



### Programa de estudios de experiencia educativa

#### 1. Área académica

Área Académica Técnica

#### 2. Programa educativo

Ingeniería Mecánica Eléctrica

#### 3. Campus

Xalapa, Boca del Río, Ixtaczoquitlán, Coatzacoalcos, Poza Rica Tuxpan.

#### 4. Dependencia/Entidad

Facultad de Mecánica Eléctrica, Facultad de Ingeniería Mecánica y ciencias navales,  
 Facultad de Ingeniería

5. Código	6. Nombre de la experiencia educativa	7. Área de formación	
		Principal	Secundaria
MEEL 18022	<i>Redes Inteligentes</i>	T	No aplica

#### 8. Valores de la experiencia educativa

Créditos	Teoría	Práctica	Total de horas	Equivalencia(s)
6	2	2	60	Ninguna

#### 9. Modalidad

Curso-Taller

#### 10. Oportunidades de evaluación

ABGHJK=Todas

#### 11. Requisitos

Prerrequisitos	Correquisitos
Ninguno	Ninguno

#### 12. Características del proceso de enseñanza aprendizaje

Individual/Grupal	Máximo	Mínimo
Grupal	40	10



**13. Agrupación natural de la experiencia educativa**

Academia de Eléctrica	No aplica
-----------------------	-----------

**14. Proyecto integrador**

**15. Fecha**

Elaboración	Modificación	Aprobación
Enero 2020	---	Junio 2020

**16. Nombre de los académicos que participaron**

Prof. Jesús García Guzmán y Mtro. Cristian Dumay Hernández García
---

**17. Perfil docente**

Ingeniero Mecánico Electricista o Ingeniero Electricista o afín a la materia, preferentemente con posgrado en ingeniería eléctrica o afín a estas áreas.
--

**18. Espacio**

Intrafacultades	Multidisciplinario
-----------------	--------------------

**19. Relación disciplinaria**

**20. Descripción**

<p>Esta experiencia educativa (EE) se localiza en el AFT, cuenta con 2 horas teóricas, 2 horas prácticas y 6 créditos, que integran el plan de estudios 2020. Es una EE que utiliza conocimientos de distintas áreas de los sistemas eléctricos de potencia y los combina con conocimientos sobre comunicaciones y electrónica.</p> <p>Se estudian los fundamentos de las redes eléctricas inteligentes, los elementos que las integran, su operación y control, las tecnologías de información y comunicaciones que las caracterizan, y aspectos como el impacto de la generación distribuida y la incorporación de las fuentes no convencionales de energía.</p> <p>Para cursar esta EE, se requiere haber cursado todas las EE del área eléctrica del programa, desde los circuitos eléctricos hasta las subestaciones y las protecciones de los sistemas de potencia. Además, se requieren conocimientos sólidos en electrónica digital y de potencia, programación y metrología.</p> <p>En la parte teórica del curso se cubren temas como las características de los sistemas eléctricos o redes inteligentes actuales y se investigan las tendencias actuales en la operación de los sistemas de potencia. Se presentan también los estándares actuales para la conformación de estos sistemas y se estudian sus características generales. Para la parte práctica se propone como elemento ideal la realización de prácticas de laboratorio (remoto, viviente o gemelo digital). Los conocimientos teóricos se evalúan mediante pruebas parciales y los ejercicios de laboratorio la parte práctica. Un proyecto integrador realiza la función de consolidar la evaluación sumativa del curso.</p>
--



## 21. Justificación

Los sistemas eléctricos de potencia han evolucionado a la par del auge que han tenido los sistemas electrónicos y, como consecuencia de esto, los sistemas de información. Las redes eléctricas actuales están ligadas para su operación a las redes de información y reguladas por una serie de estándares para asegurar la comunicación y compatibilidad de los dispositivos que integran el sistema eléctrico de potencia. Como tales, las llamadas redes inteligentes constituyen en la actualidad sistemas en los que se conjugan los procesos convencionales de generación, transmisión, distribución y consumo de la energía eléctrica, con el control y monitoreo de la información contenida en el sistema mediante sistemas de comunicaciones y tecnología de la información. Esto ha producido el desarrollo de áreas tecnológicas como la automatización de subestaciones y equipos de distribución, técnicas avanzadas de medición, estandarización de equipos y protocolos de comunicación, entre otras. Adicionalmente, la disponibilidad de fuentes de energía no convencionales y su integración al sistema eléctrico, aporta tanto beneficios como retos para su operación, transformando el flujo de energía en bidireccional y variable, y haciendo de esta forma más complicada su operación. Para enfrentarse a esta conjugación de nuevos retos, los ingenieros del sector eléctrico deben contar con la formación adecuada en la que se integren conocimientos de diversas áreas. Como tales, es imprescindible que reciban la preparación en los conceptos fundamentales de las redes inteligentes.

## 22. Unidad de competencia

El estudiante compila los fundamentos de las redes eléctricas inteligentes, junto con los procesos de control, monitoreo, medición avanzada, comunicaciones, y con las particularidades de la generación distribuida y las fuentes de energía no convencionales, como saberes teóricos; los selecciona y aplica al diseño e implementación de proyectos de redes inteligentes y, a la vez, hace conciencia sobre el impacto económico, social y ambiental, asumiendo la responsabilidad que el manejo inteligente de los recursos implica para el desarrollo sustentable.

## 23. Articulación de los ejes

La estrategia metodológica propuesta está orientada al desarrollo articulado de los saberes en los tres ejes de formación. Se propone utilizar tres estrategias de formación para alcanzar las competencias esperadas. La primera estrategia consiste en el desarrollo de ejercicios dirigidos, individuales y formativos, cada uno con el propósito de alcanzar una meta en los conocimientos del curso, desarrollando las habilidades heurísticas relacionadas con la EE, a través de la propuesta de creación de un laboratorio de redes inteligentes, en cualquiera de sus modalidades: remoto, viviente o gemelo digital. La segunda estrategia consiste en el fomento del estudio de los saberes teóricos, a través de actividades de investigación y la resolución de pruebas parciales para la evaluación de la adquisición de esos conocimientos. Y, finalmente, se implementa a lo largo del curso una componente sumativa mediante la propuesta y realización de un proyecto de aplicación a un caso de estudio de redes inteligentes, en el que los alumnos requieren llevar a la práctica sus conocimientos teóricos, aplicar las habilidades desarrolladas en los ejercicios formativos y consolidar, colaborando respetuosamente en grupos, la conjugación de sus conocimientos para garantizar la correcta operación de una red inteligente, con los beneficios sociales y de sustentabilidad que esta aporte.



## 24. Saberes

Teóricos	Heurísticos	Axiológicos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Introducción a las redes inteligentes</b></li> <li>Tendencias tecnológicas en los sistemas eléctricos</li> <li>Evolución de las redes eléctricas</li> <li>Conceptos y elementos básicos de las redes inteligentes</li> <li>Percepción de los cambios en los niveles del consumidor, distribución y transmisión</li> <li>• <b>Elementos de las redes inteligentes</b></li> <li>Redes y componentes inteligentes</li> <li>Dispositivos Electrónicos Inteligentes</li> <li>Sistemas de medición avanzada</li> <li>Internet de las Cosas en las redes inteligentes</li> <li>Integración con vehículos eléctricos e híbridos, casas y ciudades inteligentes</li> <li>• <b>Operación y control de redes inteligentes</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación de los conceptos teóricos al entendimiento de la problemática y características de las redes inteligentes.</li> <li>• Investigación, descubrimiento y comparación de las implicaciones tecnológicas en la evolución de las redes eléctricas.</li> <li>• Abstracción de conceptos para la correcta operación y control de las redes eléctricas inteligentes.</li> <li>• Planteamiento de aplicaciones que exigen la conjugación de los conocimientos y habilidades teóricos, con un proceso sofisticado de razonamiento analítico.</li> <li>• Habilidad para la búsqueda, organización y uso adecuado de información pertinente y actualizada sobre las tendencias y cambios en los sistemas eléctricos de potencia actuales.</li> <li>• Habilidad para la implementación de soluciones holísticas a problemas de aplicación de redes inteligentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valoración de la importancia del diseño y aplicación de redes eléctricas inteligentes actualizadas y eficientes para la atención de necesidades sociales.</li> <li>• Comprensión del significado económico y social que implica la modernización y estandarización de los sistemas eléctricos de potencia, y de los beneficios marginales que ello acarrea.</li> <li>• Comprensión de la importancia e impacto de las redes inteligentes en la optimización de recursos económicos y sus efectos sobre el ambiente.</li> <li>• Presentación objetiva de soluciones en aplicaciones de las redes inteligentes, con respeto a los puntos de vista de colegas y honestidad en cuanto a los beneficios planteados.</li> </ul>



<p>Procesamiento de señales en sistemas de potencia</p> <p>Sensores inteligentes, sincrofasores y telemetría</p> <p>Control supervisor y adquisición de datos</p> <p>Control distribuido / descentralizado</p> <p>Control en tiempo real</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Sistemas avanzados de medición y monitoreo</b></li></ul> <p>Infraestructura de medición inteligente</p> <p>Adquisición de datos y control supervisor</p> <p>Monitoreo con sistemas SCADA</p> <p>Seguridad y privacidad</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Generación distribuida e integración de fuentes no convencionales</b></li></ul> <p>Problemática de la generación distribuida</p> <p>Contribución de la energía solar</p> <p>Contribución de la energía eólica</p> <p>Otras fuentes no convencionales de energía</p>		
---	--	--



<p>Tecnologías para almacenamiento de energía</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Comunicaciones y tecnologías de la información</b></li></ul> <p>Integración de las redes eléctricas y de comunicaciones</p> <p>Modelo y protocolos de comunicaciones</p> <p>Requerimientos y estándares para redes inteligentes</p> <p>Administración y procesamiento de datos</p> <p>Ciberseguridad</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Aspectos económicos y ambientales</b></li></ul> <p>Impacto de las fuentes de energía distribuida</p> <p>Microrredes y respuesta a la demanda</p> <p>Protección ambiental e impacto en el desarrollo sostenible</p> <p>Economía de los combustibles alternativos</p> <p>Transformación del sector eléctrico</p> <p>Crecimiento económico, bienestar y progreso social</p>		
---	--	--



<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Propuesta de laboratorios</b></li> </ul> <p>Simulación de sistemas de potencia y recursos renovables</p> <p>Laboratorio en línea y de acceso remoto</p> <p>Laboratorio viviente</p> <p>Desarrollo de proyectos modulares</p>		
--	--	--

## 25. Estrategias metodológicas

De aprendizaje	De enseñanza
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atención a las exposiciones y estudio de los temas</li> <li>• Discusión y análisis de problemas</li> <li>• Realización de ejercicios propuestos</li> <li>• Simulación</li> <li>• Estudios de caso</li> <li>• Aprendizaje autónomo</li> <li>• Aprendizaje cooperativo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exposición con apoyo tecnológico variado</li> <li>• Atención a dudas y comentarios</li> <li>• Explicación de procedimientos</li> <li>• Recuperación de saberes previos</li> <li>• Dirección de prácticas</li> <li>• Organización de grupos</li> <li>• Supervisión de trabajos</li> </ul>

## 26. Apoyos educativos

Materiales didácticos	Recursos didácticos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Libros</li> <li>• Software y manuales del software</li> <li>• Hojas de datos de componentes</li> <li>• Simulaciones interactivas</li> <li>• Presentaciones</li> <li>• Ejercicios propuestos para laboratorio</li> <li>• Vídeo</li> <li>• Proyectos propuestos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aula de cómputo</li> <li>• Proyector</li> <li>• Pantalla</li> <li>• Pizarrón</li> <li>• Bocinas</li> <li>• Accesorios para proyección</li> <li>• Computadoras</li> <li>• Laboratorio</li> </ul>

## 27. Evaluación del desempeño

Evidencia(s) de desempeño	Criterios de desempeño	Ámbito(s) de aplicación	Porcentaje
---------------------------	------------------------	-------------------------	------------



Ejercicios de formación en laboratorio	Realización exitosa de cada ejercicio	Laboratorio o aula de cómputo	20%
Pruebas parciales	Respuestas correctas	Aula	30%
Elaboración del proyecto integrador	Estructura y funcionamiento correctos del proyecto desarrollado	Laboratorio o aula de cómputo	30%
Reporte escrito sobre el proyecto integrador	Presentación, integridad, claridad y congruencia del reporte presentado.	Entrega en el aula o en línea	20%

## 28. Acreditación

Para acreditar esta EE el estudiante deberá haber presentado con idoneidad y pertinencia cada evidencia de desempeño, es decir, que en cada una de ellas haya obtenido cuando menos el 60%, además de cumplir el porcentaje de asistencia establecido en el estatuto de alumnos 2008.

## 29. Fuentes de información

### Básicas

- Radian Belu, Smart grid fundamentals, CRC Press, 2022.
- Shady S. Refaat, Omar Ellabban, Sertac Bayhan, Haitham Abu-Rub, Frede Blaabjerg, Miroslav M. Begovic, Smart grid and enabling technologies, Wiley-IEEE Press, 2021.
- Anuradha Tomar and Ritu Kandari (eds), Advances in smart grid power systems, Elsevier, 2020.
- Bimal K. Bose, Power electronics in renewable energy systems and smart grid: Technology and applications, Wiley-IEEE Press, 2019.
- Ramesh Babu (ed), Smart grid systems: modeling and control, Apple Academic Press, 2019.
- Bernd M. Buchholz and Zbigniew A. Styczynski, Smart grids: fundamentals and technologies in electric power systems of the future, 2<sup>nd</sup> ed., Springer, 2020.

### Complementarias

- Jorge Fernández Gómez y Jaime Menéndez Sánchez, Las redes inteligentes y el papel del distribuidor de energía eléctrica, Orkestra, 2019.
- C.W Gellings, The Smart Grid: Enabling Energy Efficiency and Demand Response, CRC Press, 2009.
- Antonello Monti, Carlo Muscas and Ferdinanda Ponci (eds), Phasor measurement units and wide area monitoring systems. Elsevier Academic Press, 2016.
- A. G. Phadke, and J.S. Thorp, Synchronized phasor measurements and their applications, Springer, 2008.
- Pablo Frías, Las redes eléctricas inteligentes, Fundación Gas Natural Fenosa, 2011.



- Antonio Colmenar Santos, David Borge Diez, Eduardo Collado Fernández y Manuel Castro Gil, Generación distribuida, autoconsumo y redes inteligentes, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid, 2015.