

Programa de la asignatura:

Celdas de combustible



Información general de la
asignatura





Información general de la asignatura

Datos de identificación

Nombre de la asignatura	Semestre	Horas de estudio
Celdas de combustibles	Sexto	72
Claves de la asignatura		
Energías Renovables		
ING. 23143636		



Índice

Datos de identificación	2
Presentación de la asignatura.....	4
Propósitos	6
Competencias a desarrollar	8
Temario.....	10
Metodología de trabajo	12
Evaluación	15
Fuentes de consulta.....	16



Presentación de la asignatura



En el área de las energías renovables existen sistemas para i) generar, ii) almacenar y iii) convertir un tipo energía a otro: los sistemas fotovoltaicos convierten la energía de la radiación solar directamente en energía eléctrica, los aerogeneradores convierten la energía mecánica del viento directamente en energía eléctrica, las baterías se utilizan para almacenar energía mediante reacciones electroquímicas, las celdas de combustible se ubican dentro de los sistemas de conversión de energía y sirven para convertir energía química directamente en energía eléctrica.

Las celdas de combustible no son precisamente un sistema de generación de energía eléctrica que pueda compararse con las celdas fotovoltaicas o los aerogeneradores, sino que utilizan, como su nombre lo indica, un combustible, ya sea hidrógeno, gas metano o alcoholes, de manera análoga a los motores de combustión interna cuyo combustible es la gasolina.

Para ahondar en el proceso de conversión de energía química en energía eléctrica, se conforma la asignatura Celdas de combustible, la cual consta de tres unidades para las que es necesario tener habilidades esenciales y conocimientos de termodinámica, tecnología del hidrógeno, electricidad e instalación de equipos y sistemas energéticos, temas que han sido explicados en cuatrimestres previos de la carrera de Energías Renovables. Esta asignatura complementará tu conocimiento acerca de las energías renovables al introducirte a los sistemas de conversión de energía química de un



combustible directamente en energía eléctrica a través de dispositivos electroquímicos denominados celdas de combustible.

Los tópicos abordados en la asignatura son:

- En la unidad 1 se presenta una introducción a la tecnología de celdas de combustible, la clasificación de las celdas de combustible en función del tipo de electrolito y de la potencia eléctrica que son capaces de generar: celdas de baja, mediana y alta potencia; se describen, además, los principales componentes de las celdas de combustible y su influencia en el rendimiento de la celda de combustible. Finalmente se presentan las ventajas y desventajas, así como las principales aplicaciones, de la tecnología de celdas de combustible.
- En la unidad 2 se presentan los fundamentos termodinámicos y electroquímicos en que basan su funcionamiento las celdas de combustible, las expresiones matemáticas y reacciones químicas fundamentales que representan los fenómenos físicos, así como su interdependencia con algunas variables reales como la temperatura, presión, etc. Asimismo, se presentan las bases para el cálculo de los parámetros más importantes relacionados con el funcionamiento de las celdas de combustible. Se analizan las principales causas de pérdidas o irreversibilidades, así como diferentes formas de minimizarlas.
- Finalmente, en la unidad 3 se presentan las bases para el diseño de una celda de combustible para una aplicación específica, lo cual se complementa con la realización de un par de prácticas relacionadas con el análisis de datos de una celda de combustible comercial y la interpretación de las principales figuras de mérito que la caracterizan. Se incluye también una sección de simulación por computadora de los principales fenómenos de la celda de combustible, y se evalúa la influencia de los diferentes parámetros de diseño sobre el rendimiento de una celda de combustible.



Propósitos



1

Identificarás los conceptos fundamentales termodinámicos y electroquímicos de la tecnología de celdas de combustible, así como los principios físicos en que basan su funcionamiento.

2

Identificarás la clasificación de las celdas de combustible en función de su temperatura, así como sus principales ventajas y desventajas, y las aplicaciones más importantes. Determinarás y analizarás las figuras de mérito de las celdas de combustible, las cuales permiten comparar diferentes celdas entre sí, y compararlas con otras tecnologías.

3

Analizarás la influencia de cada componente de una celda de combustible sobre su funcionamiento y rendimiento, con el propósito de identificar posibles mejoras desde la selección de materiales para su fabricación. En el transcurso de la asignatura aprenderás a realizar cálculos numéricos para obtener parámetros físicos y termodinámicos reales e ideales, con el objetivo de diseñar una celda de combustible, y comprenderás también las principales causas de disminución en la eficiencia de la celda de combustible, es decir, las irreversibilidades.



4

Revisarás los criterios básicos para diseñar una celda de combustible, considerando la interconexión de más de una celda, es decir, para formar arreglos apilados o *stack*, para conseguir la potencia eléctrica deseada. Además, realizarás la simulación por computadora del flujo de fluido sobre los canales de la celda de combustible, lo cual permitirá complementar los conceptos tratados en los temas anteriores.



Competencias a desarrollar



Competencia general

Determina los aspectos electroquímicos y termodinámicos del combustible y del catalizador para diseñar una celda de combustible mediante cálculos numéricos y gráficas, obtenidos por computadora.

Competencias específicas

Unidad 1

Diferencia los tipos de celdas de combustible, así como sus principales ventajas y desventajas, para seleccionar el tipo de celda para una aplicación específica, considerando los componentes que las conforman mediante la interpretación de las curvas de polarización.

Unidad 2

Representa el funcionamiento de una celda de combustible para entender cómo diseñar y dimensionar una, además de analizar las irreversibilidades asociadas a los diferentes componentes de las mismas, mediante curvas de polarización obtenidas a partir de expresiones matemáticas que incluyen aspectos termodinámicos y electroquímicos, a través de cálculos numéricos realizados en la computadora.



Unidad 3

Utiliza los parámetros de diseño para dimensionar una celda de combustible para una aplicación específica, considerando la influencia de cada parámetro sobre el rendimiento de la celda, con ayuda de simuladores por computadora que permitan analizar el comportamiento del flujo de fluido a través de los canales.



Temario



Unidad 1. Introducción a las celdas de combustible

- 1.1. Clasificación de las celdas de combustible
 - 1.1.1. Celdas de combustible de baja potencia: AFC, PEMFC
 - 1.1.2. Celdas de combustible de mediana potencia: PAFC
 - 1.1.3. Celdas de alta potencia: MCFC, SOFC
- 1.2. Componentes de las celdas de combustible
 - 1.2.1. Electrolitos
 - 1.2.2. Catalizadores
 - 1.2.3. Placas mono y bipolares
 - 1.2.4. Tipos de campos de flujo
- 1.3. Aplicaciones, ventajas y desventajas de las celdas de combustible
 - 1.3.1. Principales ventajas y desventajas
 - 1.3.2. Aplicaciones de las celdas de combustible

Unidad 2. Termodinámica y electroquímica de las celdas de combustible

- 2.1. Conceptos fundamentales
 - 2.1.1. Definición de potencial y diferencia de potencial eléctrico
 - 2.1.2. Reacciones de óxido-reducción
- 2.2. Cálculo de los principales parámetros de una celda de combustible
 - 2.2.1. Potencial eléctrico teórico y eficiencia máxima teórica
 - 2.2.2. Potencial eléctrico y eficiencia reales



- 2.3. Figuras de mérito: curvas de polarización
 - 2.3.1. Curva de potencial eléctrico en función de la densidad de corriente
 - 2.3.2. Curva de potencia eléctrica en función de la densidad de corriente

- 2.4. Irreversibilidades de las celdas de combustible
 - 2.4.1. Irreversibilidad por activación
 - 2.4.2. Irreversibilidad por resistencia óhmica
 - 2.4.3. Irreversibilidad por concentración

Unidad 3. Diseño de una celda de combustible

- 3.1. Aspectos generales de diseño
 - 3.1.1. Criterios de diseño
 - 3.1.2. Interconexión en serie de celdas de combustible: pila o *stack*

- 3.2. Obtención de las curvas de polarización
 - 3.2.1. Curva de polarización teórica
 - 3.2.2. Determinación de las irreversibilidades
 - 3.2.3. Curva de polarización real

- 3.3. Simulación por computadora
 - 3.3.1. Simulación del flujo de combustible a través de los canales
 - 3.3.2. Influencia de los parámetros de diseño sobre el rendimiento de una celda de combustible



Metodología de trabajo



Se espera que tengas conocimientos básicos de termodinámica, así como claridad en los conceptos de electricidad básica, los cuales engloban el concepto de corriente eléctrica y fuerza electromotriz o potencial eléctrico, así como diferencia de potencial eléctrico (en ocasiones nombrado “voltaje”). El conjunto de estos conceptos es útil para el correcto entendimiento de los fenómenos físicos en una celda de combustible.

El desarrollo de esta asignatura comienza con la definición de diferentes conceptos necesarios para comprender el funcionamiento de una celda de combustible. Una vez definidos, se presenta un panorama general de la tecnología en cuanto a ventajas, desventajas y aplicaciones. La asignatura se basa en la lectura de textos especializados de reconocimiento a nivel internacional en el tema. La computadora se utiliza como herramienta para realizar el cálculo numérico de parámetros teóricos y la predicción de parámetros reales, con el objetivo de diseñar una celda de combustible para una aplicación específica.

Dentro del aula cuentas con los siguientes elementos para tu proceso de aprendizaje:



Foro de dudas



En él podrás plasmar todas las inquietudes y cuestionamientos que te vayan surgiendo al momento de consultar los contenidos (materiales por unidad), así como al realizar las actividades y evidencia de aprendizaje. Tu docente en línea también podrá realizarte un diagnóstico de todos los conocimientos, relacionados con la asignatura, con los que cuentas, o bien, organizar equipos de trabajo si se requiere realizar una actividad en equipo con tus compañeros(as).

Planeación del docente en línea



Este espacio fue diseñado para que el docente en línea pueda plasmar y comunicar tanto las actividades determinadas para esta asignatura como las complementarias; éstas últimas te aportarán elementos para alcanzar la competencia específica, es decir, tu objetivo por unidad.

Es importante mencionar que deberás estar al pendiente de este espacio, porque el docente en línea puede comunicarse contigo y atender contingencias o problemáticas que vayan surgiendo en el semestre. Asimismo, te comunicará el diseño de cada una de las actividades que contribuirán a tu aprendizaje y asignar fechas de entrega, y que finalmente autogestionas tú tiempo requerido para esta asignatura, otra de las funciones de este espacio es que también te puede enviar material extra de consulta.

Autorreflexiones



Por otro lado, cuentas con la actividad de Autorreflexiones, misma que podrás entregar en la herramienta con el mismo nombre. El docente en línea te formulará preguntas detonadoras para generarte una reflexión respecto a lo revisado en cada unidad, reflexión que podrás plasmar a través de un documento que, a su vez, podrás subir en la herramienta de tarea con el mismo nombre.

Asignación a cargo del docente

Asimismo, cuentas con la pestaña de Asignación a cargo del docente en línea, en la cual podrás encontrar,



en línea



debidamente configuradas, la herramienta de tareas, en dicha herramienta deberás subir las respuestas de las actividades complementarias determinadas y comunicadas por tu docente en línea mediante el foro de Planeación del docente en línea, y te permitirán abarcar conocimientos y habilidades para alcanzar las competencias establecidas en la asignatura.

Contenidos



Por último, no olvides consultar los contenidos que fueron seleccionados, determinados y desarrollados por un equipo docente para cada unidad, ya que estos contenidos son el conocimiento mínimo que debes aprender para poder realizar las actividades mencionadas anteriormente y así concluir con éxito la asignatura Celdas de combustibles. ¡No dejes de hacerlo!



Evaluación



Para acreditar la asignatura se espera la participación responsable y activa del estudiante, contando con el acompañamiento y comunicación estrecha con su docente en línea, quien, a través de la retroalimentación permanente, podrá evaluar de manera objetiva su desempeño.

En este contexto, la retroalimentación permanente es fundamental para promover el aprendizaje significativo y reconocer el esfuerzo. Es requisito indispensable la entrega oportuna de cada una de las tareas, actividades y evidencias, así como la participación en foros y demás actividades programadas en cada una de las unidades y conforme a las indicaciones dadas. Las rúbricas establecidas para cada actividad contienen los criterios y lineamientos para realizarlas, por lo que es importante que el (la) estudiante las revise antes de elaborar sus actividades.

A continuación, se presenta el esquema general de evaluación.

Esquema de evaluación		
Evaluación continua	Actividades colaborativas	10%
	Actividades individuales	30%
E-portafolio	Evidencia de aprendizaje	40%
	Autorreflexiones	10%
Asignación a cargo del docente	Instrumentos y técnicas de evaluación propuestas por el docente en línea	10%
CALIFICACIÓN FINAL		100%



Fuentes de consulta



1. Auger M., & Miranda A. (2007). *El hidrógeno: Fundamento de un futuro equilibrado*. España: Díaz de Santos.
2. Comisión Europea. (1999). *La energía del hidrógeno y las pilas de combustible: una visión para nuestro futuro*. Bélgica: Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas. ISBN 92-894-6282-5.
3. Gottesfeld, S., Springer, T. E., & Sawodzinski T.A. (1991). *Polymer electrolyte fuel cell model*. *Journal of the Electrochemical Society*. 138-8:2334-2342.
4. Hooger G., (Ed.). (2003). *Fuel cell technology handbook*. Boca Raton: CRC Press. Pp. Capítulo 4 y 5. ISBN 0-8493-0877-1
5. Jiao, K., & Li, X. (2011). *Water transport in polymer electrolyte membrane fuel cells*. *Progress in Energy and Combustion Science*, 37(3), 221–291.
6. Kasik M. (2008). *Materials for fuel cells*. Cambridge: CRC Press. ISBN 978-1-84569-330-5.
7. Larminie J. & Dicks A., (2003). *Fuel Cells Systems Explained*. Chichester: John Wiley & Sons. ISBN 0-470-84857-X.
8. León A., (Ed.). (2008). *Hydrogen Technology: Mobile and Portable Applications*. Berlín: Springer-Verlag. ISBN: 978-3-540-79027-3. Pp. 151-184.
9. Linares J.I. & Moratilla B.Y. *Avances de Ingeniería: El hidrógeno y la energía* España: Asociación Nacional de Ingenieros. ISBN 978-84-932772-9-1.



10. Otero de Becerra J., et al. (2010). *Hidrógeno y pilas de combustible: estado actual y perspectiva inmediata*. España: Asociación Nacional de Ingenieros del ICAI. ISBN: 978-84-9359050-6-7.
11. Poggi Varaldo H. M., et al. (2009). *Tecnología Solar-Eólica-Hidrógeno-Pilas de combustible como fuentes de energía*. ISBN 978-607-95065-0-6.
12. Rajendran R. G, (2005). MRS Bulletin. 30:587-589.
13. Sammes N. (2006). *Fuel Cell technology: reaching toward commercialization*. Londres: Springer-Verlag. ISBN-10: 1852339748.
14. Spiegel C., (2008). *PEM Fuel Cell Modeling and Simulation Using MATLAB®*. Londres: Academic Press. ISBN 978-0-12-374259-9.
15. Srinivasan S., (2006). *Fuel cells: From fundamentals to applications*. Estados Unidos: Springer. ISBN-10: 0-387-25116-2.
16. Suddasthawa B., (2007). *Recent Trends in Fuel Cells Science and Technology*. India: Springer. Pp. 138-154. ISBN 0-387-35537-5.
17. Sundén B. & Faghri M. (2005). *Transport Phenomena in Fuel Cells*. Estados Unidos: WITPress. ISBN 1-85312-840-6.