



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingeniería y Sistemas  
de Telecomunicación

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**595040050 - Fundamentos De Energy Harvesting**

### PLAN DE ESTUDIOS

59SC - Grado En Ingeniería De Sistemas De Telecomunicación

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2023/24 - Segundo semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

|  |    |
|--|----|
| 1. Datos descriptivos.....                       | 1  |
| 2. Profesorado.....                              | 1  |
| 3. Competencias y resultados de aprendizaje..... | 2  |
| 4. Descripción de la asignatura y temario.....   | 2  |
| 5. Cronograma.....                               | 4  |
| 6. Actividades y criterios de evaluación.....    | 6  |
| 7. Recursos didácticos.....                      | 8  |
| 8. Otra información.....                         | 10 |

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

|  |  |
|--|--|
| <b>Nombre de la asignatura</b>             | 595040050 - Fundamentos de Energy Harvesting                               |
| <b>No de créditos</b>                      | 4.5 ECTS   |
| <b>Carácter</b>                            | Optativa   |
| <b>Curso</b>                               | Tercero curso  |
| <b>Semestre</b>                            | Sexto semestre   |
| <b>Período de impartición</b>              | Febrero-Junio  |
| <b>Idioma de impartición</b>               | Castellano   |
| <b>Titulación</b>                          | 59SC - Grado en Ingeniería de Sistemas de Telecomunicación                 |
| <b>Centro responsable de la titulación</b> | 59 - Escuela Técnica Superior De Ingeniería Y Sistemas De Telecomunicación |
| <b>Curso académico</b>                     | 2023-24  |

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

| <b>Nombre</b>                               | <b>Despacho</b> | <b>Correo electrónico</b> | <b>Horario de tutorías *</b>                  |
|---|-----------------|---------------------------|---|
| Manuel Vazquez Rodriguez<br>(Coordinador/a) | A4207           | m.vazquez@upm.es          | Sin horario.<br>A especificar por el profesor |

\* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

## 3. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 3.1. Competencias

CE TEL12 - Capacidad de utilizar distintas fuentes de energía y en especial la solar fotovoltaica y térmica, así como los fundamentos de la electrotecnia y de la electrónica de potencia.

CG 02 - Capacidad de búsqueda y selección de información, de razonamiento crítico y de elaboración y defensa de argumentos dentro del área.

CG 03 - Capacidad para expresarse correctamente de forma oral y escrita y transmitir información mediante documentos y exposiciones en público.

### 3.2. Resultados del aprendizaje

RA1119 - Conocer las técnicas básicas de recolección de energía energy harvesting

RA1122 - Conocer soluciones prácticas energy harvesting

RA1121 - Conocer la metodología de diseño de componentes magnéticos

RA1120 - Caracterizar dispositivos energy harvesting basados en transductores piezoeléctricos

## 4. Descripción de la asignatura y temario

---

### 4.1. Descripción de la asignatura

Esta asignatura optativa de tipo A+ se cursa en el semestre de primavera. Los contenidos previos recomendados son los alcanzados al haber cursado hasta el 2º Curso de cualquiera de los Grados/Doble Grado de la Escuela.

Introduce al estudiante en el campo del Energy Harvesting, que realiza la captación y conversión de energía ambiente (mecánica, solar, térmica, RF) de origen renovable en energía eléctrica, para la alimentación autónoma sostenible y medioambientalmente respetuosa, de pequeños dispositivos electrónicos, sensores y dispositivos de comunicaciones en aplicaciones relacionadas con la bioingeniería, Internet de las Cosas (IoT) o industrial (IIoT), electrónica personal (wearable) y hogares, transporte o ciudades inteligentes (smart homes, smart mobility, smart cities).

La asignatura tiene un contenido de iniciación a esta temática, así como actividades prácticas.

## 4.2. Temario de la asignatura

1. Tema 1: Introducción al Energy Harvesting
  - 1.1. Energy Harvesting basado en transductores piezoeléctricos
  - 1.2. Energy Harvesting basado en energía térmica, solar, RF
  - 1.3. Práctica 1: Energy Harvesting con elementos piezoeléctricos
2. Tema 2: Subsistemas de gestión de energía aplicados a Energy Harvesting
  - 2.1. Subsistemas electrónicos
  - 2.2. Práctica 2: Simulación de un subsistema de gestión de energía
  - 2.3. Diseño de componentes magnéticos
  - 2.4. Práctica 3: Diseño de inductancia

## 5. Cronograma

### 5.1. Cronograma de la asignatura \*

| Sem | Actividad en aula   | Actividad en laboratorio   | Tele-enseñanza | Actividades de evaluación |
|-----|---|--|----------------|---------------------------|
| 1   | <b>Presentación de la asignatura.Tema 1: Introducción al Energy Harvesting</b><br>Duración: 03:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral                                   |  |                |                           |
| 2   | <b>Tema 1: Introducción al Energy Harvesting</b><br>Duración: 03:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral   |  |                |                           |
| 3   |   | <b>Práctica 1: Energy harvesting con elementos piezoeléctricos</b><br>Duración: 03:00<br>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio   |                |                           |
| 4   |   | <b>Práctica 1: Energy harvesting con elementos piezoeléctricos</b><br>Duración: 03:00<br>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio   |                |                           |
| 5   | <b>Tema 1: Introducción al Energy Harvesting</b><br>Duración: 03:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral   |  |                |                           |
| 6   | <b>Tema 2: Subsistemas de gestión de energía aplicados a Energy Harvesting. Subsistemas electrónicos</b><br>Duración: 03:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral         |  |                |                           |
| 7   |   | <b>Práctica 2: Simulación de un subsistema de gestión de energía</b><br>Duración: 03:00<br>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio |                |                           |
| 8   | <b>Tema 2: Subsistemas de gestión de energía aplicados a Energy Harvesting. Diseño de componentes magnéticos</b><br>Duración: 03:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral |  |                |                           |
| 9   |   | <b>Práctica 3: Diseño de inductancia</b><br>Duración: 03:00<br>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio                             |                |                           |

|    |  |  |  |  |
|----|--|--|--|--|
| 10 |  | <b>Práctica 3: Diseño de inductancia</b><br>Duración: 03:00<br>PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio |  |  |
| 11 |  | <b>Proyecto final de asignatura</b><br>Duración: 03:00<br>AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas         |  |  |
| 12 |  | <b>Proyecto final de asignatura</b><br>Duración: 03:00<br>AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas         |  |  |
| 13 |  | <b>Proyecto final de asignatura</b><br>Duración: 03:00<br>AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas         |  | <b>Exposición trabajo final</b><br>PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo<br>Evaluación continua<br>Presencial<br>Duración: 00:20  |
| 14 |  |  |  | <b>Nota Laboratorio</b><br>OT: Otras técnicas evaluativas<br>Evaluación continua<br>No presencial<br>Duración: 00:00   |
| 15 |  |  |  |  |
| 16 |  |  |  |  |
| 17 |  |  |  | <b>Examen global Teoría</b><br>EX: Técnica del tipo Examen Escrito<br>Evaluación sólo prueba final<br>Presencial<br>Duración: 03:00<br><br><b>Examen global Laboratorio</b><br>EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas<br>Evaluación sólo prueba final<br>Presencial<br>Duración: 02:00 |

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

\* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

## 6. Actividades y criterios de evaluación

### 6.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 6.1.1. Evaluación (progresiva)

| Sem. | Descripción              | Modalidad                                  | Tipo          | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas     |
|------|--------------------------|--|---------------|----------|-----------------|-------------|----------------------------|
| 13   | Exposición trabajo final | PG: Técnica del tipo Presentación en Grupo | Presencial    | 00:20    | 50%             | 0 / 10      | CG 02<br>CG 03<br>CE TEL12 |
| 14   | Nota Laboratorio         | OT: Otras técnicas evaluativas             | No Presencial | 00:00    | 50%             | 0 / 10      | CE TEL12<br>CG 02<br>CG 03 |

#### 6.1.2. Prueba evaluación global

| Sem | Descripción               | Modalidad                                | Tipo       | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas     |
|-----|---------------------------|--|------------|----------|-----------------|-------------|----------------------------|
| 17  | Examen global Teoría      | EX: Técnica del tipo Examen Escrito      | Presencial | 03:00    | 50%             | 0 / 10      | CE TEL12<br>CG 02          |
| 17  | Examen global Laboratorio | EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas | Presencial | 02:00    | 50%             | 0 / 10      | CE TEL12<br>CG 02<br>CG 03 |

#### 6.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

| Descripción              | Modalidad                                | Tipo       | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas     |
|--------------------------|--|------------|----------|-----------------|-------------|----------------------------|
| Examen final             | EX: Técnica del tipo Examen Escrito      | Presencial | 03:00    | 50%             | 0 / 10      | CE TEL12<br>CG 02          |
| Examen laboratorio final | EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas | Presencial | 02:00    | 50%             | 0 / 10      | CE TEL12<br>CG 02<br>CG 03 |

## 6.2. Criterios de evaluación

Todas las notas que se citan en este texto se ajustan al baremo comprendido entre 0 y 10 puntos.

La asignatura se supera si la Nota Final (NF) es mayor o igual a 5 puntos.

### CONVOCATORIA ORDINARIA

La nota de la asignatura se obtiene a partir de actividades distribuidas a lo largo del Curso:

- Diseños y prácticas de laboratorio
- Trabajo escrito final de asignatura y exposición del mismo.

La Nota Final (NF) de la asignatura se obtiene según:  **$NF = 0,5$  (Nota Laboratorio) +  $0,5$  (Nota Teoría)**

La calificación de la **Nota Teoría** se obtiene de la calificación del trabajo final que incluye la exposición del mismo.

La **Nota Laboratorio** se obtendrá de la evaluación de las diferentes prácticas.

Los pesos asignados a cada una de las prácticas son los siguientes:

Práctica 1: Peso 40 %

Práctica 2: Peso 30 %

Práctica 3: Peso 30 %

La no realización de una práctica de laboratorio sin justificación supondrá la calificación de 0 puntos en la nota de dicha práctica.

En el periodo de exámenes correspondiente a la Convocatoria Ordinaria, establecido por la Subdirección de Ordenación Académica, se realizará la prueba de evaluación global formada por el Examen para la parte de teoría, de tres horas de duración y del que se obtendrá la Nota Teoría, y por el Examen de laboratorio para las actividades de laboratorio de dos horas de duración, del que se obtendrá la Nota Laboratorio. A estas pruebas de evaluación podrán acudir los estudiantes que no hayan superado la asignatura mediante la realización del trabajo final o las prácticas de laboratorio.

Los aprobados de teoría o laboratorio (Nota Teoría  $\geq 5$  o Nota Laboratorio  $\geq 5$ ) se guardarán hasta la convocatoria extraordinaria.

## CONVOCATORIA EXTRAORDINARIA

A la convocatoria extraordinaria de exámenes podrán asistir aquellos estudiantes que no hayan superado la asignatura.

Se realizarán dos pruebas finales el día asignado en el Plan Anual Docente.

La primera prueba consistirá en la realización de un examen escrito de tres horas de duración, donde se cubrirán los indicadores de evaluación de los resultados de aprendizaje de los temas de la asignatura y del que se obtendrá la **Nota Teoría**.

La segunda prueba consistirá en la realización de un examen de laboratorio, escrito y práctico a realizar en el aula de laboratorio de dos horas de duración, sobre los contenidos y habilidades desarrolladas en las prácticas/diseños de laboratorio. De este examen se obtendrá la **Nota Laboratorio**.

La Nota Final (NF) de la asignatura se obtiene según: **NF = 0,5 (Nota Teoría) + 0,5 (Nota Laboratorio)**

## 7. Recursos didácticos

---

### 7.1. Recursos didácticos de la asignatura

| Nombre                   | Tipo         | Observaciones   |
|--------------------------|--------------|---|
| Moodle                   | Recursos web | Transparencias de la asignatura, enunciados de las prácticas, información técnica   |
| Apuntes de la asignatura | Bibliografía | Diseño de bobinas y transformadores con núcleo de ferrita                           |
| Libro 1                  | Bibliografía | Essentials of Piezoelectric Energy Harvesting. Kenji Uchino. World Scientific. 2021 |

|   |              |   |
|---|--------------|---|
| Libro 2   | Bibliografía | Energy Harvesting Wireless Communications. Chuan Huang et al. Wiley. 2019   |
| Libro 3   | Bibliografía | Energy Harvesting for Self-Powered Wearable Devices. Mohammad Alhawari, Baker Mohammad, Hani Saleh, Mohammed Ismail. Springer. 2018 |
| Libro 4   | Bibliografía | Piezoelectric Vibration Energy Harvesting: Modeling & Experiments. Sajid Rafique. Springer. 2018                                    |
| Cañón proyector/ Pizarra electrónica                    | Equipamiento |   |
| Mobiliario adaptado aula mixta teoría/laboratorio       | Equipamiento |   |
| Ordenador personal (SO Windows) con conexión a Internet | Equipamiento |   |
| Instrumentos de laboratorio                             | Equipamiento | Fuentes de alimentación<br />Multímetro<br />Generador de funciones<br />Osciloscopio digital                                       |

## 8. Otra información

---

### 8.1. Otra información sobre la asignatura

La asignatura se relaciona con el ODS 7.

La secuencia de contenidos se desarrolla empleando las sesiones de la asignatura posibilitando el avance en cada tema de los contenidos teórico/prácticos previo a abordar las sesiones de actividad de laboratorio.

En las actividades teórico/prácticas se utilizan las siguientes metodologías:

- Clase expositiva
- Estudio de casos
  
- Realización de prácticas
- Actividades de evaluación

En las actividades no presenciales se emplean las metodologías siguientes:

- Estudio individual
- Aprendizaje cooperativo
  
- Aprendizaje orientado a proyectos

El trabajo no presencial se realizará individualmente o en pareja, fomentando en este último caso la discusión de opciones de diseño, la toma de decisiones críticas y el razonamiento sobre supuestos prácticos para abordar con éxito las actividades de diseño de laboratorio y para la realización del trabajo final de la asignatura.