

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</i> : EE-4806 Instalaciones eléctricas. <i>Énfasis en Aeronáutica</i> : EE-4806 Instalaciones eléctricas. <i>Énfasis en Sistemas Ciberfísicos</i> : 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 *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 el curso de: Análisis de circuitos II.

Una vez aprobado este curso, los estudiantes podrán emplear algunos de los aprendizajes adquiridos en los cursos 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 permeancia 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 estatóricas, estrella-delta, devanado partido, 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