

**Formulario de aprobación de curso de posgrado/educación permanente**

**Asignatura:** Ensayos de transformadores y reactores  
(Si el nombre contiene siglas deberán ser aclaradas)

**Modalidad:** (posgrado, educación permanente o ambas)

<b>Posgrado</b>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Educación permanente</b>	<input checked="" type="checkbox"/>

**Profesor de la asignatura** <sup>1</sup>: Ing. Álvaro Portillo, docente libre, IIE  
(título, nombre, grado o cargo, instituto o institución)

**Profesor Responsable Local** <sup>1</sup>: Dr. Mario Vignolo, Prof. Titular, Gr.5, IIE  
(título, nombre, grado, instituto)

**Otros docentes de la Facultad:** No  
(título, nombre, grado, instituto)

**Docentes fuera de Facultad:** No  
(título, nombre, cargo, institución, país)

<sup>1</sup> Agregar CV si el curso se dicta por primera vez.  
(Si el profesor de la asignatura no es docente de la Facultad se deberá designar un responsable local)

[Si es curso de posgrado]

**Programa(s) de posgrado:** Maestría de Ingeniería Eléctrica, Diploma de Sistemas Eléctricos de Potencia

**Instituto o unidad:** IIE

**Departamento o área:** Depto. Potencia

**Horas Presenciales:** 40  
(se deberán discriminar las horas en el ítem Metodología de enseñanza)

**Nº de Créditos:** 5  
[Exclusivamente para curso de posgrado]  
(de acuerdo a la definición de la UdelaR, un crédito equivale a 15 horas de dedicación del estudiante según se detalla en el ítem Metodología de enseñanza)

**Público objetivo:**  
Ingenieros encargados de realizar recepción en fábrica, instalación y mantenimiento de transformadores y reactores. Estudiantes de posgrado de ingeniería eléctrica.

**Cupos:** 40  
(si corresponde, se indicará el número de plazas, mínimo y máximo y los criterios de selección. Asimismo, se adjuntará en nota aparte los fundamentos de los cupos propuestos. Si no existe indicación particular para el cupo máximo, el criterio general será el orden de inscripción, hasta completar el cupo asignado)

**Objetivos:**

Al finalizar el curso el estudiante será capaz de analizar y comprender:

- ensayos de rutina y de tipo realizados en las pruebas de recepción en fábrica
- ensayos especiales realizados en fábrica y en laboratorios especializados
- ensayos de puesta en marcha, mantenimiento y diagnóstico realizados en campo

Se tomarán como referencia las siguientes normas:

- IEC (International Electrotechnical Commission)
- ANSI (American National Standards Institute)
- IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)

dando preferencia en lo posible a las normas IEC.

Cada uno de los ensayos se analizará de modo de poder contestar las siguientes preguntas:

- ¿Para qué se realiza?
- ¿Cómo se realiza?
- ¿Cómo interpretamos los resultados?

---

### Conocimientos previos exigidos:

Conocimientos básicos sobre detalles constructivos y operación de transformadores de distribución y potencia

### Conocimientos previos recomendados:

Experiencia en el mantenimiento de transformadores de distribución y potencia

---

### Metodología de enseñanza:

(comprende una descripción de la metodología de enseñanza y de las horas dedicadas por el estudiante a la asignatura, distribuidas en horas presenciales -de clase práctica, teórico, laboratorio, consulta, etc.- y no presenciales de trabajo personal del estudiante)

Descripción de la metodología:

[Obligatorio]

El curso se dictará en forma virtual en 10 clases teóricas de 4 horas de duración cada una

Detalle de horas:

- Horas de clase (teórico): 40
- Horas de clase (práctico): 0
- Horas de clase (laboratorio): 0
- Horas de consulta: 0
- Horas de evaluación: 0
  - Subtotal de horas presenciales: 40
- Horas de estudio: 20
- Horas de resolución de ejercicios/prácticos: 0
- Horas proyecto final/monografía: 20
  - Total de horas de dedicación del estudiante: 80

---

### Forma de evaluación:

[Indique la forma de evaluación para estudiantes de posgrado, si corresponde]

[Indique la forma de evaluación para estudiantes de educación permanente, si corresponde]

Monografía sobre un tema a determinar, con defensa y presentación oral, tanto para los estudiantes de posgrado como para los de educación permanente.

---

### Temario:

#### Parte 1 - Ensayos de Recepción para Transformadores y Reactores

##### 1. Ensayos de Rutina de Transformadores

###### 1.1. Resistencia de los Bobinados

---

- 1.2. Relación de Transformación y Símbolo de Conexión
  - 1.3. Impedancia de Cortocircuito y Pérdidas en Carga (IEC 60076-1)
  - 1.4. Pérdidas y Corriente de Vacío
  - 1.5. Ensayos Dieléctricos de Rutina
  - 1.6. Ensayos en Conmutadores Bajo Carga
  - 1.7. Ensayo de Estanqueidad con Presión en Transformadores en Líquido Aislante
  - 1.8. Resistencia de Aislamiento del Núcleo y Elementos Estructurales de Prensado
  - 1.9. Capacidades entre cada Bobinado y Tierra y entre Bobinados
  - 1.10. Resistencia de Aislamiento entre cada Bobinado y Tierra y entre Bobinados
  - 1.11. Medida del Factor de Disipación del Sistema Aislante de Capacitancia
  - 1.12. Medida de los Gases Disueltos en el Líquido Aislante
2. Ensayos de Tipo de Transformadores
    - 2.1. Calentamiento
    - 2.2. Ensayos Dieléctricos de Tipo
    - 2.3. Nivel de Ruido
    - 2.4. Potencia consumida por los motores de ventiladores y bombas
3. Ensayos Especiales de Transformadores
    - 3.1. Ensayos Dieléctricos Especiales
    - 3.2. Medida de la Temperatura de Hot-Spot de los Bobinados
    - 3.3. Impedancia de Secuencia Cero
    - 3.4. Cortocircuito
    - 3.5. Ensayo de Resistencia Mecánica del Taque con Presión y Vacío
    - 3.6. Respuesta en Frecuencia (FRA)
    - 3.7. Verificación de la Pintura
    - 3.8. Determinación del Peso de Transporte
    - 3.9. Armónicos de la Corriente de Vacío
4. Ensayos de Reactores
    - 4.1. Tipos de Reactores y sus ensayos
    - 4.2. Similitudes y diferencias con los ensayos de transformadores
5. Ensayos de Transformadores Secos
    - 5.1. Ensayos de Rutina y de Tipo
    - 5.2. Similitudes y diferencias con los ensayos de transformadores en aceite

## Parte 2 - Ensayos de Campo para Transformadores y Reactores

1. Bobinados
  - 1.1. Resistencia
  - 1.2. Relación de Transformación
  - 1.3. Corriente de Excitación
  - 1.4. Impedancia de Cortocircuito
  - 1.5. Resistencia de Aislación e Índice de Polarización
  - 1.6. Capacidad
  - 1.7. Factor de Potencia y Factor de Disipación ( $\tan \delta$ )
  - 1.8. Tensión Inducida, Descargas Parciales y RIV
  - 1.9. Análisis de la Respuesta en Frecuencia (FRA)
  - 1.10. Impulso de Baja Tensión (LVI)
  - 1.11. Contenido de Humedad de la Aislación (RVM, PDC, FDS)
2. Aisladores Pasantes
  - 2.1. Capacidad
  - 2.2. Pérdidas Dieléctricas

- 2.3. Factor de Potencia y Factor de Disipación ( $\text{tg } \delta$ )
- 2.4. Descargas Parciales
- 2.5. Temperatura
- 2.6. Nivel de Aceite
- 2.7. Inspección Visual
  
- 3. Aceite Aislante
  - 3.1. Contenido de Humedad
  - 3.2. Rigidez Dieléctrica
  - 3.3. Cantidad de Partículas
  - 3.4. Pérdidas Dieléctricas
  - 3.5. Factor de Potencia y Factor de Disipación ( $\text{tg } \delta$ )
  - 3.6. Tensión Interfacial
  - 3.7. Acidez – Índice de Neutralización
  - 3.8. Color y Aspecto Visual
  - 3.9. Estabilidad a la Oxidación
  - 3.10. Análisis Cromatográfico de Gases Disueltos (DGA)
  - 3.11. Contenido de Componentes Furánicos
  
- 4. Cambiadores de Taps
  - 4.1. Bajo Carga
    - 4.1.1. Continuidad de Contacto
    - 4.1.2. Temperatura
    - 4.1.3. Relación de Transformación
    - 4.1.4. Timing (Secuencia Temporal)
    - 4.1.5. Corrientes del Motor
    - 4.1.6. Llaves de Fin de Recorrido
  - 4.2. De Vacío
    - 4.2.1. Presión de Contacto
    - 4.2.2. Centrado
    - 4.2.3. Relación de Transformación
    - 4.2.4. Inspección Visual
  
- 5. Núcleo Magnético
  - 5.1. Resistencia de Aislación
  - 5.2. Ensayo de Tierras
  
- 6. Tanque y Dispositivos Asociados
  - 6.1. Tanque de Expansión
  - 6.2. Sistema de Enfriamiento
    - 6.2.1. Radiadores o Intercambiadores
    - 6.2.2. Ventiladores
    - 6.2.3. Bombas
  - 6.3. Protecciones
    - 6.3.1. Ajuste
    - 6.3.2. Calibración
  - 6.4. Temperatura
  - 6.5. Inspección Visual

---

**Bibliografía:**

(título del libro-nombre del autor-editorial-ISBN-fecha de edición)

- Normas IEC de la serie 60076
- Normas IEEE de la serie C57
- Normas IEC e IEEE de líquidos aislantes

- Ake Carlsson, Franz Wegscheider, Gottfried Schemel, Jitka Fuhr: "ABB Testing of Power Transformers and Shunt Reactors. Routine, type and special tests" - 2010 - 2nd Edition
  - CIGRE Green Book - CIGRE SC A2: Transformers: "Transformer and Reactor Procurement", Gilson M. Bastos, Tom Breckenridge, Mike Lamb, Tara-Lee MacArthur and Simon Ryder Editors, 2022
  - CIGRE Technical Brochure N°445: "Guide for Transformer Maintenance", Working Group A2.34, 2011
  - Material propio que se entregará al comenzar el curso
-

**Datos del curso**

---

**Fecha de inicio y finalización:** 07/07 a 11/07 y 21/07 a 25/07/2025

**Horario y Salón:** Lunes a Viernes de 8:00 a 12:00. Modalidad virtual

**Arancel:**

[Si la modalidad no corresponde indique "no corresponde". Si el curso contempla otorgar becas, indíquelo]

**Arancel para estudiantes inscriptos en la modalidad posgrado:**

**Arancel para estudiantes inscriptos en la modalidad educación permanente: 4000 UI**

---