

# Evaluación del desempeño de la versión actualizada del WRF para el pronóstico de energía solar

Claudio Porrini  
IMFIA/Facultad de Ingeniería  
Universidad de la República  
cporrini@fing.edu.uy

Rodrigo Alonso-Suárez  
LES/CENUR Litoral Norte  
Universidad de la República  
r.alonso.suarez@gmail.com

Alejandro Gutiérrez  
IMFIA/Facultad de Ingeniería  
Universidad de la República  
aguti@fing.edu.uy

**Palabras clave: energía solar, pronóstico, modelos numéricos de atmósfera, WRF.**

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años Uruguay ha incorporado las energías renovables a su sistema eléctrico, en particular la energía eólica y solar. Actualmente hay instaladas tres plantas fotovoltaicas (PV) que en conjunto generan una potencia nominal de 78 MW. Para el año 2017 se espera contar con 228 MW instalados. Debido al carácter intermitente de las fuentes de energía renovable, la capacidad de una red eléctrica de incorporar este tipo de energías está fuertemente limitada por la posibilidad de predecirlas. En este trabajo se presenta el desarrollo y una evaluación preliminar del pronóstico de la generación de plantas PV en Uruguay basado en el modelo numérico regional de atmósfera Weather Research and Forecasting (WRF).

## DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Debido al movimiento y formación de nubes el recurso solar es altamente variable tanto en el espacio como en el tiempo. Para introducir este tipo de energía en el sistema eléctrico es necesario contar con una estimación de la producción futura de los parques. Los horizontes de predicción van desde unos cuantos minutos a unos días en adelante. Disponer de esta información permite optimizar los costos en el despacho de la energía y compensar las fluctuaciones en la generación debido a la

variabilidad del recurso. Una forma de pronosticar el recurso solar es utilizando modelos numéricos de atmósfera. El WRF es un modelo de atmósfera desarrollado por la National Center for Atmospheric Research (NOAA), que es de código libre y cuenta con una amplia comunidad científica vinculada a su desarrollo y operación.

## METODOLOGÍA

Se desarrolló un pronóstico para la generación de plantas PV basado en las simulaciones de la irradiación solar que son generadas por el modelo WRF. El sistema de pronóstico consta de 3 etapas. La primera es pronosticar la irradiancia solar global en plano horizontal (GHI) utilizando el WRF. Luego, la irradiancia GHI se transporta a plano inclinado y, finalmente, se estima la producción utilizando un modelo de planta PV. Se utiliza un modelo de planta PV simple, que se obtiene de correlacionar la salida de la segunda etapa con la producción de las plantas fotovoltaicas que se encuentran en operación en Uruguay. A continuación se detalla cada etapa por separado.

1) *Pronóstico de GHI por el modelo WRF*: se utilizaron las salidas del modelo WRF con una resolución espacial de 30 km por 30 km y una resolución temporal de una hora. Se actualizó la versión del WRF a la 3.5.1 donde, a diferencia de las versiones anteriores, se incluye en el efecto de la Ecuación del Tiempo en la geometría solar [1]. Esta corrección temporal es crítica para la irradiancia solar y según [1] el

error se ve reducido hasta en un 31% en los días cercanos al máximo desfasaje. Este trabajo es el primer reporte nacional de la incertidumbre de esta versión actualizada. Cada simulación del

*II) Calculo de la irradiación en plano inclinado:* este cálculo toma como base el pronóstico de GHI del WRF. El pasaje a plano inclinado se obtiene aplicando el modelo HDKR [2] con el modelo de fracción difusa de Ruiz-Arias [3]. Los coeficientes de este modelo fueron ajustados a la región por el LES utilizando medidas en Tierra [4].

*III) Curvas de plantas:* se construye para cada planta una curva que transforma la irradiación en plano inclinado en generación PV. La curva es ajustada para cada parque utilizando sus datos de generación. Se está estudiando la posibilidad de incorporar la estimación de temperatura en superficie terrestre del WRF para modelar las pérdidas en la planta por alta temperatura en los paneles.

La evaluación del modelo se realiza a varios frentes. En primer lugar se realizará un diagnóstico del pronóstico de irradiación del WRF utilizando datos observados en superficie por las redes de medida a escala nacional de la empresa eléctrica estatal UTE y del Laboratorio de Energía Solar (LES). Para la comparación se utilizan sólo los datos que han pasado los controles de calidad aplicados por el LES. Los controles de calidad están basados en chequeos básicos sobre el índice de claridad y en la comparación con modelos satelitales de baja incerteza operados por el LES [5]. El diagnóstico contra medidas en Tierra permite estimar sesgos del modelo y evaluar la incertidumbre de su pronóstico. Además, permite identificar si la incertidumbre es constante a lo largo del año o presenta alguna estacionalidad. En segundo lugar, se utilizan las imágenes del satélite GOES-East sobre Uruguay para diagnosticar la simulación de la nubosidad por el modelo. La nubosidad es una salida intermedia del WRF que está estrechamente ligada a su pronóstico de irradiación solar. Este diagnóstico permite conocer de mejor manera el

modelo se corresponde con los pronósticos generados para cada día en las inicializaciones de las 00, 06, 12 y 18 UTC con un horizonte temporal de hasta 5 días.

desempeño del modelo y puede ser útil para realizar futuras correcciones, por ejemplo mediante la técnica estadística MOS (Model Output Statistics).

En este trabajo, la evaluación de desempeño del pronóstico se realiza con especial foco en el año 2015, que es el año en que empezaron a operar las plantas fotovoltaicas en Uruguay.

#### PRINCIPALES CONCLUSIONES

Se comprobó que la ecuación del tiempo que es incorporada en la nueva versión del WRF (v3.5.1) logra corregir el desfasaje encontrado en las versiones anteriores. Esto resulta una apreciable mejora en el desempeño del pronósticos de irradiación solar horaria. La evaluación de desempeño horario se complementara con un análisis de escala diaria para un horizonte temporal de 120 horas (5 días) a nivel de recurso y con un análisis completo para la salida de generación de plantas fotovoltaicas.

#### REFERENCIAS

- [1] P.A. Jimenez, J.P. Hacker, J. Dudhia, S.E. Haupt, J.A. Ruiz-Arias, C.A. Gueymard, G. Thompson, T. Eidhammer, A. Deng, WRF-Solar: An augmented NWP model for solar power prediction. Model description and clear sky assessment. Bulletin of the American Meteorological Society, 2015.
- [2] J.A. Duffie, W.A. Beckman, Solar Engineering of Thermal Processes, fourth ed., John Wiley & Sons Inc., New Jersey, 2013.
- [3] J.A. Ruiz-Arias, H. Alsamamra, J. Tovar-Pescador, D. Pozo-Vázquez, Proposal of a regressive model for the hourly diffuse solar radiation under all sky conditions, Energy Conversion and Management, Volume 51, Issue 5, May 2010, Pages 881-893
- [4] G. Abal, D. Aicardi, R. Alonso-Suárez, A. Laguarda Statistical models for diffuse irradiation: performance in southern latitudes. Enviado a Solar Energy en Junio 2016.
- [5] R. Alonso-Suárez, G. Abal, R. Siri, P. Musé, Brightness-dependent Tarpley model for global solar radiation estimation using GOES satellite images:

Application to Uruguay, Solar Energy, Volume 86, Issue  
11, November 2012, p. 3205-3215.