

PROGRAMA DE CURSO

ECONOMÍA DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y EL HIDRÓGENO VERDE

A. Antecedentes generales del curso:

Departamento	Ingeniería Industrial (DII)					
Nombre del curso	Economía de las energías renovables y el hidrógeno verde		Código	IN4401	Créditos	6
Nombre del curso en inglés	Renewable energy and green hydrogen economy					
Horas semanales	Docencia	3	Auxiliares	1,5	Trabajo personal	5,5
Carácter del curso	Electivo				X	
Requisitos	IN3301: Evaluación de Proyectos					

B. Propósito del curso:

El propósito del curso es que los y las estudiantes apliquen marcos conceptuales y metodologías relacionadas con el mercado de las energías renovables y del hidrógeno verde (cadena de valor, criterios técnicos y económicos, y metodología de evaluación de proyecto), para analizar problemas de decisiones de inversión en ejemplos de proyectos. Asimismo, formulan estrategias, planes de acción y modelos económicos para desarrollar y evaluar un proyecto, dividido en dos partes, energías renovables e hidrógeno verde, desarrollado en Chile y Latinoamérica.

Finalmente, a partir de una visita a planta, la experiencia de profesionales expertos que trabajan con este tipo de energías y del análisis de casos, los y las estudiantes aplican conceptos de la cadena de valor de las energías renovables y del hidrógeno verde para la evaluación de un proyecto en operación, considerando aspectos conceptuales y variables técnico-económicas de estas iniciativas.

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

CE2: Concebir y diseñar soluciones que crean valor para resolver problemas de las organizaciones, utilizando los conocimientos provenientes de la gestión de operaciones, tecnologías de información y comunicaciones, finanzas, economía y marketing.

CE3: Modelar, simular y evaluar problemas de gestión, para encontrar soluciones óptimas, a necesidades de la ingeniería industrial.

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.

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

CE4: Emplear y aplicar los conocimientos de las distintas disciplinas constitutivas de la ingeniería industrial: gestión de operaciones, tecnologías de información y comunicaciones, finanzas, economía y marketing, en las respectivas áreas funcionales de las organizaciones.

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

CG5: Sustentabilidad

Concebir y aplicar nuevas estrategias de solución a problemas de ingeniería y ciencias en el marco del desarrollo sostenible, considerando la finitud de recursos, la interacción entre diferentes actores sociales, ambientales y económicos, además de las regulaciones correspondientes.

C. Resultados de aprendizaje:

Competencias específicas	Resultados de aprendizaje
CE4, CG5	RA1: Aplica marcos conceptuales y metodologías relacionadas con el mercado de las energías renovables y del hidrógeno verde (cadena de valor, criterios técnicos y económicos, y metodología de evaluación de proyecto), para analizar problemas de decisiones de inversión en ejemplos de proyectos de energía renovable e hidrógeno verde.
CE2, CE3, CG5	RA2: Formula estrategias, planes de acción y modelos económicos para desarrollar y evaluar un proyecto de hidrógeno verde con energías renovables en Chile y Latinoamérica, a partir de condiciones dadas de antemano, considerando ubicación, cadena de valor, costos y parámetros técnicos y económicos, entre otros.
CE4, CG5	RA3: Aplica conceptos de la cadena de valor de las energías renovables y del hidrógeno verde en la evaluación de un proyecto de hidrógeno verde en operación, considerando cómo se toman decisiones de carácter profesional, información recogida de las visitas a planta, experiencias de expertos y análisis de casos.
Competencias genéricas	Resultados de aprendizaje
CG1	RA4: Comunica, de forma oral o escrita, su posición sobre propuestas de modelación de proyectos reales vinculados a energías renovables y al hidrógeno verde, así como su respectivo diseño y evaluación, utilizando argumentos técnicos fundamentados con los cuales explica y sustenta sus resultados.
CG4	RA5: Trabaja con sus pares en tareas y actividades asociadas a un proyecto de energía renovable y de hidrógeno verde, proponiendo acuerdos y participación activa en las tareas del equipo, respetando las ideas y soluciones de todos los miembros en un marco de colaboración.

D. Unidades temáticas:

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
1	RA1, RA2, RA4, RA5	Conceptos generales y fundamentos de las energías renovables	5 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
1.1. Conceptos generales y fundamentos de las energías renovables: diversificación energética y reducción de la dependencia de fuentes fósiles, aprovechamiento local para la descentralización energética. 1.2. Tipos de energía renovables: 1.2.1. Energía solar. 1.2.2. Energía eólica. 1.2.3. Otras energías renovables: geotermia, biomasa, mareomotriz, concentración solar de potencia. 1.3. Indicadores de generación de energía y parámetros técnicos y económicos (factor de planta, potencia, energía, entre otros). 1.4. Mapeo: ubicación estratégica de proyectos de energía renovable en Chile.		El/la estudiante: 1. Compara tipos de energías renovables, caracterizándolas por sus ventajas y desventajas (capacidad de producción, factor de planta, reducción de dependencia de fuentes fósiles, entre otras). 2. Cuantifica y dimensiona principales variables de un proyecto de generación solar y eólica (ubicación, generación de energía, factor de planta), sobre la base de indicadores como costo de inversión y operación. 3. Utiliza el Explorador Solar y Explorador Eólico para identificar alternativas de ubicación estratégica de un proyecto de energía renovable que deben desarrollar y evaluar, considerando antecedentes, características y restricciones dadas con antelación por el cuerpo docente. 4. Construye una Carta Gantt, considerando plazos, etapas de desarrollo, construcción y operación de un proyecto, justificando su elaboración, según restricciones y características dadas con antelación en un ejercicio de carácter teórico. 5. Justifica, por escrito en un informe, de manera clara y coherente, qué decisiones de carácter profesional se deben tomar para la ubicación estratégica del proyecto de energía renovable en que se está trabajando. 6. Participa activamente en las tareas del equipo para el desarrollo y evaluación del proyecto de energías renovables, considerando el aporte de ideas, opiniones y soluciones de todos los miembros, en un marco de respeto.	
Bibliografía de la unidad		[1] Capítulos 1, 3 y 4.	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
2	RA1, RA2, RA3, RA4, RA5	Complementariedad de recursos con energías renovables	3 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
2.1. Conceptos generales de sistemas de almacenamiento en baterías (capacidad, energía almacenada, reducción de variabilidad energética, entre otros). 2.2. Conceptos generales sobre el mercado eléctrico nacional (costo marginal, costos de transmisión, mercado de potencia y de energía, entre otros). 2.3. Procedimiento de desarrollo y evaluación de proyectos de energía y sus indicadores: identificar ubicación estratégica, cadena de valor, determinación del Costo Nivelado de Energía (LCOE).		El/la estudiante: - Analiza información sobre sistemas de almacenamiento de baterías, tales como capacidad, energía almacenada y reducción de variabilidad energética que pueden ser aplicable en un proyecto. - Explica cómo se comporta el mercado eléctrico de Chile, estableciendo cómo es la relación entre energías renovables, sistema de baterías y mercado eléctrico. - Aplica conceptos sobre sistemas de almacenamiento y mercado eléctrico al desarrollo y evaluación de un proyecto de energía renovable. - Desarrolla, como ejercicio teórico, un proyecto de energía renovable, determinando el menor Costo Nivelado de Energía (LCOE), según indicadores técnicos y económicos (costo de inversión y operación, potencia, energía, factor de planta, entre otros), así como los antecedentes y restricciones dadas con antelación. - Aplica herramientas cuantitativas y cualitativas para desarrollar un análisis de mercado sobre energías renovables, considerando fuentes públicas de información y experiencia de profesionales que trabajan en esta área. - Ajusta Carta Gantt diseñada, de acuerdo a los avances de su indagación respecto del proyecto, análisis de iniciativas reales y decisiones estratégicas del grupo). - Expone, con su equipo, de manera, coherente, los resultados de su proyecto (ubicación, costo de inversión y operación, potencia, energía, factor de planta, costo marginal y almacenamiento), recomendando si es un proyecto óptimo para la inversión.	
Bibliografía de la unidad		[1] Capítulos 1.3, 3.5 y 4.6. [2] Capítulos 2 y 3.	

Número	RA al que tributa	Nombre de la unidad	Duración en semanas
3	RA1, RA2, RA3, RA4, RA5	Fundamentos del hidrógeno verde	6 semanas
Contenidos		Indicador de logro	
3.1. Conceptos generales sobre el hidrógeno verde: antecedentes, propiedades químicas, eléctricas, entre otras. 3.2. Mercado local y global del Hidrógeno Verde: ventajas y desventajas de Chile respecto de otros países. 3.3. Cadena de valor de un proyecto de hidrógeno verde: producción de agua, electrolizador, compresión, licuefacción, distribución, transporte, exportación, entre otros. 3.4. Aplicaciones y usos del hidrógeno verde: químicas, combustibles, derivados como amoníaco y metanol, entre otros. 3.5. Procedimiento sobre evaluación de proyectos de hidrógeno verde y sus indicadores: cadena de valor, definición de los proyectos, determinación del Costo Nivelado de Hidrógeno (LCOH) y optimización.		El/la estudiante: - Analiza las etapas de la cadena de valor del hidrógeno verde relacionado con producción de agua, generación de energía renovable electrolizador, compresión, licuefacción, distribución, transporte, usos, aplicaciones, exportación, entre otros. - Compara las características de la industria de hidrógeno verde a nivel nacional e internacional, describiendo ventajas y desventajas de este tipo de energético en contraste con otras alternativas existentes (diésel, gasolina, electricidad, entre otras). - Debate con sus pares y realiza una presentación sobre temas atinentes del hidrógeno verde, elaborando argumentos con los cuales se justifica una toma de decisiones respecto del desarrollo de un proyecto. - Evalúa un proyecto en operaciones de hidrogeno verde, determinando el menor Costo Nivelado de Hidrógeno (LCOH) posible, de acuerdo a indicadores técnicos y económicos (costo de inversión y operación, potencia de electrolizador, costo de agua, entre otros). - Expone con su equipo de manera coherente, los resultados de su proyecto completo (ubicación estratégica, costo de inversión y operación, potencia, energía, factor de planta, costo marginal, almacenamiento, así como potencia de electrolizador, costo de agua, etc), y recomienda si este es un proyecto óptimo para inversión. - Trabaja colaborativamente en el informe y en la presentación de los resultados finales del proyecto, demostrando nivel de organización, cumplimiento de plazos y formas, así como motivación.	
Bibliografía de la unidad		[2] Capítulos 1 a 7 [3] Capítulos 1 a 4	

E. Estrategias de enseñanza-aprendizaje:

La metodología del curso considera un rol activo del estudiante, la cual consiste en aportar en clases, preparar las lecturas para cada sesión, leer la prensa los fines de semana, entre otras actividades.

- **Clases expositivas:** se presentan conceptos, atributos y beneficios del uso de energías renovables y del hidrógeno verde. En cada sesión de clase se analiza un tópico a tratar, para luego incentivar la discusión entre estudiantes en diferentes actividades interactivas.
- **Aprendizaje basado en proyecto:** esto consiste en el desarrollo de un trabajo aplicado en grupos, donde formulan estrategias, planes de acción, modelos económicos. En primer lugar, los y las estudiantes desarrollan y evalúan un proyecto en energías renovables, con antecedentes, características y restricciones propias del enunciado sobre el que deben trabajar. Para esta tarea, deberán trabajar en avances y realizar presentaciones, con su respectivo reporte.

En una segunda etapa deberán aplicar los conceptos de la cadena de valor del hidrógeno verde para evaluar un proyecto en operaciones, considerando, lo aprendido en la primera parte del curso además de la experiencia de profesionales que dan cuenta de sus trabajos en charlas, visitas a plantas y discusiones con sus pares para resolver problemas.

- **Análisis de casos y debate:** se generan instancias de análisis e indagación en donde los y las estudiantes podrán discutir sobre temas controversiales relacionados con temas del curso.
- **Charlas de profesionales inmersos en el mercado de las energías renovables y del hidrógeno verde:** se invita a distintos/as charlistas a mostrar sus experiencias en la industria y generar redes con los y las estudiantes.

Se espera una participación activa de los y las estudiantes durante la clase y, por lo mismo, se recomienda fuertemente un estudio clase a clase de los conceptos.

F. Estrategias de evaluación:

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

Tipo de evaluación	RA asociado a la evaluación	Ponderación
▪ Ejercicios o tareas relacionadas con enunciados en donde se les plantea un desafío (problema a resolver, análisis de caso, debate), al que deben dar respuesta, usando conceptos, herramientas, modelos económicos para la economía de las energías renovables y del hidrógeno verde.	RA1, RA2, RA3, RA4	30%
▪ Proyecto semestral: Avances: en donde se desarrolla y evalúa un proyecto de carácter teórico, a partir de un enunciado al que deben dar respuesta.	RA1, RA2, RA3, RA4, RA5	40%

1. Ubicar, como ejercicio de carácter teórico, estratégicamente un proyecto de energía renovable, justificando el porqué de su elección. 2. Determinación, en un ejercicio teórico, del menor Costo Nivelado de Energía (LCOE) posible, aplicando indicadores técnicos y económicos, así como herramientas cuantitativas y cualitativas para un análisis de mercado. 3. Posteriormente se utilizan los resultados del análisis de energía y sus costos obtenidos para evaluar un proyecto en operaciones de hidrógeno verde y determinar el menor Costo Nivelado de Hidrógeno (LCOH). En las entregas parciales deben redactar un informe y presentar los resultados correspondientes.		
▪ Examen (1): se evalúan los aprendizajes alcanzados al término del curso (uso de conceptos, herramientas, análisis, entre otras variables).	RA1, RA2, RA4	30%
▪ Participación en clases: se asigna puntaje por participar de actividades como debates, asistencia a charlas en donde discuten, hacen preguntas sobre diferentes tópicos en energías renovables e hidrógeno verde, modelos económicos asociados, entre otros. Asimismo, en cuanto al trabajo en equipo, se evalúa la capacidad de llegar a acuerdos, gestionar las entregas asociadas a los proyectos, donde el producto depende realmente del aporte de todos. Se da la oportunidad (opcional) de co-evaluar al grupo de trabajo.	RA3, RA4	Décimas por participación que se agregan a la nota del Examen.

Todo lo relacionado con la evaluación está normado por reglamento. Cualquier cambio en la modalidad o porcentaje de evaluación será comunicado con antelación a los y las estudiantes.

G. Recursos bibliográficos:

Bibliografía obligatoria:

- [1] Vargas, L. et al. (2021). *Generación de energía eléctrica con fuentes renovables*. Editorial universitaria.
- [2] Schröer, R. & Vásquez, R. (2018). *Tecnologías del hidrógeno y perspectivas para Chile*. Colaboración entre Ministerio de Energía y GIZ (Alemania).
- [3] International Energy Agency IEA. (2021). *Hydrogen in Latin America: From near-term opportunities to large-scale deployment*.

Bibliografía complementaria:

- [4] Ministerio de Energía – Gobierno de Chile (2020). *Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde*.

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

Vigencia desde:	Primavera, 2025
Elaborado por:	Nicolás Villa Contardo
Validado por:	Validación COMDOC, CTD de Ingeniería Industrial
Revisado por:	Área de Gestión Curricular (AGC)