

PROGRAMA DE CURSO LABORATORIO DE ENERGÍA

A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Ingeniería Eléctrica (DIE)				
Nombre del curso	Laboratorio de energía	Código	EL5203	Créditos	6
Nombre del curso en inglés	<i>Energy Laboratory</i>				
Horas semanales	LABoratorio		5	Trabajo personal	5
Carácter del curso	Electivo: Laboratorio de línea de especialización				
Requisitos	EL4111: Conversión de la energía eléctrica y sistemas eléctricos				

B. Propósito del curso:

El curso tiene como propósito que el estudiantado estudie componentes de un sistema eléctrico de potencia para estudiarlos en su conjunto.

Para ello, aplica, en situaciones de laboratorio, conceptos de sistemas de energía y sistemas eléctricos de potencia para verificar el comportamiento de dichos sistemas, considerando la integración de componentes en sistemas eléctricos.. Asimismo, verifican la teoría, validez y limitaciones de los modelos de dichos sistemas, evaluando el desempeño de sistemas de energía y sistemas eléctricos de potencias bajo distintas condiciones.

El curso tributa a las siguientes competencias específicas (CE) y genéricas (CG):

CE1: Formular, analizar, simular y usar modelos físico-matemáticos que caractericen sistemas dinámicos y fuentes de incertidumbre.

CE2: Concebir y aplicar conocimientos de ciencias físicas y matemáticas para el desarrollo de soluciones tecnológicas a problemáticas de la Ingeniería Eléctrica y áreas afines.

CE3: Analizar, usar experimentos e interpretar sus resultados para la verificación y validación de desarrollos tecnológicos.

CG1: Comunicación académica y profesional

Comunicar en español de forma estratégica, clara y eficaz, tanto en modalidad oral como escrita, puntos de vista, propuestas de proyectos y resultados de investigación fundamentados, en situaciones de comunicación compleja, en ambientes sociales, académicos y profesionales.

CG3: Compromiso ético

Actuar de manera responsable y honesta, dando cuenta en forma crítica de sus propias acciones y sus consecuencias, en el marco del respeto hacia la dignidad de las personas y el cuidado del medio social, cultural y natural.

CG4: Trabajo en equipo

Trabajar en equipo, de forma estratégica y colaborativa, en diversas actividades formativas, a partir de la autogestión de sí mismo y de la relación con el otro, interactuando con los demás

en diversos roles: de líder, colaborador u otros, según requerimientos u objetivos del trabajo, sin discriminar por género u otra razón.

C. Resultados de aprendizaje:

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE1, CE2	RA1: Aplica conceptos de sistemas de energía y sistemas eléctricos de potencia, en el contexto del trabajo de laboratorio, para verificar el comportamiento de dichos sistemas a distintas condiciones de operación.
CE2, CE3	RA2: Verifica la teoría, validez y limitaciones de los modelos de sistemas de energía y sistemas eléctricos de potencia, implementando experiencias de laboratorio en los ámbitos de generación distribuida, generadores sincrónicos, transformadores trifásicos, redes eléctricas.
	RA3: Evalúa el desempeño de sistemas de energía y sistemas eléctricos de potencias bajo distintas condiciones de operación para validar la pertinencia del uso de modelos físico-matemáticos.
Competencias genéricas	Resultados de aprendizaje
CG1	RA4: Elabora informes de laboratorio, utilizando un lenguaje claro y objetivo en donde reporta los resultados y análisis de las experiencias en los ámbitos de generación distribuida, generadores sincrónicos, transformadores trifásicos, redes eléctricas.
CG3, CG4	RA5: Trabaja con su equipo de manera efectiva en la planificación y ejecución de las experiencias de laboratorio y elaboración de los informes, en un marco de cooperación y respeto, considerando aspectos de seguridad, organizacionales y de participación de sus miembros.

D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1, RA5	Buenas prácticas en seguridad dentro del laboratorio	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
1.1. Equipos de medición. 1.2. Estándares y normativa eléctrica asociada. 1.3. Medidas de seguridad: protocolos de seguridad asociadas al trabajo de laboratorio. 1.4. Aspectos organizacionales propios del trabajo de		El/la estudiante: 1. Aplica normas de seguridad, utilizando los equipos de medición requeridos y considerando aspectos organizacionales del equipo en las distintas experiencias de laboratorio. 2. Planifica y organiza con su equipo las experiencias de laboratorio, en un marco de cooperación y respeto,	

laboratorio.	considerando normativa de seguridad, participación de sus miembros.
Bibliografía de la unidad	[1] Cap. 15.

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA1, RA2, RA3, RA4, RA5	Transformador de poder en sistemas eléctricos de potencia	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
2.1. Modelo de transformadores trifásicos de poder de dos y tres enrollados. 2.2. Parámetros que definen el funcionamiento en vacío y con carga de los transformadores. 2.3. Distintos tipos de conexiones (primario, secundario, terciario), desfase, polaridades. 2.4. Regulación y eficiencia de un transformador trifásico. 2.5. Operación para distintos tipos de carga equilibrada. 2.6. Corrientes y tensiones armónicas. 2.7. Corrientes de secuencia cero.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> Determina los parámetros de un transformador de poder, a través de ensayos de cortocircuito y circuito abierto. Evalúa experimentalmente para distintas aplicaciones en sistemas eléctricos de potencia, las conexiones y desempeño de un transformador de poder y cómo repercute en las magnitudes de las variables eléctricas de componentes fundamentales, armónicas y de secuencia cero. Produce informes, utilizando un lenguaje claro y objetivo en donde reporta los resultados y análisis de las experiencias de laboratorio asociadas a transformadores. Trabaja en un marco de cooperación y respeto, considerando aspectos de seguridad, organizacionales y de participación de sus miembros. 	
Bibliografía de la unidad		[1] Cap. 6.	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA1, RA2, RA3, RA4, RA5	Generador sincrónico en sistemas eléctricos de potencia	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
3.1. Modelo de conversión de energía hidráulica a energía eléctrica. 3.2. Modelo de generador sincrónico de rotor cilíndrico y características constructivas. 3.3. Control de velocidad y de excitación.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> Identifica las características constructivas de centrales microhidráulicas. Implementa procedimientos y esquemas de control que permitan sincronizar una unidad microhidráulica a un sistema eléctrico, en condiciones de mínima tensión y desfases, y 	

<p>3.4. Operación en isla.</p> <p>3.5. Sincronización al sistema eléctrico</p> <p>3.6. Análisis para distintas condiciones de operación de generador sincrónico de la central (torque constante/excitación variable, torque variable/excitación constante, cambios de niveles/tipos de consumo, desconexión intempestiva, límite de estabilidad permanente).</p> <p>3.7. Medición de calidad de suministro.</p>	<p>en condiciones de frecuencia y voltaje dentro de rangos de 3% y 10% respectivamente.</p> <p>3. Evalúa el desempeño de la unidad bajo distintas condiciones de operación.</p> <p>4. Mide y evalúa la calidad de suministro entregada a las cargas o la red.</p> <p>5. Elabora informes, utilizando un lenguaje claro y objetivo en donde reporta los resultados y análisis de las experiencias de laboratorio asociadas a generador sincrónico en sistemas eléctricos de potencia.</p> <p>6. Trabaja con su equipo organizada y planificadamente en un marco de cooperación, en las actividades de laboratorio, considerando aspectos de seguridad, de participación de sus miembros y de respeto por las ideas de sus pares.</p>
Bibliografía de la unidad	[1] Cap. 3.

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
4	RA1, RA2, RA3, RA4, RA5	Sistema fotovoltaico en sistemas de potencia	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
<p>4.1. Modelo de celda fotovoltaica.</p> <p>4.2. Modelo de arreglo de celda.</p> <p>4.3. Sistema inversor con capacidad de sincronización a la red eléctrica.</p> <p>4.4. Concepto de máxima transferencia de potencia aplicado a paneles solares.</p> <p>4.5. Medición de calidad de suministro.</p>		<p>El/la estudiante:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Modela y utiliza un sistema fotovoltaico, considerando la incidencia de la luz solar sobre celdas y variables ambientales. 2. Ejecuta los procedimientos de sincronización de un sistema fotovoltaico a la red eléctrica a través de un equipo inversor, comprendiendo el efecto de las variables eléctricas de la red sobre el equipo inversor. 3. Elabora informes, utilizando un lenguaje claro y objetivo en donde reporta los resultados y análisis de las experiencias de laboratorio asociadas a sistema fotovoltaico en sistemas de potencia. 4. Trabaja con su equipo organizada y planificadamente en un marco de cooperación, en las actividades de laboratorio, considerando aspectos de seguridad, de participación de sus miembros y de respeto por las ideas de sus pares. 	
Bibliografía de la unidad		[1] Cap. 5.	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
5	RA1, RA2, RA3, RA4, RA5	Operación de un sistema eléctrico de potencia	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
5.1. Modelo estacionario de la red eléctrica (línea de transmisión corta, transformadores, consumos eléctricos, sistema equivalente, barra infinita). 5.2. Métodos de flujo de potencia (acoplamiento P- δ , Q-V). 5.3. Métodos de regulación de tensión y control de flujo de potencia. 5.4. Estimadores de estado.		El/la estudiante: <ol style="list-style-type: none"> 1. Relaciona las magnitudes de las variables eléctricas de una red con los parámetros de esta, a nivel experimental, para distintos niveles de carga. 2. Verifica experimentalmente cómo hacer regulación de tensión, control de flujo de potencia y estimación de estado en una red. 3. Elabora informes de los resultados y análisis de las experiencias de laboratorio asociadas a operación de un sistema eléctrico de potencia, utilizando un lenguaje claro y objetivo. 4. Trabaja con su equipo organizada y planificadamente en un marco de cooperación, en las actividades de laboratorio, considerando aspectos de seguridad, de participación de sus miembros y de respeto por las ideas de sus pares. 	
Bibliografía de la unidad		[1] Cap. 9 y 11.	

E. Estrategias de enseñanza - aprendizaje:

La metodología de trabajo será netamente práctica, en donde la estrategia a utilizar es el trabajo de laboratorio, trabajo en equipo, resolución de problemas.

F. Estrategias de evaluación:

El curso considera las siguientes instancias de evaluación:

Tipo de evaluación	Resultado de aprendizaje asociado a la evaluación
• Prueba de entrada	Evalúa RA1.
• Evaluaciones formativas (interrogaciones) para retroalimentar los avances del o las estudiantes en cada experiencia de laboratorio.	Evalúa RA2.
• Laboratorios.	Evalúan RA1, RA2, RA3, RA5.
• Informes.	Evalúan RA2, RA3, RA4, RA5.

Al inicio de cada semestre el académico o académica informará a los y las estudiantes sobre los tipos y cantidad de evaluaciones, así como las ponderaciones correspondientes.

G. Recursos bibliográficos:

Bibliografía básica:

- [1] Brokering, W., Palma, R. (2018). Atrapando el sol en los sistemas eléctricos de potencia. 1ra ed. ISBN: 978-956-398-395-1, Chile.
- [2] DIE (2009). Guía de Laboratorio de Sistemas de Energía. Santiago de Chile, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Chile.
- [3] Romo, J., Vargas, L., et al. (2006). Apuntes de Conversión Electromecánica de la Energía. Santiago de Chile: Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Chile.

Bibliografía complementaria:

- [4] Fitzgerald, A.E., Kingsley, CH., Umans, S. (2004). Máquinas Eléctricas. Mc Graw-Hill, Interamericana.
- [5] Manuales Lucas – Nülle.

H. Datos generales sobre elaboración y vigencia del programa de curso:

Vigencia desde:	Primavera, 2022
Elaborado por:	Patricio Mendoza, Pablo Medina
Validado por:	Validación CTD ampliado de Eléctrica
Revisado por:	Área de Gestión Curricular