

---

*Plan Anual de Actividades Académicas*

*(A completar por el Director de Cátedra)*

**2023**

Departamento: **Electromecánica**

Asignatura: **Centrales y Sistemas de Transmisión**

Titular: **Ing. Claudio Cendra**

Asociado: .....

Adjunto: .....

JTP: **Ing. Nicolás Saucedo**

Auxiliares: **Ing. Ailen Braida**.....

**Planificación de la asignatura**

*Debe contener como mínimo:*

- **Fundamentación de la materia dentro del plan de estudios.**

En esta materia se estudian básicamente dos disciplinas:

a. **Líneas y sistemas de transmisión:** se pretende que el estudiante reciba los conocimientos mínimos e indispensables para poder:

- Conocer los distintos materiales utilizados en la ejecución líneas de transmisión eléctrica.
- Realizar cálculos eléctricos y mecánicos para el diseño de las mismas.
- Confeccionar proyectos de líneas y sistemas de transmisión.
- Conocer las reglamentaciones vigentes de los organismos que intervienen a la hora de realizar una Línea de transmisión: Empresas de Energía, Ferrocarriles, Vialidad Provincial y Nacional, telefonía, gas, etc.
- Realizar la conducción, construcción, montaje y puesta en servicio de las mismas.

b. **Centrales y Estaciones transformadoras:** lograr que el alumno conozca los componentes principales de las mismas para:

- Definir, proyectar y elegir la configuración más adecuada para una Central o Estación Transformadora en función de las pautas básicas de diseño.
- Poder seleccionar los elementos de maniobra, medición, protección, comando y control de las mismas.
- Conocer los fundamentos de la explotación y mantenimiento de estas instalaciones.

Se desea también que el alumno conozca las Especificaciones y Normas de diseño, de normalización de materiales; el manejo adecuado de catálogos técnicos, Reglamentaciones; como así también tener nociones de la incidencia de impacto ambiental tanto en la construcción como en la operación de estas instalaciones.

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

Componentes de generación, transporte, transformación y distribución: lograr que el alumno conozca la función de cada elemento, los diagramas de carga, las curvas de demanda, los factores de cálculo de carga, simultaneidad, utilización, reserva.

Costo del kWh: permitir que el alumno conozca los elementos que definen el costo de la energía y los elementos que integran el Mercado Eléctrico a nivel nacional

Operación económica: brindar las herramientas mínimas para analizar los costos directos e indirectos de una explotación eléctrica.

Cálculo eléctrico: lograr que el alumno desarrolle los conocimientos necesarios para calcular los parámetros eléctricos de una línea de transmisión. Que pueda utilizar los distintos circuitos equivalentes en función de la potencia a transmitir, la tensión nominal y la longitud de la línea.

Cálculo mecánico: permitir que el alumno conozca los parámetros de diseño de los distintos tipos de estructuras, conductores y fundaciones.

Circuitos eléctricos de centrales y estaciones transformadoras: lograr que el alumno conozca los distintos tipos constructivos de elementos de potencia, control y servicios auxiliares de estas instalaciones.

Elementos de maniobra y protección: dar al alumno las herramientas necesarias para la selección, cálculo, principio de funcionamiento y utilización de los distintos elementos disponibles en el mercado. Familiarizar al alumno con el manejo de catálogos, planillas de datos técnicos garantizados y especificaciones técnicas.

Centrales eléctricas: brindar al alumno los contenidos mínimos para distinguir los principales componentes, las formas constructivas, el principio de funcionamiento, las ventajas y desventajas de cada tipo de central. Conocer someramente los tipos de centrales existentes en el país.

▪ **Contenidos.**

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

- Configuración de los sistemas de energía: características propias, componentes.
- Comportamiento de los sistemas: diagramas y factores característicos. Clasificación. Centrales de base y de punta.
- Despacho de carga. Operación económica
- Aspectos económicos: costos y tarifas, comercialización
- Marco regulatorio energético argentino
- Hidroelectricidad y centrales hidroeléctricas. Componentes y disposiciones características de un aprovechamiento hidroeléctrico. Disposiciones constructivas y composición de la sala de máquinas.
- Centrales TV, TG y de ciclo combinado. Disposición general de la central, composición de la sala de máquinas.
- Centrales nucleares: componentes. Reactores.
- Centrales no convencionales.
- Aparatos y equipos de maniobra y protección.
- Protecciones de generadores, transformadores y líneas.
- Circuitos eléctricos de centrales y estaciones transformadoras. Circuitos principales y de Servicios Auxiliares. Esquemas unifilares, multifilares y funcionales.
- Estaciones transformadoras. Disposiciones constructivas tipo intemperie e interior. Comando.
- Cálculos eléctricos de líneas de transmisión. Parámetros. Representación por cuadripolos. Teoría de la línea larga. Regulación.
- Sobretensiones, protección. Puesta a tierra del neutro de sistemas. Aislación y coordinación del aislamiento.
- Cálculo mecánico de líneas aéreas. Aspectos económicos.
- Cálculo de conductores, estructuras, fundaciones. Trazado de líneas.
- Operación de sistemas. Flujo de cargas.
- Estabilidad de sistemas.

## **PROGRAMA ANALITICO**

### **Características de los sistemas de potencia.**

#### **TEMA 1**

Componentes de: generación, transporte, transformación y distribución. Componentes de los sistemas de potencia; generación y consumo; diagrama de carga diario. Potencias: máxima, mínima, media. Factores de carga, de diversidad, de simultaneidad. Reserva: tipo y factor de reserva. Diagrama ordenado de carga. Tiempo de utilización.

#### **TEMA 2**

Costo del kW-h y tiempo de utilización. Centrales de punta y de base. Comercialización de la energía eléctrica: tarifas, regímenes tarifarios, políticas energéticas. Mediciones de Energía: activa, reactiva, demanda máxima. Factor de potencia: penalizaciones y bonificaciones.

### **Operación económica.**

#### **TEMA 3**

Generalidades. Despacho de dos unidades. Análisis generalizado. Curva entrada salida. Costos Incrementales de las distintas unidades. Operación de Centrales considerando las pérdidas de transmisión. Aspectos económicos: costos y tarifas, comercialización. Marco regulatorio energético argentino. Operación de sistemas. Flujo de carga. Estabilidad de sistemas

### **Cálculo eléctrico de líneas de transmisión de energía**

#### **TEMA 4**

Representación de líneas. Cuadripolos. Parámetros unitarios. Consideraciones económicas. Tensión de transporte. Vano económico. Cálculos aproximados: impedancias simples, capacidad concentrada, Cuadripolos en "Te" y en "π". Tensiones corrientes, ecuaciones, diagramas vectoriales. Caídas de tensión y pérdidas de potencia.

#### **TEMA 5**

Cálculo exacto. Método de las funciones hiperbólicas. Ecuaciones diferenciales. Solución. Interpretación física de las constantes de la transmisión, diagrama vectorial.

Cables subterráneos, componentes, características de los aislantes, semiconductores, pantallas electrostáticas. Cables para alta tensión. Proceso de tendido de conductores subterráneos.

:

### **Cálculo mecánico de líneas aéreas**

#### **TEMA 6**

Estados de cálculo. Determinación de la flecha. Ecuación de cambio de estado de un cable suspendido. Caso de cable homogéneo. Vano crítico. Cable heterogéneo. Tensiones mecánicas. Flechas. Gráficos de tendido.

#### **TEMA 7**

Cálculo de cargas específicas. Influencia del viento y del hielo. Determinación de la altura de un soporte. Determinación de la resistencia o tiro de un soporte. Postes simples, dobles, triples. Suspensiones, retenciones rectas y angulares, terminales. Pórticos.

**TEMA 8**

Fundaciones, conceptos. Sistemas de fundaciones más comunes. Cálculo de fundaciones por el método de la Comisión Suiza. Método de Sulzberger. Trazado de una línea.

**Circuitos eléctricos de Centrales y Estaciones Transformadoras****TEMA 9**

Circuitos principales. Disposiciones de máquinas de potencia, barras, aparatos de maniobra y aparatos de protección. Montaje en barras y en bloques. Barras múltiples. Barras de transferencia. Acoplamiento. Limitación de los cortocircuitos.

**TEMA 10**

Circuitos auxiliares y de consumo propio. Conceptos, potencia. Barras de media y baja tensión. Circuitos de corriente alterna y continua. Disposiciones más comunes. Esquemas unifilares, multifilares y funcionales

**Aparatos de maniobra y protección****TEMA 11**

Proceso de interrupción. Interruptores: características y magnitudes, selección. Descripción de interruptores: de gran volumen de aceite, pequeño volumen de aceite, neumáticos, de hexafluoruro de azufre, de vacío, de expansión. Elección, catálogos.

**TEMA 12**

Seccionadores. Tipos: de cuchillas giratorias y deslizantes, de aisladores giratorios, pantógrafos. Características. Sobretensiones: interiores y exteriores. Descargadores auto valvulares: tipos, magnitudes características. Puesta a tierra de neutro de sistemas. Aislación y coordinación del aislamiento.

**TEMA 13**

Reles de protección. Generalidades. Selectividad. Primarios y secundarios. De acción directa e indirecta. Protección de generadores: contra: sobre intensidades, sobrecargas, des excitación, contacto entre espiras, entre bobinados, puesta a tierra. Rotor: puesta a tierra. Sobretensiones. Protecciones de impedancia, sobre y sub tensión, sobre y sub frecuencia. Protecciones direccionales.

**TEMA 14**

Protección de transformadores. Relés Bucchholz. Termómetro. Nivel de aceite. Sobrecarga. Imagen térmica. Protección diferencial. Protección de cuba. Protecciones de líneas: impedancia, diferencial, direccional. Teleprotecciones

**TEMA 15**

Sistemas de control y monitoreo. Sistemas SCADA. Unidad terminal Remota (RTU). Redes de comunicación. Switches. Gateway. Centros de control. Transmisión de datos.

**Centrales eléctricas****TEMA 16**

Clasificación de centrales eléctricas. Centrales hidroeléctricas: de pasada (azud), de embalse, de bombeo. Instalaciones complementarias: tuberías forzadas, rejas, válvulas. Vertederos Presas. Turbinas. Disposiciones

características. Disposiciones constructivas y composición de la sala de máquinas. Centrales mareo-motrices.

### **TEMA 17**

Centrales térmicas. Convencionales de vapor. Turbo gas. Ciclos combinados. Disposición general de la central, composición de la sala de máquinas. Nucleares. Componentes, características, rendimientos, combustibles. Agua de alimentación. Reactores. Centrales diesel.

### **TEMA 18**

Centrales renovables: solares, fotovoltaicas; eólicas, de biomasa, geotérmicas

#### ▪ **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 concretos 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.

Por el momento, las clases son virtuales, con la complicación que ello representa, para tener una correcta participación del estudiante.

b) La parte práctica de la materia incluye la resolución de ejercicios numéricos sobre distintos temas, y la realización de algunos proyectos que integran los distintos conocimientos desarrollados a lo largo de la materia.

Se solicitará que la redacción de informes técnicos teniendo en cuenta las Especificaciones Técnicas de las Empresas de Energía, para que el alumno se familiarice con la ejecución de proyectos reales en la vida profesional.

#### ▪ **Metodología de Evaluación.**

Para la evaluación de los alumnos se prevé la realización de algunos proyectos integradores, donde el alumno deba aplicar los conceptos aprendidos en clase, volcándolos a una situación práctica concreta como la que se le presentará en la vida profesional. De esta manera a través de la ejecución de estos trabajos ira adquiriendo la solidez necesaria para la elaboración de proyectos técnicos.

Estos trabajos deben ser aprobados durante el desarrollo del año lectivo como una condición más para obtener la regularidad de la materia.

#### **Trabajos prácticos previstos:**

- Cálculo eléctrico de líneas eléctricas
- Proyecto de alimentación subterránea en media/alta tensión
- Proyecto de una línea de 132kV: Primera parte: cálculo mecánico de conductores, cálculo de estructuras.
- Proyecto de una línea de 132kV: Segunda parte: cálculo de fundaciones y planimetría.
- Diseño de una estación transformadora de 132kV

Para los temas del programa no contemplados en los trabajos prácticos, se prevé la realización de dos (2) exámenes parciales cuyas fechas serán:

Primer parcial	xx/xx/xx
Segundo parcial	xx/xx/xx

Recuperatorio      xx/xx/xx (a definir)

**Condiciones para aprobación directa:**

- Presentación en las fechas establecidas y aprobación de todos los trabajos prácticos
- Aprobación de los dos exámenes parciales con seis (6) o más puntos
- Cumplir con un mínimo de 75% de asistencia a la totalidad de las clases

**Condiciones para aprobar el cursado:**

- Presentación y aprobación de todos los trabajos prácticos
- Obtener un mínimo de cuatro (4) puntos en los exámenes parciales
- Cumplir con un mínimo de 75% de asistencia a la totalidad de las clases

Con estas condiciones, 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. En casos muy puntuales se distribuirán juegos de fotocopias para cada alumno con explicaciones sobre temas específicos. Para la realización de prácticas virtuales se ocuparán las PCs disponibles, usándose en estos casos programas de diseño como el Autocad para la ejecución de planos y programas de cálculo como el Excel u otros similares para la confección de los desarrollos numéricos.

**▪ 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 cómo éstos se utilizan en el cursado de materias futuras.

**PRE-REQUISITOS FORMALES**

Para poder CURSAR esta asignatura se requiere:

**1- Tener REGULARIZADAS:**

Mecánica de los fluidos y Máquinas fluido dinámicas  
Máquinas Eléctricas  
Mediciones Eléctricas  
Máquinas Térmicas

**2- Tener APROBADAS:**

Mecánica y Mecanismos  
Electrotecnia

- Termodinámica Técnica  
 Matemática para Ing. Electromecánica  
 3- Para poder RENDIR esta asignatura se requiere:

Haber APROBADO:

Mecánica de los fluidos y Máquinas fluido dinámicas  
 Máquinas Eléctricas  
 Mediciones Eléctricas  
 Máquinas Térmicas

▪ **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 **2 semanas** por posibles eventualidades y/o clases de consultas, recuperatorios de evaluaciones parciales, etc., se estima disponer entonces de **30 semanas efectivas** para desarrollar el programa. La distribución del tiempo será la siguiente:

Tema 1	Semana 1	Total: 1 semana	5 horas
Tema 2	Semana 2	Total: 1 semana	5 horas
Tema 3	Semana 3	Total: 1 semana	5 horas
Tema 4	Semanas 4 y 5	Total: 2 semanas	10 horas
Tema 5	Semanas 6 y 7	Total: 2 semanas	10 horas
Tema 6	Semanas 8 y 9	Total: 2 semanas	10 horas
Tema 7	Semanas 10 y 11	Total: 2 semanas	10 horas
Tema 8	Semanas 12 y 13	Total: 2 semanas	10 horas
Tema 9	Semanas 14 y 15	Total: 2 semanas	10 horas
Tema 10	Semanas 16 y 17	Total: 2 semanas	10 horas
Tema 11	Semanas 18 y 19	Total: 2 semanas	10 horas
Tema 12	Semanas 20 y 21	Total: 2 semanas	10 horas
Tema 13	Semanas 22 y 23	Total: 2 semanas	10 horas
Tema 14	Semana 24	Total: 1 semana	5 horas
Tema 15	Semanas 25 y 26	Total: 2 semanas	10 horas
Tema 16	Semanas 27 y 28	Total: 2 semanas	10 horas
Visitas		Total: 2 semanas	10 horas
Temas complementarios		Total: 2 semanas	10 horas

▪ **Bibliografía**

1. Básica:
  - a. Stevenson Willam / Análisis de sistemas eléctricos de potencia – Edit. Mc Graw Hill 1996
  - b. Buchhold, Happoldt / Centrales y redes eléctricas. – 2ª ed. – Labor: Barcelona, 1966.
  - c. Marcelic / Líneas y redes eléctricas – Edit. Ediar
  - d. Viqueira Landa, Jacinto / Redes eléctricas. Primera parte. – 2ª ed. – México: Representaciones y Servicios de Ingeniería, 1986.
  - e. Viqueira Landa, Jacinto / Redes eléctricas. Segunda parte. Tercera parte – 2ª ed. – México: Representaciones y Servicios de Ingeniería, 1986.
  - f. Checa, Luís María / Líneas de transporte de energía – Ed. Marcombo
  - g. Zoppetti Judez, / Redes eléctricas de alta y baja tensión, 5ª ed. Gustavo Gill.
  - h. Enríquez Harper, Gilberto / Líneas de transmisión y redes de distribución de potencia eléctrica. Vol. I. – México: Limusa, 1978.

- i. Enríquez Harper, Gilberto / Líneas de transmisión y redes de distribución de potencia eléctrica. Vol. II. – Preedición – México: Limusa, 1978.
  - j. Enríquez Harper, Gilberto / Elementos de diseño de Subestaciones Eléctricas. – Preedición – México: Limusa, 1979.
  - k. Raúl Martín, José/ Diseño de subestaciones eléctricas. – 1ª ed. – México: McGraw-Hill, 1992.
  - l. Marcelo Sobrevila / Centrales eléctricas y estaciones transformadoras – 1º ed. 1977 Marymar Ediciones S.A.
  - m. Angel Luis Orille Fernández / Centrales eléctricas – 1 ed 1993, 2º reimpresión 1997
  - n. Samuel Ramírez Castaño / Protección de sistemas eléctricos
  - o. Sanz Serrano, José I. / Instalaciones eléctricas. Soluciones a problemas en baja y alta tensión. - 1ª ed. – Madrid: Thomson Paraninfo, 2005.
  - p. Toledano Gasca, José C.; Sanz Serrano, José I. / Instalaciones eléctrica de enlace y centros de transformación. – 5ª ed. - Thomson-Paraninfo, 2003.
  - q. Enciclopedia CEAC de Electricidad: Centrales eléctricas
  - r. Enciclopedia CEAC de Electricidad: Estaciones transformadoras y de distribución – Protección de sistemas eléctricos
  - s. García Trasancos, José / Instalaciones eléctricas en media y baja tensión. - 4ª ed. - Thomson-Paraninfo, 2004
  - t. Weedy / Sistemas eléctricos de gran potencia – Ed. Reverté
  - u. Henriet / Redes eléctricas, funcionamiento y protección – Ed. Mayo
2. De consulta:
- a. Transener S.A. Guía general de diseño y normas para Estaciones Transformadoras – Versión 1
  - b. CAMMESA Procedimiento para la programación de la operación, el despacho de carga y el cálculo de precios – Versión 01/06/2004
  - c. Especificaciones Técnicas de EPE:
    - i. ETN 004 Herrajes y componentes metálicos normales – Vigencia: Agosto 1995
    - ii. ETN 010 Aisladores de porcelana o de vidrio para instalaciones eléctricas y redes de corriente alterna – Vigencia Septiembre 1996
    - iii. ETN 010a: Aisladores de material orgánico para suspensión o retención de líneas aéreas de energía – Vigencia: Septiembre 1996
    - iv. ETN 012 Descargadores de oxido de cinc para protección en Estaciones Transformadoras de 132kV – Vigencia: julio 1995
    - v. ETN 015: Aisladores soporte de porcelana para instalaciones eléctricas de alta tensión – Vigencia: Julio 1995
    - vi. ETN 022a: Especificaciones técnicas para seccionadores de 132kV – Vigencia junio 1995
    - vii. ETN 024a: Interruptores de alta tensión – Vigencia enero 1999
    - viii. ETN 026: Transformadores de corriente de medición y protección para uso interior e intemperie
    - ix. ETN 027: Transformadores de tensión de medición y protección para uso interior e intemperie
    - x. ETN 049: Conductores de aluminio y aleación de aluminio con alma de acero
    - xi. ETN 061: Transformadores de potencia trifásicos, regulables de tres arrollamientos para 132kV
    - xii. ETN 160/02 Condiciones para el cálculo y diseño de líneas de media y alta tensión – Vigencia: Marzo 2014
  - d. Normas IRAM:
    - i. 722 Cordones de acero para usos generales, construcción 1x7 y 1x19
    - ii. 1603 Postes de hormigón armado para soportes de instalaciones eléctricas
    - iii. 1650 Postes de hormigón pretensado para soportes de instalaciones eléctricas
    - iv. 2077 Aisladores de porcelana o vidrio para líneas aéreas de tensión nominal mayor a 1000V

- v. 2143 Conductores de cobre aislados en PVC. Requisitos generales
- vi. 2178 Cables de energía aislados con dieléctricos sólidos extraídos para tensiones nominales de 1,1 a 33kV
- vii. 2187 Conductores de aluminio o aleación de aluminio con alma de acero
- viii. 2211 Coordinación de la aislamiento eléctrica
- ix. 2212 Conductores de aleación de aluminio
- x. 2271 Transformadores de tensión
- xi. 2275 Transformadores de corriente
- e. Reglamentos de la AEA:
  - i. 90909-0 - Corrientes de Corto Circuito en Sistemas Trifásicos de Corriente Alterna - Parte 0 - Documento Normativo. Cálculo de las Corrientes. [Edición 2004].
  - ii. 90909-1 - Corrientes de Corto Circuito en Sistemas Trifásicos de Corriente Alterna - Parte 1 - Informe Técnico. Factores para el Cálculo. [Edición 2004].
  - iii. 95101 - Reglamentación sobre Líneas Subterráneas Exteriores de Energía y Telecomunicaciones. [Edición 2007].
  - iv. 95301 - Reglamentación de Líneas Aéreas Exteriores de Media Tensión y Alta Tensión. [Edición 2007].
- f. Manuales y catálogos técnicos:
  - i. Interruptores: ABB, Alstom, Crompton, Siemens, GE
  - ii. Seccionadores: Electromecánica Tesla SA, Lago Electromecánica
  - iii. Transformadores de tensión y corriente: Areva, Artech
  - iv. Transformadores de potencia: Tadeo Czerweny S.A., Tubos Trans Electric S.A., Faraday S.A.
  - v. Descargadores de sobretensión: ABB, Crompton, Siemens
  - vi. Aisladores: Fapa S.A. Santana
  - vii. Conductores de energía: Prysmian, Cearca, CIMET, IMSA
  - viii. Estructuras de hormigón: Mástil S.A., Prear S.A., CECARRI
  - ix. Reles de protección: ABB, General Electric, Schneider, Siemens, ZIV, SEL
  - x. Herrajes y morsetería: Brocal S.A., Energys SRL, Morsel SRL, ElectroCórdoba, Tarea