



# UNIVERSIDAD DE GRANADA

Máster Universitario en  
Geofísica y Meteorología

## Análisis, Medida y Modelización del Recurso Solar y Eólico

- **Módulo:** Meteorología
- **Créditos:** 5
- **Profesores:** David Pozo, María José Granados, José Antonio Ruiz Arias
- [Guía docente \(PDF\)](#)

### Contenidos

Los contenidos de la asignatura se enmarcan dentro de una nueva rama de la Meteorología que se denomina “Energy Meteorology” y que estudia las aplicaciones de la Meteorología en el campo de la



la energías renovables solar y eólica.



El papel de la Meteorología en el contexto de la energía solar y eólica es muy importante, participando en varias etapas del desarrollo de un planta solar o parque eólico. En primer lugar, en la etapa de evaluación del recurso disponible. Esta evaluación se lleva a cabo mediante mapas del recurso solar y eólico que contienen información espacial y temporal de dichos recursos. La metodología para la elaboración de estos mapas está en continua evolución y su análisis es uno de los objetos del curso. En particular, hoy en día se utilizan estimaciones de satélite y simulaciones con modelos meteorológicos, en conjunción con medidas en tierra, con las que se trata de elaborar mapas que abarquen 20 años del recurso.

1. El análisis del recurso eólico mediante la combinación de estimaciones con modelos meteorológicos y medidas en tierra.

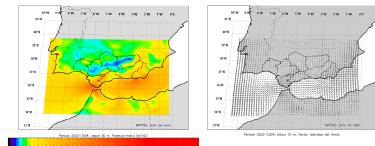


Figura 1. Mapa del recurso eólico de Andalucía ([enlace AEA](#)). Izquierda, densidad de potencia a 80 metros de altura. Derecha, direcciones del viento predominantes. El mapa ha sido elaborado a partir de una simulación con el modelo meteorológico WRF. En la asignatura se aborda en profundidad la elaboración de mapas de los recursos eólicos y solares.

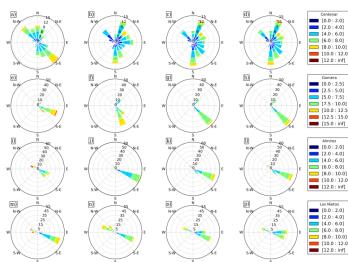


Figura 2. Rosas de los vientos estimadas mediante una simulación con modelo meteorológico y medidas (última columna) para cuatro emplazamientos (filas) de interés. La evaluación usando valores medidos permite establecer la bondad de las estimaciones del modelo a lo largo de periodos largos (20 años). Rara vez se dispone de más de un par de años de medidas, pero este periodo de solapamiento es suficiente para establecer correcciones en los resultados del modelo.

2. La estimación del recurso solar mediante técnicas de interpolación basadas en medidas de tierra, estimaciones de satélite y simulaciones con modelos meteorológicos.

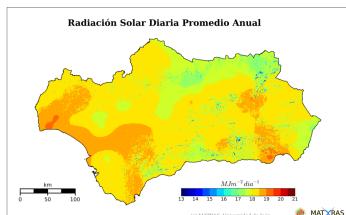


Figura 3. Mapa del recurso solar (radiación global) de Andalucía, elaborado a partir de un proceso de interpolación de medidas

registradas en 120 estaciones utilizando la técnica de kriging (Ruiz-Arias et al, 2011). Esta técnica permite reducir minimizar los errores de interpolación entre estaciones al tener en cuenta en el proceso de interpolación factores como la elevación y las ocultaciones del terreno. En concreto, el mapa de la figura, tiene un error de estimación menor del 3% para un periodo representativo de 10 años. La resolución espacial del mapa es de 1 km cuadrado.

Una vez en funcionamiento la planta solar o el parque eólico, el papel del meteorólogo sigue siendo crucial, puesto que la integración de la energía renovable producida requiere de una predicción meteorológica de la radiación solar disponible y del viento. La metodología utilizada para estas predicciones es muy diversa, dependiendo de la variable meteorológica de interés (radiación, viento, temperatura, etc..) y sobre todo del horizonte temporal. En función de este último, por ejemplo y para la radiación solar, se utilizan métodos estadísticos, imágenes de cámara de nubes, imágenes de satélite o modelos meteorológicos de predicción numérica. El estudio de estas técnicas, en constante evolución, es uno de los objetivos centrales de la asignatura.

3. Técnicas de predicción del recurso solar basadas en medidas, imágenes de cámara de cielo, imágenes de satélite y simulación con modelos meteorológicos.

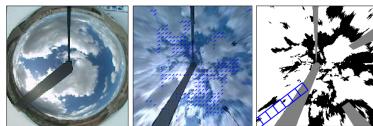


Figura 4. Imagen obtenida con una cámara de cielo (izquierda) y procesamiento posterior de la misma para obtener el campo director del movimiento de las nubes (centro) y el mapa de nubosidad (derecha). Esta última imagen es aventada a partir del campo de velocidades de las nubes (imagen central) para estimar la posición futura de las mismas y así obtener un pronóstico de la radiación solar en horizontes temporales de hasta 10 minutos. En la asignatura se abordan en profundidad las distintas técnicas de predicción del recurso solar, que incluyen el empleo de cámaras de cielo, imágenes de satélite y modelos meteorológicos.

## Bibliografía básica

- EWAN D. DUNLOP, LUCIEN WALD AND MARCEL ŠURI, (EDIRS). SOLAR ENERGY RESOURCE MANAGEMENT FOR ELECTRICITY GENERATION FROM LOCAL
- GIPE, P. WIND POWER : RENEWABLE ENERGY FOR HOME, FARM, AND BUSINESS. WHITE RIVER JUNCTION (VT.) : CHELSEA GREEN, 2004.
- KLESSL, J., (EDI). SOLAR ENERGY FORECASTING AND RESOURCE ASSESSMENT. ACADEMIC PRESS 2013.
- KÖLLER, JOHANN KÖPPEL, WOLFGANG PETERS. OFFSHORE WIND ENERGY: RESEARCH ON ENVIRONMENTAL IMPACTS. BERLIN : SPRINGER , 2006.
- KREITH F. Y GOSWAMI, D. HANDBOOK OF ENERGY EFEICIENCI AND RENEWABLE ENERGY. CRC PRESS, 2007
- MATHEW, S. WIND ENERGY: FUNDAMENTALS, RESOURCE, ANALYSIS AND ECONOMICS. SPRINGER-VERLAG BERLIN HEIDELBERG, 2006.
- MYERS, D. SOLAR RADIATION PRACTICAL MODELING FOR RENEWABLE ENERGY APPLICATIONS. CRC PRESS 2013
- PATEL, M. WIND AND SOLAR POWER SYSTEMS, CRC PRESS, 2006
- PEINKE, J. WIND ENERGY : PROCEEDINGS OF THE EUROMECH COLLOQUIUM. BERLIN : SPRINGER, 2007.
- RISTINEN, R. AND KRAUSHAAR, J. ENERGY AND THE ENVIRONMENT. JOHN WILEY & SONS, 2006
- RODRIGUEZ AMENEDO, J, BURGOS, J. Y ARNALTE S., (COORDINADORES). SISTEMAS EÓLICOS DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELECTRICA. EDITORIAL

## Enlaces

- <http://www.nrel.gov/>
- <https://www.ral.ucar.edu/wsap/renewable-energy>
- <http://www.wire1002.ch/http://task46.iea-shc.org/>
- <http://www.wrf-model.org/index.php>