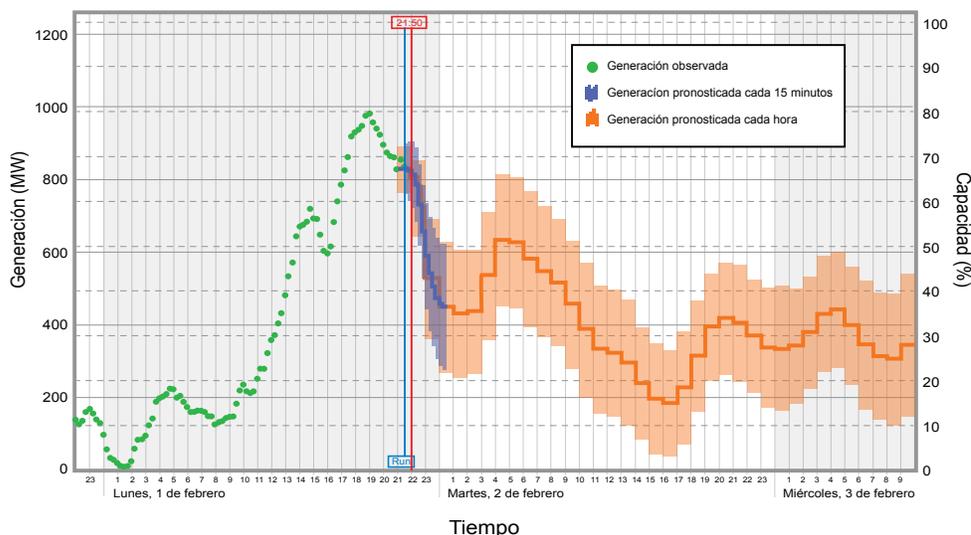


PRONÓSTICO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA Y SOLAR: MEJORANDO LA OPERACIÓN DEL SISTEMA

GREENING THE GRID



Muchos sistemas eléctricos, con una participación de energía eólica relativamente alta, han integrado el pronóstico del viento en la operación del sistema. Este gráfico, basado en una muestra del pronóstico de viento producido por Xcel Energy (una empresa eléctrica en Estados Unidos), señala un pronóstico de energía eólica con un horizonte de más de 36 horas, incluida la generación real de energía eólica (puntos verdes) hasta el punto inicial del pronóstico, la energía eólica pronosticada (línea continua) y el error típico de pronóstico de los siete días anteriores (área sombreada) [1].

El pronóstico es una herramienta eficaz y económica fundamental para la integración de recursos variables de energía renovable (variable renewable energy, VRE), como la eólica y la solar en los sistemas eléctricos.

El pronóstico de VRE afecta un rango de operaciones del sistema, incluidos la planeación del compromiso de las unidades de generación, el despacho de la generación, el equilibrio en tiempo real entre demanda y generación, y los requisitos de reserva. Mediante la integración de pronósticos de VRE en la operación del sistema, los operadores del sistema eléctrico pueden anticipar rampas crecientes y decrecientes en la generación de VRE, con el fin de equilibrar de forma rentable la carga y la generación en la planeación del día anterior (o del mismo día) del compromiso de las unidades de generación. Esto lleva a la reducción de costos de combustible, a mejorar la confiabilidad del sistema y a minimizar la reducción de los recursos renovables.

MÉTODOS DE PRONÓSTICO

En general, los métodos de pronóstico se dividen en dos categorías. Los *métodos físicos* que alimentan datos meteorológicos (por ejemplo, la temperatura, la presión, la rugosidad de la superficie y los obstáculos) en modelos **numéricos de pronóstico de tiempo** (numerical weather prediction, NWP) para crear condiciones

climáticas específicas del terreno, que luego se pueden convertir en producción de energía. Los *métodos estadísticos* utilizan datos históricos y datos de generación en tiempo real para corregir estadísticamente los resultados derivados de los modelos de NWP. El **pronóstico de persistencia** es un método estadístico simple que asume que los niveles de generación actuales se mantendrán sin cambios en un futuro muy próximo. Los pronósticos de persistencia se utilizan a menudo como modelos de referencia para evaluar métodos más avanzados [2].

PRONÓSTICO DE ENERGÍAS EÓLICA Y SOLAR

El pronóstico de energía eólica es ampliamente usado entre los sistemas eléctricos con niveles modestos a altos de energía eólica (por ejemplo, Dinamarca, Irlanda, Texas). El pronóstico de energía solar es relativamente nuevo y no tan ampliamente utilizado, aunque las metodologías y mejores prácticas están evolucionando rápidamente.

Tanto el pronóstico de energía eólica como el pronóstico de energía solar utilizan modelos de NWP para pronosticar variables como temperatura, humedad, precipitación y viento. Los pronósticos solares también emplean imágenes del cielo (cámaras digitales que producen imágenes del cielo de alta calidad) e imágenes satelitales (datos de las redes de satélites geoestacionarios) para rastrear y pronosticar formaciones de nubes en diferentes escalas de tiempo [3].

PRECISIÓN DEL PRONÓSTICO

El error de pronóstico es la diferencia entre el pronóstico y la generación real. Los errores se utilizan para producir las medidas de precisión del pronóstico, que permiten a los operadores del sistema anticiparse a la incertidumbre en la planeación del compromiso de las unidades de generación y comparar diversos métodos de pronóstico. Los tres indicadores de precisión ampliamente utilizados son [3]:

- *La media de error de la misma tendencia* – que indica si el modelo está sistemáticamente pronosticando por defecto o por exceso
- *La media de error absoluto* – que mide la precisión media del pronóstico sin considerar la dirección del error
- *La media del error cuadrático* – que mide la precisión media del pronóstico sin tener en cuenta la dirección de error concede incluye un peso relativamente alto a errores grandes.

Los factores que afectan el rendimiento del pronóstico incluyen el horizonte temporal del pronóstico, las condiciones climáticas locales (que influyen en la variabilidad de los recursos VRE), el ámbito geográfico, la disponibilidad de datos (por ejemplo, tamaño de la planta, ubicación, componentes) y la calidad de los datos (por ejemplo, consistencia, precisión, resolución). La precisión de los pronósticos de VRE generalmente aumenta en intervalos de tiempo más cortos. Sin embargo, los pronósticos frecuentes sólo son útiles cuando coinciden con los intervalos de tiempo en los que los operadores del sistema pueden tomar decisiones para actuar. Los profesionales pueden minimizar los errores de pronóstico mediante la adaptación de su metodología para considerar las condiciones locales y las necesidades de los operadores del sistema.

Los pronósticos para generación distribuida fotovoltaica solar (PV) son más difíciles de producir y son más precisos cuando los datos de medición en tiempo real y los datos estáticos detallados (por ejemplo, la ubicación, información de hardware, orientación del panel, etc.) están disponibles para todos los sistemas interconectados. El aumento de escala es un método menos detallado que utiliza un subconjunto de los sistemas fotovoltaicos representativos para pronosticar la generación regional [3].

PRONÓSTICOS CENTRALIZADOS Y DESCENTRALIZADOS

El **pronóstico centralizado de VRE** es ampliamente considerado como un método de mejores prácticas para el despacho económico. Sea administrado por la autoridad que asegura el equilibrio entre demanda y generación por el operador del sistema, los pronósticos centralizados proporcionan pronósticos de todo el sistema para todos los generadores VRE dentro de un área de equilibrio. El **pronóstico descentralizado de VRE**, administrado por los operadores individuales de planta, proporciona información a nivel de planta para informar a los operadores del sistema de una potencial congestión de transmisión debido a la generación de una única de la planta.

En comparación con pronósticos descentralizados, los pronósticos centralizados proporcionan [4]:

- Mayor consistencia en los resultados debido a la aplicación de una metodología única
- Menor incertidumbre debido a la capacidad del operador del sistema para agregar la incertidumbre de todos los generadores
- Reducción de la carga financiera de las plantas VRE para producir y presentar los pronósticos individuales.

La dependencia de una única metodología de pronóstico para los pronósticos centralizados puede aumentar el riesgo sistemático de la misma tendencia de error. Una forma común de mejorar los pronósticos centralizados es a través del **pronóstico de conjuntos**, mediante el cual los profesionales combinan y agregan los resultados de diferentes pronósticos producidos por varios proveedores de pronósticos o métodos [5].

LA INTEGRACIÓN DE PRONÓSTICOS DE ENERGÍA RENOVABLE VARIABLE EN LAS OPERACIONES DEL SISTEMA

Integrar los pronósticos de VRE en los sistemas eléctricos y de gestión del mercado mejora la eficiencia de las operaciones del sistema en diferentes escalas de tiempo. Los **pronósticos anticipados** proporcionan valores de potencia por hora con tres a seis días de anticipación. Se utilizan en el proceso de planeación del compromiso de las unidades de generación para ayudar a evitar costos e ineficiencias debidas a arranques y paradas innecesarias de generadores térmicos. Los **pronósticos inter-diarios** suelen ofrecer valores de potencia con intervalos de tiempo frecuentes (por ejemplo, cada diez minutos) con hasta seis horas de anticipación [4]. Se utilizan en el despacho en tiempo real y decisiones de mercado. El **pronóstico de rampa**, útil para aumentar la confiabilidad de la red, identifica el riesgo y el potencial del cambio rápido y sostenido de la producción de energía dentro de un intervalo de tiempo específico [5].

Los pronósticos para PV distribuidos pueden ser integrados con pronósticos de carga para obtener pronósticos de carga neta, aumentando la visibilidad de la variabilidad del lado de la demanda [5].

OBTENCIÓN DE PRONÓSTICOS Y LA CAPACITACIÓN DE OPERADORES DE SISTEMAS

Los operadores de sistemas pueden obtener pronósticos de otros proveedores o de instituciones de investigación meteorológica, o pueden desarrollar pronósticos hechos en casa.

Integrar los pronósticos de VRE con la operación del sistema en tiempo real requiere tecnología de información avanzada, datos estandarizados

y la certificación de datos relevantes para el pronóstico. El personal del centro de control podrá exigir formación adicional sobre modelos de plantas VRE y sobre nuevas herramientas para la toma de decisiones en la integración de pronósticos de VRE en decisiones de despacho.

REFERENCIAS

- [1] University Corporation for Atmospheric Research. (2016). *Bringing the Wind to the Grid*.
- [2] Monteiro, C., K. Keko, R. Bessa, et al. (2009). *Quick Guide to Wind Power Forecasting: State-of-the-Art 2009*. Argonne National Laboratory. ANL/DIS-10-2.
- [3] Tuohy, A., J. Zack, S. E. Haupt, J. Sharp, M. et al. (2015). *Solar Forecasting: Methods, Challenges, and Performance*. *IEEE Power & Energy Magazine*. IEEE.
- [4] Zieher, M., M. Lange, U. Focken. (2015). *Variable Renewable Energy Forecasting – Integration into Electricity Grids and Markets – A Best Practice Guide*. GIZ.
- [5] NERC (2010). *NERV IVGTF Task 2.1 Report Variable Generation Power Forecasting for Operations*.

Escrito por T. Tian e I. Chernyakhovskiy, y traducido por C. Brancucci Martinez-Anido, Laboratorio Nacional de Energía Renovable.

Greening the Grid proporciona asistencia técnica a los planificadores, reguladores y operadores de redes eléctricas, para superar los retos asociados con la integración de la energía renovable variable en la red.

PARA MÁS INFORMACIÓN

Jennifer Leisch
USAID Office of Global Climate Change
Tel: +1-202-712-0760
Email: jleisch@usaid.gov

Jaquelin Cochran
National Renewable Energy Laboratory
Tel: +1-303-275-3766
Email: jaquelin.cochran@nrel.gov

Greening the Grid cuenta con el respaldo del Programa de Aumento de la capacidad de las estrategias de desarrollo de bajas emisiones [*Enhancing Capacity for Low Emission Development Strategies, EC-LEDS*] del gobierno de los EE.UU., administrado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional [*United States Agency for International Development, USAID*] y el Departamento de Estado con el apoyo del Departamento de Energía, la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU., el Departamento de Agricultura de los EE.UU. y el Servicio Forestal de los EE.UU.



greeningthegrid.org | ec-leds.org
NREL/FS-6A20-66376 Abril 2016

| | Tipo de Pronóstico | Horizonte temporal | Aplicaciones Clave | Métodos |
|------------|---------------------|--|--|--|
| Generación | Intra-hora | 5-60 min | Regulación, despacho en tiempo real, equilibrio de mercado | Estadístico, persistencia |
| | Corto plazo | 1-6 horas antes | Planeación del compromiso de las unidades de generación, gestión de congestión y seguimiento de carga | Mezcla entre modelos estadísticos y NWP |
| | Mediano plazo | Día(s) anterior(es) | Planeación del compromiso de las unidades de generación, requerimiento de reserva, comercio, gestión de congestión | NWP con correcciones para evitar la misma tendencia de error |
| | Largo plazo | Semana(s), Estacional 1 año o mas anterior | Planificación de Recursos, análisis de contingencias, planificación de mantenimiento, gestión de mantenimiento, gestión de operación | Pronósticos climáticos, NWP |
| Asistencia | Pronóstico de rampa | Continuo | Conocimiento de la situación, recortes de energía solar/eólica | NWP y estadísticos |
| | Pronóstico de carga | Día anterior, hora anterior, intra-hora | Planeación del compromiso de las unidades de generación, despacho económico, manejo de congestión, gestión de demanda flexible | Estadísticos |

Diferentes tipos de pronóstico de VRE tienen diferentes horizontes temporales, métodos, y aplicación en la operación del sistema [2].