



## PROGRAMA ANALÍTICO

**DEPARTAMENTO: ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA: INGENIERÍA ELECTRICISTA**

**ASIGNATURA: MÁQUINAS ELÉCTRICAS I**

**CÓDIGO: 0459**

**AÑO ACADÉMICO: 2016**

**PLAN DE ESTUDIO: 2004**

**UBICACIÓN EN EL PLAN DE ESTUDIO: 2DO. CUATRIMESTRE DE 3ER. AÑO**

**DOCENTE A CARGO: Ing. Daniel Tourn – Profesor Asociado**

**EQUIPO DOCENTE: Ing. Daniel Tourn – Profesor Asociado  
Ing. Edgardo Florena – Profesor Adjunto  
Ing. Sebastián Nesci – Ayudante de Primera**

**RÉGIMEN DE ASIGNATURAS: (\*)**

<i>Aprobada</i>	<i>Regular</i>
0402	0425
0405	-
0423	-

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

**ASIGNACIÓN DE HORAS:**

Semanales: 5

Totales → Teóricas: 30  
          → Prácticas → Resolución de problemas: 15  
                      → Laboratorio: 30  
                      → Proyecto: -  
                      → Trabajo de campo: -

**CARÁCTER DE LA ASIGNATURA: Obligatoria**



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

1.1.-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 transformadores y Máquinas de corriente continua. Además se realizan prácticas de laboratorio de todas las máquinas estudiadas.

## **2.- CONTENIDOS:**

### **CAPÍTULO 1.**

Componentes simétricas: Teoría general de componentes simétricas. Sistemas directo, inverso y homopolar. Operador “a”. Descomposición de un sistema trifásico desequilibrado en componentes simétricas. Aplicaciones de la teoría de componentes simétricas. Impedancias simétricas. Redes de secuencia.

Circuitos magnéticos: Propiedades de los materiales ferromagnéticos. Concepto de circuito magnético. Reluctancia. Ley de Hopkinson. Analogías entre circuitos eléctricos y magnéticos. Circuitos magnéticos con entrehierros. Diversos casos.

### **CAPÍTULO 2.**

Principios fundamentales de los transformadores: inducción electromagnética. Tipos de transformadores: acorazados y no acorazados. Relaciones de fase entre corriente y fem. del primario con secundario en circuito abierto: a) en condiciones ideales; b) introduciendo condiciones reales. Impedancia y admitancia de excitación. Diagrama vectorial del transformador en carga. Factores de reducción. Sistemas por unidad Diagrama vectorial general. Relaciones matemáticas y circuito equivalente.

### **CAPÍTULO 3.**

Circuito equivalente aproximado. Magnitudes relativas de las impedancias de dispersión del primario y del secundario. Diagrama de círculo para la carga no inductiva. Pérdidas en un transformador: a) Pérdidas en el cobre; b) Pérdidas por histéresis; c) Por corrientes parásitas. Ensayos de vacío y cortocircuito, con cálculo de las constantes de un transformador. Separación de las pérdidas por histéresis y corrientes parásitas. Regulación de tensión. Rendimiento.

### **CAPÍTULO 4.**

Formas de ondas no sinusoidales: a) Secundario en circuito abierto; b) Efecto de la carga sobre la distorsión de la corriente. Corriente de conexión en transformadores, causas que la producen y formas de atenuarla. Polaridad, métodos para determinar la misma.

Transformadores en paralelo: división de la carga a) Considerando igual relación de transformación; b) Con distinta relación de transformación.

### **CAPÍTULO 5.**

Transformadores monofásicos en circuitos bifásicos. Grupos de tres transformadores en circuitos trifásicos: relaciones de fase entre tensiones de primario y secundario en las conexiones Y-Y,  $\Delta$ - $\Delta$ , Y- $\Delta$ ,  $\Delta$ -Y,  $\Delta$ -Z, Y-Z.



Características de funcionamiento de la conexión Y-Y. Características de funcionamiento de las conexiones Y-D y D-Y. Conexión en triángulo abierto o en V. Funcionamiento en paralelo de conexiones Y-Y, D-Y, Y-D y D-D. Grupos de conexión.

#### CAPÍTULO 6.

Autotransformadores: elevador y reductor. Circuito equivalente y diagrama vectorial del autotransformador. Regulador de inducción: monofásico y trifásico. Transformador con cambiador de tomas. Transformador con cambiador de tomas trifásico.

#### CAPÍTULO 7.

Conversión electromecánica de la energía. Balance energético, energía en sistemas magnéticos con excitación simple, Fuerza mecánica y energía. Funciones de estado, variables, coenergía. Ecuaciones dinámicas.

#### CAPÍTULO 8.

Máquinas de corriente continua. Características constructivas. Circuito magnético. Circuitos eléctricos. Circuitos inductores y de inducido. Bobinados simples y múltiples. Denominación de los bornes. Clasificación de la máquina según su forma de conexión.

#### CAPÍTULO 9.

Inducción en el entrehierro. Reacción de armadura, corrección con polos auxiliares y arrollamiento compensador. Resistencia de armadura. Resistencia de contacto escobilla/colector. Fem y cupla. Conmutación. Lineal y no-lineal. Formulación matemática. Consideraciones prácticas.

#### CAPÍTULO 10.

Características de funcionamiento de los generadores. Conexión independiente, serie y shunt. Característica externa, en carga y de armadura. Formas típicas y aplicaciones. Regulación. Conexión de varios generadores para alimentar un sistema: serie y paralelo.

#### CAPÍTULO 11.

Motores de corriente continua. Generalidades. Fem, cupla y potencia. Arranque de motores. Efecto de reacción de armadura. Característica de cupla, velocidad de los motores: shunt, serie, compuesto adicional y diferencial. Comparación de características, shunt, independiente serie y compuesto.

#### CAPÍTULO 12.

Rendimiento y pérdidas: Determinación. Método directo e indirecto. Condiciones para el rendimiento máximo. Conmutación. Lineal y no-lineal. Formulación matemática. Consideraciones prácticas.



### **3.- METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA:**

3.1.-La modalidad del dictado es mediante clases teóricas donde se desarrollan los temas del programa en forma presencial.

Paralelamente se desarrollan prácticos de laboratorio y de resolución de problemas donde el alumno tiene acceso al manipuleo de las máquinas del laboratorio. Para los laboratorios se dividen los alumnos en dos comisiones con el objeto de garantizar que todos puedan realizar los cableados, conexiones y mediciones de cada prueba. Cuando es necesario se emplean las Normas técnicas correspondientes (IRAM e IEC) como base para las pruebas de laboratorio

Con esta metodología se consigue capacitar al alumno en los fundamentos teóricos de las máquinas eléctricas y se le da una buena formación práctica mediante los laboratorios, a la vez que se obtiene un buen afianzamiento de los conceptos obtenidos en el aprendizaje teórico.

### **4.- MODALIDAD DE EVALUACIÓN:**

4.1.-Para regularizar:

4.1.1- Asistencia al 80% de las clases de Laboratorio.

4.1.2- Aprobación de todos los prácticos de laboratorio antes de cada parcial, (se toma un coloquio antes de empezar cada laboratorio y se califica). Se puede recuperar solo 1 (un) laboratorio.

4.1.3- Aprobación de 2 (dos) exámenes parciales con 1 (un) examen recuperatorio por cada parcial, con calificación  $\geq 5$  (cinco).

4.1.3.1-La calificación de cada parcial, se verá afectada por un coeficiente que depende de la cantidad de preguntas aprobadas de los coloquios tomados en los Laboratorios hasta la fecha del parcial.

Ej.1: 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)

4.1.3.2. El alumno que repruebe el examen parcial como su correspondiente examen recuperatorio, quedará en la condición de Alumno Libre.

4.1.4- Presentación de la carpeta completa de informes de laboratorio y de problemas resueltos.

Con estas exigencias se pretende garantizar que el alumno obtenga los conocimientos mínimos indispensables sobre los fundamentos teóricos de la materia. Se pretende también asegurar una formación práctica adecuada a la materia.



Los coloquios previos a los prácticos de laboratorio tienen como finalidad garantizar el conocimiento mínimo requerido para la comprensión y realización de la práctica por parte del alumno.

El informe de laboratorio permite evidenciar los resultados obtenidos y obliga al alumno a expresar un trabajo mediante un informe por escrito.

#### 4.2.- Para Aprobar:

##### 4.2.1- Alumnos Regulares:

Los alumnos que hayan aprobado ambos exámenes parciales con nota entre 5 y 7; tendrán que rendir un Examen final total de la materia: práctico (problemas) y teórico (oral).

Los alumnos que hayan aprobado ambos exámenes parciales con nota mayor o igual a 7; tendrán que rendir un Examen final total de la materia: teórico (oral).

##### 4.2.2.- Alumnos Libres:

1. Un examen escrito sobre todos los prácticos de la asignatura y resolución de problemas.
2. Un examen práctico consistente en la realización completa de un práctico de laboratorio.
3. Un examen final total de la materia.

El método de evaluación se comunica a los alumnos el primer día de clase.

Los exámenes escritos están disponibles para los alumnos en las clases de consulta donde se aclaran los criterios tomados durante la corrección.



## **5.- CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES:**

<b>Miercoles</b>	<b>Tema</b>	<b>Jueves</b>	<b>Laboratorio</b>
17-ago	Teórico 1 Trafo. en vacío, diagrama vectorial	18-ago	Problemas - Laboratorio 1
24-ago	Teórico 2 Trafo. en carga, circuito equivalente	25-ago	Problemas - Laboratorio 2
31-ago	Teórico 3 Pérdidas y rend. Ensayos de vacío y cc	01-sep	Problemas - Laboratorio 3
07-sep	Teórico 4 Regulación, corr. c.c. Formas de onda IO	08-sep	Problemas - Laboratorio 4
14-sep	Teórico 5 Corr de conexión. Paralelo trafos igual "a"	15-sep	Problemas - Laboratorio 5
21-sep	Teórico 6 Paralelo trafos distinta "a" Grupos de conexión	22-sep	Laboratorio 6
28-sep	Teórico 7 Trafos trifásicos (asp. Construct.). Conexión YY	29-sep	<b>1er Parcial</b>
05-oct	Teórico 8 Autotransformadores (hasta circ. Equivalente)	06-oct	Problemas - Laboratorio 7
12-oct	Teórico 9 Autotrafos. Regulador de tensión	13-oct	Laboratorio 8 y 9
19-oct	Teórico 10 Ensayos y capacidad de cortocircuito	20-oct	Laboratorio 10
26-oct	Teórico 11 Conversión electromecánica de la energía	27-oct	Laboratorio 11
02-nov	Teórico 12 Características de generadores de CC	03-nov	Problemas - Laboratorio 12
09-nov	Teórico 13 Características de motores - conmutación	10-nov	Problemas - Laboratorio 13
16-nov	Clase de consulta	17-nov	<b>2do Parcial</b>
23-nov	Clase de Consulta	24-nov	<b>Recuperatorios</b>



## **6.-LISTA DE PRÁCTICOS DE LABORATORIO.**

### **6.1.-Transformadores.**

- Lab N° 1** Resolución de problemas de circuitos magnéticos y polaridad de un transformador monofásico.
- Lab N° 2** Determinación de la relación de transformación. Resolución de problemas
- Lab N° 3** Ensayo de vacío de un transformador trifásico. Resolución de problemas
- Lab N° 4** Ensayo de cortocircuito de un transformador trifásico. Resolución de problemas
- Lab N° 5** Regulación de tensión de un transformador, con cargas R, L y C. Resolución de problemas
- Lab N° 6** Corriente de conexión y forma de onda en vacío de un transformador.
- Lab N° 7** Determinación del desplazamiento angular, polaridad y secuencia en distintas formas de conexión de un transformador trifásico. Resolución de problemas.
- Lab N° 8** Estudio del comportamiento de un transformador trifásico con diversos estados de carga. Resolución de problemas
- Lab N° 9** Calentamiento de un transformador.

### **6.2.-Máquinas de corriente continua.**

- Lab N° 10** Determinación de las características de un generador de corriente continua:
  - a) Característica en vacío.
  - b) Característica en carga.
- Lab N° 11** Determinación de las características de un generador de corriente continua:
  - a) Característica externa.
  - c) Característica de regulación.
- Lab N° 12** Conexión en paralelo de generadores de corriente continua.
- Lab N° 13** Determinación de las características de cupla-velocidad de un motor de c.c

## **7.- FORMATO DE LOS INFORMES DE LABORATORIO.**

**7.1.-**Los informes deberán ser presentados con los siguientes formatos y datos:

- a) En la carátula (ver anexo I):
  - Título y Numero del Práctico.
  - Fecha de realización.
  - Apellido y Nombre y DNI del/los alumno/s.
- b) En el cuerpo del informe:
  - Objetivos
  - Desarrollo
  - Datos, figuras, diagramas y tablas de valores medidos / obtenidos.
  - Descripción de los instrumentos utilizados.
  - Conclusión final

No es necesario que el informe sea hecho en PC para su presentación, solo se exige prolijidad y se entreguen en término.



**ANEXO I - Formato Primer hoja informes de laboratorio.**

Universidad Nacional de Río Cuarto Facultad de  
Ingeniería.

Cátedra:

Máquinas Eléctricas I - 459

TrabajoPráctico N°: \_\_\_\_\_

Título: \_\_\_\_\_

Fecha realización: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Integrantes del Grupo	
Apellido y Nombre	DNI

Fecha presentación: \_\_\_\_\_

Calificación: \_\_\_\_\_

Firma Docente: \_\_\_\_\_



## **8.- BIBLIOGRAFÍA:**

Título	Autor/s	Editorial	Año de Edición	Ejemplares Disponibles
Transformadores de potencia, de medida y de protección.	Ras, Enrique.	Marcombo	7ma edición 1994.	5
Teoría de las máquinas de corriente alterna.	Langsdorf, Alexander S.	McGraw Hill	1979.	4
Principios de las máquinas de corriente continua.	Langsdorf, Alexander S.;	Ediciones del Castillo,	Sexta Edición; 1964	1
Máquinas Eléctricas	Fitzgerald, A. Kingsley Jr, Umans S.	McGraw Hill	6ta edición 2004	6
Circuitos Magnéticos y Transformadores.	Staff del MIT	Reverté	2003	4
The Electrical machines problem solvers	Staff del REA	REA	1990	1

NOTA: Dado que la materia es de formación profesional básica, se basa en la teoría clásica de las Máquinas Eléctricas. Por este motivo se recurre a libros clásicos de prestigio reconocido y no siempre se dispone de bibliografía de calidad que sea más actualizada.

NORMAS				
Transformadores de Potencia. Métodos de medición de la relación de Transf..y de fase.	IRAM2104	IRAM	Agosto 1996	1
Transformadores de Distribución	IRAM2250	IRAM	2005-06-10	1
Transformadores de Potencia. Métodos de ensayos para la medición de las pérdidas de corrientes de vacío y de las impedancias de cortocircuito.	IRAM 2106	IRAM	1998-12-15	1
Transformadores de potencia. Generalidades	IRAM 2099	IRAM	Julio-1994	1
Transformadores de Potencia . Ensayo de calentamiento.	IRAM 2018	IRAM	Julio-1995	1
Power Transformers Part 1: General	IEC 60076-1 Ed. 3.0	IEC	2011-04	1

\_\_\_\_\_  
Firma Docente Responsable

\_\_\_\_\_  
Firma Secretario Académico