

# Elaboración de mapas de recurso eólico a partir de NWP

Sergio Lozano Yolanda Loureiro Pedro Correia Elena Cantero  
 Edurne Pascal Uxue Irigoyen Laura Frías Ignacio Martí

e-mail: [slozano@cener.com](mailto:slozano@cener.com)

Centro Nacional de Energías Renovables (CENER)  
 C/Ciudad de la Innovación 31621 Sarriguren- Navarra (España)  
 Tlf: +34 948252800 Fax: +34 948 270774

## Abstract

CENER (Centro Nacional de Energías Renovables) ha desarrollado una metodología para elaborar a partir del modelo de mesoescala SKIRON mapas de viento (velocidad y densidad de potencia) a escala regional, mapas de parámetros Weibull y mapas de anomalías.

El modelo meteorológico SKIRON se encuentra operativo en CENER desde el año 2005 y fue instalado con la colaboración de la Universidad de Atenas. Aunque el principal objetivo del sistema operativo es proveer a nuestros clientes de una buena predicción de potencia eólica, lo cual implica un postprocesado más o menos complejo de la salida del modelo, las necesidades del sector eólico, no sólo a nivel nacional, llevan a CENER a desarrollar una metodología para la elaboración de mapas eólicos y para la obtención de las series virtuales de viento.

## Metodología

La configuración del modelo climático de CENER es la siguiente:

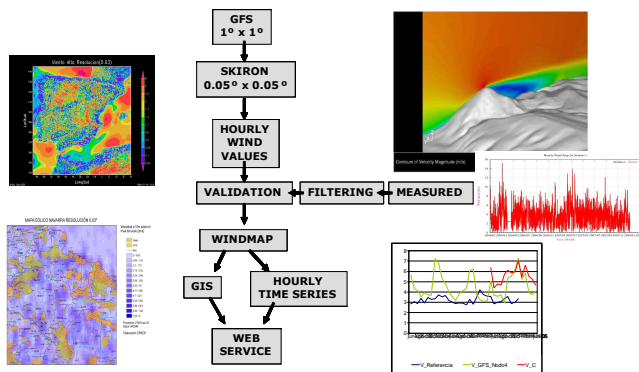


Fig. 1.- Configuración del modelo climático de CENER

El esquema de trabajo para crear mapas eólicos es siempre el mismo cualquiera que sea la zona de estudio. Solamente cambia la configuración del dominio espacial a simular.



Fig. 2.- Ejemplos de dominios a simular

El primer paso por tanto es definir el dominio espacial (sin olvidar el coste computacional requerido para simular un largo periodo) así como la vegetación, topografía y usos de suelo.

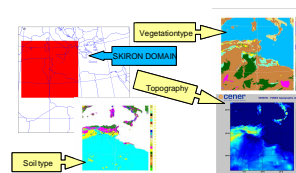


Fig. 3.- Ejemplo configuración dominio

Una vez que se ha configurado el modelo se lanzan las simulaciones climáticas que consisten en pequeñas corridas del modelo (48h) hasta completar periodos de 6 años. Esta metodología permite simular 6 años con un coste computacional razonable y asegurar que la información disponible del modelo sea siempre la óptima.

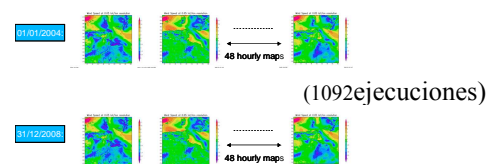


Fig. 4.- Ejemplo ejecuciones modelo

Finalizada la simulación se estudia el campo de viento de la región de interés a partir de la salida del modelo. Se obtendrán 52560 mapas horarios de viento (6 años x 365 días x 24 horas):

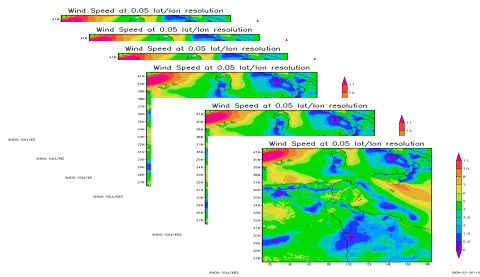


Fig. 5.- Mapas horarios de viento

Mencionar que se ha desarrollado una metodología para calcular campos de viento a cualquier altitud a partir del viento predicho por el modelo SKIRON en sus niveles verticales nativos.

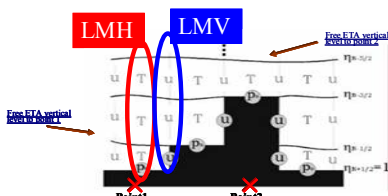


Fig. 6.- Niveles verticales del modelo SKIRON

### Mapas eólicos y series virtuales de viento

Los mapas eólicos generados por CENER permiten identificar las zonas con mejores condiciones para la instalación de parques eólicos así como disponer de “estaciones” de viento virtuales (series de viento a altura de buje de 6 años) en cualquier punto del área simulada. Estas estaciones virtuales son útiles para realizar cálculos de producción energética de parque eólico y como referencias válidas a largo plazo.

Estos mapas tienen dos características destacables:

- se construyen a partir de simulaciones hora a hora durante periodos de al menos 6 años.
- resolución de hasta 0.05°x0.05° (5 km x 5 km aproximadamente)

Son varios los mapas eólicos que se han realizado y validado para diversos clientes (Polonia, Rumania, Túnez, zonas offshore de la Península Ibérica, zonas del mar del Norte...) y en la página web de CENER (<http://www.cener.com/es/energia-eolica/mapas-viento.asp>) está disponible de manera gratuita el mapa de recurso eólico realizado para la Península Ibérica y Baleares realizado mediante 6 años de simulaciones.



Fig. 7.- Mapa eólico nacional

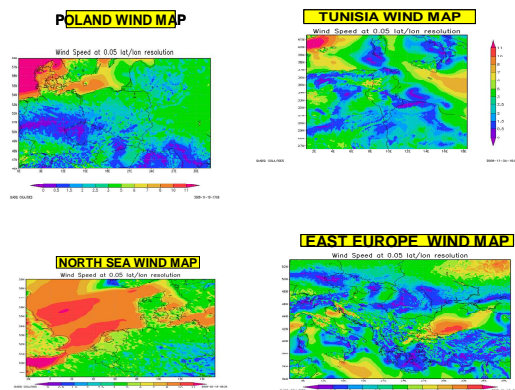


Fig. 8.- Ejemplos de mapas eólicos

Para la realización del mapa Eólico de Túnez se disponía de medidas de 17 torres meteorológicas con anemómetros instalados a 20m y a 40m lo que permitió realizar una validación exhaustiva de la metodología empleada por la realización de mapas de recurso eólico y las series virtuales derivadas.

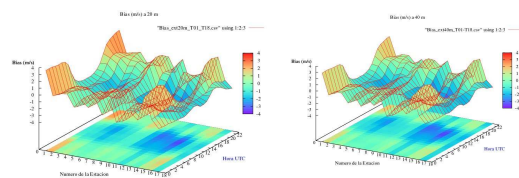


Fig. 9.- BIAS (m/s) de las 17 series a 20m y a 40m

### Mapas eólicos y series virtuales de viento. Validación Offshore

En el caso de los mapas eólicos y series virtuales offshore, es difícil encontrar medidas de viento en altura para validar el modelo. CENER ha realizado una validación con las medidas de la torre meteorológica de FINO.



Fig. 10.- Ubicación torre meteorológica de FINO

Utilizando el mismo esquema que el comentado anteriormente se configura el dominio que abarque la torre de Fino. Posteriormente, se ejecuta el modelo SKIRON con las mismas características que las mencionadas,  $0.05^\circ$  y se simula hora a hora ejecuciones de 48 h hasta completar un periodo simulado de, en este caso, 6 meses (Enero 2006-Junio 2006).

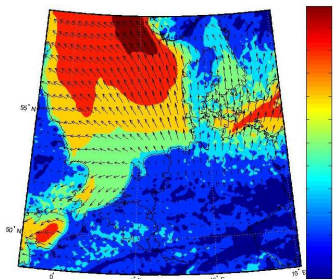


Fig. 11.- Dominio de SKIRON para FINO

Las medidas de las que se dispone para realizar las validaciones son las siguientes:

- anemómetros de cazoletas a 33, 40, 50, 60, 70, 80, 90, y 100 m
- anemómetros sónicos a 40, 60 y 80 m
- veletas a 33, 40, 50, 70, 80, 90 m
- datos de temperatura a 30m, 40m 50, 70 y 100 m
- datos de humedad relativa a 33m, 50 y 90m
- datos de velocidades corregidas por el efecto de la torre

A continuación se muestran algunos resultados obtenidos en velocidad y dirección:

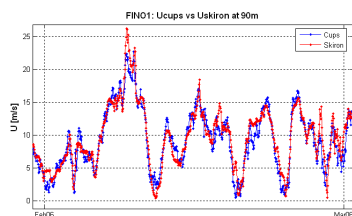


Fig. 12.- VCazoletas vs VSkiron a 90m

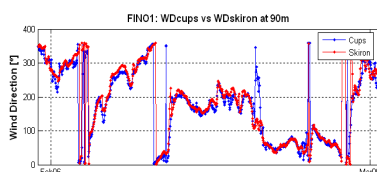


Fig. 13.- DCazoletas vs DSkiron a 90m

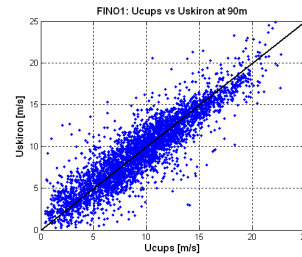


Fig. 14.- Ajuste Velocidad (m/s) a 90m

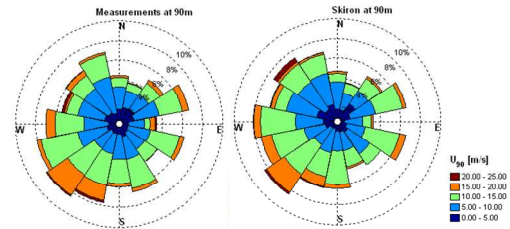


Fig. 15.- Rosas de viento a 90m

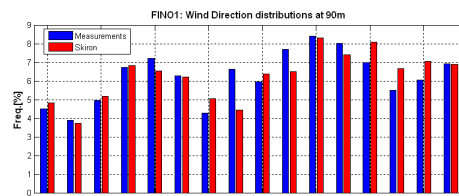


Fig. 16.- Distribución de direcciones a 90m

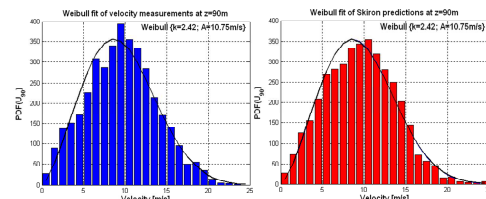


Fig. 17.- Ajustes Weibull velocidad a 90m

Level		Measurements	Skiron	Deviation [%]
90m	Um [m/s]	9.55	9.55	-0.01%
	k	2.42	2.42	0.00%
	A [m/s]	10.75	10.75	0.00%
50m	Um [m/s]	9.01	8.96	-0.54%
	k	2.54	2.52	-0.79%
	A [m/s]	10.12	10.07	-0.49%

Tabla 1- Parámetros Weibull a 50m y a 90m

Como se puede comprobar los resultados para la altura de 90m son excelentes tanto en velocidad como en dirección.

Para la altura de 50m se obtienen ligeras desviaciones de los parámetros Weibull.

Se puede concluir que, a la vista de los resultados obtenidos en la validación de la torre meteorológica de FINO, la metodología desarrollada por CENER es óptima para la realización de mapas offshore y para la obtención de series virtuales de viento.

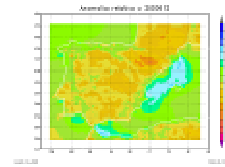


Fig. 18.- Ejemplo mapa de anomalías

### Mapas de densidad energética

Los mapas de potencia media de una región de interés también se calculan con una resolución final de 1kmx1km. La potencia se calcula a altura de buje del aerogenerador y de forma horaria en función de la presión y temperatura simuladas por el SKIRON para cada punto. Esto implica que no se asume una densidad media del aire sino que se calcula explícitamente.

Los mapas de densidad de potencia son entregados en formato GIS (capa de viento, topografía, parques naturales, etc ).

### Mapas de parámetros Weibull

Los mapas que proporciona CENER son mapas de los parámetros de forma y escala (A y k) de una región de interés a una resolución final de 1km x1km. Estos mapas también son calculados a altura de buje del aerogenerador y son entregados en formato GIS (capa de viento, topografía, parques naturales, etc ).

### Mapa de anomalías

CENER ha desarrollado una metodología para analizar la representatividad de periodos de tiempo desde el punto de vista del recurso eólico. El método sirve para determinar si la producción energética de un parque eólico es la prevista. Para ello es necesario conocer si en el periodo utilizado para el análisis el viento ha sido superior o inferior a la media y es necesario conocer cuanto se ha desviado.

Los mapas de anomalías de viento para una región de interés presentan las siguientes características:

- se realizan con una resolución final de 1km x1km.
- las anomalías se calculan para cualquier periodo deseado (diaria, semanal, mensual, estacional, etc).
- el periodo de referencia con respecto al cual se calcula la anomalía también es completamente seleccionable.
- se entrega en formato GIS (capa de viento, topografía, parques naturales, etc ).

En la página web de CENER (<http://www.cener.com/es/energia-eolica/mapas-viento.asp>) también está disponible un ejemplo de la elaboración de estos mapas.

### Bibliografía

- [1] Martí, I. et al. Wind power prediction in complex terrain: from the synoptic scale to the localscale. \The science of making torque from wind". Delft. The Netherlands, 2004.
- [2] M.Gastón, E.Pascal, U.Irigoyen, E.Cantero, Y.Loureiro, L.Frías, S.Lozano, I.Martí. Wind resources map of Spain at mesoscale. Methodology and validation. EWEC 2008.
- [3] S. Lozano, U. Irigoyen, I. Martí, E. Cantero, E. Pascal, P. Fernandez, L.Frias. Wind resources map of Iberian Peninsula using a mesoscale model. Comparison of different methodologies. EWEC 2009. Greece, 9 pp
- [4] Kallos, G.The Regional weather forecasting system SKIRON. Proceedings, Symposium on Regional Weather Prediction on Parallel Computer Environments,15-17 October 1997, Athens, Greece, 9pp