

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 several overlapping, semi-transparent, light gray wavy lines that create a sense of motion and depth.

***Ingeteam*** ELECTRIFYING A SUSTAINABLE FUTURE



# Ingeteam

ELECTRIFYING  
A SUSTAINABLE FUTURE

## OUR VALUES



Electric power conversion



Clients' needs



Our people



Continuous Innovation

Jorge Acedo  
Global R&D Control Systems  
Director – INGETEAM

[jorge.acedo@ingetteam.com](mailto:jorge.acedo@ingetteam.com)





# COPILOTS IA PARA OPERACIÓN WTGs EN CENTRO DE CONTROL

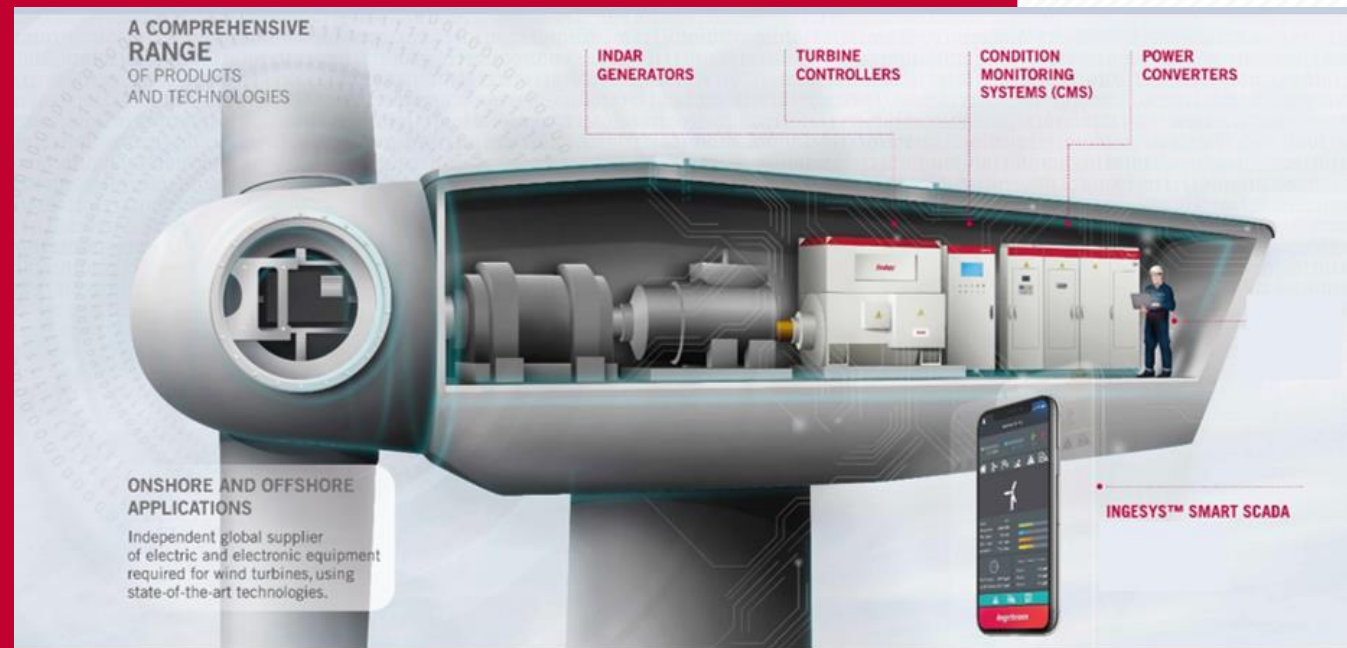
## ÍNDICE

Inteligencia Artificial Generativa y LLMs

Anatomía de Centro de Control

Casos de uso eólicos

Conclusiones



# OPORTUNIDAD

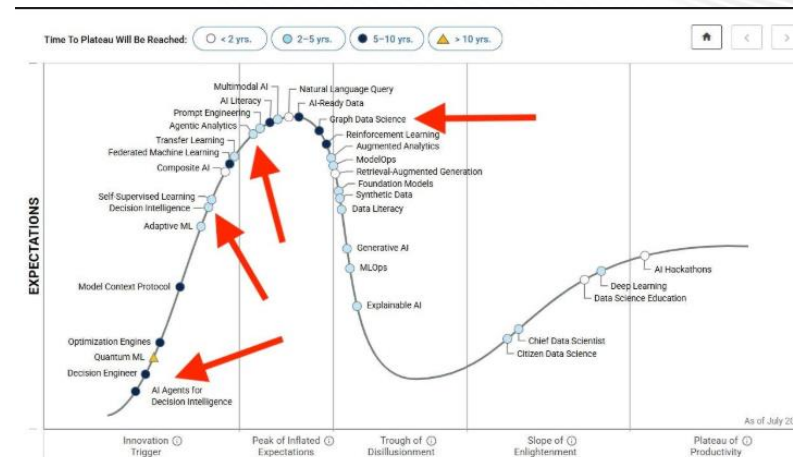
- ❑ Comprensión y generación de lenguaje natural
- ❑ Comprensión de datos no estructurados.
- ❑ Capacidad de razonamiento.
- ❑ Rápida evolución.

*"You can see the computer age everywhere but in the productivity statistics."*

?

*“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

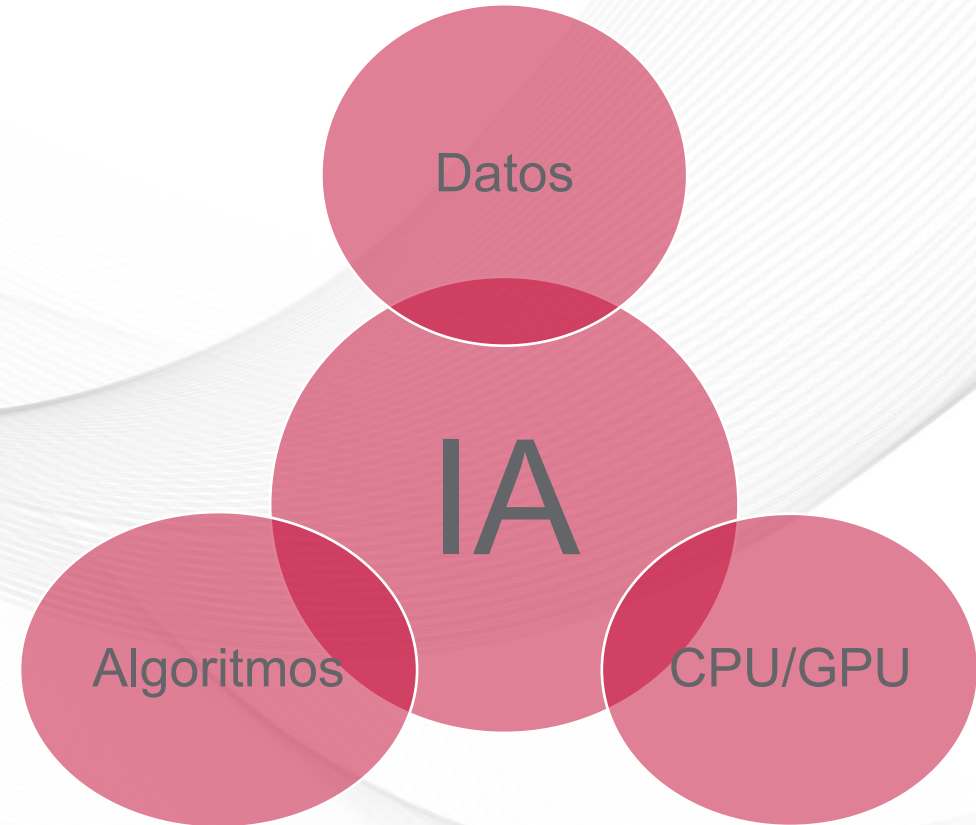
## Inteligencia Artificial Generativa y LLMs

### DATOS - Openness

El 80% del esfuerzo en Machine Learning (ML) se dedica a recopilar, limpiar y estructurar datos

Los datos son clave: codifican conocimiento vertical específico  
*Prompt engineering* | *context Engineering* | RAG

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



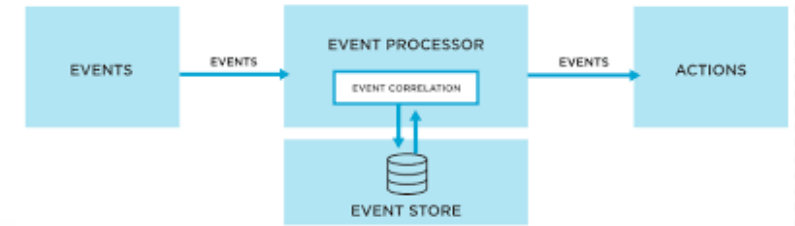
#### Pros:

- ☐ 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

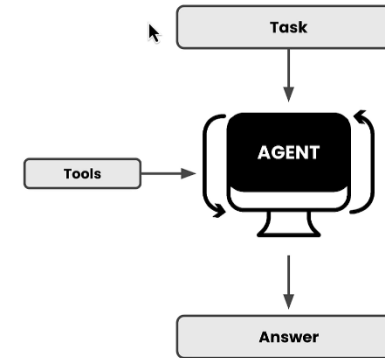
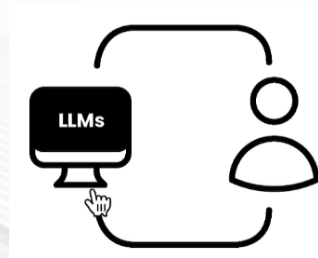


# COPILOTS IA PARA OPERACIÓN WTGs EN CENTRO DE CONTROL

## Inteligencia Artificial Generativa y LLMs

### Agentes IA

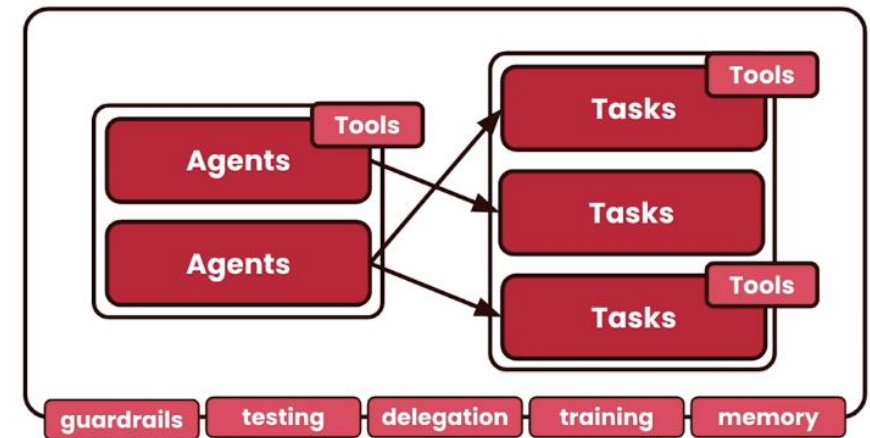
- ☐ Autonomía
- ☐ Proactividad y planificación
- ☐ Interacción entre agentes
- ☐ Memoria de corto/largo plazo
- ☐ Tools



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 Digital Twin,

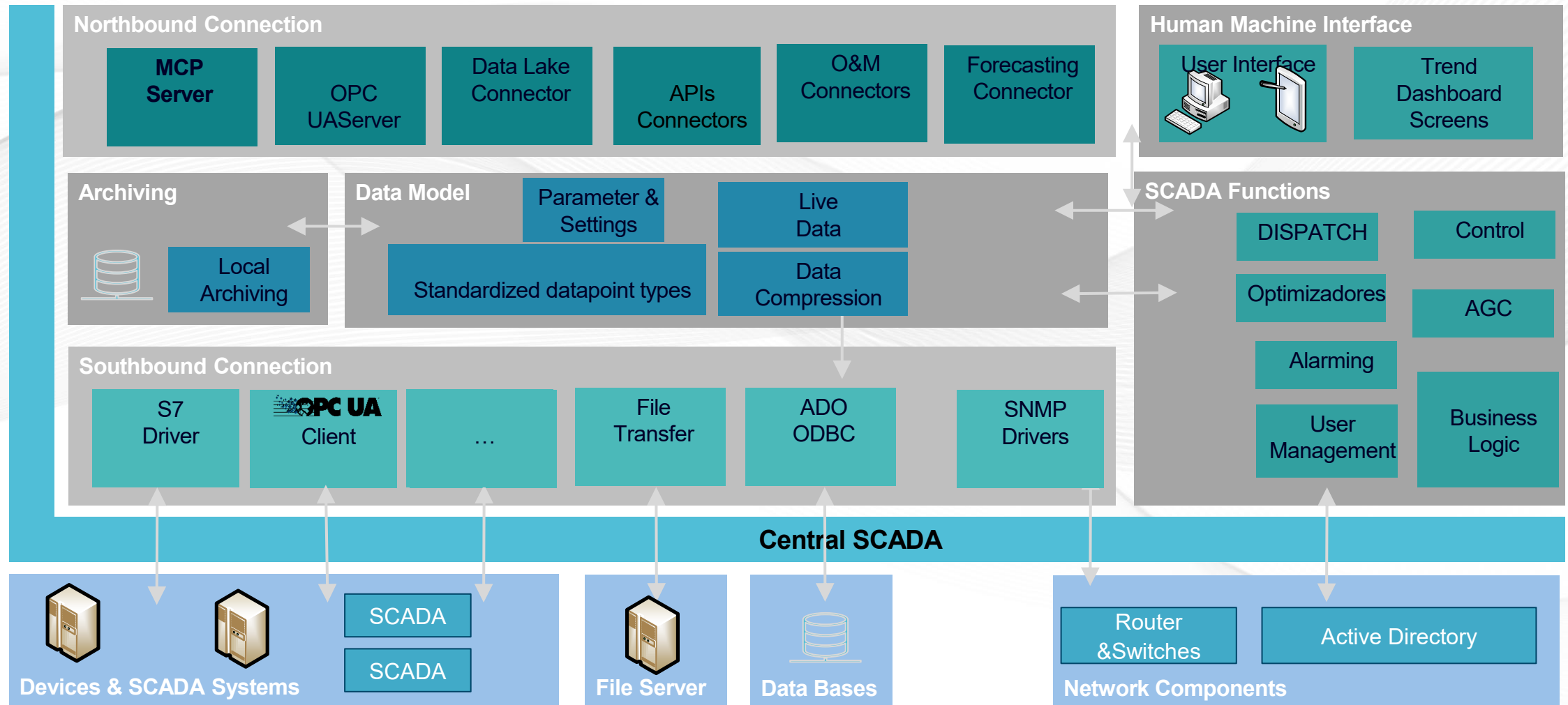
Cada agente emplea un LLM distinto o con ajustes (“personalidad”) diferente.



# 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

## 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

Agentes IA + RAG

OPERATION

# COPILOTS IA PARA OPERACIÓN WTGs EN CENTRO DE CONTROL

## Casos de Uso - Copilots

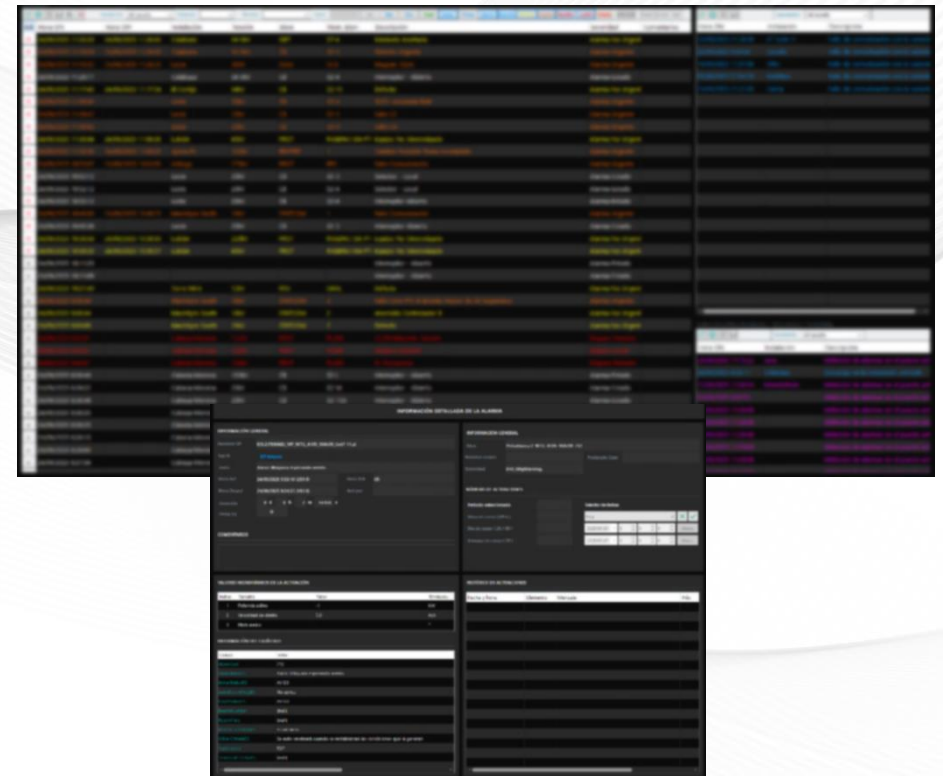
### Copilot de Operación

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 AL602 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 ("Fallo test del polo", reacción: Emergencia, reset: 802), 907 ("Disparo serie de emergencia hub", Emergencia, 802), y 5225 ("Fallo en la alimentación de la electrónica analógica", Emergencia, 802), y 5225 ("Fallo en la alimentación de la electrónica analógica", Emergencia, 802), y 5225 ("Fallo en la alimentación de la electrónica analógica", Emergencia, 802).

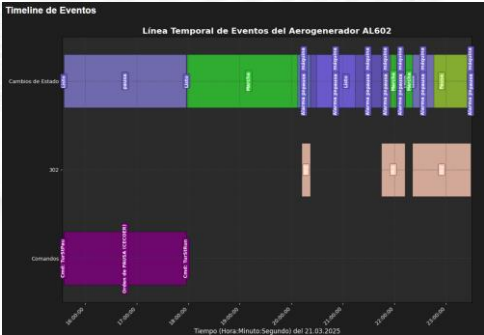
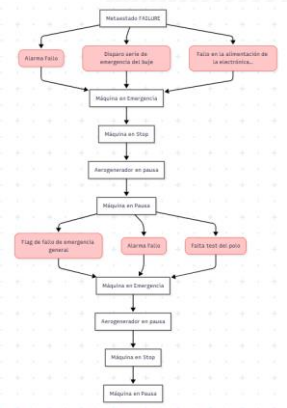
Codificación clave de alarmas activadas:

- 1801 "Fallo 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 5h, 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 5h. Disponibilidad: No.
- 5225 "Fallo en la alimentación de la electrónica analógica": Criterio: Fallo la monitorización de la tensión de alimentación. Reacción: Emergencia. Reset: Automático tras 5h, a Pausa tras 5 min. Disponibilidad: No.
- 911 "Paso Emergencia-Reset local": Criterio: Cambio a reacción local por cancelación 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: Si.

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

Código/Alarma	priority	num_activaciones	la_activa	Texto/Alarma	Criterio/Disparo	Reacción	Reset	Reset/Código/Tránsito	...
1801	40	4	1	Fallo test del polo	Esta alarma se activa si se produce alguna de las siguientes dos condiciones: - Cuando está en Pausa/Stop y sufre la SERRCH, no se recibe el modo OK del test del polo durante más de 120 segundos. (código 700) - Cuando está en SERRCH y el modo OK del test del polo no se recibe durante más de 120 segundos. (código 770)	Emergencia	802 (8h)	802	0
2116	10	1	1	Cambio rearme Remoto-Local	Alguna alarma cambia su criterio de auto a local. (código 812)	Aviso	E	E	0
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. (código 842)	Emergencia	802 (8h) tras 5 min a Pausa	802	0
907	40	1	0	Disparo serie de emergencia hub	La serie de emergencia del Hub permanece abierta. (código 750)	Emergencia	802 (8h)	802	0
911	50	1	1	Paso Emergencia-Reset local	Se ha producido un cambio en la reacción de una alarma por rearmados apartados de la misma. (código 760) Paso a emergencia rearmable localmente.	Emergencia	A	A	0



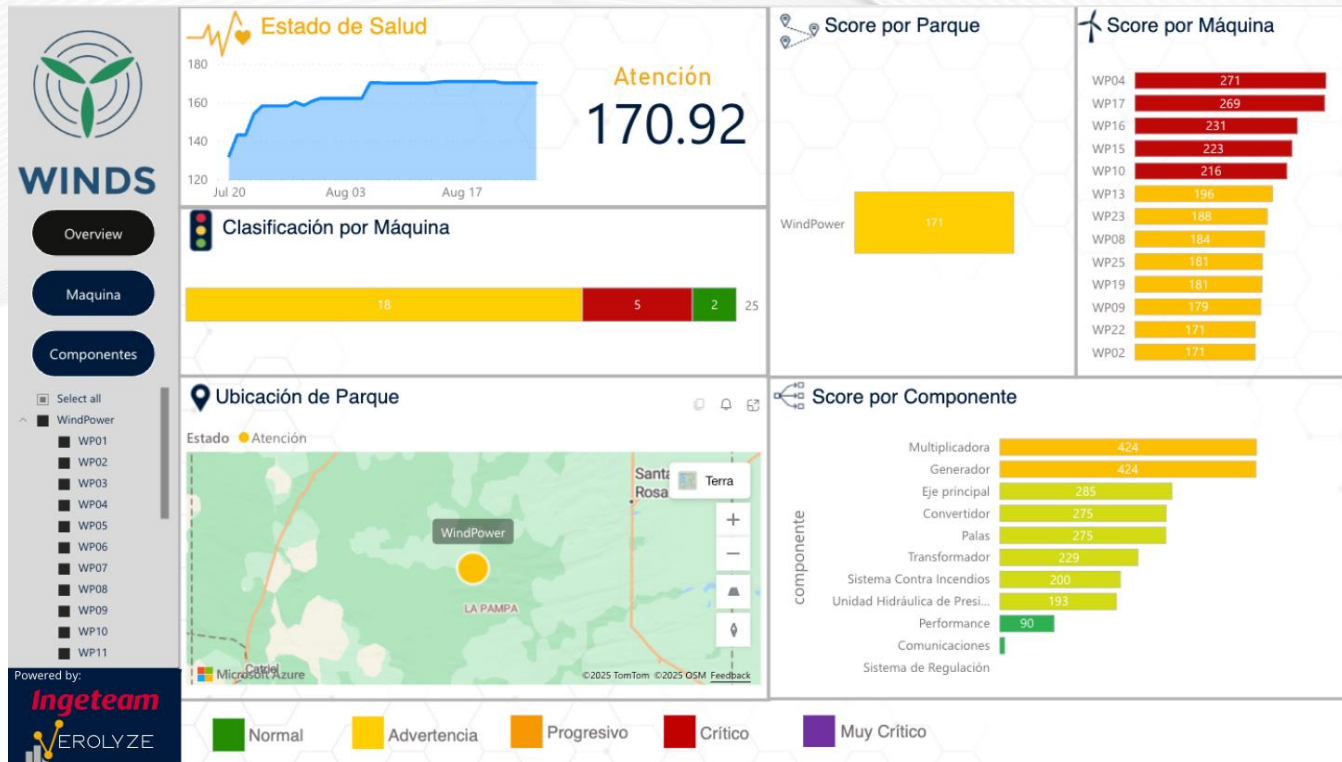
# COPILOTS IA PARA OPERACIÓN WTGs EN CENTRO DE CONTROL

## Casos de Uso - Copilots

### Copilot O&M

Partnership con VEROLYZE (Ingeniería en Confiabilidad con IA)  
Evaluación data-driven de la salud de WTGs y componentes clave

Integra información O&M y de modelos Gemelo Digital y genera recomendaciones concretas de actuación en O&M



# COPILOTS IA PARA OPERACIÓN WTGs EN CENTRO DE CONTROL

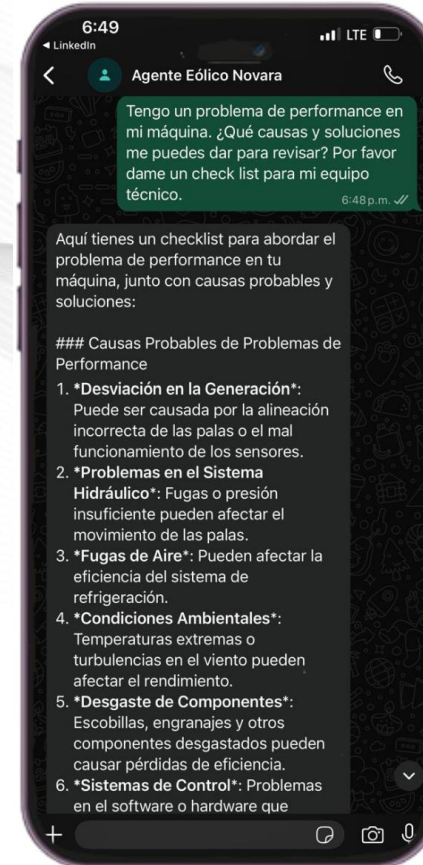
## Casos de Uso - Copilots

### Copilot O&M

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

Información relevante y accesible a técnicos O&M a través de WhatsApp

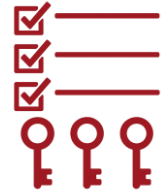
**Ingeteam**





# 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

Automatización de Rearmes 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 en métricas O&M (MTTR y MTBF) de WTG en campo



[www.ingeteam.com](http://www.ingeteam.com)