



[385129570]. west cowboy/Shutterstock

# Energías convencionales, limpias y su tecnología

Energía eólica e hídrica

# Intermitencia, predicción y almacenamiento

## Predicción y almacenamiento de recursos eólicos e hídricos.

La introducción de **energías fluctuantes** a la red eléctrica conduce a un **aumento en la variabilidad** de las fuentes de generación, por lo que se ocupan herramientas adicionales a las prácticas del manejo de la red eléctrica actuales. Una herramienta son los **sistemas de predicción** del nivel de generación y otra son los **sistemas de almacenamiento**. Analicemos cada uno.

### Sistemas de predicción

Para apreciar a mayor profundidad el papel de la predicción, revisaremos primero el proceso de asignación de capacidad de generación y regulación que siguen los operadores de las redes eléctricas.

Proceso de asignación de capacidad de generación y regulación

*Day ahead*

1 día antes: programación del nivel de generación esperado.



Se observa el nivel de consumo de las cargas conectadas a la red y se manda una señal de potencia requerida en tiempo real a las plantas que tengan capacidad de ajustar su nivel de generación de manera continua.



*Hour ahead*

1 hora antes: ajuste del nivel de generación programado.

Una **predicción acertada** de la generación en un día y una hora de adelanto, **reduce la brecha** entre la demanda y la generación programada, y por ende las **necesidades de regulación**. En este sentido, los beneficios de la predicción son:

*Permite tomar las precauciones necesarias para programar las plantas regulables y no depender de maniobras de emergencia.*

*Permite mayor eficiencia ya que se pueden escoger las plantas de generación convencional más eficientes y no necesariamente las de respuesta más rápida.*

De manera particular, la **predicción de la generación eólica** ha evolucionado considerablemente a lo largo de las últimas dos décadas. Los siguientes enfoques son ejemplos de ello.

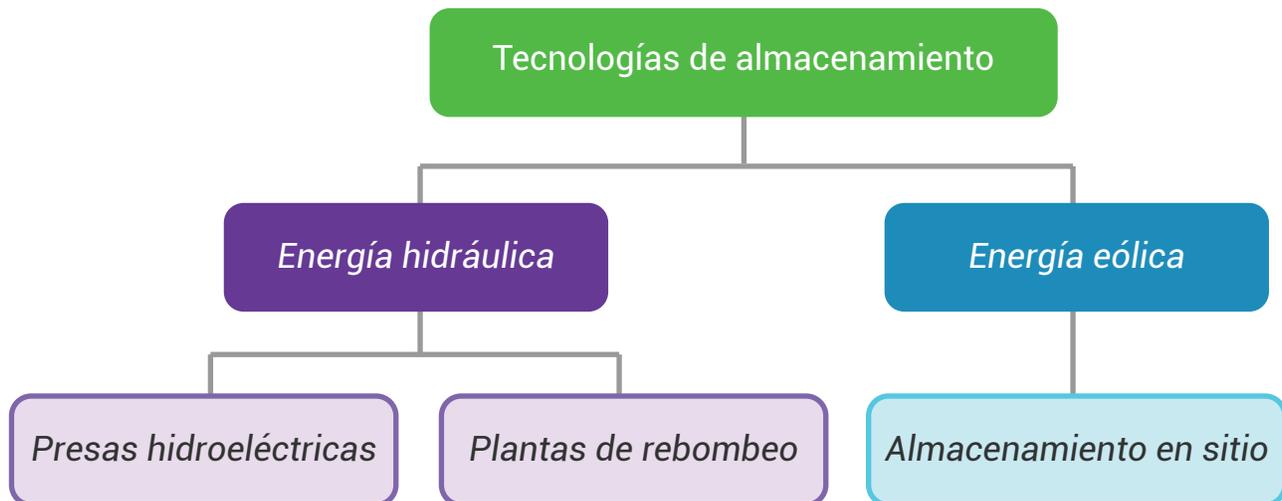
<p>Pronóstico de persistencia</p>	<p>Parte de la idea de que el presente es el mejor pronóstico del futuro. En el caso concreto de la velocidad del viento, la suposición es que la velocidad en un tiempo, es igual a la del paso de tiempo anterior; y esto puede suponerse porque por lo general el viento no varía bruscamente. Evidentemente el pronóstico de persistencia sólo es útil para intervalos de pronósticos cortos: típicamente hasta 10 minutos.</p>
<p>Métodos basados en análisis estadísticos</p>	<p>Basados en el análisis de series de tiempo, algunos consideran solo la temporalidad en un sitio y otros la estructura tiempo-espacial del recurso eólico en una región. La idea de los modelos exclusivamente temporales es que existen patrones estadísticos que se conservan a lo largo del tiempo y por ende pueden utilizarse para pronosticar el futuro. Por su parte, los modelos espacio-temporales incorporan más información al aprovechar que el recurso eólico puede estar correlacionado no solamente en el tiempo, sino también en el espacio.</p>
<p>Métodos basados en análisis físicos</p>	<p>Mientras que los métodos estadísticos no consideran las causas físicas que generan y modifican el viento, existen modelos que resuelven las ecuaciones diferenciales que gobiernan el flujo de masa y energía en la atmósfera. Debido a la naturaleza intrínsecamente confusa de las ecuaciones que describen el flujo de aire en la atmósfera, toda la modelación numérica necesariamente tiene un límite de tiempo hasta el cual los resultados se pueden considerar confiables. Por esto se necesita hacer las simulaciones de manera periódica y basadas en nuevos datos de entrada. Una característica importante de estos métodos es que pequeños errores en los datos de entrada pueden alterar dramáticamente los resultados.</p>

## Métodos híbridos

Existen varias razones por las que los métodos estadísticos y los físicos están limitados en su alcance, sin embargo se considera que hay cierta complementariedad entre ellos. Siendo así, parece natural combinar los dos enfoques para aprovechar las fortalezas de los métodos estadísticos en el corto plazo (desde minutos hasta pocas horas) con la capacidad de los modelos físicos de anticipar cambios significativos en el recurso eólico en una escala de más largo plazo (de pocas horas hasta algunos días).

## Sistemas de almacenamiento

Actualmente las tecnologías de almacenamiento están recibiendo el impulso necesario para figurar como herramientas útiles en el manejo de las redes eléctricas. Algunos ejemplos de estas tecnologías son:



### Presas hidroeléctricas

En las plantas hidroeléctricas, salvo las minihidroeléctricas con capacidades desde algunos kW hasta algunos MW que frecuentemente operan "sobre el filo del agua" (sin necesidad de un envase de acumulación), **el sistema de almacenamiento** forma parte del diseño de la planta, pues se tiene que llenar un envase natural hasta el nivel requerido para alcanzar la diferencia de presión hidrostática deseada. Por esto las turbinas hidráulicas se pueden diseñar para generar una diferencia de presión relativamente constante. Es así que se puede **incrementar la potencia eléctrica** de salida para responder a un incremento en la demanda de la red eléctrica, aumentando el flujo a través de las turbinas; así como también se puede **bajar la potencia eléctrica** al reducir el flujo a través de las turbinas o al permitir el desagüe de la planta en ciertos casos. Siendo así, las plantas hidroeléctricas operan como **plantas despachables**, ya que cuentan con una reserva de energía en la forma de energía potencial hidrostática, que pueden movilizar en el momento y en la medida que se requiere.

## Plantas de rebombeo

Las plantas hidroeléctricas convencionales típicamente basan su funcionamiento en buena medida en su capacidad de almacenar energía, pero el almacenamiento no es su única función. Existen plantas hidroeléctricas, conocidas como plantas de rebombeo, que **no son generadoras** netas de energía, sino que se construyen con el único propósito de **proporcionar capacidad de regulación** al sistema eléctrico. Por consiguiente no son pagadas por generación de energía, sino por **servicios de regulación**. Estas plantas requieren de dos envases de agua entre los cuales el agua fluye según la hora del día. Durante la noche, cuando por lo general la demanda es baja y sobra capacidad de generación, se puede bombear agua desde al envase inferior hacia el superior donde se guarda por algunas horas. Durante el día, en particular durante horas de alta demanda, se abren las compuertas de admisión en el reservorio superior para dejar que la columna de agua que une los dos niveles se desplace hacia abajo, provocando un flujo de agua a través de las turbinas hidráulicas de manera análoga que en las presas hidroeléctricas convencionales, generando así energía eléctrica.

## Almacenamiento en sitio

Existen varios elementos para que un proyecto eólico con almacenamiento en sitio pueda ser exitoso:

- El objetivo del almacenamiento debe ser la reducción o incluso eliminación de las fluctuaciones de la potencia entregada por el parque eólico sobre una escala de tiempo relevante para la regulación de la frecuencia o para permitir que plantas de arranque relativamente lento se pueden programar según las necesidades.
- Almacenar energía para períodos extendidos de calma no debe ser el objetivo del sistema de baterías. Las variaciones lentas y de plazo más largo puede ser anticipadas y atendidas con métodos existentes de despacho y control.
- Entre más preciso el pronóstico de la generación eólica más pequeño puede ser el banco de baterías. La incorporación de un sistema de pronóstico basado en datos de viento y generación en sitio, así como pronósticos del tiempo meteorológicos basados en modelos físicos, permite que se diseñe y construya un sistema de respuesta rápida y de administración inteligente de la energía.
- Los sistemas de almacenamiento también se pueden beneficiar de los avances recientes en la predicción del viento con base en la medición de la velocidad del mismo viento arriba de la turbina.

Como puedes apreciar, la **incorporación de las energías renovables** a las redes eléctricas implica retos importantes que muy probablemente conducirán a una **transformación total del sector**. Por fortuna, los avances en materia de las energías renovables son prácticamente coincidentes con los de muchas áreas de la ciencia y la tecnología.

Por lo tanto no parece haber razones físicas por las cuales no se podría alcanzar un **sector eléctrico** basado 100% en fuentes de energía limpias y renovables, e incluso un

**sector energético** 100% renovable en un futuro no tan lejano.

Trabajo realizado en el marco del Proyecto 266632 "Laboratorio Binacional para la Gestión Inteligente de la Sustentabilidad Energética y la Formación Tecnológica", con financiamiento del Fondo de Sustentabilidad Energética CONACYT-SENER (Convocatoria: S001920101).

El trabajo intelectual contenido en este material, se comparte por medio de una licencia de Creative Commons (CC BY-NC-ND 2.5 MX) del tipo "Atribución-No Comercial Sin Derivadas", para conocer a detalle los usos permitidos consulte el sitio web en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/mx>



Se permite copiar, distribuir, reproducir y comunicar públicamente la obra sin costo económico bajo la condición de no modificar o alterar el material y reconociendo la autoría intelectual del trabajo en los términos específicos por el propio autor. No se puede utilizar esta obra para fines comerciales, y si se desea alterar, transformar o crear una obra derivada de la original, se deberá solicitar autorización por escrito al Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.

SENER  
SECRETARÍA DE ENERGÍA



SEP  
SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA  
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO



CFE  
Comisión Federal de Electricidad

CONACYT  
45 años

Tecnológico  
de Monterrey

INSTITUTO DE  
INVESTIGACIONES  
ELECTRICAS

Colaboran:

Berkeley  
UNIVERSITY OF CALIFORNIA

ASU ARIZONA STATE  
UNIVERSITY