



## PROGRAMA DEL CURSO

<b>Nombre del Curso</b>	:	<b>Máquinas Eléctricas</b>
<b>Sigla</b>	:	EI-0017
<b>Créditos</b>	:	4
<b>Requisitos</b>	:	EI-0014
<b>Correquisitos</b>	:	No tiene
<b>Clasificación</b>	:	
<b>Ciclo y año</b>	:	I ciclo 2024
<b>Horario</b>	:	L, J 18 a 19:50 ( virtual) , J 13 a 15:50 (presencial)
<b>Modalidad</b>	:	Bimodal
<b>Grado Virtualidad</b>	:	Virtual Teoría, presencial Laboratorio
<b>Profesor</b>	:	Paola Montero Sánchez (Laboratorio) Pablo Jiménez Mora (Teoría)
Correo:		<a href="mailto:paola.monterosanchez@ucr.ac.cr">paola.monterosanchez@ucr.ac.cr</a> Teams: <a href="https://goo.su/Qiy5zP">https://goo.su/Qiy5zP</a> <a href="mailto:pablo.jimenezmora@ucr.ac.cr">pablo.jimenezmora@ucr.ac.cr</a>

## DESCRIPCIÓN DEL CURSO

El curso de *Máquinas Eléctricas* es la continuación del curso *Circuitos Magnéticos y Transformadores*. En este curso se introduce y explica la teoría de las máquinas eléctricas giratorias de aplicación industrial, comercial y residencial. Adicionalmente, el estudiante adquiere las destrezas necesarias para entender, explicar y modelar matemáticamente las máquinas de inducción monofásicas, las máquinas sincrónicas y las máquinas de corriente continua, todas en régimen permanente.

## OBJETIVO GENERAL

Entender el principio de funcionamiento de las máquinas eléctricas rotativas y modelar la máquina de inducción monofásica, la máquina sincrónica y la máquina de corriente continua, en régimen permanente.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Al finalizar el curso los estudiantes estarán en capacidad de:



1. Reconocer y describir los principios básicos de funcionamiento de las máquinas eléctricas rotativas.
2. Modelar con destreza la máquina de inducción monofásica, la máquina sincrónica y la máquina de corriente continua en régimen permanente. □
3. Resolver problemas de aplicación práctica relativos a las máquinas eléctricas mencionadas.

## **CONTENIDOS**

### **Principios generales de las máquinas eléctricas**

- 1.1. Introducción
- 1.2. Elementos básicos de máquinas eléctricas
- 1.3. Colector de anillos y colector de delgas
- 1.4. Devanados  $\alpha\theta$
- 1.5. Pérdidas y calentamiento
- 1.6. Potencia asignada y nominal
- 1.7. Rendimiento
- 1.8. F.m.m.y campo magnético en el entrehierro
- 1.9. F.e.m inducida en un devanado de una máquina eléctrica
- 1.10 Clasificación de las máquinas eléctricas

### **Máquinas asíncronas**

- 2.1. Introducción
- 2.2. Aspectos constructivos
- 2.3. Principio de funcionamiento
- 2.4. Circuito equivalente del motor asíncrono
- 2.5. Ensayos del motor asíncrono
- 2.6. Balance de potencias
- 2.7. Par de rotación
- 2.8.\*Diagrama del círculo
- 2.9. Arranque
- 2.10. Motores de doble jaula de ardilla
- 2.11. Regulación de la velocidad
- 2.12. Dinámica del motor asíncrono
- 2.13. Motor de inducción monofásico

### **Máquinas síncronas**

- 3.1. Introducción
- 3.2. Aspectos constructivos
- 3.3. Sistemas de excitación



- 3.4. Principio de funcionamiento de un alternador
- 3.5. Diagrama fasorial de un alternador. Regulación de tensión
- 3.6. Análisis lineal de la máquina sincrónica
- 3.7. Análisis no lineal de la máquina sincrónica
- 3.8. Regulación de tensión en las máquinas sincrónicas
- 3.9. Funcionamiento de un alternador en una red aislada
- 3.10. Acoplamiento de un alternador a la red
- 3.11. Potencias activas y reactivas desarrolladas por una red de potencia infinita
- 3.12. Funcionamiento de una máquina sincrónica acoplada a una red de potencia infinita
- 3.13. Funcionamiento en paralelo de alternadores
- 3.14. Motor sincrónicos

### **Máquinas de corriente continua**

- 4.1. Introducción
- 4.2. Aspectos constructivos
- 4.3. Principio de funcionamiento
- 4.4. Reacción de inducido
- 4.5. Conmutación
- 4.6. Generadores de c.c. Aspectos generales
- 4.7. Generadores de c.c. Característica de servicio
- 4.8. Motores de c.c. Aspectos generales
- 4.9. Motores de c.c. Características de servicio
- 4.10. Motor de c.c. Métodos de frenado
- 4.11. Motor monofásico de c.a. con colector de delgas
- 4.12. Motor de c.c. sin escobillas

### **ACTIVIDADES DEL CURSO**

El curso se desarrolla mediante clases magistrales y sesiones de práctica, complementadas con actividades adicionales como lecturas, tareas, problemas de diseño y trabajos de investigación. Para complementar la teoría se utilizan herramientas de simulación de circuitos (LVSIM), de computación científica (Python4, MATLAB) y de edición de texto para informes (Microsoft Word, LibreOffice, LATEX), aplicadas en actividades extraclase.

**Mediación Virtual:** La modalidad será bimodal por lo que el sitio se usará para la asignación de las clases virtuales, actividades sincrónicas y asincrónicas, incluidas las evaluaciones como entrega de tareas, quices, exámenes y proyectos. Todos los estudiantes deberán inscribirse al curso que corresponda al de su profesor en el sitio <https://mv1.mediacionvirtual.ucr.ac.cr>. Este será el medio de comunicación oficial entre los profesores y sus estudiantes. También se podrá utilizar el correo electrónico y el chat de la plataforma teams como medios oficiales.

**Trabajo semanal:** Se asignará tareas, proyectos y/o quices semanalmente de acuerdo con el avance del curso. El porcentaje de cada evaluación en este rubro se calculará de manera ponderada y el peso de cada evaluación será proporcional al trabajo que se requiere para completarlo.



Los quices, en caso de realizarse de manera virtual, deben realizarse con la cámara encendida, sin excepción. En caso de no tener cámara, se reprogramará el quiz de manera presencial.

### Teoría:

El curso se desarrolla mediante clases sincrónicas, que incluyen presentaciones de teoría, sesiones de práctica o repaso y talleres, complementadas con actividades adicionales asincrónicas como tareas, quices, foros, ejercicios, y lecturas. Para complementar algunas clases, ejemplos y ejercicios, se utilizan herramientas de simulación como LVSIM, DesignSoft TINA y MATLAB® (o sus equivalentes).

Todo el material del curso, informes y tareas estarán disponibles a través del sitio de Mediación Virtual, el estudiante deberá subir las respuestas o archivos de las asignaciones en los espacios designados dentro del sitio. La comunicación entre profesor y estudiante se realizará a través de esta plataforma.

Cuando el estudiante requiera espacios de consulta con el profesor, deberá solicitar una cita con anticipación y posteriormente se agendará la sesión en Zoom o Teams durante el horario de atención al estudiante:

Teoría Miércoles de 6 a 9 pm.

Laboratorio L: 13:00 a 17:00 ó K de 8:00 a 10:00

Cada crédito asignado al curso equivale a 3 horas de trabajo por semana, siendo entonces 15 horas el total por semana para EI-0017, que se distribuyen de la siguiente forma:

<b>Actividad</b>	<b>Horas</b>
<i>Clase sincrónica</i>	4
<i>Sesión de laboratorio</i>	3
<i>Estudio</i>	4
<i>Asignaciones</i>	4

### Laboratorio:

Los experimentos de laboratorio se desarrollarán de manera presencial. Los temas que se cubrirán en los experimentos son los siguientes:

- Laboratorio 1: Motor de inducción monofásico.
- Laboratorio 2: Métodos de arranque del motor de inducción monofásico.
- Laboratorio 3: La máquina sincrónica.
- Laboratorio 4: Generador sincrónico de polos lisos con carga (operación aislada).
- Laboratorio 5: Características de estado estacionario del generador sincrónico.
- Laboratorio 6: Potencia y sincronización del generador al sistema (primera parte).
- Laboratorio 7: Potencia y sincronización del generador al sistema (segunda parte).
- Laboratorio 8: Motor sincrónico.
- Laboratorio 9: Generador de corriente continua. Excitación independiente.



- Laboratorio 10: La máquina de corriente continua autoexcitada.
- Laboratorio 11: El motor de corriente continua. Excitación independiente y autoexcitación paralelo.
- Laboratorio 12: El motor universal y el motor serie de corriente continua.

La asistencia al laboratorio es **obligatoria**, solo se admitirán ausencias justificadas por documentos válidos, en cuyo caso se repondrá la práctica experimental en una fecha a convenir.

La persona estudiante obtendrá una nota de cero como calificación final de un experimento del curso bajo cualquiera de las siguientes circunstancias:

- **Ausencia injustificada** a cualquiera de las sesiones de laboratorio.
- **Incumplimiento de la entrega** de cualquiera de los documentos solicitados.
- **Intento de fraude y/o plagio** en cualquiera de las evaluaciones.

Para cada laboratorio habrá una guía detallada, consultar las mismas desde el sitio virtual. La persona estudiante trabajará de manera grupal. El estudiante utilizará la plantilla proporcionada por el profesor, manteniendo el formato establecido.

Antes de cada práctica de laboratorio, el grupo de estudiantes deberá presentar al profesor, a través del sitio virtual, el anteproyecto donde se incluya el diseño de los circuitos del experimento, utilizando la plantilla, pero dejando vacías las secciones de Resultados, Análisis y Conclusiones. Una vez finalizada la sesión de laboratorio, el estudiante concluye su reporte haciendo uso del anteproyecto y completando las secciones faltantes. El reporte será entregado en el espacio habilitado del sitio virtual.

## EVALUACIÓN

Cada uno de los objetivos planteados para el curso se evaluarán mediante las siguientes actividades:

Clase	Actividad	Valor / %
Teoría	Examen 1: Temas 1 y 2	15
	Examen 2: Temas 1, 2 y 3	20
	Examen 3: Temas 1, 2, 3 y 4	20
	Quices	20
	Asignaciones extra clase	5
Laboratorio	Trabajo en laboratorio	10
	Anteproyectos	5
	Reportes	5

Los anteproyectos de los experimentos de laboratorio serán calificados según:

Sección	Valor
Formato	10.0%
Objetivos	5.0%
Nota teórica	30.0%



<i>Lista de equipos y lista de componentes</i>	10.0%
<i>Diseño</i>	30.0%
<i>Bibliografía</i>	5.0%
<i>Anexos</i>	10.0%

Mientras que los reportes serán calificados según:

<b>Sección</b>	<b>Valor</b>
<i>Formato</i>	10.0%
<i>Resumen y palabras clave</i>	10.0%
<i>Resultados experimentales</i>	30.0%
<i>Análisis de resultados</i>	30.0%
<i>Conclusiones</i>	20.0%

El archivo PDF a subir al sitio virtual debe nombrarse bajo el siguiente formato:

A0#S0#

R0#S0#

Para anteproyectos y reportes respectivamente, sustituyendo # por el número de experimento y número de subgrupo según corresponda.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Fraile, J; Máquinas Eléctricas, 5a edición, McGraw Hill, España, 2003.
2. Chapman, Stephen J. Máquinas Eléctricas. McGraw Hill. México. 2000.
3. Fitzgerald, A.; Máquinas Eléctricas, sexta edición, McGraw-Hill, México, 2003.
4. Wildi, T. Máquinas Eléctricas y Sistemas de Potencia, 6ta Edición, Prentice Hall, México, 2007.
5. Guru, Bhag. Máquinas Eléctricas y Transformadores. Alfaomega. México. 2009.
6. Kosow, Irving. Máquinas Eléctricas y Transformadores. Prentice Hall. México. 2008.
7. Garik, M.; Whipple, C. C. Máquinas de corriente alterna. México: CECSA, 1983.
8. Van Cutsem, T; Vournas, C. Voltage Stability of Electric Power Systems. Berlin: Springer, 1998.
9. Krause, P.; Wasynczuk, O.; Sudhoff, S. Analysis of Electric Machinery and Drive Systems. Segunda edición. Piscataway, New Jersey: IEEE Press, 2002



## COMENTARIOS ADICIONALES.

Según oficio SRP-CGD-44-2024, no se pueden realizar evaluaciones en las siguientes fechas:

Semana de Bienvenida	del 11 al 17 de marzo
Semana U	del 22 al 26 de abril
0es3	del 21 al 23 de mayo

Además, las personas estudiantes que participen en el Festival Universitario de las Artes y del Festival Interregional de las Artes, se les reprogramará cualquier evaluación.

Este curso se rige por el Reglamento de Régimen Académico Estudiantil de la Universidad de Costa Rica, disponible en [http://www.cu.ucr.ac.cr/normativ/regimen\\_academico\\_estudiantil.pdf](http://www.cu.ucr.ac.cr/normativ/regimen_academico_estudiantil.pdf).

Todas las evaluaciones serán individuales a menos que se indique lo contrario, por lo que de detectarse cualquier intento de plagio, se tomarán las medidas correspondientes.

Para los exámenes el profesor brindará el formulario correspondiente a la materia a evaluar. Los estudiantes no pueden tener ningún tipo de dispositivo electrónico diferente a la calculadora, sino se considera plagio.

En todo momento dentro del espacio del curso, se respetará lo indicado en el reglamento sobre hostigamiento sexual de la Universidad de Costa Rica.

Los laboratorios empiezan en la semana 1, deben venir sin excepción con pantalón largo, zapato cerrado y camisa con mangas



Cronograma	Actividad
lunes, 11 de marzo de 2024	Tema 1.1, 1.2
jueves, 14 de marzo de 2024	Tema 1.3, 1.4
lunes, 18 de marzo de 2024	Tema 1.5, 1.6
jueves, 21 de marzo de 2024	Tema 1.7, 1.8
lunes, 25 de marzo de 2024	Tema 1.9, 1.10.
jueves, 28 de marzo de 2024	Tema 2.1, 2.2
lunes, 1 de abril de 2024	<b>Quiz Número 1 - Tema 1 - 5%</b>
jueves, 4 de abril de 2024	Tema 2.3, 2.4
lunes, 8 de abril de 2024	Tema 2.4, 2.5.
jueves, 11 de abril de 2024	Tema 2.6, 2.7
lunes, 15 de abril de 2024	Tema 2.8, 2.9
jueves, 18 de abril de 2024	Tema 2.10, 2.11
lunes, 22 de abril de 2024	Tema 2.12, 2.13
jueves, 25 de abril de 2024	Tema 3.1, 3.2
lunes, 29 de abril de 2024	Tema 3.3, 3.4
jueves, 2 de mayo de 2024	<b>Quiz Número 2 - Temas 1 y 2 - 5%</b>
lunes, 6 de mayo de 2024	<b>Primer Examen Parcial Temas 1 y 2 - 15%</b>
jueves, 9 de mayo de 2024	Tema 3.5, 3.6
sábado, 11 de mayo de 2024	Tema 3.7, 3.8
lunes, 13 de mayo de 2024	Tema 3.9, 3.10
jueves, 16 de mayo de 2024	Tema 3.11, 3.12
lunes, 20 de mayo de 2024	Tema 3.13, 3.14
jueves, 23 de mayo de 2024	Tema 4.1, 4.2
lunes, 27 de mayo de 2024	<b>Quiz número 3. Temas 1, 2 y 3 - 5%</b>
jueves, 30 de mayo de 2024	Temas 4.2, 4.3
lunes, 3 de junio de 2024	<b>Segundo Examen Parcial Temas 1, 2 y 3 - 20%</b>
jueves, 6 de junio de 2024	Temas 4.4, 4.5
lunes, 10 de junio de 2024	Tema 4.6, 4.7
jueves, 13 de junio de 2024	Tema 4.8, 4,9
lunes, 17 de junio de 2024	Tema 4.10
jueves, 20 de junio de 2024	Tema 4.11, 4.12
lunes, 24 de junio de 2024	<b>Quiz número 4, acumulativo hasta el tema 4.7- 5%</b>
jueves, 27 de junio de 2024	Repaso.
lunes, 1 de julio de 2024	Repaso.
jueves, 4 de julio de 2024	<b>Tercer examen Parcial acumulativo - 20%</b>
A convenir.	<b>Examen de ampliación</b>