



Universidad
de Alcalá

GUÍA DOCENTE

Introducción a las Redes Inteligentes de Energía

Máster Universitario en Ingeniería Industrial

Universidad de Alcalá

Curso Académico 2019/2020

Curso 2º – Cuatrimestre 2º

GUÍA DOCENTE

Nombre de la asignatura:	Introducción a las Redes Inteligentes de Energía
Código:	202016
Titulación en la que se imparte:	Máster Universitario en Ingeniería Industrial
Departamento y Área de Conocimiento:	Departamento: Electrónica Áreas: Tecnología Electrónica
Carácter:	Optativa
Créditos ECTS:	6
Curso y cuatrimestre:	Curso 2º – Cuatrimestre 2º
Profesorado	Fco Javier Rodríguez Sánchez y Jesús Ureña
Horario de Tutoría:	Por determinar
Idioma en el que se imparte:	Español e English Friendly

0. Course Summary

Smart energy networks stem from the application of electronics and information and communication technology to conventional power grids. Therefore aspects involved in smart grids are numerous and their study can be approached from multiple viewpoints. This course aims to review the technologies and applications of smart energy networks from a holistic point of view.

1. PRESENTACIÓN

Las redes inteligentes de energía surgen de la aplicación de la electrónica y las tecnologías de la información y las comunicaciones a las redes eléctricas convencionales. Por tanto los aspectos implicados en las redes inteligentes son numerosos y su estudio puede enfocarse desde múltiples puntos de vista. Esta asignatura pretende realizar una revisión de las tecnologías y aplicaciones de las redes inteligentes de energía, desde un punto de vista integral.

Para abordar con éxito esta asignatura será necesario tener conocimientos previos de electrónica de potencia, instrumentación, redes eléctricas y conocimientos generales sobre TICs.

2. COMPETENCIAS y RESULTADOS DEL APRENDIZAJE

Esta asignatura contribuye a adquirir las competencias Básicas, Generales y Transversales que se detallan en el siguiente listado: [Competencias Básicas, Generales y Transversales](#).

Por otro lado, los resultados de aprendizaje esperados con esta asignatura son los siguientes:

- RA1 (RAGDIE9): Comprender la problemática general de las redes inteligentes de energía, su finalidad, su estado actual y sus retos de futuro.
- RA2 (RAGDIE10): Analizar la arquitectura de las redes inteligentes de energía: comunicación, control local, control centralizado y supervisión.

3. CONTENIDOS

Se estudiarán los siguientes sistemas de redes inteligentes de energía eléctrica:

- Introducción. Concepto y arquitectura de Smart Grids (SG). Retos de las SG: control distribuido, predicción de la demanda, predicción de la generación, gestión de la demanda, desacoplo demanda-generación, integración vehículo eléctrico, etc.
- Infraestructura de medida avanzada. Tecnologías. Infraestructura. Gestión de datos de medida. Gestión de la demanda. Las comunicaciones: protocolos y estándares. PLC-PRIME, PLC G3, DLMS/COSEM. Seguridad.
- Automatización de la red de distribución. Equipos de control en campo. Equipos de control en subestación secundaria. Control distribuido vs centralizado. Gestión de activos.
- Recursos energéticos distribuidos. Gestión de la generación distribuida de baja tensión. Micro redes. Vehículo eléctrico: infraestructura de recarga, V2G.
- Diseño de soluciones para redes inteligentes. Arquitectura SGAM. Metodología de diseño, comunicaciones, protocolos, interoperabilidad y ciberseguridad.
- Hogar inteligente. Submetering. Dispositivos Inteligentes de Registro Energético (DIREs). Desagregación de energía y monitorización de cargas (ILM y NILM). Aplicaciones (ADL, GAD, ...). Comunicaciones para HAN (alámbricas e inalámbricas): HomePlug Green PHY, Zigbee Smart Energy, 6LoWPAN (IoT).

4. METODOLOGÍAS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE.-ACTIVIDADES FORMATIVAS

4.1. Distribución de créditos (especificar en horas)

Número de horas presenciales:	60 h (30 h de clases teóricas, 28 h de laboratorio/seminarios/conferencias y 2h de pruebas)
Número de horas del trabajo propio del estudiante:	90 h
Total horas	150 h

4.2. Estrategias metodológicas, materiales y recursos didácticos

Las actividades formativas presenciales que se han planificado para cada tema se dividen en clases teóricas, seminarios, prácticas de laboratorio o ejercicios de simulación, trabajos y desarrollo de memorias y visitas externas:

4.2.1. Clases teóricas

Las exposiciones (o clases magistrales) tienen por objetivo proporcionar la información correspondiente a cada unidad temática, facilitando la adquisición de algunas de las competencias genéricas, como la comprensión y ampliación de nuevos conocimientos. En ellas se desarrollarán las bases fundamentales de la materia.

4.2.2. Seminarios

Los seminarios se utilizan para resolver preguntas y problemas que complementan la información aportada en cada tema. Facilitarán la adquisición de competencias tanto genéricas como específicas, pero con un mayor carácter aplicado. Además, sirven al profesor de control sobre el nivel de recepción y de trabajo personal del alumno.

En los seminarios se desarrollarán algunos aspectos específicos derivados de las clases teóricas y en los que se realizarán ejercicios y cuestiones con objeto de facilitar la comprensión de los conceptos y su aplicación. En algunos casos, se llevarán a cabo clases prácticas de resolución de problemas y/o presentación de actividades y/o proyectos.

4.2.3. Prácticas de laboratorio y ejercicios de simulación

Para las prácticas de laboratorio, se pondrá a disposición del alumnado, antes de comenzar, un guion de prácticas en el que se indicarán claramente las medidas de seguridad en el laboratorio, los objetivos y fundamentos de los experimentos que debe llevar a cabo, así como una colección de cuestiones sobre el trabajo experimental realizado. Previamente a la ejecución de la práctica, el alumno/a tendrá la obligación de leer el guion de la misma. La asistencia a todas las sesiones de laboratorio es obligatoria, sólo se podrá faltar a una sesión siempre y cuando se presente justificante y sea una causa muy extraordinaria.

4.2.4. Trabajos y desarrollo de memorias

A lo largo del curso al alumno se irán proponiendo actividades y trabajos tanto teóricos como prácticos, e manera que el alumno pueda experimentar tanto individualmente como en grupo, consolidando así los conceptos adquiridos.

Durante todo el proceso de aprendizaje de la asignatura, el alumno deberá hacer uso de distintas fuentes y recursos bibliográficos o electrónicos, de manera que se familiarice con los entornos de documentación que utilizará profesionalmente

4.2.5. Pruebas de seguimiento

Además de los procedimientos de evaluación descritos en el apartado 5, a lo largo de la asignatura se establecerán procesos de evaluación del proceso enseñanza-aprendizaje. Se fomentarán las actividades tanto de heteroevaluación, como de auto y coevaluación.

5. EVALUACIÓN: Procedimientos, criterios de evaluación y de calificación

5.1. Criterios de Evaluación

El proceso de evaluación tiene por objetivo valorar el grado y profundidad de las competencias adquiridas por el alumno.

En consecuencia, los criterios de evaluación que se apliquen en las diversas pruebas que forman parte del proceso revisan los aspectos fundamentales trabajados en las diferentes sesiones formativas de la asignatura, para asegurar a través de los criterios de calificación (definidos más adelante) que el alumno alcanza

los resultados del aprendizaje descritos en el punto 2 que aseguran la adquisición (parcial o total) de las competencias también allí descritas.

- CE1: El alumno es capaz de aplicar los conocimientos adquiridos en la interpretación de resultados y resolución de cuestiones y/o ejercicios.
- CE2: El alumno demuestra capacidad de integrar los conocimientos explicados en los distintos temas de teoría para poder resolver de manera creativa y original los problemas que se le planteen.
- CE3: El alumno es capaz de manejar herramientas de simulación y de emplearlas adecuadamente, enlazando los resultados con los previstos teóricamente.
- CE4: El alumno genera documentación correctamente redactada, clara y precisa sobre los trabajos realizados.
- CE5: El alumno expone y defiende de manera clara y razonada sus propuestas para la resolución de los problemas planteados

5.2 Procedimientos e Instrumentos de Evaluación

El proceso de evaluación propuesto está inspirado en la evaluación continua, si bien, respetando la normativa de la Universidad de Alcalá, el alumno podrá acogerse a la evaluación final¹. La evaluación del proceso de aprendizaje de todos los alumnos que no cursen solicitud al respecto o vean denegada la misma se realizará, por defecto, de acuerdo al modelo de evaluación continua descrito a continuación.

1. Prueba de evaluación final (PEF). Se realizará un examen de conocimientos básicos al final del curso que consistirán en una serie de preguntas de respuesta que abordarán los aspectos teóricos y prácticos básicos de los temas impartidos.
2. Entrega de un trabajo o estudio de varios artículos (TA). Consiste en la resolución de un problema práctico relativo a la asignatura. Se presentará una memoria del trabajo y se realizará una presentación oral del mismo.
3. Prácticas de laboratorio (PL). Valoración de la participación, aprovechamiento y comprensión de las sesiones prácticas realizadas en el laboratorio y prueba de evaluación de laboratorio.

5.3 Criterios de Calificación

5.3.1. Modelo de Evaluación Continua:

¹ Los alumnos tendrán un plazo de 15 días para solicitar por escrito al Director de la EPS su intención de acogerse al modelo de evaluación final aduciendo las razones que estimen convenientes según lo indicado en la normativa reguladora de los procesos de evaluación de los aprendizajes (aprobada en Consejo de Gobierno de 24 de marzo de 2011), Artículo 10, párrafo 2.

- a) **Convocatoria Ordinaria.** Los estudiantes serán evaluados de forma continuada mediante pruebas distribuidas a lo largo del periodo lectivo. El tipo de pruebas a realizar en esta convocatoria, los porcentajes de peso de tales pruebas sobre la calificación final así como la relación entre los criterios e instrumentos de evaluación así como los resultados de aprendizaje objetivo de la asignatura es el siguiente:

Resultado de Aprendizaje	Criterio de Evaluación	Instrumento de Evaluación	Peso en la calificación
RA1-RA2	CE1-CE2	PEF	40%
	CE4-CE5	TA	30%
	CE3	PL	30%

Se considerará que un alumno ha participado en el proceso enseñanza-aprendizaje y por tanto **se ha presentado en la convocatoria ordinaria** si se presenta a la PEF.

Se considerará que los alumnos **han superado la asignatura** si:

- Logran una calificación global ponderada igual o superior a 5 (sobre 10) entre todos los instrumentos de evaluación.
 - La calificación obtenida en el conjunto de pruebas que verifican los resultados de aprendizaje de la parte teórico-práctica de la asignatura, por un lado, y de laboratorio, por otro, sea igual o superior al 40% del máximo obtenible mediante los correspondientes instrumentos de calificación.
- b) **Convocatoria Extraordinaria.** Aquellos alumnos que no superen la convocatoria ordinaria tendrán derecho a una Convocatoria Extraordinaria. El tipo de pruebas a realizar en esta convocatoria, los porcentajes de peso de tales pruebas sobre la calificación final así como la relación entre los criterios e instrumentos de evaluación así como los resultados de aprendizaje objetivo de la asignatura y calificación es el siguiente:

Resultado de Aprendizaje	Criterio de Evaluación	Instrumento de Evaluación	Peso en la calificación
RA1-RA2	CE1-CE2	PEF	50%
	CE3-CE5	PL	50%

Se considerará que los alumnos **han superado la asignatura** si:

- Logran una calificación global ponderada igual o superior a 5 (sobre 10) entre todos los instrumentos de evaluación.

- La calificación obtenida en el conjunto de pruebas que verifican los resultados de aprendizaje de la parte teórico-práctica de la asignatura, por un lado, y de laboratorio, por otro, sea igual o superior al 40% del máximo obtenible mediante los correspondientes instrumentos de calificación.

Se considerará que un alumno **se ha presentado en la convocatoria extraordinaria** si realiza alguna de las pruebas previstas.

5.3.2. Modelo de Evaluación Final:

- a) Convocatoria Ordinaria.** El tipo de pruebas a realizar en esta convocatoria, los porcentajes de peso de tales pruebas sobre la calificación final así como la relación entre los criterios e instrumentos de evaluación así como los resultados de aprendizaje objetivo de la asignatura y calificación es el siguiente:

Resultado de Aprendizaje	Criterio de Evaluación	Instrumento de Evaluación	Peso en la calificación
RA1-RA2	CE1-CE2	PEF	50%
	CE3-CE5	PL	50%

Se considerará que los alumnos **han superado la asignatura** si:

- Logran una calificación global ponderada igual o superior a 5 (sobre 10) entre todos los instrumentos de evaluación.
- La calificación obtenida en el conjunto de pruebas que verifican los resultados de aprendizaje de la parte teórico-práctica de la asignatura, por un lado, y de laboratorio, por otro, sea igual o superior al 40% del máximo obtenible mediante los correspondientes instrumentos de calificación.

Se considerará que un alumno **se ha presentado en la convocatoria ordinaria** si realiza alguna de las pruebas previstas.

- b) Convocatoria Extraordinaria.** Aquellos alumnos que no superen la convocatoria ordinaria tendrán derecho a una Convocatoria Extraordinaria. El tipo de pruebas a realizar en esta convocatoria, los porcentajes de peso de tales pruebas sobre la calificación final así como la relación entre los criterios e instrumentos de evaluación así como los resultados de aprendizaje objetivo de la asignatura es el siguiente:

Resultado de Aprendizaje	Criterio de Evaluación	Instrumento de Evaluación	Peso en la calificación
RA1-RA2	CE1-CE2	PEF	50%
	CE3-CE5	PL	50%

Se considerará que los alumnos **han superado la asignatura** si:

- Logran una calificación global ponderada igual o superior a 5 (sobre 10) entre todos los instrumentos de evaluación.
- La calificación obtenida en el conjunto de pruebas que verifican los resultados de aprendizaje de la parte teórico-práctica de la asignatura, por un lado, y de laboratorio, por otro, sea igual o superior al 40% del máximo obtenible mediante los correspondientes instrumentos de calificación.

Se considerará que un alumno **se ha presentado en la convocatoria extraordinaria** si realiza alguna de las pruebas previstas.

6. BIBLIOGRAFÍA

6.1 Bibliografía Básica

- Transparencias de clase.
- Smart Grids. Opportunities, Developments and Trends. Shawkat Ali. Springer 2013.
- Smart Grid. Fundamental of Design and Analysis. James Momoh. Wiley. 2012
- Microgrids and Active Distribution Networks. S. Chowdhury et al. IET renewable energy series. 2009.
- The advanced Smart Grid. Edge Power Driving Sustainability. Andrés Carvallo y John Cooper. Artech House 2011.

6.2 Bibliografía Complementaria

- Smart Grid: Technology and applications. Janaka Ekanayake y otros. Wiley. 2012.
- Standardization in Smart Grids. Mathias Uslar et al. Springer 2013.
- Reliability Modeling and Analysis of Smart Power Systems. Roy Billinton et al. Springer 2014.
- Understanding FACTS. Narain G. Hingorani. IEEE Press 2000.



Universidad
de Alcalá

TEACHING GUIDE

Introduction to SmartGrids

Máster Universitario en Ingeniería Industrial

Universidad de Alcalá

Academic year 2019/2020

2nd Course – 2nd Term

Teaching Guide

Name of the subject:	Introduction to SmartGrids
Code:	202016
Degree:	Máster Universitario en Ingeniería Industrial
Department and Knowledge Area:	Department: Electrónica Areas: Tecnología Electrónica
Type:	Elective
ECTS:	6
Course and Term:	2nd Course – 2nd Term
Teachers:	Fco Javier Rodríguez Sánchez y Jesús Ureña
Tutorial timetable:	To be determined
Language:	Spanish and English Friendly

0. Resumen del curso

Las redes inteligentes de energía surgen de la aplicación de la electrónica y las tecnologías de la información y las comunicaciones a las redes eléctricas convencionales. Por tanto los aspectos implicados en las redes inteligentes son numerosos y su estudio puede enfocarse desde múltiples puntos de vista. Esta asignatura pretende realizar una revisión de las tecnologías y aplicaciones de las redes inteligentes de energía, desde un punto de vista integral.

1. PRESENTATION

SmartGrids stem from the application of electronics and information and communication technology to conventional power grids. Therefore aspects involved in smart grids are numerous and their study can be approached from multiple viewpoints. This course aims to review the technologies and applications of smart grids from a holistic point of view.

To successfully tackle this subject it will be necessary to have previous knowledge of power electronics, instrumentation, electrical networks and general understanding of ICTs.

2. COMPETENCES AND LEARNING RESULTS

This subject contributes to the acquisition of the Basic, General and Transversal competences detailed in the following list: see [Basic, General and Transversal Competences](#).

On the other hand, the expected learning outcomes of this subject are as follows:

- RA1 (RAGDIE9): Understanding the general problem of SmartGrids, their purpose, current state and future challenges.
- RA2 (RAGDIE10): Analyzing the architecture of SmartGrids: communication, local control, centralized control and monitoring.

3. CONTENTS

The following smart-grid aspects will be studied:

- Introduction. Concept and architecture of Smart Grids (SG). Challenges for SGs: distributed control, demand prediction, generation prediction, demand management, demand-generation decoupling, electric vehicle integration, etc.
- Advanced measurement infrastructure. Technologies. Infrastructure. Measurement data management. Demand management. Communications: protocols and standards. PLC-PRIME, PLC G3, DLMS/COSEM. Security.
- Distribution network automation. Field control equipment. Control equipment in secondary substation. Distributed vs. centralized control. Asset management.
- Distributed energy resources. Management of low voltage distributed generation. Micro networks. Electric vehicle: recharging infrastructure, V2G.
- Design of solutions for intelligent networks. SGAM architecture. Design methodology, communications, protocols, interoperability and cybersecurity.
- Smart home. Submetering. Intelligent Energy Recording Devices (DIRES). Power disaggregation and load monitoring (ILM and NILM). Applications (ADL, GAD, ...). HAN communications (wired and wireless): HomePlug Green PHY, Zigbee Smart Energy, 6LoWPAN (IoT).

4. TEACHING AND LEARNING METHODOLOGIES - TRAINING ACTIVITIES

4.1. Distribution of credits (specify in hours)

Number of hours in person:	60 h (30 h theoretical classes, 28 h laboratory/seminars/conferences and 2h of tests)
Number of hours of personal student work:	90 h
Total hours:	150 h

4.2. Methodological strategies, materials and teaching resources

The face-to-face training activities that have been planned for each topic are divided into theoretical classes, seminars, laboratory practices or simulation exercises, work and development of reports and external visits:

4.2.1. Theoretical classes

The presentations (or master classes) aim to provide the information corresponding to each thematic unit, facilitating the acquisition of some of the generic competences, such as the understanding and extension of new knowledge. In them, the fundamental bases of the matter will be developed.

4.2.2. Seminars

The seminars are used to solve questions and problems that complement the information provided on each topic. They will facilitate the acquisition of both generic and specific competences, but with a more applied character. In addition, they are used by the teacher to control the level of reception and personal work of the student.

The seminars will develop some specific aspects derived from the theoretical classes and in which exercises and questions will be carried out in order to facilitate the understanding of the concepts and their application. In some cases, practical classes will be given on problem solving and/or presentation of activities and/or projects.

4.2.3. Laboratory practices and simulation exercises

For laboratory , a practice script will be made available to students before the start of the course, clearly indicating the safety measures in the laboratory, the objectives and fundamentals of the experiments to be carried out, as well as a collection of questions on the experimental work carried out. Prior to the development of the practice, the student will be required to read the corresponding script. Attendance at

all laboratory sessions is mandatory, you may only miss one session as long as a proof of attendance is provided and it is a very extraordinary cause.

4.2.4. Work and memory development

Throughout the course, theoretical and practical activities and work will be proposed to the student. So, the student can experience individually and in groups, thus consolidating the concepts acquired.

Throughout the learning process of the subject, the student will have to make use of different sources and bibliographic or electronic resources, in order to familiarize him/herself with the documentation environments he/she will use professionally.

4.2.5. Follow-up tests

In addition to the evaluation procedures described in section 5, throughout the course, processes for evaluating the teaching-learning process will be established. The activities of heteroevaluation, self-evaluation and co-evaluation will be encouraged.

5. EVALUATION: Procedures, evaluation and qualification criteria

5.1. Evaluation Criteria

The evaluation process aims to assess the degree and depth of the competences acquired by the student.

Consequently, the evaluation criteria applied in the various tests that are part of the process review the fundamental aspects worked on in the different training sessions of the subject. The qualification criteria (defined below) assure that the student achieves the learning outcomes described in point 2 that ensure the acquisition (partial or total) of the competences also described therein.

- SG1: The student is able to apply the acquired knowledge in the interpretation of results and resolution of questions and/or exercises.
- SG2: The student demonstrates the ability to integrate the knowledge explained in the different topics of theory to be able to solve in a creative and original way the problems that arise.

- SG3: The student is able to handle simulation tools and use them properly, linking the results with those theoretically foreseen.
- SG4: The student generates correctly written, clear and precise documentation of the work done.
- SG5: The student clearly and reasonably presents and defends his or her proposals for the resolution of the problems raised.

5.2 Evaluation Procedures and Instruments

The proposed evaluation process is inspired by the continuous assessment, although, in accordance with the regulations of the University of Alcalá, the student will be able to benefit from the final assessment. The evaluation of the learning process of all students (except those who apply for the final assessment) will be made, by default, according to the model of continuous assessment described below.

1. Final assessment test (PEF). A basic knowledge test will be conducted at the end of the course, consisting of a series of answer questions that will address the basic theoretical and practical aspects of the topics taught.
2. Submission of a paper or study of several articles (TA). It consists of solving a practical problem related to the subject. A report of the work will be presented and an oral presentation will be made.
3. Laboratory practices (PL). Assessment of the participation, use and understanding of the practical sessions carried out in the laboratory and laboratory evaluation test.

5.3 Qualification Criteria

5.3.1. Continuous Assessment Model:

- a) **Ordinary Call.** Students will be assessed on an ongoing basis through tests distributed throughout the school year. The type of tests to be carried out in this call, the weight percentages of such tests on the final grade and the relationship between the evaluation criteria and instruments as well as the objective learning results of the subject are as follows:

Learning Outcome Evaluation	Evaluation Criteria	Instrument Assessment	Weight in Grading
RA1-RA2	CE1-CE2	PEF	40%
	CE4-CE5	TA	30%
	CE3	PL	30%

A student will be considered to have participated in the teaching-learning process and therefore has presented himself/herself in the ordinary call for proposals if he/she applies to the PEF.

Students will be considered to have passed the course if:

- Achieve an overall weighted score of 5 (out of 10) or higher among all assessment instruments.
- The grade obtained in the set of tests that verify the learning results of the theoretical-practical part of the course, on the one hand, and in the laboratory, on the other, is equal to or higher than 40% of the maximum attainable through the corresponding marking instruments.

b) **Extraordinary Call.** Those students who do not pass the ordinary call will be entitled to an Extraordinary one. The type of tests to be carried out in this call, the weight percentages of such tests on the final grade and the relationship between the evaluation criteria and instruments as well as the objective learning results of the subject and grade is as follows:

Learning Outcome Evaluation	Evaluation Criteria	Instrument Assessment	Weight in Grading
RA1-RA2	CE1-CE2	PEF	50%
	CE3-CE5	PL	50%

Students will be considered to have passed the course if:

- Achieve an overall weighted score of 5 (out of 10) or higher among all assessment instruments.
- The grade obtained in the set of tests that verify the learning results of the theoretical-practical part of the course, on the one hand, and in the laboratory, on the other hand, is equal to or higher than 40% of the maximum attainable mark through the corresponding marking instruments.

A student will be considered to have taken part in the extraordinary session if he or she takes one or more of the scheduled tests.

5.3.2. Final Assessment Model:

a) **Ordinary Call.** The type of tests to be carried out in this call, the weight percentages of such tests on the final grade and the relationship between the evaluation criteria and instruments as well as the objective learning results of the subject and grade is as follows:

Learning Outcome Evaluation	Evaluation Criteria	Instrument Assessment	Weight in Grading
RA1-RA2	CE1-CE2	PEF	50%
	CE3-CE5	PL	50%

Students will be considered to have passed the course if:

- Achieve an overall weighted score of 5 (out of 10) or higher among all assessment instruments.
- The grade obtained in the set of tests that verify the learning results of the theoretical-practical part of the course, on the one hand, and in the laboratory, on the other hand, is equal to or higher than 40% of the maximum attainable mark through the corresponding marking instruments.

A student will be considered to have presented himself/herself in the ordinary convocation if he/she carries out any of the planned tests.

- a) **Extraordinary Call.** Those students who do not pass the ordinary call will be entitled to an Extraordinary Call. The type of tests to be carried out in this call, the weight percentages of such tests on the final grade and the relationship between the evaluation criteria and instruments as well as the objective learning results of the subject are as follows:

Learning Outcome Evaluation	Evaluation Criteria	Instrument Assessment	Weight in Grading
RA1-RA2	CE1-CE2	PEF	50%
	CE3-CE5	PL	50%

Students will be considered to have passed the course if:

- Achieve an overall weighted score of 5 (out of 10) or higher among all assessment instruments.
- The grade obtained in the set of tests that verify the learning results of the theoretical-practical part of the course, on the one hand, and in the laboratory, on the other hand, is equal to or higher than 40% of the maximum obtained by means of the corresponding marking instruments.

A student will be considered to have taken part in the extraordinary session if he or she takes one of the scheduled tests.

6. BIBLIOGRAPHY

6.1 Basic bibliography

- Class slides.
- Smart Grids. Opportunities, Developments and Trends. Shawkat Ali. Springer 2013.
- Smart Grid. Fundamental of Design and Analysis. James Momoh. Wiley. 2012
- Microgrids and Active Distribution Networks. S. Chowdhury et al. IET renewable energy series. 2009.
- The advanced Smart Grid. Edge Power Driving Sustainability. Andrés Carvallo y John Cooper. Artech House 2011.

6.2 Complementary bibliography

- Smart Grid: Technology and applications. Janaka Ekanayake y otros. Wiley. 2012.
- Standardization in Smart Grids. Mathias Uslar et al. Springer 2013.
- Reliability Modeling and Analysis of Smart Power Systems. Roy Billinton et al. Springer 2014.
- Understanding FACTs. Narain G. Hingorani. IEEE Press 2000.