

**FICHA IDENTIFICATIVA****Datos de la Asignatura**

|                        |                                       |
|------------------------|---------------------------------------|
| <b>Código</b>          | 36402                                 |
| <b>Nombre</b>          | Energías renovables y radiación solar |
| <b>Ciclo</b>           | Grado                                 |
| <b>Créditos ECTS</b>   | 7.5                                   |
| <b>Curso académico</b> | 2022 - 2023                           |

**Titulación(es)**

| <b>Titulación</b>      | <b>Centro</b>      | <b>Curso</b> | <b>Periodo</b>      |
|------------------------|--------------------|--------------|---------------------|
| 1105 - Grado en Física | Facultad de Física | 4            | Primer cuatrimestre |

**Materias**

| <b>Titulación</b>      | <b>Materia</b>              | <b>Caracter</b> |
|------------------------|-----------------------------|-----------------|
| 1105 - Grado en Física | 16 - Complementos de Física | Optativa        |

**Coordinación**

| <b>Nombre</b>                     | <b>Departamento</b>                       |
|-----------------------------------|---|
| GOMEZ AMO, JOSE LUIS              | 345 - Física de la Tierra y Termodinámica |
| SORIA BARRES, GUILLEM PAU         | 345 - Física de la Tierra y Termodinámica |
| UTRILLAS ESTEBAN, MARIA DEL PILAR | 345 - Física de la Tierra y Termodinámica |

**RESUMEN**

La asignatura «Energías Renovables y Radiación Solar» se imparte, con carácter optativo, en el primer cuatrimestre del cuarto curso en el grado de Física.

Esta asignatura docente debe proporcionar al estudiante los fundamentos físicos necesarios para comprender cuestiones relacionadas con el mundo de la física del medio ambiente y de las energías renovables, así como las herramientas adecuadas para resolverlas de modo cuantitativo. El cambio climático y la transición energética constituyen uno de los retos más importantes y urgentes que se plantean actualmente a nivel global. Por tanto, es preciso encontrar urgentemente estrategias de mitigación del primero mediante la mejora del conocimiento del sistema climático. Todas las soluciones más prometedoras desde el punto de vista tecnológico y más competitivas desde el punto de vista económico pasan por el aumento del uso de las energías renovables como alternativa a las fuentes clásicas de energía, que son limitadas y contaminantes.



La materia no se centra exclusivamente en el mundo del conocimiento científico, tecnológico o industrial, sino que tiene también un fuerte contenido de carácter social y humano. Por ello el desarrollo del programa no se basa exclusivamente en el estudio de problemas académicos que permitan establecer los conceptos básicos y las técnicas de trabajo fundamentales, sino que introduce también a los estudiantes en la relación con los problemas acuciantes que afectan a nuestro tiempo y a las aplicaciones científico-técnicas que pueden ayudarnos a resolver dichos problemas. Se trata en definitiva de preparar adecuadamente a los estudiantes para su labor ocupacional a desarrollar posteriormente y que está relacionada con el conocimiento y mejora del ambiente que nos rodea y la gestión de la energía que puede llevar a conseguir esos fines.

## CONOCIMIENTOS PREVIOS

### Relación con otras asignaturas de la misma titulación

No se han especificado restricciones de matrícula con otras asignaturas del plan de estudios.

### Otros tipos de requisitos

Sin requisitos previos

## COMPETENCIAS (RD 1393/2007) // RESULTADOS DEL APRENDIZAJE (RD 822/2021)

### 1105 - Grado en Física

- Poseer y comprender los fundamentos de la Física en sus aspectos teóricos y experimentales, así como el bagaje matemático necesario para su formulación.
- Saber aplicar los conocimientos adquiridos a la actividad profesional, saber resolver problemas y elaborar y defender argumentos, apoyándose en dichos conocimientos.
- Ser capaz de reunir e interpretar datos relevantes para emitir juicios.
- Resolución de problemas: Ser capaz de evaluar claramente los órdenes de magnitud, de desarrollar una percepción de las situaciones que son físicamente diferentes pero que muestran analogías, permitiendo, por lo tanto, el uso de soluciones conocidas a nuevos problemas.
- Modelización y resolución de problemas: Ser capaz de identificar los elementos esenciales de un proceso/situación y de establecer un modelo de trabajo del mismo. Ser capaz de realizar las aproximaciones requeridas con el objeto de reducir un problema hasta un nivel manejable. Pensamiento crítico para construir modelos físicos.
- Cultura General en Física: Haberse familiarizado con las áreas más importantes de la Física y con enfoques que abarcan y relacionan diferentes áreas de la Física, así como relaciones de la Física con otras ciencias.



- Investigación básica y aplicada: Adquirir una comprensión de la naturaleza de la investigación Física, de las formas en que se lleva a cabo, y de cómo la investigación en Física es aplicable a muchos campos diferentes, por ejemplo la ingeniería; habilidad para diseñar procedimientos experimentales y/o teóricos para: (i) resolver los problemas corrientes en la investigación académica o industrial; (ii) mejorar los resultados existentes
- Destrezas generales y específicas en lenguas extranjeras: Haber mejorado el dominio del inglés (o de otra lengua extranjera de interés) a través de: acceso a bibliografía fundamental, comunicación oral y escrita (inglés científico-técnico), cursos, estudios en el extranjero, reconocimiento de créditos en universidades extranjeras etc.
- Búsqueda de bibliografía: Ser capaz de buscar y utilizar bibliografía en Física y otra bibliografía técnica, así como cualquier fuente de información relevante para trabajos de investigación y desarrollo técnico de proyectos.
- Capacidad de aprendizaje: Ser capaz de iniciarse en nuevos campos de la Física y de la ciencia y tecnología en general, a través del estudio independiente.
- Comunicación oral y escrita: Ser capaz de transmitir información, ideas, problemas y soluciones mediante la argumentación y el razonamiento propios de la actividad científica, utilizando los conceptos y herramientas básicas de la Física.
- Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio.
- Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio.
- Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.
- Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.
- Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.

## **RESULTADOS DE APRENDIZAJE (RD 1393/2007) // SIN CONTENIDO (RD 822/2021)**

1. Identificar y delimitar el sistema Tierra-Sol en un problema real, fijando las magnitudes que describen su variación espacio/temporal, así como los parámetros que determinan sus ligaduras.
2. Conocer las distintas magnitudes radiométricas y su ámbito de aplicación (radiación, irradiancia, irradiación, etc.).
3. Describir las características de la radiación solar y térmica en su interacción con la atmósfera,



analizando sus principales mecanismos de atenuación a través de los procesos de reflexión, absorción, dispersión y extinción de la misma.

4. Planteamiento de la ecuación de transferencia radiativa y evaluar las distintas aproximaciones e implicaciones en el balance radiativo terrestre, según el caso de estudio.
5. Caracterizar las componentes de la radiación solar y como determinarlas sobre planos de distinta orientación e inclinación.
6. Identificar las propiedades fundamentales asociadas a las diferentes formas de energías renovables, así como los detallar los fenómenos físicos involucrados y las características técnicas de las mismas.
7. Evaluar e interpretar los diferentes parámetros utilizados en el análisis del rendimiento energético asociado a las aplicaciones tecnológicas derivadas de la producción y del consumo de fuentes de energía renovables.
8. Dominar las herramientas matemáticas necesarias en un contexto elemental de gestión de las energías alternativas, según el tipo de que se trate.
9. Dominar las herramientas informáticas de cálculo y simulación empleados en la resolución de problemas matemáticos derivados del análisis energético para evaluar la producción y el rendimiento asociado a las diferentes formas de energía.
10. Otras destrezas transversales al resto de asignaturas del grado son: el manejo de los sistemas de unidades físicas, las habilidades de aproximación, la capacidad de interpretar la información gráfica, el uso de técnicas de simulación elementales y, en general, el análisis crítico de todo tipo de situaciones.

## DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS

### 1. Magnitudes radiométricas

Ángulo sólido.

Magnitudes radiométricas básicas.

Magnitudes radiométricas espectrales.

Relación entre radiancia y densidad de flujo.

Densidad de energía radiante.

### 2. Interacción de la radiación con la materia

Mecanismos de interacción

Reflexión

Albedo planetario

Absorción

Dispersión

Extinción

Relaciones entre reflectancia, absortancia y transmitancia





### 3. Fuentes de radiación. Emisión

Fuentes de radiación  
La radiación del cuerpo negro  
Emisividad  
Superficies selectivas  
El Sol y la Tierra como fuentes de radiación

### 4. Absorción

Origen de las líneas espectrales  
Perfil de una línea espectral  
Ensanchamiento de una línea espectral  
Intensidad de línea  
Absorción total en una línea. Anchura equivalente  
Modelos de bandas. Definiciones  
Modelo regular o de Elsasser  
Modelos aleatorios  
Intensidad y semianchura medias

### 5. Dispersión por moléculas y partículas

Atenuación de la radiación por dispersión.  
Teoría de Rayleigh de la dispersión molecular  
Parámetros de la dispersión de Rayleigh  
Bases de la teoría de Mie para la dispersión por partículas.  
Coeficientes de dispersión de Mie

### 6. La ecuación de transferencia radiativa

Balance de radiancia en un elemento de volumen  
Función fuente  
Ley de Beer y ecuación de Schwarzschild  
Atmósferas plano-paralelas  
Resolución de la ETR en una atmósfera no dispersiva. Planteamiento del problema  
Expresiones para las radiancias  
Atmósfera isoterma. Aproximación de enfriamiento hacia el espacio  
La ETR en una atmósfera dispersiva  
Parametrización de la función de fase  
Resolución de la ETR en una atmósfera dispersiva



## 7. Absorción y dispersión por los componentes gaseosos en la atmósfera terrestre

Absorción en el UV

Absorción en el visible y el IR próximo

Absorción en el IR térmico y el microondas

Masa óptica

Transmitancias

Dispersión molecular. Aproximaciones paramétricas

Expresiones empíricas para la dispersión por partículas. Coeficientes de turbiedad

## 8. Aerosoles atmosféricos

Introducción: el papel de los aerosoles en la atmósfera

Propiedades físicas y radiativas

Determinación del espesor óptico a partir de medidas de radiación

Determinación de la distribución de tamaños. Modelos

Modelos climáticos de aerosoles

Aerosoles y salud humana

## 9. Nubes. Balance de radiación

Las nubes y la temperatura de equilibrio del sistema tierra-atmósfera

Formación y crecimiento de partículas en una nube

Propiedades microfísicas de las nubes. Distribución de tamaños

Transferencia radiativa en una atmósfera con nubes

Parametrización de las propiedades radiativas de las nubes

Descripción general del balance de radiación

Cálculo de los flujos radiativos

Balance de radiación en el techo de la atmósfera (TOA)

Balance de radiación en la superficie de la tierra

## 10. Radiación en el límite de la atmósfera terrestre

Distancia relativa Sol-Tierra

Declinación solar

Coordenadas geográficas

Ecuación del tiempo

Coordenadas solares

Radiación en función del ángulo de incidencia

Irradiancia sobre una superficie horizontal en el techo de la atmosfera

Irradiación sobre una superficie horizontal en el techo de la atmosfera

Irradiación sobre una superficie arbitraria en el techo de la atmosfera



### 11. Cálculo de la radiación solar a nivel del suelo: Aproximación paramétrica

Justificación

Componentes de la radiación solar

Irradiancia directa

Dispersión. Aproximación de los dos flujos

Irradiancia difusa. Componentes

La irradiancia global a nivel de suelo

### 12. Medida de la radiación y de los componentes atmosféricos

Medidas de radiación: generalidades

Medida de la radiación solar de banda ancha: componentes directa, difusa y global

Medida en diferentes bandas: ultravioleta e infrarrojo

Medida del albedo

Medidas espectrales

Medida de las propiedades físicas y radiativas de los aerosoles

### 13. La energía y el desarrollo humano

Concepto de energía y sus formas

El pasado. La energía barata y abundante

El presente. La sensibilización social

El futuro. El desarrollo sostenible

Energías alternativas y energías renovables

Efectos contaminantes de la energía

### 14. Energía eólica

La energía del viento y su utilización histórica

Origen, características y determinación del recurso eólico

Estimación de la producción energética

Aerogeneradores

Plantas eólicas y aplicaciones

Ventajas, inconvenientes e impacto ambiental de la energía eólica

### 15. Energía fotovoltaica

El efecto fotovoltaico

La célula solar y su curva característica

Indicadores de rendimiento y funcionamiento

Asociación de células en serie y en paralelo

Del módulo a la planta fotovoltaica. Aplicaciones

Ventajas, inconvenientes e impacto ambiental de la energía fotovoltaica



### **16. Energía solar térmica**

Algunas notas históricas

Propiedades ópticas de los materiales

Propiedades térmicas de los materiales y mecanismos de transmisión del calor

### **17. Energía solar térmica de baja temperatura**

El captador solar plano y su ecuación de balance energético

Evaluación del rendimiento del captador solar plano

Tipos de captadores solares de baja temperatura

Aplicaciones de baja temperatura

### **18. Energía solar térmica de media y alta temperatura**

La concentración solar, tipos de concentradores

Generación de energía solar termoeléctrica

Algunas aplicaciones de la energía solar térmica

### **19. Energía de la biomasa**

Concepto de Biomasa

Los residuos orgánicos

Conversión de biomasa en energía

Cultivos energéticos

Biocombustibles

Ventajas e inconvenientes de la biomasa energética

### **20. Otras energías alternativas**

Energía hidráulica

Energía geotérmica

Energía del mar

Energía de las mareas

Energía de las olas

Energía de las corrientes marinas

Energía maremotérmica



**21. Laboratorio****P1. Radiación solar.**

Relaciones astronómicas Tierra-Sol. Calibrado de radiómetros. Variación de la irradiancia con el ángulo cenital. Conocer y manejar dispositivos de medida de radiación solar. Calibrado de los dispositivos de medida. Análisis de datos de radiación solar integrada. Modelos de transferencia radiativa para el estudio de la reflectividad y transmisividad de distintas superficies. Estudiar y calcular algunas propiedades como transmisividad, reflectividad, etc, de distintas superficies a través del estudio de modelos de transferencia radiativa.

**P2. Energía eólica.**

Estudio de un aerogenerador. Analizar el recurso eólico: velocidad, dirección y distribución de frecuencia del viento. Rosa de los vientos. Obtener las curvas de potencia disponible, máxima aprovechable y aprovechable real de un aerogenerador. Estudiar el comportamiento de un aerogenerador en función de la distribución de velocidades. Obtener la distribución angular de potencia generada por el aerogenerador.

**P3. Energía solar térmica.**

Estudio de un captador solar plano. Estudiar las características y el comportamiento de un panel solar plano. Determinar su curva de rendimiento. Obtener los valores del factor de extracción de calor y del coeficiente global de pérdidas del mismo. Analizar su funcionamiento con el tiempo y el de las variaciones de temperatura.

**P4. Energía solar fotovoltaica.**

Estudio de módulos fotovoltaicos y sus asociaciones. Analizar la estructura y el comportamiento de un módulo fotovoltaico. Obtener su curva característica y encontrar el punto de máxima potencia. Estudiar la dependencia del módulo respecto de la irradiancia recibida. Análisis del rendimiento. Obtener las curvas características de módulos conectados en serie y en paralelo y su punto de máxima potencia. Estudiar la dependencia de los módulos respecto de la irradiancia recibida. Rendimiento de la asociación.

**VOLUMEN DE TRABAJO**

| ACTIVIDAD                                      | Horas         | % Presencial |
|--|---------------|--------------|
| Clases de teoría                               | 45,00         | 100          |
| Prácticas en laboratorio                       | 30,00         | 100          |
| Elaboración de trabajos en grupo               | 20,00         | 0            |
| Elaboración de trabajos individuales           | 10,00         | 0            |
| Estudio y trabajo autónomo                     | 64,00         | 0            |
| Preparación de clases prácticas y de problemas | 18,50         | 0            |
| <b>TOTAL</b>                                   | <b>187,50</b> |              |

**METODOLOGÍA DOCENTE**

La asignatura tiene dos partes con una metodología bien diferenciada: A) Teoría y problemas y B) Laboratorio. El desarrollo de las clases es el siguiente:

**Teoría y problemas**

Los créditos teóricos y de resolución de problemas se estructuran en tres horas de clase a la semana, con proporción variable de teoría y problemas según la materia. La metodología de trabajo se puede clasificar en los siguientes apartados:

**Temas de teoría:** El profesor imparte los contenidos teóricos, generalmente siguiendo el modelo de lección magistral y basándose en diferentes materiales (presentación de diapositivas, apuntes, figuras y pizarra) que se facilitarán previamente a los alumnos.

**Resolución de problemas:** Esta parte tiene una doble vertiente: contempla el estudio individual y la participación de los estudiantes en clase. Los estudiantes disponen de una colección de problemas para cada agrupación de teoría, que puede reunir varias lecciones, algunos de los cuales serán resueltos en clase (tanto por los estudiantes como por el profesor). El profesor podrá dejar algunos problemas de los boletines, o proponer algunos nuevos, para que sean resueltos por los estudiantes fuera del aula.

**Prácticas de laboratorio**

El curso está estructurado en ocho sesiones de laboratorio (una sesión cada semana) de 3 horas y 45 minutos cada una. Estas se imparten en subgrupos pequeños, con un profesor asignado a cada subgrupo. En las sesiones los estudiantes agrupados por parejas realizan las prácticas. La asistencia a estas sesiones es obligatoria y condición necesaria para superar la asignatura.

El alumno debe acudir al laboratorio habiendo leído atentamente el guion de la práctica que tendrá que realizar en cada sesión (conocida con anterioridad). Al principio de la sesión, el profesor supervisará la comprensión de dicho guion y orientará a los alumnos sobre aquellos aspectos conceptuales o técnicos necesarios para que los alumnos puedan comenzar correctamente la adquisición de datos.



Por cada práctica, la pareja tiene que presentar una memoria donde se recojan los datos experimentales y su tratamiento (errores, gráficas, ajustes), así como las conclusiones a las que se llega. Se pondrá énfasis en la utilización de programas informáticos para el tratamiento de los datos (hoja de cálculo), lo que se puede hacer durante las sesiones de prácticas con los ordenadores disponibles en el propio laboratorio.

## EVALUACIÓN

La evaluación de la asignatura se hace teniendo en cuenta, proporcionalmente, las partes de: A) Teoría y problemas y B) Laboratorio.

### A. TEORÍA Y PROBLEMAS: 70%

La evaluación de esta parte de la asignatura se hará en base a una evaluación continua en la que se tendrán en cuenta la asistencia y la participación del estudiante en clase, y la corrección de los problemas propuestos para su resolución en casa. Una asistencia superior al 80 % y la nota correspondiente a la corrección de los problemas propuestos podrá dar lugar al APROBADO de la asignatura, con una nota máxima de 6.5.

Como alternativa todo estudiante podrá optar a un examen escrito que podrá constar de diferentes cuestiones de teoría y problemas teoría y problemas.

### B. LABORATORIO: 30%

El trabajo de laboratorio se evalúa de forma continua en base a las memorias realizadas por los alumnos para cada una de las prácticas previstas durante el curso.

La calificación final se obtendrá como la media ponderada de los apartados A y B, siempre que se obtenga un mínimo de 4/10 en el apartado A y de 5/10 en el apartado B. La calificación total necesaria para superar la asignatura será de 5/10 puntos.

## REFERENCIAS

### Básicas

- Iqbal, M.: Introduction to solar radiation Academic Press, 1983
- Lenoble, J.: Atmospheric radiative transfer. A. Deepak Pub., 1993
- Villarrubia, M.: Ingeniería de la energía eólica. Marcombo, 2012
- Castañer, L.: Energía solar fotovoltaica. Ediciones UPC, 1992
- Duffie, J. y Beckman, W.: Procesos térmicos en energía solar. Grupo Cero, 1979
- González, J.: Energías Renovables. Reverté. Barcelona. 2009
- Bohren and Clothiaux, Fundamentals of atmospheric radiation, Wiley, 2006



### Complementarias

- Liou, K.N.: An introduction to atmospheric radiation, Elsevier, 2002
- Julian Chen, C.: Physics of solar energy, John Wiley & Sons, 2011
- Ortega. M.: Energías Renovables. Paraninfo. Madrid. 2000
- Brower. M. C: Wind resource assesment. A practical guide to developing a wind project, John Wiley & Sons, 2012