

---

**Plan Anual de Actividades Académicas***(A completar por el Director de Cátedra)***2023**Departamento: **Electromecánica**Asignatura: **Mediciones Eléctricas**Titular: **Ing. Claudio Cendra**

Asociado: .....

Adjunto: .....

JTP: **Ing. Cristian Mancuello**

Auxiliares: .....

**Planificación de la asignatura***Debe contener como mínimo:***▪ Fundamentación de la materia dentro del plan de estudios.**

En esta materia se estudiarán los instrumentos y métodos de medición de diferentes magnitudes eléctricas, tema que resulta particularmente importante, para el profesional electricista, ya que, por no ser las magnitudes eléctricas directamente perceptibles por los sentidos humanos, la información necesaria para la determinación de valor, calidad, etc, debe hacerse en forma indirecta, por medio de mediciones y métodos que sean perfectamente sensibles.

Es una materia eminentemente práctica, que obliga al alumno a aplicar todos los conocimientos electrotécnicos sobre circuitos reales.

Estos conocimientos son aplicables en otras materias de la carrera, como ser: Máquinas Eléctricas, Redes e Instalaciones Eléctricas, Centrales y Sistemas de Transmisión, etc, además le brindarán al alumno, herramientas para su mejor desempeño en su vida profesional.

**▪ Propósitos u objetivos de la materia.**

Magnitudes eléctricas y teoría de errores: lograr que el alumno conozca el procedimiento de cálculo, para efectuar análisis de la magnitud de los errores cometidos al efectuar distintos tipos de mediciones.

Estudio de instrumentos indicadores: el objetivo de ésta unidad es permitir que el alumno conozca los principios de funcionamiento de los distintos instrumentos convencionales, sus partes constitutivas, a fin de determinar la ley que rige su movimiento, establecer las principales aplicaciones, errores, circuitos usuales de utilización.

Estudio de métodos industriales de medición: lograr que el alumno conozca los principales circuitos utilizados para mediciones industriales de magnitudes eléctricas, sus aplicaciones, ecuaciones de cálculo, errores.

Transformadores de medición: brindar las herramientas necesarias para que el alumno conozca los principios de funcionamiento, los diagramas vectoriales, los errores, las principales características, los distintos tipos constructivos, los circuitos unifilares y multifilares de conexión.

Medición de potencia y energía: que el alumno adquiera conocimientos claros de los circuitos de medición de potencia y energía, las características constructivas y de funcionamiento de vatímetros, varímetros y medidores. Que entienda las diferencias de pequeño, mediano y gran usuario, las diferentes tarifas; las bonificaciones y recargos por distintos conceptos.

Mediciones industriales: lograr que el alumno se familiarice con las mediciones industriales más usuales, los principios de utilización de los distintos instrumentos, y las reglamentaciones vigentes para cada caso.

Métodos de puente: permitir que el alumno conozca los principales circuitos, elementos componentes y aplicaciones; rangos de utilización de cada uno.

Instrumentos electrónicos: brindar un conocimiento general que le permita al alumno entender las posibilidades que brinda hoy la tecnología para efectuar distintos tipos de mediciones con instrumentos electrónicos.

Adquisidores de datos y software de visualización y análisis: permitir que el alumno conozca las distintas prestaciones, alcances y potencialidades de los distintos adquisidores de datos que el mercado ofrece. Brindar una introducción a los programas de supervisión, visualización de curvas y hacer análisis de las mismas.

## ▪ **Contenidos.**

**PROGRAMA SINTETICO** (Según consta en el Diseño Curricular de la carrera – Ord. 1029 / 04.

- Nociones básicas sobre errores
- Métodos de medición
- Instrumentos: tipos, descripción, usos
- Transformadores para mediciones
- Contrastación de instrumentos
- Puentes de corriente continua y corriente alterna
- Medición de resistencias comunes y especiales (de aislación, de puesta a tierra y otras); de reactancias e impedancias
- Mediciones magnéticas
- Instrumentos digitales
- Osciloscopio
- Mediciones eléctricas de variables no eléctricas

## **PROGRAMA ANALITICO**

### **UNIDAD TEMATICA 1**

**Medida y errores de medición:** Concepto generales. Unidades. Patrones. Errores de medición. Corrección. Error absoluto, relativo y porcentual. Valor verdadero de una medición. Aparatos de medida. Sensibilidad, exactitud, límite de error. Campo de indicación y campo de medida. Condiciones de funcionamiento normal. Rotulación de aparatos. Contrastación de instrumentos.

### **UNIDAD TEMATICA 2**

**Instrumentos indicadores:** Introducción. Componentes de los instrumentos. Instrumentos magnetoeléctricos: Principio de funcionamiento, características, tipos y aplicaciones. Instrumentos electromagnéticos: Principio de funcionamiento, características, tipos y aplicaciones. Instrumentos electrodinámicos: Principio de funcionamiento, características, tipos

y aplicaciones. Instrumentos de inducción: Principio de funcionamiento, características, tipos y aplicaciones. Galvanómetros.

### UNIDAD TEMATICA 3

**Métodos de medición:** Mediciones por métodos industriales: Medición de resistencias por método técnicos. Medición de resistencias por comparación de caída de tensión. Medición de resistencias especiales: resistencia de aislación, resistencia de contacto, resistencia de puesta a tierra. Medición de impedancias por el método de los tres voltímetros y de los tres amperímetros. Medición de inductancias y capacidades por métodos de comparación. Determinación del ángulo de pérdida y factor de pérdidas.

Mediciones por métodos de cero: Fundamentos de los puentes de medición de continua y alterna. Métodos de deflexión: Método de sustitución, comparación de desviaciones, Métodos balísticos. Métodos de compensación: Diversos tipos de compensadores.

### UNIDAD TEMATICA 4

**Transformadores de medición:** Transformadores de corriente. Definición y finalidad. Funcionamiento. Diagrama vectorial. Errores. Consumos. Intensidad límite térmica y dinámica. Clasificación y tipos de transformadores de intensidad. Transformador de tensión. Definición y finalidad. Funcionamiento. Diagrama vectorial. Errores. Consumos. Clasificación y tipos de transformadores de tensión. Transformadores para baja, media y alta tensión. Esquemas de conexión: circuitos unifilares y multifilares. Elementos de conexión y protección.

### UNIDAD TEMATICA 5

**Medición de potencia:** Unidades. Potencia en Corriente continua y corriente alterna. Medición directa, semi directa e indirecta. Potencia trifásica. Método de tres vatímetros. Método Aron. Medición de potencia reactiva.

### UNIDAD TEMATICA 6

**Medición de energía:** Teoría y construcción del medidor de energía. Constante. Diagrama vectorial. Momento motor y de frenado. Partes componentes. Mecanismo registrador. Errores. Tipos de medidores de energía. Medidor monofásico. Esquemas de conexiones. Medidor trifásico. Esquema de conexiones con dos y tres sistemas motor. Medidor monofásico de energía reactiva. Medidores trifásicos de energía reactiva. Medidores de doble y triple tarifa. Medidores de demanda máxima. Contrastación de medidores de energía. Medición de energía de grandes usuarios: sistema SMEC. Análisis de una factura de un gran usuario.

### UNIDAD TEMATICA 7

**Instrumentos de uso industrial:** Multímetro. Pinzas amperométricas. Megohmetros. Telurímetros. Explosores de esferas. Principio de funcionamiento. Usos y aplicaciones.

### UNIDAD TEMATICA 8

**Métodos de puentes:** Puentes de corriente continua. Puente de Wheastone. Puente de Kirchhoff. Puente de Kelvin. Puente de corriente alterna. Puente de Wheastone. Puente de Maxwell. Puente de Owen. Puente de Sauty. Circuitos, elementos componentes, aplicaciones.

### UNIDAD TEMATICA 9

**Instrumentos Electrónicos.** Voltímetros. Amperímetros. Osciloscopio. Correctores de factor de potencia. Principio de funcionamiento y aplicaciones. Transductores de medida. Medición de temperatura, caudal, presión.

### UNIDAD TEMATICA 10

**Adquisidores de datos:** Analizadores de redes. Instrumentos multifunción. Gama de aplicación y configuración. Sistemas de supervisión. Estudio y análisis de los diferentes parámetros disponibles. Obtención de gráficos para análisis de perturbaciones y fallas.

### UNIDAD TEMATICA 11

Mediciones magnéticas. Mediciones de flujo, intensidad de campo, ciclo de histéresis.

## ▪ Metodología de Enseñanza.

a) Las clases tendrán una modalidad **teórico-práctica** (50%-50%) por lo que conjuntamente con el desarrollo teórico de los temas, se insistirá permanentemente en ejemplos numéricos y aplicaciones prácticas que se deriven de los mismos, para que el alumno visualice inmediatamente la importancia del conocimiento recibido y adquiera la capacidad de relacionarlo con los problemas de la vida real. Para enfatizar este criterio habrá también **algunas clases dedicadas exclusivamente a la realización de prácticas de laboratorio.**

Dentro del aula se incentivará permanentemente al estudiante a que participe activamente en las clases, sea expresando sus dudas todas las veces que lo crea necesario, o resolviendo los ejercicios que surjan inmediatamente después de las explicaciones teóricas y explicándose los a sus compañeros desde el frente del curso. Esto le permitirá por un lado, afianzar los conocimientos adquiridos, y por otro, ganar la auto confianza necesaria para poder expresarse oralmente en público.

Al comienzo de cada clase, se podrán efectuar las **consultas** que fuesen necesarias sobre el temario de la clase anterior y eventualmente se acordarán horarios especiales de **consultas grupales**, los que serán adicionales a los de las clases regulares.

Mientras no se permitan las clases presenciales, el dictado de los temas teóricos será por video conferencias, utilizando la plataforma Zoom. Y las consultas serán mediante correo electrónico o WhatsApp.

b) Muchos de los temas que se encuentran en la bibliografía clásica, se presentarán como trabajos de investigación directa a los alumnos, entre ellos: instrumentos indicadores analógicos, medidores de energía, métodos de puente. Con la confección de informes y la evaluación en clase de los contenidos aprendidos y las conclusiones.

c) La parte práctica de la materia se divide en dos: Por un lado, resolución de ejercicios numéricos sobre distintos temas, y por otro, ejecución de prácticas de laboratorio incluyendo manejo de instrumentos, conexionado, obtención de mediciones y análisis de resultados.

Se solicitará que la redacción de informes técnicos (resolución de ejercicios, trabajos prácticos, etc.) sea realizada **bajo normas** con conclusiones que expresen la opinión propia del alumno, para desarrollar su capacidad de razonamiento y crear sus propios criterios.

A fin de agudizar la capacidad de iniciativa del alumno, se plantearán problemas cuya resolución demande una investigación previa, para ser desarrollada en forma grupal, y presentación ante el conjunto de la clase. Los trabajos prácticos previstos son los siguientes:

### Guías de problemas:

1. Teoría de Errores
2. Escalas
3. Contraste de instrumentos

### Guías de laboratorio:

1. Reconocimiento de instrumentos analógicos (entre 3 y 5 clase 3hs) Protocolo PEE-14.
2. Contraste de voltímetro (entre 5 y 10 clase 1,5hs) Protocolo PEE-03
3. Contraste de amperímetro (entre 5 y 10 clase 1,5hs) Protocolo PEE-01
4. Medición indirecta de resistencia (entre 8 y 11 clase 3hs) Protocolo PEE-07
5. Determinación de impedancia por el método de tres voltímetros. (entre 8 y 11 clase 3hs) Protocolo PEE-06
6. Uso de osciloscopio (entre 12 y 15 clase 3hs) Protocolo PEE-16
7. Medición de resistencia de contacto (entre 12 y 15 clase 1,5hs) Protocolo PEE-11
8. Medición de resistencia de aislación (entre 12 y 15 clase 1,5hs) Protocolo PEE-10
9. Medición de puesta a tierra (entre 25 y 32 clase 3hs) Protocolo PEE-08
10. Medición de resistividad (entre 25 y 32 clase 3hs) Protocolo PEE-08
11. Medidor de energía (entre 25 y 32 clase 3hs) Protocolo PEE-12
12. Medición y corrección de factor de potencia (entre 25 y 32 clase 3hs) Protocolo PEE-17

13. Chequeo de cableado (entre 25 y 32 clase 3hs) Protocolo PEE-02
14. Ensayo de calentamiento (entre 25 y 32 clase 1hs) Protocolo PEE-05
15. Ensayo de frecuencia industrial (entre 25 y 32 clase 1hs) Protocolo PEE-04
16. Reconocimiento de transformador de tensión y corriente (entre 25 y 32 clase 1hs) Protocolo PEE-15
17. Medición de potencia activa por el método de 3 y 2 vatímetros (entre 15 y 19 clase 3hs) Protocolo PEE-09
18. Determinación de polaridad en transformadores de tensión y corriente (entre clase 25 y 32 3hs) Protocolo PEE-13

Los laboratorios se realizarán de a uno por clase (salvo los 3 previstos en la visita a Proyección Electroluz). Se utilizará la guía de protocolo de la plataforma Moodle correspondiente y se completará el protocolo por el alumno de manera digital el mismo día de la realización del laboratorio. Los informes que ameriten corrección se informará por mensaje de voz por medio de comunicación y el alumno hará una nueva presentación de la guía del laboratorio pero esta vez impresa en papel para su corrección.

### ▪ Metodología de Evaluación.

#### Para aprobación directa

Aprobación de dos exámenes parciales, con seis (6) puntos o más; cuyas fechas son:

- Primer examen parcial 13/06/23
- Segundo examen parcial 31/10/23
- Examen recuperatorio 07/11/23 (fechas tentativas)

Aprobación de todos los trabajos prácticos y laboratorios.

Contar como mínimo con 75% de asistencia a la totalidad de las clases.

**Nota:** Tanto para la aprobación directa como para la aprobación del cursado. Los laboratorios no presenciados, se repetirán en las últimas clases (4 tentativas) para aquellos alumnos que por fuerza mayor no pudieron asistir a la clase correspondiente. Por lo tanto, se recalca la necesidad de presencia en la realización de los laboratorios en el tiempo de cursado.

#### Para aprobación del cursado

Aprobación de dos exámenes parciales, con cuatro (4) puntos como mínimo.

Aprobación de los siguientes trabajos prácticos y laboratorios:

Prácticos de cálculo:

- Errores
- Contraste de instrumentos
- Escalas de instrumentos analógicos

Laboratorios:

- 1 Reconocimiento de instrumentos analógicos. Protocolo PEE-14.
- 2 ó 3. Laboratorio de contraste. PEE-01 ó PEE-03.
- 4 Medición indirecta de resistencia. Protocolo PEE-07
- 6 Uso de osciloscopio. Protocolo PEE-16.
- 7 Medición de resistencia de contacto. Protocolo PEE-11
- 8 Medición de resistencia de aislación. Protocolo PEE-10
- 9 Medición de puesta a tierra. Protocolo PEE-08
- 10 Medición de resistividad. Protocolo PEE-08
- 11 Medidor de energía. Protocolo PEE-12
- 12 Medición y corrección factor de potencia. Protocolo PEE-17
- 13 Medición de potencia activa por el método de 3 y 2 vatímetros. Protocolo PEE-09
- 18 Determinación de polaridad transformador de tensión y corriente. Protocolo PEE-13

Contar como mínimo con 75% de asistencia a la totalidad de las clases.

Con estos requisitos cumplidos, el estudiante queda habilitado para rendir un examen final teórico.

- **Recursos didácticos a utilizar como apoyo a la enseñanza.**

Para el dictado de las clases se usarán tanto los métodos tradicionales (pizarrón y fibrones) como la PC y el proyector de imágenes (cañón). Además, los alumnos deberán traer siempre su calculadora a las clases. Se enviarán apuntes, a través de la plataforma Moodle o por correo electrónico.

- **Articulación horizontal y vertical con otras materias**

Es el mismo Plan de Estudios de la carrera (Ord. 1029/04), el que de una manera consistente provee los elementos necesarios de articulación vertical de la materia al determinar los requisitos que se indican más abajo. La consistencia referida se funda en los conocimientos requeridos para poder adquirir los que se imparten en el cursado, y en como éstos se utilizan en el cursado de materias futuras.

### **PRE-REQUISITOS FORMALES**

Para poder CURSAR esta asignatura se requiere:

- 1- Tener REGULARIZADAS:
  - Electrotecnia
  - Matemática para Ingeniería Electromecánica
- 2- Tener APROBADAS:
  - Física II
  - Análisis Matemático II
- 3- Para poder RENDIR esta asignatura se requiere:
  - Haber APROBADO
  - Electrotecnia
  - Análisis Matemático II

### **POST-REQUISITOS**

El CURSADO y REGULARIZACIÓN de esta asignatura es un requisito para poder CURSAR en 5to Año

- 1) REDES DE DISTRIBUCIÓN E INSTALACIONES ELÉCTRICAS
- 2) CENTRALES Y SISTEMAS DE TRANSMISIÓN
- 3) AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL INDUSTRIAL

La APROBACION de esta asignatura es requisito para poder RENDIR:

- 1) REDES DE DISTRIBUCIÓN E INSTALACIONES ELÉCTRICAS
- 2) CENTRALES Y SISTEMAS DE TRANSMISIÓN
- 3) AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL INDUSTRIAL
- 4) MÁQUINAS Y EQUIPOS INDUSTRIALES (Electiva)
- 5) MANTENIMIENTO ELECTROMECHANICO (Electiva)

▪ **Cronograma estimado de clases.**

Como en las demás asignaturas anuales se dispone, según el Calendario Académico, de 34 semanas para el dictado del curso por lo que se planificará sobre una base de 32 semanas útiles. Además, tomando un margen de **3 semanas** por posibles eventualidades y/o clases de consultas, recuperatorios de evaluaciones parciales, etc, se estima disponer entonces de **29 semanas efectivas** para desarrollar el programa. La distribución del tiempo será la siguiente:

Unidad Temática 1	Semanas 1 y 2	Total: 2 semanas (8 horas)
Unidad Temática 2	Semanas 3, 4 y 5	Total: 3 semanas (12 horas)
Unidad Temática 3	Semanas 6, 7 y 8	Total: 3 semanas (12 horas)
Unidad Temática 4	Semanas 9 y 10	Total: 2 semanas (8 horas)
Unidad Temática 5	Semanas 11 y 12	Total: 2 semanas (8 horas)
Unidad Temática 6	Semanas 13 y 14	Total: 2 semanas (8 horas)
Unidad Temática 7	Semanas 15 y 16	Total: 2 semanas (8 horas)
Unidad Temática 8	Semanas 17, 18 y 19	Total: 3 semanas (12 horas)
Unidad Temática 9	Semanas 20 y 21	Total: 2 semanas (8 horas)
Unidad Temática 10	Semanas 22, 23 y 24	Total: 3 semanas (12 horas)
Unidad Temática 11	Semana 25	Total: 1 semana (4 horas)
Visitas		Total: 2 semanas (8 horas)
Evaluaciones y/o clases de consulta		Total: 3 semanas (12 horas)

Margen de reserva para posibles ajustes u otros usos didácticos: 2 semanas (8 horas)

▪ **Bibliografía**

- 1) Fundamentos de metrología eléctrica. Ing. Andrés M Karcz. Tomos I, II, y III
- 2) Mediciones eléctricas C.E.A.C.
- 3) Normas IRAM:
  - 2038 Explosores de esferas. Vigente desde 06/12/85
  - 2128 Resistividad de materiales. Vigente desde 04/02/66
  - 2270 Transformadores de medición. Vigente desde 05/12/97
  - 2344-1 Transformadores de medición. Vigente desde 08/03/05
  - 2344-2 Transformadores de medición. Vigente desde 22/07/08
  - 2344-5 Transformadores de medición. Actualmente en estudio
  - 2344-6 Transformadores de medida. Actualmente en estudio
  - 2271-4 Transformadores de tensión. Vigente desde 03/11/89
  - 2280-1 Técnicas de ensayo con alta tensión. Vigente desde 02/09/94
  - 2280-2 Técnicas de ensayo con alta tensión. Vigente desde 06/03/98
  - 2462 Materiales aislantes eléctricos sólidos. Vigente desde 02/09/94
- 4) Reglamentos de CAMMESA sobre mediciones de energía de grandes usuarios
- 5) Catálogos, manuales, especificaciones técnicas de fabricantes:
  - Medidores de energía ALPHA – Elster
  - Medidores de energía electrónicos ION
  - Medidores de energía electrónicos CIRCUTOR
  - Medidor multifunción POWER MEASUREMENT
  - Medidor multifunción POWER METER – Schneider
  - Medidor multifunción MICOM M-220 – Schneider
  - Medidor multifunción SIMEAS P - Siemens
  - Transductores MULTITEK
  - Analizador de redes POWER LOGIC – Schneider
  - Corrector automático de factor de potencia VAR LOGIC – Schneider
  - Corrector automático de factor de potencia – Siemens
- 6) Notas de cátedra