



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA**

Nombre	:	Mercados Eléctricos
Sigla	:	IEE 3373
Créditos	:	10
Requisitos	:	300 Cr o IEE2312 Sistemas de Potencia
Profesor	:	David Watts
Módulos	:	2, L-W:5
Semestre	:	I
Vacantes	:	26
Idioma	:	Ingles / Español

1. Descripción

Este curso describe los diversos mercados eléctricos, en las diversas escalas temporales y espaciales a través de toda la cadena de suministro eléctrico, cubriendo desde los mercados generación centralizados hasta los más modernos esquemas de mercados de retail a nivel de cliente final. El curso presenta un gran foco en las energías renovables y en los mercados dominados por altas penetraciones de estas fuentes.

2. Objetivos

Comprender los aspectos técnicos, económicos y regulatorios de los procesos de desregulación e introducción de conceptos de mercado en los sectores eléctricos de América Latina, con particular énfasis en un análisis del caso chileno, comparándolo con los casos argentino, boliviano, colombiano y peruano, sus legislaciones eléctricas y sus aplicaciones prácticas.

Capacitar al alumno para: analizar esos procesos y los correspondientes marcos regulatorios, entendiendo los factores de importancia, las condicionantes técnicas y económicas. Determinar los requerimientos de formación educacional y los desafíos para los profesionales que participan en ellos; participar en análisis de mercados, desarrollos regulatorios y estudios tarifarios.

3. Contenidos

Introducción: realidades de América Latina, casos de Argentina, Bolivia, Chile, Colombia y Perú.

Introducción a conceptos básicos de microeconomía.

Caracterización técnico económica del flujo de la energía eléctrica.

Política eléctrica y modelos organizacionales y regulatorios.

Esquemas tarifarios y señales económicas.

Institucionalidad regulatoria.

Legislaciones y reglamentos.

Concesiones y licencias.

Generación eléctrica y coordinación de la operación.

Transmisión y esquemas de acceso abierto.

Distribución y competencia por comparación.

Relaciones comerciales y contratos entre las partes calidad de servicio.

Este semestre el foco del curso son los mercados con alta penetración de energías renovables, en especial energías solar y eólica.

1. Metodología

El curso se desarrolla en clases expositivas y reuniones de trabajo con cada alumno, es por ello que se procura mantener un grupo de curso reducido. (Por ZOOM en caso de no ser posible).

Se considera que cada alumno participe aproximadamente en 30 sesiones, típicamente 2 semanales. Durante las mismas sesiones el profesor apoya su investigación, ayudándole a conseguir material, referencias y explicándole lo que sea necesario para que siga avanzando en su investigación. La asistencia es obligatoria y se acepta hasta 3 inasistencias a lo largo del curso sin justificar. (Asistencia / conexión obligatoria puntual en el horario de clases).

2. Evaluación

El alumno deberá rendir interrogaciones de participación obligatoria, solucionar cuatro tareas en forma individual y/o grupal para complementar y evaluar su aprendizaje, además de realizar un trabajo final de curso / artículo de un tema de interés o relacionado a las tareas.

Trabajo final de curso / artículo: Los alumnos durante el semestre escribirán un artículo en un tema de investigación a convenir con el profesor, el cual será presentado al profesor en tres ocasiones y luego realizarán una breve presentación final frente al curso.

La nota final tendrá una ponderación de 60% para las interrogaciones (20% para la I1 e I2 y Examen/I3), 20% para las tareas menores-controles y 20% para la investigación final / artículo. La aprobación requiere de nota 4.0 o superior en cada una de estas tres evaluaciones, además de asistencia superior al 85% del curso.

Las interrogaciones se realizan en el **horario de clase** en las fechas que se informarán oportunamente, de acuerdo al avance del curso o usando las fechas programadas por la DiPRE (para las interrogaciones y el examen). En resumen, las ponderaciones son las siguientes:

- **20% Tareas-Controles:** Tareas menores y controles de baja valoración porcentual cada una. Ejemplo: El control inicial “Huellas de las energías renovables” que tiene una valoración de 2% y que considera desarrollar en una hoja, la huella de carbono y/o las distintas posibles huellas de las energías renovables (ambiental, de agua, de carbono, etc.).
- **20% Paper-Trabajo de curso:** Un trabajo de curso o paper en temas de interés común a convenir con el profesor. Alternativamente, se puede proponer construir o profundizar sobre las mismas tareas anteriores. (Primera entrega en la fecha de la I1)
- **60% Interrogaciones:** Dos interrogaciones y un examen / interrogación 3 (Convalidables por Tareas), para los alumnos que asisten, participan en clases y hacen todas sus evaluaciones correctamente, se pueden reemplazar con trabajos adicionales, tales como las lecturas semanales y sus resúmenes, algunos **controles** o ejercicios simples de lectura, cálculos o análisis menores, etc. Cada resumen, control o mini-evaluación reemplaza un 2% de esta evaluación y se entregan/desarrollan durante la misma clase, con un carácter menos formal y no recuperable. **CONVALIDACIÓN:** Las interrogaciones se pueden convalidar por tareas de mas gran escala en los temas eólica, solar, pequeña escala (generación distribuida o soluciones de electrificación fuera de red) y/o otros temas asociados a la sustentabilidad y su medición y reporte.

En resumen, si hace su trabajo semanalmente, hace las tareas y luego profundiza sobre ellas logrará muy buenas notas y aprenderá mucho de energía renovable.

3. Fechas y condiciones específicas de este semestre

Ponderaciones:

Tal como se aclaró en la primera clase, en la pizarra del día **miércoles 11 de marzo** las ponderaciones son las siguientes:

Ponderaciones:

- 30% Notas de Interrogaciones y Examen: $NIE = (NI1 + NI2 + NE) / 3$
- 30% Tareas y trabajos: Estas tareas y trabajos se van entregando clase a clase, por ejemplo, el 3% asociado al estudio y resumen del paper FV RSER y el análisis del autoconsumo eléctrico personal-residencial.
- 40% Trabajo final de Modelación-Aplicación-Simulación-Paper

El ideal es que los alumnos logren hacer tareas de excelencia y con ello convalidar para eximirse de las Ies.

Ponderaciones y Fechas

* Las fechas definitivas se encuentran en el calendario del curso y en la presentación respectiva.

Fechas de las interrogaciones, 30%:

- I1 W3 de junio**, 10%,
- I2 W24 de junio**, 10%,
- I3 M7 de julio**, 10%, (**: antes de semana de ajuste)

Las Interrogaciones se pueden convalidar por muy buenas tareas:

Tarea I1: (10%) Tarea I1 V29 Mayo, Interrogación I1 W3 junio

- Resumen del Libro Guía

Tarea I2: (10%) Tarea I2 V19 Junio, Interrogación I2 W24 junio

- Margen comercial y exposición al riesgo de un Gx eólico y solar

Tarea I3: (10%) Tarea I3 D5 Julio, Interrogación I3 M7 julio

- Portfolio renovable y matching de perfiles de demanda con generación

Fechas de las tareas y trabajos, 30%:

Se anuncian clase a clase de acuerdo al avance del curso, tal como se hizo con el análisis del paper FV residencial y el dibujo del perfil de consumo y excedente inyectado a la red. 3%

La programación de trabajos se encuentra en el calendario del curso y en la presentación respectiva y su versión más actualizada es la siguiente:

Tareas conceptuales (21%)

Tarea 1: (3%) W18 marzo

- Estudio del paper FV RSER y el análisis del autoconsumo

Tarea 2: (2%) ~~W29 abril~~ → W6 mayo con flexibilidad sin descuento hasta el L11 de mayo

- Comparación de WTG para evaluación de parques eólicos (2%)

Tarea 3: (2%) ~~W6 mayo~~ → W13 mayo con flexibilidad si descuento hasta el L18 de mayo

- Introducción a los Mercados Eléctricos y El Mercado Eléctrico Chileno

Tarea 4: (3%) ~~W13 mayo~~ → W20 mayo

- Curvas de Suministro Energético, Costo Marginal e Integración de Tecnologías ERNC

Tarea 5: (2%) ~~W27 mayo~~ → W3 julio

- Balance Comercial de Centrales Generadoras, Efecto de la Congestión en las Líneas de Tx y Valorización de Proyectos

Tarea 6: (3%) W17 junio

- Alternativas de Integración y Evaluación de Proyectos de Distinta Escala: Generación Distribuida a Nivel Residencial

Tarea 7: (3%) ~~W24 junio~~ → W1 julio

- Alternativas de Integración y Evaluación de Proyectos de Distinta Escala: Generación Distribuida PMGD

Tarea 8: (3%) ~~W1 julio~~ → W8 julio

- Alternativas de Integración y Evaluación de Proyectos de Distinta Escala: Generación de Gran Escala

Tareas computacionales (9%)

• Tarea computacional simplificada A (5%) ~~W20 mayo~~ → W27 mayo

• Tarea computacional simplificada B+C (4%) ~~W3 junio~~ → V12 junio

Fechas del trabajo final – modelación / paper – 40%

• EFF: Final definitiva con video (Youtube) – Jueves 9 de Julio**, 10%

• E3- EFP: 3ra entrega - Final preliminar con presentación PPT – Jueves 25 de Junio**, 10%

• E2: Entrega de avance - viernes 5 de junio ** - 10%, muy bien cerrado.

• E1: Entrega de 1er avance - Domingo 17 de mayo** – 7%, toda la bibliografía lista.

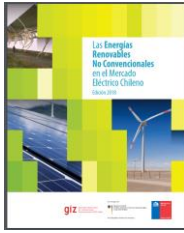
• Ei: Entrega de propuesta de paper, trabajo, modelación respaldada y verificable, incluyendo análisis de factibilidad – Lunes 20 de Abril** - 2%

• E0: Ideas de que hacer – Lunes 30 – Miércoles 1ro de abril - 1%

** : Las fechas definitivas se encuentran en el calendario del curso y en la presentación respectiva.

4. Bibliografía

Bibliografía mínima



David Watts y Rodrigo Pérez, “Las **energías renovables no convencionales** en el mercado eléctrico chileno”, GIZ-MIN, edición 2018.

(Se entrega en PDF a los alumnos – link más abajo).

- 1ro: http://www.minenergia.cl/mercadoernc/wp-content/uploads/2019/01/Libro_ERNC_Chile_completo_espv1.pdf
- 2do: <http://www.minenergia.cl/mercadoernc/>
- 3ro: <http://4echile.cl/biblioteca/bombeo-solar-fotovoltaico-sumsol-2/>

Bibliografía complementaria (visión histórica):

- ANDREWS, C.J. Regulating regional power systems. Piscataway, N.J., IEEE Press, 1995.
- BASTOS, C.M. and ABDALA, M.A. Transformación del sector eléctrico argentino. Antártica, 1993.
- CHILE. Comisión Nacional de Energía. El sector de energía en Chile. Santiago, Chile, Comisión Nacional de Energía, 1989.
- CHILE. Comisión nacional de Energía. El sector de energía en Chile, Santiago, Chile, Comisión Nacional de Energía, 1993.
- CONFERENCIAS internacionales sobre desregulación del sector eléctrico. DESPUES de las privatizaciones: hacia el estado regulador, por Vivian Blanlot “et al.” ed. por Oscar Muñoz. Santiago, Chile, CIEPLAN, 1993. D.F.L. 1. Ministerio de Minería. Chile. Ley general de servicios eléctricos. Diario oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 13 de septiembre de 1982.
- ELECTRIC utility restructuring: a guide to the competitive era. Vienna, UA, U.S., Public Utilities Report, 1997.
- IEEE transactions on power systems. Institute of Electrical and Electronic Engineers. Referencias a indicar durante el curso.
- LA INDUSTRIA eléctrica en Chile: aspectos económicos, por Rafael Charúm “et al.”, ed. por Felipe G. Morandé. Santiago, Chile, s.n. , 1996.
- LEYES eléctricas de Argentina, Bolivia, Colombia, Perú, y otros países de América Latina.
- SOLUCIONES privadas a problemas públicos, por Luis Larraín A. “et al.”, ed. Por Cristián Larroulet. Santiago, Chile, Instituto Libertad y Desarrollo, 1991.

Bibliografía complementaria (renovables y de sistemas de potencia):

- Patel, Mukund R., Wind and solar power systems: design, analysis, and operation / Mukund R. Patel. Boca Raton, Fla.: Taylor & Francis, 2006.
- Pimentel David, Biofuels, solar and wind as renewable energy systems [recurso electrónico]: benefits and risks. Dordrecht: Springer, 2008.
- Brokering, W., Palma, R., Vargas, L., Sistemas Eléctricos de Potencia – Ñom Lüfke, Prentice Hall, 2008
- Glover J., Sarma M., Sistemas de Potencia, Thomson, 2004,
- Glover J., Sarma M., Power System Analysis and Design, Thomson, 2007
- Bergen, Vital, Power System Analysis, Prentice Hall, 2000
- Gómez Expósito, A. y otros, “Electric Energy Systems: Analysis and Operation”, CRC Press, 2008
- Gómez Expósito, A. y otros, "Análisis y Operación de Sistemas de Energía Eléctrica", Mc Graw Hill, 2002
- Gómez Expósito, A. y otros, "Sistemas Eléctricos de Potencia. Problemas y ejercicios resueltos", Prentice Hall, 2002
- Saadat, H., "Power system analysis", WCB/McGraw-Hill, 2004

Libros online recomendados para renovables:

- Patel, Mukund R., Wind and solar power systems: design, analysis, and operation / Mukund R. Patel. Boca Raton, Fla.: Taylor & Francis, 2006. <http://www.crcnetbase.com/isbn/9781420039924>
- Pimentel David, Biofuels, solar and wind as renewable energy systems [recurso electrónico]: benefits and risks. Dordrecht: Springer, 2008. <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-1-4020-8654-0>

- Gilbert M, Masters, Renewable and Efficient Electric Power Systems, 2nd edition, IEEE Pres, Wiley, 2013
<https://books.google.cl/books?id=onT0dkq1qWsC&pg=PP1&pg=PP1#v=onepage&q&f=false> ,
http://www.a-ghadimi.com/files/Courses/Renewable%20Energy/REN_Book.pdf

Además, se utiliza una selección actualizada de artículos que serán asignados durante el desarrollo de cada semestre. Se recomendarán lecturas clase a clase.

5. Contacto

El curso considera el uso del sistema CANVAS. Consultas al ayudante o al profesor deben ser enviadas al correo electrónico del profesor dwatts@ing.puc.cl y del ayudante respectivo con una referencia clara al curso y al tema, como por ejemplo, “**IEE3373: Mercados Eléctricos - tema de su consulta**”. El objetivo es que el correo no se confunda con los correos de otros cursos.