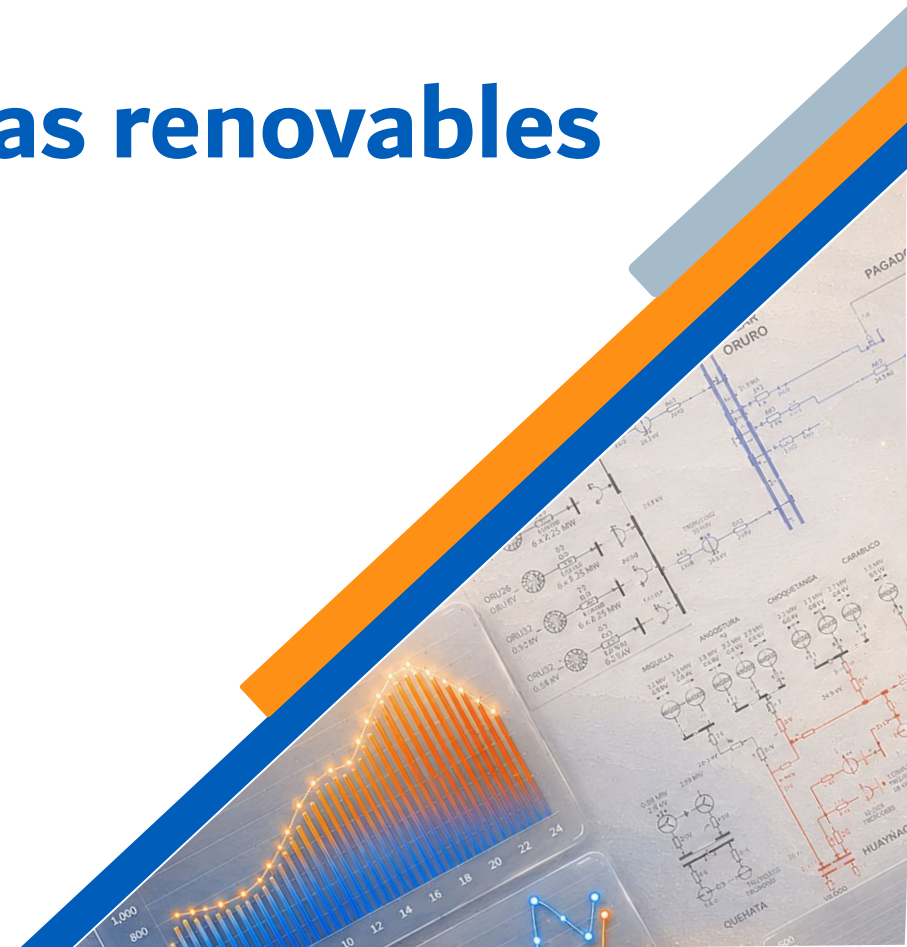


# Sistema de pronóstico de energías renovables variables



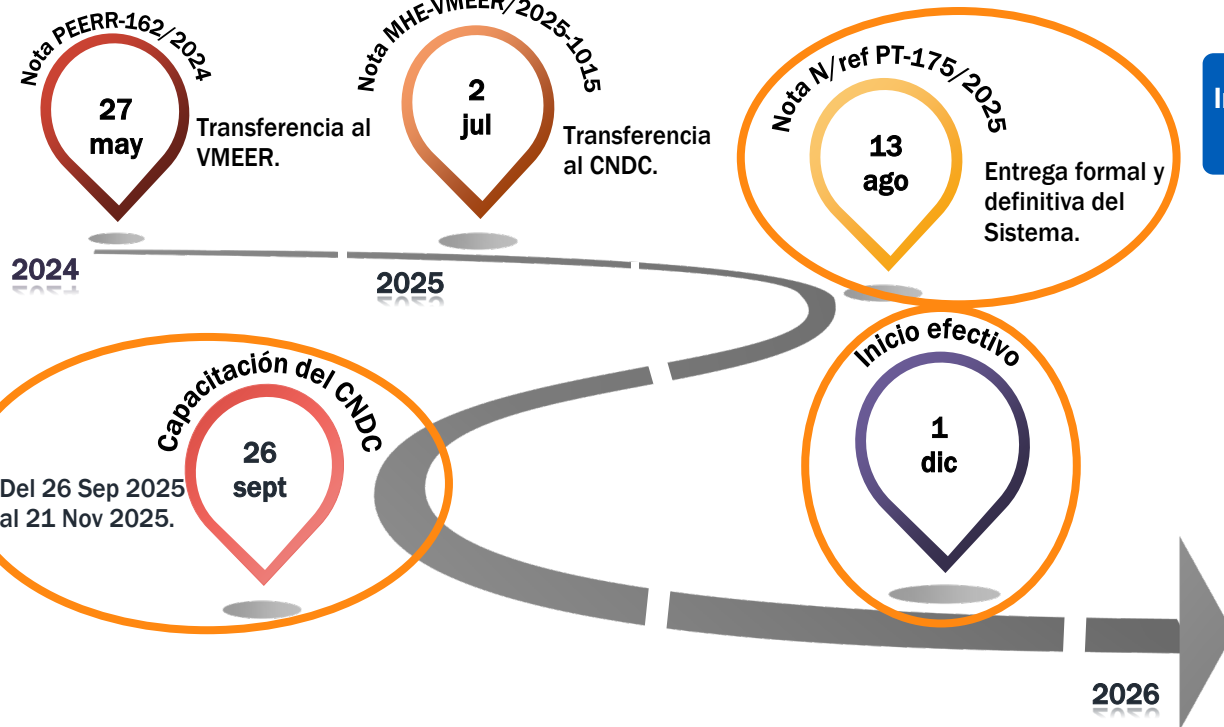
El sistema de pronósticos surge como parte de los esfuerzos de modernización del sector eléctrico frente a la incorporación de **generación renovable variable (eólica y solar)** como parte del programa de la GIZ. A partir de su transferencia y asignación (**13 de Agosto de 2025**), el CNDC asumió el desafío de consolidarlo, adaptarlo y fortalecerlo como una capacidad técnica-operativa propia para el Sistema Interconectado Nacional (SIN) ante la integración de esta generación variable.

## Necesidad del pronóstico de energías renovables variables



### Objetivos del sistema

- Pronosticar la generación solar y eólica.
- Apoyar la operación y programación del sistema.
- Evaluar desempeño de centrales y pronósticos.



## Infraestructura Tecnológica

- UPS
- equipo de comunicación
- aire acondicionado
- 2 equipos NAS Storage
- 3 servidores tipo torre
- 3 servidores de Rack

## Datos de entrada

- Variables meteorológicas (NOAA y Tomorrow)
- Información de los agentes
- Información del CNDC

## Tratamiento de datos

- Verificación
- Estandarización
- Estructuración
- Uso de Base de datos

## Automatización

- Tareas programadas
- Generación de reportes y resultados
- Envío de información

## Herramientas:



Modelo numérico para pronósticos del tiempo y simulaciones atmosféricas



Plataforma para flujos de trabajo automatizados



Lenguaje de programación



Sistema operativo basado en Linux



Soluciones de nube privada



Sistema de gestión de bases de datos relacionales

## Datos de entrada:



Pronósticos de la Empresa de tecnología especializada en inteligencia meteorológica y climática.



Red de servidores web de acceso público y gratuito a un enorme catálogo de datos meteorológicos, oceánicos y climáticos.

## Bibliotecas Python:



Biblioteca para modelos de aprendizaje automático y aprendizaje profundo



Programa de simulación de parques eólicos de la Universidad Técnica de Dinamarca



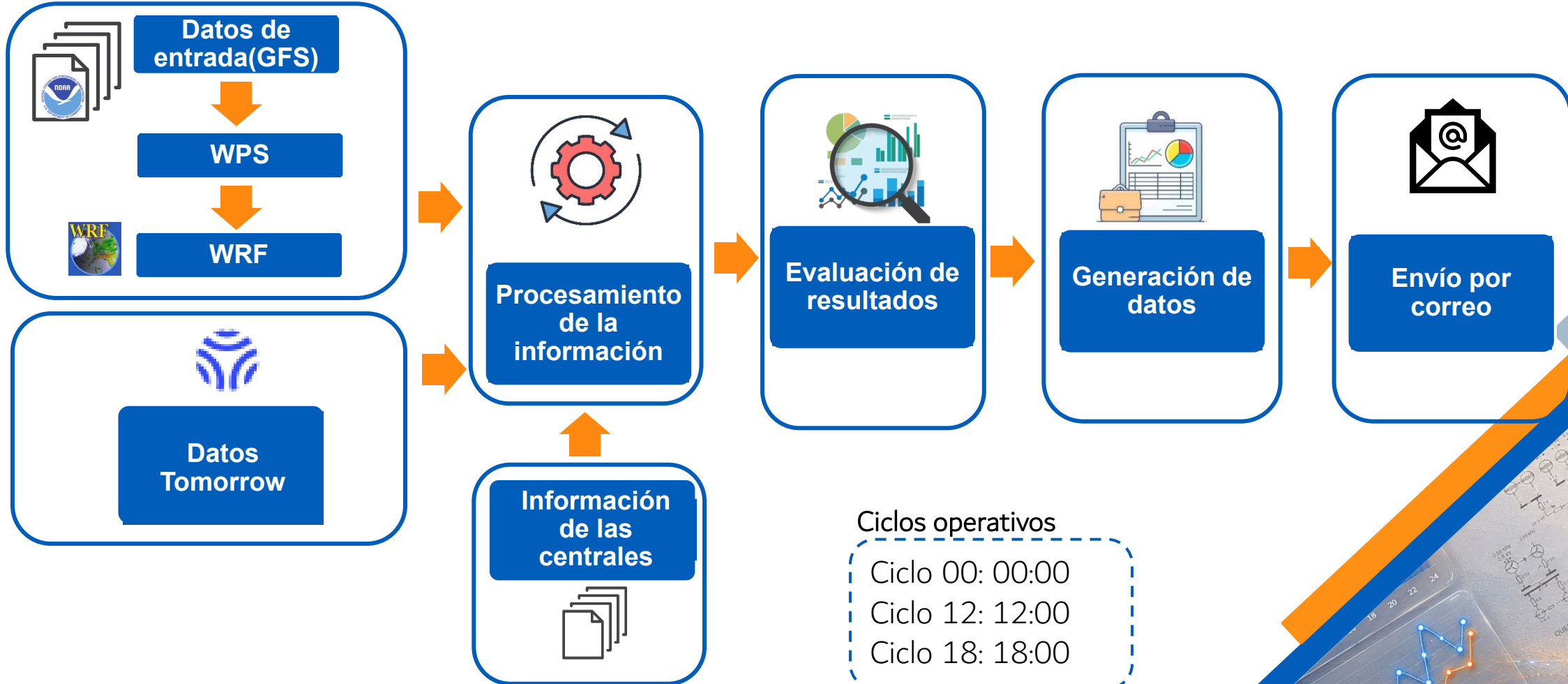
Biblioteca para modelar y simular sistemas de energía solar fotovoltaica



Biblioteca para inteligencia artificial y aprendizaje profundo



## Obtención de datos meteorológicos



**Ciclos operativos**

- Ciclo 00: 00:00
- Ciclo 12: 12:00
- Ciclo 18: 18:00



# Evolución y modernización del sistema

## Estado inicial



Pronóstico Operativo para cada central



Metodología eólica inicial



Infraestructura tecnológica

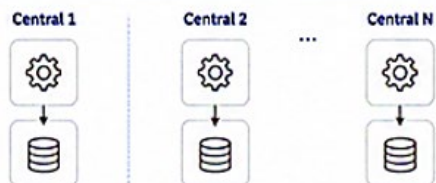


Automatización inicial



Productos Operativos iniciales

### ARQUITECTURA ORIGINAL POR CENTRAL



Procesos específicos por central



## Infraestructura y escalabilidad



- ✓ Todas las centrales
- ✓ Código generalizado
- ✓ Reestructuración y estandarización
- ✓ Actualización librerías

## Gestión de la información de las centrales



## Automatización y productos operativos



## Fortalecimiento de la información meteorológica

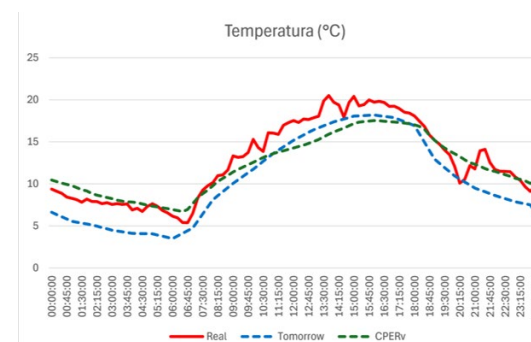
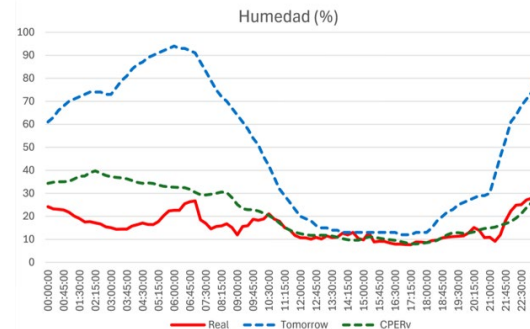
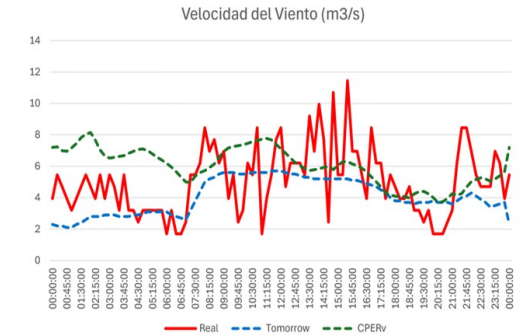
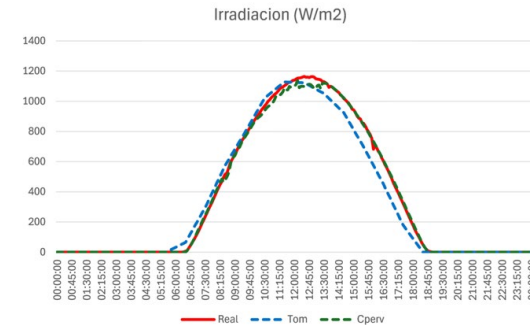
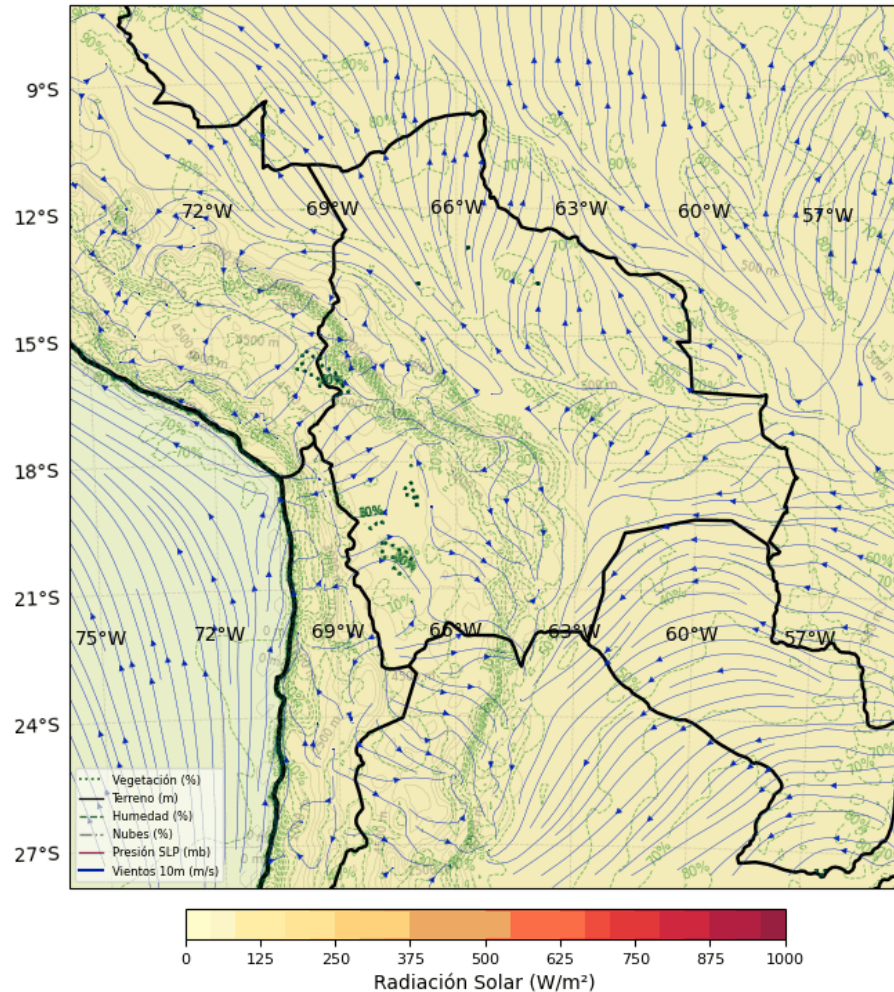


## Consolidación del componente eólico



## Pronósticos variables meteorológicas para centrales solares para 3 días (00-12-18) - Anticipación operativa

Análisis Meteorológico - Modelo WRF - 2026-06-25\_00-00-00  
 Radiación - Mín: 0.0 | Máx: 0.0 | Media: 0.0 ± 0.0  
 Vegetación - Mín: 0.0% | Máx: 9020.0% | Media: 4984.7%  
 Humedad Relativa (2m) - Mín: 3.5% | Máx: 100.0% | Media: 66.2%  
 Viento 10m - Mín: 0.0 | Máx: 13.9 | Media: 2.9 m/s  
 Nubes - Mín: 0.0% | Máx: 0.0% | Media: 0.0%  
 Presión (SLP) - Mín: 10.1 | Máx: 10.3 | Media: 10.2 mb



	FECHA	IRRADIACIÓN		TEMPERATURA		HUMEDAD		VELOCIDAD VIENTO	
		Tomorrow	Sist. Pron.	Tomorrow	Sist. Pron.	Tomorrow	Sist. Pron.	Tomorrow	Sist. Pron.
RMSE	16 feb 26	295.08	366.56	2.75	3.48	16.08	21.44	2.07	2.42
R2	16 feb 26	0.67	0.40	0.92	0.52	0.87	0.44	0.46	0.37
RMSE	08 mar 26	63.11	18.60	2.49	1.73	41.95	10.16	2.09	2.55
R2	08 mar 26	0.98	1.00	0.97	0.93	0.56	0.44	0.23	0.00

R2: Métrica estadística que indica qué porcentaje de la variación en una variable dependiente

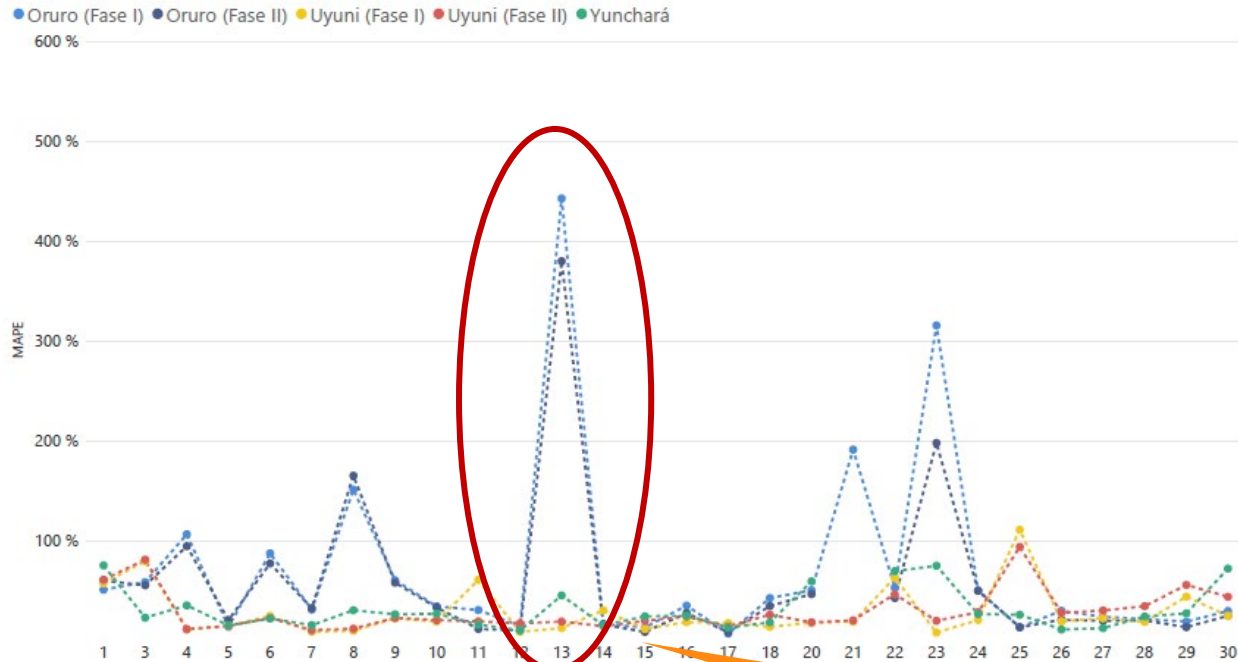
RMSE: (Raíz del Error Cuadrático Medio) es una métrica estadística que mide la diferencia promedio entre los valores predichos por un modelo y los valores reales observados



## Análisis de desempeño de centrales solares - Evaluación de desviaciones, Gestión y mejora continua

### Boletín de desempeño mensual Abril 2026

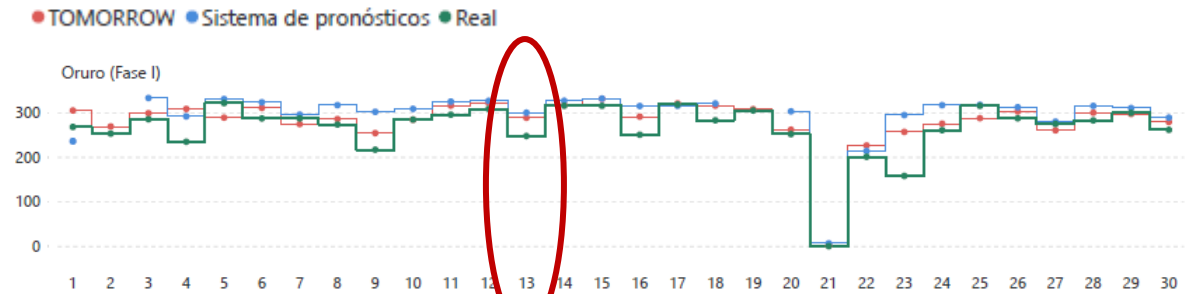
#### Desempeño diario



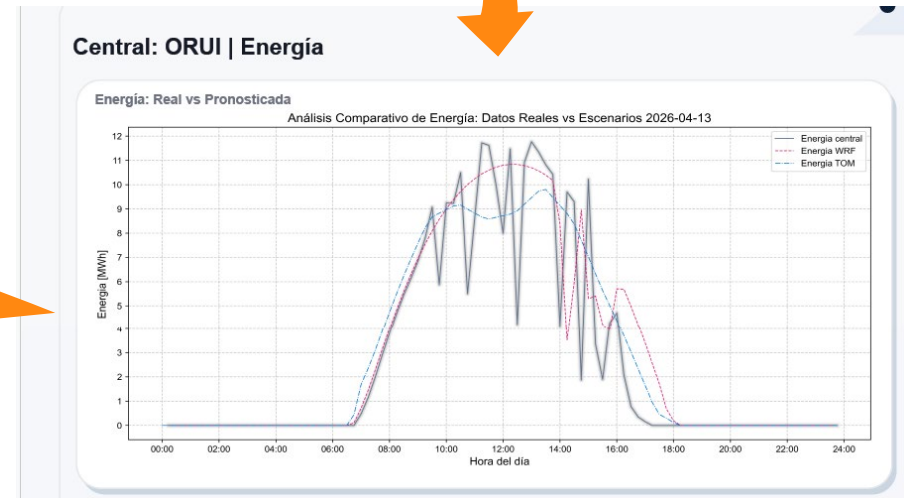
MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) es una métrica que evalúa la precisión de un modelo de pronóstico.

### Boletín de desempeño mensual Abril 2026

#### Generación diaria por central (en MWh)



#### Boletín de desempeño diario

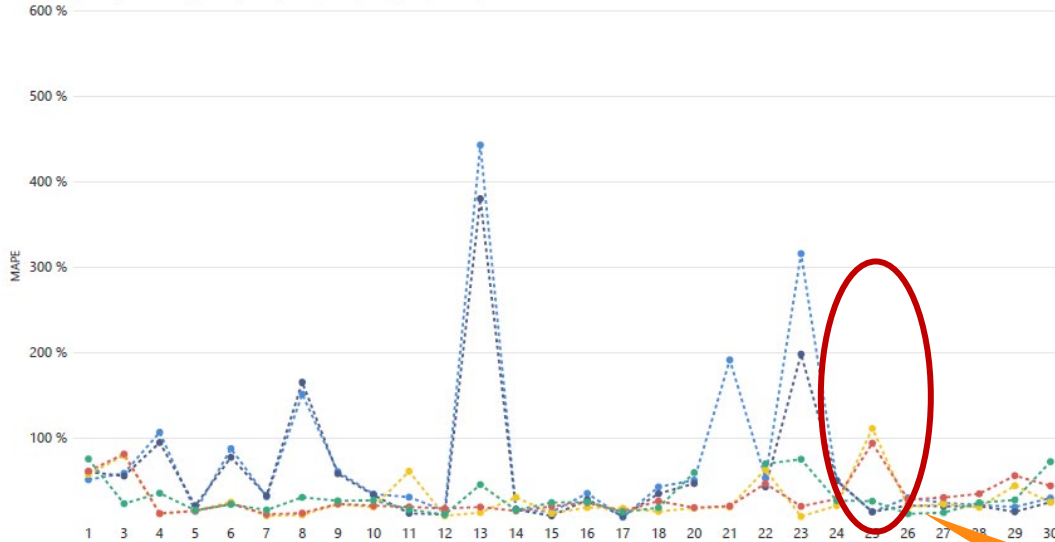


## Análisis de desempeño de centrales solares - Evaluación de desviaciones, Gestión y mejora continua

### Boletín de desempeño mensual Abril 2026

Desempeño diario

● Oruro (Fase I) ● Oruro (Fase II) ● Uyuni (Fase I) ● Uyuni (Fase II) ● Yunchará



MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) es una métrica que evalúa la precisión de un modelo de pronóstico.

### Información de despacho diario

OTROS EVENTOS	
DE_HRS	A_HR CAUSA
07:01	16:55 ENDE GUARACACHI limitó la generación de Planta Solar Uyuni a 20 MW, debido al mantenimiento de la línea en 115 kV Punutama - Potosí.

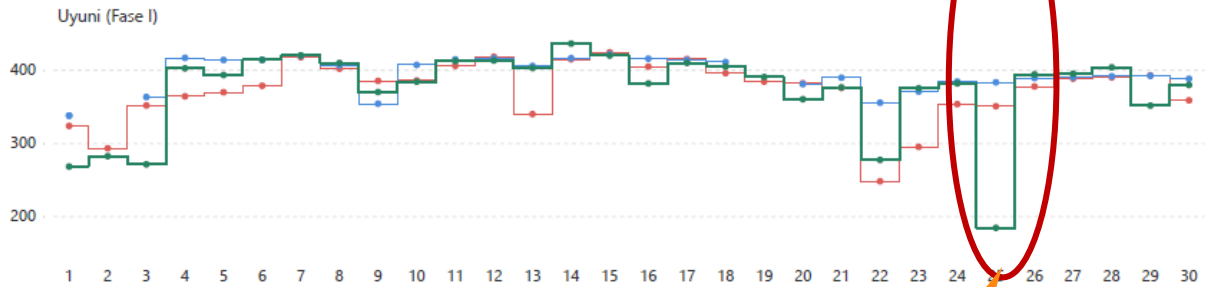
#### INSTALACIONES EN MANTENIMIENTO

AGENTE	CAT	COMPONENTE	DE_HRS	A_HRS	TIPO	TRABAJO
ENDE GUARACACHI	G	UYU12	08:25	18:00	Programado	Mantenimiento tipo A.
ENDE GUARACACHI	G	UYU11	08:25	13:00	Programado	Mantenimiento tipo A.
ENDE GUARACACHI	G	UYU11	13:00	17:12	Programado	Extensión de mantenimiento.
ENDE GUARACACHI	G	UYU12	18:00	18:30	Programado	Extensión de mantenimiento.

### Boletín de desempeño mensual Abril 2026

Generación diaria por central (en MWh)

● TOMORROW ● Sistema de pronósticos ● Real

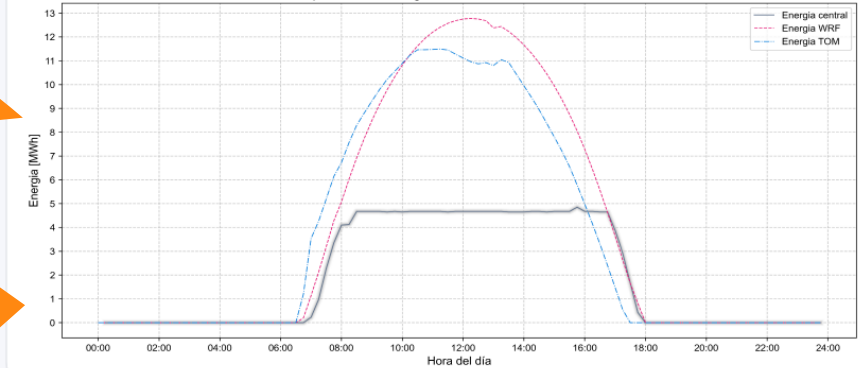


### Boletín de desempeño diario

Central: UYUI | Energía

Energía: Real vs Pronosticada

Análisis Comparativo de Energía: Datos Reales vs Escenarios 2026-04-25



*El objetivo no es predecir lo impredecible; es reducir la incertidumbre para tomar mejores decisiones.*

