

INSTRUMENTOS Y MEDICIONES ELÉCTRICAS

Datos administrativos de la asignatura

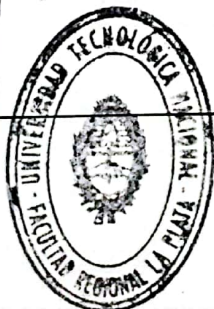
Departamento:	Electrotecnia	Carrera	Ingeniería en Energía Eléctrica
Asignatura:	INSTRUMENTOS Y MEDICIONES ELÉCTRICAS		
Nivel de la carrera	3º	Duración	Anual
Bloque curricular:	Tecnologías Básicas		
Carga horaria presencial semanal:	4 horas y 30 minutos (reloj)	Carga Horaria total:	144 hs anual reloj
Profesor/es Titular/Asociado/Adjunto:	Dr.-Ing. Héctor O. Pascual (Profesor Titular Ordinario)	Dedicación:	1 simple
Auxiliar/es de 1º/JTP:	Ing. Rubén D. Catalano (Jefe de Trabajos Prácticos)	Dedicación:	1 Simple
	Ing. Marcelo A. Marazzi (Ayudante de 1º)		1 Simple

Programa analítico, Unidades temáticas

CONTENIDOS MINIMOS:

- Medición y metrología.
- Instrumentos analógicos.
- Métodos de cero, deflexión y combinados.
- Instrumentos digitales.
- Medición de parámetros de calidad de potencia.
- Medición de potencia y energía.
- Medición en alta tensión, Transformadores de medida y protección.
- Medición de resistencia de tomas de tierra y resistividad.
- Mediciones magnéticas.
- Localización de fallas en líneas aéreas y subterráneas.
- Medición eléctrica de magnitudes no eléctricas.

DIRECCIÓN ACADÉMICA
ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL



MARIA EUGENIA LAVORATTO
DIRECTORA
DIRECCIÓN ACADÉMICA
U.T.N. F.R.L.P.

Dr. José Luis MACCARONE
Director Uto. Ing. Eléctrica

PROGRAMA ANALÍTICO:

UNIDAD TEMÁTICA Nº 1: "MEDICIÓN Y METROLOGÍA".

Contenidos:

- Exactitud, precisión y cifras significativas
- Errores de medida.
- Propagación de errores.
- Análisis estadístico de errores.
- Patrones de medición.

Carga horaria: 9 Hs (12 Hs cátedra)

UNIDAD TEMÁTICA Nº 2: "INSTRUMENTOS ANALÓGICOS".

Contenidos:

- Instrumento de imán permanente y bobina móvil: Amortiguamiento, Compensación de temperatura, Amperímetro de CC, Voltímetro de CC, Efecto de conexión del amperímetro y voltímetro sobre el circuito, Óhmetro serie, Óhmetro paralelo.
- Instrumentos de Hierro móvil.
- Instrumentos electrodinámicos.
- Errores en los instrumentos analógicos: Errores de lectura, Errores mecánicos y de movilidad, Error de histéresis, Error de cero, Errores producidos por magnitudes de influencia en condiciones normales de uso, Clase de exactitud e índice de clase.
- Osciloscopio analógico: Sistema de presentación de la imagen, Sistema de deflexión vertical, Sondas pasivas y activas, Error de inserción al utilizar un osciloscopio, Sistema de deflexión horizontal y de disparo, Ancho de banda y tiempo de subida, Controles básicos de los osciloscopios analógicos.

Carga horaria: 12 Hs (16 Hs cátedra)

Laboratorio Nº 1: "Contraste de instrumentos eléctricos indicadores".

Carga horaria: 3 Hs (4 Hs cátedra)

Laboratorio Nº 2: "Osciloscopio analógico".

Carga horaria: 3 Hs (4 Hs cátedra)

UNIDAD TEMÁTICA Nº 3: "MÉTODOS DE CERO, DEFLEXIÓN Y COMBINADOS".

Contenidos:



[Signature]
MARIA EUGENIA LAVORATTO
DIRECTORA
DIRECCIÓN ACADÉMICA
U.T.N. F.R.L.P.

[Signature]
D^r José Luis MACCARONE
Director Div. Ing. Eléctrica

- Medición de resistencia con voltímetro y amperímetro: Conexión corta, Conexión larga, Selección apropiada de la conexión a utilizar en base a sus errores.
- Medición de resistencia por método de comparación: Errores sistemáticos e instrumentales.
- Medición de resistencia por método de sustitución: Errores sistemáticos e instrumentales, Influencia de la resolución del instrumento de medida, Determinación de la sensibilidad experimental.
- Medición de resistencia por método de oposición o compensación: Errores en la utilización del método.
- Medición por técnica diferencial – voltímetro diferencial: Determinación de errores

Carga horaria: 12 Hs (16 Hs cátedra)

Laboratorio N° 3: "Medición de una resistencia con voltímetro y amperímetro".

Carga horaria: 3 Hs (4 Hs cátedra)

Laboratorio N° 4: "Medición de resistencias por los métodos de comparación y sustitución".

Carga horaria: 3 Hs (4 Hs cátedra)

Laboratorio N° 5: "Método de oposición o compensación. Técnica diferencial. Voltímetro diferencial".

Carga horaria: 3 Hs (4 Hs cátedra)

UNIDAD TEMÁTICA N° 4: "PUENTES DE MEDICIÓN".

Contenidos:

- Puente de Wheatstone: Relaciones y Sensibilidad, Errores de medición, Selección del conexionado más apropiado, Sensibilidad experimental e interpolación.
- Adaptación del puente de Wheatstone, para medidas de resistencias altas: Características de resistores de alto valor (tres terminales).
- Puente de Thomson o doble Kelvin: Características de resistores de muy bajo valor (cuatro terminales), Determinación de los errores en la medición.
- Impedancia y admitancia: Factores de calidad y disipación, Modelos equivalentes serie y paralelo.
- Puentes de Alterna: Generalidad, Relaciones, Convergencia al equilibrio, Sensibilidad.
- Puentes para medir inductores empleando capacitores: Puente de Maxwell, puente de Hay.
- Puentes para medir capacidades: Puente de comparación de capacidades, Puente de Schering.
- Puente de Wien para medir frecuencia.
- Medidor ZCR (Generalidades).

DIRECCIÓN ACADÉMICA
ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL



MARIA EUGENIA LAVORATTO
DIRECTORA
DIRECCIÓN ACADÉMICA
U.T.N. F.R.L.P.

D^r José Luis MACCARONE
Director Uo. Ing. Eléctrica

Carga horaria: 12 Hs (16 Hs cátedra)

Laboratorio N° 6: "Medición de una resistencia totalmente desconocida por el método del puente de Wheatstone".

Carga horaria: 3 Hs (4 Hs cátedra)

Laboratorio N° 7: "Medida de resistencias pequeñas con el puente de Thomson".

Carga horaria: 1.5 Hs (2 Hs cátedra)

Laboratorio N° 8: "Medidor LCR".

Carga horaria: 1.5 Hs (2 Hs cátedra)

UNIDAD TEMÁTICA N° 5: "INSTRUMENTOS DIGITALES".

Contenidos:

- Sistema de procesado digital de señales para medición: Conversión analógico-digital, Análisis frecuencial de señales en tiempo discreto, Transformada de Fourier discreta (Transformada discreta de Fourier "DFT", Transformada discreta de Fourier inversa "IDFT").
- Evolución de los equipos de medida.
- Equipos de medición digitales: Características, Caracterización del error, Rango de medición, Señal de modo serie o normal, Señal de modo común y modo diferencial, Distorsión de la señal medida (Factor de cresta y Respuesta en Frecuencia).
- Osciloscopio digital: Características generales, Métodos de muestreo, Controles de un osciloscopio digital.

Carga horaria: 13.5 Hs (18 Hs cátedra)

Laboratorio N° 9: "Osciloscopio digital".

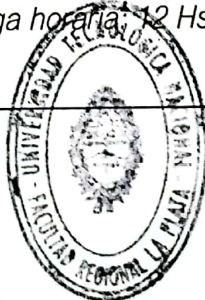
Carga horaria: 3 Hs (4 Hs cátedra)

UNIDAD TEMÁTICA N° 6: "MEDICIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD DE POTENCIA".

Contenidos:

- Valor eficaz de tensión y corriente.
- Variaciones de tensión (Huecos de tensión).
- Armónicas e Interarmónicas, THD (Total Harmonic Distortion).
- Desbalance en tensión y corriente.
- Flicker.

Carga horaria: 12 Hs (16 Hs cátedra)



MARIA EUGENIA LAVORATTO
DIRECTORA
DIRECCIÓN ACADÉMICA
U.T.N. F.R.L.P.

Dr. José Luis MACCARONE
Director Dto. Ing. Eléctrica

UNIDAD TEMÁTICA Nº 7: "MEDICIÓN DE POTENCIA Y ENERGÍA".

Contenidos:

- Medición de potencia en CC con voltímetro y amperímetro: Conexión corta (Errores sistemáticos e instrumentales), Conexión larga (Errores sistemáticos e instrumentales).
- Medición de potencia en CC con Vatímetro: Conexión corta y larga.
- Medición de potencia en SISTEMAS MONOFÁSICOS (sin deformaciones en tensión y corriente): Potencia instantánea, Medición de Potencia activa con y sin transformador de corriente y tensión, Precauciones en la conexión de vatímetros, Medición de Potencia reactiva con y sin transformador de corriente y tensión, Medición de Potencia aparente, Factor de Potencia, Potencia Compleja.
- Medición de potencia en SISTEMAS TRIFÁSICOS (Sin deformaciones en tensiones y corrientes): Sistemas de tensiones, Sistemas de corrientes, Sistemas de carga, Medición de potencia instantánea, activa, reactiva y aparente en sistemas trifásicos perfectos e imperfectos, Factor de potencia.
- Medición de potencia en SISTEMAS MONOFÁSICOS (Con tensión y corriente deformada): Potencia instantánea, activa, reactiva y aparente, Factor de potencia.
- Medición de potencia en SISTEMAS TRIFÁSICOS imperfectos (Con tensiones y corrientes deformadas): Potencia instantánea, activa, reactiva y aparente, Factor de potencia.

Carga horaria: 13.5 Hs (18 Hs cátedra)

Laboratorio Nº 10: "Comprobación del teorema de Blondel".

Carga horaria: 3 Hs (4 Hs cátedra)

Laboratorio Nº 11: "Medición de potencias y energías con analizadores de redes y/o energía, digitales".

Carga horaria: 3 Hs (4 Hs cátedra)

UNIDAD TEMÁTICA Nº 8: "MEDICIÓN EN ALTA TENSION, TRANSFORMADORES DE MEDIDA Y PROTECCIÓN".

Contenidos:

- Transformadores de medida de corriente: Características y definiciones generales de los TI, Circuito equivalente y diagrama fasorial.
- Transformadores de medida de tensión: Características de estos transformadores, Efectos de los errores, Clase de exactitud, Factor de seguridad.



MARIA EUGENIA LAVORATTO
DIRECTORA
DIRECCIÓN ACADÉMICA
U.T.N. F.R.L.P.

D- José Luis MACCARONE
Director Div. Ing. Eléctrica

- Transformador de corriente para protección: Características de estos transformadores, Evaluación de los errores, Clases de exactitud, Factor límite de exactitud.
- Transformadores de medida de tensión: Características y definiciones generales de los TV, Circuito equivalente y diagrama fasorial, Errores de estos transformadores, Tipos de acuerdo a su utilización, Clase de exactitud.

Carga horaria: 9 Hs (12 Hs cátedra)

UNIDAD TEMÁTICA N° 9: "MEDICION DE RESISTENCIA DE TOMAS DE TIERRA Y RESISTIVIDAD".

Contenidos:

- Concepto de resistividad del suelo y electrodos de toma de tierra.
- Radio de acción.
- Determinación de tensión de contacto y tensión de paso.
- Métodos de medición de resistencias de electrodos de puesta a tierra, Características principales de los Telurímetros.

Carga horaria: 4.5 Hs (6 Hs cátedra)

Laboratorio N° 12: "Mediciones de puesta a tierra".

Carga horaria: 3 Hs (4 Hs cátedra)

UNIDAD TEMÁTICA N° 10: "MEDICION MAGNÉTICAS".

Contenidos:

- Consideraciones generales sobre el comportamiento de los materiales ferromagnéticos empleados en máquinas eléctricas. Característica magnética y curva de primera imantación, Ciclo de histéresis.
- Metodología para la obtención de los valores de corriente pico y flujo pico, en función de los valores de corriente y tensión eficaces (Rutina SATURA del programa EMTP "Electromagnetic Transients Program").
- Metodología para la obtención del ciclo de histéresis de una máquina eléctrica con núcleo de material ferromagnético.

Carga horaria: 4.5 Hs (6 Hs cátedra)

Laboratorio N° 13: "Obtención de la característica magnética y ciclo de histéresis en un Transformador de tensión".

DIRECCIÓN ACADÉMICA
ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL
Carga horaria: 3 Hs (4 Hs cátedra)



[Signature]
MARIA EUGENIA LAVORATTO
DIRECTORA
DIRECCIÓN ACADÉMICA
U.T.N. F.R.L.P.

[Signature]
D^r José Luis MACCARONE
Director Univ. Ing. Eléctrica

UNIDAD TEMÁTICA Nº 11: "LOCALIZACIÓN DE FALLAS EN LINEAS AEREAS Y SUBTERRANEAS".

Contenidos:

- Características y tipos de las fallas.
- Métodos de ubicación de falla.
- Métodos de puntualización de la falla.
- Procedimiento en la detección de fallas: Ensayar, analizar, prelocalizar, puntualizar.

Carga horaria: 3 Hs (4 Hs cátedra)

UNIDAD TEMÁTICA Nº 12: "MEDICIÓN ELÉCTRICA DE MAGNITUDES NO ELÉCTRICAS".

Contenidos:

- Sensores resistivos.
- Sensores de reactancia variable.
- Sensores generadores.
- Sensores digitales.
- Acondicionadores de señal para los diferentes tipos de sensores.

Carga horaria: 3 Hs (4 Hs cátedra)

Referencias bibliográficas

Bibliografía Obligatoria:

La asignatura puede seguirse a través del material bibliográfico citado a continuación:

Pascual Héctor O. "*Instrumentos digitales y registradores*". Guía de Estudio de Instrumentos y Mediciones Eléctricas, (86 páginas). La Plata, Buenos Aires, Argentina. Revisión 4. Año 2022.

Pascual Héctor O. "*Medición y Metrología*", Guía de Estudio de Instrumentos y Mediciones Eléctricas, (24 páginas). La Plata, Buenos Aires, Argentina. Revisión 1. Año 2021.

Pascual Héctor O. "*Instrumentos analógicos*". Guía de Estudio de Instrumentos y Mediciones Eléctricas, (53 páginas). La Plata, Buenos Aires, Argentina. Revisión 2. Año 2021.

Pascual Héctor O. "*Medición de potencia y energía*". Guía de Estudio de Instrumentos y Mediciones Eléctricas, (116 páginas). La Plata, Buenos Aires, Argentina. Revisión 3. Año 2021.

Pascual Héctor O. "*Métodos de medida*". Guía de Estudio de Instrumentos y Mediciones Eléctricas, (37 páginas). La Plata, Buenos Aires, Argentina. Revisión 2. Año 2020.

Pascual Héctor O. "*Métodos de cero, puentes*". Guía de Estudio de Instrumentos y Mediciones Eléctricas, (79 páginas). La Plata, Buenos Aires, Argentina. Revisión 3. Año 2020.



MARIA EUGENIA LAHORATTO
DIRECTORA
DIRECCIÓN ACADÉMICA
U.T.N. F.R.L.P.

D- José Luis MACCARONE
Director U.T. Ing. Eléctrica

Pascual Héctor O. "*Transformadores de medida*". Guía de Estudio de Instrumentos y Mediciones Eléctricas, (41 páginas) La Plata, Buenos Aires, Argentina. Revisión 1. Año 2020.

Pascual Héctor O. "*Mediciones magnéticas*". Guía de Estudio de Instrumentos y Mediciones Eléctricas. La Plata, Buenos Aires, Argentina. (En preparación).

IRAM 2281-2: Puesta a tierra de sistemas eléctricos - Guía de mediciones de magnitudes de puesta a tierra (resistencias, resistividades y gradientes).

Pallas Areny R. "*Sensores y Acondicionadores de Señal*". Marcombo. España. 4ª edición. Año 2003.

Nota: Para este último libro, no se utiliza la totalidad de su contenido, sino aquellos capítulos o parte de estos, considerados esenciales para el desarrollo de la Unidad Temática correspondiente.

Bibliografía optativa:

Arseneau R. et al., "*Practical Definitions for Powers in Systems with Non sinusoidal Waveforms and Unbalanced Loads: A Discussion*", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 11, N°: 1, January 1996.

Berrosteguieta Jaime y Enzunza Ángel, "*Teoría y tecnología de los transformadores de medida*", ARTECHE.

Bolton Bill, "*Mediciones y Pruebas Eléctricas y Electrónicas*", MARCOMBO Boixareu Editores, Barcelona, España, 1995.

Boll R., "*Soft Magnetic Materials*", Siemens Aktiengesellschaft Heyden, Britain, 1979.

Compton K. T., "*Circuitos Magnéticos y Transformadores*", Reverté, Argentina, 1984.

Cooper William D. y Helfrick Albert D. "*Instrumentación Electrónica Moderna y Técnicas de Medición*". PRENTICE HALL HISPANOAMERICANA S.A. México, 1991.

Dampé Jorge L., "*Medidas Eléctricas Guía de Estudio*", (CEILP) Centro de Estudiantes de Ingeniería de La Plata, Apunte UNLP, 2009

Emanuel Alexander Eigeles, "*On the Assessment of Harmonic Pollution*", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 10, N°: 3, July 1995.

Frame J.G., et al., "*Hysteresis Modelling in Electromagnetic Transient Program*", IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-101, N°: 9, September 1982, pp. 3403-3412.

Gómez Targarona Juan Carlos, "*Calidad de Potencia para Usuarios y Empresas Eléctricas*", Edigar, Buenos Aires, Argentina, 2005.

González Roberto Juan Carlos, "*Medidores de Impedancia y parámetros de componentes pasivos*", Universidad de Cádiz, España.

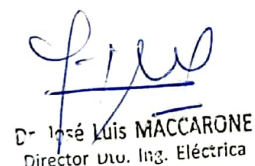
González Juan Carlos, "*Métodos de medida*", Centro de Estudiantes Tecnológicos, UTN FRLP, Buenos Aires, Argentina, 1986.



MARIA EUGENIA LAVORATTO
DIRECTORA
DIRECCIÓN ACADÉMICA
U.T.N. F.R.L.P.

Dr. José Luis MACCARONE
Director Div. Ing. Eléctrica

ES CORIA FIEL DEL ORIGINAL Desbalance en Redes de Distribución Argentinas,
Contemplando la Reglamentación Nacional Vigente al Respecto". Décimo Quinto Encuentro



Regional Iberoamericano del CIGRÉ (XV ERIAC 2013), Foz de Iguazu-PR, Brasil, 19-23 de mayo de 2013

Pascual Héctor O., et al., "**Análisis del factor de desbalance homopolar en redes de distribución argentinas, contemplando la reglamentación nacional vigente al respecto**". Revista Electrotécnica dentro de la revista Ingeniería Eléctrica, en su N°: 299 de junio de 2015, Editor Editores SRL, pags: 40-45 versión impresa y (http://www.editores-srl.com.ar/revistas/ie/299/aea_analisis_del_factor_de_desbalance_homopolar) versión online.

Pascual H. O., et al., "Behaviour of Current Transformers (CT's) under severe saturation conditions," International Conference on Power Systems Transients IPST2001, Rio de Janeiro, Brazil, June 24-28, 2001.

Pascual Héctor O. et al., "**Cuantificación del Desbalance admisible en Corrientes, para Redes de Distribución Eléctrica de Baja Tensión**". Revista RUMBOS TECNOLÓGICOS, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Avellaneda. ISSN 1852-7698 (impresa) - ISSN 1852-7701 (en línea), Buenos Aires, Argentina. Volumen 9, septiembre de 2017, Páginas 13-24.

Pascual H. O., et al., "**Evaluación del Error en un Transformador de Corriente, con Respecto a la Constante de Tiempo de la Corriente Primaria y Secundaria,**" Revista TECNOLOGÍA Y CIENCIA, ISSN 1666-6917 (impresa) - ISSN 1666-6933 (en línea), Buenos Aires, Argentina. Año: 8, N°: 16, (Páginas: 38-43) de versión impresa y Año: 3, N°: 4, (Páginas: 46-52) de versión en línea.

Pascual H. O., et al., "**Impedance Measurement in Real Time, Employing Sine and Cosine Filters Simultaneously, Incorporating Spline Functions for Interpolation**". Electronics, Robotics and Automotive Mechanics Conference CERMA 2007, Cuernavaca, Morelos, México, September 25-28, 2007. (Páginas: 633-638), ISBN: 0-7695-2974-7.

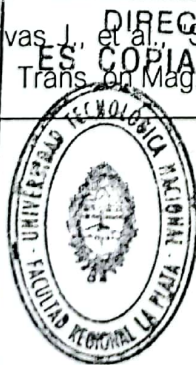
Pascual H. O., "**Trasductores de Corriente, su Interacción con las Protecciones de Sistemas Eléctricos de Potencia**". Tesis de Doctorado, presentada en el Dto. de Electrotecnia de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata, en el año 2002.

Proakis John G. and Manolakis Dimitris G., "**Digital Signal Processing**", Pearson Education Limited, United States of America, Fourth Edition, 1998.

Prusty S. and Rao M. V. S., "A Direct Piecewise Linearized Approach to Convert rms Saturation Characteristic to Instantaneous Saturation Curve", IEEE Trans. on Magnetics, Vol. MAG-16, No.1, January 1980, pp. 158-160.

Ras Enrique, "**Transformadores de Potencia, de Medida y de Protección**", 7° edición renovada, Editorial: Alfaomega/Marcombo, Santafe de Bogota, Colombia, 1995.

Rivas J., et al., "Simple Approximation for Magnetisation Curves and Hysteresis Loops", IEEE Trans. on Magnetics, Vol. MAG-17, No. 5, July 1981, pp. 1498-1502.



MARIA EUGENIA LAVORATTO
DIRECTORA
DIRECCIÓN ACADÉMICA
U.T.N. F.R.L.P.

D- José Luis MACCARONE
Director Dto. Ing. Eléctrica

Sabato Juan, "*Mediciones Eléctricas, Corriente continua, Corriente alterna de baja frecuencia*", Tomo 1: Unidades y patrones, Calculo de errores, LIBRERÍA Y EDITORIAL ALSINA, Argentina, 1978.

Sobrevila Marcelo Antonio, "*Instrumentos y Mediciones Eléctricas*", Librería y Editorial Alsina, Buenos Aires, Argentina, 2013.

Std IEEE 519 2014, IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems.

Std IEEE 1159 2009, IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality

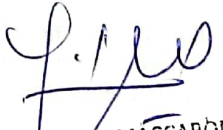
Std IEEE 1459 2010, IEEE Standard Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions.

Tektronix, "*ABCs of Probes*", Tektronix, Estados Unidos, 2005

Tektronix, "*Conceptos Básicos de los Osciloscopios Analógicos y Digitales*", Tektronix, Estados Unidos, 1993.

Wolfgang Hauschild and Eberhard Lemke., "*High-Voltage Test and Measuring Techniques*", SPRINGER, Verlag Berlin Heidelberg, 2014.




Dr. José Luis MACCARONE
Director Uuo. Ing. Eléctrica