



# *Microrredes Eléctricas.*

*Énfasis en Ingeniería Eléctrica y Electrónica*

## **I. IDENTIFICACIÓN DE LA ASIGNATURA**

- Programa Académico: Doctorado en Ingeniería.
- Área Temática: Generación Distribuida
- Nombre de la asignatura en español e inglés: Microrredes Eléctricas. Electrical Microgrids.
- Intensidad de horas semana: 4
- Créditos: 4
- Características:

## *II. Justificación de la Asignatura*

Una microrred (MR), es una red local que integra una gran cantidad de generadores distribuidos, unidades de almacenamiento de energía y unidades de carga, que en conjunto operan como un solo sistema. Dentro de los principales objetivos de las microrredes, se encuentra la interconexión y operación masiva de fuentes de energía descentralizadas, el incremento de la eficiencia energética y reducción en la emisión de gases de efecto invernadero mediante el uso de fuentes alternativas de energía. De hecho, las microrredes se han convertido en una aplicación de alto interés a nivel mundial, gracias a la penetración que han tenido las fuentes de energía renovable en los sistemas de generación de energía modernos.

Por su parte, las unidades de generación requieren el uso de convertidores electrónicos, que aseguren la flexibilidad y las condiciones necesarias para la interconexión de diferentes tipos de unidades de generación. En este sentido, una MR debe contar con estrategias de control flexibles y coordinadas, para las diferentes unidades de potencia.

Una MR puede operar en modo aislado o conectada a la red de suministro eléctrico. En modo conectado a red, bajo condiciones normales, la MR absorbe o entrega energía a la red principal. Sin embargo, suelen aparecer diferentes problemas relacionados con la calidad de potencia, debido principalmente a operaciones anormales de la red. Bajo esta situación, la MR debe decidir si se desconecta de la red y opera en modo aislado, o si continúa conectada a la red. Esta decisión requiere de control y coordinación entre las diferentes unidades. De la misma forma, en modo aislado también pueden aparecer problemas de calidad de potencia, debido a cargas no lineales que requieren una gran cantidad de componentes armónicos de corriente, cargas monofásicas que



pueden generar desbalances en la red trifásica, resonancias, flujos de potencia reactiva debidos a cargas capacitivas o inductivas, etc.

Adicionalmente, cuando la MR se conecta a la red principal, no solo se debe asegurar que esta permita el flujo de potencia activa, también se debe considerar la calidad de potencia en el punto de acople común. Por ejemplo, si se presenta una caída de tensión, las unidades conectadas a la MR deben coordinar la acción adecuada para la inyección de potencia reactiva a la red principal.

Por lo expuesto anteriormente, una microrred debe contar con controladores coordinados entre sus diferentes unidades, que permitan asegurar condiciones de calidad de potencia en modo conectado a red o aislado. En este sentido el esquema de comunicación entre las diferentes unidades y controladores juega un papel fundamental en la operación de las microrredes.

El control jerárquico ha sido propuesto recientemente buscando estandarizar la operación y las diferentes funciones de las unidades que componen una MR en tres niveles bien diferenciados. El control primario, es un control local que permite la operación independiente de los convertidores electrónicos y al mismo tiempo la cooperación entre ellos. El control secundario se encarga de ajustar los puntos de operación de la MR, tales como tensiones y frecuencias, además de medir y mejorar la calidad de potencia en puntos específicos de la MR. El control terciario se encarga del sistema de administración de energía, específicamente en lo relacionado con la generación, demanda, almacenamiento de energía y flujo de potencia entre la microrred y la red principal.

Este curso se centra en el análisis de las diferentes unidades que componen una microrred AC o DC, así como su estructura de control y sistemas de gestión.

### *III. Propósito del Curso*

El principal propósito de la asignatura es proporcionar las herramientas teóricas y prácticas necesarias para el entendimiento de las principales características de operación y diseño de las microrredes eléctricas.

#### **OBJETIVO GENERAL:**

Proporcionar al estudiante los conocimientos y herramientas necesarias para el análisis de temáticas relacionadas con microrredes eléctricas en cuanto a componentes que la conforman, estructuras de control y sistemas de gestión asociados.

#### **OBJETIVO ESPECIFICOS:**

Establecer el papel de las microrredes en la integración de fuentes de energía renovables.

Estudiar las características principales de las microrredes AC, DC y mixtas.



Identificar cada una de las unidades que componen una microrred.

Entender el funcionamiento en modo aislado y en modo conectado a red para una microrred.

Desarrollar en el estudiante criterios y habilidades para el dimensionamiento y selección de esquemas adecuados de control para cada una de las unidades que componen una microrred.

Estudiar los diferentes esquemas utilizados para la gestión de una microrred.



#### *IV. Competencias a Lograr*

Se espera desarrollar en el estudiante las siguientes competencias:

Conocer y diferenciar el principio de funcionamiento de las diferentes unidades que componen una microrred AC, DC o mixta.

Conocer y dominar las principales técnicas y tecnologías aplicadas a microrredes eléctrica así como identificar las tendencias y retos de desarrollo en lo referente a microrredes eléctricas.

Dimensionar y establecer estrategias de control, así como estructuras y algoritmos para la gestión de la energía en la microrred.

Plantear y solucionar problemas reales en los que se pueden aplicar microrredes (zonas no interconectadas o integración de fuentes de energía distribuidas).

Aplicar los conocimientos adquiridos en el diseño y dimensionamiento de soluciones reales para aplicaciones de microrredes utilizando elementos y tecnologías comerciales.

#### *V. Descripción Analítica de Contenidos: Temas y Subtemas*



**PROGRAMA SINTÉTICO:**

*Introducción a las microrredes (µredes).*

*Clasificación de las microrredes eléctricas.*

*Esquemas de control.*

*Control jerárquico.*

*Control secundario.*

*Esquemas de gestión y coordinación para microrredes.*

**Organización y Tiempos:**

Semana	Tema	Actividades
1	<b>1. Introducción a las µredes eléctricas</b> 1.1. Introducción. 1.2. Problemas eléctricos comunes. 1.3. Ventajas y desventajas de las µredes eléctricas. 1.3 Ejemplos de µredes eléctricas.	Clases magistrales.
2, 3, 4, 5	<b>2. Clasificación de las µredes eléctricas.</b> 2.1. Microrredes AC. 2.2. Topologías de convertidores electrónicos en µredes AC. 2.3. Técnicas de sincronización a red. 2.4. Lazos de control de corriente y tensión de convertidores conectados a red. 2.5. Microrredes DC 2.6 Topologías de convertidores electrónicos en µredes DC.	Clases magistrales, Seminario-Taller
6, 7	<b>3. Esquemas de control.</b> 3.1. Introducción. 3.2. Operación en modo isla y modo conectado a red. 3.3. Técnicas de detección de isla 3.4. Sistemas de comunicación para µredes	Clases magistrales, Seminario-Taller.
8, 9, 10	<b>4. Control jerárquico.</b> 4.1. Modelo de control jerárquico.	Clases magistrales, Seminario-Taller.



	4.2. Control Primario. 4.3. Reparto de potencia en $\mu$ redes AC. 4.4. Reparto de potencia en $\mu$ redes DC	
11, 12	<b>5. Control Secundario.</b> 5.1. Restauración de frecuencia en $\mu$ redes AC. 5.2. Restauración de tensión en $\mu$ redes DC. 5.3. Control Terciario.	Clases magistrales, Seminario-Taller
13, 14, 15	<b>6. Esquemas de gestión y coordinación para <math>\mu</math>redes.</b> 6.1. Control Cooperativo entre DER. 6.2. Despacho óptimo de potencia. 6.3. Optimización con sistemas de almacenamiento de energía.	Clases magistrales, Seminario-Taller
16	<b>7. Proyecto final.</b>	Trabajo escrito + Presentación oral

*VI. Estrategias Metodológicas y Didácticas*



La metodología para adelantar el curso es presencial e incluye los siguientes soportes pedagógicos:

- Clase magistral: Impartida por el docente y con el complemento de lecturas y simulaciones por parte de los estudiantes. (se recomienda conocimiento previo de Matlab/Simulink y PSIM para el desarrollo de los ejercicios)
- Seminarios: Con participación de los estudiantes del curso en el cual se requiere que ellos preparen temáticas específicas para discusión académica.
- Proyecto semestral: Con el fin de fomentar y evaluar la capacidad de diseño y dimensionamiento de los estudiantes soportada mediante simulaciones.

Tipo de Curso	Horas			Horas profesor/semana	Horas Estudiante/semana	Total Horas Estudiante/semestre	Créditos
	TD	TC	TA	(TD + TC)	(TD + TC +TA)	X 16 semanas	
	2	2	6	4	10	160	4

**Trabajo Presencial Directo (TD):** Trabajo de aula con plenaria de todos los estudiantes.

**Trabajo Mediado Cooperativo (TC):** Trabajo de tutoría del docente a pequeños grupos o de forma individual a los estudiantes.

**Trabajo Autónomo (TA):** Trabajo del estudiante sin presencia del docente, que se puede realizar en distintas instancias: en grupos de trabajo o en forma individual, en casa o en biblioteca, laboratorio, etc.)

## VII. Recursos

Para el desarrollo del curso se cuenta con salas con herramientas audiovisuales para el desarrollo de las sesiones teóricas y los seminarios. Adicionalmente se requiere el acceso a salas de cómputo que cuenten con licencia completa de Matlab/Simulink y PSIM.

Se dispone de herramientas de simulación en tiempo real que permite la simulación de sistemas eléctricos y electrónicos complejos (OP4510).

## VIII. Criterios de Seguimiento y Evaluación



Primer corte.	25%
Segundo corte.	25%
Proyecto Final.	50%
Total evaluación	100%

TIPO DE EVALUACIÓN	FECHA	PORCENTAJE
Desarrollo de talleres enfocados a la solución de problemas relacionados con microrredes eléctricas. Unidades 1, 2 y 3.	Permanente	25%
Desarrollo de talleres enfocados a la solución de problemas relacionados con microrredes eléctricas. Unidades 4, 5 y 6	Permanente	25%
Elaboración de escritos científicos tipo paper y sustentaciones orales en los cuales se evidencie el dominio del estudiante sobre la temática de las microrredes eléctricas aplicadas a un problema particular.	Semana 16	20% (Presentación oral) + 30 (Documento escrito) = 50%

**ASPECTOS A EVALUAR DEL CURSO**

1. Evaluación del desempeño docente
2. Evaluación de los aprendizajes de los estudiantes en sus dimensiones: individual/grupo, teórica/práctica, oral/escrita.
3. Autoevaluación:
4. Coevaluación del curso: de forma oral entre estudiantes y docente.

*IX. Bibliografías*





*Para el desarrollo del curso se cuenta con salas con herramientas audiovisuales para el desarrollo de las sesiones teóricas y los seminarios. Adicionalmente se requiere el acceso a salas de cómputo que cuenten con licencia completa de Matlab/Simulink y PSIM.*

#### BIBLIOGRAFÍA

##### TEXTOS GUÍAs

[1] Majumder, R. Microgrid : Stability Analysis and Control: Modeling, Stability Analysis and Control of Microgrid for Improved Power Sharing and Power Flow Management VDM Publishing, 2010. ISBN 3639247698, 9783639247695.

[2] Chowdhury, S.; Chowdhury, S. & Crossley, P. Microgrids and Active Distribution Networks The Institution of Engineering and Technology, 2009. ISBN 1849190143, 9781849190145.

[3] Trujillo, C., et.al, Microrredes Eléctricas, Editorial UD, 2015, ISBN 978 958 8897 79 0.

[4] Mojica, E., et.al, Control de microrredes eléctricas inteligentes, Editorial UD, 2017, ISBN 978 958 5434 31 8.

##### TEXTOS COMPLEMENTARIOS

[1] 1547.4-2011 - IEEE Guide for Design, Operation, and Integration of Distributed Resource Island Systems with Electric Power Systems.

##### REVISTAS

IEEE Transactions on Smart Grid.

IEEE Transactions on Industrial Electronics.

IEEE Transactions on Power Electronics.

IEEE Transactions on Power Delivery.

IEEE Transactions on Energy Conversion.

IET Power Electronics

ELSEVIER. Applied Energy.

EISEVIER. Renewable and Sustainable Energy Reviews.

##### DIRECCIONES DE INTERNET

<http://www.nrel.gov/>.

<http://www.a123systems.com/>



<https://building-microgrid.lbl.gov>

## *X. Profesores de la Asignatura*

Titular

PhD. Cesar Leonardo Trujillo Rodríguez.

PhD. Nelson Leonardo Díaz Aldana.

## *XI. Requisitos de Calidad*

Versión 2.0

Fecha de modificación 22/07/201805

Última modificación /02/2019