiento plano de cuerpos rígidos
 - 4.1. Segunda Ley de Newton
 - 4.2. Métodos de trabajo y energía
 - 4.3. Principio del Impulso y cantidad de movimiento
- 5. Vibraciones mecánicas
 - 5.1. Vibración libre no amortiguada
 - 5.2. Vibración forzada no amortiguada
 - 5.3. Vibración libre amortiguada
 - 5.4. Vibración forzada amortiguada
 - 5.5. Métodos de Energía

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 instrucción sobre los fundamentos de la mecánica clásica para el análisis de sistemas físicos en movimiento.
- Analizarán situaciones reales o hipotéticas de sistemas mecánicos, en los cuales se puede asumir la condición de cuerpo rígido, para extraer aprendizajes aplicables a contextos similares.
- Trabajaran en proyectos prácticos para desarrollar habilidades técnicas, de investigación, prototipado, trabajo en equipo y resolución de problemas en un contexto aplicado a la mecánica de cuerpos rígidos.
- Usarán herramientas computacionales para modelar sistemas mecánicos y estimar fuerzas, pares, velocidades y aceleraciones en los mismos.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante aplicar los principios fundamentales de la mecánica clásica de manera clara y lógica para analizar y resolver problemas de sistemas físicos en movimiento

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] R. C. Hibbeler, *Ingeniería Mecánica: Dinámica*, 14.^a ed. México DF: Prentice Hall, 2016.
- [2] F. P. Beer y E. R. Johnston, *Mecánica Vectorial para Ingenieros: Dinámica*, 11.^a ed. México DF: McGraw-Hill, 2017.
- [3] A. Bedford y W. Fowler, *Mecánica para Ingeniería: Dinámica*, 5.^a ed. México DF: Pearson Educación, 2008.

8. Persona do- cente

El curso será impartido por:

Mag. Carlos Otárola Zúñiga

Máster en Sistemas Modernos de Manufactura. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Bachiller en Ingeniería Mecánica. Universidad de Costa Rica. Costa Rica.

Correo: cotarola@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 4 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Juan José Montero Jimenez, Ph.D.

Doctorado en Ingeniería Industrial e Informática. Universidad de Toulouse. Francia.

Máster en ciencias en Ingeniería Aeroespacial. ISAE-SUPAERO. Francia.

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

Correo: juan.montero@itcr.ac.cr Teléfono: 25509338

Oficina: 5 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-0403

Análisis de circuitos II

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica (tronco común)

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Análisis de circuitos II
Código:	EE-0403
Tipo de curso:	Teórico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extraclasses por semana:	5
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 4 ^{to} semestre en Ingeniería Electromecánica (tronco común)
Requisitos:	EE-0304 Laboratorio de circuitos I; EE-0303 Análisis de circuitos I
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	EE-0702 Máquinas eléctricas I; EE-0404 Laboratorio de circuitos II
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 *Análisis de circuitos II* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: conocer y aplicar los principios de los circuitos eléctricos y la electrónica, y analizar su funcionamiento en las diversas aplicaciones en ingeniería electromecánica.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: identificar los fundamentos de los circuitos eléctricos en corriente alterna, incluyendo sus leyes y componentes principales; aplicar métodos de análisis y simulación para la solución de circuitos eléctricos en corriente alterna; evaluar circuitos en corriente alterna para su uso en diversas aplicaciones de sistemas electromecánicos; y determinar el funcionamiento de circuitos en equipos y sistemas eléctricos en diversas aplicaciones para la identificación de su eficiencia y desempeño.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Análisis de circuitos I, Cálculo diferencial e integral, y Física general II.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: Modelado y simulación de sistemas, y Máquinas eléctricas I.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Analizar los principios de los circuitos eléctricos en corriente alterna, permitiendo su implementación en diversas aplicaciones de la ingeniería electromecánica.

Objetivos específicos

- Identificar los fundamentos de los circuitos eléctricos en corriente alterna, incluyendo sus leyes y componentes principales.
- Aplicar métodos de análisis y simulación para la solución de circuitos eléctricos en corriente alterna.
- Evaluar circuitos en corriente alterna para su uso en diversas aplicaciones de sistemas electromecánicos.
- Determinar el funcionamiento de circuitos en equipos y sistemas eléctricos en diversas aplicaciones para la identificación de su eficiencia y desempeño.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Conceptos y Definiciones
 - 1.1. Representación fasorial y vectorial de tensiones, corrientes, impedancias y admittancias
2. Análisis de circuitos básicos
 - 2.1. Leyes de Kirchhoff en estado estable
 - 2.2. Elementos y circuitos en serie

- 2.3. Divisor de voltaje
- 2.4. Elementos y circuitos en paralelo
- 2.5. Divisor de corriente
- 2.6. Transformación de fuentes tensión y corriente
- 2.7. Linealidad y superposición de tensiones y corrientes, cálculo de potencia
- 3. Técnicas para el análisis de circuitos complejos
 - 3.1. Análisis de mallas y supermallas
 - 3.2. Análisis de nodos y supernodos
 - 3.3. Superposición
 - 3.4. Conversión de fuentes
 - 3.5. Teoremas de Thévenin y Norton
 - 3.6. Teorema de máxima transferencia de potencia
- 4. Potencia Eléctrica
 - 4.1. Cálculo del valor efectivo
 - 4.2. Potencia instantánea y promedio.
 - 4.3. Definición de potencias reactiva, aparente y real.
 - 4.4. Concepto del Factor de potencia y su relación con cargas lineales
 - 4.5. Corrección del Factor de potencia
 - 4.6. Cálculo de potencia promedio en señales senoidales compuestas
- 5. Circuito monofásico trifilar
 - 5.1. Concepto de circuitos polifásicos y su extensión a redes monofásicas
 - 5.2. Definición de redes simétricas (fuentes balanceadas)
 - 5.3. Esquemas de corrección del FP en circuitos monofásicas
- 6. Respuesta en frecuencia
 - 6.1. Teorema de Euler y el concepto de frecuencia compleja
 - 6.2. Operador s en circuitos RLC y su relación con la transformada de Laplace
 - 6.3. Función de transferencia, relaciones de impedancia, admitancia y ganancias de tensión o corriente
 - 6.4. Diagramas de Bode y representación en el plano complejo
 - 6.5. Análisis de función de transferencia, ganancia, ceros y polos. Atenuación y decibelios
 - 6.6. Filtros pasivos, ancho de banda, banda rechazada, frecuencia de corte, frecuencia central, factor de calidad
 - 6.7. Resonancia serie, paralelo, resonancia compuesta en circuitos RLC

7. Series de Fourier

- 7.1. Definición. Relación con el valor efectivo y potencia promedio
- 7.2. Concepto de contenido armónico, efecto de filtros en el contenido armónico
- 7.3. Distorsión armónica total (THD)
- 7.4. Relación del THD con el valor efectivo y el factor de potencia desplazado (FPD) en redes a 60Hz

8. Redes bipuertos

- 8.1. Concepto de redes de dos puertos
- 8.2. Parámetros de Impedancia, Admitancia, Híbridas y Transmisión
- 8.3. Modelado y aplicación

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 fundamentales de circuitos eléctricos monofásicos en corriente alterna.
- Resolverán problemas; y validarán sus resultados utilizando simulaciones.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante analizar los principios de los circuitos eléctricos en corriente alterna, permitiendo su implementación en diversas aplicaciones de la ingeniería electromecánica

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] W. H. Hayt, J. E. Kemmerly, J. Phillips y S. M. Durbin, *Engineering Circuit Analysis*, 10th. McGraw Hill, 2023, ISBN: 9781264149919.
- [2] R. L. Boylestad y B. A. Olivari, *Introductory Circuit Analysis*, 14th. Pearson, 2022, ISBN: 9780137594177.
- [3] C. K. Alexander y M. N. O. Sadiku, *Fundamentals of Electric Circuits*, 7th. McGraw-Hill, 2023, ISBN: 9781260226409.
- [4] R. C. Dorf y J. A. Svoboda, *Electric Circuits*, 8th. Alfaomega, 2011, ISBN: 9786077072324.

8. Persona docente

El curso será impartido por:

Mag. Osvaldo Guerrero Castro

Máster en Administración de la Ingeniería Electromecánica. Licenciado en Ingeniería en Mantenimiento Industrial. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica

Correo: oguerrero@tec.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 6 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Mag. Lisandro Araya Rodriguez

Maestría en Ingeniería en Computación con énfasis en Telemática. Bachillerato en Ingeniería Electrónica Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica

Correo: laraya@itcr.ac.cr Teléfono: 25509333

Oficina: 19 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

M.Sc. Nicolás Vaquerano Pineda

Maestría en Electrónica con énfasis en Sistemas Embebidos. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica

Correo: nvaquerano@itcr.ac.cr Teléfono: 25509350

Oficina: 0 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-0404

Laboratorio de circuitos II

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica (tronco común)

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Laboratorio de circuitos II
Código:	EE-0404
Tipo de curso:	Práctico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	1
Nº horas de clase por semana:	2
Nº horas extraclasses por semana:	1
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 4 ^{to} semestre en Ingeniería Electromecánica (tronco común)
Requisitos:	Ninguno
Correquisitos:	EE-0403 Análisis de circuitos II
El curso es requisito de:	Ninguno
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
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 *Laboratorio de circuitos II* aporta en el desarrollo de los siguientes rasgos del plan de estudios: conocer y aplicar los principios de los circuitos eléctricos y la electrónica, y analizar su funcionamiento en las diversas aplicaciones en ingeniería electromecánica; y aplicar principios de metrología para medir variables físicas en sistemas electromecánicos.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: experimentar en circuitos de corriente alterna, ejecutando y aplicando métodos de análisis de las pruebas y ensayos; medir parámetros eléctricos fundamentales (tensión, corriente, resistencia y potencia) con la instrumentación adecuada, asegurando precisión y repetibilidad en los resultados.; interpretar los resultados, desarrollando informes y documentos de los experimentos; y evaluar el error en la mediciones electricas en corriente alterna usando los principios de la metrología.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Análisis de circuitos I, Cálculo diferencial e integral, y Física general II.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: Modelado y simulación de sistemas, y Máquinas eléctricas I.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Comprobar experimentalmente los métodos de análisis de circuitos eléctricos en corriente alterna.

Objetivos específicos

- Experimentar en circuitos de corriente alterna, ejecutando y aplicando métodos de análisis de las pruebas y ensayos.
- Medir parámetros eléctricos fundamentales (tensión, corriente, resistencia y potencia) con la instrumentación adecuada, asegurando precisión y repetibilidad en los resultados..
- Interpretar los resultados, desarrollando informes y documentos de los experimentos.
- Evaluar el error en la mediciones electricas en corriente alterna usando los principios de la metrología.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes laboratorios:

1. Valores eficaces
2. Circuito RLC serie excitación senoidal
3. Circuitos mixtos RLC en corriente alterna
4. Mejoramiento del factor de potencia
5. Contenido armónico y filtros RLC

6. Respuesta de frecuencia y resonancia en RLC
7. Circuito monofásico trifilar y cálculo de Potencia
8. Análisis del factor de potencia y su relación con cargas lineales
9. Corrección del factor de potencia en circuitos monofásicos
10. Análisis experimental de un circuito monofásico trifilar
11. Cálculo de potencia promedio en señales senoidales compuestas

II parte: Aspectos operativos

5. Metodología

En este curso, se utilizará la investigación práctica aplicada mediante técnicas como el modelado, simulación, prototipado, experimentación controlada e ingeniería inversa.

Las personas estudiantes podrán desarrollar actividades en las que:

- Realizarán experimentos para comprobar los conceptos de circuitos eléctricos en corriente alterna.
- Redactarán reportes de los experimentos realizados en cada una de las sesiones de laboratorios.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante comprobar experimentalmente los métodos de análisis de circuitos eléctricos en corriente alterna

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:

- Reportes: documento técnico que presenta de forma ordenada y estructurada el desarrollo, resultados y análisis de un experimento o práctica de laboratorio.
- 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.

Reportes (12)	60 %
Pruebas cortas (4)	40 %
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 **no** tiene derecho a presentar un examen de reposición.

7. Bibliografía

- [1] W. H. Hayt, J. E. Kemmerly, J. Phillips y S. M. Durbin, *Engineering Circuit Analysis*, 10th. McGraw Hill, 2023, ISBN: 9781264149919.

- [2] R. L. Boylestad y B. A. Olivari, *Introductory Circuit Analysis*, 14th. Pearson, 2022, ISBN: 9780137594177.
- [3] C. K. Alexander y M. N. O. Sadiku, *Fundamentals of Electric Circuits*, 7th. McGraw-Hill, 2023, ISBN: 9781260226409.
- [4] R. C. Dorf y J. A. Svoboda, *Electric Circuits*, 8th. Alfaomega, 2011, ISBN: 9786077072324.

8. Persona do- cente

El curso será impartido por:

Mag. Sebastián Mata Ortega

Maestría en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Administración de la Energía.
Licenciado en Ingeniería en Mantenimiento Industrial. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Correo: semata@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 26 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Mag. Lisandro Araya Rodriguez

Maestría en Ingeniería en Computación con énfasis en Telemática. Bachillerato en Ingeniería Electrónica Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica

Correo: laraya@itcr.ac.cr Teléfono: 25509333

Oficina: 19 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

M.Sc. Nicolás Vaquerano Pineda

Maestría en Electrónica con énfasis en Sistemas Embebidos. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica

Correo: nvaquerano@itcr.ac.cr Teléfono: 25509350

Oficina: 0 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-0405

Instrumentación

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica (tronco común)

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Instrumentación
Código:	EE-0405
Tipo de curso:	Teórico - Práctico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	2
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclasses por semana:	3
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 4 ^{to} semestre en Ingeniería Electromecánica (tronco común)
Requisitos:	EE-0305 Transductores
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	EE-0504 Modelado y simulación de sistemas
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
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 *Instrumentación* aporta en el desarrollo de los siguientes rasgos del plan de estudios: implementar sistemas de instrumentación para la medición y modificación de variables físicas en sistemas electromecánicos; y aplicar principios de metrología para medir variables físicas en sistemas electromecánicos.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: integrar transductores, sistemas de adquisición de datos e instrumentos virtuales para la implementación de sistemas de instrumentación; automatizar la adquisición, el procesamiento, la visualización y el control de señales usando instrumentos virtuales; y evaluar el error en la medición y manipulación de variables físicas usando los principios de la metrología.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Introducción a la computación, y Transductores.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: Modelado y simulación de sistemas, Control automático, y Control por eventos discretos.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Implementar sistemas de instrumentación precisos y confiables para la medición y manipulación de variables físicas en sistemas electromecánicos.

Objetivos específicos

- Integrar transductores, sistemas de adquisición de datos e instrumentos virtuales para la implementación de sistemas de instrumentación.
- Automatizar la adquisición, el procesamiento, la visualización y el control de señales usando instrumentos virtuales.
- Evaluar el error en la medición y manipulación de variables físicas usando los principios de la metrología.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Sistemas de adquisición de datos
 - 1.1. Arquitectura básica
 - 1.2. Transductores analógicos y digitales
 - 1.3. Acondicionamiento de señales
 - 1.4. A/D: muestreo, cuantización y codificación
 - 1.5. D/A: decodificación y filtrado
 - 1.6. Interfaz de transductores con DAQs y microcontroladores
2. Instrumentos virtuales
 - 2.1. Estructuras de datos

- 2.2. Estructuras de ejecución
- 2.3. Máquinas de estados
- 2.4. Guardado de archivos
- 2.5. Interfaces gráficas
- 2.6. Comunicación serial y USB
- 2.7. Control de instrumentos externos
- 3. Simbología y metrología de instrumentación
 - 3.1. Norma ISA 5.1
 - 3.2. Calibración y trazabilidad
 - 3.3. Verificación y validación
 - 3.4. Propagación de incertidumbres
 - 3.5. Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición (GUM)

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 sesiones prácticas. Esta última se implementará mediante técnicas como el modelado, simulación, prototipado y la experimentación controlada.

Las personas estudiantes podrán desarrollar actividades en las que:

- Recibirán instrucción sobre la integración de diferentes componentes en un sistema de adquisición de datos y sobre los componentes de un instrumento virtual.
- Integrarán instrumentos virtuales, transductores, dispositivos de adquisición de datos y microcontroladores para crear sistemas de instrumentación a la medida según la aplicación vista en los casos de estudio.
- Calibrarán sistemas de instrumentación y determinarán su incertidumbre.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante implementar sistemas de instrumentación precisos y confiables para la medición y manipulación de variables físicas en sistemas electromecánicos

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.
- Tareas: evaluaciones que tienen el propósito de reforzar, aplicar o evaluar el aprendizaje de un tema específico. Pueden requerir investigación, resolución de problemas, desarrollo de habilidades prácticas o aplicación de conocimientos teóricos.
- 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 %
Tareas (6)	15 %
Act. aprendizaje activo (1)	25 %
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 **no** tiene derecho a presentar un examen de reposición.

7. Bibliografía

- [1] N. Ida, *Sensors, actuators, and their interfaces*. The Institution of Engineering and Technology, 2020.
- [2] J. Fraden, *Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications*. Springer, 2016.
- [3] R. Pallas-Areny y J. G. Webster, *Sensors and signal conditioning*. John Wiley & Sons, 2012.
- [4] A. V. Karre, *Piping and Instrumentation Diagram: A Stepwise Approach*. Walter de Gruyter GmbH & Co KG, 2023.
- [5] ANSI/ISA-5.1: *Instrumentation Symbols and Identification*, ANSI/ISA-5.1-2009, International Society of Automation (ISA), 2009.
- [6] *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*, JCGM 100:2008, Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM), 2008.

8. Persona docente

El curso será impartido por:

Dr.-Ing. Luis Diego Murillo Soto

Máster en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica. Universidad de Costa Rica. Costa Rica

Máster en computación. Ingeniero en Mantenimiento Industrial. Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica

Técnico en Electrónica. COVAO

Correo: lmurillo@itcr.ac.cr Teléfono: 25509347

Oficina: 7 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Dr.-Ing. Juan José Rojas Hernández

Doctor en ciencia aplicada a la integración de sistemas. Instituto Tecnológico de Kyushu. Japón.

Máster en electrónica con énfasis en microsistemas. Licenciado en Mantenimiento Industrial. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Correo: juan.rojas@itcr.ac.cr Teléfono: 88581419

Oficina: 31 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-0407

Termodinámica

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica (tronco común)

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Termodinámica
Código:	EE-0407
Tipo de curso:	Teórico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extraclasses por semana:	5
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 4 ^{to} semestre en Ingeniería Electromecánica (tronco común)
Requisitos:	FI-2103 Física general III
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	CM-4108 Transferencia de calor
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 *Termodinámica* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: aplicar los principios de la mecánica de sólidos y fluidos, termodinámica y transferencia de calor para analizar el comportamiento de los sistemas electromecánicos.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: aplicar los conceptos fundamentales de la termodinámica en el análisis energético de sistemas térmicos; analizar las propiedades termodinámicas de las sustancias puras y su impacto en el diseño y operación de sistemas térmicos; evaluar el desempeño de los diferentes ciclos termodinámicos y su aplicación en la conversión de energía en sistemas de potencia, refrigeración y otros procesos industriales; y comprender el uso de la primera y segunda ley de la termodinámica en la solución de problemas de ingeniería.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Física general I, y Física general III.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: Transferencia de calor, y Sistemas térmicos.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Evaluar los principios básicos de la termodinámica clásica en el análisis energético del comportamiento de los sistemas electromecánicos, desarrollando un enfoque integral en la comprensión y gestión de estos sistemas.

Objetivos específicos

- Aplicar los conceptos fundamentales de la termodinámica en el análisis energético de sistemas térmicos.
- Analizar las propiedades termodinámicas de las sustancias puras y su impacto en el diseño y operación de sistemas térmicos.
- Evaluar el desempeño de los diferentes ciclos termodinámicos y su aplicación en la conversión de energía en sistemas de potencia, refrigeración y otros procesos industriales.
- Comprender el uso de la primera y segunda ley de la termodinámica en la solución de problemas de ingeniería.

4. Contenidos

En el curso se desarrollan los siguientes temas:

1. Conceptos y definiciones
 - 1.1. Definición de la termodinámica
 - 1.2. Sistemas y volúmenes de control
 - 1.3. Propiedades y estado de una sustancia
 - 1.4. Procesos y ciclos termodinámicos

2. Energía y transferencia de energía
 - 2.1. Formas de energía
 - 2.2. Transferencia de energía por calor, trabajo y masa
3. Propiedades de una sustancia
 - 3.1. Estados de agregación
 - 3.2. Tablas de propiedades termodinámicas
 - 3.3. Diagramas de fases
 - 3.4. Sustancias puras y mezclas
4. Trabajo y calor
 - 4.1. Definición y formas de trabajo
 - 4.2. Cálculo del trabajo en procesos termodinámicos
 - 4.3. Transferencia de calor y mecanismos
5. Primera ley de la termodinámica
 - 5.1. Balance de energía en sistemas cerrados
 - 5.2. Aplicaciones en sistemas abiertos
 - 5.3. Aplicaciones en procesos cíclicos
6. Segunda ley de la termodinámica
 - 6.1. Principios de reversibilidad e irreversibilidad
 - 6.2. Concepto de eficiencia térmica
 - 6.3. Principio de Carnot y su implicación
7. Entropía
 - 7.1. Definición y propiedades
 - 7.2. Entropía en procesos reversibles e irreversibles
 - 7.3. Segunda ley en términos de entropía
8. Ciclos de generación
 - 8.1. Ciclo de Carnot
 - 8.2. Ciclos de potencia de vapor y gas
 - 8.3. Ciclos de refrigeración

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:

- Analizarán y definirán los requisitos del sistema térmico.
- Evaluarán distintas configuraciones de sistemas térmicos y su impacto en la eficiencia energética.
- Implementarán soluciones de optimización térmica en aplicaciones reales.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante evaluar los principios básicos de la termodinámica clásica en el análisis energético del comportamiento de los sistemas electromecánicos, desarrollando un enfoque integral en la comprensión y gestión de estos sistemas

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] Y. A. Çengel y M. A. Boles, *Termodinámica*, 9.^a ed. McGraw-Hill Education, 2019.

- [2] G. J. V. Wylan y R. E. Sonntag, *Fundamentos de Termodinámica*, 6.^a ed. Editorial Limusa, 2006.
- [3] K. Wark y D. E. Richards, *Termodinámica*, 6.^a ed. McGraw-Hill Education, 2000.

8. Persona docente El curso será impartido por:

Ing. Ignacio del Valle Granados

Rellenar

Correo: idelvalle@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 0 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Ing. Rodolfo Elizondo Hernandez

Rellenar

Correo: relizondo@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 25509354 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-0503

Sistemas analógicos

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica (tronco común)

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Sistemas analógicos
Código:	EE-0503
Tipo de curso:	Teórico - Práctico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	2
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extraclasses por semana:	2
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 5 ^{to} semestre en Ingeniería Electromecánica (tronco común)
Requisitos:	EE-0303 Análisis de circuitos I
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	EE-0604 Sistemas digitales; EE-0704 Control automático
Asistencia:	Libre
Suficiencia:	No
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 analógicos* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: conocer y aplicar los principios de los circuitos eléctricos y la electrónica, y analizar su funcionamiento en las diversas aplicaciones en ingeniería electromecánica.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: comprender las características de operación de los amplificadores operacionales con sus topologías más utilizadas; determinar las aplicaciones de circuitos integrados tales como comparadores, reguladores de tensión, ADC, convertidores V/F y V/I.; comprender las características de selección y operación de los dispositivos electrónicos BJT, MOSFET, IGBT, SCR, TRIACS, MOV usados en la electrónica de potencia; y diseñar aplicaciones electrónicas utilizando circuitos integrados especiales, CI 555, DAC, ADC, entre otros.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Análisis de circuitos I, Análisis de circuitos II, e Instrumentación.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en el curso de: Sistemas digitales.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Analizar circuitos electrónicos analógicos.

Objetivos específicos

- Comprender las características de operación de los amplificadores operacionales con sus topologías más utilizadas.
- Determinar las aplicaciones de circuitos integrados tales como comparadores, reguladores de tensión, ADC, convertidores V/F y V/I..
- Comprender las características de selección y operación de los dispositivos electrónicos BJT, MOSFET, IGBT, SCR, TRIACS, MOV usados en la electrónica de potencia.
- Diseñar aplicaciones electrónicas utilizando circuitos integrados especiales, CI 555, DAC, ADC, entre otros.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Introducción a los sistemas analógicos
 - 1.1. Conceptos básicos de sistemas analógicos
 - 1.2. Diferencias entre sistemas analógicos y digitales
2. Aplicaciones de los sistemas analógicos
 - 2.1. Características y funcionamiento de los amplificadores operacionales
 - 2.2. Análisis de amplificadores operacionales
 - 2.3. Topologías más utilizadas: inversor, no inversor, sumador, restador

- 2.4. Aplicaciones prácticas de amplificadores operacionales
- 3. Dispositivos electrónicos
 - 3.1. Características y operación de BJT, MOSFET, IGBT, SCR, TRIAC
 - 3.2. Selección de dispositivos para aplicaciones específicas
 - 3.3. Ejemplos de circuitos con estos dispositivos
- 4. Reguladores de voltaje y comparadores
 - 4.1. Reguladores de voltaje lineales y comutados
 - 4.2. Comparadores y sus aplicaciones
 - 4.3. Diseño de circuitos con reguladores y comparadores
- 5. Convertidores
 - 5.1. Convertidores analógico-digital (ADC) y digital-analógico (DAC)
 - 5.2. Convertidores V/F y V/I
 - 5.3. Integración de sensores en sistemas analógicos
- 6. Circuitos integrados especiales
 - 6.1. Uso del CI 555 en aplicaciones de temporización y oscilación
 - 6.2. Diseño de circuitos con DAC, ADC y otros CI especiales
 - 6.3. Ejemplos prácticos y simulaciones
- 7. Electrónica de potencia
 - 7.1. Introducción a la electrónica de potencia
 - 7.2. Aplicaciones de dispositivos de potencia en sistemas analógicos
 - 7.3. Diseño de circuitos de potencia

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 sesiones prácticas. Esta última se implementará mediante técnicas como el modelado, simulación, prototipado y la experimentación controlada.

Las personas estudiantes podrán desarrollar actividades en las que:

- Recibirán clases magistrales con material audiovisual y discusión en grupo sobre conceptos fundamentales de circuitos electrónicos analógicos.
- Analizarán y definirán los requisitos del sistema, estableciendo el mejor circuito que solucione el problema planteado.
- Evaluarán distintos circuitos y los compararán con el fin de determinar cuál es la mejor alternativa que negocie entre complejidad y error deseado.
- Aplicarán herramientas de simulación para verificar el funcionamiento de la solución planteada.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante analizar circuitos electrónicos analógicos

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.
- Tareas: evaluaciones que tienen el propósito de reforzar, aplicar o evaluar el aprendizaje de un tema específico. Pueden requerir investigación, resolución de problemas, desarrollo de habilidades prácticas o aplicación de conocimientos teóricos.
- 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 %
Tareas (6)	15 %
Act. aprendizaje activo (1)	25 %
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 **no** tiene derecho a presentar un examen de reposición.

7. Bibliografía

- [1] A. S. Sedra y K. C. Smith, *Microelectronic Circuits*, 8th. Oxford University Press, 2020.
- [2] R. L. Boylestad y L. Nashelsky, *Electronic Devices and Circuit Theory*, 11th. Pearson, 2019.
- [3] P. Horowitz y W. Hill, *The Art of Electronics*, 3rd. Cambridge University Press, 2015.
- [4] T. L. Floyd y D. M. Buchla, *Fundamentals of Analog Circuits*, 2nd. Pearson, 2012.
- [5] S. Franco, *Design with Operational Amplifiers and Analog Integrated Circuits*, 4th. McGraw-Hill Education, 2014.

8. Persona docente El curso será impartido por:

Mag. Lisandro Araya Rodriguez

Maestría Ingeniería en Computación. Bachillerato en Ingeniería Electrónica Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica

Correo: laraya@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 19 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

M.Sc. Nicolás Vaquerano Pineda

Maestría en Electrónica con énfasis en Sistemas Embebidos. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica

Correo: nvaquerano@itcr.ac.cr Teléfono: 25509350

Oficina: 0 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-0504

Modelado y simulación de sistemas

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica (tronco común)

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Modelado y simulación de sistemas
Código:	EE-0504
Tipo de curso:	Teórico - Práctico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extraclasses por semana:	5
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 5 ^{to} semestre en Ingeniería Electromecánica (tronco común)
Requisitos:	EE-0307 Dinámica; EE-0405 Instrumentación
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	EE-0607 Mecánica de fluidos; EE-0704 Control automático
Asistencia:	Libre
Suficiencia:	No
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 *Modelado y simulación de sistemas* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: diseñar e implementar sistemas de control y automatización en sistemas electromecánicos integrando modelado y simulación.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: aplicar herramientas matemáticas de transformación entre el dominio del tiempo y frecuencia; aplicar herramientas de modelado matemático para representar sistemas electromecánicos, integrando conceptos físicos de sistemas eléctricos, mecánicos, hidráulicos y térmicos; implementar simulaciones computacionales que permitan analizar el comportamiento de los sistemas electromecánicos bajo distintas condiciones de operación; y evaluar el resultado de las simulaciones para garantizar su validez.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Ecuaciones diferenciales, Métodos numéricos para ingeniería, y Dinámica.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: Control automático, Sistemas térmicos, y Mecánica de fluidos.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Modelar sistemas electromecánicos, utilizando herramientas matemáticas y computacionales que permitan analizar su comportamiento en diferentes escenarios operativos.

Objetivos específicos

- Aplicar herramientas matemáticas de transformación entre el dominio del tiempo y frecuencia.
- Aplicar herramientas de modelado matemático para representar sistemas electromecánicos, integrando conceptos físicos de sistemas eléctricos, mecánicos, hidráulicos y térmicos.
- Implementar simulaciones computacionales que permitan analizar el comportamiento de los sistemas electromecánicos bajo distintas condiciones de operación.
- Evaluar el resultado de las simulaciones para garantizar su validez.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Introducción y modelado de sistemas
 - 1.1. Definición de modelo y sistema
 - 1.2. Respuesta de modelos lineales
2. Transformada de Laplace
 - 2.1. Teoremas de la transformada de Laplace

- 2.2. Transformada inversa
- 2.3. Solución de ecuaciones lineales invariantes en el tiempo
- 3. Modelos por espacio de estado
 - 3.1. Estado
 - 3.2. Trasformación entre espacio de estados y otras representaciones
 - 3.3. Observabilidad
 - 3.4. Controlabilidad
- 4. Modelado matemático
 - 4.1. Sistemas mecánicos,
 - 4.2. Sistemas eléctricos
 - 4.3. Sistemas térmicos
 - 4.4. Sistemas hidráulicos
 - 4.5. Diagramas de bloques
 - 4.6. Diagramas de flujo
 - 4.7. Linealización de modelos no lineales
- 5. Análisis de la respuesta de los modelos
 - 5.1. Respuesta transitoria y estacionaria en dominio del tiempo y frecuencia
 - 5.2. Evaluación de modelos
- 6. Métodos numéricos para la simulación de sistemas
 - 6.1. Errores asociados a la simulación
- 7. Identificación de sistemas en el dominio del tiempo
 - 7.1. Definiciones: curvas de reacción, sistemas autorregulados y no autorregulados
 - 7.2. Modelos utilizados en la identificación: modelos integradores, modelos de primer orden más tiempo muerto, modelos de segundo orden más tiempo muerto sobrearmortiguados, modelos de segundo orden más tiempo muerto subamortiguados.
 - 7.3. Métodos de identificación experimental: métodos de recta tangente, métodos de dos puntos, métodos de tres puntos, métodos por minimización de una función de error de predicción
 - 7.4. Obtención de la curva de reacción de un sistema: consideraciones prácticas, caso particular, sistemas de múltiples entradas y múltiples salidas
- 8. Introducción a las redes nueronales para el modelado de sistemas
- 9. Introducción a la lógica difusa para el modelado de sistemas

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 sesiones prácticas. Esta última se implementará mediante técnicas como el modelado, simulación, prototipado y la experimentación controlada.

Las personas estudiantes podrán desarrollar actividades en las que:

- Analizarán y definirán los requisitos del sistema, estableciendo el mejor modelo que lo representa e identificando las herramientas de simulación.
- Evaluarán distintos modelos y los compararán con el fin de determinar cuál es la mejor alternativa que negocie entre complejidad y error deseado.
- Aplicarán herramientas computacionales para la solución del modelo.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante modelar sistemas electromecánicos, utilizando herramientas matemáticas y computacionales que permitan analizar su comportamiento en diferentes escenarios operativos

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.
- Tareas: evaluaciones que tienen el propósito de reforzar, aplicar o evaluar el aprendizaje de un tema específico. Pueden requerir investigación, resolución de problemas, desarrollo de habilidades prácticas o aplicación de conocimientos teóricos.
- 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 %
Tareas (6)	15 %
Act. aprendizaje activo (1)	25 %
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 **no** tiene derecho a presentar un examen de reposición.

7. Bibliografía

- [1] D. K. Chaturvedi, *Modeling and Simulation of Systems Using MATLAB and Simulink*. CRC Press, 2017.
- [2] K. Ogata, *Modern Control Engineering*. Prentice Hall, 2010.
- [3] K. J. Åström y R. M. Murray, *Feedback Systems: An Introduction for Scientists and Engineers*. Princeton University Press, 2010.
- [4] K. Ogata, *System Dynamics*. Prentice Hall, 2001.
- [5] S. C. Chapra, *Applied Numerical Methods with MATLAB for Engineers and Scientists*. McGraw-Hill, 2011.

8. Persona docente El curso será impartido por:

Juan Luis Guerrero Fernández, Ph.D.

Doctor en filosofía en ciencias. Universidad de Sheffield. Inglaterra.

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

Máster en Ciencias en Mecatrónica. FH Aachen University of Applied Sciences. Alemania.

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

Oficina: 10 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Dr.-Ing. Luis Diego Murillo Soto

Máster en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica. Universidad de Costa Rica. Costa Rica

Máster en computación. Ingeniero en Mantenimiento Industrial. Tecnológico de Costa Rica.Costa Rica

Técnico en Electrónica. COVAO

Correo: lmurillo@itcr.ac.cr Teléfono: 25509347

Oficina: 7 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-0507

Manufactura

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica (tronco común)

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Manufactura
Código:	EE-0507
Tipo de curso:	Teórico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	2
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclasses por semana:	3
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 5 ^{to} semestre en Ingeniería Electromecánica (tronco común)
Requisitos:	EE-0307 Dinámica
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	ME-220X Ciencia e ingeniería de los materiales; EE-0508 Laboratorio de manufactura
Asistencia:	Libre
Suficiencia:	Sí
Possibilidad 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 *Manufactura* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: evaluar las características de los materiales y seleccionar los procesos de manufactura adecuados para el desarrollo y la producción de sistemas electromecánicos.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: analizar las características de los materiales y su influencia en la selección de procesos de manufactura para la fabricación de productos; clasificar los diferentes procesos de manufactura con base en su aplicabilidad y su relación con las etapas de diseño e inspección; y determinar las técnicas de manufactura más adecuadas según los requerimientos de diseño, funcionalidad y costos.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Dibujo técnico, y Ciencia e ingeniería de los materiales.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: Dibujo industrial, Elementos de máquinas, Robótica, y Manufactura en la cadena de valor aeroespacial.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Seleccionar los procesos de manufactura necesarios para la creación de productos a partir de la comprensión de las características de los materiales, los recursos disponibles y los procesos de manufactura utilizados en la industria electromecánica y su relación con las etapas de diseño e inspección.

Objetivos específicos

- Analizar las características de los materiales y su influencia en la selección de procesos de manufactura para la fabricación de productos.
- Clasificar los diferentes procesos de manufactura con base en su aplicabilidad y su relación con las etapas de diseño e inspección.
- Determinar las técnicas de manufactura más adecuadas según los requerimientos de diseño, funcionalidad y costos.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Introducción a la manufactura

- 1.1. Definición e importancia de la manufactura
- 1.2. Relación con la ingeniería electromecánica
- 1.3. Materiales

1.4. Tendencias de la manufactura moderna (transformación digital, manufactura digital, automatización)

2. Procesos de manufactura

- 2.1. Procesos de conformado: fundición, forja, laminado, estampado, extrusión, inye-

- ción y moldeo, trefilado
- 2.2. Procesos de maquinado: torneado, fresado, taladrado, rectificado
- 2.3. Procesos de unión: soldadura por arco eléctrico y protección gaseosa, soldadura láser, soldadura por ultrasonido, remachado, adhesivos industriales
- 2.4. Procesos de corte: troquelado, cizallado, por plasma, electroerosionado, por chorro de agua, corte láser
- 2.5. Procesos de manufactura aditiva: deposición fundida (FDM), sinterizado láser selectivo (SLS), fusión selectiva por láser (SLM), impresión por inyección de aglutinante
- 3. Automatización en manufactura
 - 3.1. CNC y su programación básica (lenguajes de programación)
 - 3.2. Robótica en manufactura
 - 3.3. Celdas de manufactura
- 4. Metrología dimensional
 - 4.1. Metrología de contacto: calibrador Vernier, micrómetro, reloj comparador, máquina de medición por coordenadas (CMM), galgas de espesores y bloques patrón
 - 4.2. Metrología sin contacto: interferometría láser, escaneo 3D, microscopía óptica, perfilómetro óptico
 - 4.3. Tolerancias geométricas y dimensionales
 - 4.4. Medición de rugosidades y acabados superficiales
 - 4.5. Control estadístico de procesos (CEP)
- 5. Diseño para manufactura y ensamblaje (DFMA)
 - 5.1. Principios de diseño para manufactura
 - 5.2. Costos y optimización en el diseño de productos
 - 5.3. Manufacturabilidad y ensamblabilidad
- 6. Micromanufactura
 - 6.1. Semiconductores y silicio
 - 6.2. Crecimiento de cristales y preparación de obleas
 - 6.3. Deposición de películas
 - 6.4. Litografía
 - 6.5. Grabado
 - 6.6. Unión de cables y empaquetado
 - 6.7. Placas de circuitos impresos
- 7. Manufactura sostenible
 - 7.1. Impacto ambiental y estrategias de manufactura verde

7.2. Reciclaje y reutilización de materiales

7.3. Eficiencia energética en procesos de manufactura

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 instrucción sobre los procesos de manufactura utilizados en la ingeniería electromecánica.
- Analizarán un caso detallado de manufactura para extraer aprendizajes aplicables a contextos similares.
- Compararán múltiples soluciones de manufactura para un mismo problema con el fin de realizar una evaluación comparativa para la elección del proceso de manufactura óptimo.
- Desarrollarán un proyecto para especificar la cadena de manufactura de un producto o prototipo con el fin de desarrollar habilidades técnicas, de investigación y resolución de problemas en un contexto aplicado y de trabajo en equipo.
- Realizarán una investigación de campo y observación directa de un proceso de manufactura con el fin de recolectar datos del proceso para su posterior análisis.
- Evaluarán el impacto ambiental, económico y social de un proceso de manufactura específico.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante seleccionar los procesos de manufactura necesarios para la creación de productos a partir de la comprensión de las características de los materiales, los recursos disponibles y los procesos de manufactura utilizados en la industria electromecánica y su relación con las etapas de diseño e inspección

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] S. Kalpakjian y S. R. Schmid, *Manufacturing Engineering and Technology*, 9.^a ed. Hoboken, NJ: Pearson, 2025, ISBN: 978-0-13-830847-6.
- [2] M. P. Groover, *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems*, 7th. Wiley, 2019, ISBN: 978-1-119-47585-7.
- [3] S. Kalpakjian y S. R. Schmid, *Manufacturing Processes for Engineering Materials*, 7th. Pearson, 2013, ISBN: 978-0-13-312874-1.
- [4] M. P. Groover, *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*, 4th. Pearson, 2014, ISBN: 978-0-13-298154-8.

8. Persona docente

El curso será impartido por:

Christopher Vega Sánchez, Ph.D.

Doctor en filosofía en ciencias. Universidad de Sídney. Australia.

Máster en ciencias en Ingeniería de Sistemas Microelectromecánicos. Universidad de Freiburg. Alemania.

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

Correo: cvega@itcr.ac.cr *Teléfono:* 0

Oficina: 20 *Escuela:* Ingeniería Electromecánica *Sede:* Cartago

Programa del curso EE-0508

Laboratorio de manufactura

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica (tronco común)

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Laboratorio de manufactura
Código:	EE-0508
Tipo de curso:	Práctico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	2
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extraclasses por semana:	2
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 5 ^{to} semestre en Ingeniería Electromecánica (tronco común)
Requisitos:	Ninguno
Correquisitos:	EE-0507 Manufactura
El curso es requisito de:	EE-0609 Dibujo industrial
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
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 *Laboratorio de manufactura* aporta en el desarrollo de los siguientes rasgos del plan de estudios: evaluar las características de los materiales y seleccionar los procesos de manufactura adecuados para el desarrollo y la producción de sistemas electromecánicos; y aplicar principios de metrología para medir variables físicas en sistemas electromecánicos.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: explorar, mediante demostraciones y prácticas dirigidas, el funcionamiento y aplicación de los procesos de manufactura más relevantes en la industria electromecánica, y su relación con las características de los materiales; evaluar los datos obtenidos de los procesos de manufactura para comprender su impacto en la calidad, eficiencia y viabilidad del producto final; y relacionar los procesos de manufactura con las etapas de diseño e inspección, destacando su influencia en la optimización y mejora del desarrollo de productos.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Dibujo técnico, y Ciencia e ingeniería de los materiales.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: Dibujo industrial, Elementos de máquinas, Robótica, y Manufactura en la cadena de valor aeroespacial.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Comprender los principales procesos de manufactura en la industria electromecánica mediante demostraciones, prácticas dirigidas y análisis de datos, resaltando su relación con las características de los materiales y las etapas de diseño e inspección.

Objetivos específicos

- Explorar, mediante demostraciones y prácticas dirigidas, el funcionamiento y aplicación de los procesos de manufactura más relevantes en la industria electromecánica, y su relación con las características de los materiales.
- Evaluar los datos obtenidos de los procesos de manufactura para comprender su impacto en la calidad, eficiencia y viabilidad del producto final.
- Relacionar los procesos de manufactura con las etapas de diseño e inspección, destacando su influencia en la optimización y mejora del desarrollo de productos.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes laboratorios:

1. Introducción a la planta de manufactura
 - 1.1. Conceptos básicos de una planta de manufactura
 - 1.2. Seguridad
2. Procesos de manufactura

- 2.1. Procesos de conformado: fundición e inyección y moldeo
- 2.2. Procesos de maquinado: torneado, fresado, taladrado, rectificado, electro-erosionado
- 2.3. Procesos de unión: soldadura por fusión (de partes y tuberías)
- 2.4. Procesos de corte: por plasma, electro-erosionado y corte laser
- 2.5. Procesos de manufactura aditiva: Deposición fundida (FDM), sinterizado láser selectivo (SLS), fusión selectiva por láser (SLM), impresión por inyección de aglutinante
3. Automatización en manufactura
 - 3.1. CNC y su programación básica (lenguajes de programación)
 - 3.2. Robótica en manufactura
 - 3.3. Celdas de manufactura
4. Metrología dimensional
 - 4.1. Metrología de contacto: calibrador Vernier, micrómetro, reloj comparador, máquina de medición por coordenadas (CMM), galgas de espesores y bloques patrón
 - 4.2. Metrología sin contacto: metrología óptica
 - 4.3. Tolerancias geométricas y dimensionales
 - 4.4. Medición de rugosidades y acabados superficiales
 - 4.5. Control estadístico de procesos (CEP)
5. Diseño para manufactura y ensamblaje (DFMA)
 - 5.1. Manufacturabilidad y ensamblabilidad
6. Micromanufactura
 - 6.1. Deposición de películas
 - 6.2. Litografía
 - 6.3. Placas de circuitos impresos
7. Manufactura sostenible
 - 7.1. Manejo de desechos
 - 7.2. Impacto ambiental y estrategias de manufactura verde
 - 7.3. Reciclaje y reutilización de materiales

II parte: Aspectos operativos

5. Metodología

En este curso, se utilizará la investigación práctica aplicada mediante técnicas como el modelado, simulación, prototipado, experimentación controlada e ingeniería inversa.

Las personas estudiantes podrán desarrollar actividades en las que:

- Desarrollarán experimentos en condiciones controladas para probar hipótesis derivadas de la teoría de manufactura y validarán los resultados.
- Analizarán casos detallados de manufactura para extraer aprendizajes aplicables a contextos similares.
- Compararán múltiples soluciones de manufactura para un mismo problema con el fin de realizar una evaluación comparativa para la elección del proceso de manufactura óptimo.
- Usarán simuladores computacionales de procesos de manufactura con el fin de validar y optimizar el funcionamiento del equipo antes de su puesta en marcha.
- Evaluarán el impacto ambiental y social de un proceso de manufactura desarrollado en el laboratorio.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante comprender los principales procesos de manufactura en la industria electromecánica mediante demostraciones, prácticas dirigidas y análisis de datos, resaltando su relación con las características de los materiales y las etapas de diseño e inspección

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:

- Reportes: documento técnico que presenta de forma ordenada y estructurada el desarrollo, resultados y análisis de un experimento o práctica de laboratorio.
- 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.

Reportes (12)	60 %
Pruebas cortas (4)	40 %
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 **no** tiene derecho a presentar un examen de reposición.

7. Bibliografía

- [1] S. Kalpakjian y S. R. Schmid, *Manufacturing Engineering and Technology*, 9.^a ed. Hoboken, NJ: Pearson, 2025, ISBN: 978-0-13-830847-6.

- [2] M. P. Groover, *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems*, 7th. Wiley, 2019, ISBN: 978-1-119-47585-7.
- [3] S. Kalpakjian y S. R. Schmid, *Manufacturing Processes for Engineering Materials*, 7th. Pearson, 2013, ISBN: 978-0-13-312874-1.
- [4] M. P. Groover, *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*, 4th. Pearson, 2014, ISBN: 978-0-13-298154-8.

8. Persona docente El curso será impartido por:

Christopher Vega Sánchez, Ph.D.

Doctor en filosofía en ciencias. Universidad de Sídney. Australia.

Máster en ciencias en Ingeniería de Sistemas Microelectromecánicos. Universidad de Freiburg. Alemania.

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

Correo: cvega@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 20 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Ing. Julio César Rojas Gómez

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

Correo: jrojas@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 0 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-0602

Fiabilidad y disponibilidad de sistemas electromecánicos

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica (tronco común)

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Fiabilidad y disponibilidad de sistemas electromecánicos
Código:	EE-0602
Tipo de curso:	Teórico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	2
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclasses por semana:	3
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 6 ^{to} semestre en Ingeniería Electromecánica (tronco común)
Requisitos:	PI-0502 Estadística aplicada
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	EE-0701 Administración de proyectos
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 *Fiabilidad y disponibilidad de sistemas electromecánicos* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: aplicar herramientas estadísticas para diseñar experimentos, evaluar datos con rigor científico, y garantizar la confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad en sistemas electromecánicos.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: comprender los fundamentos de confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad (RAMS) en sistemas electromecánicos, así como su importancia en la industria; modelar modos de falla, utilizando metodologías como FMEA (Análisis de Modos y Efectos de Falla) y FTA (Análisis de Árbol de Fallas); diseñar estrategias de mantenimiento óptimo, incluyendo mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo, basadas en criterios de disponibilidad y costos; y elaborar planes de mitigación de riesgos que garanticen la seguridad operacional en sistemas electromecánicos, integrando normativas y mejores prácticas de la industria.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en el curso de: Estadística aplicada.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: Administración de proyectos, Elementos de máquinas, Mantenimiento electromecánico, y Gestión del ciclo de vida de instalaciones electromecánicas.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Aplicar las herramientas estadísticas, metodologías de análisis de fallos y estrategias de mantenimiento, para el análisis y mejora de la confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad (RAMS), de sistemas electromecánicos que garanticen el funcionamiento seguro y eficiente.

Objetivos específicos

- Comprender los fundamentos de confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad (RAMS) en sistemas electromecánicos, así como su importancia en la industria.
- Modelar modos de falla, utilizando metodologías como FMEA (Análisis de Modos y Efectos de Falla) y FTA (Análisis de Árbol de Fallas).
- Diseñar estrategias de mantenimiento óptimo, incluyendo mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo, basadas en criterios de disponibilidad y costos.
- Elaborar planes de mitigación de riesgos que garanticen la seguridad operacional en sistemas electromecánicos, integrando normativas y mejores prácticas de la industria.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaron los siguientes temas:

1. Introducción a la fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad (RAMS) en sistemas electromecánicos

 1.1. Conceptos clave de fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad (RAMS)

- 1.2. Importancia del análisis RAMS en la ingeniería electromecánica
- 1.3. Indicadores y métricas de desempeño de sistemas
2. Métodos estadísticos aplicados a la confiabilidad
 - 2.1. Distribuciones de probabilidad utilizadas en confiabilidad: exponencial, normal, Weibull
 - 2.2. Estimación de parámetros estadísticos y análisis de datos de fallos
 - 2.3. Introducción a la prueba de hipótesis y análisis de tendencia en confiabilidad
3. Análisis de Modos y Efectos de Fallo (FMEA) y Análisis de Árbol de Fallos (FTA)
 - 3.1. Metodología FMECA: identificación y priorización de fallos
 - 3.2. Análisis de criticidad y cálculo del RPN (Risk Priority Number)
 - 3.3. Construcción y aplicación del Análisis de Árbol de Fallos (FTA)
 - 3.4. Factores que afectan la confiabilidad y vida útil de los componentes
4. Análisis Weibull y estimación de vida útil de componentes
 - 4.1. Principios del análisis Weibull y su aplicación en confiabilidad
 - 4.2. Estimación de parámetros β y η para predecir vida útil
 - 4.3. Análisis de datos de fallos en el contexto industrial
5. Modelos de confiabilidad para sistemas en serie, paralelo y redundancia
 - 5.1. Modelos de confiabilidad en sistemas simples y complejos
 - 5.2. Cálculo de confiabilidad en configuraciones en serie y en paralelo
 - 5.3. Estrategias de redundancia para mejorar la disponibilidad de sistemas
6. Estrategias de mantenimiento: correctivo, preventivo, predictivo y basado en condición
 - 6.1. Diferencias y aplicaciones de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo
 - 6.2. Criterios de selección de estrategias de mantenimiento
 - 6.3. Análisis de costos y beneficios de cada enfoque
7. Optimización de planes de mantenimiento y análisis costo-beneficio
 - 7.1. Estrategias para optimizar programas de mantenimiento
 - 7.2. Métodos de análisis costo-beneficio en confiabilidad y disponibilidad
8. Planificación de contingencias y resiliencia en sistemas electromecánicos
 - 8.1. Estrategias de continuidad operativa y gestión de crisis
 - 8.2. Diseño de planes de contingencia y recuperación ante fallos
9. Métodos de análisis de seguridad y normativas internacionales
 - 9.1. Principales normativas en seguridad industrial y confiabilidad
 - 9.2. Métodos de análisis de seguridad: HAZOP, LOPA, Bow-Tie

9.3. Implementación de planes de seguridad en la industria

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:

- Aplicarán herramientas estadísticas para evaluar la confiabilidad de un sistema.
- Aplicarán herramientas como el FMEA para priorizar fallos y proponer acciones preventivas.
- Diseñarán estrategias de mantenimiento alineadas con la optimización de disponibilidad y costos.
- Modelarán el impacto de fallos en la disponibilidad de un sistema en serie y en paralelo.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante aplicar las herramientas estadísticas, metodologías de análisis de fallos y estrategias de mantenimiento, para el análisis y mejora de la confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad (RAMS), de sistemas electromecánicos que garanticen el funcionamiento seguro y eficiente

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] C. E. Ebeling, *An introduction to reliability and maintainability engineering*. Waveland Press, 2019.
- [2] A. Birolini, *Reliability engineering*. Springer, 2017, vol. 8.
- [3] D. Smith, *Fiabilidad, mantenibilidad y riesgo: métodos prácticos para ingenieros*. Butterworth-Heinemann, 2019.
- [4] J. Moubray, *Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM)*. 2004.

8. Persona do- cente

El curso será impartido por:

Mag. Sebastián Mata Ortega

Maestría en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Administración de la Energía. Licenciado en Ingeniería en Mantenimiento Industrial. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Correo: semata@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 26 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Mag. Carlos Piedra Santamaría

Maestría en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Administración del Mantenimiento. Licenciado en Ingeniería en Mantenimiento Industrial. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Correo: cpiedra@itcr.ac.cr Teléfono: 22509353

Oficina: 0 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-0604

Sistemas digitales

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica (tronco común)

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Sistemas digitales
Código:	EE-0604
Tipo de curso:	Teórico - Práctico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	2
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extraclasses por semana:	2
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 6 ^{to} semestre en Ingeniería Electromecánica (tronco común)
Requisitos:	EE-0503 Sistemas analógicos
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	EE-0705 Microcontroladores
Asistencia:	Libre
Suficiencia:	No
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 digitales* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: conocer y aplicar los principios de los circuitos eléctricos y la electrónica, y analizar su funcionamiento en las diversas aplicaciones en ingeniería electromecánica.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: aplicar técnicas de simplificación de variables en circuitos combinacionales; implementar conectivas lógicas en lógica digital y lógica programada en FPGA; analizar el funcionamiento, diseño e implementación de contadores digitales, MUX y Decos y ADC; e implementar circuitos digitales combinacionales y secuenciales usando lenguajes como VHDL o Verilog.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Sistemas analógicos, e Introducción a la computación.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: Microcontroladores, y Control por eventos discretos.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Desarrollar circuitos digitales con circuitos integrados y/o componentes programados.

Objetivos específicos

- Aplicar técnicas de simplificación de variables en circuitos combinacionales.
- Implementar conectivas lógicas en lógica digital y lógica programada en FPGA.
- Analizar el funcionamiento, diseño e implementación de contadores digitales, MUX y Decos y ADC.
- Implementar circuitos digitales combinacionales y secuenciales usando lenguajes como VHDL o Verilog.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Introducción a los Sistemas Digitales
 - 1.1. Conceptos básicos
 - 1.2. Diferencias entre sistemas digitales y analógicos
2. Reducción de expresiones booleanas
 - 2.1. Álgebra de Boole
 - 2.2. Teoremas y postulados
 - 2.3. Variables y funciones booleanas
 - 2.4. Simplificación de funciones booleanas
 - 2.5. Mapas de Karnaugh

- 2.5.1. Mapas cíclicos, semi-cíclicos
- 2.5.2. Mapas de variable ingresada
- 2.6. Suma de productos y Producto de Sumas
- 3. Circuitos Combinacionales
 - 3.1. Puertas lógicas básicas (AND, OR, NOT, NAND, NOR, XOR, XNOR)
 - 3.2. Diseño y análisis de circuitos combinacionales
 - 3.3. Sumadores y restadores
 - 3.4. Multiplexores (MUX)
 - 3.5. Demultiplexores (DEMUX)
 - 3.6. Codificadores y decodificadores (ENCODERS y DECODERS)
- 4. Circuitos Secuenciales
 - 4.1. Conceptos de memoria y almacenamiento
 - 4.2. Flip-Flops (SR, D, JK, T)
 - 4.3. Contadores y registros
 - 4.4. Máquinas de estados finitos (FSM)
 - 4.5. Maquinas de Mealy / Moore
- 5. Elementos de Memoria
 - 5.1. Tipos de flip-flops y sus aplicaciones
 - 5.2. Diseño de registros y contadores
 - 5.3. Memorias RAM y ROM
- 6. Unidad Aritmética y Lógica (ALU)
 - 6.1. Diseño y funcionamiento de una ALU
 - 6.2. Operaciones aritméticas y lógicas
- 7. Lenguaje de Descripción de Hardware (VHDL)
 - 7.1. Introducción a VHDL
 - 7.2. Modelado de circuitos combinacionales y secuenciales en VHDL
 - 7.3. Simulación y síntesis de diseños en VHDL
- 8. FPGAs (Field-Programmable Gate Arrays)
 - 8.1. Introducción a las FPGAs
 - 8.2. Tipos de FPGAs y sus aplicaciones
 - 8.3. Arquitectura interna de una FPGA
 - 8.4. Ventajas y desventajas de las FPGAs
- 9. Programación de FPGAs con VHDL

- 9.1. Diseño del circuito en VHDL
- 9.2. Simulación y verificación del diseño
- 9.3. Síntesis y generación del bitstream
- 9.4. Implementación y programación en la FPGA

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 sesiones prácticas. Esta última se implementará mediante técnicas como el modelado, simulación, prototipado y la experimentación controlada.

Las personas estudiantes podrán desarrollar actividades en las que:

- Analizarán y definirán los requisitos del sistema, estableciendo el mejor circuito que solucione el problema planteado.
- Contrastarán distintos circuitos con el fin de determinar cuál es la mejor alternativa que equilibre la complejidad y el margen de error aceptable.
- Aplicarán herramientas de simulación para verificar el funcionamiento de la solución planteada.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante desarrollar circuitos digitales con circuitos integrados y/o componentes programados

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.
- Tareas: evaluaciones que tienen el propósito de reforzar, aplicar o evaluar el aprendizaje de un tema específico. Pueden requerir investigación, resolución de problemas, desarrollo de habilidades prácticas o aplicación de conocimientos teóricos.
- 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 %
Tareas (6)	15 %
Act. aprendizaje activo (1)	25 %
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 **no** tiene derecho a presentar un examen de reposición.

7. Bibliografía

- [1] S. Brown y Z. Vranesic, *Fundamentals of Digital Logic with Verilog Design*, 3rd. McGraw-Hill Education, 2013, ISBN: 978-0073380544.
- [2] M. M. Mano y C. R. Kime, *Logic and Computer Design Fundamentals*, 5th. Pearson, 2015, ISBN: 978-0133760637.
- [3] D. M. Harris y S. L. Harris, *Digital Design and Computer Architecture*, 2nd. Morgan Kaufmann, 2012, ISBN: 978-0123944245.
- [4] R. H. Katz, *Contemporary Logic Design*, 2nd. Prentice Hall, 2005, ISBN: 978-0201308570.
- [5] T. L. Floyd, *Fundamentos de Sistemas Digitales*, 11.^a ed. Pearson Educación, 2015, ISBN: 978-6073222083.
- [6] V. P. Nelson, H. T. Nagle, B. D. Carroll y J. D. Irwin, *Análisis y Diseño de Circuitos Lógicos Digitales*. Prentice Hall, 1995, ISBN: 978-9688808145.
- [7] J. P. Hayes, *Introducción al Diseño Lógico Digital*. McGraw-Hill, 1993, ISBN: 978-8448111692.
- [8] R. S. Sandige, *Modern Digital Design*. McGraw-Hill, 2002, ISBN: 978-0071123471.
- [9] K. L. Short, *VHDL for Engineers*. Prentice Hall, 2008, ISBN: 978-0136055969.
- [10] P. P. Chu, *FPGA Prototyping by VHDL Examples*, 2nd. Wiley-Interscience, 2017, ISBN: 978-1119282747.

8. Persona docente El curso será impartido por:

Mag. Lisandro Araya Rodriguez

Maestría Ingeniería en Computación. Bachillerato en Ingeniería Electrónica Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica

Correo: laraya@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 19 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

M.Sc. Nicolás Vaquerano Pineda

Maestría en Electrónica con énfasis en Sistemas Embebidos. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica

Correo: nvaquerano@itcr.ac.cr Teléfono: 25509350

Oficina: 0 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-0605

Resistencia de materiales

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica (tronco común)

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Resistencia de materiales
Código:	EE-0605
Tipo de curso:	Teórico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extraclasses por semana:	5
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 6 ^{to} semestre en Ingeniería Electromecánica (tronco común)
Requisitos:	ME-220X Ciencia e ingeniería de los materiales
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	EE-0706 Elementos de máquinas
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 *Resistencia de materiales* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: aplicar los principios de la mecánica de sólidos y fluidos, termodinámica y transferencia de calor para analizar el comportamiento de los sistemas electromecánicos.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: analizar los diferentes tipos de esfuerzos y deformaciones en materiales sólidos, bajo diversas condiciones de carga, aplicando principios de mecánica de materiales; determinar las deformaciones y esfuerzos resultantes en un cuerpo sólido, ocasionadas por una condición de carga dada o viceversa; seleccionar materiales adecuados, según sus propiedades mecánicas para aplicaciones de carga específicas; y obtener de las dimensiones óptimas y/o factor de seguridad de un componente dúctil o frágil, dentro de sus límites de esfuerzo y deformación, aplicando las teorías de falla estática.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Estática, Ciencia e ingeniería de los materiales, Ecuaciones diferenciales, y Dibujo técnico.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: Elementos de máquinas, Máquinas y mecanismos, Materiales en aeronáutica, y Robótica.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Resolver problemas de sólidos sometidos a esfuerzos y deformaciones, con énfasis en el diseño y evaluación de estructuras y componentes mecánicos sencillos, aplicando los principios fundamentales y normas de la mecánica de materiales.

Objetivos específicos

- Analizar los diferentes tipos de esfuerzos y deformaciones en materiales sólidos, bajo diversas condiciones de carga, aplicando principios de mecánica de materiales.
- Determinar las deformaciones y esfuerzos resultantes en un cuerpo sólido, ocasionadas por una condición de carga dada o viceversa.
- Seleccionar materiales adecuados, según sus propiedades mecánicas para aplicaciones de carga específicas.
- Obtener de las dimensiones óptimas y/o factor de seguridad de un componente dúctil o frágil, dentro de sus límites de esfuerzo y deformación, aplicando las teorías de falla estática.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Introducción a la mecánica de materiales
 - 1.1. Materiales en ingeniería
 - 1.2. Concepto de esfuerzo normal, tangencial y de aplastamiento

- 1.3. Concepto de deformación
- 1.4. Consideraciones de diseño: resistencia de los materiales, factor de seguridad y criterios de selección
- 2. Deformación
 - 2.1. Concepto de deformación
 - 2.2. Deformación unitaria
- 3. Propiedades mecánicas de los materiales
 - 3.1. Ensayos de tensión y compresión
 - 3.2. Diagrama de esfuerzo-deformación
 - 3.3. Comportamiento del esfuerzo y deformación de los materiales dúctiles y frágiles.
 - 3.4. Energía de deformación
 - 3.5. Relación de Poisson
 - 3.6. Diagrama de esfuerzo-deformación cortante
 - 3.7. Falla de materiales por flujo plástico y fatiga
- 4. Carga axial
 - 4.1. Principio de Saint-Venant
 - 4.2. Deformación elástica de un cuerpo cargado axialmente
 - 4.3. Principio de superposición
 - 4.4. Elementos cargados axialmente y estáticamente indeterminados
 - 4.5. Métodos de las fuerzas para el análisis de elementos cargados axialmente
 - 4.6. Esfuerzo térmico
 - 4.7. Concentraciones de esfuerzo
- 5. Torsión
 - 5.1. Deformación por torsión de un eje circular
 - 5.2. Fórmula de la torsión
 - 5.3. Transmisión de potencia
 - 5.4. Ángulo de giro
 - 5.5. Elementos cargados con pares de torsión estáticamente indeterminados
 - 5.6. Ejes sólidos no circulares
 - 5.7. Tubos de pared delgada con secciones transversales cerradas
 - 5.8. Concentración del esfuerzo
- 6. Flexión
 - 6.1. Diagramas de cortante y momento

- 6.2. Método gráfico para la construcción de diagramas de fuerza cortante y momento
- 6.3. Deformación flexionante de un elemento recto
- 6.4. La fórmula de la flexión
- 6.5. Flexión asimétrica
- 6.6. Vigas compuestas
- 6.7. Vigas curvas
- 6.8. Concentraciones de esfuerzo
- 7. Fuerza cortante transversal
 - 7.1. Fuerza cortante en elementos rectos
 - 7.2. Fórmula de esfuerzo cortante
 - 7.3. Flujo cortante en elementos compuestos
 - 7.4. Flujo cortante en elementos de pared delgada
 - 7.5. Centro cortante para elementos abiertos de pared delgada
- 8. Cargas combinadas
 - 8.1. Recipientes de pared delgada sometidos a presión
 - 8.2. Estado de esfuerzo causado por cargas combinadas
- 9. Transformación de esfuerzos
 - 9.1. Transformación del esfuerzo plano
 - 9.2. Ecuaciones generales de la transformación del esfuerzo plano
 - 9.3. Esfuerzos principales y esfuerzo cortante máximo en el plano
 - 9.4. Círculo de Mohr – el esfuerzo plano
 - 9.5. Esfuerzo cortante máximo absoluto
- 10. Transformación de deformaciones
 - 10.1. Teorías de falla de materiales dúctiles
 - 10.2. Teorías de falla de materiales frágiles
- 11. Diseño de vigas y ejes
 - 11.1. Fundamentos para el diseño de vigas
 - 11.2. Diseño de una viga prismática
 - 11.3. Vigas completamente esforzadas
 - 11.4. Diseño de ejes
- 12. Deflexión de vigas y ejes
 - 12.1. La curva elástica
 - 12.2. Pendiente y desplazamiento por integración

- 12.3. Funciones de discontinuidad
- 12.4. Pendiente de desplazamiento por el método del área de momento
- 12.5. Método de superposición
- 12.6. Métodos de análisis de vigas y ejes estáticamente indeterminados
- 13. Pandeo de columnas
 - 13.1. Carga crítica
 - 13.2. Columna ideal con soportes de pasador
 - 13.3. Columnas que tienen varios tipos de soporte
 - 13.4. La fórmula de la secante
 - 13.5. Pandeo inelástico
 - 13.6. Diseño de columnas para cargas concéntricas
 - 13.7. Diseño de columnas para cargas excéntricas
- 14. Métodos de Energía
 - 14.1. Trabajo externo y energía de deformación
 - 14.2. Energía de deformación elástica para distintos tipos de carga
 - 14.3. Conservación de la energía
 - 14.4. Carga de impacto
 - 14.5. Principio del trabajo virtual
 - 14.6. Método de las fuerzas virtuales aplicadas a las cerchas
 - 14.7. Método de las fuerzas virtuales a vigas
 - 14.8. Teorema de Castigliano aplicado a armadura y vigas

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 instrucción sobre los fundamentos de la mecánica de materiales para el análisis de problemas de ingeniería mecánica.
- Analizarán situaciones reales o hipotéticas de sistemas mecánicos para extraer aprendizajes aplicables a contextos similares.
- Evaluarán el comportamiento mecánico de múltiples materiales bajo un mismo escenario de carga para evaluar, de forma comparativa, la mejor opción para un diseño específico.
- Trabajarán en proyectos prácticos para desarrollar habilidades técnicas, de investigación, prototipado, trabajo en equipo y resolución de problemas en un contexto aplicado a la mecánica de cuerpos rígidos.
- Usarán herramientas computacionales básicas para modelar materiales y estimar esfuerzos y deformaciones en los mismos.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante resolver problemas de sólidos sometidos a esfuerzos y deformaciones, con énfasis en el diseño y evaluación de estructuras y componentes mecánicos sencillos, aplicando los principios fundamentales y normas de la mecánica de materiales

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] R. C. Hibbeler, *Mecánica de Materiales*, 9.^a ed. México: Pearson Educación, 2017.
- [2] F. P. Beer, E. R. J. Jr., J. T. DeWolf y D. F. Mazurek, *Mecánica de Materiales*, 8.^a ed. México: McGraw-Hill, 2021.
- [3] J. Hanson, A. Bernal y J. Pitarresi, *How to Ace Mechanics of Materials with Jeff Hanson*, 1.^a ed. New York: McGraw Hill, 2025.
- [4] J. M. Gere y B. J. Goodno, *Mecánica de Materiales*, 8.^a ed. México: Cengage Learning, 2016.

8. Persona docente

El curso será impartido por:

M.Sc. Noel Jacob Ureña Sandí

Máster en ciencias en Concepción y Producción Asistida por Computadora en Ingeniería Mecánica. RWTH Aachen University. Alemania.

Licenciado en Ingeniería en Materiales. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica

Correo: nurena@itcr.ac.cr Teléfono: 25509347

Oficina: 22 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-0607

Mecánica de fluidos

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica (tronco común)

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Mecánica de fluidos
Código:	EE-0607
Tipo de curso:	Teórico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extraclasses por semana:	5
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 6 ^{to} semestre en Ingeniería Electromecánica (tronco común)
Requisitos:	MA-2105 Ecuaciones diferenciales; EE-0504 Modelado y simulación de sistemas
Correquisitos:	CM-4108 Transferencia de calor
El curso es requisito de:	EE-0707 Sistemas térmicos; EE-0608 Laboratorio de mecánica de fluidos
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 *Mecánica de fluidos* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: aplicar los principios de la mecánica de sólidos y fluidos, termodinámica y transferencia de calor para analizar el comportamiento de los sistemas electromecánicos.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: analizar las propiedades de los fluidos y su relación con el comportamiento de sistemas hidráulicos y neumáticos; aplicar los principios fundamentales de la estática y dinámica de fluidos en la solución de problemas de ingeniería; evaluar la pérdida de energía en sistemas de flujo, diseñando sistemas de transporte de fluidos eficientes; e implementar herramientas computacionales y metodologías experimentales en el análisis de sistemas de flujo de fluidos.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Ecuaciones diferenciales, Modelado y simulación de sistemas, y Termodinámica.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: Sistemas térmicos, Ventilación y aire comprimido, y Sistemas de refrigeración y aire acondicionado.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Analizar sistemas de transporte de fluidos aplicando sus propiedades, el comportamiento estático y dinámico, y las ecuaciones fundamentales que rigen su movimiento.

Objetivos específicos

- Analizar las propiedades de los fluidos y su relación con el comportamiento de sistemas hidráulicos y neumáticos.
- Aplicar los principios fundamentales de la estática y dinámica de fluidos en la solución de problemas de ingeniería.
- Evaluar la pérdida de energía en sistemas de flujo, diseñando sistemas de transporte de fluidos eficientes.
- Implementar herramientas computacionales y metodologías experimentales en el análisis de sistemas de flujo de fluidos.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Fluidos y sus propiedades
 - 1.1. Definición de fluido
 - 1.2. Propiedades físicas: densidad, viscosidad, presión, temperatura
 - 1.3. Clasificación de los fluidos (ideales, reales, compresibles e incompresibles)
2. Estática de fluidos
 - 2.1. Presión en un fluido en reposo

- 2.2. Principio de Pascal y principio de Arquímedes
- 2.3. Manometría y medición de presión
- 2.4. Equilibrio de cuerpos sumergidos y flotación
- 3. Cinemática de fluidos (fluidos en movimiento)
 - 3.1. Descripción del movimiento de los fluidos
 - 3.2. Líneas de corriente, trayectoria y líneas de emisión
 - 3.3. Régimen de flujo: laminar y turbulento
 - 3.4. Ecuación de continuidad
- 4. Dinámica de fluidos (principios de energía)
 - 4.1. Principio de Bernoulli y su aplicación
 - 4.2. Ecuación general de la energía
 - 4.3. Flujo potencial y circulación
 - 4.4. Concepto de esfuerzo cortante en flujo
- 5. Flujo en tuberías
 - 5.1. Análisis del flujo interno
 - 5.2. Tipos de flujo en tuberías
 - 5.3. Ecuación de Darcy-Weisbach
 - 5.4. Medición de flujo en tuberías
- 6. Pérdidas de energía debido a la fricción
 - 6.1. Pérdidas primarias y secundarias
 - 6.2. Factores que afectan la fricción
 - 6.3. Diagramas de Moody
 - 6.4. Cálculo de pérdidas de carga
- 7. Sistemas de tuberías
 - 7.1. Redes de tuberías en paralelo y en serie
 - 7.2. Bombeo y selección de bombas
 - 7.3. Golpe de ariete y su control
 - 7.4. Aplicaciones en sistemas industriales
- 8. Análisis computacional de fluidos
 - 8.1. Introducción a la dinámica de fluidos computacional (CFD)
 - 8.2. Modelado y simulación de flujos
 - 8.3. Métodos numéricos en mecánica de fluidos
 - 8.4. Aplicaciones en ingeniería

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 mecánica de fluidos.
- Analizarán los requisitos del sistema de flujo.
- Evaluarán distintas configuraciones de sistemas hidráulicos.
- Implementarán herramientas computacionales para la simulación de flujos de fluidos.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante analizar sistemas de transporte de fluidos aplicando sus propiedades, el comportamiento estático y dinámico, y las ecuaciones fundamentales que rigen su movimiento

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] Y. Cengel y J. Cimbala, *Mecánica de Fluidos, Fundamentos y Aplicaciones*, 4a. McGraw-Hill, Inc., 2018.
- [2] R. Mott y J. Untener, *Mecánica de Fluidos*, 7a. Pearson, 2015.
- [3] H. Chanson, *Hidráulica del Flujo*. McGraw-Hill, Inc., 2002.
- [4] C. T. Crowe, D. F. Elger y J. A. Roberson, *Mecánica de Fluidos*, 7a. John Wiley & Sons, Inc., 2002.
- [5] H. W. King, *Handbook of Hydraulics*. McGraw-Hill, Inc., 1996.
- [6] C. Mataix, *Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas*. Harper & Row Publishers Inc., 1970.
- [7] R. M. Munson, D. F. Young y T. H. Okiishi, *Fundamentos de Mecánica de Fluidos*. John Wiley & Sons, Inc., 2004.
- [8] M. Potter y D. Wiggert, *Mecánica de Fluidos*, 2a. Prentice Hall, Inc., 1998.
- [9] G. A. Sotelo, *Hidráulica General*. Editorial LIMUSA S.A., 1974.
- [10] V. Streeter, B. Wylie y K. Bedford, *Mecánica de Fluidos*, 9a. McGraw-Hill, Inc., 2000.
- [11] F. M. White, *Mecánica de Fluidos*, 6a. McGraw-Hill, Inc., 2008.

8. Persona docente El curso será impartido por:

Ing. Alberto Garro Zavaleta

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

Correo: jagarro@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 12 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-0608

Laboratorio de mecánica de fluidos

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica (tronco común)

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Laboratorio de mecánica de fluidos
Código:	EE-0608
Tipo de curso:	Práctico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	1
Nº horas de clase por semana:	2
Nº horas extraclasses por semana:	1
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 6 ^{to} semestre en Ingeniería Electromecánica (tronco común)
Requisitos:	Ninguno
Correquisitos:	EE-0607 Mecánica de fluidos
El curso es requisito de:	Ninguno
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
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 *Laboratorio de mecánica de fluidos* aporta en el desarrollo de los siguientes rasgos del plan de estudios: aplicar los principios de la mecánica de sólidos y fluidos, termodinámica y transferencia de calor para analizar el comportamiento de los sistemas electromecánicos; y aplicar principios de metroología para medir variables físicas en sistemas electromecánicos.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: identificar las propiedades de los fluidos mediante técnicas experimentales; aplicar métodos de medición para la caracterización del flujo de fluidos en diversas condiciones; evaluar experimentalmente la influencia de la viscosidad, presión y pérdidas de carga en sistemas hidráulicos; e interpretar resultados experimentales a través de cálculos, gráficas y análisis de tendencias para validar principios fundamentales de la mecánica de fluidos.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Ecuaciones diferenciales, Modelado y simulación de sistemas, y Termodinámica.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: Sistemas térmicos, Ventilación y aire comprimido, y Sistemas de refrigeración y aire acondicionado.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Aplicar los principios de la mecánica de fluidos para el análisis del comportamiento de los sistemas con fluidos a través de la experimentación en laboratorio, fortaleciendo la comprensión de los conceptos teóricos mediante la recolección y análisis de datos experimentales.

Objetivos específicos

- Identificar las propiedades de los fluidos mediante técnicas experimentales.
- Aplicar métodos de medición para la caracterización del flujo de fluidos en diversas condiciones.
- Evaluar experimentalmente la influencia de la viscosidad, presión y pérdidas de carga en sistemas hidráulicos.
- Interpretar resultados experimentales a través de cálculos, gráficas y análisis de tendencias para validar principios fundamentales de la mecánica de fluidos.

4. Contenidos

En el curso se desarrollan los siguientes laboratorios:

1. Laboratorio de propiedades de los fluidos
2. Laboratorio de ley de Stokes y cálculo de viscosidad
3. Laboratorio de medición de presión mediante manómetros
4. Laboratorio de métodos para medir caudal y flujo másico en aire y agua
5. Laboratorio de estudio experimental del principio de Bernoulli

6. Laboratorio de análisis de tanques hidroneumáticos
7. Laboratorio de regímenes de flujo: laminar y turbulento
8. Laboratorio de pérdidas de carga en tuberías, accesorios y válvulas

II parte: Aspectos operativos

5. Metodología

En este curso, se utilizará la investigación práctica aplicada mediante técnicas como el modelado, simulación, prototipado, experimentación controlada e ingeniería inversa.

Las personas estudiantes podrán desarrollar actividades en las que:

- Realizarán mediciones experimentales en sistemas de fluidos.
- Evaluarán distintas configuraciones de sistemas hidráulicos.
- Analizarán y representarán gráficamente los resultados obtenidos.
- Elaborarán informes técnicos de los resultados.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante aplicar los principios de la mecánica de fluidos para el análisis del comportamiento de los sistemas con fluidos a través de la experimentación en laboratorio, fortaleciendo la comprensión de los conceptos teóricos mediante la recolección y análisis de datos experimentales

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:

- Reportes: documento técnico que presenta de forma ordenada y estructurada el desarrollo, resultados y análisis de un experimento o práctica de laboratorio.
- 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.

Reportes (12)	60 %
Pruebas cortas (4)	40 %
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 **no** tiene derecho a presentar un examen de reposición.

7. Bibliografía

- [1] Y. Cengel y J. Cimbala, *Mecánica de Fluidos, Fundamentos y Aplicaciones*, 4a. McGraw-Hill, Inc., 2018.
- [2] R. Mott y J. Untener, *Mecánica de Fluidos*, 7a. Pearson, 2015.
- [3] H. Chanson, *Hidráulica del Flujo*. McGraw-Hill, Inc., 2002.

- [4] C. T. Crowe, D. F. Elger y J. A. Roberson, *Mecánica de Fluidos*, 7a. John Wiley & Sons, Inc., 2002.
- [5] H. W. King, *Handbook of Hydraulics*. McGraw-Hill, Inc., 1996.
- [6] C. Mataix, *Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas*. Harper & Row Publishers Inc., 1970.
- [7] R. M. Munson, D. F. Young y T. H. Okiishi, *Fundamentos de Mecánica de Fluidos*. John Wiley & Sons, Inc., 2004.
- [8] M. Potter y D. Wiggert, *Mecánica de Fluidos*, 2a. Prentice Hall, Inc., 1998.
- [9] G. A. Sotelo, *Hidráulica General*. Editorial LIMUSA S.A., 1974.
- [10] V. Streeter, B. Wylie y K. Bedford, *Mecánica de Fluidos*, 9a. McGraw-Hill, Inc., 2000.
- [11] F. M. White, *Mecánica de Fluidos*, 6a. McGraw-Hill, Inc., 2008.

8. Persona docente El curso será impartido por:

Ing. Alberto Garro Zavaleta

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

Correo: jagarro@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 12 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-0609

Dibujo industrial

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica (tronco común)

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Dibujo industrial
Código:	EE-0609
Tipo de curso:	Teórico - Práctico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extraclasses por semana:	5
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 6 ^{to} semestre en Ingeniería Electromecánica (tronco común)
Requisitos:	EE-0508 Laboratorio de manufactura
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	EE-0706 Elementos de máquinas; EE-0707 Sistemas térmicos
Asistencia:	Libre
Suficiencia:	No
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 *Dibujo industrial* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: estructurar sus ideas de manera clara y transmitirlas de forma oral, escrita o mediante dibujos de ingeniería, tanto en español como en inglés.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: comprender los principios teóricos del dibujo técnico aplicados a vistas auxiliares, cortes, secciones y conjuntos mecánicos, esenciales para la representación gráfica precisa de componentes mecánicos y máquinas; implementar las normas de tolerancias geométricas y dimensionales, rugosidades y acabados superficiales, así como de elementos estandarizados, garantizando una representación gráfica adecuada de componentes mecánicos y máquinas; utilizar las normativas de dibujo para sistemas electromecánicos en la representación y especificación precisa de instalaciones electromecánicas, tanto de sistemas eléctricos, de transporte de fluidos y mecánico-sanitarios; y emplear herramientas computacionales de manera integral, para la lectura, diseño y edición de planos técnicos de ingeniería, abarcando tanto máquinas como instalaciones electromecánicas.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Dibujo técnico, Manufactura, y Laboratorio de manufactura.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: Elementos de máquinas, Máquinas y mecanismos, y Robótica.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Aplicar de manera efectiva los fundamentos, normas y herramientas del dibujo técnico para la elaboración e interpretación de planos constructivos de piezas, conjuntos mecánicos y sistemas electromecánicos de forma clara y precisa, tanto en español como en inglés.

Objetivos específicos

- Comprender los principios teóricos del dibujo técnico aplicados a vistas auxiliares, cortes, secciones y conjuntos mecánicos, esenciales para la representación gráfica precisa de componentes mecánicos y máquinas.
- Implementar las normas de tolerancias geométricas y dimensionales, rugosidades y acabados superficiales, así como de elementos estandarizados, garantizando una representación gráfica adecuada de componentes mecánicos y máquinas.
- Utilizar las normativas de dibujo para sistemas electromecánicos en la representación y especificación precisa de instalaciones electromecánicas, tanto de sistemas eléctricos, de transporte de fluidos y mecánico-sanitarios.
- Emplear herramientas computacionales de manera integral, para la lectura, diseño y edición de planos técnicos de ingeniería, abarcando tanto máquinas como instalaciones electromecánicas.

4. Contenidos En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Introducción al dibujo industrial
 - 1.1. Ramas del dibujo industrial
 - 1.2. El dibujo en el contexto de la ingeniería electromecánica
2. Cortes y secciones
 - 2.1. Concepto de cortes y secciones
 - 2.2. Achurado
 - 2.3. Tipos de cortes
 - 2.4. Tipos de secciones
3. Vistas auxiliares
 - 3.1. Concepto de vistas auxiliares
 - 3.2. Tipos de vistas auxiliares
 - 3.3. Ubicación de las vistas auxiliares
 - 3.4. Elementos desplazados
4. Ajustes y tolerancias mecánicos
 - 4.1. Ajustes mecánicos
 - 4.2. Tolerancias de dimensión
 - 4.3. Tolerancias geométricas de forma y posición
5. Rugosidad y acabados superficiales de piezas mecánicas
 - 5.1. Parámetros relacionados con la rugosidad
 - 5.2. Criterio para la selección de la rugosidad
 - 5.3. Representación de la rugosidad
 - 5.4. Acabados superficiales
6. Uniones mecánicas
 - 6.1. Uniones roscadas
 - 6.2. Uniones remachadas
 - 6.3. Uniones soldadas
 - 6.4. Lengüetas, chavetas y pasadores
 - 6.5. Unión por pegadura (adhesivos)
7. Conjuntos mecánicos
 - 7.1. Representación de elementos mecánicos estandarizados
 - 7.2. Representación de bujes y rodamientos

- 7.3. Representación de elementos para la transmisión de torque
- 7.4. Especificación de conjuntos mecánicos
- 7.5. Planos de fabricación
- 8. Instalaciones electromecánicas
 - 8.1. Instalaciones eléctricas
 - 8.2. Instalaciones de transporte y almacenamiento de fluidos
 - 8.3. Instalaciones mecánico-sanitarias
 - 8.4. Instalaciones de climatización (HVAC: Heating, Ventilation, and Air Conditioning)

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 sesiones prácticas. Esta última se implementará mediante técnicas como el modelado, simulación, prototipado y la experimentación controlada.

Las personas estudiantes podrán desarrollar actividades en las que:

- Recibirán instrucción sobre los fundamentos del dibujo técnico para aplicaciones industriales en ingeniería electromecánica.
- Desarrollarán prácticas guiadas dentro de la clase para poner en práctica los conceptos teóricos aprendidos.
- Realizarán proyectos fuera de clase para desarrollar habilidades técnicas en el contexto del dibujo técnico normado.
- Validarán planos contra estándares y normas establecidas.
- Recopilarán planos utilizados en la industria para su respectiva interpretación y valoración de su calidad gráfica y técnica.
- Utilizarán herramientas CAD para modelar y representar gráficamente componentes mecánicos, máquinas e instalaciones electromecánicas, con el propósito de generar planos técnicos detallados que cumplan con las normas de dibujo establecidas.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante aplicar de manera efectiva los fundamentos, normas y herramientas del dibujo técnico para la elaboración e interpretación de planos constructivos de piezas, conjuntos mecánicos y sistemas electromecánicos de forma clara y precisa, tanto en español como en inglés

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.
- Tareas: evaluaciones que tienen el propósito de reforzar, aplicar o evaluar el aprendizaje de un tema específico. Pueden requerir investigación, resolución de problemas, desarrollo de habilidades prácticas o aplicación de conocimientos teóricos.
- 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)	50 %
Tareas (6)	25 %
Act. aprendizaje activo (1)	25 %
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 **no** tiene derecho a presentar un examen de reposición.

7. Bibliografía

- [1] F. E. Giesecke et al., *Dibujo Técnico con Gráficas de Ingeniería*, 14.^a ed. México: Pearson Educación, 2012, ISBN: 978-607-32-1353-0.
- [2] D. K. Lieu y S. A. Sorby, *Visualization, Modeling, and Graphics for Engineering Design*, 2nd. Cengage Learning, 2017, ISBN: 9780357112100.
- [3] S. Bogoliúbov, *Dibujo Técnico*. Moscú, Rusia: MIR, 1985.
- [4] S. Bogoliúbov, *Prácticas para el Curso de Dibujo Técnico*. Moscú, Rusia: MIR, 1985.
- [5] J. L. P. Díaz y S. P. Cuenca, *Expresión Gráfica en la Ingeniería: Introducción al Dibujo Industrial*. España: Prentice Hall, 1998, ISBN: 978-84-205-5090-9.

8. Persona docente

El curso será impartido por:

Christopher Vega Sánchez, Ph.D.

Doctor en filosofía en ciencias. Universidad de Sídney. Australia.

Máster en ciencias en Ingeniería de Sistemas Microelectromecánicos. Universidad de Freiburg. Alemania.

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

Correo: cvega@itcr.ac.cr *Teléfono:* 0

Oficina: 20 *Escuela:* Ingeniería Electromecánica *Sede:* Cartago

Programa del curso EE-0701

Administración de proyectos

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica (tronco común)

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Administración de proyectos
Código:	EE-0701
Tipo de curso:	Teórico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	2
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclasses por semana:	3
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 7 ^{mo} semestre en Ingeniería Electromecánica (tronco común)
Requisitos:	AE-4208 Desarrollo de emprendedores; EE-0602 Fiabilidad y disponibilidad de sistemas electromecánicos
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	<i>Énfasis en Instalaciones Electromecánicas:</i> EE-4808 Mantenimiento electromecánico; EE-1101 Seminario de graduación I <i>Énfasis en Aeronáutica:</i> EE-1101 Seminario de graduación I <i>Énfasis en Sistemas Ciberfísicos:</i> EE-8104 Ingeniería de sistemas; EE-1101 Seminario de graduación I
Asistencia:	Libre
Suficiencia:	Sí
Possibilidad 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 *Administración de proyectos* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: administrar eficientemente proyectos, garantizando el cumplimiento de objetivos técnicos, financieros y de tiempo.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: definir las herramientas técnico-administrativas, legales y ambientales, para el análisis del entorno (contexto nacional e internacional) en la determinación de oportunidades innovadoras de desarrollo, alineadas con los objetivos y metas estratégicas de la organización; aplicar las herramientas de planificación, estimación, implementación, evaluación y seguimiento de proyectos para la adecuada gestión de un proyecto; emplear herramientas de optimización de recursos financieros, humanos, materiales y tiempo durante la ejecución de proyectos, estableciendo sus indicadores de gestión; y explorar las nuevas tendencias y desarrollos en el tema de la gestión de proyectos y su aplicación dependiendo del tipo de proyecto.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en el curso de: *Fiabilidad y disponibilidad de sistemas electromecánicos*.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: *Mantenimiento electromecánico*, y *Seminario de graduación I*.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Evaluar proyectos de ingeniería utilizando herramientas de planeamiento y gestión para la toma de decisiones alineadas con la estrategia de la organización, garantizando el cumplimiento de objetivos técnicos, financieros y de tiempo.

Objetivos específicos

- Definir las herramientas técnico-administrativas, legales y ambientales, para el análisis del entorno (contexto nacional e internacional) en la determinación de oportunidades innovadoras de desarrollo, alineadas con los objetivos y metas estratégicas de la organización.
- Aplicar las herramientas de planificación, estimación, implementación, evaluación y seguimiento de proyectos para la adecuada gestión de un proyecto.
- Emplear herramientas de optimización de recursos financieros, humanos, materiales y tiempo durante la ejecución de proyectos, estableciendo sus indicadores de gestión.
- Explorar las nuevas tendencias y desarrollos en el tema de la gestión de proyectos y su aplicación dependiendo del tipo de proyecto.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. El estudio de proyectos

1.1. Introducción histórica de la administración de proyectos

- 1.2. Definición y características de un proyecto
- 1.3. Generación de ideas de proyecto
- 1.4. Tipología de los proyectos (público-privado-académico)
- 1.5. Toma de decisiones asociadas a un proyecto
- 1.6. Establecimiento de antecedentes – problema – justificación – objetivos - metodología
2. Oportunidades de negocio e investigación
 - 2.1. El proceso de identificación de oportunidades de negocio e investigación
 - 2.2. Análisis del contexto local y del contexto internacional
 - 2.3. Modelo de negocio
 - 2.4. Estrategias de implementación
3. Presupuestos electromecánicos
 - 3.1. Construcción de presupuestos electromecánicos
 - 3.2. Elaboración de herramientas para desarrollar presupuestos
 - 3.3. Casos de estudio de presupuestos
4. Alcances del estudio de proyectos
 - 4.1. Perfil, prefactibilidad, factibilidad
 - 4.2. Estudios de viabilidad de un proyecto
 - 4.3. Técnicas de proyección del mercado: métodos cualitativos y modelos causales
5. Evaluación financiera de proyectos
 - 5.1. Estimación de costos asociados a un proyecto
 - 5.2. Estimación de capital de trabajo
 - 5.3. Construcción de flujos de caja
 - 5.4. Estimación de horizontes de evaluación
 - 5.5. Estimación de tasas de descuento para proyectos
 - 5.6. Determinación de puntos de equilibrio
 - 5.7. Criterios financieros de evaluación de proyectos
6. Fundamentos de la gestión de proyectos
 - 6.1. Ciclo de vida de un proyecto
 - 6.2. Integración de proyectos con el plan estratégico
7. Estimación de costos y tiempos del proyecto
 - 7.1. Lineamientos por seguir en la estimación de costos, tiempos y recursos

- 7.2. Estimación ascendente/descendente y métodos para cálculo de costos y tiempos del proyecto
8. Construcción de redes de proyectos
 - 8.1. Desarrollo de la red para el proyecto
 - 8.2. Construcción de una red de proyecto
 - 8.3. Proceso de cálculo de la red de proyecto
9. Nuevas tendencias en formulación y administración de proyectos
 - 9.1. Metodologías tradicionales versus metodologías ágiles
 - 9.2. Gestión remota de proyectos
 - 9.3. Programas computacionales para la gestión de proyectos

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 donde se demostrará, mediante ejemplos, videos y software especializado, la aplicación de herramientas de administración de proyectos.
- Analizarán y definirán los requerimientos de los proyectos para su correcta formulación.
- Evaluarán la viabilidad técnica y financiera de los proyectos.
- Asumirán roles dentro del proyecto con el fin de emular el trabajo en entornos reales.
- Compararán las características de las diferentes metodologías para la administración ágil de proyectos.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante evaluar proyectos de ingeniería utilizando herramientas de planeamiento y gestión para la toma de decisiones alineadas con la estrategia de la organización, garantizando el cumplimiento de objetivos técnicos, financieros y de tiempo

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 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(s) grupal(es): 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.
- 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 cortas (4)	25 %
Proyecto(s) grupal(es) (1)	60 %
Act. aprendizaje activo (1)	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] N. Sapag Chain, R. Sapag Chain y J. M. Sapag, *Preparación y evaluación de proyectos*. Mc Graw Hill educación, 2014.
- [2] R. Hernández-Sampieri y C. Mendoza, *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-hill México, 2020.
- [3] C. F. Gray, *Project management: The managerial process*. McGraw-Hill Education, 2018.
- [4] P. M. Institute, *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)–Seventh Edition and The Standard for Project Management*. 2021.

8. Persona docente

El curso será impartido por:

Mag. Sebastián Mata Ortega

Maestría en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Administración de la Energía. Licenciado en Ingeniería en Mantenimiento Industrial. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Correo: semata@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 26 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-0702

Máquinas eléctricas I

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica (tronco común)

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Máquinas eléctricas I
Código:	EE-0702
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 7 ^{mo} semestre en Ingeniería Electromecánica (tronco común)
Requisitos:	EE-0403 Análisis de circuitos II
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	EE-0802 Máquinas eléctricas II; EE-0703 Laboratorio de máquinas eléctricas I. <i>Énfasis en Instalaciones Electromecánicas: EE-4806 Instalaciones eléctricas. Énfasis en Aeronáutica: EE-4806 Instalaciones eléctricas. Énfasis en Sistemas Ciberfísicos: EE-4806 Instalaciones eléctricas</i>
Asistencia:	Libre
Suficiencia:	Sí
Possibilidad 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 *Máquinas eléctricas I* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: evaluar el comportamiento de las máquinas eléctricas y sus accionamientos bajo diversas condiciones de operación, así como analizar su diseño y aplicaciones.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: analizar los principios de operación de los sistemas trifásicos, circuitos magnéticos, transformadores y máquinas de inducción, comprendiendo su funcionamiento y modelado matemático; calcular el desempeño de las máquinas eléctricas y sus accionamientos bajo diferentes condiciones de carga y operación, identificando factores que afectan su eficiencia y estabilidad; aplicar métodos de análisis para la interpretación de las curvas características, circuitos equivalentes y parámetros clave en transformadores y motores de inducción; y seleccionar máquinas eléctricas para aplicaciones específicas en la industria y sistemas de generación, transmisión y distribución de energía.

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

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: Máquinas eléctricas II, Laboratorio de máquinas eléctricas II, e Instalaciones eléctricas.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Evaluar el comportamiento de los sistemas trifásicos, circuitos magnéticos, transformadores y máquinas de inducción para la comprensión de su funcionamiento, diseño y aplicaciones en sistemas eléctricos y de accionamiento.

Objetivos específicos

- Analizar los principios de operación de los sistemas trifásicos, circuitos magnéticos, transformadores y máquinas de inducción, comprendiendo su funcionamiento y modelado matemático.
- Calcular el desempeño de las máquinas eléctricas y sus accionamientos bajo diferentes condiciones de carga y operación, identificando factores que afectan su eficiencia y estabilidad.
- Aplicar métodos de análisis para la interpretación de las curvas características, circuitos equivalentes y parámetros clave en transformadores y motores de inducción.
- Seleccionar máquinas eléctricas para aplicaciones específicas en la industria y sistemas de generación, transmisión y distribución de energía.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Sistema monofásico

1.1. Cargas resistivas, inductivas y capacitivas

- 1.2. Cálculo de la corriente en el neutro
2. Sistemas trifásicos
 - 2.1. Principio de generación
 - 2.2. Tensiones trifásicas balanceadas
 - 2.3. Tipos de circuitos trifásicos
 - 2.4. Generador trifásico en estrella
 - 2.5. Tensiones de línea y de fase
 - 2.6. Desfase entre línea y fase
 - 2.7. Secuencia de fase
 - 2.8. Corrientes de línea y fase
 - 2.9. Conexiones en cargas balanceadas y desbalanceadas
3. Potencia monofásica y trifásica
 - 3.1. Sistemas balanceados y desbalanceados
 - 3.2. Potencia activa, reactiva y aparente (triángulo de potencias)
 - 3.3. Medición del factor de potencia
 - 3.4. Mejoramiento de factor de potencia
4. Estructuras ferromagnéticas excitadas en corriente directa
 - 4.1. Propiedades de los materiales ferromagnéticos
 - 4.2. Teoría de los dominios ferromagnéticos
 - 4.3. Curvas de magnetización
 - 4.4. Lazo de histéresis, flujo residual y fuerza coercitiva
 - 4.5. El concepto del circuito magnético, fuerza magnetomotriz, reluctancia y permeabilidad magnética
 - 4.6. Métodos de análisis de circuitos ferromagnéticos
 - 4.7. Entrehierros en circuitos ferromagnéticos
 - 4.8. Estructuras ferromagnéticas, con varias bobinas de excitación
 - 4.9. Circuitos magnéticos, con saturación magnética
5. Estructuras ferromagnéticas excitadas en corriente alterna
 - 5.1. Ley de inducción electromagnética de Faraday
 - 5.2. Relaciones entre tensión aplicada, tensión inducida y flujo magnético
 - 5.3. Forma de onda de la corriente de excitación
 - 5.4. Energía almacenada en el núcleo ferromagnético
 - 5.5. Pérdida de energía en el núcleo ferromagnético

- 5.6. Modelo de la corriente de excitación no senoidal, armónicas impares
- 5.7. Cálculo de los parámetros de un reactor con núcleo ferromagnético
- 6. Transformadores monofásicos
 - 6.1. Tipos de transformadores de distribución. aéreos, subterráneos, sumergibles, convencionales y de pedestal
 - 6.2. El transformador ideal
 - 6.3. Polaridad de los transformadores
 - 6.4. Transformadores aditivos y sustractivos
 - 6.5. El transformador real: núcleos laminados, flujos de dispersión, y pérdidas en el núcleo
 - 6.6. Circuito del transformador real y diagramas fasoriales
 - 6.7. Cálculo de parámetros del transformador real
 - 6.8. Regulación de tensión del transformador
 - 6.9. Eficiencia, y eficiencia máxima del transformador
 - 6.10. Sistema en por unidad
 - 6.11. Datos de placa
 - 6.12. Autotransformador
 - 6.13. Conexión en paralelo de transformadores. Intercambiador de derivaciones (tomas regulables bajo carga)
- 7. Transformadores trifásicos
 - 7.1. Conexiones simétricas: estrella-estrella, delta-delta, delta-estrella, estrella-delta, estrella-zigzag
 - 7.2. Conexión en paralelo. Índice horario
 - 7.3. Conexiones asimétricas: estrella renca - delta abierta, conexión en T, conexión de Scott
 - 7.4. Datos de placa
 - 7.5. Autotransformador
 - 7.6. Transformadores de tres devanados
- 8. Motor trifásico de inducción
 - 8.1. Principio de funcionamiento
 - 8.2. Ley de Ampere
 - 8.3. Ley de Faraday-Lenz
 - 8.4. Fuerza de Lorentz
 - 8.5. Construcción de las partes principales de una máquina eléctrica rotativa

- 8.6. Velocidad del campo magnético rotatorio, velocidad mecánica, deslizamiento y frecuencia en el rotor
- 8.7. Circuito equivalente
- 8.8. Par desarrollado en función del deslizamiento
- 8.9. Curva característica: arranque directo
- 8.10. Descripción de datos de la placa característica
- 8.11. Métodos de arranque por resistencias estáticas, estrella-delta, devanado partida, auto transformador, resistencia rotórica y arranque suave
- 8.12. Métodos de control de velocidad y variador de frecuencia
- 8.13. Pérdidas eléctricas, mecánicas, magnéticas y eficiencia
- 9. Motor monofásico de inducción
 - 9.1. Construcción y modelado dinámico de la máquina
 - 9.2. Principio de funcionamiento (doble campo magnético rotatorio):
 - 9.3. Tipos de motores:
 - 9.4. Fase partida
 - 9.5. Capacitor de arranque
 - 9.6. Capacitor permanente
 - 9.7. Doble capacitor
 - 9.8. Polos sombreados
- 10. Generador de inducción trifásico, auto-excitado
 - 10.1. Tipos de generadores de inducción
 - 10.2. Circuito equivalente
 - 10.3. Capacitor de excitación
 - 10.4. Desempeño del generador, conectado a una red de potencia infinita
 - 10.5. Desempeño del generador, conectado en forma aislada

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 máquinas eléctricas.
- Resolverán problemas; y validarán sus resultados utilizando simulaciones.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante evaluar el comportamiento de los sistemas trifásicos, circuitos magnéticos, transformadores y máquinas de inducción para la comprensión de su funcionamiento, diseño y aplicaciones en sistemas eléctricos y de accionamiento

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] M. Liwschitz Garik, C. C. Whipple et al., *Máquinas de corriente alterna*. Reverté, 1981.
- [2] S. J. Chapman, *Máquinas Eléctricas*. McGraw Hill México, 2012.

- [3] I. L. Kosow, *Máquinas eléctricas y transformadores*. Reverté, 2021.
- [4] T. Wildi et al., *Máquinas eléctricas y sistemas de potencia*. Biblioteca Hernán Malo González, 2007.
- [5] J. Fraile Mora, *Máquinas eléctricas*. Mc Graw Hill, 2016.
- [6] A. E. Fitzgerald, C. Kingsley y A. Kusko, *Teoría y análisis de las máquinas eléctricas*. Barcelona: Hispano Europea, Editia Mexicana, 1975.

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

Programa del curso EE-0703

Laboratorio de máquinas eléctricas I

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica (tronco común)

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Laboratorio de máquinas eléctricas I
Código:	EE-0703
Tipo de curso:	Práctico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	1
Nº horas de clase por semana:	2
Nº horas extraclasses por semana:	1
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 7 ^{mo} semestre en Ingeniería Electromecánica (tronco común)
Requisitos:	Ninguno
Correquisitos:	EE-0702 Máquinas eléctricas I
El curso es requisito de:	EE-0802 Máquinas eléctricas II
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
Possibilidad 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 *Laboratorio de máquinas eléctricas I* aporta en el desarrollo de los siguientes rasgos del plan de estudios: evaluar el comportamiento de las máquinas eléctricas y sus accionamientos bajo diversas condiciones de operación, así como analizar su diseño y aplicaciones; y aplicar principios de metrología para medir variables físicas en sistemas electromecánicos.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: aplicar métodos de medición y metrología para determinar variables eléctricas y mecánicas en sistemas trifásicos, transformadores y motores de inducción; evaluar el desempeño de los transformadores y los motores de inducción bajo diferentes condiciones de carga y operación, identificando factores que afectan su eficiencia; e interpretar los resultados, desarrollando informes y documentos de los experimentos.

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

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: Máquinas eléctricas II, Laboratorio de máquinas eléctricas II, e Instalaciones eléctricas.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Realizar experimentos de sistemas trifásicos, transformadores y motores de inducción.

Objetivos específicos

- Aplicar métodos de medición y metrología para determinar variables eléctricas y mecánicas en sistemas trifásicos, transformadores y motores de inducción.
- Evaluar el desempeño de los transformadores y los motores de inducción bajo diferentes condiciones de carga y operación, identificando factores que afectan su eficiencia.
- Interpretar los resultados, desarrollando informes y documentos de los experimentos.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes laboratorios:

1. Circuito monofásico trifilar
2. Medición de potencia: conexión en estrella balanceada y desbalanceada
3. Medición de potencia: conexión en delta balanceada y desbalanceada
4. Mejoramiento del factor de potencia en redes trifásicas
5. Transformador monofásico: corto circuito, circuito abierto, polaridad y saturación
6. Transformador monofásico: regulación de tensión
7. Autotransformadores: pruebas de corto circuito y circuito abierto

8. Conexiones trifásicas de transformadores
9. Conexión de devanados estatóricos
10. Motor trifásico de jaula de ardilla y rotor devanado
11. Control de velocidad con variadores de frecuencia
12. Motores monofásicos de inducción con doble capacitor
13. Pruebas de rotor bloqueado en motor trifásico de inducción
14. Generador asincrónico

II parte: Aspectos operativos

5. Metodología

En este curso, se utilizará la investigación práctica aplicada mediante técnicas como el modelado, simulación, prototipado, experimentación controlada e ingeniería inversa.

Las personas estudiantes podrán desarrollar actividades en las que:

- Realizarán experimentos para comprobar los conceptos de sistemas trifásicos, transformadores y motores de inducción.
- Redactarán reportes de los experimentos realizados en cada una de las sesiones de laboratorio.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante realizar experimentos de sistemas trifásicos, transformadores y motores de inducción

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:

- Reportes: documento técnico que presenta de forma ordenada y estructurada el desarrollo, resultados y análisis de un experimento o práctica de laboratorio.
- 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.

Reportes (12)	60 %
Pruebas cortas (4)	40 %
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 **no** tiene derecho a presentar un examen de reposición.

7. Bibliografía

- [1] M. Liwschitz Garik, C. C. Whipple et al., *Máquinas de corriente alterna*. Reverté, 1981.
- [2] S. J. Chapman, *Máquinas Eléctricas*. McGraw Hill México, 2012.

- [3] I. L. Kosow, *Máquinas eléctricas y transformadores*. Reverté, 2021.
- [4] T. Wildi et al., *Máquinas eléctricas y sistemas de potencia*. Biblioteca Hernán Malo González, 2007.
- [5] J. Fraile Mora, *Máquinas eléctricas*. Mc Graw Hill, 2016.
- [6] A. E. Fitzgerald, C. Kingsley y A. Kusko, *Teoría y análisis de las máquinas eléctricas*. Barcelona: Hispano Europea, Editia Mexicana, 1975.

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

Programa del curso EE-0704

Control automático

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica (tronco común)

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Control automático
Código:	EE-0704
Tipo de curso:	Teórico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extraclasses por semana:	5
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 7 ^{mo} semestre en Ingeniería Electromecánica (tronco común)
Requisitos:	EE-0504 Modelado y simulación de sistemas; EE-0503 Sistemas analógicos
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	EE-0804 Control por eventos discretos; EE-0705 Microcontroladores
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 *Control automático* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: diseñar e implementar sistemas de control y automatización en sistemas electromecánicos integrando modelado y simulación.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: comprender el concepto de sistema de control, el de lazo de control realimentado y definir la función de sus componentes; analizar el control por realimentación frente al control en bucle abierto y las acciones básicas de control por realimentación; aplicar métodos en el dominio de la frecuencia de análisis y síntesis de controladores de sistemas realimentados; y sintonizar sistemas de control discretos en autómatas programables.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Ecuaciones diferenciales, y Modelado y simulación de sistemas.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: Microcontroladores, Robótica, y Automatización y digitalización industrial.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Diseñar e implementar sistemas de control automático en sistemas electromecánicos integrando modelado y simulación.

Objetivos específicos

- Comprender el concepto de sistema de control, el de lazo de control realimentado y definir la función de sus componentes.
- Analizar el control por realimentación frente al control en bucle abierto y las acciones básicas de control por realimentación.
- Aplicar métodos en el dominio de la frecuencia de análisis y síntesis de controladores de sistemas realimentados.
- Sintonizar sistemas de control discretos en autómatas programables.

4. Contenidos

En el curso se desarrollan los siguientes temas:

1. Introducción a los sistemas de control
 - 1.1. Conceptos básicos: Lazo abierto, Lazo cerrado, Realimentación, Estabilidad
 - 1.2. Objetivos: Análisis de sistemas y Diseño de controladores
 - 1.3. Ejemplos de sistemas de control
 - 1.4. Definición de dominios de frecuencia y tiempo
2. Análisis de sistemas en el dominio temporal
 - 2.1. Entradas del sistema
 - 2.2. Sistemas de primer orden

- 2.3. Sistemas de segundo orden
- 2.4. Sistemas de orden superior
- 2.5. Tipo de sistemas
- 2.6. Estabilidad
- 2.7. Diseño de controladores en el dominio temporal
- 2.8. Diseño de controladores mediante el lugar de raíces
- 2.9. Compensación de adelanto
- 2.10. Compensación de retraso
- 2.11. Compensación de retraso-adelanto
- 3. Análisis de sistemas en el dominio de la frecuencia
 - 3.1. Representación de Funciones de Transferencia en el Dominio de la frecuencia
 - 3.2. Diagrama de Bode
 - 3.3. Diagrama Polar
 - 3.4. Lugar de las raíces.
 - 3.5. Criterio de Estabilidad de Nyquist
 - 3.6. Estabilidad Relativa: márgenes de fase y de ganancia
 - 3.7. Especificaciones en frecuencia de los sistemas: ancho de banda, resonancia
 - 3.8. Sistemas de segundo orden. Relación respuesta temporal y en frecuencia
 - 3.9. Respuesta en frecuencia en Lazo Cerrado. Diagrama de Nichols
 - 3.10. Determinación Experimental de Funciones de Transferencia: método, casos especiales, consideraciones prácticas
- 4. El controlador PID
 - 4.1. Estructura del controlador: Elementos básicos, propiedades y diferentes representaciones
 - 4.2. Controlador Proporcional, definición, usos y propiedades
 - 4.3. Controlador Integral, definición, usos y propiedades
 - 4.4. Controlador Derivativo, definición, usos y propiedades
 - 4.5. Controladores PI, PD, PID, definición, usos y propiedades
 - 4.6. Implementación Digital
 - 4.7. Forma incremental
 - 4.8. Errores de cuantización
 - 4.9. Utilización del PID
 - 4.10. PIDs comerciales

- 4.11. Métodos de sintonía experimentales y analíticos
5. Análisis y diseño de sistemas de control en el espacio de estados
 - 5.1. Representación en espacio de estado
 - 5.2. Transformación de modelos
 - 5.3. Controlabilidad y Observabilidad
 - 5.4. Diseño de controladores en espacio de estados
 - 5.5. Diseño de servo sistemas en espacio de estados
 - 5.6. Observadores de estado
 - 5.7. Diseño de reguladores y controladores con observadores
6. Implementación real de los sistemas de control
 - 6.1. Control Analógico: circuitos electrónicos de control, filtrado analógico de ruido
 - 6.2. Transformada z
 - 6.3. Control Digital: estructura, discretización del controlador, periodo de muestreo, aliasing, filtrado digital del ruido
 - 6.4. Diseño de sistemas de control en tiempo discreto con métodos convencionales

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 control automático.
- Desarrollarán sistemas de control automático en tiempo continuo o discreto

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante diseñar e implementar sistemas de control automático en sistemas electromecánicos integrando modelado y simulación

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] N. S. Nise, *Control Systems Engineering*, 7th. John Wiley & Sons Inc., 2015.
- [2] K. Ogata, *Modern Control Engineering*. Prentice Hall, 2010.
- [3] K. Ogata, *Sistemas de control en tiempo discreto*, 2nd. Pearson Educación, 2002.
- [4] F. Golnaraghi y B. Kuo, *Automatic Control Systems*, 9th. John Wiley & Sons, 2009.
- [5] J. Wilkie, M. Johnson y K. Reza, *Control Engineering: An introductory course*. Springer, 2002.

8. Persona docente

El curso será impartido por:

Dr.-Ing. Luis Diego Murillo Soto

Máster en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica. Universidad de Costa Rica. Costa Rica

Máster en computación. Ingeniero en Mantenimiento Industrial. Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica

Técnico en Electrónica. COVAO

Correo: lmurillo@itcr.ac.cr Teléfono: 25509347

Oficina: 7 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-0705

Microcontroladores

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica (tronco común)

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Microcontroladores
Código:	EE-0705
Tipo de curso:	Teórico - Práctico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	2
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	3
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 7 ^{mo} semestre en Ingeniería Electromecánica (tronco común)
Requisitos:	EE-0604 Sistemas digitales
Correquisitos:	EE-0704 Control automático
El curso es requisito de:	EE-0804 Control por eventos discretos. <i>Énfasis en Instalaciones Electromecánicas</i> : EE-8807 Aplicaciones de sistemas embebidos. <i>Énfasis en Aeronáutica</i> : EE-8807 Aplicaciones de sistemas embebidos. <i>Énfasis en Sistemas Ciberfísicos</i> : EE-8807 Aplicaciones de sistemas embebidos
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
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 *Microcontroladores* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: desarrollar soluciones de hardware usando microcontroladores para el control y procesamiento de datos en sistemas electromecánicos.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: comprender la arquitectura interna de un microcontrolador; programar microcontroladores en lenguaje C; y aplicar microcontroladores para el control y procesamiento datos.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Sistemas digitales, y Sistemas analógicos.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en el curso de: Aplicaciones de sistemas embebidos.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Desarrollar soluciones de hardware usando microcontroladores para el control y procesamiento de datos en sistemas electromecánicos.

Objetivos específicos

- Comprender la arquitectura interna de un microcontrolador.
- Programar microcontroladores en lenguaje C.
- Aplicar microcontroladores para el control y procesamiento datos.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Introducción a los microcontroladores

1.1. Arquitectura básica: CPU, memoria, periféricos.

1.2. Familias de microcontroladores: diferencias entre arquitecturas de 8, 16 y 32 bits.

1.3. Herramientas de desarrollo: compiladores, IDEs, simuladores, y depuradores.

1.4. Enfoque en la configuración de registros: ¿Qué son los registros y cómo se usan para controlar el hardware?

2. Programación en lenguaje C para microcontroladores

2.1. Sintaxis básica y estructuras de control

2.2. Variables: declaración, tipos de datos (int, char, float, entre otros), alcance (local y global), y modificadores (const, volatile)

2.3. Uso de punteros y direcciones de memoria para acceder a registros

2.4. Manipulación de bits: operaciones AND, OR, XOR, y desplazamientos

3. GPIO (Entradas y Salidas Digitales)

3.1. Configuración de registros para definir pines como entrada o salida

3.2. Lectura y escritura de pines GPIO

- 3.3. Uso de resistencias pull-up y pull-down
- 4. Interrupciones
 - 4.1. Configuración de registros para habilitar interrupciones
 - 4.2. Manejo de vectores de interrupción
- 5. Temporizadores (timers) y contadores (counters)
 - 5.1. Configuración de registros para temporizadores y contadores
 - 5.2. Uso de temporizadores para generar retardos y medición de tiempo
 - 5.3. Uso de contadores para eventos externos
- 6. Comunicación serial
 - 6.1. Configuración de registros para comunicación UART, SPI e I2C.
 - 6.2. Transmisión y recepción de datos en UART: Ejemplo práctico de comunicación entre microcontrolador y PC
 - 6.3. Transmisión de datos en SPI
 - 6.4. Transmisión de datos en I2C
- 7. Conversión Analógica-Digital (ADC) y Digital-Analógica (DAC)
 - 7.1. Configuración de registros para el módulo ADC
 - 7.2. Lectura de valores analógicos y su conversión a valores digitales
 - 7.3. Configuración de registros para el módulo DAC
 - 7.4. Generación de señales analógicas a partir de valores digitales
- 8. Modulación por Ancho de Pulso (PWM)
 - 8.1. Configuración de registros para generar señales PWM
 - 8.2. Control de motores DC y servomotores
- 9. Memoria
 - 9.1. Tipos de memoria en microcontroladores: Flash, RAM, EEPROM
 - 9.2. Configuración y manejo de memoria Flash y EEPROM
- 10. Reloj en Tiempo Real (RTC)
 - 10.1. Configuración de registros para el módulo RTC
 - 10.2. Uso del RTC para medición de tiempo y fechas
- 11. Acceso Directo a Memoria (DMA)
 - 11.1. Configuración de registros para el módulo DMA.
 - 11.2. Uso del DMA para transferencias de datos sin intervención de la CPU.
- 12. Watchdog Timer
 - 12.1. Configuración de registros para el Watchdog Timer.

12.2. Uso del Watchdog Timer para prevenir bloqueos del sistema.

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 sesiones prácticas. Esta última se implementará mediante técnicas como el modelado, simulación, prototipado y la experimentación controlada.

Las personas estudiantes podrán desarrollar actividades en las que:

- Recibirán instrucción sobre la arquitectura, la programación y la configuración de periféricos en microcontroladores.
- Realizarán prácticas en clase donde configurarán y utilizarán periféricos como GPIO, ADC, DAC, PWM, temporizadores, y comunicación serial (UART, SPI, I2C).
- Desarrollarán un proyecto integrador que combine múltiples periféricos y técnicas avanzadas, como el uso de interrupciones, watchdog timer, y DMA, para resolver un problema real.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante desarrollar soluciones de hardware usando microcontroladores para el control y procesamiento de datos en sistemas electromecánicos

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.
- Tareas: evaluaciones que tienen el propósito de reforzar, aplicar o evaluar el aprendizaje de un tema específico. Pueden requerir investigación, resolución de problemas, desarrollo de habilidades prácticas o aplicación de conocimientos teóricos.
- 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 %
Tareas (6)	15 %
Act. aprendizaje activo (1)	25 %
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 **no** tiene derecho a presentar un examen de reposición.

7. Bibliografía

- [1] R. H. Barnett, L. O'Cull y S. Cox, *Embedded C Programming and the Microchip PIC*, 2nd. Cengage Learning, 2017.
- [2] M. Barr, *Programming Embedded Systems in C and C++*, 1st. O'Reilly Media, 1999.
- [3] J. Sanchez y M. P. Canton, *Microcontroller Programming: The Microchip PIC*, 1st. CRC Press, 2007.

8. Persona docente

El curso será impartido por:

Dr.-Ing. Juan José Rojas Hernández

Doctor en ciencia aplicada a la integración de sistemas. Instituto Tecnológico de Kyushu. Japón.

Máster en electrónica con énfasis en microsistemas. Licenciado en Mantenimiento Industrial. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Correo: juan.rojas@itcr.ac.cr Teléfono: 88581419

Oficina: 31 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

M.Sc. Nicolás Vaquerano Pineda

Maestría en Electrónica con énfasis en Sistemas Embebidos. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica

Correo: nvaquerano@itcr.ac.cr Teléfono: 25509350

Oficina: 0 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-0706

Elementos de máquinas

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica (tronco común)

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Elementos de máquinas
Código:	EE-0706
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 7 ^{mo} semestre en Ingeniería Electromecánica (tronco común)
Requisitos:	EE-0605 Resistencia de materiales; EE-0609 Dibujo industrial
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	<i>Énfasis en Aeronáutica:</i> EE-0806 Máquinas y mecanismos; EE-6808 Taller de metrología aeronáutica <i>Énfasis en Sistemas Ciberfísicos:</i> EE-0806 Máquinas y mecanismos
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 *Elementos de máquinas* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: aplicar los principios de la mecánica de sólidos y fluidos, termodinámica y transferencia de calor para analizar el comportamiento de los sistemas electromecánicos.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: analizar esfuerzos y deformaciones para la estimación de factores de seguridad en componentes mecánicos, utilizando teorías de falla estática y dinámica; seleccionar materiales adecuados para componentes mecánicos, teniendo en cuenta sus propiedades y el comportamiento frente a esfuerzos estáticos y dinámicos; evaluar la falla en componentes mecánicos, considerando factores como la fatiga, el desgaste y la fractura, garantizando la seguridad y durabilidad de los diseños; y optimizar el diseño de componentes mecánicos, mediante el uso de métodos de análisis y simulación, mejorando su desempeño y la seguridad en aplicaciones de ingeniería.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Resistencia de materiales, Ciencia e ingeniería de los materiales, Manufactura, Laboratorio de manufactura, y Dibujo industrial.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: Máquinas y mecanismos, Robótica, y Análisis mecánico de estructuras de la aeronave.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Aplicar los fundamentos de la mecánica, para el diseño y selección de componentes mecánicos, enfocándose en los principios que rigen la elección y especificación de materiales y geometrías, el análisis de esfuerzos y deformaciones, factores de seguridad, la prevención de fallos y la optimización de componentes para aplicaciones de la ingeniería mecánica.

Objetivos específicos

- Analizar esfuerzos y deformaciones para la estimación de factores de seguridad en componentes mecánicos, utilizando teorías de falla estática y dinámica.
- Seleccionar materiales adecuados para componentes mecánicos, teniendo en cuenta sus propiedades y el comportamiento frente a esfuerzos estáticos y dinámicos.
- Evaluar la falla en componentes mecánicos, considerando factores como la fatiga, el desgaste y la fractura, garantizando la seguridad y durabilidad de los diseños.
- Optimizar el diseño de componentes mecánicos, mediante el uso de métodos de análisis y simulación, mejorando su desempeño y la seguridad en aplicaciones de ingeniería.

4. Contenidos

En el curso se desarrollan los siguientes temas:

1. Introducción al diseño en Ingeniería Mecánica

- 1.1. Fases e interacciones del proceso de diseño
- 1.2. Economía, seguridad, estándares y códigos
- 1.3. Incertidumbre, factor de diseño y de seguridad
- 1.4. Confiabilidad y probabilidad de falla
- 1.5. Dimensiones y tolerancias
2. Materiales de ingeniería y su caracterización
 - 2.1. Resistencia y rigidez del material
 - 2.2. Deformación plástica y trabajo en frío
 - 2.3. Dureza, resistencia al impacto
 - 2.4. Tratamiento térmico del acero
 - 2.5. Aceros aleados e inoxidables
 - 2.6. Metales no ferrosos
 - 2.7. Materiales poliméricos
 - 2.8. Materiales compuestos
3. Análisis de esfuerzo y deformación,
 - 3.1. Fuerza cortante y momentos flectores en vigas
 - 3.2. Esfuerzo, componentes cartesianos del esfuerzo
 - 3.3. Círculo de Mohr de esfuerzo plano
 - 3.4. Esfuerzo tridimensional general
 - 3.5. Esfuerzo normales y cortantes en vigas a flexión
 - 3.6. Torsión
 - 3.7. Concentración del esfuerzo
4. Deflexión y rigidez
 - 4.1. Índices de resorte
 - 4.2. Tensión, compresión y torsión
 - 4.3. Deflexión debida a flexión
 - 4.4. Métodos de deflexión en vigas (superposición, funciones de singularidad).
 - 4.5. Energía de deformación
 - 4.6. Teorema de Castiglano
5. Falla resultante por carga estática
 - 5.1. Teoría de esfuerzo cortante máximo para materiales dúctiles
 - 5.2. Teoría de la energía de distorsión de materiales dúctiles
 - 5.3. Teoría de Mohr-Coulomb de materiales dúctiles

- 5.4. Teoría del esfuerzo normal máximo de materiales frágiles
- 5.5. Modificaciones de la teoría de Mohr para materiales frágiles
- 6. Fallas por fatiga debidas a cargas variables
 - 6.1. Formación y propagación de grietas
 - 6.2. Métodos de fatiga-vida
 - 6.3. Método de mecánica de la fractura lineal elástica
 - 6.4. Método de deformación-vida
 - 6.5. El método esfuerzo-vida y el diagrama S-N
 - 6.6. Diagrama S-N idealizado para aceros
 - 6.7. Concentración del esfuerzo y sensibilidad a la muesca
 - 6.8. Caracterización y diagramas de esfuerzos fluctuantes
 - 6.9. Curvas de vida constante
 - 6.10. Criterios de falla por fatiga
- 7. Diseño de ejes y sus componentes
 - 7.1. Materiales y disposición del eje
 - 7.2. Diseño de ejes para esfuerzo
 - 7.3. Consideraciones sobre deflexión
 - 7.4. Velocidades críticas de ejes
 - 7.5. Diversos componentes de los ejes
 - 7.6. Límites y ajustes
- 8. Rodamientos de contacto rodante
 - 8.1. Tipos de cojinetes
 - 8.2. Tiempo de vida de un cojinete
 - 8.3. Vida útil de la carga de los cojinetes a confiabilidad nominal
 - 8.4. Confiabilidad contra tiempo de vida: distribución de Weibull
 - 8.5. Relación entre carga, tiempo de vida y confiabilidad
 - 8.6. Carga radial y de empuje combinadas y carga variable
 - 8.7. Selección de cojinetes de contacto rodante, lubricación, montaje y cubierta
- 9. Rodamientos de contacto deslizante y lubricación
 - 9.1. Tipos de lubricación
 - 9.2. Viscosidad
 - 9.3. Ecuación de Petroff
 - 9.4. Lubricación estable y de película gruesa

- 9.5. Teoría hidrodinámica
- 9.6. Holgura
- 9.7. Cargas y materiales
- 9.8. Tipos de cojinetes
- 9.9. Cojinetes lisos cargados dinámicamente
- 9.10. Cojinetes de lubricación límite
- 10. Engranajes descripción general y trenes de engranajes
 - 10.1. Tipos, nomenclatura, acción conjugada, involuta
 - 10.2. Interferencia, manufactura
 - 10.3. Engranajes cónicos rectos
 - 10.4. Engranajes helicoidales paralelos
 - 10.5. Engranajes de tornillo sínfín
 - 10.6. Sistemas de dientes
 - 10.7. Trenes de engranajes
- 11. Tornillos, sujetadores y diseño de juntas no permanentes
 - 11.1. Estándares y definiciones de roscas
 - 11.2. Mecánica de los tornillos de potencia
 - 11.3. Sujetadores roscados
 - 11.4. Uniones: rigidez de los sujetadores
 - 11.5. Uniones: rigidez del miembro
 - 11.6. Resistencia del perno
 - 11.7. Uniones en tracción: la carga externa
 - 11.8. Relación del par del perno con la tracción del perno
 - 11.9. Unión en tracción cargada estáticamente con precarga
 - 11.10. Uniones con empaquetadura
 - 11.11. Carga de fatiga sobre las uniones en tracción
 - 11.12. Uniones atornilladas y remachadas cargadas en cortante
- 12. Soldadura, adhesión y diseño de uniones permanentes
 - 12.1. Símbolos de soldadura
 - 12.2. Soldaduras a tope y de filete
 - 12.3. Esfuerzos en uniones soldadas sujetas a torsión
 - 12.4. Esfuerzos en uniones soldadas sujetas a flexión
 - 12.5. Resistencia de las uniones soldadas

- 12.6. Carga estática
- 12.7. Carga por fatiga
- 12.8. Soldadura por resistencia
- 12.9. Uniones con adhesivo
- 13. Resortes mecánicos
 - 13.1. Esfuerzos en resortes helicoidales
 - 13.2. Efecto de curvatura
 - 13.3. Deflexión de resortes helicoidales
 - 13.4. Resortes de compresión
 - 13.5. Estabilidad
 - 13.6. Materiales para fabricar resortes
 - 13.7. Diseño de un resorte de compresión helicoidal para servicio estático
 - 13.8. Frecuencia crítica de los resortes helicoidales
 - 13.9. Carga de fatiga de resortes de compresión helicoidales
 - 13.10. Diseño de resortes de compresión helicoidal para carga por fatiga
 - 13.11. Resortes de extensión
 - 13.12. Resortes de torsión helicoidales
 - 13.13. Resortes Belleville
 - 13.14. Resortes diversos
- 14. Elementos mecánicos flexibles
 - 14.1. Bandas
 - 14.2. Transmisiones por banda plana y redonda
 - 14.3. Bandas en V
 - 14.4. Bandas dentadas
 - 14.5. Cadena de rodillos
 - 14.6. Cables metálicos
 - 14.7. Flechas flexibles

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 instrucción sobre los fundamentos del diseño de elementos de máquinas, para la selección, evaluación y diseño de componentes mecánicos.
- Analizarán componentes mecánicos reales bajo cargas estáticas o dinámicas, para extraer aprendizajes aplicables a contextos similares.
- Evaluarán diferentes diseños mecánicos bajo un mismo escenario de carga para evaluar, de forma comparativa, la mejor opción de diseño.
- Trabajarán en proyectos prácticos de diseño y manufactura de componentes mecánicos, para desarrollar habilidades técnicas, de investigación, prototipado, trabajo en equipo y resolución de problemas en un contexto aplicado al diseño de componentes mecánicos.
- Usarán herramientas computacionales para modelar partes de máquinas y estimar esfuerzos, deformaciones, vida esperada y factores de seguridad en las mismas.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante aplicar los fundamentos de la mecánica, para el diseño y selección de componentes mecánicos, enfocándose en los principios que rigen la elección y especificación de materiales y geometrías, el análisis de esfuerzos y deformaciones, factores de seguridad, la prevención de fallos y la optimización de componentes para aplicaciones de la ingeniería mecánica

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] R. G. Budynas y J. K. Nisbett, *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*, 11.^a ed. México: McGraw-Hill, 2021, ISBN: 978-1-4562-8761-0.
- [2] R. C. Juvinall y K. M. Marshek, *Fundamentals of Machine Component Design*, 7.^a ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2024, ISBN: 978-1-119-72360-8.
- [3] T. Stolarski, *Tribology in Machine Design*, 2.^a ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2000, ISBN: 978-0-7506-7040-3.

8. Persona do- cente

El curso será impartido por:

M.Sc. Noel Jacob Ureña Sandí

Máster en ciencias en Concepción y Producción Asistida por Computadora en Ingeniería Mecánica. RWTH Aachen University. Alemania.

Licenciado en Ingeniería en Materiales. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica

Correo: nurena@itcr.ac.cr Teléfono: 25509347

Oficina: 22 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Mag. Manuel Francisco Mata Coto

LLENAR

Correo: mfmata@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 0 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-0707

Sistemas térmicos

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica (tronco común)

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Sistemas térmicos
Código:	EE-0707
Tipo de curso:	Teórico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 7 ^{mo} semestre en Ingeniería Electromecánica (tronco común)
Requisitos:	EE-0607 Mecánica de fluidos; EE-0609 Dibujo industrial
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	EE-0708 Laboratorio de sistemas térmicos. <i>Énfasis en Instalaciones Electromecánicas</i> : EE-4807 Ventilación y aire comprimido; EE-4903 Sistemas de refrigeración y aire acondicionado. <i>Énfasis en Aeronáutica</i> : EE-6902 Aerodinámica. <i>Énfasis en Sistemas Ciberfísicos</i> : EE-8901 Modelado numérico y simulación computacional; EE-6902 Aerodinámica
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 térmicos* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: aplicar los principios de la mecánica de sólidos y fluidos, termodinámica y transferencia de calor para analizar el comportamiento de los sistemas electromecánicos.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: analizar el comportamiento de los sistemas térmicos según los principios de la termodinámica y la transferencia de calor; evaluar el desempeño y eficiencia de los sistemas electromecánicos relacionados con la mecánica de fluidos y transferencia de calor; seleccionar elementos de ventilación, refrigeración y aire acondicionado; y aplicar metodologías de modelado y simulación para el análisis de sistemas térmicos en contextos industriales.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Termodinámica, Transferencia de calor, y Mecánica de fluidos.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: Ventilación y aire comprimido, Sistemas de vapor, y Aerodinámica.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Aplicar los principios de la mecánica de sólidos y fluidos, termodinámica y transferencia de calor analizando el comportamiento de los sistemas térmicos.

Objetivos específicos

- Analizar el comportamiento de los sistemas térmicos según los principios de la termodinámica y la transferencia de calor.
- Evaluar el desempeño y eficiencia de los sistemas electromecánicos relacionados con la mecánica de fluidos y transferencia de calor.
- Seleccionar elementos de ventilación, refrigeración y aire acondicionado.
- Aplicar metodologías de modelado y simulación para el análisis de sistemas térmicos en contextos industriales.

4. Contenidos

En el curso se desarrollan los siguientes temas:

1. Fundamentos de termodinámica y transferencia de calor
 - 1.1. Principios básicos de la termodinámica
 - 1.2. Mecanismos de transferencia de calor
2. Propiedades de los fluidos y mecánica de fluidos aplicada
 - 2.1. Propiedades de los fluidos y ecuaciones de estado
 - 2.2. Análisis de flujo de fluidos en sistemas térmicos
3. Sistemas de ventilación y aire comprimido

- 3.1. Principios de ventilación y diseño de sistemas
- 3.2. Aplicaciones en la industria y la construcción
4. Sistemas de refrigeración y aire acondicionado
 - 4.1. Ciclos de refrigeración y termodinámica aplicada
 - 4.2. Diseño de sistemas de refrigeración
 - 4.3. Diseño de sistemas de aire acondicionado
5. Modelado y Simulación de sistemas térmicos
 - 5.1. Herramientas de modelado computacional
 - 5.2. Simulaciones para optimización de diseños
6. Evaluación de eficiencia energética en sistemas electromecánicos
 - 6.1. Criterios de eficiencia y análisis energético
 - 6.2. Estrategias de optimización energética

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 térmicos.
- Analizarán los requisitos del sistema térmico.
- Evaluarán distintas configuraciones del sistema para mejorar su eficiencia.
- Aplicarán herramientas de modelado y simulación en el diseño y optimización de sistemas térmicos.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante aplicar los principios de la mecánica de sólidos y fluidos, termodinámica y transferencia de calor analizando el comportamiento de los sistemas térmicos

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] M. J. Moran, H. N. Shapiro, D. D. Boettner y M. B. Bailey, *Fundamentals of engineering thermodynamics*, 9.^a ed. John Wiley & Sons, 2018.
- [2] Y. A. Çengel y M. A. Boles, *Termodinámica*, 9.^a ed. McGraw-Hill Education, 2019.
- [3] F. P. Incropera, D. P. DeWitt, T. L. Bergman, A. S. Lavine et al., *Fundamentals of heat and mass transfer*. Wiley New York, 1996, vol. 6.
- [4] F. M. White, *Mecánica de Fluidos*, 6a. McGraw-Hill, Inc., 2008.
- [5] J. Holman, *Heat Transfer Tenth Edition*. Publisher "McGraw-Hill Education". 2009.

8. Persona docente

El curso será impartido por:

Ing. Alberto Garro Zavaleta

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

Correo: jagarro@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 12 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-0708

Laboratorio de sistemas térmicos

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica (tronco común)

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Laboratorio de sistemas térmicos
Código:	EE-0708
Tipo de curso:	Práctico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	1
Nº horas de clase por semana:	2
Nº horas extraclase por semana:	1
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 7 ^{mo} semestre en Ingeniería Electromecánica (tronco común)
Requisitos:	Ninguno
Correquisitos:	EE-0707 Sistemas térmicos
El curso es requisito de:	<i>Énfasis en Instalaciones Electromecánicas: EE-4807 Ventilación y aire comprimido; EE-4903 Sistemas de refrigeración y aire acondicionado</i>
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
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 *Laboratorio de sistemas térmicos* aporta en el desarrollo de los siguientes rasgos del plan de estudios: aplicar los principios de la mecánica de sólidos y fluidos, termodinámica y transferencia de calor para analizar el comportamiento de los sistemas electromecánicos; y aplicar principios de metrología para medir variables físicas en sistemas electromecánicos.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: ejecutar experimentos que validen los principios de la termodinámica y transferencia de calor en sistemas reales; aplicar principios de metrología para la medición y análisis de variables en sistemas térmicos; interpretar los resultados experimentales mediante el uso de gráficas, tablas y análisis comparativos; y elaborar informes técnicos que incluyan procedimientos, resultados y conclusiones fundamentadas.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Termodinámica, Transferencia de calor, y Mecánica de fluidos.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: Ventilación y aire comprimido, Sistemas de vapor, y Aerodinámica.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Aplicar los principios de la mecánica de sólidos y fluidos, termodinámica y transferencia de calor analizando el comportamiento de los sistemas térmicos, al realizar experiencias prácticas de laboratorio.

Objetivos específicos

- Ejecutar experimentos que validen los principios de la termodinámica y transferencia de calor en sistemas reales.
- Aplicar principios de metrología para la medición y análisis de variables en sistemas térmicos.
- Interpretar los resultados experimentales mediante el uso de gráficas, tablas y análisis comparativos.
- Elaborar informes técnicos que incluyan procedimientos, resultados y conclusiones fundamentadas.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes laboratorios:

Introducción a la metrología térmica e instrumentos de medición

Determinación de propiedades termodinámicas de sustancias

Evaluación experimental de ciclos termodinámicos simples

Transferencia de calor: conducción, convección y radiación

Determinación del coeficiente de transferencia de calor

Evaluación de intercambiadores de calor

II parte: Aspectos operativos

5. Metodología

En este curso, se utilizará la investigación práctica aplicada mediante técnicas como el modelado, simulación, prototipado, experimentación controlada e ingeniería inversa.

Las personas estudiantes podrán desarrollar actividades en las que:

- Realizarán experimentos para comprobar los conceptos de sistemas térmicos.
- Redactarán reportes de los experimentos realizados en cada una de las sesiones de laboratorios.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante aplicar los principios de la mecánica de sólidos y fluidos, termodinámica y transferencia de calor analizando el comportamiento de los sistemas térmicos, al realizar experiencias prácticas de laboratorio

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:

- Reportes: documento técnico que presenta de forma ordenada y estructurada el desarrollo, resultados y análisis de un experimento o práctica de laboratorio.
- 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.

Reportes (12)	60 %
Pruebas cortas (4)	40 %
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 **no** tiene derecho a presentar un examen de reposición.

7. Bibliografía

- [1] M. J. Moran, H. N. Shapiro, D. D. Boettner y M. B. Bailey, *Fundamentals of engineering thermodynamics*, 9.^a ed. John Wiley & Sons, 2018.
- [2] Y. A. Çengel y M. A. Boles, *Termodinámica*, 9.^a ed. McGraw-Hill Education, 2019.
- [3] F. P. Incropera, D. P. DeWitt, T. L. Bergman, A. S. Lavine et al., *Fundamentals of heat and mass transfer*. Wiley New York, 1996, vol. 6.
- [4] F. M. White, *Mecánica de Fluidos*, 6a. McGraw-Hill, Inc., 2008.
- [5] J. Holman, *Heat Transfer Tenth Edition*. Publisher "McGraw-Hill Education". 2009.

8. Persona docente

El curso será impartido por:

Ing. Alberto Garro Zavaleta

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

Correo: jagarro@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 12 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-0802

Máquinas eléctricas II

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica (tronco común)

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Máquinas eléctricas II
Código:	EE-0802
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 (tronco común)
Requisitos:	EE-0703 Laboratorio de máquinas eléctricas I; EE-0702 Máquinas eléctricas I
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	EE-0803 Laboratorio de máquinas eléctricas II. <i>Énfasis en Instalaciones Electromecánicas</i> : EE-6801 Sistemas de la aeronave; EE-4801 Sistemas eléctricos de transmisión y distribución. <i>Énfasis en Aeroáutica</i> : EE-6801 Sistemas de la aeronave. <i>Énfasis en Sistemas Cibéricos</i> : EE-6801 Sistemas de la aeronave
Asistencia:	Libre
Suficiencia:	Sí
Possibilidad 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 *Máquinas eléctricas II* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: evaluar el comportamiento de las máquinas eléctricas y sus accionamientos bajo diversas condiciones de operación, así como analizar su diseño y aplicaciones.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: analizar los principios de operación de las máquinas eléctricas sincrónicas y de corriente directa, comprendiendo su funcionamiento y modelado matemático; aplicar métodos de análisis para la interpretación de las curvas características, circuitos equivalentes y parámetros clave en máquinas eléctricas sincrónicas y de corriente directa; y seleccionar máquinas eléctricas sincrónicas y de corriente directa para aplicaciones específicas en la industria y sistemas de generación, transmisión y distribución de energía.

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

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: *Sistemas eléctricos de transmisión y distribución*, y *Sistemas de generación y almacenamiento de energía*.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Evaluar el comportamiento de las máquinas eléctricas sincrónicas y de corriente directa para la comprensión de su funcionamiento, diseño y aplicaciones en sistemas eléctricos y de accionamiento.

Objetivos específicos

- Analizar los principios de operación de las máquinas eléctricas sincrónicas y de corriente directa, comprendiendo su funcionamiento y modelado matemático.
- Aplicar métodos de análisis para la interpretación de las curvas características, circuitos equivalentes y parámetros clave en máquinas eléctricas sincrónicas y de corriente directa.
- Seleccionar máquinas eléctricas sincrónicas y de corriente directa para aplicaciones específicas en la industria y sistemas de generación, transmisión y distribución de energía.

4. Contenidos

En el curso se desarrollan los siguientes temas:

1. Alternador sincrónico
 - 1.1. Principio de funcionamiento
 - 1.2. Construcción de las partes principales
 - 1.3. Tipos de rotor
 - 1.4. Sistemas de control de máquinas sincrónicas

- 1.5. Excitación de alternadores (con escobillas, sin escobillas)
- 1.6. Principios de funcionamiento y curva de magnetización
- 1.7. Modelo en régimen permanente y diagramas fasoriales
- 1.8. Ecuaciones para modelado
- 1.9. Inductancias propias de la máquina sincrónica
- 1.10. Transformación de Park
- 1.11. Diagramas fasoriales
- 1.12. Ecuaciones de potencia activa y reactiva
- 1.13. Límites de estabilidad
- 1.14. Sistema p.u. de la máquina sincrónica
- 1.15. Alternador en funcionamiento aislado
- 1.16. Regulación de tensión y factor de potencia
- 1.17. Saturación de la máquina sincrónica
- 1.18. Características de saturación de circuito abierto
- 1.19. Características de saturación del entrehierro y cortocircuito
- 1.20. Pérdidas eléctricas, mecánicas, magnéticas y eficiencia
- 1.21. Modelado de saturación en sistemas de potencia (S1.0 y S1.2)
- 1.22. Curva de capacidad de la máquina
- 1.23. Generadores operando en paralelo de forma aislada
- 1.24. Generador en funcionamiento en una red de potencia infinita
- 1.25. Análisis de generadores considerando: efecto del gobernador y efecto de la excitación
- 1.26. Operación del generador conectada a una barra infinita
2. Motor Sincrónico
 - 2.1. Principio de funcionamiento
 - 2.2. Modelo en régimen permanente y diagramas fasoriales
 - 2.3. Par desarrollado
 - 2.4. Curvas V y control del factor de potencia
 - 2.5. Pérdidas eléctricas, mecánicas, magnéticas y eficiencia
 - 2.6. Datos de placa
 - 2.7. Condensador sincrónico
3. Máquinas de corriente directa
 - 3.1. Principio de funcionamiento

- 3.2. Partes constructivas (estator, rotor, colector, escobillas, etc.)
- 3.3. Modelo matemático de flujos y corrientes de devanados
- 3.4. Tensión inducida en una espira giratoria
- 3.5. Par inducido por una espira giratoria
- 3.6. El proceso de conmutación
- 3.7. Problemas de conmutación
- 3.8. Desplazamiento de escobillas, interpolos y devanados de compensación
- 4. Generador de corriente directa
 - 4.1. Construcción
 - 4.2. Principio de funcionamiento
 - 4.3. Generación en una espira
 - 4.4. Generación en una armadura
 - 4.5. Conmutación
 - 4.6. Reacción de armadura
 - 4.7. Métodos para disminuir la reacción de armadura
 - 4.8. Desplazamiento de escobillas
 - 4.9. Polos de conmutación
 - 4.10. Bobinados de compensación
 - 4.11. Método de excitación de campo
 - 4.12. Generador excitación independiente
 - 4.13. Características
 - 4.14. Generador auto excitadas
 - 4.15. Conexión shunt
 - 4.16. Conexión serie
 - 4.17. Conexión compuesto-acumulativa
 - 4.18. Conexión compuesto-diferencial
 - 4.19. Eficiencia
 - 4.20. Datos de placa
 - 4.21. Escobillas
- 5. Motores de corriente directa
 - 5.1. Principio de funcionamiento
 - 5.2. Producción de par y circuito equivalente
 - 5.3. Motor excitación independiente

- 5.4. Motor excitación paralela (Shunt)
- 5.5. Motor excitación serie
- 5.6. Motor excitación compuesta acumulativa
- 5.7. Motor excitación compuesta diferencial
- 5.8. Eficiencia
- 5.9. Control de velocidad
- 5.10. Datos de placa
- 6. Maquinas eléctricas especiales
 - 6.1. Motor universal
 - 6.2. Servomotores
 - 6.3. Motor a pasos
 - 6.4. Motores lineales
- 7. Fundamentos y convertidores de electrónica de potencia
 - 7.1. Introducción a la electrónica de potencia y su importancia en la conversión de energía
 - 7.2. Principio de funcionamiento y aplicaciones de variadores de velocidad
 - 7.3. Convertidores AC/DC (rectificadores): funcionamiento, tipos y aplicaciones
 - 7.4. Convertidores DC/DC (choppers): clasificación, regulación de tensión y aplicaciones
- 8. Convertidores avanzados y aplicaciones
 - 8.1. Convertidores DC/AC (inversores): tipos, control y aplicaciones en energías renovables
 - 8.2. Convertidores AC/AC: cicloconvertidores y reguladores de tensión
 - 8.3. Selección y análisis de dispositivos de conmutación en convertidores de potencia
 - 8.4. Aplicaciones prácticas y tendencias en electrónica de potencia

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 máquinas eléctricas.
- Resolverán problemas; y validarán sus resultados utilizando simulaciones.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante evaluar el comportamiento de las máquinas eléctricas sincrónicas y de corriente directa para la comprensión de su funcionamiento, diseño y aplicaciones en sistemas eléctricos y de accionamiento

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] M. Liwschitz Garik, C. C. Whipple et al., *Máquinas de corriente alterna*. Reverté, 1981.
- [2] S. J. Chapman, *Máquinas Eléctricas*. McGraw Hill México, 2012.

- [3] I. L. Kosow, *Máquinas eléctricas y transformadores*. Reverté, 2021.
- [4] T. Wildi et al., *Máquinas eléctricas y sistemas de potencia*. Biblioteca Hernán Malo González, 2007.
- [5] J. Fraile Mora, *Máquinas eléctricas*. Mc Graw Hill, 2016.
- [6] A. E. Fitzgerald, C. Kingsley y A. Kusko, *Teoría y análisis de las máquinas eléctricas*. Barcelona: Hispano Europea, Editia Mexicana, 1975.

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

Programa del curso EE-0803

Laboratorio de máquinas eléctricas II

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica (tronco común)

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Laboratorio de máquinas eléctricas II
Código:	EE-0803
Tipo de curso:	Práctico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	1
Nº horas de clase por semana:	2
Nº horas extraclasses por semana:	1
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 8 ^{vo} semestre en Ingeniería Electromecánica (tronco común)
Requisitos:	Ninguno
Correquisitos:	EE-0802 Máquinas eléctricas II
El curso es requisito de:	Ninguno
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
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 *Laboratorio de máquinas eléctricas II* aporta en el desarrollo de los siguientes rasgos del plan de estudios: evaluar el comportamiento de las máquinas eléctricas y sus accionamientos bajo diversas condiciones de operación, así como analizar su diseño y aplicaciones; y aplicar principios de metrología para medir variables físicas en sistemas electromecánicos.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: aplicar métodos de medición y metrología para la determinación de variables eléctricas y mecánicas en máquinas eléctricas sincrónicas y máquinas de corriente directa; evaluar el desempeño de máquinas eléctricas sincrónicas y máquinas de corriente directa bajo diferentes condiciones de carga y operación, identificando factores que afectan su eficiencia; analizar los resultados experimentales obtenidos en pruebas de máquinas eléctricas sincrónicas y máquinas de corriente directa; e interpretar los resultados, desarrollando informes y documentos de los experimentos a máquinas eléctricas sincrónicas y máquinas de corriente directa.

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

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

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Realizar experimentos de máquinas eléctricas sincrónicas y máquinas de corriente directa para la comprensión de su funcionamiento, diseño y aplicaciones en sistemas eléctricos y de accionamiento.

Objetivos específicos

- Aplicar métodos de medición y metrología para la determinación de variables eléctricas y mecánicas en máquinas eléctricas sincrónicas y máquinas de corriente directa.
- Evaluar el desempeño de máquinas eléctricas sincrónicas y máquinas de corriente directa bajo diferentes condiciones de carga y operación, identificando factores que afectan su eficiencia.
- Analizar los resultados experimentales obtenidos en pruebas de máquinas eléctricas sincrónicas y máquinas de corriente directa.
- Interpretar los resultados, desarrollando informes y documentos de los experimentos a máquinas eléctricas sincrónicas y máquinas de corriente directa.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaron los siguientes laboratorios:

1. Alternadores sincrónicos aislados
2. Pruebas de la máquina sincrónica (reactancia y resistencia armadura)
3. Curva de capacidad del alternador

4. Alternador sincrónico en RED
5. Motores sincrónicos curvas en V
6. Motor sincrónico condensador sincrónico
7. Generador corriente directa: conexión shunt e independiente
8. Generador corriente directa: conexión compuesta
9. Motor corriente directa: conexión shunt
10. Motor corriente directa: conexión compuesta
11. Motor corriente directa: métodos de control de velocidad
12. Motor a pasos
13. Servomotor
14. Motor universal

II parte: Aspectos operativos

5. Metodología

En este curso, se utilizará la investigación práctica aplicada mediante técnicas como el modelado, simulación, prototipado, experimentación controlada e ingeniería inversa.

Las personas estudiantes podrán desarrollar actividades en las que:

- Realizarán experimentos para comprobar los conceptos de máquinas eléctricas sincrónicas y máquinas de corriente directa.
- Redactarán reportes de los experimentos realizados en cada una de las sesiones de laboratorios.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante realizar experimentos de máquinas eléctricas sincrónicas y máquinas de corriente directa para la comprensión de su funcionamiento, diseño y aplicaciones en sistemas eléctricos y de accionamiento

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:

- Reportes: documento técnico que presenta de forma ordenada y estructurada el desarrollo, resultados y análisis de un experimento o práctica de laboratorio.
- 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.

Reportes (12)	60 %
Pruebas cortas (4)	40 %
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 **no** tiene derecho a presentar un examen de reposición.

7. Bibliografía

- [1] M. Liwschitz Garik, C. C. Whipple et al., *Máquinas de corriente alterna*. Reverté, 1981.
- [2] S. J. Chapman, *Máquinas Eléctricas*. McGraw Hill México, 2012.
- [3] I. L. Kosow, *Máquinas eléctricas y transformadores*. Reverté, 2021.
- [4] T. Wildi et al., *Máquinas eléctricas y sistemas de potencia*. Biblioteca Hernán Malo González, 2007.
- [5] J. Fraile Mora, *Máquinas eléctricas*. Mc Graw Hill, 2016.
- [6] A. E. Fitzgerald, C. Kingsley y A. Kusko, *Teoría y análisis de las máquinas eléctricas*. Barcelona: Hispano Europea, Editia Mexicana, 1975.

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

Programa del curso EE-0804

Control por eventos discretos

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica (tronco común)

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Control por eventos discretos
Código:	EE-0804
Tipo de curso:	Teórico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extraclasses por semana:	5
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 8 ^{vo} semestre en Ingeniería Electromecánica (tronco común)
Requisitos:	EE-0704 Control automático; EE-0705 Microcontroladores
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	EE-0805 Laboratorio de control
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 *Control por eventos discretos* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: diseñar e implementar sistemas de control y automatización en sistemas electromecánicos integrando modelado y simulación.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: modelar sistemas controlados por eventos discretos usando redes de Petri, haciendo énfasis en redes de colas y máquinas de estado; diseñar sistemas controlados por eventos discretos con base en máquinas de estado, Sequential Function Chart (SFC), Stateflow, redes de Petri; e implementar GRAFCET/SFC para la automatización de sistemas controlados por eventos discretos.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Microcontroladores, Control automático, y Sistemas digitales.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: Edificios inteligentes, y Aplicaciones de circuitos integrados.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Desarrollar sistemas de control por eventos discretos utilizando microcontroladores y controladores lógicos programables (PLC).

Objetivos específicos

- Modelar sistemas controlados por eventos discretos usando redes de Petri, haciendo énfasis en redes de colas y máquinas de estado.
- Diseñar sistemas controlados por eventos discretos con base en máquinas de estado, Sequential Function Chart (SFC), Stateflow, redes de Petri.
- Implementar GRAFCET/SFC para la automatización de sistemas controlados por eventos discretos.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Introducción a los sistemas de eventos discretos
 - 1.1. Conceptos básicos de sistemas de eventos discretos
 - 1.2. Comparación con sistemas continuos
 - 1.3. Aplicaciones y ejemplos prácticos
2. Modelado con máquinas de estados
 - 2.1. Definición y tipos de máquinas de estados
 - 2.2. Diagramas de estados y transiciones
3. Redes de colas
 - 3.1. Introducción a las redes de colas

- 3.2. Modelado y análisis de sistemas de colas
- 3.3. Aplicaciones en sistemas de control y automatización
- 4. Máquinas de estado
 - 4.1. Introducción a máquinas de estado
 - 4.2. Integración de máquinas de estado utilizando Stateflow de Simulink
 - 4.3. Generación de código
- 5. Redes de Petri
 - 5.1. Introducción a las redes de Petri
 - 5.2. Propiedades dinámicas y estáticas de las redes de Petri
 - 5.3. Ecuación característica y matriz de transición
 - 5.4. Modelado y análisis de sistemas con redes de Petri
- 6. Especificación de controladores según norma IEC 60848
 - 6.1. Levantamiento de requerimientos
 - 6.2. Estructuras de control
 - 6.3. Especificación de entradas y salidas
 - 6.4. Jerarquías
- 7. Lenguajes estandarizados de programación según IEC 61131-3
 - 7.1. Texto estructurado
 - 7.2. Nemotécnico
 - 7.3. Diagramas de escalera
 - 7.4. Bloque de funciones
 - 7.5. Sequential function chart (GRAFCET)
 - 7.6. Implementación de los lenguajes en PLCs
- 8. Implementación de lenguajes de programación
 - 8.1. Implementación de controladores en PLCs
 - 8.2. Implementación de controladores en microcontroladores

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 control por eventos discretos.
- Analizarán y definirán los requisitos requerimientos del sistema.
- Diseñarán distintas propuestas de diseño de sistemas de control y, a través de una evaluación, seleccionarán la mejor.
- Demostrarán el funcionamiento de su sistema de control.
- Asumirán roles dentro del proyecto con el fin de emular el trabajo en equipo en entornos reales.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante desarrollar sistemas de control por eventos discretos utilizando microcontroladores y controladores lógicos programables (PLC)

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] C. G. Cassandras y S. Lafortune, *Introduction to Discrete Event Systems*, 3rd. Springer International Publishing, 2021, ISBN: 978-3-030-72272-2. doi: 10.1007/978-3-030-72274-6.
- [2] S. Y. Nof, ed., *Springer Handbook of Automation*, 2nd. Springer International Publishing, 2023, ISBN: 978-3-030-96729-1. doi: 10.1007/978-3-030-96729-1.
- [3] K.-H. John y M. Tiegelkamp, *IEC 61131-3: Programming Industrial Automation Systems: Concepts and Programming Languages, Requirements for Programming Systems, Decision-Making Aids*, 2nd. Springer, 2010, ISBN: 978-3-642-12015-2. doi: 10.1007/978-3-642-12015-2.
- [4] International Electrotechnical Commission, «IEC 61131-3: Programmable Controllers – Part 3: Programming Languages,» International Electrotechnical Commission, inf. téc. IEC 61131-3:2013, 2013.
- [5] International Electrotechnical Commission, «IEC 60848: GRAFCET specification language for sequential function charts,» International Electrotechnical Commission, inf. téc. IEC 60848:2013, 2013.
- [6] J. Banks, J. S. Carson, B. L. Nelson y D. M. Nicol, *Discrete-Event System Simulation*, 5th. Prentice-Hall, Inc, 2010.
- [7] M. Pidd, *Computer Simulation in Management Science*, 5th. John Wiley & Sons, Inc, 2004.
- [8] A. M. Law y W. D. Kelton, *Simulation Modelling and Analysis*, 5th. McGraw-Hill, 2014.
- [9] V. Kulkarni, *Modeling and Analysis of Stochastic Systems*, 2nd. Springer, 2010.
- [10] R. David y H. Alla, *Petri Nets and Grafset: Tools for Modelling Discrete Event Systems*. Prentice Hall, 1992.

8. Persona docente

El curso será impartido por:

Mag. Luis Gómez Gutierrez

Maestría en Gestión de Activos Físicos.

Ingeniero en Mantenimiento industrial.

Correo: lugomez@itcr.a.cr Teléfono: 0

Oficina: 24 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Dr.-Ing. Luis Diego Murillo Soto

Máster en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica. Universidad de Costa Rica. Costa Rica

Máster en computación. Ingeniero en Mantenimiento Industrial. Tecnológico de Costa Rica.Costa Rica

Técnico en Electrónica. COVAO

Correo: lmurillo@itcr.ac.cr Teléfono: 25509347
Oficina: 7 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-0805

Laboratorio de control

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica (tronco común)

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Laboratorio de control
Código:	EE-0805
Tipo de curso:	Práctico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	1
Nº horas de clase por semana:	2
Nº horas extraclase por semana:	1
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 8 ^{vo} semestre en Ingeniería Electromecánica (tronco común)
Requisitos:	Ninguno
Correquisitos:	EE-0804 Control por eventos discretos
El curso es requisito de:	<i>Énfasis en Instalaciones Electromecánicas: EE-5203 Edificios inteligentes</i> <i>Énfasis en Sistemas Ciberfísicos: EE-0902 Aplicaciones de circuitos integrados</i>
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
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 *Laboratorio de control* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: diseñar e implementar sistemas de control y automatización en sistemas electromecánicos integrando modelado y simulación.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: crear soluciones de automatización utilizando técnicas y herramientas como lugar geométrico de las raíces, diagramas de Bode, técnicas de sintonización, máquinas de estado, Sequential Function Chart (SFC), y Stateflow; implementar controladores proporcionales-integrales y derivativos (PID) para un proceso; diseñar sistemas de control utilizando controladores lógicos programables (PLC) según la norma IEC 61131-3; e implementar sistemas de control utilizando microcontroladores.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Control por eventos discretos, Control automático, y Microcontroladores.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: Edificios inteligentes, y Aplicaciones de circuitos integrados.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Desarrollar controladores automáticos para sistemas continuos y de eventos discretos.

Objetivos específicos

- Crear soluciones de automatización utilizando técnicas y herramientas como lugar geométrico de las raíces, diagramas de Bode, técnicas de sintonización, máquinas de estado, Sequential Function Chart (SFC), y Stateflow.
- Implementar controladores proporcionales-integrales y derivativos (PID) para un proceso.
- Diseñar sistemas de control utilizando controladores lógicos programables (PLC) según la norma IEC 61131-3.
- Implementar sistemas de control utilizando microcontroladores.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes laboratorios:

1. Programación de PLC con IEC 61131 con lenguajes escalera.
2. Programación de PLC con IEC 61131 con SFC.
3. Configuración de PLC, buses de campo, AS-i, Profibus.
4. Sintonización de PID en PLCs.
5. Implementación de controladores PID en microcontroladores.
6. Diseño de controladores con lugar geométrico de las raíces y SISOTool.
7. Diseño de compensadores por medio análisis de respuesta en frecuencia.

8. Diseño de controladores con modelo de control predictivo (MPC).

II parte: Aspectos operativos

5. Metodología

En este curso, se utilizará la investigación práctica aplicada mediante técnicas como el modelado, simulación, prototipado, experimentación controlada e ingeniería inversa.

Las personas estudiantes podrán desarrollar actividades en las que:

- Realizarán experimentos para comprobar los conceptos de sistemas de control automático y control por eventos discretos.
- Redactarán reportes de los experimentos realizados en cada una de las sesiones de laboratorio.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante desarrollar controladores automáticos para sistemas continuos y de eventos discretos

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:

- Reportes: documento técnico que presenta de forma ordenada y estructurada el desarrollo, resultados y análisis de un experimento o práctica de laboratorio.
- 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.

Reportes (12)	60 %
Pruebas cortas (4)	40 %
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 **no** tiene derecho a presentar un examen de reposición.

7. Bibliografía

- [1] K. Ogata, *Modern Control Engineering*. Prentice Hall, 2010.
- [2] K.-H. John y M. Tiegelkamp, *IEC 61131-3: Programming Industrial Automation Systems: Concepts and Programming Languages, Requirements for Programming Systems, Decision-Making Aids*, 2nd. Springer, 2010, ISBN: 978-3-642-12015-2. doi: 10.1007/978-3-642-12015-2.
- [3] R. Pigan y M. Metter, *Automating with PROFINET: Industrial Communication Based on Industrial Ethernet*. Publicis, 2008, ISBN: 9783895782947.

- [4] I. Armesto Quiroga, C. Fernández Silva, E. Mandado Perez, J. Marcos Acevedo, J. L. Rivas López y J. M. Núñez Ortúño, *Sistemas de automatización y autómatas programables*. Marcombo, 2018, ISBN: 9788426725899.
- [5] L. Martínez Fernández, R. L. Yuste y V. Guerrero Jiménez, *Comunicaciones Industriales Siemens*. Marcombo, 2010, ISBN: 9788426715746.
- [6] L. Wang, *Model Predictive Control System Design and Implementation Using MATLAB® (Advances in Industrial Control)*. Springer London, 2009, ISBN: 9781848823310.

8. Persona docente

El curso será impartido por:

Mag. Luis Gómez Gutierrez

Maestría en Gestión de Activos Físicos.

Ingeniero en Mantenimiento industrial.

Correo: lugomez@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 24 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Dr.-Ing. Luis Diego Murillo Soto

Máster en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica. Universidad de Costa Rica. Costa Rica

Máster en computación. Ingeniero en Mantenimiento Industrial. Tecnológico de Costa Rica.Costa Rica

Técnico en Electrónica. COVAO

Correo: lmurillo@itcr.ac.cr Teléfono: 25509347

Oficina: 7 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Dr.-Ing. Juan José Rojas Hernández

Doctor en ciencia aplicada a la integración de sistemas. Instituto Tecnológico de Kyushu. Japón.

Máster en electrónica con énfasis en microsistemas. Licenciado en Mantenimiento Industrial. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Correo: juan.rojas@itcr.ac.cr Teléfono: 88581419

Oficina: 31 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-0806

Máquinas y mecanismos

Escuela de Ingeniería Electromecánica

Carrera de Ingeniería Electromecánica con énfasis en Sistemas Ciberfísicos

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Máquinas y mecanismos
Código:	EE-0806
Tipo de curso:	Teórico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extraclasses por semana:	5
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 8 ^{vo} semestre en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Sistemas Ciberfísicos
Requisitos:	EE-0706 Elementos de máquinas
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	<i>Énfasis en Sistemas Ciberfísicos: EE-8906 Robótica</i>
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 *Máquinas y mecanismos* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: desarrollar sistemas de robótica para aplicaciones industriales y de servicios .

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: analizar los principios de la cinemática de mecanismos para la comprensión de la geometría de los movimientos y de las relaciones entre el desplazamiento y el tiempo; discernir la correcta elección de componentes mecánicos y su dimensionamiento para lograr un movimiento específico, mediante los métodos de diseño de mecanismos; aplicar los principios de la cinética para el análisis dinámico y diseño de máquinas y sistemas mecánicos; y analizar el comportamiento dinámico de mecanismos y sistemas mecánicos, considerando fuerzas y fenómenos que afectan su desempeño para su eventual optimización, mediante herramientas de modelado y simulación.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Dinámica, Resistencia de materiales, Dibujo industrial, y Elementos de máquinas.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: Robótica, y Análisis mecánico de estructuras de la aeronave.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Comprender los fenómenos dinámicos relevantes en la evaluación, diseño y optimización de una máquina para aplicaciones en ingeniería mecánica, mediante los principios de la cinética y la cinemática de mecanismos.

Objetivos específicos

- Analizar los principios de la cinemática de mecanismos para la comprensión de la geometría de los movimientos y de las relaciones entre el desplazamiento y el tiempo.
- Discernir la correcta elección de componentes mecánicos y su dimensionamiento para lograr un movimiento específico, mediante los métodos de diseño de mecanismos.
- Aplicar los principios de la cinética para el análisis dinámico y diseño de máquinas y sistemas mecánicos.
- Analizar el comportamiento dinámico de mecanismos y sistemas mecánicos, considerando fuerzas y fenómenos que afectan su desempeño para su eventual optimización, mediante herramientas de modelado y simulación.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Introducción a mecanismos
 - 1.1. Introducción
 - 1.2. Análisis y síntesis

- 1.3. Ciencia de la mecánica
- 1.4. Terminología, definiciones y suposiciones
- 1.5. Mecanismos planos, esféricos y espaciales
- 1.6. Movilidad
- 1.7. Características de los mecanismos
- 1.8. Inversión cinemática
- 1.9. Ley de Grashof
- 1.10. Ventaja mecánica
2. Posición, postura y desplazamiento
 - 2.1. Postura de un cuerpo rígido
 - 2.2. Ecuaciones de cierre de bucle
 - 2.3. Álgebra polar compleja
3. Velocidad
 - 3.1. Definición de velocidad
 - 3.2. Rotación de un cuerpo rígido
 - 3.3. Diferencia de velocidad entre puntos de un cuerpo rígido
 - 3.4. Polígonos de velocidad; imágenes de velocidad
 - 3.5. Velocidad aparente de un punto en un sistema de coordenadas en movimiento
 - 3.6. Velocidad angular aparente
 - 3.7. Contacto directo y contacto rodante
 - 3.8. Estrategia sistemática para el análisis de velocidad
 - 3.9. Análisis algebraico complejo de velocidad
 - 3.10. Método de coeficientes cinemáticos
 - 3.11. Centros instantáneos de velocidad
 - 3.12. Teorema de Aronhold-Kennedy de tres centros
 - 3.13. Localización de centros instantáneos de velocidad
 - 3.14. Análisis de velocidad usando centros instantáneos
4. Aceleración
 - 4.1. Definición de aceleración
 - 4.2. Aceleración angular
 - 4.3. Diferencia de aceleración entre puntos de un cuerpo rígido
 - 4.4. Polígonos de aceleración; imágenes de aceleración
 - 4.5. Aceleración aparente de un punto en un sistema de coordenadas en movimiento

- 4.6. Aceleración angular aparente
- 4.7. Contacto directo y contacto rodante
- 4.8. Estrategia sistemática para el análisis de aceleración
- 5. Análisis de fuerzas estáticas
 - 5.1. Introducción
 - 5.2. Leyes de newton
 - 5.3. Sistemas de unidades
 - 5.4. Fuerzas aplicadas y de restricción
 - 5.5. Diagramas de cuerpo libre
 - 5.6. Condiciones para el equilibrio
 - 5.7. Miembros de dos y tres fuerzas
 - 5.8. Miembros de cuatro o más fuerzas
 - 5.9. Modelos de fuerzas de fricción
 - 5.10. Análisis de fuerzas con fricción
- 6. Análisis de fuerzas dinámicas
 - 6.1. Introducción
 - 6.2. Centroide y centro de masa
 - 6.3. Momentos de masa y productos de inercia
 - 6.4. Fuerzas de inercia y principio de d'Alembert
 - 6.5. Principio de superposición
- 7. Diseño de levas
 - 7.1. Introducción
 - 7.2. Clasificación de levas y seguidores
 - 7.3. Diagramas de desplazamiento
 - 7.4. Diseño gráfico de perfiles de levas
 - 7.5. Coeficientes cinemáticos del seguidor
 - 7.6. Levas de alta velocidad
 - 7.7. Movimientos estándar de levas
 - 7.8. Emparejamiento de derivadas de diagramas de desplazamiento
 - 7.9. Leva de placa con seguidor de cara plana reciprocente
 - 7.10. Leva de placa con seguidor de rodillo reciprocente
- 8. Engranajes rectos
 - 8.1. Terminología y definiciones

- 8.2. Ley fundamental del engranaje dentado
- 8.3. Propiedades de la evolvente
- 8.4. Engranajes intercambiables: normas AGMA
- 8.5. Fundamentos de la acción del diente del engranaje
- 8.6. Fabricación de dientes de engranaje
- 8.7. Interferencia y recorte
- 8.8. Relación de contacto
- 8.9. Variación de la distancia entre centros
- 8.10. Dientes de engranaje no estándar
- 8.11. Análisis de trenes de engranajes epicíclicos por fórmula
- 8.12. Análisis tabular de trenes de engranajes epicíclicos
- 9. Sistemas espaciales y robótica
- 9.1. Programas informáticos de análisis de mecanismos generalizados

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 máquinas y mecanismos
- Analizarán situaciones reales o hipotéticas de mecanismos para extraer aprendizajes aplicables a contextos similares.
- Trabajarán en proyectos prácticos de diseño y manufactura de mecanismos simples para desarrollar habilidades técnicas, de investigación, prototipado, trabajo en equipo y resolución de problemas en un contexto aplicado al diseño de máquinas.
- Usarán herramientas computacionales para modelar y simular mecanismos y realizar análisis dinámicos de éstos.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante comprender los fenómenos dinámicos relevantes en la evaluación, diseño y optimización de una máquina para aplicaciones en ingeniería mecánica, mediante los principios de la cinética y la cinemática de mecanismos

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] J. J. U. Jr, G. R. Pennock y J. E. Shigley, *Theory of Machines and Mechanisms*, 6.^a ed. Cambridge University Press, 2023, ISBN: 9781009303675.
- [2] H. H. Mabie y C. F. Reinholtz, *Mechanisms and Dynamics of Machinery*, 4.^a ed. John Wiley & Sons, 1987, ISBN: 978-0-471-80237-2.

8. Persona docente

El curso será impartido por:

Christopher Vega Sánchez, Ph.D.

Doctor en filosofía en ciencias. Universidad de Sídney. Australia.

Máster en ciencias en Ingeniería de Sistemas Microelectromecánicos. Universidad de Freiburg. Alemania.

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

Correo: cvega@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 20 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-1101

Seminario de graduación I

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica en todos sus énfasis

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Seminario de graduación I
Código:	EE-1101
Tipo de curso:	Teórico - Práctico
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 en todos sus énfasis
Requisitos:	EE-0701 Administración de proyectos
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	<i>Énfasis en Instalaciones Electromecánicas: EE-1102 Seminario de graduación II</i>
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
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 *Seminario de graduación I* aporta en el desarrollo de los siguientes rasgos del plan de estudios: liderar equipos de trabajo promoviendo el pensamiento crítico, la colaboración y la innovación, fomentando una convivencia respetuosa e inclusiva; impulsar el progreso sostenible y la mejora en la calidad de vida del mayor número de personas como objetivos centrales de la ingeniería; y desarrollar habilidades en investigación y presentación de resultados con rigor científico y ético..

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: aplicar los conceptos fundamentales de la metodología científica para la definición del problema, objetivos y justificación de un proyecto de investigación en ingeniería; desarrollar habilidades para la búsqueda, análisis y síntesis de información técnica y científica relevante mediante una revisión bibliográfica rigurosa; y elaborar un anteproyecto de investigación estructurado, técnicamente fundamentado y viable, incluyendo cronograma, metodología, y criterios éticos, que sirva como base para el Trabajo Final de Graduación.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Estadística aplicada, Fiabilidad y disponibilidad de sistemas electromecánicos, y Administración de proyectos.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: Seminario de graduación II, y Trabajo final de graduación.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Desarrollar en el estudiante las competencias necesarias para la formulación, planificación y sustentación un anteproyecto de investigación en ingeniería, mediante la aplicación de principios metodológicos, éticos y técnicos que orienten el desarrollo del Trabajo Final de Graduación.

Objetivos específicos

- Aplicar los conceptos fundamentales de la metodología científica para la definición del problema, objetivos y justificación de un proyecto de investigación en ingeniería.
- Desarrollar habilidades para la búsqueda, análisis y síntesis de información técnica y científica relevante mediante una revisión bibliográfica rigurosa.
- Elaborar un anteproyecto de investigación estructurado, técnicamente fundamentado y viable, incluyendo cronograma, metodología, y criterios éticos, que sirva como base para el Trabajo Final de Graduación.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Introducción a la investigación en ingeniería
 - 1.1. ¿Qué es la investigación en ingeniería?
 - 1.2. Diferencia entre investigación científica y aplicada

- 1.3. El papel del ingeniero-investigador
2. El proceso de investigación
 - 2.1. Definición de problema
 - 2.2. Planteamiento de hipótesis
 - 2.3. Objetivos de la investigación
3. Revisión bibliográfica y búsqueda de información técnica
 - 3.1. Estrategias de búsqueda
 - 3.2. Fuentes confiables y bases de datos académicas
 - 3.3. Cómo hacer una revisión de literatura
4. Diseño de proyectos de investigación
 - 4.1. Selección del tema
 - 4.2. Justificación y delimitación del problema
 - 4.3. Diseño metodológico: cualitativo, cuantitativo o mixto
5. Ética en la investigación
 - 5.1. Principios éticos
 - 5.2. Plagio y citación adecuada
 - 5.3. Derechos de autor y propiedad intelectual
6. Metodología cuantitativa y cualitativa
 - 6.1. Métodos de recolección de datos
 - 6.2. Diseño experimental
 - 6.3. Validación y confiabilidad
7. Análisis de datos
 - 7.1. Métodos estadísticos básicos
 - 7.2. Interpretación de resultados
 - 7.3. Herramientas para análisis
8. Redacción técnica y presentación de proyectos
 - 8.1. Estructura de informes técnicos
 - 8.2. Uso adecuado de tablas, gráficas y figuras
 - 8.3. Preparación para la defensa oral del proyecto
9. Gestión de proyectos de investigación
 - 9.1. Cronograma y planificación
 - 9.2. Evaluación de riesgos
 - 9.3. Indicadores de avance y control

10. Presentación del anteproyecto de graduación
 - 10.1. Lineamientos institucionales
 - 10.2. Retroalimentación de pares
 - 10.3. Ajustes finales al anteproyecto

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 sesiones prácticas. Esta última se implementará mediante técnicas como el modelado, simulación, prototipado y la experimentación controlada.

Las personas estudiantes podrán desarrollar actividades en las que:

- Recibirán orientación teórica y práctica sobre las etapas del proceso de investigación científica aplicada a la ingeniería, mediante sesiones magistrales, discusiones dirigidas y análisis de casos.
- Desarrollarán su anteproyecto de investigación de forma progresiva a lo largo del curso, con acompañamiento docente y retroalimentación continua.
- Aplicarán técnicas de búsqueda, análisis y citación de fuentes académicas mediante actividades prácticas individuales y en grupo.
- Definirán el problema de investigación, objetivos y justificación de su proyecto, cumpliendo con los criterios técnicos y metodológicos establecidos.
- Participarán en talleres de redacción técnica y presentación oral, con el fin de preparar el documento final y su defensa ante un jurado académico.
- Elaborarán un cronograma detallado de ejecución y planificación de recursos, como parte de la gestión de su proyecto de graduación.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante desarrollar en el estudiante las competencias necesarias para la formulación, planificación y sustentación un anteproyecto de investigación en ingeniería, mediante la aplicación de principios metodológicos, éticos y técnicos que orienten el desarrollo del Trabajo Final de Graduación

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:

- Proyecto(s) individual(es): actividad integradora en la que la persona estudiante aplica de manera autónoma sus conocimientos teóricos y prácticos para abordar y resolver un problema, ya sea real o simulado. Fomenta el desarrollo de habilidades analíticas y de investigación.
- 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.

Proyecto(s) individual(es) (1)	60 %
Act. aprendizaje activo (6)	40 %
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 **no** tiene derecho a presentar un examen de reposición.

7. Bibliografía

[1] D. V. Thiel, *Research methods for engineers*. Cambridge University Press, 2014.

8. Persona do- cente

El curso será impartido por:

Mag. Sebastián Mata Ortega

Maestría en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Administración de la Energía. Licenciado en Ingeniería en Mantenimiento Industrial. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Correo: semata@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 26 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Mag. Carlos Piedra Santamaría

Maestría en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Administración del Mantenimiento. Licenciado en Ingeniería en Mantenimiento Industrial. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Correo: cpiedra@itcr.ac.cr Teléfono: 22509353

Oficina: 0 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-1102

Seminario de graduación II

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica en todos sus énfasis

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Seminario de graduación II
Código:	EE-1102
Tipo de curso:	Práctico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	4
Nº horas de clase por semana:	0
Nº horas extraclasses por semana:	12
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 10 ^{mo} semestre en Ingeniería Electromecánica en todos sus énfasis
Requisitos:	EE-1101 Seminario de graduación I
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	Ninguno
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
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 *Seminario de graduación II* aporta en el desarrollo de los siguientes rasgos del plan de estudios: liderar equipos de trabajo promoviendo el pensamiento crítico, la colaboración y la innovación, fomentando una convivencia respetuosa e inclusiva; impulsar el progreso sostenible y la mejora en la calidad de vida del mayor número de personas como objetivos centrales de la ingeniería; y desarrollar habilidades en investigación y presentación de resultados con rigor científico y ético..

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: comunicar de manera clara y estructurada los avances técnicos y metodológicos del TFG, mediante informes escritos y presentaciones orales; integrar retroalimentación recibida del profesor y pares para mejorar el desarrollo del proyecto y fortalecer la argumentación técnica; aplicar criterios de calidad técnica, ética profesional y redacción académica en la elaboración del informe final del TFG; y preparar y sustentar la defensa oral del TFG, demostrando dominio del tema, claridad expositiva y capacidad de respuesta ante preguntas críticas.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en el curso de: Seminario de graduación I.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Evaluar de forma crítica el estado de avance del Trabajo Final de Graduación (TFG) con base en los objetivos planteados, la metodología definida y los resultados obtenidos.

Objetivos específicos

- Comunicar de manera clara y estructurada los avances técnicos y metodológicos del TFG, mediante informes escritos y presentaciones orales.
- Integrar retroalimentación recibida del profesor y pares para mejorar el desarrollo del proyecto y fortalecer la argumentación técnica.
- Aplicar criterios de calidad técnica, ética profesional y redacción académica en la elaboración del informe final del TFG.
- Preparar y sustentar la defensa oral del TFG, demostrando dominio del tema, claridad expositiva y capacidad de respuesta ante preguntas críticas.

4. Contenidos

En el curso se desarrollarán los siguientes temas:

1. Aplicación de conocimientos del área ciencias básicas
2. Aplicación de conocimientos del área de formación profesional y habilidades interpersonales
3. Aplicación de conocimientos del área comunicación y dibujo
4. Aplicación de conocimientos del área ingeniería mecánica y de materiales
5. Aplicación de conocimientos del área ingeniería eléctrica y electrónica
6. Aplicación de conocimientos del área automática
7. Aplicación de conocimientos del área análisis de datos

8. Aplicación de conocimientos del énfasis
 - 8.1. Instalaciones electromecánicas
 - 8.2. Aeronáutica
 - 8.3. Sistemas ciberfísicos

II parte: Aspectos operativos

5. Metodología

En este curso, se utilizará la investigación práctica aplicada mediante técnicas como el modelado, simulación, prototipado, experimentación controlada e ingeniería inversa.

Las personas estudiantes podrán desarrollar actividades en las que:

- Aplicarán los conocimientos adquiridos durante su formación académica en el desarrollo del Trabajo Final de Graduación (TFG), en cualquiera de las modalidades reconocidas por el TEC, con base en la realidad contextual del entorno del proyecto.
- Entregarán avances parciales del TFG, recibiendo retroalimentación del profesor tutor para asegurar el cumplimiento de los objetivos y la calidad técnica del trabajo.
- Desarrollarán habilidades de comunicación oral y escrita mediante la redacción de informes técnicos intermedios y la preparación para la defensa final del proyecto.
- Reflexionarán de forma crítica sobre los aspectos éticos, técnicos y sociales que surgen durante el desarrollo del TFG, integrando esa reflexión en la toma de decisiones del proyecto.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante evaluar de forma crítica el estado de avance del Trabajo Final de Graduación (TFG) con base en los objetivos planteados, la metodología definida y los resultados obtenidos

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:

- Avances: entrega parcial o final del documento del proyecto

Avances (3)	100 %
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 **no** tiene derecho a presentar un examen de reposición.

7. Bibliografía

- [1] D. V. Thiel, *Research methods for engineers*. Cambridge University Press, 2014.

8. Persona docente El curso será impartido por:

Mag. Sebastián Mata Ortega

Maestría en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Administración de la Energía.
Licenciado en Ingeniería en Mantenimiento Industrial. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Correo: semata@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 26 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Mag. Carlos Piedra Santamaría

Maestría en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Administración del Mantenimiento. Licenciado en Ingeniería en Mantenimiento Industrial. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Correo: cpiedra@itcr.ac.cr Teléfono: 22509353

Oficina: 0 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

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:	<i>Énfasis en Instalaciones Electromecánicas:</i> EE-4901 Sistemas de generación y almacenamiento de 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 eléctricos de transmisión y distribución* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo 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; e 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 I.

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 desarrollaron 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 y 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
 - 9.3. Variaciones del campo eléctrico y formación de rayos
 - 9.4. Pararrayos y zonas de protección, y modelo electro-geométrico
 - 9.5. Parámetros eléctricos de las descargas y energía descargada
 - 9.6. Blindaje
 - 9.7. Sobretensiones por maniobra
 - 9.8. Sobretensiones temporales y sobretensiones de frente lento
 - 9.9. Sobretensiones de frente rápido y sobretensiones de frente muy rápido
 - 9.10. Mecanismos de protección y perturbaciones de baja frecuencia
 - 9.11. Perturbaciones de alta frecuencia y 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, 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:

- 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:

- 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] 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] J. Momoh, *Smart Grid: Fundamentals of Design and Analysis*. Wiley, 2012.
- [7] J. Ekanayake et al., *Smart Grid: Technology and Applications*. Wiley, 2012.
- [8] D. Pinheiro et al., *Smart Operations for Power Distribution Systems: Concepts and Applications*. Springer, 2018.
- [9] 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

Programa del curso EE-4806

Instalaciones eléctricas

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:	Instalaciones eléctricas
Código:	EE-4806
Tipo de curso:	Teórico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extraclasses por semana:	5
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 8 ^{vo} semestre en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Instalaciones Electromecánicas
Requisitos:	EE-0702 Máquinas eléctricas I
Correquisitos:	EE-4807 Ventilación y aire comprimido
El curso es requisito de:	<i>Énfasis en Instalaciones Electromecánicas: EE-5201 Sistemas de puesta a tierra</i>
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 *Instalaciones eléctricas* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: supervisar y gestionar el diseño, especificaciones, instalación, operación y mantenimiento de sistemas electromecánicos, con un enfoque en la gestión eficiente de la energía.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: aplicar la norma CEN para el diseño y especificación de acometidas, conductores, conductos, protecciones, transformadores, barra de tierra, centros de carga, etc., en instalaciones residenciales, comerciales e industriales; realizar estudios de corto circuito, factor de potencia y su corrección, iluminación, coordinación de protecciones y selectividad, calidad de energía en instalaciones eléctricas; especificar instalaciones mediante planos eléctricos con sus presupuestos; y utilizar software especializados de simulación de sistemas eléctricos e iluminación.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en el curso de: Máquinas eléctricas I.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en el curso de: Sistemas de puesta a tierra.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Aplicar los principios del diseño, operación y mantenimiento en sistemas eléctricos en baja tensión, bajo consulta del Código Eléctrico Nacional (CEN) vigente, en redes monofásicas de tipo residencial y trifásicas de tipo comercial e industrial.

Objetivos específicos

- Aplicar la norma CEN para el diseño y especificación de acometidas, conductores, conductos, protecciones, transformadores, barra de tierra, centros de carga, etc., en instalaciones residenciales, comerciales e industriales.
- Realizar estudios de corto circuito, factor de potencia y su corrección, iluminación, coordinación de protecciones y selectividad, calidad de energía en instalaciones eléctricas.
- Especificar instalaciones mediante planos eléctricos con sus presupuestos.
- Utilizar software especializados de simulación de sistemas eléctricos e iluminación.

4. Contenidos

En el curso se desarrollan los siguientes temas:

1. Tipos de instalaciones eléctricas en baja tensión
 - 1.1. Circuito monofásico trifilar.
 - 1.2. Circuitos trifásicos.
2. Selección de conductores
 - 2.1. Según su aplicación

- 2.2. Según su ampacidad
- 2.3. Según la caída de voltaje
- 2.4. Según la temperatura de operación y temperatura ambiente
- 2.5. Según el número de conductores
- 2.6. Según se encuentre al aire libre o en canalizaciones
- 2.7. Otros criterios
3. Cálculo de circuitos ramales para diferentes tipos de cargas eléctricas
 - 3.1. Selección de conductores vivos, neutros y conductores de puesta a tierra
 - 3.2. Factores de demanda
 - 3.3. Selección de protecciones térmicas y termomagnéticas
4. Seguridad en instalaciones eléctricas y puesta a tierra
 - 4.1. Tolerancia del ser humano a la electricidad, tiempo y niveles máximos de exposición, el tiempo máximo permitido para el funcionamiento de las protecciones
 - 4.2. Puesta a tierra y operación de las protecciones
 - 4.3. Puesta a tierra y neutro, conexión según CEN
 - 4.4. Cálculo del conductor de puesta a tierra y del conductor del electrodo de puesta a tierra
 - 4.5. Diferentes sistemas de puesta a tierra
5. Dimensionamiento de alimentadores y acometidas para diferentes tipos de cargas eléctricas.
 - 5.1. Conceptos de carga instalada, carga demandada, factor de carga y manejo de carga
 - 5.2. Factores de simultaneidad y diversidad
 - 5.3. Dimensionamiento de acometidas (áreas y subterráneas) y transformadores
 - 5.4. Selección de conductores vivos, neutros y conductores de puesta a tierra
 - 5.5. Selección de protecciones térmicas y termomagnéticas
 - 5.6. Dimensionamiento del transformador y su cargabilidad según normas
 - 5.7. Protección de Transformadores
6. Corrección del factor de potencia
 - 6.1. Importancia
 - 6.2. Opciones de corrección (instalación de un banco capacitores o capacitor)
7. Estudio de corto circuito (cálculo manual)
 - 7.1. Teoría de la corriente simétrica y asimétrica al corto circuito.
 - 7.2. Corto circuito en baja tensión: Método de la impedancia equivalente.

- 7.3. Corto circuito en baja tensión: Método de los KVA's equivalentes.
- 8. Coordinación de protecciones
 - 8.1. Teoría y conceptos de la respuesta selectiva de las protecciones.
 - 8.2. Curvas características de las protecciones eléctricas.
- 9. Principios de luminotecnia y diseño de sistemas de iluminación
 - 9.1. Teoría y conceptos de luminotecnia
 - 9.2. Tipos de luminarias y sus datos técnicos.
 - 9.3. Métodos de diseño de iluminación:
 - 9.4. Lúmenes
 - 9.5. Cavidades zonales
 - 9.6. Punto por punto
- 10. Calidad de la energía eléctrica
 - 10.1. Niveles de calidad normados por la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP) en voltaje, corriente, frecuencia, distorsión armónica, etc.
 - 10.2. Distorsión armónica, transitorios y métodos de mitigación de sus efectos
- 11. Planos y especificaciones
 - 11.1. Simbología
 - 11.2. Normativa
 - 11.3. Conformación de los planos

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:

- Desarrollarán cálculos de acometidas, circuitos ramales, centros de carga, conductores, etc., para distintas cargas eléctricas.
- Abordarán la seguridad en instalaciones eléctricas y puesta a tierra mediante clases teóricas y análisis de normativas, complementado con simulaciones de sistemas de puesta a tierra y protecciones.
- Realizarán estudios de corto circuito aplicando métodos de cálculo manual y resolución de problemas para la determinación de corrientes de falla y evaluación de protecciones.
- Estudiarán los aspectos de calidad de energía mediante el análisis de normativas, evaluación de distorsión armónica, transitorios y métodos de mitigación de efectos adversos.
- Elaborarán e interpretarán planos eléctricos aplicando simbología y normativas vigentes, con ejercicios prácticos de diseño de instalaciones.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante aplicar los principios del diseño, operación y mantenimiento en sistemas eléctricos en baja tensión, bajo consulta del Código Eléctrico Nacional (CEN) vigente, en redes monofásicas de tipo residencial y trifásicas de tipo comercial e industrial

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] National Fire Protection Association, *Código Eléctrico Nacional (NFPA 70)*, 2020.^a ed. NFPA, Última versión en español oficializada en el país.
- [2] C. Earley Coache y Moniz, *NFPA 70 Handbook* (International Electrical Code Series). USA: National Fire Protection Association.
- [3] D. Beeman y D. Beeman, *Industrial power systems handbook*. McGraw-Hill New York, 1955, vol. 195.
- [4] J. Stallcup, *Stallcup's Electrical Design Book*. McGraw-Hill, Inc., 2004.
- [5] IEEE Standards Association, *IEEE Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants (Red Book)*. IEEE.
- [6] IEEE Standards Association, *IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems (Green Book)*. IEEE.
- [7] IEEE Standards Association, *IEEE Recommended Practice for Electric Power Systems in Commercial Buildings (Gray Book)*. IEEE.
- [8] IEEE Standards Association, *IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems (Buff Book)*. IEEE.
- [9] IEEE Standards Association, *IEEE Recommended Practice for Industrial and Commercial Power Systems Analysis (Brown Book)*. IEEE.
- [10] IEEE Standards Association, *IEEE Recommended Practice for Emergency and Standby Power Systems for Industrial and Commercial Applications (Orange Book)*. IEEE.
- [11] IEEE Standards Association, *IEEE Recommended Practice for the Design of Reliable Industrial and Commercial Power Systems (Gold Book)*. IEEE.
- [12] IEEE Standards Association, *IEEE Recommended Practice for Electrical Systems in Health Care Facilities (White Book)*. IEEE.
- [13] IEEE Standards Association, *IEEE Recommended Practice for Energy Management in Industrial and Commercial Facilities (Bronze Book)*. IEEE.
- [14] IEEE Standards Association, *IEEE Guide for Maintenance, Operation and Safety of Industrial and Commercial Power Systems (Yellow Book)*. IEEE.
- [15] IEEE Standards Association, *IEEE Recommended Practice for Applying Low Voltage Circuit Breaker Used in Industrial and Commercial Power Systems (Blue Book)*. IEEE.

8. Persona docente

El curso será impartido por:

Programa del curso EE-4807

Ventilación y aire comprimido

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:	Ventilación y aire comprimido
Código:	EE-4807
Tipo de curso:	Teórico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	2
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclasses por semana:	3
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 8 ^{vo} semestre en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Instalaciones Electromecánicas
Requisitos:	EE-0707 Sistemas térmicos; EE-0708 Laboratorio de sistemas térmicos
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	<i>Énfasis en Instalaciones Electromecánicas:</i> EE-4906 Instalaciones mecánico-sanitarias; EE-4908 Sistemas de vapor; EE-4806 Instalaciones eléctricas
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 *Ventilación y aire comprimido* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: supervisar y gestionar el diseño, especificaciones, instalación, operación y mantenimiento de sistemas electromecánicos, con un enfoque en la gestión eficiente de la energía.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: analizar los principios de funcionamiento de los sistemas de ventilación y aire comprimido; comprender la normativa nacional e internacional para el diseño de sistemas electromecánicos de ventilación y aire comprimido; implementar metodologías para la instalación, operación y mantenimiento de sistemas de ventilación y aire comprimido; y desarrollar sistemas de ventilación y aire comprimido garantizando la eficiencia energética y la sostenibilidad.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Termodinámica, Mecánica de fluidos, y Sistemas térmicos.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: Instalaciones mecánico-sanitarias, y Sistemas de vapor.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Diseñar sistemas electromecánicos de ventilación y aire comprimido, con un enfoque en la gestión eficiente de la energía y el cumplimiento normativo.

Objetivos específicos

- Analizar los principios de funcionamiento de los sistemas de ventilación y aire comprimido.
- Comprender la normativa nacional e internacional para el diseño de sistemas electromecánicos de ventilación y aire comprimido.
- Implementar metodologías para la instalación, operación y mantenimiento de sistemas de ventilación y aire comprimido.
- Desarrollar sistemas de ventilación y aire comprimido garantizando la eficiencia energética y la sostenibilidad.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Sistemas de Aire Comprimido

- 1.1. Tipos de compresores: funcionamiento, enfriadores, purgadores y mantenimiento.
- 1.2. Dispositivos e instrumentación de redes de aire comprimido.
- 1.3. Cálculo y diseño de sistemas de aire comprimido.
- 1.4. Normativa aplicable (ISO 8573, OSHA, NFPA 99, ASME PTC 9).
- 1.5. Eficiencia energética y sostenibilidad.

- 1.6. Mantenimiento de sistemas de aire comprimido.
2. Sistemas de Ventilación
 - 2.1. Ventiladores: Tipos, funcionamiento, curvas características.
 - 2.2. Dispositivos e instrumentación de redes de sistemas de ventilación.
 - 2.3. Cálculo y diseño de sistemas de ventilación mecánica.
 - 2.4. Sistemas de extracción de contaminantes y control de calidad del aire.
 - 2.5. Normativa aplicable (ASHRAE 62.1, NFPA 90A, ISO 14644, EN 16798-3).
 - 2.6. Eficiencia energética y sostenibilidad.
 - 2.7. Mantenimiento de sistemas de aire comprimido.

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 ventilación y aire comprimido.
- Analizarán los requisitos del sistema de ventilación y aire comprimido.
- Evaluarán distintas configuraciones de los sistemas y su impacto en la eficiencia energética.
- Diseñaran soluciones conforme a normativa nacional e internacional.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante diseñar sistemas electromecánicos de ventilación y aire comprimido, con un enfoque en la gestión eficiente de la energía y el cumplimiento normativo

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] R. American Society of Heating y A.-C. Engineers, *ASHRAE Handbook - HVAC Systems and Equipment*. 2021.
- [2] W. F. Stoecker, *Industrial Refrigeration Handbook*. New York: McGraw Hill LLC, 2023, pág. 800, ISBN: 9781265830991.
- [3] Y. A. Cengel y M. A. Boles, «Thermodynamics: an engineering approach,» Sea, vol. 1000, n.º 8862, págs. 287-93, 2002.
- [4] N. F. P. Association, *Standard for the Installation of Air-Conditioning and Ventilating Systems (NFPA 90A)*. 2021.
- [5] O. Safety y H. Administration, *Respiratory Protection (OSHA 1910.134)*. 2022.
- [6] A. S. of Mechanical Engineers, *Performance Test Code on Compressors and Exhausters (ASME PTC 9)*. 2016.
- [7] I. O. for Standardization, *Compressed Air - Contaminants and Purity Classes (ISO 8573)*. 2010.
- [8] E. Standard, *Energy Performance of Buildings - Ventilation for Buildings (EN 16798-3)*. 2017.
- [9] M. J. Moran, H. N. Shapiro, D. D. Boettner y M. B. Bailey, *Fundamentals of engineering thermodynamics*. John Wiley & Sons, 2010.

8. Persona docente

El curso será impartido por:

Ing. Alberto Garro Zavaleta

Licenciado en Ingeniería en Mantenimiento Industrial. Instituto Tecnológico de Costa

Rica. Costa Rica

Correo: jagarro@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 12 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Ing. Ignacio del Valle Granados

Rellenar

Correo: idelvalle@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 0 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-4808

Mantenimiento electromecánico

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:	Mantenimiento electromecánico
Código:	EE-4808
Tipo de curso:	Teórico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	1
Nº horas de clase por semana:	2
Nº horas extraclasses por semana:	1
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 8 ^{vo} semestre en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Instalaciones Electromecánicas
Requisitos:	EE-0701 Administración de proyectos
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	Ninguno
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 *Mantenimiento electromecánico* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: gestionar el ciclo de vida de sistemas electromecánicos considerando la viabilidad de su transformación digital.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: comprender el ciclo de vida de los activos industriales y su relación con la gestión del mantenimiento, identificando estrategias para que optimicen su desempeño y prolonguen su vida útil; aplicar técnicas de mantenimiento basado en condición mediante el análisis de vibraciones, termografía y otras metodologías predictivas para la detección temprana de fallos en equipos industriales; implementar herramientas digitales y estrategias de transformación digital en la gestión del mantenimiento, evaluando su impacto en la confiabilidad y eficiencia de los activos industriales; y desarrollar habilidades para el diagnóstico y pronóstico del mantenimiento, utilizando metodologías basadas en datos y normativas internacionales para la toma de decisiones fundamentadas alineadas con la estrategia del negocio.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Fiabilidad y disponibilidad de sistemas electromecánicos, y Administración de proyectos.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: Instalaciones mecánico-sanitarias, Gestión del ciclo de vida de instalaciones electromecánicas, y Seminario de graduación I.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Gestionar el mantenimiento electromecánico aplicando técnicas modernas, integrando herramientas digitales y estrategias de transformación digital que optimicen la disponibilidad, confiabilidad y eficiencia operativa de los activos industriales.

Objetivos específicos

- Comprender el ciclo de vida de los activos industriales y su relación con la gestión del mantenimiento, identificando estrategias para que optimicen su desempeño y prolonguen su vida útil.
- Aplicar técnicas de mantenimiento basado en condición mediante el análisis de vibraciones, termografía y otras metodologías predictivas para la detección temprana de fallos en equipos industriales.
- Implementar herramientas digitales y estrategias de transformación digital en la gestión del mantenimiento, evaluando su impacto en la confiabilidad y eficiencia de los activos industriales.
- Desarrollar habilidades para el diagnóstico y pronóstico del mantenimiento, utilizando metodologías basadas en datos y normativas internacionales para la toma de decisiones fundamentadas alineadas con la estrategia del negocio.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Introducción al mantenimiento industrial
 - 1.1. Evolución del mantenimiento: correctivo, preventivo, predictivo y proactivo
 - 1.2. Importancia de la gestión del mantenimiento en la industria
 - 1.3. Relación con la productividad y seguridad
2. Normativas y estándares internacionales en mantenimiento
 - 2.1. ISO 17359: Mantenimiento basado en condición
 - 2.2. Otras normativas relevantes (ISO 55000, IEC 60034, ISO 20816)
 - 2.3. Cumplimiento regulatorio y mejores prácticas
3. Conceptos y principios del mantenimiento basado en condición (CBM)
 - 3.1. Beneficios del CBM frente a estrategias tradicionales
 - 3.2. Proceso de implementación en entornos industriales
 - 3.3. Integración con mantenimiento predictivo y prescriptivo
4. Análisis de vibraciones en equipos rotativos
 - 4.1. Fundamentos del análisis de vibraciones
 - 4.2. Tipos de fallos detectables mediante vibraciones
 - 4.3. Uso de sensores y software de análisis
 - 4.4. Gráficos de tendencia, determinación de alarmas con base en la norma ISO 20816
 - 4.5. Forma de onda y espectros, diferencia, FFT, parámetros de configuración
 - 4.6. Patrones de vibración: desbalance, desalineamiento, engranajes, motores eléctricos y otros
5. Termografía aplicada al mantenimiento predictivo
 - 5.1. Principios de la termografía infrarroja
 - 5.2. Identificación de fallos en componentes eléctricos y mecánicos
 - 5.3. Interpretación de imágenes térmicas y toma de decisiones
6. Ultrasonido y otras técnicas de monitoreo predictivo
 - 6.1. Aplicaciones del ultrasonido en mantenimiento
 - 6.2. Detección de fugas, lubricación y fallos en rodamientos
7. Tribología y análisis de aceites
 - 7.1. Pruebas físicas, químicas y dieléctricas
 - 7.2. Cromatografía de gases
8. Pruebas de diagnóstico eléctrico
 - 8.1. Pruebas de alta tensión

8.2. Pruebas de baja tensión

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 mantenimiento electromecánico.
- Evaluarán casos reales de aplicación de mantenimiento predictivo en la industria.
- Interpretarán señales y datos para detectar fallos en maquinaria rotativa a través del análisis de vibraciones.
- Aplicarán termografía infrarroja para evaluar el estado de componentes eléctricos y mecánicos.
- Evaluarán la condición de equipos, lubricantes y máquinas con base en análisis de aceites y pruebas de diagnóstico eléctrico.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante gestionar el mantenimiento electromecánico aplicando técnicas modernas, integrando herramientas digitales y estrategias de transformación digital que optimicen la disponibilidad, confiabilidad y eficiencia operativa de los activos industriales

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. C. Márquez, *La Gestión Digital del Mantenimiento: Una Guía para la Transformación Digital en el Área del Mantenimiento*. Ingeman, 2023.
- [2] International Organization for Standardization, *ISO 17359:2018 - Condition monitoring and diagnostics of machines — General guidelines*. Geneva, Switzerland: ISO, 2018.
- [3] International Organization for Standardization, *ISO 20816-1:2016 - Mechanical vibration — Measurement and evaluation of machine vibration — Part 1: General guidelines*. Geneva, Switzerland: ISO, 2016.
- [4] E. P. Marín, *Elementos de medición y análisis de vibraciones en máquinas rotatorias*. Plaza de la Revolución, Cuba: Empresa Editorial Poligráfica Félix Varela, 2014.
- [5] D. Ambre, *Guía de Identificación por Falla de Vibración*. Full Spectrum Diagnostics, 2007, pág. 110.

8. Persona docente El curso será impartido por:

Mag. Sebastián Mata Ortega

Maestría en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Administración de la Energía. Licenciado en Ingeniería en Mantenimiento Industrial. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Correo: semata@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 26 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Mag. Carlos Piedra Santamaría

Maestría en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Administración del Mantenimiento. Licenciado en Ingeniería en Mantenimiento Industrial. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Correo: cpiedra@itcr.ac.cr Teléfono: 22509353

Oficina: 0 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

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 extraclasses 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: EE-5003 Gestión de la energía</i>
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:

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

Programa del curso EE-4903

Sistemas de refrigeración y aire acondicionado

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 refrigeración y aire acondicionado
Código:	EE-4903
Tipo de curso:	Teórico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclase por semana:	6
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 9 ^{no} semestre en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Instalaciones Electromecánicas
Requisitos:	EE-0707 Sistemas térmicos; EE-0708 Laboratorio de sistemas térmicos
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	<i>Énfasis en Instalaciones Electromecánicas:</i> EE-4904 Laboratorio de refrigeración y aire acondicionado
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 refrigeración y aire acondicionado* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: supervisar y gestionar el diseño, especificaciones, instalación, operación y mantenimiento de sistemas electromecánicos, con un enfoque en la gestión eficiente de la energía.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: analizar los componentes principales de los sistemas de refrigeración, aire acondicionado y su funcionamiento; analizar los principios fundamentales de la refrigeración y el acondicionamiento del aire para su aplicación en sistemas industriales y comerciales; evaluar el desempeño energético de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado mediante herramientas de análisis y normativas vigentes; y diseñar soluciones para la optimización de sistemas de refrigeración y aire acondicionado, considerando eficiencia, impacto ambiental y normativas.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Termodinámica, Transferencia de calor, Mecánica de fluidos, y Sistemas térmicos.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en el curso de: Trabajo final de graduación.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Desarrollar soluciones integrales para sistemas electromecánicos de refrigeración y aire acondicionado que optimicen la eficiencia energética, minimicen el impacto ambiental y promuevan la preservación de los recursos, garantizando al mismo tiempo la conservación de los equipos y el confort en todas las etapas de su ciclo de vida.

Objetivos específicos

- Analizar los componentes principales de los sistemas de refrigeración, aire acondicionado y su funcionamiento.
- Analizar los principios fundamentales de la refrigeración y el acondicionamiento del aire para su aplicación en sistemas industriales y comerciales.
- Evaluar el desempeño energético de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado mediante herramientas de análisis y normativas vigentes.
- Diseñar soluciones para la optimización de sistemas de refrigeración y aire acondicionado, considerando eficiencia, impacto ambiental y normativas.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Fundamentos de la refrigeración y aire acondicionado
 - 1.1. Evolución de los sistemas de refrigeración y climatización
 - 1.2. Principios termodinámicos básicos
 - 1.3. Aplicaciones industriales y comerciales
2. Fundamentos termodinámicos y ciclos de refrigeración

- 2.1. Primer y segundo principio de la termodinámica aplicados a la refrigeración
- 2.2. Ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor
- 2.3. Coeficiente de rendimiento (COP) y eficiencia de los sistemas
3. Refrigerantes y su impacto ambiental
 - 3.1. Propiedades y clasificación de los refrigerantes
 - 3.2. Impacto ambiental: ODP (ozone depletion potential) y GWP (global warming potential)
 - 3.3. Regulaciones nacionales e internacionales (protocolo de Montreal, normativa ASHRAE, etc.)
 - 3.4. Refrigerantes naturales y alternativas sustentables
4. Componentes de un sistema de refrigeración
 - 4.1. Compresores: tipos y aplicaciones
 - 4.2. Condensadores: funcionamiento y clasificación
 - 4.3. Evaporadores y dispositivos de expansión
 - 4.4. Intercambiadores de calor en sistemas de refrigeración
5. Psicrometría y procesos de aire acondicionado
 - 5.1. Propiedades del aire húmedo y diagrama psicrométrico
 - 5.2. Procesos psicrométricos en acondicionamiento de aire
 - 5.3. Control de temperatura y humedad
6. Cargas térmicas en sistemas de aire acondicionado
 - 6.1. Cálculo de carga térmica sensible y latente
 - 6.2. Métodos de estimación de cargas térmicas
 - 6.3. Factores que influyen en la carga térmica (ubicación, materiales, ocupación, etc.)
 - 6.4. Cálculo de diversidad
7. Selección de equipos de aire acondicionado (sistemas de expansión directa)
 - 7.1. Tipos de sistemas de aire acondicionado (paquetes, split, VRF (volumen variable de refrigerante))
 - 7.2. Selección de equipos según necesidades de climatización
 - 7.3. Parámetros de eficiencia energética en selección de sistemas
8. Selección de equipos de aire acondicionado (sistemas de agua helada)
 - 8.1. Chillers enfriados por aire vs. chillers enfriados por agua
 - 8.2. Criterios de selección según aplicación y clima
9. Selección y dimensionamiento de chillers
 - 9.1. Criterios de selección según demanda térmica.

- 9.2. Análisis del coeficiente de desempeño (COP) y eficiencia energética (EER, IPLV, NPLV).
- 9.3. Capacidad y redundancia en sistemas de grandes edificios.
10. Diseño del circuito de agua helada
 - 10.1. Esquemas de distribución (primario constante, primario – secundario, primario – variable)
 - 10.2. Diseño de redes de tuberías y cálculo de pérdidas de carga
 - 10.3. Selección de bombas y su control (velocidad variable, VFD)
 - 10.4. Torres de enfriamiento: funcionamiento, clasificación y selección
11. Aplicaciones especiales de la refrigeración y climatización
 - 11.1. Refrigeración industrial (procesos, almacenamiento de alimentos)
 - 11.2. Climatización en hospitales, laboratorios y cuartos limpios

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 refrigeración y aire acondicionado.
- Analizarán los requisitos de sistemas de refrigeración y aire acondicionado.
- Evaluarán distintas configuraciones del sistema y su impacto en la eficiencia energética.
- Implementarán soluciones para optimizar el rendimiento y reducir el impacto ambiental de los sistemas.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante desarrollar soluciones integrales para sistemas electromecánicos de refrigeración y aire acondicionado que optimicen la eficiencia energética, minimicen el impacto ambiental y promuevan la preservación de los recursos, garantizando al mismo tiempo la conservación de los equipos y el confort en todas las etapas de su ciclo de vida

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] R. American Society of Heating y A.-C. Engineers, *ASHRAE Handbook - Fundamentals*. 2021.
- [2] S. W F y J. Jones, «Refrigeration and Air conditioning,» 1981.
- [3] R. Dossat, «Refrigeration and the vapor compression system,» *Principles of Refrigeration*, 4th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, págs. 86-101, 1996.
- [4] A. S. 34, *Designation and Safety Classification of Refrigerants*. 2022.
- [5] Y. A. Çengel y M. A. Boles, *Termodinámica*, 9.^a ed. McGraw-Hill Education, 2019.
- [6] A. Trott y T. Welch, *Refrigeration and Air-Conditioning*, 2002. Published, 2002.
- [7] E. G. Pita, *Air Conditioning Principles And Systems: An Energy Approach*. 4 th editi. PEARSON INDIA, 2018.
- [8] T. H. Kuehn, J. W. Ramsey y J. L. Threlkeld, *Thermal environmental engineering*. 1998.
- [9] S. Klein y G. Nellis, *Thermodynamics*. Cambridge University Press, 2011.
- [10] M. J. Moran, H. N. Shapiro, D. D. Boettner y M. B. Bailey, *Fundamentals of engineering thermodynamics*, 9.^a ed. John Wiley & Sons, 2018.

8. Persona docente

El curso será impartido por:

Mag. Sebastián Mata Ortega

Maestría en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Administración de la Energía. Licenciado en Ingeniería en Mantenimiento Industrial. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Correo: semata@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 26 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Ing. Ignacio del Valle Granados

Rellenar

Correo: idelvalle@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 0 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-4904

Laboratorio de refrigeración y aire acondicionado

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:	Laboratorio de refrigeración y aire acondicionado
Código:	EE-4904
Tipo de curso:	Práctico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	1
Nº horas de clase por semana:	2
Nº horas extraclasses por semana:	1
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 9 ^{no} semestre en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Instalaciones Electromecánicas
Requisitos:	Ninguno
Correquisitos:	EE-4903 Sistemas de refrigeración y aire acondicionado
El curso es requisito de:	Ninguno
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
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 *Laboratorio de refrigeración y aire acondicionado* aporta en el desarrollo de los siguientes rasgos del plan de estudios: aplicar principios de metrología para medir variables físicas en sistemas electromecánicos; y supervisar y gestionar el diseño, especificaciones, instalación, operación y mantenimiento de sistemas electromecánicos, con un enfoque en la gestión eficiente de la energía.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: analizar los componentes principales de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado en condiciones reales; aplicar métodos experimentales para evaluar el desempeño de sistemas de refrigeración y aire acondicionado; diagnosticar fallas en sistemas de refrigeración y aire acondicionado mediante herramientas y procedimientos técnicos; e implementar prácticas de mantenimiento preventivo y correctivo en equipos de refrigeración y aire acondicionado.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Termodinámica, Transferencia de calor, Mecánica de fluidos, y Sistemas térmicos.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en el curso de: Trabajo final de graduación.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Aplicar principios y técnicas de refrigeración y aire acondicionado mediante prácticas experimentales, orientadas al análisis, operación y evaluación de sistemas reales, promoviendo la eficiencia energética, el confort térmico y la sostenibilidad.

Objetivos específicos

- Analizar los componentes principales de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado en condiciones reales.
- Aplicar métodos experimentales para evaluar el desempeño de sistemas de refrigeración y aire acondicionado.
- Diagnosticar fallas en sistemas de refrigeración y aire acondicionado mediante herramientas y procedimientos técnicos.
- Implementar prácticas de mantenimiento preventivo y correctivo en equipos de refrigeración y aire acondicionado.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes laboratorios:

1. Componentes básicos de un sistema de refrigeración real
2. Funcionamiento y fallas principales de compresores de pistón y tornillo
3. Ajuste de controles de presión y temperatura
4. Procedimientos para hacer vacío y cargar refrigerante por el lado de baja
5. Aplicación práctica de carga de refrigerante en sistemas reales

6. Operación y medición de parámetros en paneles de refrigeración
7. Simulación de fallas en sistemas de refrigeración y análisis de parámetros
8. Procedimientos de recuperación de refrigerante y normativa ambiental
9. Diagnóstico y solución de fallas en sistemas comerciales e industriales
10. Laboratorio de aire acondicionado: diagnóstico y medición de desempeño
11. Mantenimiento preventivo y correctivo en sistemas de refrigeración y aire acondicionado
12. Estudio de casos sobre fallas en refrigeración y aire acondicionado
13. Optimización del rendimiento energético en sistemas de refrigeración
14. Evaluación del desempeño de un sistema de agua helada

II parte: Aspectos operativos

5. Metodología

En este curso, se utilizará la investigación práctica aplicada mediante técnicas como el modelado, simulación, prototipado, experimentación controlada e ingeniería inversa.

Las personas estudiantes podrán desarrollar actividades en las que:

- Analizarán el ciclo de refrigeración en sistemas reales y didácticos.
- Evaluarán el desempeño de los componentes principales de un sistema de refrigeración y aire acondicionado.
- Diagnosticarán fallas en compresores, controles de presión y temperatura, y tuberías.
- Aplicarán procedimientos de carga, recuperación y mantenimiento de refrigerantes.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante aplicar principios y técnicas de refrigeración y aire acondicionado mediante prácticas experimentales, orientadas al análisis, operación y evaluación de sistemas reales, promoviendo la eficiencia energética, el confort térmico y la sostenibilidad

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:

- Reportes: documento técnico que presenta de forma ordenada y estructurada el desarrollo, resultados y análisis de un experimento o práctica de laboratorio.
- 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.

Reportes (12)	60 %
Pruebas cortas (4)	40 %
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 **no** tiene derecho a presentar un examen de reposición.

7. Bibliografía

- [1] R. C. Arora, *Refrigeration and Air Conditioning*. New Delhi, India: PHI Learning Private Limited, 2010, ISBN: 978-8120339156.
- [2] C. M. de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente), *Manual de buenas prácticas en refrigeración*. Bogotá, Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014.
- [3] E. G. Pita, *Air Conditioning Principles And Systems: An Energy Approach. 4 th editi*. PEARSON INDIA, 2018.
- [4] R. Dossat, «Refrigeration and the vapor compression system,» *Principles of Refrigeration, 4th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall*, págs. 86-101, 1996.
- [5] R. American Society of Heating y A.-C. Engineers, *ASHRAE Handbook - Fundamentals*. 2021.

8. Persona docente El curso será impartido por:

Mag. Sebastián Mata Ortega

Maestría en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Administración de la Energía. Licenciado en Ingeniería en Mantenimiento Industrial. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Correo: semata@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 26 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Ing. Ignacio del Valle Granados

Rellenar

Correo: idelvalle@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 0 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-4906

Instalaciones mecánico-sanitarias

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:	Instalaciones mecánico-sanitarias
Código:	EE-4906
Tipo de curso:	Teórico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extraclasses por semana:	5
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 9 ^{no} semestre en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Instalaciones Electromecánicas
Requisitos:	EE-4807 Ventilación y aire comprimido
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	<i>Énfasis en Instalaciones Electromecánicas: EE-5006 Gestión del ciclo de vida de instalaciones electromecánicas; EE-5202 Sistemas contra incendios; EE-4907 Laboratorio de sistemas de fluidos</i>
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 *Instalaciones mecánico-sanitarias* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: supervisar y gestionar el diseño, especificaciones, instalación, operación y mantenimiento de sistemas electromecánicos, con un enfoque en la gestión eficiente de la energía.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: diseñar sistemas de distribución y manejo de agua potable, de recolección de aguas negras, pluviales y jabonosas; y sistemas hidrónicos, evaluando distintas configuraciones y materiales para la optimización de la eficiencia y sostenibilidad del sistema, con base en normativa nacional e internacional; elaborar planos constructivos de sistemas mecánico-sanitarios utilizando herramientas computacionales de vanguardia y aplicando la normativa y códigos vigentes.; realizar el análisis de costos y viabilidad económica en el diseño y mantenimiento de sistemas mecánico-sanitarios; e identificar aplicaciones de sistemas contra incendios en edificaciones e infraestructuras.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Mecánica de fluidos, Sistemas térmicos, y Ventilación y aire comprimido.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: Laboratorio de sistemas de fluidos, Taller de neumática y oleohidráulica, y Sistemas contra incendios.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Diseñar sistemas de instalaciones mecánico-sanitarias, aplicando normativa nacional e internacional vigente logrando instalaciones eficientes y sostenibles.

Objetivos específicos

- Diseñar sistemas de distribución y manejo de agua potable, de recolección de aguas negras, pluviales y jabonosas; y sistemas hidrónicos, evaluando distintas configuraciones y materiales para la optimización de la eficiencia y sostenibilidad del sistema, con base en normativa nacional e internacional.
- Elaborar planos constructivos de sistemas mecánico-sanitarios utilizando herramientas computacionales de vanguardia y aplicando la normativa y códigos vigentes..
- Realizar el análisis de costos y viabilidad económica en el diseño y mantenimiento de sistemas mecánico-sanitarios.
- Identificar aplicaciones de sistemas contra incendios en edificaciones e infraestructuras.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Fundamentos de instalaciones mecánico-sanitarias
 - 1.1. Bombas Centrífugas: curvas características, funcionamiento, partes principales, mantenimiento
 - 1.2. Bombas desplazamiento positivo: tipos, funcionamiento, partes principales, man-

tenimiento

1.3. Fundamentos para proyección de sistemas suministro agua

1.4. Normativa costarricense para la proyección de instalaciones hidráulicas y sanitarias en edificaciones

1.5. Introducción al análisis de costos y viabilidad económica del perfil del proyecto mecánico sanitario

2. Diseño de sistemas de agua potable e hidrónico

2.1. Demanda de agua

2.2. Redes de distribución

2.3. Movimiento del agua en tuberías a presión

2.4. Método para la estimación de caudal

2.5. Método para estimación de diámetro de las tuberías

2.6. Métodos para proporcionar presión independiente y la determinación de las presiones de trabajo y los niveles de agua en el tanque hidroneumático

2.7. Normativa costarricense e internacional

2.8. Especificación técnica y planos constructivos

3. Diseño de sistemas de aguas servidas

3.1. Caudales de diseño de recolección de aguas servidas

3.2. Redes de distribución

3.3. Movimiento del agua en tuberías a presión

3.4. Método para la estimación de caudal

3.5. Método para estimación de diámetro de las tuberías

3.6. Sistemas de bombeo para aguas servidas

3.7. Normativa costarricense e internacional

3.8. Especificación técnica y planos constructivos

4. Sistemas contra incendios

4.1. Introducción a tipos de sistemas contra incendios

4.2. Sistemas de supresión por agua

4.3. Normativa costarricense e internacional

5. Estrategias de eficiencia energética en instalaciones sanitarias

5.1. Optimización de consumo de agua y bombeo

5.2. Tecnologías emergentes para la sostenibilidad

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 instrucción sobre los fundamentos del diseño de instalaciones mecánico-sanitarias.
- Analizarán los requisitos y requerimientos de diseño de instalaciones mecánico-sanitarias.
- Evaluarán distintas configuraciones del sistema para determinar, de forma comparativa, la mejor opción de diseño.
- Trabajarán en proyectos prácticos de diseño de instalaciones mecánico-sanitarias para desarrollar habilidades técnicas y de aplicación de la normativa nacional e internacional vigente.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante diseñar sistemas de instalaciones mecánico-sanitarias, aplicando normativa nacional e internacional vigente logrando instalaciones eficientes y sostenibles

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. Soriano Rull y F. J. Pancorbo Floristán, *Suministro, distribución y evacuación interior de agua sanitaria*, 9th. Marcombo, 2014.
- [2] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, *ASHRAE Handbook - Fundamentals*. 2021.
- [3] International Code Council, *2021 International Plumbing Code*. 2020.
- [4] Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO), *Manual de Diseño de Instalaciones Sanitarias*.
- [5] Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica, *Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones*. CFIA, 2017.
- [6] ASHRAE, *Principles of Heating, Ventilation, and Air Conditioning*, 9th. 2021.
- [7] American Society of Plumbing Engineers (ASPE), *Plumbing Engineering Design Handbook*. 2021.
- [8] National Fire Protection Association (NFPA), *NFPA 99: Health Care Facilities Code*. 2021.

8. Persona docente El curso será impartido por:

Ing. Alberto Garro Zavaleta

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

Correo: jagarro@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 12 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-4907

Laboratorio de sistemas de fluidos

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:	Laboratorio de sistemas de fluidos
Código:	EE-4907
Tipo de curso:	Práctico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	1
Nº horas de clase por semana:	2
Nº horas extraclasses por semana:	1
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 9 ^{no} semestre en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Instalaciones Electromecánicas
Requisitos:	Ninguno
Correquisitos:	EE-4906 Instalaciones mecánico-sanitarias
El curso es requisito de:	<i>Énfasis en Instalaciones Electromecánicas: EE-5007 Taller de neumática y oleohidráulica; EE-6902 Aerodinámica</i>
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
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 *Laboratorio de sistemas de fluidos* aporta en el desarrollo de los siguientes rasgos del plan de estudios: aplicar principios de metrología para medir variables físicas en sistemas electromecánicos; y supervisar y gestionar el diseño, especificaciones, instalación, operación y mantenimiento de sistemas electromecánicos, con un enfoque en la gestión eficiente de la energía.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: evaluar el rendimiento y eficiencia de bombas, ventiladores, compresores y turbinas a través de los laboratorios; aplicar metodologías experimentales para la medición y análisis de parámetros en sistemas de fluidos; registrar datos experimentales en bitácoras de laboratorio para su interpretación, elaborando informes técnicos fundamentados; y desarrollar habilidades en el desarme, montaje y mantenimiento de componentes de sistemas de fluidos, asegurando su correcto funcionamiento.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Mecánica de fluidos, y Sistemas térmicos.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en el curso de: Taller de neumática y oleohidráulica.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Experimentar con sistemas de fluidos aplicando los principios de la mecánica de fluidos, termodinámica y transferencia de calor analizando la operación de bombas, ventiladores y turbinas hidráulicas.

Objetivos específicos

- Evaluar el rendimiento y eficiencia de bombas, ventiladores, compresores y turbinas a través de los laboratorios.
- Aplicar metodologías experimentales para la medición y análisis de parámetros en sistemas de fluidos.
- Registrar datos experimentales en bitácoras de laboratorio para su interpretación, elaborando informes técnicos fundamentados.
- Desarrollar habilidades en el desarme, montaje y mantenimiento de componentes de sistemas de fluidos, asegurando su correcto funcionamiento.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes laboratorios:

1. Curvas características típicas de bombas
 - 1.1. Definición y clasificación de bombas
 - 1.2. Cálculo de potencia de entrada y salida
 - 1.3. Cálculo de eficiencia de una bomba
 - 1.4. Desarme y análisis de funcionamiento de diferentes tipos de bombas
2. Compresores reciprocatantes y rotativos

- 2.1. Evaluación del rendimiento de compresores de pistón, tornillo y paletas
- 2.2. Cálculo de caudal, potencia y eficiencia en compresores
- 2.3. Desarme y ensamblaje de compresores para análisis de sus componentes
3. Ventiladores y turbinas
 - 3.1. Caracterización experimental de ventiladores centrífugos y axiales
 - 3.2. Análisis de eficiencia de turbinas Francis y de acción mediante ensayos
 - 3.3. Cálculo de potencia de entrada y salida en sistemas de generación hidráulica
4. Válvulas y dispositivos auxiliares
 - 4.1. Principio de funcionamiento y experimentación con válvulas de control de flujo
 - 4.2. Evaluación de reguladores de presión y dispositivos de filtración
 - 4.3. Análisis de comportamiento de sistemas con diferentes configuraciones de válvulas

II parte: Aspectos operativos

5. Metodología

En este curso, se utilizará la investigación práctica aplicada mediante técnicas como el modelado, simulación, prototipado, experimentación controlada e ingeniería inversa.

Las personas estudiantes podrán desarrollar actividades en las que:

- Realizarán experimentos para caracterizar el desempeño de sistemas de fluidos.
- Aplicarán procedimientos de medición y análisis de datos experimentales.
- Elaborarán informes técnicos fundamentados en resultados experimentales.
- Participarán en actividades de desmontaje y montaje de equipos para conocer su funcionamiento y mantenimiento.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante experimentar con sistemas de fluidos aplicando los principios de la mecánica de fluidos, termodinámica y transferencia de calor analizando la operación de bombas, ventiladores y turbinas hidráulicas

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:

- Reportes: documento técnico que presenta de forma ordenada y estructurada el desarrollo, resultados y análisis de un experimento o práctica de laboratorio.
- 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.

Reportes (12)	60 %
Pruebas cortas (4)	40 %
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 **no** tiene derecho a presentar un examen de reposición.

7. Bibliografía

- [1] Y. Cengel y J. Cimbala, *Mecánica de Fluidos, Fundamentos y Aplicaciones*, 4a. McGraw-Hill, Inc., 2018.
- [2] F. M. White, *Mecánica de Fluidos*, 6a. McGraw-Hill, Inc., 2008.
- [3] R. M. Munson, D. F. Young y T. H. Okiishi, *Fundamentos de Mecánica de Fluidos*. John Wiley & Sons, Inc., 2004.
- [4] V. Streeter, B. Wylie y K. Bedford, *Mecánica de Fluidos*, 9a. McGraw-Hill, Inc., 2000.
- [5] M. Potter y D. Wiggert, *Mecánica de Fluidos*, 2a. Prentice Hall, Inc., 1998.
- [6] C. T. Crowe, D. F. Elger y J. A. Roberson, *Mecánica de Fluidos*, 7a. John Wiley & Sons, Inc., 2002.

8. Persona docente

El curso será impartido por:

Ing. Alberto Garro Zavaleta

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

Correo: jagarro@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 12 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-4908

Sistemas de vapor

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 vapor
Código:	EE-4908
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-4807 Ventilación y aire comprimido
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	<i>Énfasis en Instalaciones Electromecánicas: EE-5003 Gestión de la energía; EE-4909 Laboratorio de sistemas de vapor</i>
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 vapor* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: supervisar y gestionar el diseño, especificaciones, instalación, operación y mantenimiento de sistemas electromecánicos, con un enfoque en la gestión eficiente de la energía.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: estudiar los principios de combustión; y procesos de recuperación y tratamiento del agua en sistemas de vapor, con énfasis en el mejoramiento de la eficiencia del sistema; elaborar planos constructivos de sistemas de vapor utilizando herramientas computacionales de vanguardia y aplicando la normativa y códigos vigentes; aplicar técnicas de mantenimiento y gestión de la energía en sistemas de vapor para garantizar su operación eficiente y sostenible; y desarrollar sistemas de vapor garantizando la eficiencia energética y la sostenibilidad.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Termodinámica, Transferencia de calor, y Mecánica de fluidos.

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

- Diseñar sistemas de vapor garantizando un transporte eficiente de masa y energía, con un enfoque en la gestión del ciclo de vida y el cumplimiento normativo.

Objetivos específicos

- Estudiar los principios de combustión; y procesos de recuperación y tratamiento del agua en sistemas de vapor, con énfasis en el mejoramiento de la eficiencia del sistema.
- Elaborar planos constructivos de sistemas de vapor utilizando herramientas computacionales de vanguardia y aplicando la normativa y códigos vigentes.
- Aplicar técnicas de mantenimiento y gestión de la energía en sistemas de vapor para garantizar su operación eficiente y sostenible.
- Desarrollar sistemas de vapor garantizando la eficiencia energética y la sostenibilidad.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Introducción a sistemas de vapor
 - 1.1. Propiedades de sustancias puras
 - 1.2. La importancia del vapor en la industria
 - 1.3. Componentes del sistema de vapor
2. Combustibles y combustión

- 2.1. Funcionamiento de la combustión y su eficiencia
- 2.2. Medición de la eficiencia y diseño de chimeneas
- 3. Calderas y distribución de vapor
 - 3.1. Tipos de calderas y su funcionamiento
 - 3.2. Selección y mantenimiento de calderas
 - 3.3. Dimensionamiento de tuberías para distribución de vapor
 - 3.4. Especificación técnica y planos constructivos
- 4. Tipos de usuarios de vapor
 - 4.1. Operación de turbinas de vapor
 - 4.2. Selección de usuarios de vapor
 - 4.3. Sistemas de calentamiento
 - 4.4. Instrumentación y control de temperatura
- 5. Tratamiento de aguas de calderas
 - 5.1. Parámetros, métodos y equipos para el tratamiento del agua
 - 5.2. Eficiencia térmica del sistema de vapor y prevención de corrosión
 - 5.3. Especificación técnica y planos constructivos
- 6. Sistemas de recuperación de condensados
 - 6.1. Tipos de trampas de vapor
 - 6.2. Selección de trampas de vapor
 - 6.3. Dimensionamiento de tuberías de retorno de condensados
 - 6.4. Cálculo de pérdidas y recuperación de energía
 - 6.5. Especificación técnica y planos constructivos
- 7. Ahorro de energía en sistemas de vapor y proyectos en vapor
 - 7.1. Estrategias para la optimización de la eficiencia de sistemas de vapor
 - 7.2. Evaluación de costos y mejora de eficiencia

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 vapor.
- Analizarán y definirán los requisitos del sistema de generación y distribución de vapor.
- Evaluarán distintas configuraciones del sistema y su impacto en la eficiencia energética.
- Utilizarán herramientas en línea y software especializado para la selección de componentes del sistema de vapor y estudiar su comportamiento.
- Implementarán soluciones para mejorar la eficiencia de los sistemas de vapor y reducir costos operativos.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante diseñar sistemas de vapor garantizando un transporte eficiente de masa y energía, con un enfoque en la gestión del ciclo de vida y el cumplimiento normativo

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] Babcock & Wilcox Company, *Steam: its generation and use*, 41st ed. Babcock & Wilcox Company, 2005.
- [2] P. Chattopadhyay, *Boiler operations: questions and answers*, 2nd. 2001.
- [3] NFPA 85: *Boiler and Combustion Systems Hazards Code*, 2019.^a ed. Quincy, MA: National Fire Protection Association, 2019, NFPA 85-2019.
- [4] F. M. Golden, L. B. de la Vega y G. Terrones, *Termofluidos, turbomáquinas y máquinas térmicas*. Compañía Editorial Continental, 1989.
- [5] F. Kreith, *Principles of heat transfer*. Pennsylvania, 1962.
- [6] Gobierno de Costa Rica, *Reglamento de Calderas*, Decreto Ejecutivo N.^o 28245-S, publicado en La Gaceta N.^o 79 del 27 de abril de 1999, 1998.

8. Persona docente

El curso será impartido por:

Ing. Alberto Garro Zavaleta

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

Correo: jagarro@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 12 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-4909

Laboratorio de sistemas de vapor

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:	Laboratorio de sistemas de vapor
Código:	EE-4909
Tipo de curso:	Práctico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	1
Nº horas de clase por semana:	2
Nº horas extraclasses por semana:	1
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 9 ^{no} semestre en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Instalaciones Electromecánicas
Requisitos:	Ninguno
Correquisitos:	EE-4908 Sistemas de vapor
El curso es requisito de:	Ninguno
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
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 *Laboratorio de sistemas de vapor* aporta en el desarrollo de los siguientes rasgos del plan de estudios: aplicar principios de metrología para medir variables físicas en sistemas electromecánicos; y supervisar y gestionar el diseño, especificaciones, instalación, operación y mantenimiento de sistemas electromecánicos, con un enfoque en la gestión eficiente de la energía.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: analizar los componentes principales de los sistemas de vapor y su funcionamiento; aplicar métodos experimentales para la medición de temperatura, presión y eficiencia en sistemas de combustión y generación de vapor; evaluar el desempeño de las trampas de vapor y su impacto en la eficiencia del sistema; e implementar técnicas de inspección y diagnóstico de calderas y turbinas de vapor en condiciones operativas.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Transferencia de calor, Sistemas térmicos, y Ventilación y aire comprimido.

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

- Experimentar con sistemas de vapor aplicando los principios de la mecánica de fluidos, termodinámica y transferencia de calor, promoviendo la eficiencia energética y la sostenibilidad.

Objetivos específicos

- Analizar los componentes principales de los sistemas de vapor y su funcionamiento.
- Aplicar métodos experimentales para la medición de temperatura, presión y eficiencia en sistemas de combustión y generación de vapor.
- Evaluar el desempeño de las trampas de vapor y su impacto en la eficiencia del sistema.
- Implementar técnicas de inspección y diagnóstico de calderas y turbinas de vapor en condiciones operativas.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes laboratorios:

1. Métodos de medición de temperatura en sistemas de vapor
 - 1.1. Termómetros de vidrio y mercurio
 - 1.2. Termómetro de bulbo y capilar
 - 1.3. Termómetro de resistencia
 - 1.4. Termistores y termopares
2. Medición de eficiencia en sistemas de combustión y generación de vapor
 - 2.1. Parámetros de combustión

- 2.2. Medición del exceso de aire
- 2.3. Evaluación visual de la llama
- 2.4. Instrumentación para análisis de gases de combustión
- 3. Reconocimiento y funcionamiento de calderas
 - 3.1. Partes y funcionamiento de una caldera pirotubular
 - 3.2. Partes y funcionamiento de una caldera acuotubular
 - 3.3. Controles eléctricos y de seguridad en calderas
- 4. Quemadores y control de combustión
 - 4.1. Tipos de quemadores: vapor atomizante, aire atomizante, mecánicos
 - 4.2. Métodos de regulación de la combustión
 - 4.3. Análisis del desempeño térmico de un quemador
- 5. Trampas de vapor: identificación y evaluación de eficiencia
 - 5.1. Clasificación de trampas de vapor (termostáticas, mecánicas y termodinámicas)
 - 5.2. Métodos de detección de fallas en trampas de vapor
 - 5.3. Evaluación de eficiencia en trampas mediante medición de temperatura y flujo
- 6. Análisis de calidad del agua en calderas
 - 6.1. Medición de dureza del agua
 - 6.2. Evaluación del pH del agua en sistemas de vapor
 - 6.3. Métodos de tratamiento y acondicionamiento del agua para calderas
- 7. Inspección y pruebas de seguridad en calderas
 - 7.1. Revisión del Reglamento Nacional de Calderas
 - 7.2. Prueba en frío y prueba hidrostática
 - 7.3. Inspección operativa y análisis de eficiencia térmica
- 8. Diagnóstico de sistemas de vapor en aplicaciones industriales
 - 8.1. Diagnóstico de fallas en sistemas de vapor
 - 8.2. Análisis de pérdida de energía en líneas de distribución
 - 8.3. Técnicas para la optimización del consumo de vapor en procesos
- 9. Turbinas de vapor: reconocimiento y evaluación de eficiencia
 - 9.1. Identificación de partes de una turbina de vapor
 - 9.2. Procedimientos de encendido y apagado de turbinas
 - 9.3. Evaluación del flujo de condensado y desempeño energético

II parte: Aspectos operativos

5. Metodología

En este curso, se utilizará la investigación práctica aplicada mediante técnicas como el modelado, simulación, prototipado, experimentación controlada e ingeniería inversa.

Las personas estudiantes podrán desarrollar actividades en las que:

- Realizarán mediciones experimentales en sistemas de vapor.
- Evaluarán la eficiencia de calderas y trampas de vapor.
- Analizarán los resultados obtenidos.
- Elaborarán informes técnicos sobre el desempeño y diagnóstico de equipos en sistemas de vapor.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante experimentar con sistemas de vapor aplicando los principios de la mecánica de fluidos, termodinámica y transferencia de calor, promoviendo la eficiencia energética y la sostenibilidad

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:

- Reportes: documento técnico que presenta de forma ordenada y estructurada el desarrollo, resultados y análisis de un experimento o práctica de laboratorio.
- 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.

Reportes (12)	60 %
Pruebas cortas (4)	40 %
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 **no** tiene derecho a presentar un examen de reposición.

7. Bibliografía

- [1] S. C. de Información Jurídica, *Reglamento de Calderas*.
- [2] S. International, *Uso eficiente del vapor, curso simplificado, y curso avanzado*.
- [3] C. Brooks, *SELMEC*. México.
- [4] S. Stultz y J. Kitto, *Steam: Its Generation and Use*, 42st. 2015, pág. 1064.
- [5] L. Vivier, «Turbinas de vapor y de gas: teoría, construcción, empleo,» 1975.
- [6] P. Chattopadhyay, *Boiler Operations: Questions & Answers*, 2nd. New York, NY, USA: McGraw-Hill Professional, 2001.
- [7] F. M. Golden, L. B. de la Vega y G. Terrones, *Termofluidos, turbomáquinas y máquinas térmicas*. Compañía Editorial Continental, 1989.

- [8] F. Kreith y R. M. Manglik, *Principles of Heat Transfer*, 8th. Boston, MA, USA: Cengage Learning, 2017, ISBN: 978-1305387102.

8. Persona docente El curso será impartido por:

Ing. Alberto Garro Zavaleta

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

Correo: jagarro@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 12 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-5006

Gestión del ciclo de vida de instalaciones electromecánicas

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:	Gestión del ciclo de vida de instalaciones electromecánicas
Código:	EE-5006
Tipo de curso:	Teórico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extraclasses por semana:	5
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 10 ^{mo} semestre en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Instalaciones Electromecánicas
Requisitos:	EE-4906 Instalaciones mecánico-sanitarias
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	Ninguno
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 *Gestión del ciclo de vida de instalaciones electromecánicas* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: gestionar el ciclo de vida de sistemas electromecánicos considerando la viabilidad de su transformación digital.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: analizar el costo del ciclo de vida útil de las instalaciones electromecánicas mediante el uso de herramientas financieras y técnicas homologadas para la toma de decisiones informadas sobre adquisición, operación, mantenimiento y retiro de activos; desarrollar las interrelaciones entre las distintas fases del ciclo de vida de un sistema electromecánico y su impacto en el desempeño global de la instalación a través de la aplicación de los principios del enfoque sistémico propuesto por INCOSE; evaluar los diferentes modelos de gestión de la ingeniería electromecánica, así como los procedimientos de auditoría técnica, para la determinación de su eficacia en la optimización de la disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad de activos; e implementar metodologías estructuradas de análisis causa raíz y gestión del riesgo para la identificación de fallos recurrentes, establecimiento de acciones correctivas y prevención de incidentes que afecten la seguridad o la eficiencia operativa de los activos.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Fiabilidad y disponibilidad de sistemas electromecánicos, y Mantenimiento electromecánico.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Gestionar de manera integral el ciclo de vida de instalaciones electromecánicas mediante la aplicación de principios de análisis de costo del ciclo de vida (LCCA), mantenimiento basado en condición, diagnóstico y pronóstico de fallos, estándares internacionales como los propuestos por INCOSE, modelos de mantenimiento, auditorías técnicas, análisis causa raíz y gestión del riesgo, para la optimización de la confiabilidad, disponibilidad y eficiencia operativa de los activos enfocado al impacto al negocio.

Objetivos específicos

- Analizar el costo del ciclo de vida útil de las instalaciones electromecánicas mediante el uso de herramientas financieras y técnicas homologadas para la toma de decisiones informadas sobre adquisición, operación, mantenimiento y retiro de activos.
- Desarrollar las interrelaciones entre las distintas fases del ciclo de vida de un sistema electromecánico y su impacto en el desempeño global de la instalación a través de la aplicación de los principios del enfoque sistémico propuesto por INCOSE.
- Evaluar los diferentes modelos de gestión de la ingeniería electromecánica, así como los procedimientos de auditoría técnica, para la determinación de su eficacia en la optimización de la disponibilidad, mantenibilidad y confiabilidad de activos.
- Implementar metodologías estructuradas de análisis causa raíz y gestión del riesgo para la identificación de fallos recurrentes, establecimiento de acciones correctivas y prevención de incidentes que afecten la seguridad o la eficiencia operativa de los activos.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Introducción y fundamentos

- 1.1. Concepto de ciclo de vida de instalaciones electromecánicas
- 1.2. Etapas del ciclo de vida de un activo
- 1.3. Importancia de la gestión del ciclo de vida en ingeniería

2. Auditorías de mantenimiento

- 2.1. Tipos de auditoría de mantenimiento
- 2.2. Planificación, ejecución y seguimiento
- 2.3. Herramientas de diagnóstico y mejora continua

3. Modelos de gestión de mantenimiento

- 3.1. Estructura de un modelo de gestión de mantenimiento
- 3.2. Norma ISO 55000 sobre gestión de activos y su integración con el ciclo de vida del activo

- 3.3. Indicadores clave de desempeño (KPIs)
- 3.4. Cuadro de mando integral
4. Análisis del costo del ciclo de vida
 - 4.1. Introducción al LCCA (Life Cycle Cost Analysis)
 - 4.2. Componentes del costo del ciclo de vida
 - 4.3. Metodologías de cálculo (método del valor presente neto, tasa interna de retorno, retorno de inversión, Woodward)
 - 4.4. Norma IEC 60300-3-3: guía de aplicación del cálculo del costo del ciclo de vida útil
5. Enfoque INCOSE y pensamiento sistémico
 - 5.1. Introducción a INCOSE y su relevancia en sistemas complejos
 - 5.2. Principios del enfoque de sistemas aplicados al ciclo de vida
 - 5.3. Relación entre ingeniería de sistemas y gestión de activos
6. Transformación digital y mantenimiento
 - 6.1. Transformación digital y su impacto en el mantenimiento
 - 6.2. Internet de las Cosas (IoT) y mantenimiento inteligente
 - 6.3. Big Data y analítica aplicada a la gestión de activos
7. Toma de decisiones basada en datos
 - 7.1. Métodos de análisis de datos en mantenimiento
 - 7.2. Indicadores clave de desempeño (KPIs) en mantenimiento
 - 7.3. Uso de inteligencia artificial y machine learning en pronóstico de fallos
8. Metodologías de diagnóstico de fallos en equipos industriales
 - 8.1. Identificación de modos de falla y efectos (FMEA)
 - 8.2. Métodos cualitativos y cuantitativos para el diagnóstico
 - 8.3. Herramientas de monitoreo y detección temprana de fallos
9. Modelos de pronóstico y estimación de vida útil de equipos
 - 9.1. Algoritmos de pronóstico de fallos
 - 9.2. Enfoques estadísticos y modelos de predicción
 - 9.3. Aplicación de redes neuronales y machine learning
10. Optimización del mantenimiento a partir del análisis de datos
 - 10.1. Uso de software de simulación y modelado predictivo
 - 10.2. Optimización de planes de mantenimiento basados en datos
 - 10.3. Estudios de caso y aplicación en la industria

11. Análisis causa raíz (RCA)
 - 11.1. Fundamentos del análisis causa raíz según la norma UNE-EN 62740
 - 11.2. Herramientas empleadas para el desarrollo de un RCA
 - 11.3. Aplicación en fallos recurrentes en instalaciones electromecánicas
12. Gestión del riesgo
 - 12.1. Identificación, evaluación y mitigación del riesgo
 - 12.2. Desarrollo de matrices de riesgo
 - 12.3. Integración con la gestión del mantenimiento y del ciclo de vida

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 gestión del ciclo de vida de instalaciones electromecánicas
- Analizarán un caso real o simulado de una instalación electromecánica, aplicando técnicas de LCCA para evaluar la viabilidad de distintas alternativas de inversión, operación o mantenimiento.
- Construirán un mapa detallado de las fases del ciclo de vida de un sistema, incorporando principios de ingeniería de sistemas según INCOSE.
- Asumirán roles (auditores, responsables técnicos, etc.) y realizarán una auditoría simulada basada en un checklist técnico, análisis de KPIs y prácticas organizacionales.
- Diseñarán modelos de gestión de mantenimiento para su aplicación en la industria.
- Emplearán herramientas digitales o software de modelado para simular la implementación de mantenimiento basado en condición.
- Evaluarán el impacto al negocio de la aplicación del mantenimiento basado en condición a través del uso de herramientas de simulación y modelado predictivo.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante gestionar de manera integral el ciclo de vida de instalaciones electromecánicas mediante la aplicación de principios de análisis de costo del ciclo de vida (LCCA), mantenimiento basado en condición, diagnóstico y pronóstico de fallos, estándares internacionales como los propuestos por INCOSE, modelos de mantenimiento, auditorías técnicas, análisis causa raíz y gestión del riesgo, para la optimización de la confiabilidad, disponibilidad y eficiencia operativa de los activos enfocado al impacto al negocio

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] D. G. Woodward, *Life Cycle Costing: Theory, Information Acquisition and Application*. Elsevier, 1997, ISBN: 978-0080429989.
- [2] INCOSE, *INCOSE systems engineering handbook*. John Wiley & Sons, 2023.
- [3] R. Smith y B. Hawkins, *Lean Maintenance: Reduce Costs, Improve Quality, and Increase Market Share*. Elsevier, 2004, ISBN: 978-0750676144.
- [4] IEC 60300-3-3: *Dependability management – Part 3-3: Application guide – Life cycle costing*, Standard, 2017.
- [5] ISO 55000 Series: *Asset Management – Overview, Principles and Terminology*, Standard, 2014–2018.
- [6] UNE-EN 62740:2016 - Análisis de la causa raíz (RCA), Norma técnica, Equivalente a IEC 62740:2015, 2016.

8. Persona docente

El curso será impartido por:

Mag. Sebastián Mata Ortega

Maestría en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Administración de la Energía. Licenciado en Ingeniería en Mantenimiento Industrial. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Correo: semata@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 26 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Mag. Carlos Piedra Santamaría

Maestría en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Administración del Mantenimiento. Licenciado en Ingeniería en Mantenimiento Industrial. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Correo: cpiedra@itcr.ac.cr *Teléfono:* 22509353

Oficina: 0 *Escuela:* Ingeniería Electromecánica *Sede:* Cartago

Programa del curso EE-5007

Neumática y oleohidráulica

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:	Neumática y oleohidráulica
Código:	EE-5007
Tipo de curso:	Teórico - Práctico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	2
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclasses por semana:	3
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 10 ^{mo} semestre en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Instalaciones Electromecánicas
Requisitos:	EE-4907 Laboratorio de sistemas de fluidos
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	Ninguno
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
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 *Neumática y oleohidráulica* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: supervisar y gestionar el diseño, especificaciones, instalación, operación y mantenimiento de sistemas electromecánicos, con un enfoque en la gestión eficiente de la energía.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: comprender los principios básicos de los sistemas neumáticos y oleohidráulicos; simular circuitos neumáticos y oleohidráulicos; implementar sistemas neumáticos y oleohidráulicos en un entorno de laboratorio; resolver problemas comunes en sistemas neumáticos y oleohidráulicos; y aplicar técnicas de mantenimiento preventivo y correctivo en estos sistemas.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Laboratorio de sistemas de fluidos, Control por eventos discretos, y Ventilación y aire comprimido.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Desarrollar competencias para el diseño, implementación, mantenimiento y diagnóstico de sistemas neumáticos y oleohidráulicos, mediante el estudio de sus principios fundamentales, el uso de herramientas de simulación y la ejecución de prácticas en laboratorio, con el fin de resolver eficientemente problemas técnicos asociados a su operación en entornos industriales.

Objetivos específicos

- Comprender los principios básicos de los sistemas neumáticos y oleohidráulicos.
- Simular circuitos neumáticos y oleohidráulicos.
- Implementar sistemas neumáticos y oleohidráulicos en un entorno de laboratorio.
- Resolver problemas comunes en sistemas neumáticos y oleohidráulicos.
- Aplicar técnicas de mantenimiento preventivo y correctivo en estos sistemas.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Introducción y Fundamentos
 - 1.1. Introducción a los sistemas neumáticos y oleohidráulicos.
 - 1.2. Historia y evolución de estos sistemas.
 - 1.3. Principios físicos básicos: presión, flujo y fuerza.
 - 1.4. Comparación entre sistemas neumáticos y oleohidráulicos.
 - 1.5. Identificación de componentes y herramientas básicas.
 - 1.6. Montaje de un circuito neumático simple.
 - 1.7. Medición de presión y flujo en el circuito.
 - 1.8. Análisis de fallos comunes y soluciones básicas.

2. Válvulas y actuadores

- 2.1. Tipos de válvulas direccionales y su funcionamiento.
- 2.2. Actuadores neumáticos y oleohidráulicos: cilindros, motores, pinzas, ventozas, mezas giratorias, etc.
- 2.3. Selección de válvulas y actuadores según la aplicación.
- 2.4. Cálculo de fuerzas y velocidades en actuadores.
- 2.5. Diseño y montaje de circuitos con válvulas y actuadores.
- 2.6. Ajuste de velocidades y fuerzas en actuadores.
- 2.7. Pruebas de funcionamiento y eficiencia.

3. Electroválvulas y Detectores de Proximidad

- 3.1. Principios de funcionamiento de las electroválvulas 2 y 3 vías.
- 3.2. Tipos de detectores de proximidad: inductivos, capacitivos, fotoeléctricos, etc.
- 3.3. Integración de electroválvulas y detectores en sistemas automatizados.
- 3.4. Normativas de seguridad en sistemas con electroválvulas.
- 3.5. Implementación de sistemas con electroválvulas y detectores
- 3.6. Programación básica de controladores para electroválvulas.
- 3.7. Pruebas de detección y respuesta en sistemas automatizados.

4. Métodos de diseño circuitos neumáticos

- 4.1. Interpretación de diagramas de secuencia.
- 4.2. Métodos empíricos de diseño
- 4.3. Métodos formales de diseño
- 4.4. Herramientas de software para la simulación de secuencias.
- 4.5. Mandos neumáticos y electroneumáticos: secuenciadores, PLC.
- 4.6. Integración de mandos electroneumáticos en sistemas automatizados.
- 4.7. Normativas y estándares de seguridad en mandos neumáticos.
- 4.8. Creación de diagramas de secuencia para aplicaciones específicas.
- 4.9. Simulación de secuencias en software especializado.
- 4.10. Implementación de secuencias en sistemas reales.
- 4.11. Programación de controladores para mandos electroneumáticos.
- 4.12. Análisis y optimización de secuencias para mejorar la eficiencia.

5. Neumática proporcional y aplicaciones

- 5.1. Principios de la neumática proporcional.
- 5.2. Componentes y funcionamiento de sistemas de neumática proporcional.

- 5.3. Aplicaciones industriales de la neumática proporcional.
- 5.4. Ventajas y desventajas de la neumática proporcional.
- 5.5. Implementación de sistemas de neumática proporcional.
- 5.6. Ajuste y calibración de componentes proporcionales.
- 5.7. Pruebas de precisión y respuesta en sistemas proporcionales.
- 5.8. Diagnóstico y solución de problemas en sistemas de neumática proporcional.

6. Sistemas Oleohidráulicos

- 6.1. Principios y aplicaciones de sistemas oleohidráulicos.
- 6.2. Tipos de fluidos hidráulicos y sus propiedades.
- 6.3. Componentes de un sistema oleohidráulico: bombas, válvulas y actuadores.
- 6.4. Técnicas de diseño de sistemas oleohidráulicos.
- 6.5. Simulación de sistemas oleohidráulicos.
- 6.6. Normativas y estándares de seguridad en sistemas oleohidráulicos.
- 6.7. Montaje de circuitos oleohidráulicos.
- 6.8. Pruebas de funcionamiento y ajuste de sistemas oleohidráulicos.
- 6.9. Mantenimiento preventivo y correctivo de sistemas oleohidráulicos.
- 6.10. Diagnóstico y solución de problemas en sistemas oleohidráulicos.

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 sesiones prácticas. Esta última se implementará mediante técnicas como el modelado, simulación, prototipado y la experimentación controlada.

Las personas estudiantes podrán desarrollar actividades en las que:

- Recibirán clases magistrales con material audiovisual y discusión en grupo sobre conceptos de neumática y oleohidráulica.
- Simularán circuitos neumáticos y oleohidráulicos utilizando herramientas de software especializadas.
- Implementarán y probarán sistemas neumáticos y oleohidráulicos en un entorno de laboratorio.
- Evaluarán y resolverán problemas comunes en sistemas neumáticos y oleohidráulicos.
- Aplicarán normativas y estándares de seguridad en el diseño, implementación y mantenimiento de sistemas neumáticos y oleohidráulicos.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante desarrollar competencias para el diseño, implementación, mantenimiento y diagnóstico de sistemas neumáticos y oleohidráulicos, mediante el estudio de sus principios fundamentales, el uso de herramientas de simulación y la ejecución de prácticas en laboratorio, con el fin de resolver eficientemente problemas técnicos asociados a su operación en entornos industriales

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.
- Tareas: evaluaciones que tienen el propósito de reforzar, aplicar o evaluar el aprendizaje de un tema específico. Pueden requerir investigación, resolución de problemas, desarrollo de habilidades prácticas o aplicación de conocimientos teóricos.
- 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 %
Tareas (6)	15 %
Act. aprendizaje activo (1)	25 %
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 **no** tiene derecho a presentar un examen de reposición.

7. Bibliografía

- [1] N. Serrano, *Neumática práctica*. Madrid: Paraninfo, 2009.
- [2] E. Carnicer Royo, *Aire comprimido*. Madrid: Paraninfo, 1994.
- [3] N. Serrano, *Oleohidráulica*. Madrid: McGraw Hill/Interamericana de España S.A.U, 2002.
- [4] A. Esposito, *Fluid Power with Applications*. England: Pearson, 2014.
- [5] R. W. Henke, *Fluid Power Systems and Circuits*. Cleveland: Penton Publishing, 1983.
- [6] C. J. Renedo, I. Fernández Diego, J. Carcedo Haya y F. Ortiz Fernández, *Neumática e Hidráulica*. Santander: Universidad de Cantabria, 2015.
- [7] M. Carulla y V. Lladonosa, *Circuitos Básicos de Neumática*. Barcelona: Alfaomega-Marcombo, 1995.
- [8] F. Didactic, *Hidráulica-Manual de estudio*. Esslingen: Festo Didactic, 2000.
- [9] F. Roca, *Oleohidráulica Básica*. Barcelona: Alfaomega-Edicions UPC, 1999.
- [10] Vickers, *Manual de Oleohidráulica Industrial*, 2.^a ed. Barcelona: Ed. Blume, 1984.
- [11] A. Guillén, *Introducción a la Neumática*. Barcelona: Alfaomega-Marcombo, 1999.

8. Persona docente

El curso será impartido por:

Mag. Sebastián Mata Ortega

Maestría en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Administración de la Energía. Licenciado en Ingeniería en Mantenimiento Industrial. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Correo: semata@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 26 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-5201

Sistemas de puesta a tierra

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 puesta a tierra
Código:	EE-5201
Tipo de curso:	Teórico
Obligatorio o electivo:	Electivo
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extraclasses por semana:	5
Ubicación en el plan de estudios:	Curso electivo en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Instalaciones Electromecánicas
Requisitos:	EE-4806 Instalaciones eléctricas
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	Ninguno
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 puesta a tierra* es del tipo electivo y por esta razón no se incluye en los rasgos del plan de estudios.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: aplicar conceptos, normativas y requisitos técnicos para la puesta a tierra en sistemas eléctricos; determinar la resistividad del terreno mediante métodos normados, interpretando los resultados para su aplicación en el diseño de sistemas de puesta a tierra; diseñar electrodos de puesta a tierra conforme a normativas internacionales, considerando factores como tensiones generadas, sustitución de terreno y protección contra corrosión; y evaluar la integridad y desempeño de los sistemas de puesta a tierra mediante pruebas técnicas, procedimientos adecuados y planes de mantenimiento preventivo.

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

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Diseñar sistemas de puesta a tierra eficientes y seguros, aplicando normativas internacionales, metodologías de cálculo y criterios técnicos para garantizar su correcto funcionamiento en instalaciones eléctricas.

Objetivos específicos

- Aplicar conceptos, normativas y requisitos técnicos para la puesta a tierra en sistemas eléctricos.
- Determinar la resistividad del terreno mediante métodos normados, interpretando los resultados para su aplicación en el diseño de sistemas de puesta a tierra.
- Diseñar electrodos de puesta a tierra conforme a normativas internacionales, considerando factores como tensiones generadas, sustitución de terreno y protección contra corrosión.
- Evaluar la integridad y desempeño de los sistemas de puesta a tierra mediante pruebas técnicas, procedimientos adecuados y planes de mantenimiento preventivo.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Introducción a los sistemas de Protección y Puesta a Tierra
 - 1.1. Importancia de los sistemas de protección de puesta a tierra
 - 1.2. Aspectos de Seguridad Eléctrica
2. Conceptos básicos y base normativa
 - 2.1. NEC, IEEE 142, IEEE 1100, IEEE 80
 - 2.2. Electrodos de puesta a tierra permitidos, características mínimas exigidas
 - 2.3. Cálculo del conductor según corriente de cortocircuito

- 2.4. Corriente tolerable y valores máximos de tensión que soporta el ser humano
- 3. Resistividad
 - 3.1. Medición de resistividad, método Wenner
 - 3.2. Interpretación de resistividad aparente, uso de Carta Maestra según IEEE Std 80 y programas de cómputo
- 4. Diseño de electrodos de puesta a tierra
 - 4.1. Ecuaciones empíricas IEEE 142, IEEE 80
 - 4.2. Tensiones generadas producto de la corriente de cortocircuito conducida por tierra (GPR, Tensiones de Toque y Paso, Tensión Transferida)
 - 4.3. Diseño de Mallas de puesta a tierra, IEEE 80, Elemento Finito
 - 4.4. Sustitución de terreno
 - 4.5. Corrosión, protección catódica
- 5. Pruebas realizadas a los Electrodos de Puesta a Tierra
 - 5.1. Resistencia
 - 5.2. Integridad
 - 5.3. Tensiones de toque y paso
 - 5.4. Ubicación de Conductores
 - 5.5. Equipos, procedimientos, protocolos
- 6. Puesta a tierra de Equipos
 - 6.1. Tierra Aislada
 - 6.2. Equipo Sensible
 - 6.3. Equipo de Telecomunicaciones
- 7. Mantenimiento
 - 7.1. Valoración de sistemas construidos
 - 7.2. Plan de Mantenimiento de sistemas de puesta a tierra
 - 7.3. Errores frecuentes
 - 7.4. 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 puesta a tierra.
- Revisarán normativas NEC, IEEE 142, IEEE 1100 e IEEE 80 para el diseño de puesta a tierra.
- Medirán la resistividad del suelo con el método Wenner e interpretarán los resultados con la Carta Maestra IEEE Std 80.
- Diseñarán electrodos de puesta a tierra aplicando IEEE 142 e IEEE 80, considerando tensiones generadas y protección contra corrosión.
- Realizarán pruebas de resistencia, integridad y tensiones de toque y paso para evaluar el sistema.
- Implementarán puesta a tierra en equipos sensibles, telecomunicaciones y tierra aislada.
- Evaluarán sistemas existentes y establecerá planes de mantenimiento preventivo.
- Elaborarán un informe técnico que documente el diseño, pruebas y mantenimiento del sistema de puesta a tierra, incluyendo análisis de resultados y recomendaciones.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante diseñar sistemas de puesta a tierra eficientes y seguros, aplicando normativas internacionales, metodologías de cálculo y criterios técnicos para garantizar su correcto funcionamiento en instalaciones eléctricas

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] Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., *Guide for measuring earth resistivity, ground impedance, and earth surface potentials of a ground system*, New York, USA, 1983.
- [2] Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., *Guide for measurement of impedance and safety characteristics of large, extended or interconnected grounding systems*, New York, USA, 1991.
- [3] Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., *Recommended practice for powering and grounding electronic equipment*, New York, USA, 2006.
- [4] Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., *Recommended practice for grounding of industrial and commercial power systems*, New York, USA, 2007.
- [5] Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., *Draft guide for safety in AC substation grounding*, New York, USA, 2012.
- [6] S. Meliopoulos, *Power system grounding and transients (10a. Ed.)* New York, USA: Marcel Dekker, 1988.
- [7] National Fire Protection Association, *Código Eléctrico Nacional 2020*, Massachusetts, USA, 2023.
- [8] Telecommunications Industry Association, *Generic telecommunications bonding and grounding (earthing) for customer premises*, Virginia, USA, 2015.

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

Programa del curso EE-5203

Edificios inteligentes

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:	Edificios inteligentes
Código:	EE-5203
Tipo de curso:	Teórico
Obligatorio o electivo:	Electivo
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extraclase por semana:	5
Ubicación en el plan de estudios:	Curso electivo en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Instalaciones Electromecánicas
Requisitos:	EE-0805 Laboratorio de control
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	Ninguno
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 *Edificios inteligentes* es del tipo electivo y por esta razón no se incluye en los rasgos del plan de estudios.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: diseñar sistemas de control de acceso, seguridad electrónica, cableado estructurado y redes; integrar sistemas de climatización, iluminación, transporte, seguridad y energía que se integren con plataformas de gestión de edificios (BMS); y gestionar la infraestructura para el monitoreo y control de edificios inteligentes.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Laboratorio de control, e Instalaciones eléctricas.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Desarrollar sistemas inteligentes integrados para edificios, optimizando la eficiencia energética, la gestión, la seguridad, el confort y la funcionalidad, mediante la aplicación de tecnologías de vanguardia y el cumplimiento de normativas vigentes.

Objetivos específicos

- Diseñar sistemas de control de acceso, seguridad electrónica, cableado estructurado y redes.
- Integrar sistemas de climatización, iluminación, transporte, seguridad y energía que se integren con plataformas de gestión de edificios (BMS).
- Gestionar la infraestructura para el monitoreo y control de edificios inteligentes.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Fundamentos de los edificios inteligentes y normativa
 - 1.1. Conceptos clave y evolución de los edificios inteligentes
 - 1.2. Normativas y estándares (ISO, ANSI, ASHRAE, IEC)
 - 1.3. Sostenibilidad, eficiencia energética y certificaciones (Leadership in Energy and Environmental Design LEED, Building Research Establishment Environmental Assessment Method BREEAM)
 - 1.4. Introducción a la integración de sistemas y plataformas BMS
2. Sistemas de control de acceso y flujo de personas
 - 2.1. Tecnologías de control de acceso: biometría, tarjetas, reconocimiento facial
 - 2.2. Gestión de ascensores y escaleras mecánicas: integración y optimización
 - 2.3. Sistemas de guiado y señalización inteligente
 - 2.4. Análisis de flujos de personas y simulación de rutas de evacuación
3. Seguridad electrónica y ciberseguridad

- 3.1. Sistemas de detección de intrusiones y alarmas
- 3.2. Video vigilancia inteligente: analítica de video y reconocimiento de objetos
- 3.3. Sistemas de detección y extinción de incendios
- 3.4. Ciberseguridad en edificios inteligentes: protocolos y protección de datos
4. Infraestructura de cableado y redes de comunicación
 - 4.1. Diseño e implementación de cableado estructurado: fibra óptica y Ethernet
 - 4.2. Redes LAN y WAN: configuración y administración
 - 4.3. Protocolos de comunicación: TCP/IP, BACnet, Modbus, MQTT, Matter
 - 4.4. Redes inalámbricas: Wi-Fi, Zigbee, Bluetooth, KNX y LoRaWAN
5. Control de ambiente y eficiencia energética
 - 5.1. Sistemas HVAC inteligentes: optimización y control predictivo
 - 5.2. Iluminación inteligente: sensores de ocupación y control de luz natural
 - 5.3. Gestión de agua y energía: monitoreo y reducción del consumo
 - 5.4. Automatización de persianas y toldos: integración con sistemas de control
6. Plataformas BMS y monitoreo integrado
 - 6.1. Configuración y uso de plataformas BMS
 - 6.2. Integración de sensores y actuadores inteligentes
 - 6.3. Visualización y análisis de datos: dashboards y reportes
 - 6.4. Mantenimiento predictivo: detección de fallas y optimización del rendimiento
7. Integración de sistemas y tecnologías emergentes
 - 7.1. Integración de sistemas de terceros: IoT, cloud computing y APIs
 - 7.2. Inteligencia artificial y aprendizaje automático: aplicaciones en edificios inteligentes
 - 7.3. Edificios como plataformas de servicios: aplicaciones y modelos de negocio
 - 7.4. Tendencias futuras: gemelos digitales en edificios y realidad aumentada

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 edificios inteligentes.
- Usará herramientas de software para la correcta gestión y desarrollo de un proyecto final que integre todos los conocimientos adquiridos durante el curso.
- Realizará presentaciones y defensa del proyecto ante el grupo, con retroalimentación de los compañeros y el instructor.
- Aplicará una evaluación continua a través de pruebas, tareas y exámenes parciales.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante desarrollar sistemas inteligentes integrados para edificios, optimizando la eficiencia energética, la gestión, la seguridad, el confort y la funcionalidad, mediante la aplicación de tecnologías de vanguardia y el cumplimiento de normativas vigentes

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] ASHRAE, *ASHRAE handbook–HVAC applications*. ASHRAE, 2019.
- [2] J. M. Sinopoli, *Smart buildings systems for architects, owners and builders*. Butterworth-Heinemann, 2009.
- [3] N. Y. Jadhav, *Green and smart buildings: advanced technology options*. Springer, 2016.

8. Persona docente

El curso será impartido por:

Mag. Sebastián Mata Ortega

Maestría en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Administración de la Energía.
Licenciado en Ingeniería en Mantenimiento Industrial. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Correo: semata@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 26 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-6801

Sistemas de la aeronave

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica con énfasis en Aeronáutica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Sistemas de la aeronave
Código:	EE-6801
Tipo de curso:	Teórico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extraclasses por semana:	5
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 8 ^{vo} semestre en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Aeronáutica
Requisitos:	Ninguno
Correquisitos:	EE-0802 Máquinas eléctricas II
El curso es requisito de:	<i>Énfasis en Aeronáutica: EE-6901 Aviónica</i>
Asistencia:	Libre
Suficiencia:	Sí
Possibilidad 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 la aeronave* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: gestionar el ciclo de vida de las aeronaves, optimizando su mantenimiento y eficiencia operativa.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: identificar los principales sistemas que integran una aeronave describiendo sus funciones dentro del conjunto del vehículo aéreo; analizar el principio de funcionamiento y los componentes fundamentales de los sistemas eléctricos, neumáticos e hidráulicos de una aeronave; evaluar el desempeño y operación de los sistemas de aire acondicionado, combustión y presurización en distintas fases de vuelo; y comprender los mecanismos de los sistemas de seguridad y protección de la aeronave, y su papel en la prevención de fallas y emergencias.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Elementos de máquinas, Sistemas térmicos, y Máquinas eléctricas I.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: Aviónica, Gestión del ciclo de vida de la aeronave, e Infraestructura y servicios aeroportuarios.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Evaluar la estructura y funcionamiento de los sistemas que conforman una aeronave, mediante el estudio de sus componentes, principios de operación y su integración en el conjunto aeronáutico.

Objetivos específicos

- Identificar los principales sistemas que integran una aeronave describiendo sus funciones dentro del conjunto del vehículo aéreo.
- Analizar el principio de funcionamiento y los componentes fundamentales de los sistemas eléctricos, neumáticos e hidráulicos de una aeronave.
- Evaluar el desempeño y operación de los sistemas de aire acondicionado, combustión y presurización en distintas fases de vuelo.
- Comprender los mecanismos de los sistemas de seguridad y protección de la aeronave, y su papel en la prevención de fallas y emergencias.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Introducción a los sistemas de la aeronave
 - 1.1. Definición y clasificación de los sistemas aeronáuticos
 - 1.2. Principales sistemas a bordo
 - 1.3. Interdependencia entre sistemas
2. Sistemas eléctricos y electrónicos en aeronaves
 - 2.1. Componentes principales y funcionamiento

- 2.2. Fuentes de energía: generadores, baterías, alternadores
- 2.3. Distribución y protección eléctrica
- 2.4. Sistemas de control eléctrico
- 3. Sistemas neumáticos de la aeronave
 - 3.1. Principios del aire comprimido en aeronaves
 - 3.2. Componentes: compresores, válvulas, ductos
 - 3.3. Aplicaciones: frenos, instrumentos, sistemas de control
- 4. Sistema hidráulico de la aeronave
 - 4.1. Principios de hidráulica aplicados en la aeronave
 - 4.2. Bombas, actuadores, acumuladores
 - 4.3. Tipos de fluidos hidráulicos
 - 4.4. Aplicaciones: tren de aterrizaje, frenos, control de superficies
 - 4.5. Mantenimiento y detección de fallas
 - 4.6. Seguridad y redundancia
- 5. Sistema de combustión y combustible para aeronaves
 - 5.1. Tipos de combustible aeronáutico
 - 5.2. Sistema de almacenamiento y suministro de combustible
 - 5.3. Bombas, válvulas, sensores
 - 5.4. Combustión en motores de aviación
 - 5.5. Inyección, encendido, mezcla aire-combustible
 - 5.6. Control y monitoreo del sistema
- 6. Sistema de aire acondicionado y presurización para aeronaves
 - 6.1. Control ambiental en cabina
 - 6.2. Ciclo de aire acondicionado
 - 6.3. Intercambiadores de calor, ventiladores, compresores
 - 6.4. Sistema de presurización
 - 6.5. Control de temperatura y presión
 - 6.6. Riesgos por pérdida de presurización
- 7. Sistemas de protección y seguridad en aeronaves
 - 7.1. Alarmas, sistemas de detección de fuego y humo
 - 7.2. Extinción de incendios
 - 7.3. Detección de hielo y sistemas antihielo
 - 7.4. Evacuación y oxígeno de emergencia

- 7.5. Sistemas de monitoreo y control de fallas
- 7.6. Caja negra y registro de datos
8. Integración de sistemas en la aeronave
 - 8.1. Ejemplos de integración: fly-by-wire, buses de datos
 - 8.2. Consideraciones de diseño y mantenimiento integrado
 - 8.3. Diagnóstico de fallas multicomponente
 - 8.4. Casos reales de fallos en sistemas
 - 8.5. Análisis de causas raíz
 - 8.6. Evaluación de impacto operacional

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 la aeronave.
- Analizarán los requisitos del sistema de una aeronave en función de su ciclo de vida.
- Evaluarán distintas configuraciones de sistemas para optimizar el rendimiento y seguridad.
- Aplicarán metodologías de gestión de mantenimiento para aeronaves.
- Desarrollarán estrategias para la optimización de costos operativos y mantenimiento.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante evaluar la estructura y funcionamiento de los sistemas que conforman una aeronave, mediante el estudio de sus componentes, principios de operación y su integración en el conjunto aeronáutico.

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] I. Moir y A. Seabridge, *Aircraft Systems: Mechanical, Electrical, and Avionics Subsystems Integration*, 4th. Wiley, 2023.
- [2] M. Tooley y D. Wyatt, *Aircraft Electrical and Electronic Systems*, 2nd. Routledge, 2022.
- [3] S. Farokhi, *Aircraft Propulsion*, 3rd. Wiley, 2021.
- [4] R. Langton, C. Clark, M. Hewitt y L. Richards, *Aircraft Hydraulic Systems*. Wiley, 2020.
- [5] M. A. Davis y J. Scull, *Aircraft Environmental Control Systems: Cabin Pressure and Temperature Control*. SAE International, 2019.

8. Persona docente

El curso será impartido por:

M.Sc. Víctor Julio Hernández

Máster en ciencias con especialización explotación técnica de aviones y motores. Instituto de Kiev de los Ingenieros de Aviación Civil. Ucrania.

Ingeniero aeronáutico. Instituto de Kiev de los Ingenieros de Aviación Civil. Ucrania.

Correo: v hernandezg@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 11 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-6807

Materiales en aeronáutica

Escuela de Ingeniería Electromecánica

Carrera de Ingeniería Electromecánica con énfasis en Aeronáutica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Materiales en aeronáutica
Código:	EE-6807
Tipo de curso:	Teórico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	2
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclasses por semana:	3
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 8 ^{vo} semestre en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Aeronáutica
Requisitos:	Ninguno
Correquisitos:	EE-0806 Máquinas y mecanismos
El curso es requisito de:	<i>Énfasis en Aeronáutica:</i> EE-6906 Análisis mecánico de estructuras de la aeronave; EE-7203 Manufactura en la cadena de valor aeroespacial
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 *Materiales en aeronáutica* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: aplicar los principios de la mecánica, integrando modelado y simulación para evaluar el comportamiento de materiales, estructuras y mecanismos en la aeronave.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: analizar las propiedades mecánicas, térmicas y químicas de los materiales aeronáuticos, interpretando su desempeño frente a cargas y condiciones reales de operación; simular el comportamiento estructural de materiales aplicados a componentes aeronáuticos, considerando esfuerzos, deformaciones, fatiga y ambientes exigentes; seleccionar materiales adecuados para distintos sistemas de aeronaves, justificando la decisión mediante criterios técnicos, normativos y de desempeño; y diagnosticar posibles fallas o limitaciones en materiales utilizados en aeronáutica, proponiendo soluciones fundamentadas en análisis mecánico y modelado predictivo.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Ciencia de los materiales, y Máquinas y mecanismos.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: Análisis mecánico de estructuras de la aeronave, y Manufactura en la cadena de valor aeroespacial.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Analizar el comportamiento de materiales metálicos, compuestos y no metálicos utilizados en aeronaves, aplicando principios de la mecánica e integrando herramientas de modelado y simulación, con el fin de sustentar decisiones técnicas sobre su selección, uso y evaluación estructural.

Objetivos específicos

- Analizar las propiedades mecánicas, térmicas y químicas de los materiales aeronáuticos, interpretando su desempeño frente a cargas y condiciones reales de operación.
- Simular el comportamiento estructural de materiales aplicados a componentes aeronáuticos, considerando esfuerzos, deformaciones, fatiga y ambientes exigentes.
- Seleccionar materiales adecuados para distintos sistemas de aeronaves, justificando la decisión mediante criterios técnicos, normativos y de desempeño.
- Diagnosticar posibles fallas o limitaciones en materiales utilizados en aeronáutica, proponiendo soluciones fundamentadas en análisis mecánico y modelado predictivo.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Introducción a los materiales aeronáuticos
 - 1.1. Clasificación y propiedades mecánicas, térmicas y químicas

- 1.2. Comportamiento frente a esfuerzos: tracción, compresión, flexión y torsión
- 1.3. Factores de selección de materiales en aeronaves
- 1.4. Normas y certificaciones aplicables en la industria aeronáutica
2. Materiales metálicos ferrosos y no ferrosos
 - 2.1. Aceros: tipos, nomenclatura y tratamientos térmicos
 - 2.2. Ensayos mecánicos: tracción, fatiga, dureza (Brinell, Vickers, Rockwell, Shore)
 - 2.3. Aleaciones de aluminio, magnesio, titanio, cobre, níquel y superaleaciones
 - 2.4. Ensayos de materiales no ferrosos y comparación de desempeño
3. Materiales compuestos y no metálicos
 - 3.1. Clasificación: plásticos, cerámicos, compuestos, sellantes y adhesivos
 - 3.2. Propiedades mecánicas y térmicas de compuestos utilizados en aeronáutica
 - 3.3. Técnicas de inspección: detección y tipos de defectos
 - 3.4. Modelado de fallas en materiales compuestos
 - 3.5. Estrategias de reparación y solución de problemas
4. Corrosión en materiales aeronáuticos
 - 4.1. Fundamentos electroquímicos y ambientales
 - 4.2. Tipos de corrosión: galvánica, microbiológica, por presión, entre otras
 - 4.3. Análisis de causas y prevención en estructuras aeronáuticas
 - 4.4. Modelado del deterioro por corrosión en materiales críticos
5. Dispositivos de fijación en estructuras aeronáuticas
 - 5.1. Elementos roscados: tornillos, tuercas, espárragos y pasadores
 - 5.2. Nomenclatura, tolerancias y normalización internacional
 - 5.3. Roblones y dispositivos de bloqueo: tipos y aplicación
 - 5.4. Ensayos de esfuerzo y simulación de uniones mecánicas
6. Transmisiones mecánicas en aeronaves
 - 6.1. Tipos de engranajes y relaciones de transmisión
 - 6.2. Transmisión por correas, poleas, cadenas y ruedas dentadas
 - 6.3. Análisis de carga en sistemas de transmisión
 - 6.4. Simulación del funcionamiento en sistemas de ala rotativa y fija
7. Sistemas de mando mecánico
 - 7.1. Cables de mando, poleas, tensores y conexiones mecánicas
 - 7.2. Sistemas flexibles: cable tipo Bowden
 - 7.3. Análisis de esfuerzo y deformación en componentes de mando

8. Materiales en sistemas eléctricos de aeronaves
 - 8.1. Cables, conectores y terminales: tipos y aplicaciones
 - 8.2. Comportamiento térmico y mecánico de cables especializados
 - 8.3. Modelado de fallas eléctricas por degradación de materiales
9. Otros elementos mecánicos en aeronáutica
 - 9.1. Resortes: tipos, materiales, vida útil y aplicaciones
 - 9.2. Cojinetes y rodamientos: clasificación, selección y análisis de desgaste

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 materiales en aeronáutica.
- Resolverán ejercicios aplicados sobre el comportamiento de materiales en componentes aeronáuticos, utilizando principios de la mecánica y datos técnicos para analizar propiedades como resistencia, fatiga o deformación.
- Desarrollarán proyectos en los que modelarán situaciones estructurales o funcionales relacionadas con materiales aeronáuticos, integrando herramientas de simulación para predecir su respuesta ante condiciones de carga y ambiente.
- Analizarán estudios de caso sobre fallas o decisiones de selección de materiales en aeronaves reales, aplicando criterios normativos y fundamentos técnicos para sustentar propuestas de mejora o diagnóstico.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante analizar el comportamiento de materiales metálicos, compuestos y no metálicos utilizados en aeronaves, aplicando principios de la mecánica e integrando herramientas de modelado y simulación, con el fin de sustentar decisiones técnicas sobre su selección, uso y evaluación estructural

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] Y. Liu, *Aerospace Structures and Materials*. Sharjah, UAE: Bentham Science Publishers, 2016, ISBN: 9781681083056.
- [2] C. Lu, *Materials and Process Modeling of Aerospace Composites*. Warrendale, PA: SAE International, 2019, ISBN: 9780768001907.
- [3] Á. D. Aceituno y C. F. N. Fernández, *Materiales de Aviación y Hardware*, 1.^a ed. España: SENASA, 2011.

8. Persona docente

El curso será impartido por:

M.Sc. Víctor Julio Hernández

Máster en ciencias con especialización explotación técnica de aviones y motores. Instituto de Kiev de los Ingenieros de Aviación Civil. Ucrania.

Ingeniero aeronáutico. Instituto de Kiev de los Ingenieros de Aviación Civil. Ucrania.

Correo: vherandezg@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 11 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-6808

Metrología aeronáutica

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica con énfasis en Aeronáutica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Metrología aeronáutica
Código:	EE-6808
Tipo de curso:	Teórico - Práctico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	1
Nº horas de clase por semana:	2
Nº horas extraclasses por semana:	1
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 8 ^{vo} semestre en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Aeronáutica
Requisitos:	EE-0706 Elementos de máquinas
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	<i>Énfasis en Aeronáutica: EE-6908 Seguridad aeronáutica y aeronavegabilidad</i>
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
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 *Metrología aeronáutica* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: asegurar la seguridad aeronáutica y la aeronavegabilidad, aplicando normativa internacional.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: reconocer los principios de trazabilidad, incertidumbre y normativas metrológicas aplicables al entorno aeronáutico; utilizar instrumentos de medición para verificar variables físicas en componentes y sistemas de aeronaves; calibrar instrumentos empleados en la medición de variables eléctricas, térmicas, geométricas, dinámicas y de fluidos; y documentar procesos de medición y calibración siguiendo criterios de trazabilidad, exactitud y conformidad normativa.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en el curso de: Estadística aplicada.

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

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Aplicar procedimientos de medición de variables físicas y de calibración de instrumentos utilizados en sistemas aeronáuticos, conforme a normas metrológicas y regulaciones técnicas del sector aeronáutico.

Objetivos específicos

- Reconocer los principios de trazabilidad, incertidumbre y normativas metrológicas aplicables al entorno aeronáutico.
- Utilizar instrumentos de medición para verificar variables físicas en componentes y sistemas de aeronaves.
- Calibrar instrumentos empleados en la medición de variables eléctricas, térmicas, geométricas, dinámicas y de fluidos.
- Documentar procesos de medición y calibración siguiendo criterios de trazabilidad, exactitud y conformidad normativa.

4. Contenidos

En el curso se desarrollan los siguientes temas:

1. Fundamentos de la metrología aeronáutica

- 1.1. Trazabilidad, exactitud, precisión, repetibilidad e incertidumbre de medición
- 1.2. Sistemas internacionales de referencia y patrones (NIST, BIPM, OACI)
- 1.3. Normativas aplicables (RTCA DO-160, ISO 10012, ISO 17025, AS9100)

2. Medición geométrica aplicada a aeronaves

- 2.1. Herramientas de medición dimensional: calibradores, micrómetros, comparadores, relojes, rugosímetros
- 2.2. Verificación de parámetros geométricos: planeidad, perpendicularidad, paralelismo, concentricidad, entre otros

- 2.3. Técnicas avanzadas: máquinas de coordenadas (CMM), escaneo 3D, fotogrametría
3. Medición de variables eléctricas en aeronáutica
 - 3.1. Instrumentos de medición eléctrica: voltímetro, amperímetro, ohmímetro, megómetro
 - 3.2. Verificación de sensores y transductores: presión, nivel, posición, temperatura
 - 3.3. Calibración de equipos eléctricos embarcados
4. Termometría y pirometría aeronáutica
 - 4.1. Medición de temperatura con RTD, termopares y sensores NTC
 - 4.2. Uso de pirómetros ópticos e infrarrojos
 - 4.3. Aplicación en motores, sistemas de escape y climatización
5. Metrología de fluidos en sistemas aeronáuticos
 - 5.1. Medición de presión, caudal, viscosidad y densidad
 - 5.2. Instrumentos para sistemas hidráulicos, neumáticos y de combustible
 - 5.3. Verificación y ajuste de sensores de presión y caudal
6. Metrología de vibraciones y dinámica
 - 6.1. Medición de vibraciones con acelerómetros y sensores dinámicos
 - 6.2. Análisis modal y diagnóstico de desequilibrios
 - 6.3. Aplicación en motores, hélices y estructuras
7. Medición óptica y de alineación
 - 7.1. Uso de colimadores, teodolitos, sistemas láser y de interferometría
 - 7.2. Alineación de componentes y verificación óptica de geometría
 - 7.3. Aplicaciones en navegación visual y sistemas estructurales
8. Medición de condiciones ambientales
 - 8.1. Sensores de presión barométrica, temperatura, humedad y altitud
 - 8.2. Influencia ambiental en instrumentos de cabina y navegación
 - 8.3. Evaluación y calibración de sensores ambientales
9. Medición de tiempo y frecuencia
 - 9.1. Osciladores, relojes de precisión y generadores de pulso
 - 9.2. Sincronización de sistemas electrónicos y de navegación
 - 9.3. Verificación y ajuste de instrumentos dependientes del tiempo
10. Gestión metrológica y documentación técnica
 - 10.1. Elaboración de rutinas de calibración con trazabilidad

10.2. Lectura e interpretación de certificados de calibración

10.3. Integración de la metrología con procesos de mantenimiento aeronáutico

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 sesiones prácticas. Esta última se implementará mediante técnicas como el modelado, simulación, prototipado y la experimentación controlada.

Las personas estudiantes podrán desarrollar actividades en las que:

- Aplicarán procedimientos de medición y calibración según estándares internacionales y requerimientos aeronáuticos.
- Utilizarán instrumentos manuales y digitales para verificar variables físicas en componentes estructurales y sistemas a bordo.
- Interpretarán resultados de medición, certificados de calibración y documentación técnica relevante.
- Elaborarán rutinas de calibración y registros técnicos con trazabilidad y criterios de aceptación definidos.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante aplicar procedimientos de medición de variables físicas y de calibración de instrumentos utilizados en sistemas aeronáuticos, conforme a normas metrológicas y regulaciones técnicas del sector aeronáutico

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.
- Tareas: evaluaciones que tienen el propósito de reforzar, aplicar o evaluar el aprendizaje de un tema específico. Pueden requerir investigación, resolución de problemas, desarrollo de habilidades prácticas o aplicación de conocimientos teóricos.
- 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 %
Tareas (6)	15 %
Act. aprendizaje activo (1)	25 %
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 **no** tiene derecho a presentar un examen de reposición.

7. Bibliografía

- [1] A. S. Morris y R. Langari, *Measurement and Instrumentation: Theory and Application*, 3rd. Academic Press, 2020, ISBN: 9780128189461.
- [2] E. O. Doebelin y D. N. Manik, *Measurement Systems: Application and Design*, 6th. McGraw-Hill Education, 2017, ISBN: 9780071331769.
- [3] *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*, JCGM 100:2008, Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM), 2008.
- [4] W. Karwowski, *Metrology: The Science of Measurement*. Taylor & Francis, 2006, ISBN: 9780849375477.
- [5] I. RTCA, *DO-160G: Environmental Conditions and Test Procedures for Airborne Equipment*, Radio Technical Commission for Aeronautics, Washington, D.C., 2010.
- [6] International Organization for Standardization, *ISO 10012:2003 – Measurement Management Systems - Requirements for Measurement Processes and Measuring Equipment*, 2003. dirección: <https://www.iso.org/standard/37261.html>.
- [7] C. N. de Metrología (CENAM), *Manual de Metroología Dimensional*. 2018. dirección: <https://www.cenam.mx/publicaciones/ManualMetrologiaDimensional.pdf>.
- [8] C. W. de Silva, *Vibration Monitoring, Testing, and Instrumentation*. CRC Press, 2007, ISBN: 9781420053229.

8. Persona docente El curso será impartido por:

M.Sc. Víctor Julio Hernández

Máster en ciencias con especialización explotación técnica de aviones y motores. Instituto de Kiev de los Ingenieros de Aviación Civil. Ucrania.

Ingeniero aeronáutico. Instituto de Kiev de los Ingenieros de Aviación Civil. Ucrania.

Correo: vherandezg@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 11 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-6903

Dinámica de vuelo

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica con énfasis en Aeronáutica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Dinámica de vuelo
Código:	EE-6903
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 Aeronáutica
Requisitos:	Ninguno
Correquisitos:	EE-6902 Aerodinámica
El curso es requisito de:	<i>Énfasis en Aeronáutica:</i> EE-7003 Control automático de vuelo; EE-6906 Análisis mecánico de estructuras de la aeronave
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 *Dinámica de vuelo* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: desarrollar sistemas de control automático de vuelo, aplicando conocimientos en aviónica y dinámica de vuelo.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: comprender los sistemas de referencia y los ángulos de Euler para describir con precisión la actitud de la aeronave y su comportamiento en el espacio tridimensional; analizar las condiciones de equilibrio y estabilidad estática (longitudinal, lateral y direccional) mediante el estudio del trimado y las fuerzas aerodinámicas actuantes en la aeronave; resolver problemas que involucren ecuaciones de movimiento de aeronaves rígidas, tanto en su forma completa como en versiones linealizadas y de orden reducido, aplicando métodos como funciones de transferencia y representación en espacio de estados; y evaluar la dinámica longitudinal, lateral y direccional de la aeronave, identificando modos de respuesta, cualidades de vuelo y características de maniobrabilidad bajo diversas condiciones de operación.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Dinámica, y Modelado y simulación de sistemas.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en el curso de: Control automático de vuelo.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Analizar los principios fundamentales de la dinámica de vuelo y su aplicación en el diseño y control de aeronaves.

Objetivos específicos

- Comprender los sistemas de referencia y los ángulos de Euler para describir con precisión la actitud de la aeronave y su comportamiento en el espacio tridimensional.
- Analizar las condiciones de equilibrio y estabilidad estática (longitudinal, lateral y direccional) mediante el estudio del trimado y las fuerzas aerodinámicas actuantes en la aeronave.
- Resolver problemas que involucren ecuaciones de movimiento de aeronaves rígidas, tanto en su forma completa como en versiones linealizadas y de orden reducido, aplicando métodos como funciones de transferencia y representación en espacio de estados.
- Evaluar la dinámica longitudinal, lateral y direccional de la aeronave, identificando modos de respuesta, cualidades de vuelo y características de maniobrabilidad bajo diversas condiciones de operación.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Introducción a dinámica de vuelo
 - 1.1. Consideraciones generales

- 1.2. Cualidades de vuelo maniobrabilidad
- 1.3. Ecuaciones de movimiento del avión
- 1.4. Aerodinámica
- 1.5. Simulación
2. Sistemas de referencia y notación
 - 2.1. Ejes de referencia terrestres
 - 2.2. Fuselaje del avión y ejes de referencia fijos
 - 2.3. Ángulos de Euler y actitud de la aeronave
 - 2.4. Transformaciones de los ejes
 - 2.5. Geometría de referencia del avión
3. Equilibrio estático y ajuste
 - 3.1. Equilibrio de ajuste
 - 3.2. Estabilidad estática longitudinal, lateral y direccional
 - 3.3. Cálculo de condición de ajuste de la aeronave
4. Ecuaciones de movimiento
 - 4.1. Ecuaciones de movimiento de aeronaves rígidas simétricas
 - 4.2. Ecuaciones linealizadas de movimiento
 - 4.3. Formas alternativas de ecuaciones de movimiento
5. Métodos de solución para las ecuaciones de movimiento
 - 5.1. Métodos de solución
 - 5.2. Regla de Cramer
 - 5.3. Funciones de transferencia de la respuesta de la aeronave
 - 5.4. Respuesta a controles
 - 5.5. Funciones de transferencia a respuestas de aceleración
 - 5.6. Método de estado espacio
6. Dinámica longitudinal, lateral y direccional
 - 6.1. Respuesta a controles
 - 6.2. Modos de estabilidad dinámica
 - 6.3. Modelos de orden reducida
 - 6.4. Respuesta de frecuencia
 - 6.5. Cualidades de vuelo maniobrabilidad
 - 6.6. Modo de excitación
7. Maniobrabilidad

- 7.1. Principios de maniobrabilidad
- 7.2. Dinámica de la aeronave y maniobrabilidad
8. Estabilidad
 - 8.1. Principios de Estabilidad
 - 8.2. Interpretación gráfica de estabilidad
9. Modelado de aerodinámica

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 dinámica de vuelo.
- Analizarán sistemas de referencia y ángulos de Euler mediante ejercicios gráficos y simulaciones, para comprender la actitud de la aeronave en el espacio tridimensional.
- Estudiarán las condiciones de equilibrio y estabilidad estática a partir del análisis del trimado y las fuerzas aerodinámicas, aplicando estos conceptos en casos prácticos.
- Resolverán problemas utilizando ecuaciones de movimiento en modelos completos y simplificados de aeronaves, mediante funciones de transferencia y representación en espacio de estados.
- Simularán la dinámica longitudinal, lateral y direccional en distintos escenarios operativos, evaluando la respuesta de la aeronave y sus cualidades de maniobrabilidad.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante analizar los principios fundamentales de la dinámica de vuelo y su aplicación en el diseño y control de aeronaves

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] M. Cook, *Flight Dynamics Principles*, 2nd. USA: Butterworth-Heinemann, 2007.

8. Persona do- cente

El curso será impartido por:

Juan José Montero Jimenez, Ph.D.

Doctorado en Ingeniería Industrial e Informática. Universidad de Toulouse. Francia.

Máster en ciencias en Ingeniería Aeroespacial. ISAE-SUPAERO. Francia.

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

Correo: juan.montero@itcr.ac.cr Teléfono: 25509338

Oficina: 5 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-7001

Gestión del ciclo de vida de la aeronave

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica con énfasis en Aeronáutica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Gestión del ciclo de vida de la aeronave
Código:	EE-7001
Tipo de curso:	Teórico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	2
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclasses por semana:	3
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 10 ^{mo} semestre en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Aeronáutica
Requisitos:	EE-6901 Aviónica; EE-6908 Seguridad aeronáutica y aeronavegabilidad
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	<i>Énfasis en Aeronáutica:</i> EE-7201 Infraestructura y servicios aeroportuarios
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 *Gestión del ciclo de vida de la aeronave* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: gestionar el ciclo de vida de las aeronaves, optimizando su mantenimiento y eficiencia operativa.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: analizar las etapas del ciclo de vida de una aeronave, identificando su impacto en la operación y mantenimiento; evaluar metodologías de mantenimiento aeronáutico y estrategias para la optimización su eficiencia; aplicar regulaciones y normativas aeronáuticas en la gestión de mantenimiento y operación de aeronaves; e integrar herramientas de gestión para la toma de decisiones en el mantenimiento de aeronaves.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Metrología aeronáutica, Aviónica, y Seguridad aeronáutica y aeronavegabilidad.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Gestionar el ciclo de vida de las aeronaves, optimizando su mantenimiento y eficiencia operativa, a través del análisis de estrategias de gestión, regulaciones aeronáuticas y metodologías de mantenimiento.

Objetivos específicos

- Analizar las etapas del ciclo de vida de una aeronave, identificando su impacto en la operación y mantenimiento.
- Evaluar metodologías de mantenimiento aeronáutico y estrategias para la optimización su eficiencia.
- Aplicar regulaciones y normativas aeronáuticas en la gestión de mantenimiento y operación de aeronaves.
- Integrar herramientas de gestión para la toma de decisiones en el mantenimiento de aeronaves.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Introducción a la gestión del ciclo de vida de la aeronave
 - 1.1. Concepto de ciclo de vida de la aeronave
 - 1.2. Etapas del ciclo de vida de la aeronave
 - 1.3. Importancia en la seguridad y operatividad
2. Estrategias de mantenimiento aeronáutico
 - 2.1. Tipos de mantenimiento: preventivo, correctivo y predictivo
 - 2.2. Programación de revisiones y recursos
 - 2.3. Estrategias de planificación eficiente
 - 2.4. Optimización de procesos de mantenimiento

3. Normativas y regulaciones en la gestión de aeronaves
 - 3.1. Legislación nacional e internacional
 - 3.2. Certificación y estándares de mantenimiento
4. Análisis del costo del ciclo de vida
 - 4.1. Introducción al LCCA (Life Cycle Cost Analysis)
 - 4.2. Componentes del costo del ciclo de vida
 - 4.3. Metodologías de cálculo (método del valor presente neto, tasa interna de retorno, retorno de inversión, Woodward)
 - 4.4. Norma IEC 60300-3-3: guía de aplicación del cálculo del costo del ciclo de vida útil
5. Enfoque INCOSE y pensamiento sistémico
 - 5.1. Introducción a INCOSE y su relevancia en sistemas complejos
 - 5.2. Principios del enfoque de sistemas aplicados al ciclo de vida
 - 5.3. Relación entre ingeniería de sistemas y gestión del ciclo de vida
6. Aplicación de tecnologías en la optimización del mantenimiento
 - 6.1. Digitalización y mantenimiento basado en datos
 - 6.2. Uso de software especializado en mantenimiento aeronáutico
7. Herramientas computacionales en la gestión de aeronaves
 - 7.1. Software de simulación y análisis
 - 7.2. Aplicaciones en la planificación y control de mantenimiento
8. Estudio de casos en mantenimiento y operación de aeronaves
 - 8.1. Casos reales de optimización de mantenimiento
 - 8.2. Aplicación de estrategias exitosas

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 gestión del ciclo de vida de aeronaves
- Analizarán los requisitos del sistema de mantenimiento aeronáutico.
- Evaluarán distintas configuraciones y estrategias de mantenimiento.
- Aplicarán normativas aeronáuticas en la planificación de mantenimiento.
- Optimizarán la eficiencia operativa de aeronaves mediante herramientas de gestión.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante gestionar el ciclo de vida de las aeronaves, optimizando su mantenimiento y eficiencia operativa, a través del análisis de estrategias de gestión, regulaciones aeronáuticas y metodologías de mantenimiento

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] H. A. Kinnison y T. Siddiqui, *Aviation Maintenance Management*, 2nd. McGraw-Hill Education, 2012.
- [2] I. Moir y A. Seabridge, *Aircraft Systems: Mechanical, Electrical and Avionics Subsystems Integration*. John Wiley & Sons, 2012.
- [3] F. A. A. (FAA), *Aviation Maintenance Technician Handbook – General*. Skyhorse, 2018.
- [4] D. G. Woodward, *Life Cycle Costing: Theory, Information Acquisition and Application*. Elsevier, 1997, ISBN: 978-0080429989.
- [5] INCOSE, *INCOSE systems engineering handbook*. John Wiley & Sons, 2023.

8. Persona docente

El curso será impartido por:

Mag. Sebastián Mata Ortega

Maestría en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Administración de la Energía. Licenciado en Ingeniería en Mantenimiento Industrial. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Correo: semata@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 26 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Mag. Carlos Piedra Santamaría

Maestría en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Administración del Mantenimiento. Licenciado en Ingeniería en Mantenimiento Industrial. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Correo: cpiedra@itcr.ac.cr Teléfono: 22509353

Oficina: 0 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-7002

Sistemas de propulsión

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica con énfasis en Aeronáutica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Sistemas de propulsión
Código:	EE-7002
Tipo de curso:	Teórico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extraclasses por semana:	5
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 10 ^{mo} semestre en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Aeronáutica
Requisitos:	EE-6902 Aerodinámica
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	Ninguno
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 propulsión* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: comprender los principios fundamentales de aerodinámica y sistemas de propulsión.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: comprender la química de la combustión y la mecánica de los fluidos implicados en el funcionamiento de una turbina de reacción para sistemas de propulsión aeronáutica; explicar los principios aerodinámicos y termodinámicos que rigen la propulsión de aeronaves; describir los principios de funcionamiento, componentes y tipos de sistemas de propulsión aeronáutica, con énfasis en turbinas de reacción; y analizar las especificaciones técnicas, subsistemas y su integración con otros sistemas de la aeronave.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Mecánica de fluidos, Sistemas térmicos, y Análisis mecánico de estructuras de la aeronave.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Comprender los principios fundamentales de sistemas de propulsión de aeronaves.

Objetivos específicos

- Comprender la química de la combustión y la mecánica de los fluidos implicados en el funcionamiento de una turbina de reacción para sistemas de propulsión aeronáutica.
- Explicar los principios aerodinámicos y termodinámicos que rigen la propulsión de aeronaves.
- Describir los principios de funcionamiento, componentes y tipos de sistemas de propulsión aeronáutica, con énfasis en turbinas de reacción.
- Analizar las especificaciones técnicas, subsistemas y su integración con otros sistemas de la aeronave.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Introducción de los sistemas de propulsión
 - 1.1. El principio de la propulsión a chorro
 - 1.2. Impulso de fluidos y fuerza de reacción
 - 1.3. Cohetes
 - 1.4. Hélices
 - 1.5. Motores turbojet, turbofan y ramjet
2. Mecánica y termodinámica del flujo de fluidos
 - 2.1. Ecuaciones fundamentales
 - 2.2. Termodinámica de gases

- 2.3. Termodinámica de combustión en equilibrio, reacciones químicas
- 3. Etapas de compresión de aire
 - 3.1. Principio de la compresión en turbinas
 - 3.2. Relación compresión-propulsión
 - 3.3. Etapas de ingreso y compresión de aire
- 4. Enfriamiento de la turbina
 - 4.1. Sistemas de enfriamiento convencionales
 - 4.2. Casos específicos
 - 4.3. Fallas en sistema de enfriamiento y caza fallas
- 5. Combustión en turbinas
 - 5.1. Principio de combustión
 - 5.2. Sistema de combustión en aeronaves
 - 5.3. Ejemplos de combustión en motores básicos
- 6. Sistema de control de combustible de las turbinas
 - 6.1. Bomba de combustible
 - 6.2. Generalidades y partes básicas
- 7. Montaje y conexiones del motor con el avión
 - 7.1. Soportes e ingeniería de fijación de la turbina
 - 7.2. Conexiones eléctricas
 - 7.3. Drenajes
- 8. Lectura de hojas de especificaciones técnicas
 - 8.1. General Electric
 - 8.2. SNECMA
 - 8.3. Boeing
 - 8.4. Embraer

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 instrucción sobre los fundamentos que rigen la propulsión en aeronaves y los componentes mecánicos relacionados.
- Analizarán diferentes principios aerodinámicos y termodinámicos con el fin de comprender su aplicabilidad en la propulsión de aeronaves.
- Evaluarán diferentes sistemas de propulsión con el fin de determinar configuraciones óptimas según necesidades o requerimientos planteados.
- Trabajarán en proyectos de investigación de sistemas de propulsión para desarrollar habilidades técnicas, de investigación, trabajo en equipo y resolución de problemas.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante comprender los principios fundamentales de sistemas de propulsión de aeronaves

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] P. G. Hill y C. R. Peterson, *Mechanics and Thermodynamics of Propulsion*, 2nd. Reading, MA: Addison-Wesley, 1991, ISBN: 978-0201146592.
- [2] W. W. Bathie, *Fundamentos de turbinas a gas*. México D.F.: Limusa, 1987.
- [3] H. Cohen, H. Cohen, G. Rogers, H. Saravanamuttoo, R. B. del Rio y G. W. Elósegui, *Teoría de las turbinas de gas*. Marcombo, 1983.

8. Persona do- cente

El curso será impartido por:

M.Sc. Víctor Julio Hernández

Máster en ciencias con especialización explotación técnica de aviones y motores.
Instituto de Kiev de los Ingenieros de Aviación Civil. Ucrania.

Ingeniero aeronáutico. Instituto de Kiev de los Ingenieros de Aviación Civil. Ucrania.

Correo: v hernandezg@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 11 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-7003

Control automático de vuelo

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica con énfasis en Aeronáutica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Control automático de vuelo
Código:	EE-7003
Tipo de curso:	Teórico - Práctico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extraclasses por semana:	5
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 10 ^{mo} semestre en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Aeronáutica
Requisitos:	EE-6902 Aerodinámica; EE-6903 Dinámica de vuelo
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	Ninguno
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
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 *Control automático de vuelo* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: desarrollar sistemas de control automático de vuelo, aplicando conocimientos en aviónica y dinámica de vuelo.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: diseñar sistemas de control para diferentes tipos de UAVs (unmanned aerial vehicles) utilizando software especializado; implementar y probar sistemas de control en plataformas de hardware reales; aplicar conceptos de aeronavegabilidad y normativas en el diseño de sistemas de control; e integrar sistemas GPS y de comunicación en UAVs para mejorar la navegación y coordinación.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Aerodinámica, Dinámica de vuelo, Control automático, Sistemas de la aeronave, y Aviónica.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Desarrollar sistemas de control de vuelo para vehículos aéreos no tripulados, aplicando conocimientos teóricos y prácticos, con un enfoque especial en la planificación de rutas, navegación y control autónomo.

Objetivos específicos

- Diseñar sistemas de control para diferentes tipos de UAVs (unmanned aerial vehicles) utilizando software especializado.
- Implementar y probar sistemas de control en plataformas de hardware reales.
- Aplicar conceptos de aeronavegabilidad y normativas en el diseño de sistemas de control.
- Integrar sistemas GPS y de comunicación en UAVs para mejorar la navegación y coordinación.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Introducción al control automático de vuelo
 - 1.1. Historia y evolución del control automático de vuelo
 - 1.2. Conceptos básicos y terminología
 - 1.3. Familiarización con el entorno de simulación (MATLAB/Simulink)
2. Modelado dinámico de aeronaves
 - 2.1. Ecuaciones de movimiento
 - 2.2. Modelado de sistemas lineales y no lineales
 - 2.3. Implementación de modelos dinámicos básicos en simulación
3. Análisis de estabilidad y control
 - 3.1. Estabilidad estática y dinámica
 - 3.2. Análisis de modos de movimiento (longitudinal y lateral-direccional)

- 3.3. Simulación de respuestas a perturbaciones
4. Diseño de controladores automáticos
 - 4.1. Controladores PID
 - 4.2. Control con LQR (Regulador Cuadrático Lineal)
 - 4.3. Conceptos de control robusto
 - 4.4. Introducción al control no lineal
 - 4.5. Principios del control adaptativo
5. Control de trayectoria
 - 5.1. Principios del control de trayectoria
 - 5.2. Algoritmos de seguimiento de trayectorias
 - 5.3. Simulación de trayectorias de vuelo
6. Planificación de Trayectorias
 - 6.1. Métodos de planificación de trayectorias
 - 6.2. Optimización de rutas y evitación de obstáculos
 - 6.3. Implementación de algoritmos de planificación de trayectorias
7. Aeronavegabilidad y normativas
 - 7.1. Conceptos de aeronavegabilidad
 - 7.2. Normativas y regulaciones para UAVs
 - 7.3. Análisis de casos de estudio y cumplimiento normativo
8. Sistemas GPS y Navegación
 - 8.1. Teoría de sistemas GPS y navegación
 - 8.2. Principios de funcionamiento del GPS
 - 8.3. Integración de sistemas GPS en UAVs
 - 8.4. Implementación de navegación basada en GPS
9. Comunicación entre UAVs y aviones
 - 9.1. Protocolos de comunicación y enlace de datos
 - 9.2. Coordinación y control de múltiples UAVs
 - 9.3. Simulación de comunicación y coordinación entre UAVs
10. Pruebas y Validación
 - 10.1. Métodos de prueba y validación de sistemas de control
 - 10.2. Análisis de datos y evaluación de desempeño
 - 10.3. Realización de pruebas experimentales

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 sesiones prácticas. Esta última se implementará mediante técnicas como el modelado, simulación, prototipado y la experimentación controlada.

Las personas estudiantes podrán desarrollar actividades en las que:

- Recibirán clases magistrales con material audiovisual y discusión en grupo sobre conceptos de control automático de vuelo
- Diseñaran y simularán sistemas de control automático de vuelo.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante desarrollar sistemas de control de vuelo para vehículos aéreos no tripulados, aplicando conocimientos teóricos y prácticos, con un enfoque especial en la planificación de rutas, navegación y control autónomo

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.
- Tareas: evaluaciones que tienen el propósito de reforzar, aplicar o evaluar el aprendizaje de un tema específico. Pueden requerir investigación, resolución de problemas, desarrollo de habilidades prácticas o aplicación de conocimientos teóricos.
- 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 %
Tareas (6)	15 %
Act. aprendizaje activo (1)	25 %
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 **no** tiene derecho a presentar un examen de reposición.

7. Bibliografía

- [1] B. L. Stevens y F. L. Lewis, *Aircraft Control and Simulation*. John Wiley & Sons, 2003.
- [2] R. C. Nelson, *Flight Stability and Automatic Control*. McGraw-Hill, 1998.

- [3] R. W. Beard y T. W. McLain, *Small Unmanned Aircraft: Theory and Practice*. Princeton University Press, 2012.
- [4] M. J. Sidi, *Spacecraft Dynamics and Control: A Practical Engineering Approach*. Cambridge University Press, 1997.
- [5] R. F. Stengel, *Flight Dynamics*. Princeton University Press, 2004.
- [6] M. V. Cook, *Flight Dynamics Principles: A Linear Systems Approach to Aircraft Stability and Control*. Butterworth-Heinemann, 2012.

8. Persona docente

El curso será impartido por:

Ing. Joshua Guzmán Conejo

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

Correo: joguzman@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 25 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-7203

Manufactura en la cadena de valor aeroespacial

Escuela de Ingeniería Electromecánica

Carrera de Ingeniería Electromecánica con énfasis en Aeronáutica

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Manufactura en la cadena de valor aeroespacial
Código:	EE-7203
Tipo de curso:	Teórico
Obligatorio o electivo:	Electivo
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extraclasses por semana:	5
Ubicación en el plan de estudios:	Curso electivo en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Aeronáutica
Requisitos:	EE-6807 Materiales en aeronáutica
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	Ninguno
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 *Manufactura en la cadena de valor aeroespacial* es del tipo electivo y por esta razón no se incluye en los rasgos del plan de estudios.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: aplicar técnicas de administración industrial como secuenciamiento, determinación de capacidad productiva, gestión de cuellos de botella y metodologías Lean en la manufactura aeroespacial; implementar sistemas de gestión de calidad basados en normativas AS9100, AS9110, AS9120 y certificaciones NADCAP; asegurar el cumplimiento de requisitos regulatorios de los entes DGAC, FAA, EASA, así como normativas ITAR y EAR en los procesos productivos; y gestionar proyectos de manufactura aeroespacial aplicando metodologías específicas como AS9102 (FAI) y AS9145 (APQP).

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Administración de proyectos, Fiabilidad y disponibilidad de sistemas electromecánicos, y Sistemas de la aeronave.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Gestionar eficientemente los procesos de manufactura en la industria aeroespacial, aplicando herramientas de administración industrial, asegurando la calidad según estándares internacionales y cumpliendo los requisitos regulatorios del sector.

Objetivos específicos

- Aplicar técnicas de administración industrial como secuenciamiento, determinación de capacidad productiva, gestión de cuellos de botella y metodologías Lean en la manufactura aeroespacial.
- Implementar sistemas de gestión de calidad basados en normativas AS9100, AS9110, AS9120 y certificaciones NADCAP.
- Asegurar el cumplimiento de requisitos regulatorios de los entes DGAC, FAA, EASA, así como normativas ITAR y EAR en los procesos productivos.
- Gestionar proyectos de manufactura aeroespacial aplicando metodologías específicas como AS9102 (FAI) y AS9145 (APQP).

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Administración Industrial en procesos aeroespaciales
 - 1.1. Programación de la producción y secuenciamiento.
 - 1.2. Gestión de capacidad productiva y balanceo de planta.
 - 1.3. Administración de cuellos de botella (Teoría de restricciones).
 - 1.4. Lean Manufacturing: técnicas de mejora continua (5S, Kaizen, SMED, TPM, Kanban).
2. Sistemas de gestión de calidad aeroespacial
 - 2.1. Normativas AS9100, AS9110 y AS9120.

- 2.2. Certificaciones NADCAP para procesos especiales.
- 2.3. Herramientas básicas de calidad: SPC, gráficos de control, FMEA.
3. Requisitos regulatorios en manufactura aeroespacial
 - 3.1. Alcance de regulaciones DGAC, FAA, EASA.
 - 3.2. Análisis y gestión de requisitos ITAR y EAR.
 - 3.3. Trazabilidad y gestión documental electrónica (PLM/ERP).
4. Gestión de proyectos bajo estándares aeroespaciales
 - 4.1. Metodología AS9102: Primera Inspección del Artículo (FAI).
 - 4.2. Planificación avanzada de calidad del producto (AS9145 - APQP).
 - 4.3. Gestión integrada de proyectos con ERP/PLM.

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 las particularidades de la manufactura en la cadena de valor aeroespacial.
- Desarrollarán ejercicios prácticos de programación de producción, análisis de capacidad y secuenciamiento de procesos.
- Implementarán actividades prácticas para aplicar conceptos de Lean Manufacturing, gestión de calidad y aseguramiento de procesos según estándares AS9100, AS9110, AS9120 y NADCAP.
- Realizarán trabajos en equipo sobre casos integradores que incluyan análisis de requisitos regulatorios (DGAC, FAA, EASA, ITAR, EAR), elaboración de documentos de calidad (FAI-AS9102, APQP-AS9145) y propuestas de mejora continua.
- Presentarán informes técnicos y exposiciones orales para demostrar el dominio integral del contenido del curso, con énfasis en la aplicación efectiva de la gestión industrial, calidad y regulaciones específicas del sector aeroespacial.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante gestionar eficientemente los procesos de manufactura en la industria aeroespacial, aplicando herramientas de administración industrial, asegurando la calidad según estándares internacionales y cumpliendo los requisitos regulatorios del sector

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] J. P. Womack y D. T. Jones, *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York, NY, USA: Free Press, 2003.
- [2] Society of Automotive Engineers (SAE), AS9100 - *Quality Management Systems - Requirements for Aviation, Space, and Defense Organizations*, Warrendale, PA, USA, 2016.
- [3] Society of Automotive Engineers (SAE), AS9110 - *Quality Management Systems - Requirements for Aviation Maintenance Organizations*, Warrendale, PA, USA, 2016.
- [4] Society of Automotive Engineers (SAE), AS9120 - *Quality Management Systems - Requirements for Aviation, Space, and Defense Distributors*, Warrendale, PA, USA, 2016.
- [5] Society of Automotive Engineers (SAE), AS9102 - *Aerospace First Article Inspection Requirement*, Warrendale, PA, USA, 2014.
- [6] Society of Automotive Engineers (SAE), AS9145 - *Aerospace Series - Requirements for Advanced Product Quality Planning and Production Part Approval Process (APQP/PPAP)*, Warrendale, PA, USA, 2016.
- [7] Performance Review Institute (PRI), *NADCAP - Audit Criteria and Accreditation Procedures*, <https://p-r-i.org/nadcap/>, Consultado en mayo de 2025.
- [8] Federal Aviation Administration (FAA) and European Union Aviation Safety Agency (EASA), *FAA Advisory Circulars and EASA Regulations - Certification and Oversight*, https://www.faa.gov/regulations_policies y <https://www.easa.europa.eu>, Consultado en mayo de 2025.

- [9] United States Department of State and Department of Commerce, *International Traffic in Arms Regulations (ITAR) and Export Administration Regulations (EAR)*, <https://www.pmddtc.state.gov/> y <https://www.bis.doc.gov>, Consultado en mayo de 2025.

8. Persona docente El curso será impartido por:

M.Sc. Víctor Julio Hernández

Máster en ciencias con especialización explotación técnica de aviones y motores.
Instituto de Kiev de los Ingenieros de Aviación Civil. Ucrania.

Ingeniero aeronáutico. Instituto de Kiev de los Ingenieros de Aviación Civil. Ucrania.

Correo: vherandezg@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 11 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-8104

Ingeniería de sistemas

Escuela de Ingeniería Electromecánica

Carrera de Ingeniería Electromecánica con énfasis en Sistemas Ciberfísicos

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Ingeniería de sistemas
Código:	EE-8104
Tipo de curso:	Teórico - Práctico
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 Sistemas Ciberfísicos
Requisitos:	EE-0701 Administración de proyectos
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	<i>Énfasis en Sistemas Ciberfísicos: EE-8901 Modelado numérico y simulación computacional</i>
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
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 *Ingeniería de sistemas* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: desarrollar sistemas complejos que integren componentes físicos y digitales.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: definir los requisitos y la arquitectura de los sistemas considerando las necesidades y expectativas de los interesados; integrar modelos de componentes físicos y ciberneticos en un sistema coherente y funcional; verificar el diseño del sistema o sus partes por medio de simulaciones; y colaborar en equipos de trabajo multidisciplinarios en el análisis, diseño y gestión de sistemas.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en el curso de: Administración de proyectos.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en el curso de: Taller de integración de sistemas.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Integrar principios, metodologías y herramientas de la ingeniería de sistemas en el análisis, diseño y gestión de sistemas, colaborando con equipos de trabajo multidisciplinarios.

Objetivos específicos

- Definir los requisitos y la arquitectura de los sistemas considerando las necesidades y expectativas de los interesados.
- Integrar modelos de componentes físicos y ciberneticos en un sistema coherente y funcional.
- Verificar el diseño del sistema o sus partes por medio de simulaciones.
- Colaborar en equipos de trabajo multidisciplinarios en el análisis, diseño y gestión de sistemas.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Introducción a la Ingeniería de Sistemas
 - 1.1. Conceptos fundamentales de la ingeniería de sistemas
 - 1.2. Ciclo de vida del desarrollo de sistemas
 - 1.3. Enfoque sistémico y pensamiento complejo en la resolución de problemas
2. Trabajo colaborativo en equipos multidisciplinarios
 - 2.1. Definición de roles
 - 2.2. Estrategias de trabajo en equipos multidisciplinarios
 - 2.3. Gestión de la información y la toma de decisiones
 - 2.4. Planificación del trabajo y gestión de tareas

- 2.5. Control de versiones
- 3. Definición y análisis de requisitos
 - 3.1. Identificación de interesados y sus expectativas
 - 3.2. Técnicas para la recopilación y análisis de requisitos
 - 3.3. Diferentes niveles de requisitos y su relación con la arquitectura del sistema
 - 3.4. Modelado de requisitos y especificaciones funcionales
- 4. Diseño de la arquitectura
 - 4.1. Principios y enfoques para el diseño de la arquitectura del sistema
 - 4.2. Metodologías de evaluación de configuraciones del sistema (trade-off)
 - 4.3. Gestión de interfaces y compatibilidad de sistemas
 - 4.4. Estrategias para la integración de subsistemas en un sistema coherente
- 5. Modelado, simulación y verificación del Diseño
 - 5.1. Métodos de modelado para la representación de sistemas
 - 5.2. Desarrollo de representaciones funcionales del sistema
 - 5.3. Evaluación de desempeño y optimización de sistemas
 - 5.4. Análisis de sensibilidad y pruebas iterativas en entornos virtuales
 - 5.5. Verificación del sistema en escenarios simulados
 - 5.6. Validación de requisitos

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 sesiones prácticas. Esta última se implementará mediante técnicas como el modelado, simulación, prototipado y la experimentación controlada.

Las personas estudiantes podrán desarrollar actividades en las que:

- Seleccionarán un sistema de interés, conformarán un grupo de trabajo para su desarrollo y asumirán roles específicos dentro de las disciplinas de la ingeniería electromecánica dentro del grupo.
- Definirán y analizarán los requisitos del sistema en diferentes niveles.
- Establecerán la arquitectura del sistema y evaluarán distintas configuraciones considerando costos, desempeño y factibilidad técnica.
- Aplicarán herramientas de modelado para desarrollar representaciones funcionales del sistema ya integrado y realizar pruebas en entornos simulados que permitan evaluar su desempeño y cumplimiento de requisitos.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante integrar principios, metodologías y herramientas de la ingeniería de sistemas en el análisis, diseño y gestión de sistemas, colaborando con equipos de trabajo multidisciplinarios

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.
- Tareas: evaluaciones que tienen el propósito de reforzar, aplicar o evaluar el aprendizaje de un tema específico. Pueden requerir investigación, resolución de problemas, desarrollo de habilidades prácticas o aplicación de conocimientos teóricos.
- 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 %
Tareas (6)	15 %
Act. aprendizaje activo (1)	25 %
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 **no** tiene derecho a presentar un examen de reposición.

7. Bibliografía

- [1] INCOSE, *INCOSE systems engineering handbook*. John Wiley & Sons, 2023.
- [2] S. R. Hirshorn, «Expanded guidance for nasa systems engineering. volume 1: Systems engineering practices,» inf. téc., 2016.

8. Persona do- cente

El curso será impartido por:

Dr.-Ing. Juan José Rojas Hernández

Doctor en ciencia aplicada a la integración de sistemas. Instituto Tecnológico de Kyushu. Japón.

Máster en electrónica con énfasis en microsistemas. Licenciado en Mantenimiento Industrial. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Correo: juan.rojas@itcr.ac.cr Teléfono: 88581419

Oficina: 31 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Juan José Montero Jimenez, Ph.D.

Doctorado en Ingeniería Industrial e Informática. Universidad de Toulouse. Francia.

Máster en ciencias en Ingeniería Aeroespacial. ISAE-SUPAERO. Francia.

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

Correo: juan.montero@itcr.ac.cr Teléfono: 25509338

Oficina: 5 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-8808

Fundamentos de ciberseguridad

Escuela de Ingeniería Electromecánica

Carrera de Ingeniería Electromecánica con énfasis en Sistemas Ciberfísicos

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Fundamentos de ciberseguridad
Código:	EE-8808
Tipo de curso:	Teórico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	1
Nº horas de clase por semana:	2
Nº horas extraclasses por semana:	1
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 8 ^{vo} semestre en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Sistemas Ciberfísicos
Requisitos:	Ninguno
Correquisitos:	EE-8807 Aplicaciones de sistemas embebidos
El curso es requisito de:	<i>Énfasis en Sistemas Ciberfísicos: EE-9302 Desarrollo de software para aplicaciones críticas</i>
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 *Fundamentos de ciberseguridad* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: .

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: aplicar medidas de ciberseguridad en el diseño de sistemas ciberfísicos, garantizando la protección de datos y la integridad de las aplicaciones.; implementar protocolos de seguridad en sistemas ciberfísicos, asegurando la confiabilidad y resiliencia de los dispositivos y redes; y desarrollar soluciones de protección mediante programación y criptografía, aplicando técnicas de cifrado, automatización de tareas de seguridad y herramientas para la detección y mitigación de riesgos.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Microcontroladores, e Introducción a la computación.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en el curso de: Aplicaciones de Inteligencia Artificial.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Comprender los principios fundamentales de la ciberseguridad aplicados al diseño y desarrollo de sistemas ciberfísicos..

Objetivos específicos

- Aplicar medidas de ciberseguridad en el diseño de sistemas ciberfísicos, garantizando la protección de datos y la integridad de las aplicaciones..
- Implementar protocolos de seguridad en sistemas ciberfísicos, asegurando la confiabilidad y resiliencia de los dispositivos y redes.
- Desarrollar soluciones de protección mediante programación y criptografía, aplicando técnicas de cifrado, automatización de tareas de seguridad y herramientas para la detección y mitigación de riesgos.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Introducción a la ciberseguridad
 - 1.1. Historia y evolución de la ciberseguridad
 - 1.2. Principios básicos de ciberseguridad
 - 1.3. Importancia de la ciberseguridad en el mundo actual
2. Redes y protocolos
 - 2.1. Tipos de redes (LAN, WAN, MAN)
 - 2.2. Protocolos de comunicación (TCP/IP, HTTP, HTTPS, MQTT)
 - 2.3. Seguridad en redes: firewalls y sistemas de detección de intrusos (IDS/IPS)
3. Programación para la ciberseguridad

- 3.1. Scripts y automatización para la seguridad informática
- 3.2. Ejercicios prácticos de programación para detectar y mitigar vulnerabilidades
- 4. Amenazas y vulnerabilidades
 - 4.1. Tipos de amenazas (malware, phishing, ataques DDoS)
 - 4.2. Análisis de vulnerabilidades y gestión de parches
 - 4.3. Uso de software antivirus y antimalware
- 5. Criptografía
 - 5.1. Fundamentos de criptografía (simétrica y asimétrica)
 - 5.2. Aplicaciones prácticas del cifrado en la protección de datos
 - 5.3. Implementación de técnicas de cifrado en proyectos prácticos
- 6. Seguridad en redes
 - 6.1. Configuración y gestión de firewalls
 - 6.2. Seguridad en redes inalámbricas (WPA2, WPA3)
 - 6.3. Control de acceso y autenticación multifactor (MFA)
- 7. Seguridad en aplicaciones
 - 7.1. Desarrollo seguro de software (principios y prácticas)
 - 7.2. Pruebas de penetración y análisis de seguridad en aplicaciones web
 - 7.3. Herramientas y técnicas para asegurar aplicaciones
- 8. Gestión de incidentes
 - 8.1. Respuesta a incidentes de ciberseguridad
 - 8.2. Recuperación y análisis forense
 - 8.3. Estudios de caso de incidentes reales y lecciones aprendidas
- 9. Cumplimiento y normativas
 - 9.1. Normativas y estándares de ciberseguridad (ISO 27001, GDPR)
 - 9.2. Políticas de seguridad y su implementación
 - 9.3. Evaluación de cumplimiento y auditorías de seguridad

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 fundamentales de ciberseguridad.
- Desarrollarán proyectos integradores que fomenten la colaboración y el aprendizaje interdisciplinario, permitiéndoles trabajar en equipos para abordar problemas complejos e integrar conocimientos de diferentes áreas de la ciberseguridad.
- Resolverán ejercicios de diagnóstico y autoevaluación relacionados con vulnerabilidades, criptografía y cumplimiento normativo, para monitorear su progreso en la identificación de amenazas, el uso de técnicas de cifrado y la aplicación de estándares de seguridad.
- Realizarán pruebas de penetración controladas sobre aplicaciones y servicios simulados, con el fin de identificar vulnerabilidades, aplicar técnicas de análisis y proponer soluciones basadas en buenas prácticas de desarrollo seguro.
- Llevarán a cabo actividades de investigación orientadas a fomentar el pensamiento crítico y la capacidad de análisis, investigando nuevas amenazas y técnicas de ciberseguridad para mantenerse actualizados con las últimas tendencias del sector.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante comprender los principios fundamentales de la ciberseguridad aplicados al diseño y desarrollo de sistemas ciberfísicos.

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] W. Stallings y L. Brown, *Computer Security: Principles and Practice*, 4.^a ed. Pearson, 2018.
- [2] D. Stuttard y M. Pinto, *The Web Application Hacker's Handbook: Finding and Exploiting Security Flaws*, 2.^a ed. Wiley, 2011.
- [3] W. Stallings, *Network Security Essentials: Applications and Standards*, 5.^a ed. Pearson, 2013.
- [4] J. Erickson, *Hacking: The Art of Exploitation*, 2.^a ed. No Starch Press, 2008.

8. Persona docente

El curso será impartido por:

Dr.-Ing. Juan José Rojas Hernández

Doctor en ciencia aplicada a la integración de sistemas. Instituto Tecnológico de Kyushu. Japón.

Máster en electrónica con énfasis en microsistemas. Licenciado en Mantenimiento Industrial. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Correo: juan.rojas@itcr.ac.cr Teléfono: 88581419

Oficina: 31 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-9001

Taller de integración de sistemas

Escuela de Ingeniería Electromecánica

Carrera de Ingeniería Electromecánica con énfasis en Sistemas Ciberfísicos

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Taller de integración de sistemas
Código:	EE-9001
Tipo de curso:	Práctico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	2
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extraclasses por semana:	2
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 10 ^{mo} semestre en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Sistemas Ciberfísicos
Requisitos:	EE-8901 Modelado numérico y simulación computacional; EE-0902 Aplicaciones de circuitos integrados
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	<i>Énfasis en Sistemas Ciberfísicos:</i> EE-9002 Diseño de interfa-
	ses humano-máquina
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
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 *Taller de integración de sistemas* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: desarrollar sistemas complejos que integren componentes físicos y digitales.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: diseñar e implementar un sistema ciberfísico funcional con base en requerimientos específicos; integrar hardware y software en una arquitectura robusta utilizando prácticas de diseño modular; validar el funcionamiento del sistema mediante pruebas de integración, simulaciones y mediciones en entorno controlado; documentar técnica y funcionalmente el sistema, considerando buenas prácticas de ingeniería; y desarrollar habilidades de trabajo en equipo, comunicación técnica y gestión ágil de proyectos.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Ingeniería de sistemas, y Aplicaciones de circuitos integrados.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Desarrollar un sistema ciberfísico funcional desde cero mediante la integración práctica de conocimientos en control, electrónica, programación y documentación técnica, fomentando el trabajo en equipo y la gestión ágil de proyectos.

Objetivos específicos

- Diseñar e implementar un sistema ciberfísico funcional con base en requerimientos específicos.
- Integrar hardware y software en una arquitectura robusta utilizando prácticas de diseño modular.
- Validar el funcionamiento del sistema mediante pruebas de integración, simulaciones y mediciones en entorno controlado.
- Documentar técnica y funcionalmente el sistema, considerando buenas prácticas de ingeniería.
- Desarrollar habilidades de trabajo en equipo, comunicación técnica y gestión ágil de proyectos.

4. Contenidos

En el curso se desarrollarán los siguientes temas:

1. Fase de planificación del proyecto
 - 1.1. Definición del problema
 - 1.2. Recolección de requerimientos
 - 1.3. Revisión de tecnologías disponibles
2. Diseño del sistema
 - 2.1. Arquitectura funcional de un sistema ciberfísico
 - 2.2. Selección de componentes (sensores, actuadores, microcontroladores, integrados)

- 2.3. Diseño de controladores (PID, lógicos, discretos)
- 2.4. Diseño de comunicación (bus, protocolos, sincronización)
- 3. Implementación
 - 3.1. Desarrollo de circuitos electrónicos y su integración
 - 3.2. Programación de sistemas embebidos
 - 3.3. Integración con sistemas de supervisión (interfaces HMI, visualización, adquisición)
- 4. Pruebas y validación
 - 4.1. Planificación de pruebas
 - 4.2. Evaluación de desempeño
 - 4.3. Ajustes y mejoras
- 5. Documentación del sistema
 - 5.1. Documento de control de interfases (ICD)
 - 5.2. Documento de ensamblaje
 - 5.3. Documento de validación
 - 5.4. Manual de usuario

II parte: Aspectos operativos

5. Metodología

En este curso, se utilizará la investigación práctica aplicada mediante técnicas como el modelado, simulación, prototipado, experimentación controlada e ingeniería inversa.

Las personas estudiantes podrán desarrollar actividades en las que:

- Seleccionarán un problema de ingeniería y definirán los requerimientos técnicos del sistema ciberfísico a desarrollar.
- Diseñarán la arquitectura del sistema, integrando hardware, software y métodos de control automático.
- Implementarán módulos funcionales utilizando componentes COTS, sistemas embebidos y herramientas de automatización.
- Integrarán y validarán el sistema mediante pruebas técnicas y ajustes iterativos.
- Gestionarán el proyecto utilizando enfoques ágiles y presentarán el producto final junto con su documentación técnica.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante desarrollar un sistema ciberfísico funcional desde cero mediante la integración práctica de conocimientos en control, electrónica, programación y documentación técnica, fomentando el trabajo en equipo y la gestión ágil de proyectos

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:

- Avances: entrega parcial o final del documento del proyecto

Avances (3)	100 %
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 **no** tiene derecho a presentar un examen de reposición.

7. Bibliografía

- [1] INCOSE, *INCOSE systems engineering handbook*. John Wiley & Sons, 2023.
- [2] S. R. Hirshorn, «Expanded guidance for NASA systems engineering. Volume 1: Systems engineering practices,» inf. téc., 2016.
- [3] A. Cohen, *Prototype to product: A practical guide for getting to market*. O Reilly Media, Inc., 2015.

8. Persona docente

El curso será impartido por:

Dr.-Ing. Juan José Rojas Hernández

Doctor en ciencia aplicada a la integración de sistemas. Instituto Tecnológico de

Kyushu. Japón.

Máster en electrónica con énfasis en microsistemas. Licenciado en Mantenimiento Industrial. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Correo: juan.rojas@itcr.ac.cr Teléfono: 88581419

Oficina: 31 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-9002

Diseño de interfases humano-máquina

Escuela de Ingeniería Electromecánica

Carrera de Ingeniería Electromecánica con énfasis en Sistemas Ciberfísicos

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Diseño de interfases humano-máquina
Código:	EE-9002
Tipo de curso:	Teórico - Práctico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extraclasses por semana:	5
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 10 ^{mo} semestre en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Sistemas Ciberfísicos
Requisitos:	Ninguno
Correquisitos:	EE-9001 Taller de integración de sistemas
El curso es requisito de:	Ninguno
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
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 *Diseño de interfaces humano-máquina* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: automatizar y digitalizar procesos industriales y de servicios .

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: comprender los fundamentos de la interacción humano-máquina y su importancia en la ingeniería; aplicar principios de diseño centrado en el usuario para el desarrollo de interfaces físicas y digitales; implementar prototipos funcionales de interfaces utilizando tecnologías de entrada/salida y plataformas embebidas; evaluar la usabilidad y accesibilidad de interfaces mediante técnicas de prueba e iteración; e integrar interfaces en sistemas ciberfísicos considerando restricciones técnicas y humanas.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Instrumentación, e Ingeniería de sistemas.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Diseñar interfaces humano-máquina funcionales, usables y centradas en el usuario, que integren tecnologías de hardware y software para su aplicación en sistemas ciberfísicos.

Objetivos específicos

- Comprender los fundamentos de la interacción humano-máquina y su importancia en la ingeniería.
- Aplicar principios de diseño centrado en el usuario para el desarrollo de interfaces físicas y digitales.
- Implementar prototipos funcionales de interfaces utilizando tecnologías de entrada/salida y plataformas embebidas.
- Evaluar la usabilidad y accesibilidad de interfaces mediante técnicas de prueba e iteración.
- Integrar interfaces en sistemas ciberfísicos considerando restricciones técnicas y humanas.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Introducción a la interacción humano-computadora (HCI)
 - 1.1. Historia y evolución del diseño de interfaces
 - 1.2. Principios de usabilidad: eficiencia, seguridad, satisfacción del usuario
2. Diseño centrado en el usuario
 - 2.1. Etapas del proceso de diseño iterativo
 - 2.2. Participación del usuario y evaluación temprana
 - 2.3. Identificación de necesidades y perfiles de usuario
3. Modelos de interacción y diseño conceptual
 - 3.1. Modelos mentales y estructuras de tareas

- 3.2. Diseño de flujos de interacción y navegación
- 3.3. Metáforas y consistencia en la interfaz
- 4. Diseño de controles y dispositivos de entrada/salida
 - 4.1. Tipos de entrada: táctil, teclado, voz, sensores
 - 4.2. Principios de diseño de controles físicos y virtuales
 - 4.3. Retroalimentación visual, auditiva y háptica
- 5. Diseño de interfaces gráficas y móviles
 - 5.1. Componentes de GUI: botones, menús, formularios
 - 5.2. Diseño adaptativo y responsive para distintos dispositivos
 - 5.3. Buenas prácticas visuales y jerarquía de información
- 6. Evaluación de usabilidad
 - 6.1. Métodos heurísticos y pruebas con usuarios
 - 6.2. Métricas de evaluación: eficiencia, errores, satisfacción
 - 6.3. Análisis e iteración del diseño basado en retroalimentación
- 7. Interacción en sistemas ciberfísicos
 - 7.1. Integración de HMI con sistemas embebidos
 - 7.2. Consideraciones de tiempo real, latencia y robustez
 - 7.3. Comunicación con sensores, actuadores y redes locales
- 8. Aspectos humanos, sociales y éticos
 - 8.1. Accesibilidad para usuarios con diversidad funcional
 - 8.2. Inclusividad, privacidad y ética en el diseño de interfaces
 - 8.3. Responsabilidad social del diseñador de sistemas interactivos

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 sesiones prácticas. Esta última se implementará mediante técnicas como el modelado, simulación, prototipado y la experimentación controlada.

Las personas estudiantes podrán desarrollar actividades en las que:

- Recibirán clases magistrales con material audiovisual y discusión en grupo sobre diseño de interfaces humano-máquina
- Desarrollar actividades prácticas en laboratorio orientadas al diseño, implementación y prueba de prototipos interactivos.
- Guiar procesos de diseño centrado en el usuario a través de ejercicios iterativos de prototipado y retroalimentación.
- Fomentar el trabajo colaborativo en el desarrollo de proyectos aplicados a contextos reales de sistemas ciberfísicos.
- Promover el análisis crítico de casos y la discusión ética sobre accesibilidad, inclusión y responsabilidad social del diseño.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante diseñar interfaces humano-máquina funcionales, usables y centradas en el usuario, que integren tecnologías de hardware y software para su aplicación en sistemas ciberfísicos

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.
- Tareas: evaluaciones que tienen el propósito de reforzar, aplicar o evaluar el aprendizaje de un tema específico. Pueden requerir investigación, resolución de problemas, desarrollo de habilidades prácticas o aplicación de conocimientos teóricos.
- 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 %
Tareas (6)	15 %
Act. aprendizaje activo (1)	25 %
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 **no** tiene derecho a presentar un examen de reposición.

7. Bibliografía

- [1] B. Shneiderman y C. Plaisant, *Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction*. Pearson Education India, 2010.

8. Persona docente

El curso será impartido por:

Dr.-Ing. Juan José Rojas Hernández

Doctor en ciencia aplicada a la integración de sistemas. Instituto Tecnológico de Kyushu. Japón.

Máster en electrónica con énfasis en microsistemas. Licenciado en Mantenimiento Industrial. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Correo: juan.rojas@itcr.ac.cr Teléfono: 88581419

Oficina: 31 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-9201

Sistemas autónomos y multiagente

Escuela de Ingeniería Electromecánica

Carrera de Ingeniería Electromecánica con énfasis en Sistemas Ciberfísicos

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Sistemas autónomos y multiagente
Código:	EE-9201
Tipo de curso:	Teórico - Práctico
Obligatorio o electivo:	Electivo
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extraclasses por semana:	5
Ubicación en el plan de estudios:	Curso electivo en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Sistemas Ciberfísicos
Requisitos:	EE-8903 Aplicaciones de Inteligencia Artificial; EE-8906 Robótica
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	Ninguno
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
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 autónomos y multiagente* es del tipo electivo y por esta razón no se incluye en los rasgos del plan de estudios.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: comprender los principios fundamentales de los sistemas inteligentes y su integración en arquitecturas ciberfísicas; diseñar agentes inteligentes individuales y multiagente con capacidades de razonamiento y cooperación; implementar modelos simbólicos, de planificación y aprendizaje en prototipos funcionales; y evaluar el desempeño de sistemas inteligentes en escenarios distribuidos con restricciones dinámicas.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Aplicaciones de Inteligencia Artificial, y Robótica.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Diseñar sistemas ciberfísicos inteligentes mediante el uso de modelos de agentes autónomos, razonamiento simbólico, planificación y aprendizaje adaptativo, con el fin de desarrollar soluciones distribuidas y adaptativas en contextos reales.

Objetivos específicos

- Comprender los principios fundamentales de los sistemas inteligentes y su integración en arquitecturas ciberfísicas.
- Diseñar agentes inteligentes individuales y multiagente con capacidades de razonamiento y cooperación.
- Implementar modelos simbólicos, de planificación y aprendizaje en prototipos funcionales.
- Evaluar el desempeño de sistemas inteligentes en escenarios distribuidos con restricciones dinámicas.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Fundamentos de sistemas inteligentes
 - 1.1. Tipos de inteligencia en sistemas embebidos
 - 1.2. Conceptos de autonomía, adaptabilidad y aprendizaje
 - 1.3. Arquitectura básica de sistemas inteligentes distribuidos
2. Modelos de Agentes Inteligentes
 - 2.1. Modelos deliberativos, reactivos y BDI
 - 2.2. Estados internos, percepciones y acciones
 - 2.3. Ciclo de razonamiento de un agente
 - 2.4. Implementación básica de un agente
3. Sistemas multiagente (MAS)

- 3.1. Coordinación y cooperación entre agentes
- 3.2. Organización jerárquica vs. distribuida
- 3.3. Protocolos de comunicación (KQML, ACL)
- 3.4. Casos de estudio: robótica distribuida, simulación
4. Razonamiento simbólico y planificación
 - 4.1. Lógica proposicional y modal en agentes
 - 4.2. Planificación automática (STRIPS, Graphplan)
 - 4.3. Resolución de conflictos y metas múltiples
 - 4.4. Planificación multiagente
5. Aprendizaje Autónomo y Adaptación
 - 5.1. Introducción al aprendizaje en línea
 - 5.2. Redes neuronales recurrentes y adaptativas
 - 5.3. Control adaptativo y modelos supervisados
 - 5.4. Aplicaciones en sistemas dinámicos y robótica
6. Modelado Inteligente en tiempo real
 - 6.1. Modelado basado en datos
 - 6.2. Inferencia difusa y lógica difusa adaptativa
 - 6.3. Algoritmos genéticos para ajuste dinámico
 - 6.4. Casos prácticos con sistemas COTS
7. Integración en sistemas ciberfísicos
 - 7.1. Diseño de una red de agentes inteligentes
 - 7.2. Interoperabilidad entre sensores, actuadores y agentes
 - 7.3. Consideraciones de robustez, latencia y escalabilidad

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 sesiones prácticas. Esta última se implementará mediante técnicas como el modelado, simulación, prototipado y la experimentación controlada.

Las personas estudiantes podrán desarrollar actividades en las que:

- Recibirán clases magistrales con material audiovisual y discusión en grupo sobre sistemas autónomos y multiagente
- Diseñarán modelos de agentes autónomos considerando distintos enfoques arquitectónicos y niveles de autonomía.
- Implementarán sistemas multiagente en entornos de simulación o prototipos físicos, integrando sensores y actuadores.
- Aplicarán técnicas de razonamiento simbólico, planificación y aprendizaje autónomo en contextos dinámicos.
- Integrarán los componentes desarrollados en un proyecto final que combine inteligencia distribuida con control en tiempo real.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante diseñar sistemas ciberrítmicos inteligentes mediante el uso de modelos de agentes autónomos, razonamiento simbólico, planificación y aprendizaje adaptativo, con el fin de desarrollar soluciones distribuidas y adaptativas en contextos reales

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.
- Tareas: evaluaciones que tienen el propósito de reforzar, aplicar o evaluar el aprendizaje de un tema específico. Pueden requerir investigación, resolución de problemas, desarrollo de habilidades prácticas o aplicación de conocimientos teóricos.
- 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 %
Tareas (6)	15 %
Act. aprendizaje activo (1)	25 %
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 **no** tiene derecho a presentar un examen de reposición.

7. Bibliografía

- [1] F. Fahimi, *Autonomous Robots: Modeling, Path Planning, and Control*. Springer, 2008, ISBN: 978-3540774552.
- [2] M. Wooldridge, *An Introduction to MultiAgent Systems*, 2nd. Wiley, 2009, ISBN: 978-0470519462.
- [3] L. E. Parker, F. Schneider y A. C. Schultz, *Multi-Robot Systems: From Swarms to Intelligent Automata, Volume III* (Proceedings in Advanced Robotics). Springer, 2005, ISBN: 978-1402032745.

8. Persona do- cente

El curso será impartido por:

Juan Luis Guerrero Fernández, Ph.D.

Doctor en filosofía en ciencias. Universidad de Sheffield. Inglaterra.

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

Máster en Ciencias en Mecatrónica. FH Aachen University of Applied Sciences. Alemania.

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

Oficina: 10 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso EE-9302

Desarrollo de software para aplicaciones críticas

Escuela de Ingeniería Electromecánica

Carrera de Ingeniería Electromecánica con énfasis en Sistemas Ciberfísicos

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Desarrollo de software para aplicaciones críticas
Código:	EE-9302
Tipo de curso:	Teórico - Práctico
Obligatorio o electivo:	Electivo
Nº de créditos:	3
Nº horas de clase por semana:	4
Nº horas extraclasses por semana:	5
Ubicación en el plan de estudios:	Curso electivo en Ingeniería Electromecánica con énfasis en Sistemas Ciberfísicos
Requisitos:	EE-8808 Fundamentos de ciberseguridad
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	Ninguno
Asistencia:	Obligatoria
Suficiencia:	No
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 *Desarrollo de software para aplicaciones críticas* es del tipo electivo y por esta razón no se incluye en los rasgos del plan de estudios.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: diseñar soluciones de software robustas aplicando estrategias de programación defensiva y tolerancia a fallos; implementar módulos funcionales utilizando herramientas y plataformas embebidas con soporte en tiempo real; verificar el comportamiento del software mediante pruebas automatizadas, análisis estático y simulación; y evaluar el cumplimiento de normas y estándares internacionales relevantes según el dominio de aplicación.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en los cursos de: Microcontroladores, Aplicaciones de sistemas embebidos, y Automatización y digitalización industrial.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Desarrollar software confiable para aplicaciones críticas, incorporando principios de diseño seguro, verificación rigurosa y cumplimiento normativo en entornos embebidos y ciberfísicos.

Objetivos específicos

- Diseñar soluciones de software robustas aplicando estrategias de programación defensiva y tolerancia a fallos.
- Implementar módulos funcionales utilizando herramientas y plataformas embebidas con soporte en tiempo real.
- Verificar el comportamiento del software mediante pruebas automatizadas, análisis estático y simulación.
- Evaluar el cumplimiento de normas y estándares internacionales relevantes según el dominio de aplicación.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Introducción a sistemas software críticos
 - 1.1. Clasificación de aplicaciones críticas.
 - 1.2. Ciclo de vida del software en sistemas embebidos.
2. Modelado y especificación de requisitos
 - 2.1. Requisitos funcionales y no funcionales.
 - 2.2. Lenguajes de especificación formal
3. Arquitecturas y diseño seguro
 - 3.1. Principios de modularidad, aislamiento y redundancia.
 - 3.2. Patrones de diseño seguros.
4. Programación robusta

- 4.1. Técnicas de programación defensiva.
- 4.2. Control de errores y fallos.
5. Sistemas operativos en tiempo real (RTOS)
 - 5.1. Planificación, sincronización y manejo de recursos.
 - 5.2. Implementación de tareas periódicas y esporádicas.
6. Verificación, validación y pruebas
 - 6.1. Pruebas unitarias, de integración y de sistema.
 - 6.2. Pruebas en hardware-in-the-loop (HIL).
 - 6.3. Cobertura de código y análisis estático.
7. Normativas y certificación
 - 7.1. ISO 26262 (automotriz)
 - 7.2. DO-178C (aeroespacial)
 - 7.3. IEC 61508 (industrial)
8. Ciclo de certificación y documentación.
 - 8.1. Casos de estudio
9. Sistemas de control de vuelo (autopilotos, gestión de potencia).
10. Sistemas médicos embebidos (bombas de infusión, marcapasos).
11. Sistemas automotrices seguros (ADAS, frenos ABS).
12. Automatización industrial con redundancia y diagnóstico.
13. Análisis de fallas y mitigación: estudio de fallos históricos (Therac-25, Ariane 5, Toyota).

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 sesiones prácticas. Esta última se implementará mediante técnicas como el modelado, simulación, prototipado y la experimentación controlada.

Las personas estudiantes podrán desarrollar actividades en las que:

- Recibirán clases magistrales con material audiovisual y discusión en grupo sobre desarrollo de software para aplicaciones críticas
- Desarrollarán ejercicios prácticos en laboratorio utilizando RTOS y plataformas embebidas.
- Aplicarán técnicas de diseño robusto, programación defensiva y control de fallos.
- Analizarán casos de estudio reales para identificar riesgos, fallos y estrategias de mitigación.
- Evaluarán el cumplimiento de estándares internacionales.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante desarrollar software confiable para aplicaciones críticas, incorporando principios de diseño seguro, verificación rigurosa y cumplimiento normativo en entornos embebidos y ciberfísicos

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.
- Tareas: evaluaciones que tienen el propósito de reforzar, aplicar o evaluar el aprendizaje de un tema específico. Pueden requerir investigación, resolución de problemas, desarrollo de habilidades prácticas o aplicación de conocimientos teóricos.
- 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 %
Tareas (6)	15 %
Act. aprendizaje activo (1)	25 %
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 **no** tiene derecho a presentar un examen de reposición.

7. Bibliografía

- [1] P.A. Laplante, *Real-Time Systems Design and Analysis*, 4th. Wiley, 2011, ISBN: 9780470768648.
- [2] N. Storey, *Safety-Critical Computer Systems*. Addison-Wesley, 1996, ISBN: 9780201178199.
- [3] M. Wolf, *Computers as Components: Principles of Embedded Computing System Design*, 3rd. Morgan Kaufmann, 2012, ISBN: 9780123884367.
- [4] International Organization for Standardization, *ISO 26262: Road vehicles – Functional safety*, Available at <https://www.iso.org/standard/68383.html>, 2018.
- [5] RTCA, Inc. and EUROCAE, *DO-178C: Software Considerations in Airborne Systems and Equipment Certification*, Available at <https://www.rtca.org>, 2011.
- [6] International Electrotechnical Commission, *IEC 61508: Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems*, Available at <https://webstore.iec.ch/publication/22273>, 2010.

8. Persona docente

El curso será impartido por:

Juan José Montero Jimenez, Ph.D.

Doctorado en Ingeniería Industrial e Informática. Universidad de Toulouse. Francia.

Máster en ciencias en Ingeniería Aeroespacial. ISAE-SUPAERO. Francia.

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

Correo: juan.montero@itcr.ac.cr Teléfono: 25509338

Oficina: 5 Escuela: Ingeniería Electromecánica Sede: Cartago

Programa del curso PI-0502

Estadística aplicada

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Carrera de Ingeniería Electromecánica (tronco común)

I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

1. Datos generales

Nombre del curso:	Estadística aplicada
Código:	PI-0502
Tipo de curso:	Teórico
Obligatorio o electivo:	Obligatorio
Nº de créditos:	2
Nº horas de clase por semana:	3
Nº horas extraclasses por semana:	3
Ubicación en el plan de estudios:	Curso de 5 ^{to} semestre en Ingeniería Electromecánica (tronco común)
Requisitos:	MA-2104 Cálculo superior
Correquisitos:	Ninguno
El curso es requisito de:	EE-0602 Fiabilidad y disponibilidad de sistemas electromecánicos
Asistencia:	Libre
Suficiencia:	Sí
Possibilidad 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 *Estadística aplicada* aporta en el desarrollo del siguiente rasgo del plan de estudios: aplicar herramientas estadísticas para diseñar experimentos, evaluar datos con rigor científico, y garantizar la confiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad y seguridad en sistemas electromecánicos.

Los aprendizajes que los estudiantes desarrollarán en el curso son: diseñar experimentos considerando principios estadísticos que garanticen la validez de los datos obtenidos; analizar datos experimentales mediante técnicas estadísticas que extraigan información relevante; aplicar fundamentos de probabilidad necesarios para la interpretación de experimentos y pruebas de hipótesis; y utilizar software especializado para el procesamiento y análisis de datos en estudios experimentales.

Para desempeñarse adecuadamente en este curso, los estudiantes deben poner en práctica lo aprendido en el curso de: Cálculo superior.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos de: Fiabilidad y disponibilidad de sistemas electromecánicos, Administración de proyectos, y Elementos de máquinas.

3. Objetivos

Al final del curso la persona estudiante será capaz de:

Objetivo general

- Aplicar metodologías de diseño de experimentos y herramientas estadísticas para la obtención y el análisis de datos en ingeniería.

Objetivos específicos

- Diseñar experimentos considerando principios estadísticos que garanticen la validez de los datos obtenidos.
- Analizar datos experimentales mediante técnicas estadísticas que extraigan información relevante.
- Aplicar fundamentos de probabilidad necesarios para la interpretación de experimentos y pruebas de hipótesis.
- Utilizar software especializado para el procesamiento y análisis de datos en estudios experimentales.

4. Contenidos

En el curso se desarrollaran los siguientes temas:

1. Fundamentos de estadística descriptiva
 - 1.1. Introducción a la estadística en ingeniería
 - 1.2. Tipos de datos y escalas de medición
 - 1.3. Organización y presentación de datos
 - 1.4. Medidas de tendencia central
 - 1.5. Medidas de dispersión
 - 1.6. Análisis gráfico: Histogramas, Boxplots, identificación de valores atípicos.
- Fundamentos de probabilidad

- 1.6.1. Postulados de probabilidad
- 1.7. Modelos de confiabilidad y los postulados de probabilidad
- 1.8. Condicionalidad, árbol y tabla de Probabilidad
- 1.9. Distribución empírica
2. Distribuciones de probabilidad
 - 2.1. Distribuciones discretas: binomial y Poisson.
 - 2.2. Distribución normal
 - 2.3. Distribuciones muestrales: t-student, Chi-cuadrado y F
 - 2.4. Distribución Gamma
 - 2.5. Distribución Exponencial
3. Prueba hipótesis
 - 3.1. Pruebas de normalidad y teorema del límite central
 - 3.2. Concepto de prueba hipótesis y errores tipo I y II
 - 3.3. Estimación
 - 3.4. Prueba hipótesis de una y dos medias
 - 3.5. Prueba hipótesis de una y dos varianzas
 - 3.6. Pruebas de equivalencia y pruebas de Poisson
 - 3.7. Potencia de la prueba y tamaño de muestra

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:

- Diseñarán experimentos a la medida basados en estudios de caso.
- Analizarán datos experimentales aplicando principios estadísticos.
- Utilizarán software especializado para procesar y analizar datos.

Este enfoque metodológico permitirá a la persona estudiante aplicar metodologías de diseño de experimentos y herramientas estadísticas para la obtención y el análisis de datos en ingeniería

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] D. C. Montgomery y G. C. Runger, *Applied statistics and probability for engineers*. John Wiley & Sons, 2020.

8. Persona do- cente

El curso será impartido por:

Mag. Rellenar
Rellenar

Correo: xxx@itcr.ac.cr Teléfono: 0

Oficina: 0 Escuela: Ingeniería en Producción Sede: Cartago