

Asignatura: **Máquinas Eléctricas**

Código: 10-09109

RTF

10

Semestre: 7mo

Carga Horaria

96

Bloque: Tecnologías Aplicadas

Horas de Práctica

20

Departamento: Electrotecnia

**Correlativas:**

- Correlativa 1: Elementos y Equipos Eléctricos

**Contenido Sintético:**

1. Transformadores
2. Máquinas Eléctricas Asíncronas
3. Máquinas Eléctricas Síncronas
4. Máquinas Eléctricas de Corriente Continua

**Competencias Genéricas:**

- **CG 1.** Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- **CG 2.** Competencia para concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).
- **CG 4.** Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de la ingeniería
- **CG 5.** Competencia para contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas.

Aprobado por HCD: 847-HCD-2023

RES: Fecha: 2/11/2023

### **Competencias Específicas:**

- **CE 1.1.9** Conocer las funciones principales y las partes de las máquinas eléctricas, (motores asincrónicos, sincrónicos y de corriente continua, generadores y transformadores).
- **CE 1.1.10** Seleccionar y aplicar las máquinas eléctricas (motores asincrónicos, sincrónicos y de corriente continua, generadores y transformadores), en los sistemas eléctricos.

## **Presentación**

Máquinas Eléctricas es una asignatura que se cursa en Cuarto año (séptimo semestre) de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, forma parte del bloque de tecnologías aplicadas y contribuye a los descriptores Elementos y Sistemas Eléctricos de Potencia, Instalaciones industriales y Conceptos de Máquinas Eléctricas.

Los contenidos de la asignatura contemplan el perfil del graduado de esta Carrera, que tendrá amplios conocimientos de electricidad, mecánica, materiales, diseño e instalaciones de equipos.

En concordancia con el perfil del futuro profesional, esta asignatura aporta conocimientos para:

- Proyecto, diseño y cálculo de máquinas, equipos, dispositivos, instalaciones y sistemas eléctricos y/o mecánicos.
- Identificación, formulación y resolución de problemas de ingeniería electromecánica. para proyectar, diseñar y calcular máquinas,
- Concepción, diseño y desarrollo de proyectos de ingeniería electromecánica. Utilización de técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería electromecánica.
- Generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas.

El conocimiento de las Máquinas Eléctricas y su aplicación ubica al profesional en un ámbito tecnológico que le permitirá tomar decisiones técnicas sólidas en el campo específico.

En esta asignatura se pretende

- Transferir al alumno los conocimientos necesarios que le permitan resolver los problemas vinculados a los procesos de transformación de la energía eléctrica y aquellos relacionados con la conversión de la energía electromecánica en las máquinas eléctricas (transformadores, máquinas asincrónicas, máquinas de corriente continua y máquinas sincrónicas).

## **Contenidos**

### **1. Unidad 1: Consideraciones generales sobre máquinas eléctricas**

- 1.1. Consideraciones generales sobre constitución y clasificación de las máquinas eléctricas.
- 1.2. Pérdidas eléctricas, magnéticas, mecánicas y adicionales. Rendimiento.
- 1.3. Calentamiento.
- 1.4. Conceptos y leyes fundamentales de electromagnetismo y de la mecánica, de aplicación en máquinas eléctricas.
- 1.5. Magnetismo. Circuitos magnéticos aplicados a las máquinas eléctricas.

## **2. Unidad 2: Transformadores**

### 2.1. Transformadores Monofásicos y trifásicos

- 2.1.1. Transformador elemental. Detalles constructivos básicos. Flujos concatenados e inductancias.
- 2.1.2. Funcionamiento en vacío.
- 2.1.3. Condiciones físicas de funcionamiento del transformador. Circuitos equivalentes real, aproximados, sin reducir y reducido. Transformador ideal. Funcionamiento para distintas cargas
- 2.1.4. Funcionamiento del transformador en carga. Potencia, corrientes y tensiones nominales.
- 2.1.5. Funcionamiento en cortocircuito permanente. Estado magnético del núcleo. Tensión de cortocircuito.
- 2.1.6. Ensayos normalizados directos e indirectos. Realización de ensayos en vacío y cortocircuito.
- 2.1.7. Funcionamiento en paralelo de transformadores.
- 2.1.8. Características eléctricas de conexiones en estrella, triángulo y zigzag, fem inducida, Grupos de conexión normalizados, determinación gráfica y experimental de grupo de conexiones.

## **3. Unidad 3: Máquinas de Corriente Continua**

- 3.1. Principios de funcionamiento. Tipos y constitución. Arrollamientos
- 3.2. Magnitudes eléctricas, pérdidas, rendimiento.
- 3.3. Reacción del inducido.
- 3.4. Conmutación. Curvas características del generador y del motor. Usos principales de motores de corriente continua. Aplicaciones.

## **4. Unidad 4: Máquinas Síncronas**

- 4.1. Generalidades. Principio de funcionamiento. Constitución. Tipos. Factores de forma y amplitud. Funcionamiento en vacío. Fuerza electromotriz inducida. Arrollamientos. Armónicas en los generadores trifásicos.
- 4.2. Funcionamiento con carga. Dispersión. Reactancia de dispersión. Reacción del inducido. Reactancia Síncrona.
- 4.3. Diagrama vectorial. Curvas características. Circuito equivalente. Curvas en V. Potencia y par en las máquinas síncronas. Diagrama circular de la máquina síncrona. Diagrama de capacidad.
- 4.4. Operación del generador síncrono. Funcionamiento en paralelo. Cortocircuito.
- 4.5. El motor síncrono. Arranque del motor síncrono. Aplicaciones industriales. Características principales y usos específicos.

## 5. Unidad 5: Máquinas Asíncronas

- 5.1. Máquinas Asíncronas Trifásicas
  - 5.1.1. Campo alterno y campo giratorio. Deslizamiento y frecuencia del motor. Distribución de las corrientes en el inducido.
  - 5.1.2. Ecuaciones generales. Circuitos equivalentes y diagrama vectorial. Par en vatios síncronos. Características par- deslizamiento. Diagrama circular o de Heyland. Trazado del mismo a partir de ensayos.
  - 5.1.3. Definición de rotores de doble jaula y cortocircuitados. Rotores de ranura profunda y especial. Motores de núcleo macizo. Curvas características. Motores de usos especiales.
  - 5.1.4. Ensayos de las máquinas de inducción, pérdidas en vacío, curva de funcionamiento en vacío, pérdidas adicionales variables, deslizamiento.
- 5.2. Criterios de Selección de motores y aplicaciones
  - 5.2.1. Arranque y control de la velocidad del motor polifásico de inducción.
  - 5.2.2. Motores normalizados. Normas. Aplicaciones y criterios de selección. Aplicaciones especiales y normativa de seguridad.
- 5.3. Máquinas Asíncronas Monofásicas

## Metodología de enseñanza

- Clases teóricas - prácticas en aula.
- Resolución de ejercicios de aplicación.
- Trabajos prácticos de laboratorio.

En las clases teóricas - prácticas se pretende una participación activa de los alumnos, en donde al tiempo que el profesor expone los diversos temas se estimula a los mismos, mediante sucesivas consultas o pedidos de opinión a la clase en general, sobre el tema tratado y fundamentalmente cuando se aplican conceptos vistos en temas anteriores de la materia o de materias afines. Estas clases teóricas están orientadas a desarrollar en los alumnos la capacidad de diseñar, calcular y conocer el funcionamiento de circuitos y sistemas utilizados en Electrotecnia y en las Máquinas Eléctricas.

Las clases se complementan con ejemplos de aplicación o resolución de problemas según el caso. Los problemas son resueltos en conjunto por toda la clase, orientados por el profesor. El objetivo de estos ejemplos es doble: por una parte afirmar los conceptos teóricos y por otra generar en el alumno una conducta que le permita resolver nuevos ejercicios y problemas valiéndose de los conocimientos adquiridos.

En el laboratorio se desarrollan dos tipos de actividades: el desarrollo de los trabajos experimentales y la descripción detallada de las máquinas que se encuentran en el mismo.

Los alumnos deben confeccionar una carpeta donde figuren los problemas resueltos y los trabajos prácticos desarrollados en el laboratorio, con los circuitos empleados, las mediciones realizadas, los resultados logrados y las conclusiones.

Las metodologías y estrategias de enseñanza son tendientes a:

Orientar el trabajo del estudiante para potenciar su autonomía, el trabajo colaborativo y la toma de decisiones.

Desarrollar en el estudiante la capacidad para coordinar y trabajar en equipo en actividades grupales, que posibiliten la comunicación, el intercambio, argumentación de ideas, la reflexión, la integración y la colaboración entre los estudiantes.

Aplicar actividades de búsqueda, selección y análisis de la información de distintas fuentes.

Proponer problemas que permitan al estudiante la integración de contenidos de la asignatura y entre distintas asignaturas, para su análisis y solución.

Emplear el aula invertida, realizando actividades y procesos de aprendizaje fuera del aula, propendiendo a desarrollar en el aula la discusión y aclaración de contenidos; fomentar el aprendizaje autónomo del estudiante.

## Evaluación

Las metodologías y estrategias de evaluación que se emplearán, se indican a continuación:

- Evaluación de resultados de aprendizaje. Rúbrica

Los alumnos deberán contestar de manera individual cuestionarios, ejercicios y problemas que se propongan en las clases.

- Evaluación de actividades de laboratorio. Rúbrica

Los alumnos deberán presentar los informes correspondientes a los trabajos de laboratorio.

- Evaluación de las unidades temáticas.

Se lleva a cabo mediante dos exámenes parciales teórico-prácticos consistentes en la resolución de problemas y respuestas a preguntas conceptuales al finalizar los temas correspondientes a transformadores y máquinas de corriente continua y a máquinas sincrónicas y máquinas asincrónicas.

## Condiciones de aprobación

### Regularización

Asistencia según Reglamento de alumnos de la FCEFYN.

Aprobación de 2 (dos) parciales, con el 50%. Los parciales son teórico-prácticos consistentes en la resolución de problemas y respuestas a preguntas conceptuales al finalizar los temas correspondientes a transformadores y máquinas de corriente continua y a máquinas sincrónicas y máquinas asincrónicas. Se podrá recuperar un solo parcial, cuya nota reemplazará a la nota del parcial que dio origen a la recuperación.

## - **Promoción**

- Asistencia según Reglamento de alumnos de la FCEFyN.
- Aprobación de 2 (dos) parciales, con el 70%. Los parciales son teórico-prácticos consistentes en la resolución de problemas y respuestas a preguntas conceptuales al finalizar los temas correspondientes a transformadores y máquinas de corriente continua y a máquinas sincrónicas y máquinas asincrónicas. Se podrá recuperar un solo parcial, cuya nota reemplazará a la nota del parcial que dio origen a la recuperación.
- Aprobación de los ejercicios y problemas que se propongan en las clases.
- Aprobación de cuestionarios que los alumnos deberán contestar de manera individual,
- Aprobación de los informes de Laboratorio
- Aprobación de un coloquio integrador.

## **Actividades prácticas y de laboratorio**

### **Trabajos Prácticos**

1. Leyes fundamentales
2. Calentamiento de máquinas eléctricas
3. Pérdidas
4. Circuitos magnéticos
5. Trazado de la característica en vacío
6. Cálculo de fuerza electromotriz. Factores de acortamiento y de distribución en máquinas sincrónicas.
7. Funcionamiento con carga de la máquina sincrónica. Dispersión. Reacción del inducido
8. Diagrama vectorial y triángulo de Potier. Regulación
9. Funcionamiento en paralelo.
10. El motor sincrónico.

### **Trabajos de Laboratorio**

1. Constitución y uso del medidor eléctrico de cupla con fuente de potencia.
2. Ensayos de vacío y de cortocircuito de un transformador.
3. Curvas características de transformadores.
4. Medición de las características de un generador de corriente continua.
5. Medición de las características de un motor con excitación serie y con excitación paralelo.
6. Medición de las características de máquinas sincrónicas trifásicas.
7. Ensayos de vacío y de rotor bloqueado de máquinas asincrónicas.
8. Curvas características de motores asincrónicos.

## Competencias y resultados de aprendizaje

Competencias Genéricas	Resultados de aprendizaje
<p><b>CG 1.</b> Competencia para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.</p>	<p><b>RA1.-</b> Aplica criterios de diseño para la evaluación de alternativas en la elección de máquinas eléctricas en un contexto particular</p> <p><b>RA2.-</b> Genera alternativas de solución a cada problema establecido, en las diferentes máquinas eléctricas, según su funcionamiento.</p>
<p><b>CG 2.</b> Competencia para concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos).</p>	<p><b>RA3.-</b> Desarrolla criterios de diseño para la evaluación de distintas alternativas, seleccionando las máquinas eléctricas más adecuadas en un contexto particular.</p> <p><b>RA4.-</b> Utiliza los parámetros y características de funcionamiento de las máquinas eléctricas, para realizar un diseño, de acuerdo a la aplicación.</p> <p><b>RA5.-</b> Utiliza las herramientas de diseño con una visión creativa en la selección de los componentes de las máquinas eléctricas, para lograr un resultado técnica y económicamente viable,</p>
<p><b>CG 4.</b> Competencia para utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de la ingeniería</p>	<p><b>RA6.-</b> Selecciona de manera efectiva las técnicas y herramientas a aplicar en los distintos problemas que se resuelven en el laboratorio.</p> <p><b>RA7.-</b> Comprende el alcance del proyecto de una máquina eléctrica, para terminarlo en tiempo y forma con las técnicas y herramientas disponibles.</p> <p><b>RA8.-</b> Utilizar adecuadamente estándares, normas aplicables, seguridad, medioambiente, etc., en la ejecución del proyecto de una máquina eléctrica.</p>
<p><b>CG 5.</b> Competencia para contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas</p>	<p><b>RA9.-</b> Reconoce las aptitudes, habilidades y conocimientos, que permiten la realización de actividades alrededor de las nuevas tecnologías y el espacio digital para mejorar la calidad y plazos de desarrollo.</p>

Competencias Específicas	Resultados de aprendizaje
<p><b>CE 1.1.9</b> Conocer las funciones principales y las partes de las máquinas eléctricas, (motores asincrónicos, sincrónicos y de corriente continua, generadores y transformadores).</p>	<p><b>RA1</b> - Explicar los fenómenos físicos esenciales del funcionamiento de las diferentes máquinas eléctricas</p> <p><b>RA2</b>-Explicar la constitución de las máquinas eléctricas, sus tipos fundamentales y sus principales relaciones métricas, utilizando correctamente la nomenclatura.</p> <p><b>RA3</b> - Definir el conjunto de leyes físicas en las cuales se basa el funcionamiento de las máquinas eléctricas.</p> <p><b>RA4</b> - Determinar las funciones principales de cada una de las partes de las máquinas eléctricas e integrarlas en sus funciones globales, mediante conceptos, leyes, principios, teorías, etc., técnico científicas</p> <p><b>RA5</b> -Identificar las magnitudes, coeficientes y constantes propias de las máquinas eléctricas, deduciendo las ecuaciones o funciones que las vinculan o definen.</p> <p><b>RA6</b> - Determinar los valores numéricos de las magnitudes, coeficientes, constantes, etc, mediante cálculos analíticos o gráficos (diagramas vectoriales, de círculo, etc.) interpretando los resultados en estado de funcionamiento en régimen permanente.</p>
<p><b>CE 1.1.10</b> Seleccionar y aplicar las máquinas eléctricas (motores asincrónicos, sincrónicos y de corriente continua generadores y transformadores, en los sistemas eléctricos.</p>	<p><b>RA7</b> - Seleccionar la máquina eléctrica apropiada para las distintas etapas dentro del sistema eléctrico, como generación, transporte, distribución, industrial y generación distribuida.</p> <p><b>RA8</b> -Evaluar cualitativa y cuantitativamente las funciones principales y globales de las máquinas eléctricas mediante cálculos teóricos y ensayos de laboratorio.</p> <p><b>RA9</b> - Seleccionar adecuadamente las máquinas eléctricas de mayor utilización en los procesos de transformación y conversión electromecánica de la energía.</p>

## Bibliografía

- Marcelo Antonio Sobrevila, (2000), Máquinas Eléctricas, Editorial Alsina, 308 pág.
- Erico Spinadel, (1984), Transformadores, Editorial Nueva Librería, 163 pág.



- M. Kostenko – L. Piotrovsky, (1968), Máquinas Eléctricas, Editorial Pueblo y Educación, 714 pág.
- E.E. STAFF – M.I.T., (1965), Circuitos Magnéticos y Transformadores, Editorial Reverté, 700 pág.
- Manuel Cortes, (1974), Curso Moderno de Máquinas Eléctricas Rotativas, Tomo II,III y IV. Máquinas de Corriente Alterna Asíncronas, Editores Técnicos Asociados SA.
- A.E. Fitzgerald- Charles Kingsley Jr.- Stephen D Umans, (2004), Máquinas Eléctricas, Editorial Mc Graw Hill Sexta Edición, 682 pág.
- Stephen J. Chapman, (2007), Máquinas Eléctricas, Editorial Mac Graw Hill 4ta Edición, 746 pág.
- Claudio Oscar Dimenna- Juan Carlos Stecca, (2015), Cálculo y Construcción de Transformadores, Editorial EUEM, 292 pág.
- Enrique Ras, (1994), Transformadores de potencia, de medida y de protección, Ediciones Marcombo, 7ma Edición, 283 pág.
- Guillermo Ortega Gómez- Milagros Gómez Alós- Alfonso Bachiller Soler, (2002), Problemas Resueltos de Máquinas Eléctricas, Editorial Thomson, 207 pág.
- La Escuela del Técnico Electricista. Alfred Holtz. Editorial Labor. Tomos IV y V