

The logo features the word "Ingeteam" in a bold, italicized red font. To its right is a red rectangular box containing the tagline "ELECTRIFYING A SUSTAINABLE FUTURE" in white, uppercase, sans-serif font. The background consists of light gray, wavy, abstract shapes on a white background.

Ingeteam ELECTRIFYING A SUSTAINABLE FUTURE

Ingeteam

ELECTRIFYING
A SUSTAINABLE FUTURE

OUR VALUES



Electric power conversion



Clients' needs



Our people



Continuous Innovation



COPILOTS IA PARA OPERACIÓN WTGs EN CENTRO DE CONTROL

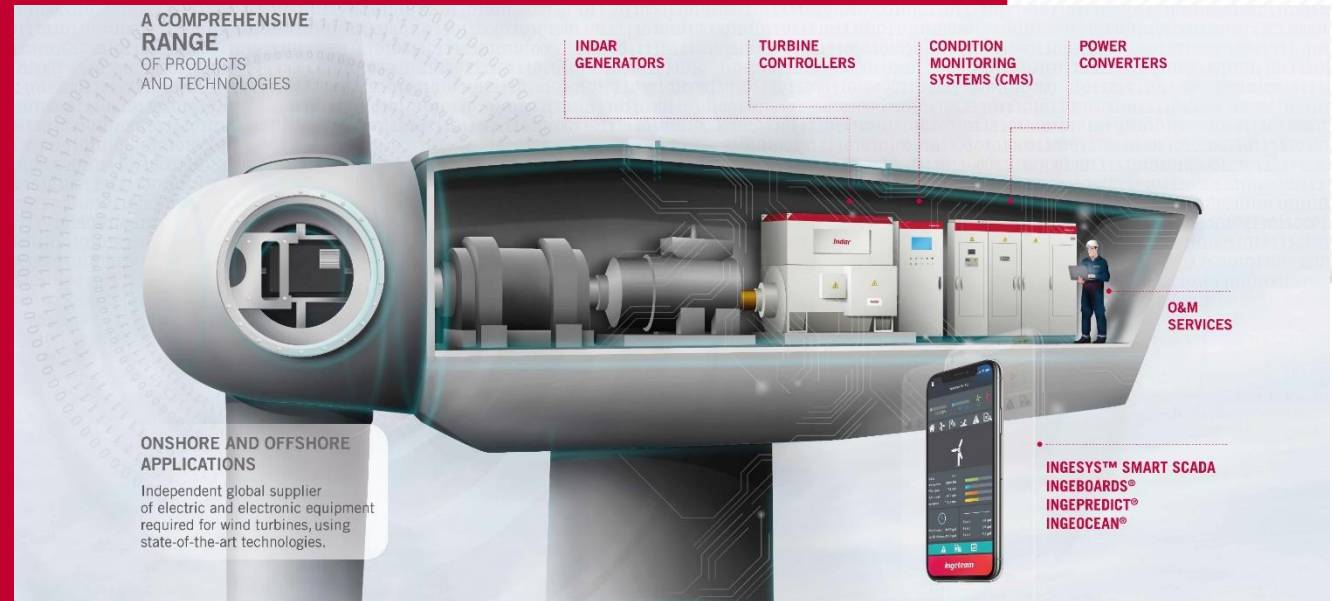
ÍNDICE

Inteligencia Artificial Generativa y LLMs

Anatomía de Centro de Control

Casos de uso eólicos

Conclusiones



COPILOTS IA PARA OPERACIÓN WTGs EN CENTRO DE CONTROL

Inteligencia Artificial Generativa y LLMs

OPORTUNIDAD

LLMs destacan:

- ☐ Comprensión y generación de lenguaje natural.
- ☐ Comprensión de datos no estructurados.
- ☐ Capacidad de razonamiento.
- ☐ Rápida evolución.

RETO

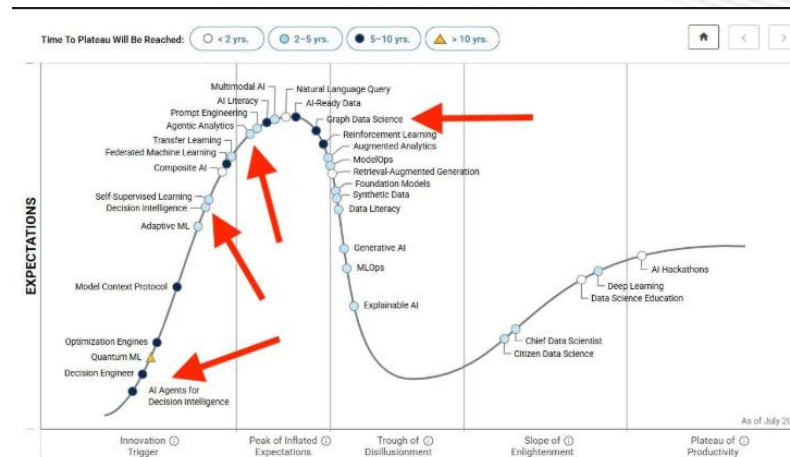
“You can see the computer age everywhere but in the productivity statistics.”



Robert Solow, 1987

“The 95% failure rate for enterprise AI solutions represents the clearest manifestation of the GenAI Divide”

“The GenAI Divide: State of AI in Business 2025”, MIT



COPILOTS IA PARA OPERACIÓN WTGs EN CENTRO DE CONTROL

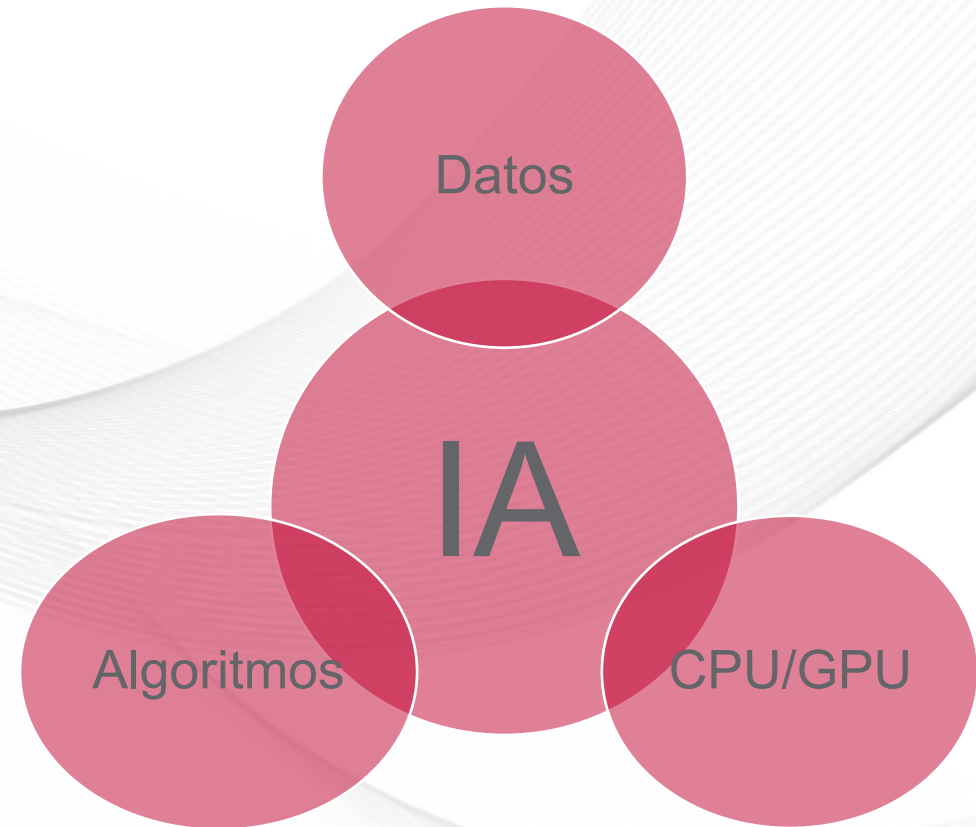
Inteligencia Artificial Generativa y LLMs

DATOS - Openness

El 80% del esfuerzo en ML se dedica a recopilar, limpiar y estructurar datos (no a ajustar algoritmos).

Los datos son clave ; embeben el conocimiento vertical específico (RAG) => *prompt engineering* | *context engineering*

Algoritmos y computación están disponibles como LLMs en el mercado (APIs como OpenAI o Gemini, o Deep Seek).



COPILOTS IA PARA OPERACIÓN WTGs EN CENTRO DE CONTROL

Inteligencia Artificial Generativa y LLMs

LLM



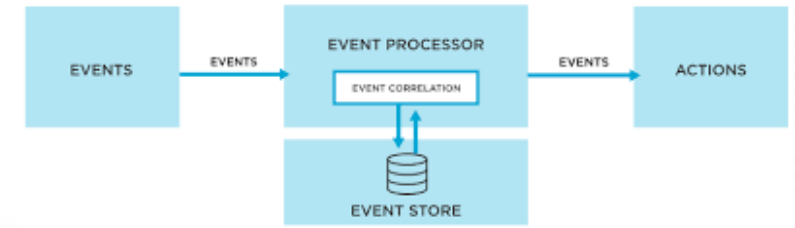
Pros:

- ☐ Comprensión de datos no estructurados.
- ☐ Capacidad de razonamiento.
- ☐ Tecnología habilitadora generalista.
- ☐ Interfaz natural: lenguaje.
- ☐ Rápida evolución.

Cons:

- ☐ No deterministas.
- ☐ Alucinaciones.
- ☐ Opacidad.

CEP



Pros:

- ☐ Procesamiento en tiempo real
- ☐ Simplicidad de reglas declarativas.
- ☐ Determinismo.
- ☐ Bajo coste computacional.
- ☐ Madurez.

Cons:

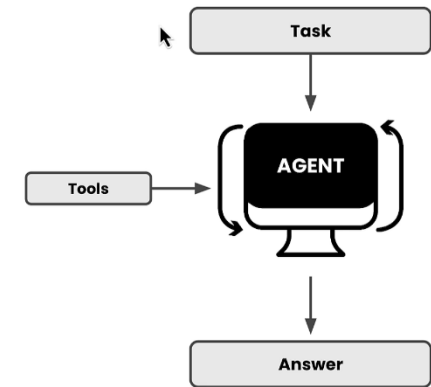
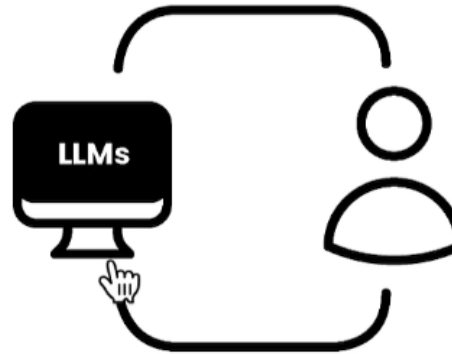
- ☐ Dependencia de reglas explícitas.
- ☐ No generalización.
- ☐ Complejidad de reglas.
- ☐ Rigidez: dificultad de incorporar información no estructurada.

COPILOTS IA PARA OPERACIÓN WTGs EN CENTRO DE CONTROL

Inteligencia Artificial Generativa y LLMs

Agentes IA

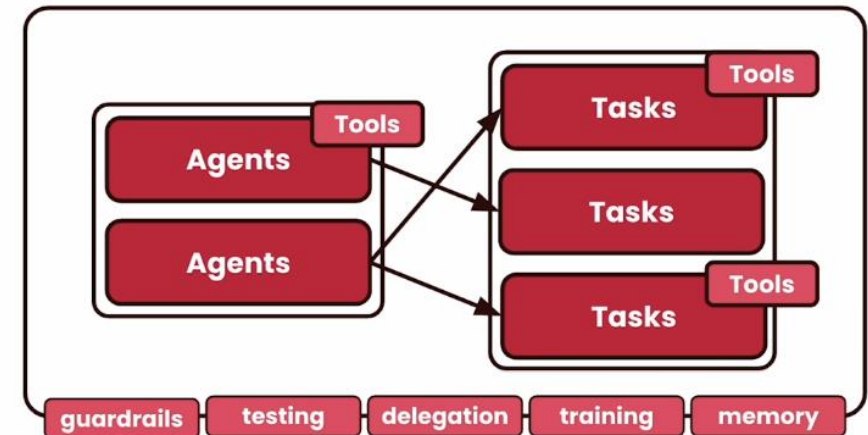
- ☐ Autonomía
- ☐ Proactividad y planificación
- ☐ Interacción entre agentes
- ☐ Memoria de corto/largo plazo
- ☐ Tools



Arquitecturas multi agente => orquestación

Especialización de agentes y división del trabajo: analizador de manuales, diagnosticador de alarmas, evaluador de riesgo de incendio, analista de KPIs de ML,...

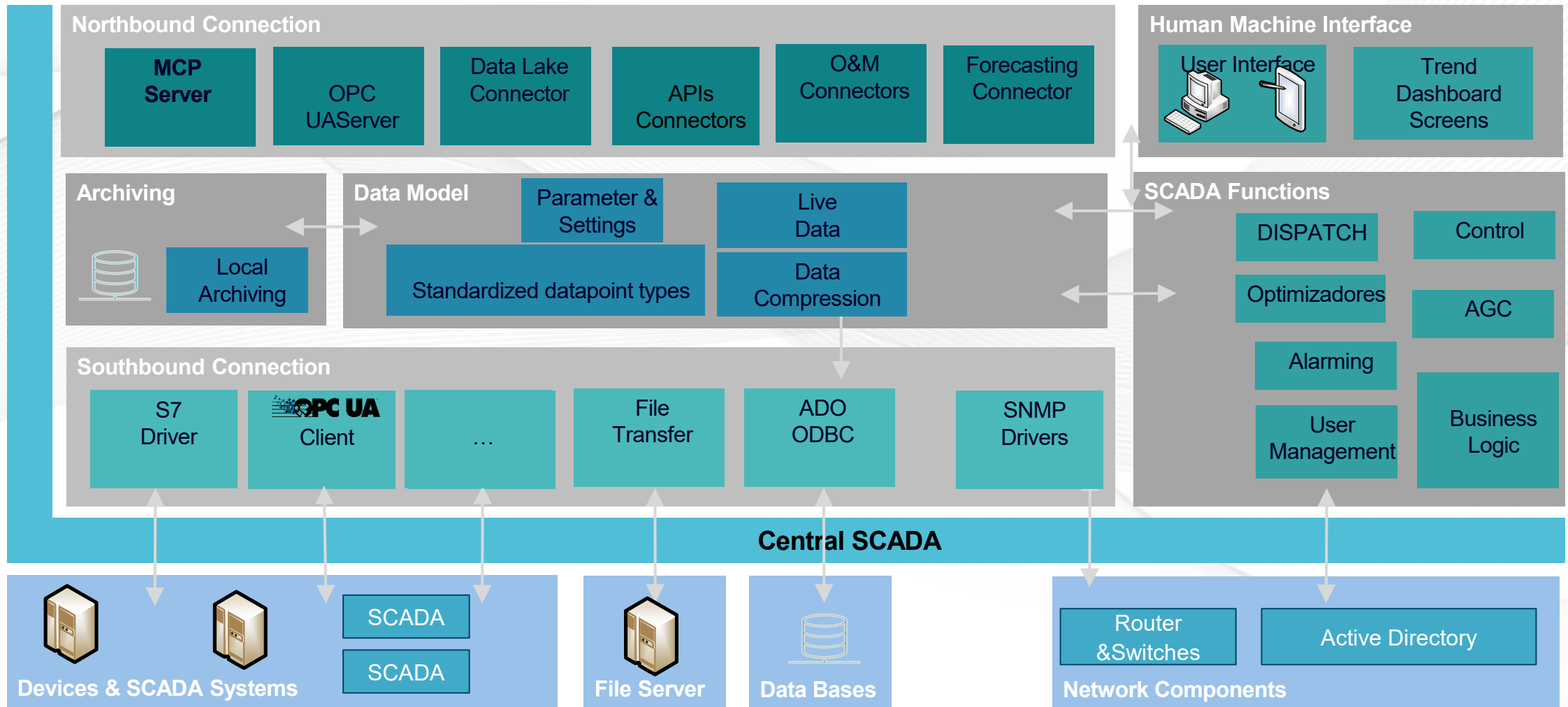
Cada agente emplea un LLM distinto o con ajustes (“personalidad”) diferente.



COPILOTS IA PARA OPERACIÓN WTGs EN CENTRO DE CONTROL

Centro de Control

Estructura modular y abierta



COPILOTS IA PARA OPERACIÓN WTGs EN CENTRO DE CONTROL

Centro de Control

Necesidades

Necesidades primarias

Adquisición y calidad de datos
Conectividad y drivers de comunicación.
Gran consumo de recursos y esfuerzo.

Capa intermedia (funciones SCADA):

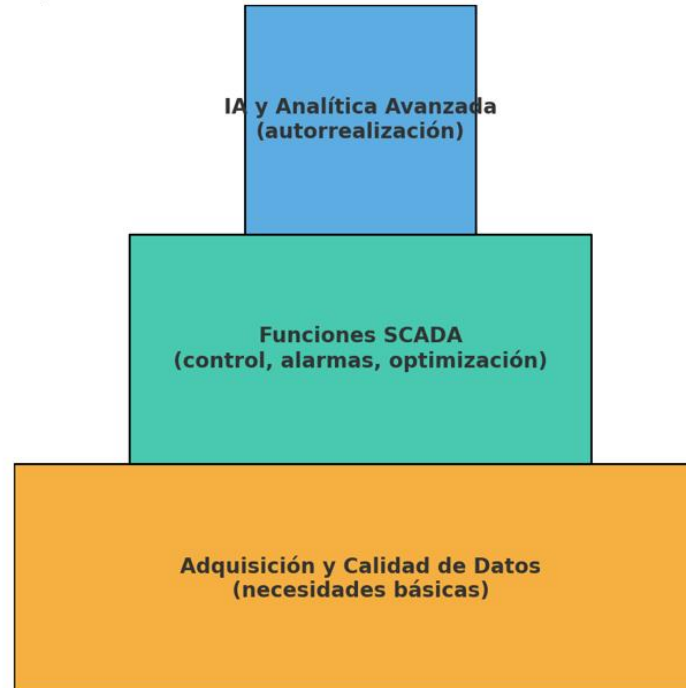
Control, alarmas, seguridad operativa
Gestión de usuarios, lógica de negocio
Optimización de la operación

Capa superior (valor añadido):

Analítica avanzada (ML)
Forecasting y optimizadores
Agentes IA
Dashboards



La pirámide de Maslow del Centro de Control



COPILOTS IA PARA OPERACIÓN WTGs EN CENTRO DE CONTROL

Casos de Uso - Copilots

COPILOTS CENTRO DE CONTROL

INGETEAM Copilot Operación: Operación inteligente de WTGs

INGETEAM Copilot O&M: Diagnóstico inteligente de salud de WTG y asistencia de O&M de WTGs



COPILOTS IA PARA OPERACIÓN WTGs EN CENTRO DE CONTROL

Casos de Uso - Copilots

Contexto: flujos de información en Operación de WTGs

Real Time data

WTG Alarms, States

Machine Learning KPIs

Dispatch

Forecasts

Contracts & Budget

Operator Notes

O&M records



User Guides

OEM Procedures

Internal Technical Docs



OPERATION

COPILOTS IA PARA OPERACIÓN WTGs EN CENTRO DE CONTROL

Casos de Uso - Copilots

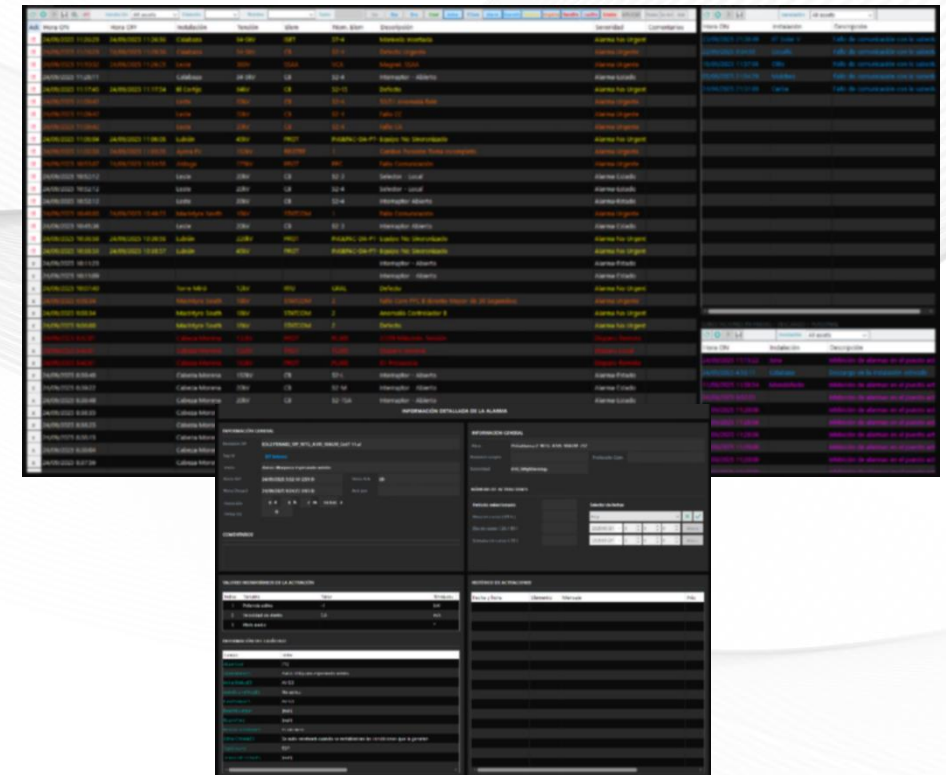
Operación Inteligente de WTGs

Cuando un WTG deja de producir, ¿qué acción debe tomar el operador desde el Centro de Control?

RETO: sobrecarga de información

Objetivos:

- ☐ ASISTENCIA: mejorar la comprensión del contexto de los operadores
- ☐ AUTOMATIZAR operaciones rutinarias
- ☐ SEGURIDAD: mejorar la seguridad mediante una mejor comprensión del contexto de la WTG



COPILOTS IA PARA OPERACIÓN WTGs EN CENTRO DE CONTROL

Casos de Uso - Copilots

Copilot de Operación

Se genera un informe al Operador con recomendación, justificación, información de apoyo para la WTG solicitada

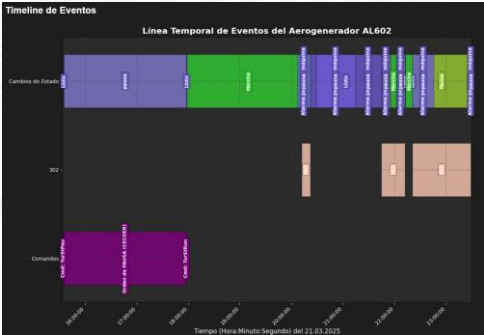
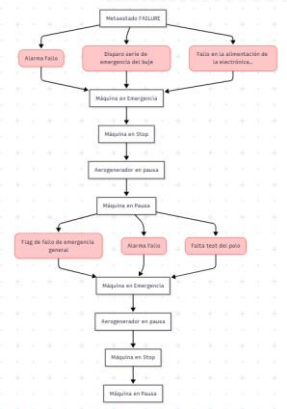
Análisis de la secuencia de alarmas

- 1) Estado actual del aerogenerador:
El aerogenerador AL608 se encuentra en estado "Emergencia", sin producción, tras una secuencia de alarmas de emergencia y fallo. La última alarma activa es una emergencia general y fallo del test del polo (1801).
- 2) Recomendación de actuación:
Se recomienda verificar en campo la causa raíz de la alarma 1801 y el estado del sistema antes de intentar cualquier rearme. No realizar rearme remoto hasta diagnóstico presencial.
- 3) Resumen ejecutivo de las alarmas responsables:
Las paradas y el cambio a estado de emergencia han sido causados principalmente por la activación recurrente de las alarmas 1801 ("Falta test del polo", reacción: Emergencia, reset: B2), 907 ("Disparo serie de emergencia hub", Emergencia, B2), y 5225 ("Fallo en la alimentación de la electrónica analógica", Emergencia, B2) provocan la transición de la máquina a estados de Emergencia y Stop. Se observan además resets locales (911 y 2116) como consecuencia de la reiteración de fallos.
- Codificación clave de alarmas asociadas:
 - 1801: "Falta test del polo". Criterio: No se recibe el modo OK del test del polo en los tiempos definidos estando en Pausa/Marcha. Reacción: Emergencia. Reset: Automático tras 6h, a Pausa tras 5 min. Disponibilidad: No.
 - 907: "Disparo serie de emergencia hub". Criterio: La serie de emergencia del Hub permanece abierta. Reacción: Emergencia. Reset: Automático tras 6h. Disponibilidad: No.
 - 5225: "Fallo en la alimentación de la electrónica analógica". Criterio: Falla la monitorización de la tensión de alimentación. Reacción: Emergencia. Reset: Automático tras 6h, a Pausa tras 5 min. Disponibilidad: No.
 - 911: "Paso Emergencia-Reset local". Criterio: Cambio a reacción local por reiteración de emergencia. Reacción: Emergencia. Reset: Local. Disponibilidad: No.
 - 2116: "Cambio de reset a Local". Criterio: Cambio de criterio de reset de alguna alarma. Reacción: Aviso. Reset: Manual. Disponibilidad: Sí.

En suma, el aerogenerador está detenido por repetición de emergencias ligadas a fallos críticos eléctricos/internos. No se debe rearme remoto sin verificación presencial, dado el criterio de "Emergencia" y la no disponibilidad asociada a estos códigos.

Tabla resumen de alarmas

CodigoAlarma	priority	num_activations	is_active	TextoAlarma	CriterioDisparo	Reacción	Reset	ResetCodeTrimmed	D
1801	40	4	1	Falta test del polo	Esta alarma se activa si se produce alguna de las siguientes dos condiciones: - Cuando está en PAUSA y solicita MARCHA, no se recibe el modo OK del test del polo durante más de 120 segundos. [cite: 769] - Cuando está en MARCHA y el modo OK del test del polo no se recibe durante más de 120 segundos. [cite: 770]	Emergencia	B2 (6h)	B2	S
2116	10	1	1	Cambio reseteo Remoto->Local	Alguna alarma cambia su criterio de auto a local. [cite: 812]	Aviso	E	E	S
5225	40	1	0	Fallo en la alimentación de la electrónica analógica	Se produce instantáneamente, si falla la monitorización interna de la tensión de alimentación de la electrónica analógica del control. [cite: 842]	Emergencia	B2 (6h) tras 5 m a Pausa	B2	S
907	40	1	0	Disparo serie de emergencia hub	La serie de emergencia del Hub permanece abierta. [cite: 758]	Emergencia	B2 (6h)	B2	S
911	50	1	1	Paso Emergencia-Reset local	Se ha producido un cambio en la reacción de una alarma por reiteradas apariciones de la misma. [cite: 760] Paso a emergencia reseteable localmente.	Emergencia	A	A	S



COPILOTS IA PARA OPERACIÓN WTGs EN CENTRO DE CONTROL

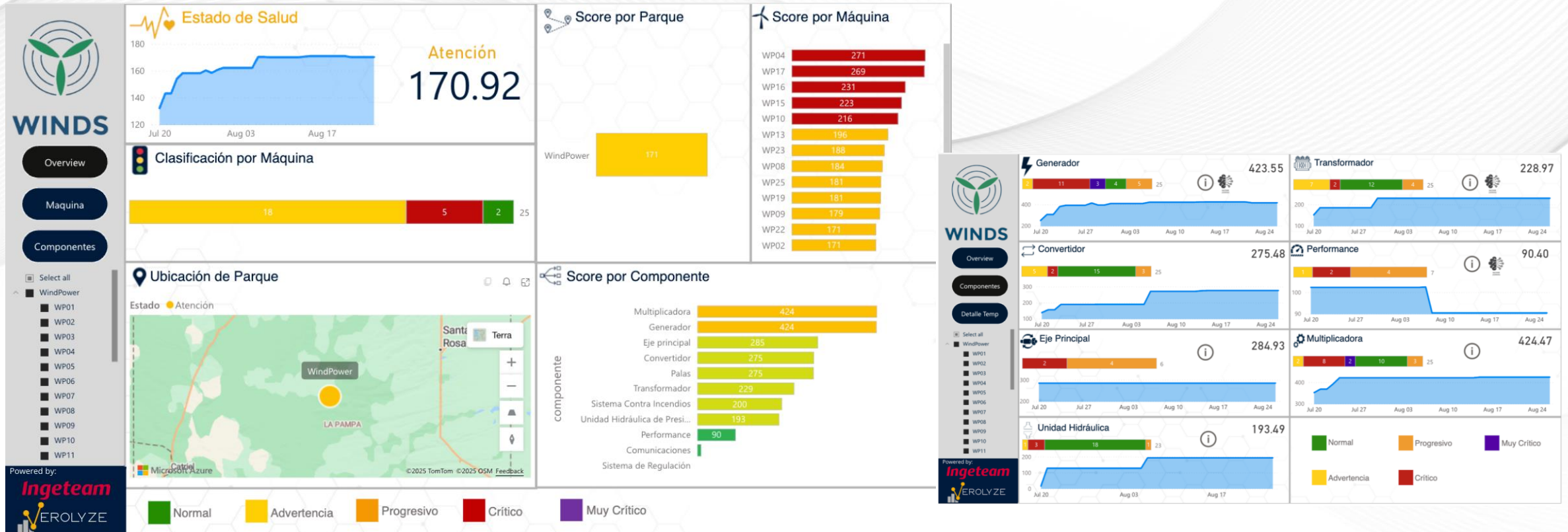
Casos de Uso - Copilots

Copilot O&M

Evaluación data-driven de la salud de WTGs y componentes clave

Integra información O&M y de modelos ML (aprendizaje automático) y genera recomendaciones concretas de actuación en O&M

Ingeteam



COPILOTS IA PARA OPERACIÓN WTGs EN CENTRO DE CONTROL

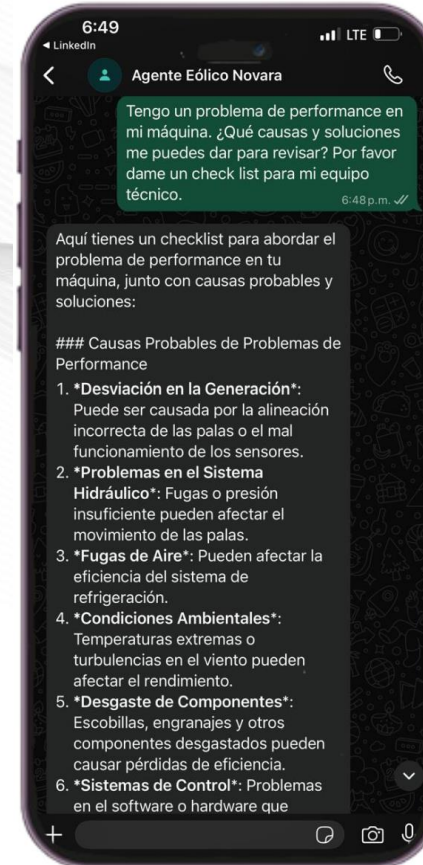
Casos de Uso - Copilots

Copilot O&M

Evaluación data-driven de la salud de WTGs y componentes clave

Integra información O&M y de modelos ML (aprendizaje automático) y genera recomendaciones concretas de actuación en O&M

Ingeteam



COPILOTS IA PARA OPERACIÓN WTGs EN CENTRO DE CONTROL

Conclusiones



Factores Técnicos y Operativos Clave:

Personas

Datos

Prompt Engineering

Observabilidad y fine tuning

Guardrails

Enfoque híbrido: agentes IA + lógicas deterministas



Resultados

Mejoras en la operación:

Automatización de Rearmes de WTG

Enriquecimiento de los criterios de operación

Mejora en la difusión del conocimiento experto

Reducción de tiempo de generación de reportes

Reducción de tiempo de capacitación de nuevos operadores

Mejora significativa en el O&M de WTG en campo.



www.ingetteam.com