



FICHA TÉCNICA DE LA ASIGNATURA

Datos de la asignatura	
Nombre completo	Operación y Planificación de las Futuras Redes de Distribución
Código	DIE-MII-525
Impartido en	Máster Universitario en Ingeniería Industrial + Máster in Smart Grids [Primer Curso] Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación + Máster in Smart Grids [Primer Curso]
Nivel	Postgrado Oficial Master
Cuatrimestre	Semestral
Créditos	6,0 ECTS
Carácter	Obligatoria
Departamento / Área	Departamento de Ingeniería Eléctrica
Responsable	Rafael Cossent Arín

Datos del profesorado	
Profesor	
Nombre	Rafael Cossent Arín
Departamento / Área	Instituto de Investigación Tecnológica (IIT)
Despacho	Santa Cruz de Marcenado 26
Correo electrónico	Rafael.Cossent@iit.comillas.edu
Teléfono	2753
Profesor	
Nombre	Francisco Javier Renedo Anglada
Departamento / Área	Instituto de Investigación Tecnológica (IIT)
Despacho	Francisco de Ricci, 3
Correo electrónico	Javier.Renedo@iit.comillas.edu
Teléfono	4509
Profesor	
Nombre	Francisco Echavarren Cerezo
Departamento / Área	Instituto de Investigación Tecnológica (IIT)
Despacho	Francisco de Ricci, 3 [D-104]
Correo electrónico	Francisco.Echavarren@iit.comillas.edu
Teléfono	4283

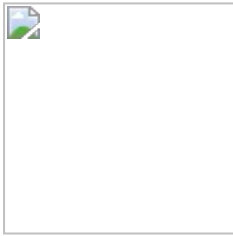


**GUÍA DOCENTE
2019 - 2020**

Profesor	
Nombre	Lukas Sigrist
Departamento / Área	Instituto de Investigación Tecnológica (IIT)
Despacho	Francisco de Ricci, 3
Correo electrónico	Lukas.Sigrist@iit.comillas.edu
Teléfono	4507
Profesor	
Nombre	Alezeia González García
Departamento / Área	Departamento de Ingeniería Eléctrica
Correo electrónico	alezeia.gonzalez@iit.comillas.edu
Profesor	
Nombre	Carlos Mateo Domingo
Departamento / Área	Instituto de Investigación Tecnológica (IIT)
Despacho	Santa Cruz de Marcenado 26 [D-501]
Correo electrónico	Carlos.Mateo@iit.comillas.edu
Teléfono	2708
Profesor	
Nombre	Jose Pablo Chaves Ávila
Departamento / Área	Instituto de Investigación Tecnológica (IIT)
Correo electrónico	Jose.Chaves@iit.comillas.edu

DATOS ESPECÍFICOS DE LA ASIGNATURA

Contextualización de la asignatura
Aportación al perfil profesional de la titulación
Al final del curso, los alumnos comprenderán los principios y criterios seguidos para la operación y planificación de las redes de distribución eléctrica, cómo los recursos energéticos distribuidos afectan a esta actividad, y de qué manera nuevas soluciones tecnológicas y de gestión (redes inteligentes) son necesarias para afrontar los nuevos desafíos a los que se enfrentan los operadores de las redes de distribución de electricidad.
Prerequisitos



Los estudiantes han de estar familiarizados con los fundamentos de funcionamiento de los sistemas eléctricos de potencia. Son deseables, pero no imprescindibles, conocimientos previos sobre operación de redes eléctricas y el uso de herramientas informáticas para su estudio.

Competencias - Objetivos

Competencias

Competencias Básicas

CB1. Haber adquirido conocimientos avanzados y demostrado, en un contexto de investigación científica y tecnológica o altamente especializado, una comprensión detallada y fundamentada de los aspectos teóricos y prácticos y de la metodología de trabajo en uno o más campos de estudio.

CB2. Saber aplicar e integrar sus conocimientos, la comprensión de estos, su fundamentación científica y sus capacidades de resolución de problemas en entornos nuevos y definidos de forma imprecisa, incluyendo contextos de carácter multidisciplinar tanto investigadores como profesionales altamente especializados.

CB7. Ser capaces de asumir la responsabilidad de su propio desarrollo profesional y de su especialización en uno o más campos de estudio.

Competencias Generales

CG8. Aplicar los conocimientos adquiridos y resolver problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios y multidisciplinarios.

Competencias del módulo de Tecnologías Industriales

CMT1. Conocimiento y capacidad para el análisis y diseño de sistemas de generación, transporte y distribución de energía eléctrica.

CMT6. Conocimientos y capacidades que permitan comprender, analizar, explotar y gestionar las distintas fuentes de energía.

Resultados de Aprendizaje

Al finalizar el curso los alumnos deben ser capaces de:

1. Haber adquirido los conceptos avanzados presentados en este curso, tanto teóricos como prácticos, que muestran una comprensión detallada de los enfoques convencionales para la planificación y operación de la red.
2. Comprender los principales desafíos técnicos y económicos planteados por la penetración de recursos energéticos distribuidos a los operadores de sistemas de distribución.
3. Adquirir un conocimiento práctico de los nuevos dispositivos electrónicos y sistemas de información que están presentes son las redes de distribución inteligente.



4. Comprender las aplicaciones de las tecnologías de redes inteligentes para la operación de sistemas de distribución y la integración de recursos energéticos distribuidos.
5. Comprender los desafíos y oportunidades que los recursos energéticos distribuidos generan para la planificación de la red de distribución.

BLOQUES TEMÁTICOS Y CONTENIDOS

Contenidos – Bloques Temáticos

Bloque 1: Introducción: papel convencional de las empresas de distribución y nuevos retos.

1. Operación y planificación convencional de redes de distribución.

Función de las redes de distribución, tareas de las compañías de distribución, enfoques convencionales para la planificación y operación de la red de distribución, componentes de la red, organización interna de una compañía de distribución.

2. Nuevos retos y oportunidades en la planificación y operación de la red.

Los impulsores del cambio (recursos energéticos distribuidos, empoderamiento del consumidor, desarrollos del mercado minorista, nuevos modelos de negocios, TIC, etc.), la necesidad de adaptar los métodos de planificación y la operación de la red.

Bloque 2: Nuevos componentes y tecnologías de red.

1. Nuevos componentes de la red.

Electrónica de potencia, sensores, protecciones, dispositivos inteligentes, etc. y su aplicación para monitorización y control de redes.

2. Tecnologías de *grid-edge*

Tecnologías de vanguardia y flexibilidades distribuidas: almacenamiento distribuido, respuesta de la demanda, dispositivos inteligentes, generación distribuida.

3. Sistemas de operación de distribución.

SCADA, DMS, OMS, NIS. Estimación de estado

Bloque 3: Operación de la red y soluciones de smart grid

1. Control de tensiones

Control de tensión en redes de distribución, combinando recursos de red con servicios de flexibilidad local.

2. Monitorización y automatización de red.



Automatización de la red, nuevos dispositivos de control y supervisión, gestión de interrupciones, gestión de la brigadas y fiabilidad de la red de distribución.

3. Operación en "isla" y microrredes.

Operación en "isla" y microrredes aisladas

4. Contadores inteligentes

Implementación y funcionalidades de contadores inteligentes: despliegue, implicaciones para el funcionamiento del mercado minorista, costes y beneficios, funcionalidades del medidor, gestión de los datos.

5. Supervisión de la red de baja tensión y aplicaciones basadas en datos de contadores inteligentes.

Medición inteligente y supervisión de red. Aplicaciones para conexión a la red, modelos de conectividad, identificación de pérdidas técnicas / no técnicas, corrección de desequilibrio entre fases, etc.

6. Planificación de la operación bajo incertidumbre.

Planificación de la operación, generación distribuida y previsión de la demanda con elevada granularidad, reconfiguración de la red, etc.

Bloque 4: Planificación de redes de distribución bajo altas penetraciones de recursos distribuidos

1. Impacto de los recursos distribuidos sobre las inversiones en red.

Costes incrementales causados por los recursos distribuidos, localización óptima de recursos distribuidos, alternativas de conexión a la red.

2. Planificación activa de la red de distribución.

Planificación de redes bajo incertidumbre (planificación basada en escenarios y probabilística), alternativas a refuerzos convencionales de red, soluciones de redes inteligentes para retrasar o evitar inversiones en redes.

3. Planificación de red considerando servicios de flexibilidad.

Planificación de red y contribución de los recursos distribuidos: servicios de flexibilidad, servicios complementarios de red, mercados locales.

METODOLOGÍA DOCENTE

Aspectos metodológicos generales de la asignatura

La metodología seguida combina sesiones teóricas con sesiones prácticas que permitirán a los estudiantes aplicar y comprender en mayor profundidad los nuevos desafíos para la operación y planificación de las



redes eléctricas de distribución. Además de las sesiones presenciales, los alumnos realizarán estudio personal así como trabajos, de manera individual o en grupos, como complemento a las actividades realizadas en clase.

Metodología Presencial: Actividades

Clase magistral y presentaciones generales: Exposición de los principales conceptos y procedimientos mediante la explicación por parte del profesor.

Sesiones prácticas: Uso de diferentes herramientas de software para analizar diferentes aspectos de la planificación y operación de futuras redes de distribución. Sesiones de laboratorio donde los estudiantes se familiarizan con diferentes componentes eléctricos y electrónicos de los sistemas de distribución. Visitas de campo a los sitios de la red de distribución real.

Metodología No presencial: Actividades

Estudio del material presentado en clase fuera del horario de clase por parte del alumno

Estudio y resolución de problemas prácticos fuera del horario de clase por parte del alumno

EVALUACIÓN Y CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

Exámenes intermedios: problemas cortos y/o preguntas tipo test.

Examen final: resolución de problemas, preguntas cortas de desarrollo y/o preguntas tipo test.

Trabajos individuales y/o en grupo

Calificaciones

Exámenes intermedios: problemas cortos y/o preguntas tipo test. 25%

Examen final: resolución de problemas, preguntas cortas de desarrollo y/o preguntas tipo test. 50%

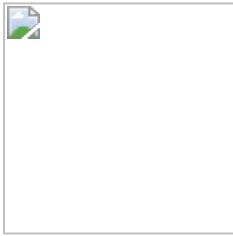
Trabajos individuales y/o en grupo. 25%

BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS

Bibliografía Básica

Material presentado en clase.

Bibliografía Complementaria



Operación y planificación convencional de red:

- T.A. Short. Electric Power Distribution Handbook. CRC Press, 2004
- H. Lee Willis. Power Distribution Planning Reference Book. 2nd Edition, Marcel Dekker, Inc. 2004.

Smart grids:

- Buchholz, Bernd M., Styczynski, Zbigniew. Smart Grids – Fundamentals and Technologies in Electricity Networks. Springer 2014.
- "The Future of the Electric Grid". An Interdisciplinary MIT study, 2011.
- Alberto Sendin, Miguel A. Sanchez-Fornie, Inigo Berganza, Javier Simon, Iker Urrutia. Telecommunication networks for smart grids. Artech House 2016.

OPERACIÓN Y PLANIFICACIÓN DE LAS FUTURAS REDES DE DISTRIBUCIÓN

Denominación:	Operación y Planificación de las Futuras Redes de Distribución [DIE-MII-525]
ECTS:	6
Carácter:	Optativa
Duración:	30 semanas
Ubicación temporal:	Anual, Curso 1º
Lengua vehicular:	Castellano, inglés

ADAPTACIONES DURANTE EL PERIODO DE SUSPENSIÓN DE LA ACTIVIDAD DOCENTE PRESENCIAL POR COVID-19

Metodología docente:	<ul style="list-style-type: none">▪ Ejecución de sesiones teórico-prácticas para uso presencial telemático.▪ Ejecución de sistema de tutorías on-line para la resolución de dudas.
Canales de comunicación:	<ul style="list-style-type: none">▪ Microsoft (Teams)▪ Moodle Rooms
Actividades formativas teóricas:	Adaptación de las sesiones teóricas presenciales a sesiones teóricas telemáticas. Competencias y resultados de aprendizaje conformes a la memoria de verificación.
Actividades formativas prácticas:	Adaptación de las sesiones teóricas presenciales a sesiones teóricas telemáticas por medio de herramientas basadas en simulación. Competencias y resultados de aprendizaje conformes a la memoria de verificación.
Sistema de evaluación:	Se elimina el segundo examen parcial. Se traslada el peso de este examen al examen final. Sin embargo, el peso total relativo a exámenes se mantiene sin modificaciones a la guía docente, conforme a la memoria de verificación. Se retrasa la fecha de entrega del trabajo final.

GENERAL INFORMATION

Course information	
Name	Operation and Planning of Future Distribution Networks
Code	DIE-MSG-513
Degree	Master in Smart Grids (MSG)
Year	1 st year
Semester	1 st (Fall); 2 nd (Spring) if pursuing a joint Master's degree
ECTS credits	7.5 ECTS
Type	Mandatory
Department	Electrical Engineering Department
Area	
Coordinator	Rafael Cossent

Instructor	
Name	Rafael Cossent Arín
Department	Institute for Research in Technology (IIT)
Area	
Office	D-401 – Santa Cruz de Marcenado 26
e-mail	rafael.cossent@iit.comillas.edu
Phone	
Office hours	Arrange an appointment through email

Instructor	
Name	Carlos Mateo Domingo
Department	Institute for Research in Technology (IIT), Department of Electrical Engineering
Area	
Office	D-402 – Santa Cruz de Marcenado 26
e-mail	carlos.mateo@iit.comillas.edu
Phone	
Office hours	Arrange an appointment through email

Instructor	
Name	José Pablo Chaves Ávila
Department	Institute for Research in Technology (IIT), Department of Electrical Engineering
Area	
Office	D-401 – Santa Cruz de Marcenado 26
e-mail	jose.chaves@iit.comillas.edu
Phone	
Office hours	Arrange an appointment through email

Instructor	
Name	Lukas Sigrist
Department	Institute for Research in Technology (IIT), Department of Electrical Engineering
Area	
Office	D-101 – Francisco de Ricci 3
e-mail	Lukas.sigrist@iit.comillas.edu
Phone	
Office hours	Arrange an appointment through email

Instructor	
Name	Javier Renedo
Department	Institute for Research in Technology (IIT), Department of Electrical Engineering
Area	
Office	D-101 – Francisco de Ricci 3
e-mail	Javier.renedo@iit.comillas.edu
Phone	
Office hours	Arrange an appointment through email

Instructor	
Name	Francisco Echavarren
Department	Institute for Research in Technology (IIT), Department of Electrical Engineering
Area	
Office	D-104 – Francisco de Ricci 3
e-mail	Francisco.echavarren@iit.comillas.edu
Phone	
Office hours	Arrange an appointment through email

DETAILED INFORMATION

Contextualization of the course
<p>Contribution to the professional profile of the degree</p> <p>Distribution grids have traditionally been planned and operated with very low level of monitoring and control capabilities. This is the least cost alternative in an environment where demand was predictable and passive. Any potential grid constraint would thus be solved at the planning and connection stages through grid reinforcements.</p> <p>However, the growth of distributed energy resources (DER), accompanied by fast technological development and cost reductions, are causing profound changes in the way distribution systems are planned and operated. Distribution networks need to become more flexible through the large-scale deployment of electronic devices and information and communication technologies. This new paradigm is known as smart distribution grids.</p> <p>By the end of the course, students will understand the basic principles behind the planning and operation of distribution networks, understand how distributed energy resources impact these activities, and understand what technical solutions distribution grid operators need to deploy in order to address the new challenges.</p>

Prerequisites

Students willing to take this course should be familiar with the fundamentals on electric power systems. Previous experience with electricity networks and programming languages is also advisable although not required. All these prerequisites can be acquire taking the course on "Fundamentals of Power Systems".

CONTENTS

Contents

Introduction: conventional role of distribution companies and new challenges

1. Conventional operation and planning of distribution grids

Role of distribution grids, tasks of distribution companies, conventional approaches to distribution grid planning and operation, grid components, internal organization of a distribution company.

2. New challenges and opportunities in grid planning and operation

Drivers of change (distributed energy resources, consumer empowerment, retail market developments, new business models, ICTs, etc.), the need to adapt grid operation and planning methods.

Innovative network components and grid-edge technologies

1. Innovative network components

Power electronics, sensors, protections, intelligent devices, etc. and their application for network monitoring and control.

2. Grid-edge technologies

Grid-edge technologies and distributed flexibilities: distributed storage, demand response, smart appliances, distributed generation.

3. Distribution operation systems

SCADA, DMS, OMS, NIS. State estimation

Smart grid operation

1. Voltage control

Voltage control in distribution grids, combining grid resources with local flexibility services.

2. Grid monitoring and automation

Grid automation, new monitoring and control devices, outage management, crew management, and distribution grid reliability.

3. Isolated operation and microgrids

Temporary islanded operation, isolated microgrids, unintentional islanding and anti-islanding protection.

4. Smart metering

Smart metering deployment and functionalities: drivers, implications for retail market functioning, costs and benefits, meter functionalities, smart metering data.
Lab session/case study: interpreting the data log of a smart meter, testing the automatic disconnection function of smart meters.

5. LV supervision and smart metering data applications

LV data: smart metering and LV supervision. Applications to grid connection, connectivity models, technical/non-technical losses identification, phase unbalance correction, etc.

6. Operational planning under uncertainty

Operational planning, DG and demand forecasting with high granularity, grid reconfiguration for increased hosting capacity, etc.

Grid planning under high shares of DER

1. Impact of DER on network investments

DER-driven incremental network costs, optimal placement of DER, grid connection alternatives, challenges in unbundled contexts.

2. Active network planning

Grid planning under uncertainty (scenario-based and probabilistic planning), non-wire alternatives, smart grid solutions to defer grid investments.

3. Grid planning considering flexibility services

Grid planning and DER contribution: flexibility services, non-frequency ancillary services, local markets.

Competences and Learning Outcomes	
Competences	
C1	Explain traditional planning and operation of distribution networks.
C2	Describe how new DER has affected traditional network planning and operation and the challenges and opportunities they bring about.
C3	Categorize and describe how new devices will impact current power system planning and operation
Learning outcomes	
<p>The objective of the course is for the student to become knowledgeable about the planning and operation of distribution networks. In particular, the specific learning outcomes are:</p> <p>LO1. To have acquired the advanced concepts presented in this course, both theoretical and practical, showing a detailed understanding about the conventional approaches to grid planning and operation.</p> <p>LO2. To understand the chief technical and economic challenges posed by the penetration of distributed energy resources to distribution system operators.</p> <p>LO3. To acquire a working knowledge of the new electronic devices and information systems that are present in smart distribution grids.</p> <p>LO4. To understand the applications of smart grid technologies for the operation of distribution systems and the integration of distributed energy resources.</p> <p>LO5. To understand the challenges and opportunities that distributed energy resources bring about for distribution network planning.</p>	

TEACHING METHODOLOGY

General methodological aspects	
<p>The teaching methodology combines both theoretical sessions and practical sessions that will enable the students to practice and deeply understand the problems faced in the planning and operation of distribution networks. The personal study and the individual/group assignments will complement this classroom training.</p>	
In-class activities	Competences
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lectures (45 hours): Presentation of the main concepts and procedures, by the instructors. They will include dynamic presentations, case studies, and the participation and interaction with students. ▪ Practical sessions (15 hours): use of different software tools to analyse different aspects of the planning and operation of future distribution networks. Lab sessions where students get familiar with different electrical and electronic components of distribution systems. Field visits to actual distribution grid sites. 	C1, C2, C3
Out-of-class activities	Competences
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Personal study of the material to be discussed in the lectures (60 hours): This is an individual activity by the students, in which they will read, analyze and question the readings provided as background material, and that will be discussed with other students and lecturers in the classroom 	C1, C2, C3
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Individual/Group assignments (60 hours): Learning activities that will be carried out individually or in small groups, outside of the classroom, and that will require personal research, use of software or commentary of different materials. 	C2, C3

ASSESSMENT AND GRADING CRITERIA

Assessment activities	Grading criteria	Weight
Intermediate exams	<ul style="list-style-type: none"> Multi-choice test and short questions to evaluate the understanding of the concepts 	25%
Final exam	<ul style="list-style-type: none"> Multi-choice test, short questions and problem solving to evaluate the understanding of the concepts 	50%
Group/individual case studies and assignments	<ul style="list-style-type: none"> Application of theoretical concepts to real problem-solving Ability to use and develop specific software Ability to understand how electrical and electronic devices operate and their applications in smart distribution systems Capability to analyze the applications of new smart grid technologies 	25%

GRADING AND COURSE RULES

Grading
<p>Regular assessment</p> <p>The evaluation of the students' learning will comprise two grades: one corresponding to the written exams, and the other one corresponding to the reports on case studies, and group/individual assignments. If both grades are larger than, or equal to, 4 out of 10, the final grade shall be calculated as the weighted average of both grades, giving a weight of 75% to the exams and 25% to the assignment reports. Otherwise, the final grade shall be computed as the minimum of both previous grades. In order to pass the course, students must obtain a final grade of at least 5 out of 10.</p>
<p>Retakes</p> <p>Students not passing the course according to the regular assessment criteria shall have a second chance to pass it in a second evaluation period. This retake shall comprise an exam covering the whole course material, including case studies, assignments and computer/lab sessions.</p> <p>The grade obtained in this retake shall be the final grade of these students. In order to pass the course, students must obtain a final grade of at least 5 out of 10.</p> <p>No student having passed the course in the first evaluation period shall be allowed to go through the assessment in the second period.</p>
<p>Course rules</p> <ul style="list-style-type: none"> Class attendance is mandatory according to Article 93 of the General Regulations (Reglamento General) of Comillas Pontifical University and Article 6 of the Academic Rules (Normas Academicas) of the ICAI School of Engineering. Not complying with this requirement may have the following consequences: <ul style="list-style-type: none"> Students who fail to attend more than 15% of the lectures may be denied the right to take the final exam during the regular assessment period.

Students who commit an irregularity in any graded activity will receive a mark of zero in the activity and disciplinary procedure will follow (cf. Article 168 of the General Regulations (Reglamento General) of Comillas Pontifical University).

BIBLIOGRAPHY

Complementary bibliography

Conventional operation and planning:

- T.A. Short. Electric Power Distribution Handbook. CRC Press, 2004
- H. Lee Willis. Power Distribution Planning Reference Book. 2nd Edition, Marcel Dekker, Inc. 2004.

Operation and planning of future distribution grids:

- Buchholz, Bernd M., Styczynski, Zbigniew. Smart Grids – Fundamentals and Technologies in Electricity Networks. Springer 2014.
- “The Future of the Electric Grid”. An Interdisciplinary MIT study, 2011.
- Alberto Sendin, Miguel A. Sanchez-Fornie, Inigo Berganza, Javier Simon, Iker Urrutia. Telecommunication networks for smart grids. Artech House 2016.