



**PROGRAMA ANALÍTICO**

**DEPARTAMENTO: ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA: INGENIERÍA ELECTRICISTA**

**ASIGNATURA: MÁQUINAS ELÉCTRICAS II**

**CÓDIGO: 0460**

**AÑO ACADÉMICO: 2019**

**PLAN DE ESTUDIO: 2004**

**UBICACIÓN EN EL PLAN DE ESTUDIO: 1ER. CUATRIMESTRE DE 4TO. AÑO**

**MODALIDAD DE CURSADO: PRESENCIAL**

**DOCENTE A CARGO: Dr. Juan Carlos Gómez – Profesor Titular Exclusivo**

**EQUIPO DOCENTE:** Dr. Juan Carlos Gómez – Profesor Titular Exclusivo  
Ing. Norberto Gabriel Campetelli – Profesor Asociado Exclusivo  
Ing. Edgardo Fernando Florena – Profesor Adjunto Exclusivo  
Ing. Leonardo Sánchez – Ayudante de Primera Semi-Exclusivo

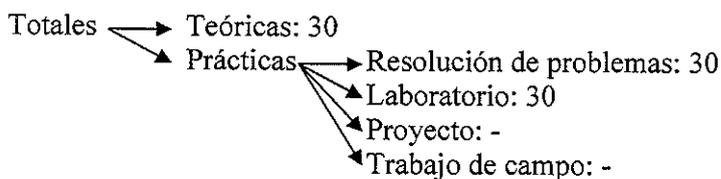
**RÉGIMEN DE ASIGNATURAS: (\*)**

<i>Aprobada</i>	<i>Regular</i>
0425	0459

*(\*) Para cursar asignaturas de cuarto año en adelante se debe haber rendido Inglés Nivel I y II*

**ASIGNACIÓN DE HORAS:**

Semanales: 6



**CARÁCTER DE LA ASIGNATURA:** Obligatoria



## **1. OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA:**

Dar al alumno una formación básica en el estudio y comprensión física de los principios fundamentales del funcionamiento de las máquinas eléctricas. Se incluyen los estudios de máquinas sincrónicas, asincrónicas y máquinas especiales. Se da una fuerte orientación a la aplicación industrial de los tipos de máquinas mencionados, reforzándola a través de la realización de prácticas de laboratorio de todas las máquinas estudiadas, resolución de problemas y complementada con modelado y simulación a través de Matlab.

## **2. CONTENIDOS:**

### **CAPÍTULO 1.**

La máquina sincrónica elemental. Tensión generada. FMM del arrollamiento de armadura. Campo magnético giratorio. Estudio analítico y gráfico. Cupla en máquinas de rotor cilíndrico.

### **CAPÍTULO 2.**

Máquinas síncronas, régimen permanente. Ondas de flujo y Fmm en máquinas síncronas. Las máquinas síncronas como impedancia. Características en circuito abierto y pérdidas en vacío. Características en corto circuito y pérdidas en carga.

### **CAPÍTULO 3.**

Características operativas de régimen permanente. Características potencia-ángulo en régimen permanente. Efectos de los polos salientes, Introducción a la teoría de las dos reacciones, Flujo y ondas de Fmm, Aspectos del circuito equivalente. Características de potencia-ángulo en máquinas de polos salientes. Ensayo de deslizamiento. Determinación de las impedancias y reactancias de secuencia +, - y 0.

### **CAPÍTULO 4.**

Acoplamiento de generadores síncronos. Funcionamiento en paralelo de generadores síncronos. Sincronización. Indicadores de sincronismo, lámparas de sincronización. Repartición de las cargas activas y reactivas.

### **CAPÍTULO 5.**

Transitorios de la máquina sincrónica.

Cuadro físico aproximado. Circuito equivalente para condiciones transitorias. Aplicación a transitorios del sistema. Cortocircuito simétrico y asimétrico.

Dinámica de las máquinas síncronas, ecuación electromecánica básica, análisis linealizado, análisis no lineal. Dinámica de las máquinas de inducción.

### **CAPÍTULO 6.**

Teoría fundamental de los motores polifásicos de inducción.

Máquina elemental. Características constructivas. Principio de funcionamiento. Ondas de flujo y f.m.m. Referencias de las cantidades rotóricas al estator. Circuito equivalente. Análisis del circuito equivalente. Aplicación del teorema de Thevenin.

### **CAPÍTULO 7.**

Máquinas de inducción. Curvas normalizadas cupla-deslizamiento. Efecto de la resistencia rotórica: rotor bobinado, doble jaula y jaula de barra profunda. Control y regulación de la velocidad: distinto número de polos, frecuencia variable, regulación de tensión, cambio resistencia rotórica, conexión en cascada y dispositivos auxiliares. Efecto de las armónicas espaciales en el flujo, arrastre.



Diagrama de círculo de potencia.

Funcionamiento como generador. Excitación por capacitores, red y alternador. Toma y división de la carga. Consideración de la aplicación de motores, Curvas características, Arrancadores: estrella-triángulo, autotransformador, a inductancias y a resistencias.

### **CAPÍTULO 8.**

Motores fraccionales de corriente alterna. Motores de inducción monofásicos. Arranque y marcha de los motores de inducción y síncronos monofásicos, motores de fase partida, motor con condensador, motor con espira de sombra, motor con arranque por reluctancia, motor de histéresis. Motores serie, motores universales. Teoría de campos rotativos en motores de inducción monofásicos. Funcionamiento desequilibrado de máquinas bifásicas simétricas. Motores bifásicos para sistemas de control. Motores de impulso. Tacómetros de corriente alterna.

### **CAPÍTULO 9.**

Maquinas de Inducción Especiales:

Motor de inducción lineal, Motores de flujo axial, Motores tubulares, Motores seudotubulares, Motores lineales de alta velocidad.

Máquinas para tracción de rotor laminar., accionamiento para ferrocarriles. Motores auto-oscilantes. Levitación por inducción. Bombas para metales líquidos, Cintas transportadoras.

### **3. METODOLOGIA DE ENSEÑANZA:**

La metodología de la enseñanza se basa en las clásicas clases teóricas con el auxilio de tiza – pizarrón, cañón digital y retroproyector. Complementada con trabajos prácticos de laboratorio con elevada rigurosidad, prácticamente a nivel industrial, con la solución de problemas numéricos, conjuntamente con modelado y simulación utilizando Matlab. Esto se presenta en el cronograma de actividades ANEXO I.

### **4. MODALIDAD DE EVALUACIÓN:**

La evaluación se realiza en base a los trabajos prácticos y a dos parciales. El alumno debe haber asistido al 80 % de las clases prácticas, presentar la totalidad de los informes de ensayo y la carpeta de problemas resueltos para obtener la regularidad.

### **5. EXÁMENES PARCIALES:**

5.1. Para rendir un examen parcial, el alumno debe tener aprobados todos los informes de laboratorio, realizados hasta la semana anterior a la fecha del parcial, de acuerdo con el pto. 8.1.

5.2. Durante el cuatrimestre el alumno debe aprobar dos exámenes parciales teóricos- prácticos (resolución de problemas), con una calificación no menor a cinco (5) para cada parte. La calificación de cada parcial se verá afectada por un coeficiente que depende de la cantidad de preguntas aprobadas de los coloquios realizados previos al inicio de cada Trabajo práctico de Laboratorio hasta la fecha del examen parcial.

Ej : Cantidad de preguntas antes del 1er Parcial=10

1) Aprobadas  $\geq 70\%$  coeficiente que afecta nota del parcial =1

2) Aprobada  $< 70\%$  coeficiente que afecta nota del parcial = 0.90

Esto significa que si calificación del parcial es de 5 (cinco), ésta se verá afectada de la siguiente forma:

- Caso 1) Nota\* coeficiente =  $5*1= 5$  (Aprobado)
- Caso 2) Nota\* coeficiente =  $5*0.90= 4.5$  (Desaprobado)



5.3. El alumno tendrá la posibilidad de tener un examen recuperatorio teórico-práctico por cada parcial, aprobándose con una calificación no menor a cinco (5) cada una de las partes.

5.4. El alumno al final del cuatrimestre, debe presentar una carpeta con todos los Trabajos Prácticos Aprobados.

## 6. CONDICIONES DEL ALUMNO AL FINAL DEL CUATRIMESTRE

6.1. Al final del cuatrimestre, el alumno que cumpla con los requisitos del punto 4, quedará en la condición de **Alumno Regular**.

6.2. Aquel alumno que no cumpla con los puntos anteriores, quedará en la condición de **Alumno Libre**.

## 7. EXÁMENES FINALES

7.1. El alumno en la condición de **Regular**, rendirá un examen final dividido en dos partes:

- 1) resolución de problemas y
- 2) un examen teórico, debiendo aprobarlos en orden

Ej: Aprobar el primero para poder acceder al segundo

7.2. El alumno en la condición de **Libre**, deberá cumplir con los siguientes requisitos.

- 1) aprobar el día anterior al examen final un precoloquio que consiste en preguntas teóricas prácticas,
- 2) Aprobado el ítem 1), realizar y aprobar un trabajo práctico de laboratorio, en el cual deberá explicar cómo se realiza y cuál es el objetivo del mismo.
- 3) Aprobado éste, podrá rendir examen Final de acuerdo con el pto 7.1.

## 8. INFORMES DE LABORATORIO

### 8.1 Aprobación y plazo de los informes de Laboratorio

La aprobación de los prácticos es con calificación  $\geq 7$ .

Los informes de los trabajos prácticos (T.P.) tendrán fecha de entrega y se deben presentar 10 días corridos después de su realización, pasado este período, se le descontará 1 pto. de la nota por cada día de atraso.

Los mismos pueden ser presentados en forma individual o en grupo de dos integrantes como máximo.

Al final del cuatrimestre todos los alumnos deben presentar una carpeta con todos los T.P. aprobados.

### 8.2 Formato de los informes de Laboratorio

Los informes de los laboratorios deben tener los siguientes requisitos básicos:

Caratula

Objetivos

Descripción de los instrumentos utilizados.

Desarrollo

Datos, figuras, diagramas y tablas de valores medidos / obtenidos.

Conclusión final

Firma.



**ANEXO I**  
**CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES:**

Nº	Fecha	Docente	Temas Teóricos	Trabajos Prácticos	Observaciones
1	13-mar	JG+GC+EF	Temas 1 al 4: Máquina Sincrónica Elemental	Explicación del Régimen de cursado y aprobación. Descripción de laboratorio y algunas medidas. Problemas de repaso	09 a 12 hs. 4 Al.
2	20-mar	JG	Temas 5 a 7. Cupla en máquina de rotor cilíndrico.	-----	09 a 12 hs. 9 Al.
		GC+EF+LS	-----	TP N° 1 Característica en vacío y cortocircuito. Problemas MS 1 a 5 MATLAB	Comisión 1: 14-17hs Comisión 2:17-20 hs
3	27-mar	JG	Temas 8, 9 y 10 Características operativas de régimen permanente	-----	09 a 12 hs. 6 Al.
		GC+EF+LS	-----	TP N° 2 Característica externa y regulación. Problemas MS 6 a 9.	Comisión 1: 14-17hs Comisión 2:17-20 hs
4	3-abr	JG	Temas 11 a 12 Impedancias y reactancias de secuencia	-----	09 a 12 hs. 7 Al.
		GC+EF+LS	-----	TP N° 3, Comportamiento en carga de motor trifásico, Curvas V.	Comisión 1: 14-17hs Comisión 2:17-20 hs
5	10-abr	JG	Temas 13 y 14. Transitorios y dinámica	-----	09 a 12 hs. 11 Al.
		GC+EF+LS	-----	TP N° 4, Reactancias de secuencia, ensayo en deslizamiento.	Comisión 1: 14-17hs Comisión 2:17-20 hs
6	17-abr	JG	Temas 1 a 9. Máquina Asincrónica elemental	-----	09 a 12 hs. 9 Al.
		GC+EF+LS	-----	TP N° 5, Máquina Sincrónica. Funcionamiento en paralelo	Comisión 1: 14-17hs Comisión 2:17-20 hs
7	24-abr	JG	Temas 10 a 13 Curvas Normalizadas T-s. Aplicaciones de motores.	-----	09 a 12 hs. 11 Al.
		GC+EF+LS	-----	TP N° 6 Cortocircuito de generadores sincrónicos.	Comisión 1: 14-17hs Comisión 2:17-20 hs
8			-----	TP N° 7, Motor asincrónico. Ensayo directo en freno.	Comisión 1: 14-17hs Comisión 2:17-20 hs



9	15-may	JG	Tema 14, Arranque de motores de inducción y arrancadores.	-----	9 a 12 hs. 11 Al.
		GC+EF+LS	-----	TP N° 8, Diagrama de círculo. Problemas	Comisión 1: 14-17hs Comisión 2:17-20 hs
10	22-may	JG	Temas 15 y 16. Diagrama de círculo y generador asíncrono.	-----	9 a 12 hs. 11 Al.
		GC+EF+LS	-----	TP N° 10, Arranque estrella triángulo y autotransformador. Resistencias Rotóricas.	Comisión 1: 14-17hs Comisión 2:17-20 hs
11	29-may	JG	Temas 17 y 22. Motor potencia fraccionaria	-----	9 a 12 hs. 12 Al.
		GC+EF+LS	-----	TP N° 9, Motor asíncrono como generador	Comisión 1: 14-17hs Comisión 2:17-20 hs
12	05-jun	JG	Temas 1 a 12. Máquinas de inducción especiales y Tracción Eléctrica	-----	9 a 12 hs. 7 Al.
		GC+EF+LS	-----	N° 11, Ensayo directo de motor monofásico con freno. N° 12, Motor trifásico con alimentación monofásica. Problemas MAs 29 y 30.	Comisión 1: 14-17hs Comisión 2:17-20 hs
13	12-jun	JG	Clase de Repaso		9 a 12 hs. X Al.
		GC+EF+LS	-----	N° 13, Generación sincrónica con máquina asincrónica excitada por rotor	Comisión 1: 14-17hs Comisión 2:17-20 hs
14					
15			Recuperatorios Parciales 1 y 2		Entrega de regularidades

JG: Juan C. Gómez; GC: Gabriel Campetelli, EF: Edgardo Florena, LS: L. Sanchez.

**HORARIOS DE CLASES:**

Miércoles de 9 a 12 h.  
Miércoles de 14 a 20 h.

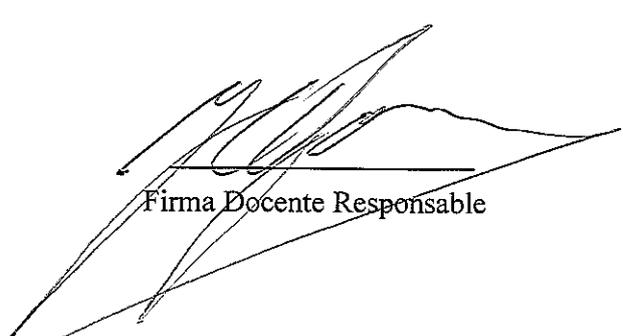
**HORARIOS DE CONSULTA:**

Lunes de 10 a 12 h.  
Miércoles de 10 a 12 h.

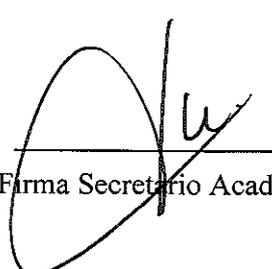


**BIBLIOGRAFÍA:**

Título	Autor/s	Editorial	Año de Edición	Ejemplares Disponibles
Electric Machinery	Fitzgerald, A. E.; Kingsley, C.; Umans, S.;	McGraw Hill	2013	10 (edición 2004)
Teoría de las máquinas de corriente alterna;	Langsdorf, Alexander S.;	McGraw Hill	1970	1
Máquinas de Inducción Especiales	Laithwaite, E.R.,	Labor	1976	1
Circuitos Magnéticos y Transformadores	Staff del MIT	Reverté	2003	3
Máquinas Eléctricas: estado dinámico y permanente	Thaler, J., Wilcox, M.	Limusa	1969	1
Apunte de Cátedra	Gómez, Juan Carlos	Fotocopia CEI, <a href="http://www.ing.unrc.edu.ar/claroline">www.ing.unrc.edu.ar/claroline</a>	2007	-
Electric Machinery Fundamentals	Chapman, Stephen	McGraw-Hill	2011	1
Special Electric Machines	Janadanan, E. G.	PHI Learning Private Limited	2014	-



Firma Docente Responsable



Firma Secretario Académico