

# Evaluación del pronóstico de energía fotovoltaica utilizando el WRF

Claudio Porrini  
IMFIA, FING  
cporrini@fing.edu.uy

Ernesto Dufrechou  
INCO, FING  
edufrechou@fing.edu.uy

Rodrigo Bayá  
INCO, FING  
rbaya@fing.edu.uy

Alejandro Gutiérrez  
IMFIA, FING  
aguti@fing.edu.uy

Pablo Ezzatti  
INCO, FING  
pezzatti@fing.edu.uy

Martín Pedemonte  
INCO, FING  
mpedemon@fing.edu.uy

Gabriel Cazes Boezio  
IMFIA, FING  
agcm@fing.edu.uy

**Palabras clave – WRF, Energía Solar, Pronóstico.**

## INTRODUCCIÓN

En la última década el gobierno uruguayo impulsó la instalación de granjas eólicas y solares. ASAMI fue la primer granja solar inaugurada en el año 2013 con tan sólo 0.5 MW y permitió ganar experiencia en la utilización de esta tecnología. Hoy se cuenta con 3 plantas fotovoltaicas instaladas con una potencia nominal total de 78 MW. Para fines del año 2017 se espera tener instalados 236.7 MW.

## DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El crecimiento del uso de las tecnologías fotovoltaicas y la naturaleza de este tipo de energía motiva el desarrollo de herramientas para la predicción del recurso que será inyectado en la red eléctrica.

En este trabajo se presenta una herramienta de pronóstico de potencia solar. Esta herramienta es desarrollada a partir de medidas en campo y de la simulación del modelo numérico regional de atmósfera Weather Research and Forecasting (WRF). Se calibra la salida de radiación solar horaria del modelo WRF utilizando la técnica estadística Model Output Statistics (MOS) y el índice de claridad horario ( $kt$ ). El MOS consiste

en la regresión lineal entre datos observados en superficie y las salidas del modelo WRF para diferentes condiciones de la atmósfera que se definen a partir del índice de claridad  $kt$  (se describe más adelante). Por último, se genera un modelo de planta el cual convierte la radiación en plano horizontal pronosticada por el WRF en la potencia pronosticada para la granja solar. El presente trabajo tiene como propósito principal describir la herramienta desarrollada.

## METODOLOGÍA

La herramienta está compuesta por varias etapas, según se presenta en la Figura 1.

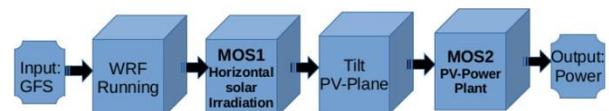


Figura 1. Esquema de modelo de pronóstico desarrollado.

La primera etapa consiste en la generación de los datos de entrada para ejecutar el modelo WRF. Para esto es necesario tener información como condiciones de borde e iniciales para comenzar la simulación. Se utilizan datos del modelo global de atmósfera Global Forecasting System (GFS) con una resolución espacial de  $0.5^\circ \times 0.5^\circ$  que están disponibles públicamente a través de la

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) a las 00:00, 06:00, 12:00 and 18:00 GMT.

La segunda etapa consiste en la ejecución de las simulaciones del WRF. Se evaluaron cuatro parametrizaciones distintas del modelo WRF (ver Tabla 1) para determinar la mejor configuración para desarrollar un modelo operativo de pronóstico.

Esquemas Físicos	1	2	3	4
Microfísica	LIN	LIN	LIN	LIN
Parametrización de Cumulus	KAIN-FRISCHT	KAIN-FRISCHT	KAIN-FRISCHT	KAIN-FRISCHT
Modelo de Superficie	CHEN ET AT	CHEN ET AT	CHEN ET AT	CHEN ET AT
PBL	YSU	MYJ	YSU	MYJ
Radiación Onda Corta	CAM	CAM	DUDHIA	DUDHIA
Radiación Onda Larga	CAM	CAM	DUDHIA	DUDHIA

Tabla 1. Parametrizaciones del WRF estudiadas.

El tercer paso en el flujo propuesto es la corrección mediante el MOS1. Para ello se realiza una calibración del modelo WRF con datos observados en superficie de 8 piranómetros de la red de observación de UTE y la salida del WRF de la irradiación en plano horizontal. El período de la calibración comprende entre el 01/01/2015 al 31/12/2015. La corrección por el MOS1 corresponde a un ajuste lineal entre los datos observados y del modelo y depende de las condiciones de la atmósfera que se definen a partir del índice de claridad horaria  $k_t$ . Este índice es la razón entre la irradiación en plano horizontal  $I$  y la irradiación en el tope de la atmósfera. Con esta definición es posible definir tres tipos de condiciones atmosféricas,

$$\begin{aligned}
 kt < 0.4 & \text{totalmentenublado}(nb) \\
 0.4 < kt < 0.65 & \text{parcialmentenublado}(pnb) \\
 kt > 0.65 & \text{cielosclaros}(dc)
 \end{aligned}$$

El ajuste lineal consiste en hallar el coeficiente  $\rho(k_t)$  definido por la ecuación,

$$I_{OBS}^{k_t} = \rho(k_t) I_{WRF}^{k_t}$$

La cuarta etapa corresponde al pasaje de la irradiación horizontal calibrada en el paso 3 al plano inclinado. Se utiliza para este pasaje la metodología documentada en [1].

La última etapa es la estimación de la potencia que producirá la planta (MOS2). Se generan curvas de plantas con los datos de producción de las mismas y las medidas de radiación de piranómetros instalados en las plantas. Notar que estas curvas contemplan el comportamiento medio de la planta.

## PRINCIPALES CONCLUSIONES

Para poder estudiar un período donde estuvieran las 3 plantas en producción se evaluó durante el mes de Marzo de 2016. Se presentan los resultados de los MAE relativos a la potencia nominal y los percentiles 14 y 86 % del pronóstico horario para las primeras 24 horas. En el panel izquierdo de la figura se encuentran los MAE para cada parque, en el panel derecho los MAE cuando se suman las potencias pronosticadas como única variable de pronóstico. El pronóstico de esta suma tiende a producir menores errores que los pronósticos individuales.

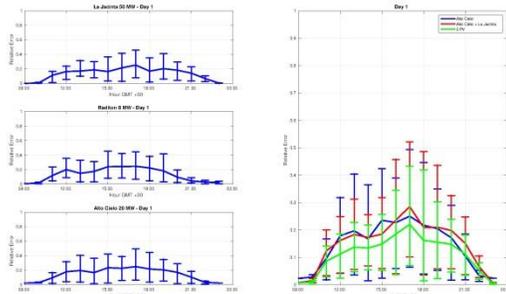


Figura 2. Pronóstico horario de plantas fotovoltaicas. Primeras 24 horas.

## REFERENCIAS

- [1] C. Porrini, A. Gutiérrez, G. C. Boezio, G. Hermida, D. Oroño and M. Puppo, "Development of a Model Output Statistic and implementation of an operational solar photovoltaic energy forecast model based in WRF," *Innovative Smart Grid Technologies Latin America (ISGT LATAM), 2015 IEEE PES*, Montevideo, 2015, pp. 248-253. doi: 10.1109/ISGT-LA.2015.7381162C. 2010.