

Centro de control del futuro: Impulsando la transición energética

Congreso MEM 2024
María Nohemi Arboleda Arango
Gerente General XM



Sumamos energía,
sumamos pasión



Un vistazo a nuestras principales prioridades...

1.

La operación y administración del mercado eléctrico actual

2.

Mapa de ruta del futuro energético en Colombia

3.

Cómo involucrar a nuestros grupos de interés en los cambios

4.

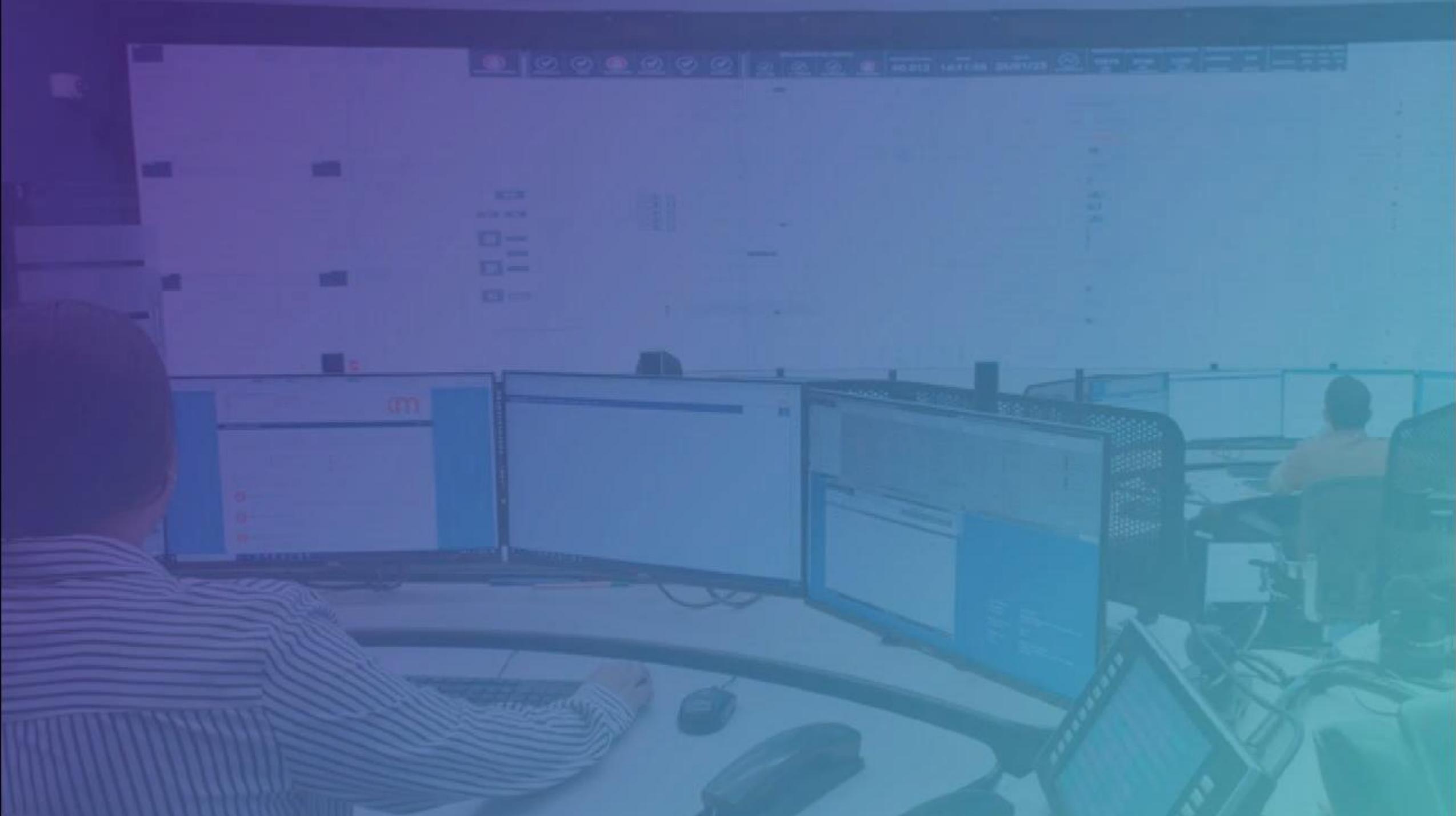
Evolucionar en la integración de nuevas tecnologías e integrar nuevas formas de trabajo

Administración de la incertidumbre de la operación y el mercado actual

Flexibilidad y Resiliencia

Suficiencia y seguridad energética

Fortalecer la seguridad tecnológica y cibernética



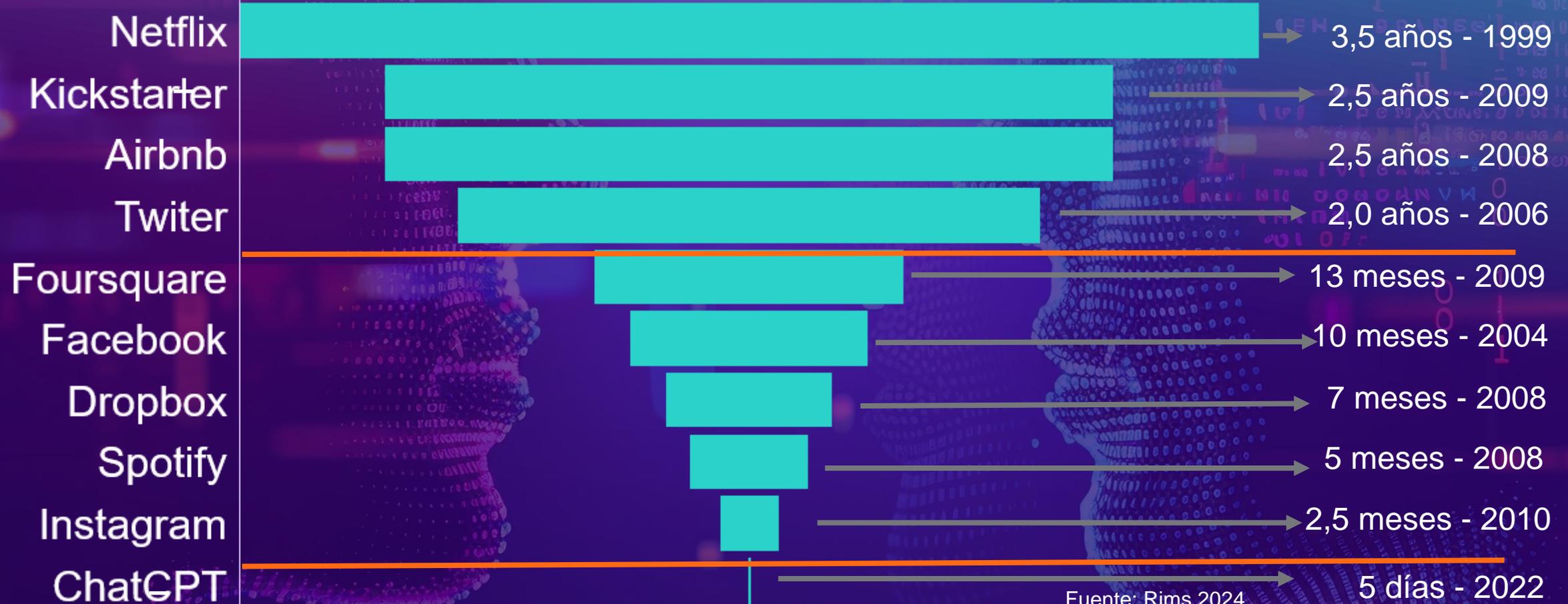
Al final de esta década habrá **dos tipos** de empresas:

Las que utilizan al máximo nuevas tecnologías y la IA

Las que están fuera del negocio

Es un hecho la aceleración en la adopción de nuevas tecnologías

Tiempo para tener un millón de usuarios - Lanzado



Fuente: Rims 2024
The risk management society



Además, Ray Kurzweil* dice que el **2029** es el año en que la IA excederá el nivel de inteligencia del humano

*Visionario futurista, escritor e inventor,
Exdirector de Ingeniería en Google

¿Cómo está integrando XM las nuevas tecnologías?



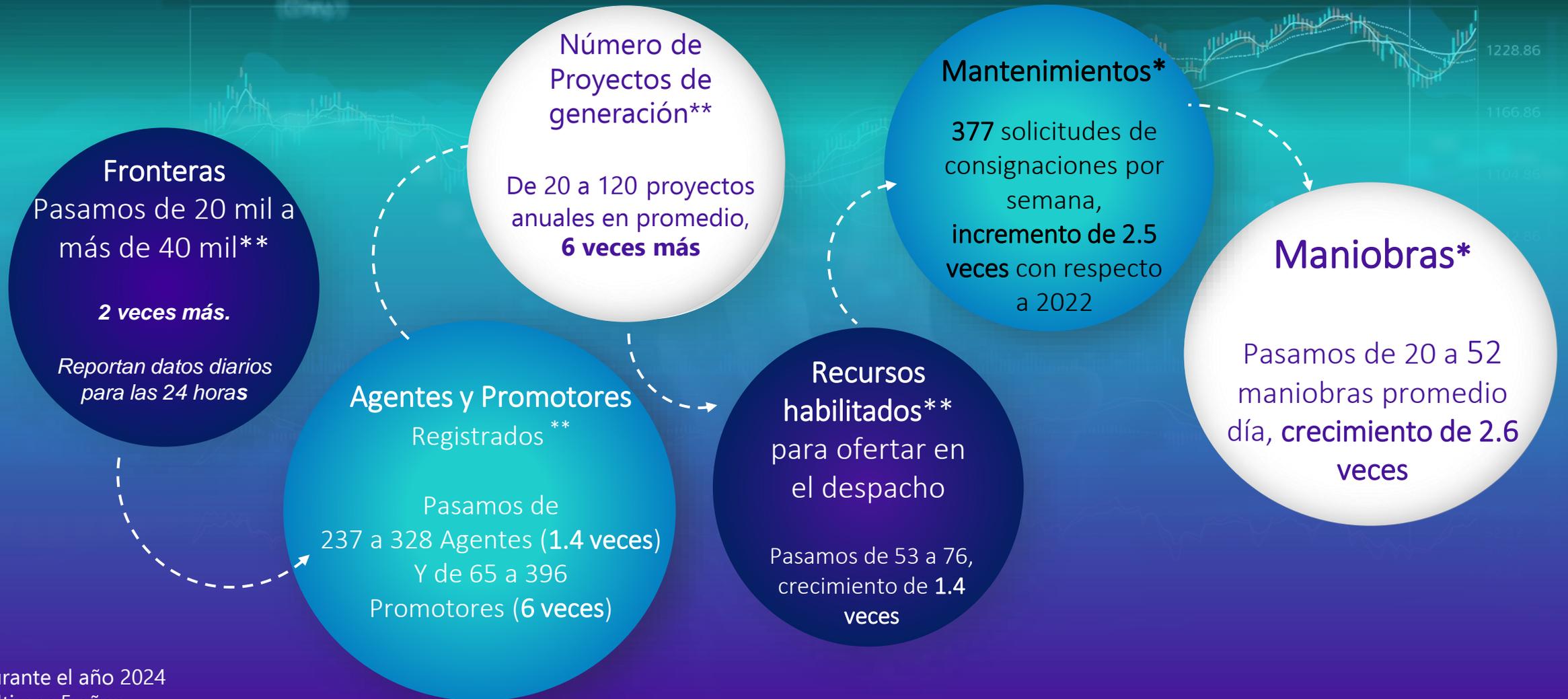
- 1 Digitalizando la transición
- 2 Visión del centro de control del futuro
- 3 Adoptando la IA como una nueva tecnología

1 Digitalizando la transición

Con tecnologías avanzadas para acelerar la transición a través de...



Algunas cifras que muestran la necesidad de digitalizar la transición



*Durante el año 2024

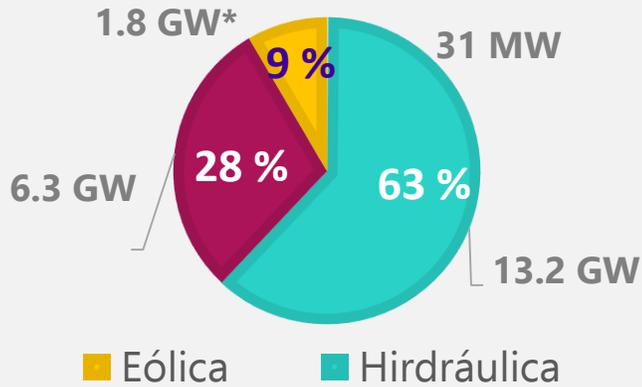
** Últimos 5 años

La transición es una realidad

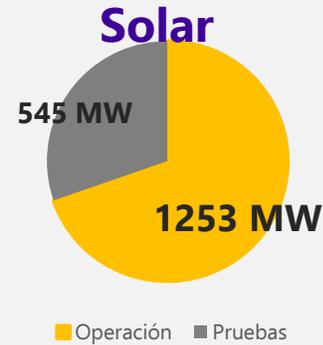
Cerca del 9% de capacidad efectiva neta es solar y eólica (1.8GW)

El 32% de la capacidad efectiva neta solar y eólica está en pruebas

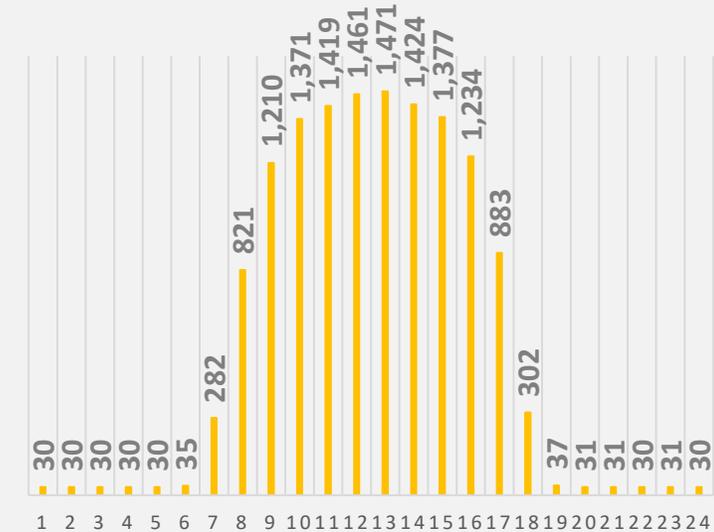
1471 MW ha sido el máximo real horario de producción solar y eólica



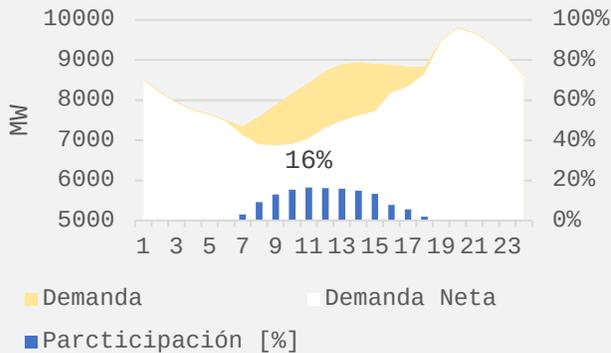
*Corte a Agosto 01 de 2024. Considera recursos en operación y pruebas



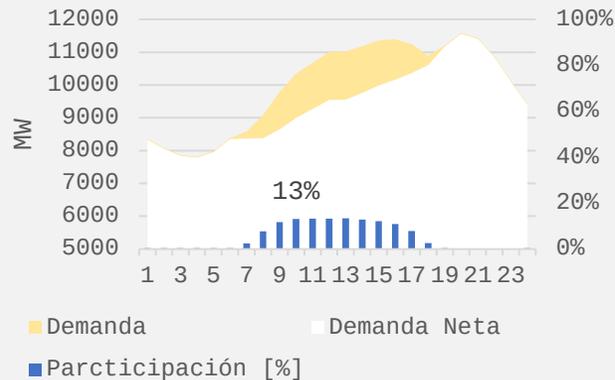
Máximos históricos solar y eólica



Demanda Neta 2024-06-02 (Domingo)

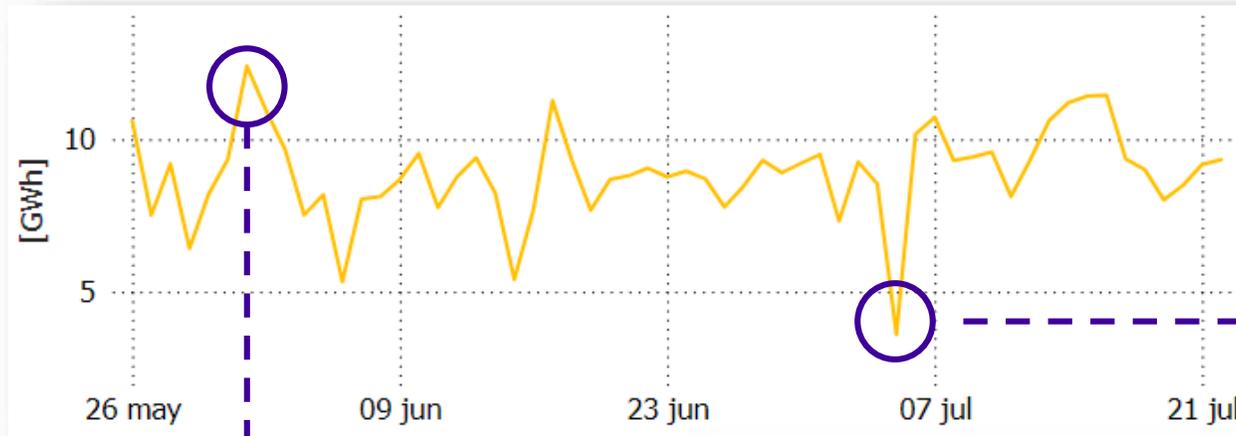


Demanda Neta 2024-07-29 (Lunes)



En 2024 la integración de generación solar comienza a reflejarse en la curva de demanda neta y los requerimientos de balance.

Y así se ha visto en la operación de tiempo real



► Generación solar* – Julio 5

Generación SIN kWh
220.425.333

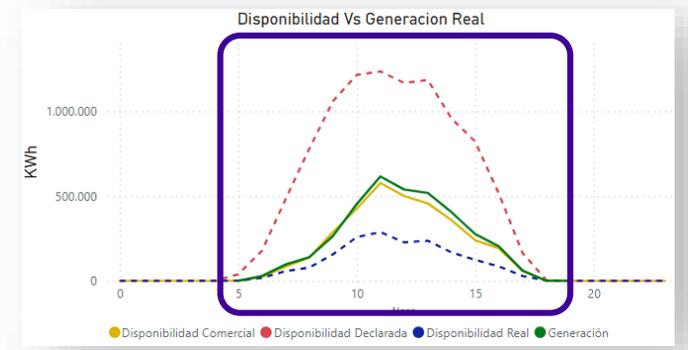
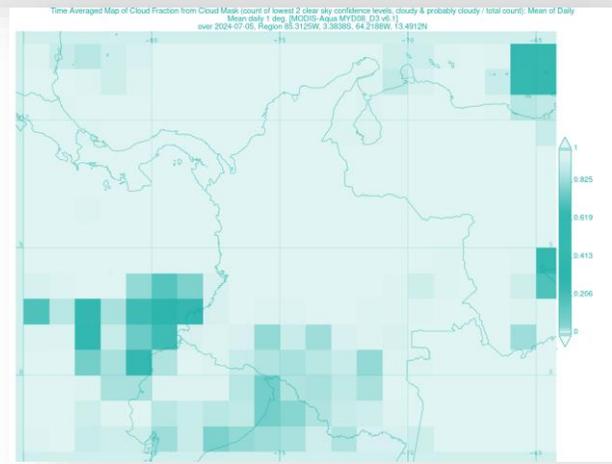
Generación Solar kWh
3.595.164

Generación solar* – Junio 1

Generación SIN kWh
222.343.056

Generación Solar kWh
12.399.765

Generación solar en el día 5.6% de la generación del SIN.



Generación solar en el día 1.6% de la generación del SIN.
Desviación entre lo programado y lo real cercana a 666 MW



Se empieza a evidenciar la variabilidad de estas fuentes en la operación en tiempo real

*Generación solar de plantas en operación comercial y en pruebas.



Visión del centro de control del futuro

Tomamos como referencia el modelo de capacidad operativa de EPRI

CO₂

nationalgrid

EirGrid GROUP

Dominion Energy

IVA TENNESSEE VALLEY AUTHORITY

Ameren

Rte

egi Eria Grid International Eria Group

Tennet Taking power further

pjm

ercot

Southern Company

50hertz Eria Group

CAISO

Terna Driving Energy

AEMO AUSTRALIAN ENERGY MARKET OPERATOR

NERC NORTH AMERICAN ELECTRIC RELIABILITY CORPORATION | EPRI ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

GE GridOS Orchestration Software & Partner Ecosystem

Este modelo agrupa 14 capacidades en 4 pilares.



Instalaciones y equipamiento

Instalaciones del Centro de Control

Equipo de centro de control

Centro de preparación operativa

Aplicaciones operativas

Funciones/ Procesos

Arquitectura de TI/OT

Toma de conciencia

Toma de decisiones alerta

Acción y controles

Datos operativos

Datos operativos

Análisis IA/ML

Modelado operativo

Factores humanos del operador

Visualización de datos

Conciencia y toma de decisiones

Capacitación de operadores

Y priorizamos los siguientes pilares fundamentales

Potenciar el ser humano:
Factores humanos del operador



Integración de nuevas tecnologías e IA:
Datos operativos y aplicaciones operativas

Y definimos un mapa de ruta para el desarrollo de los pilares fundamentales



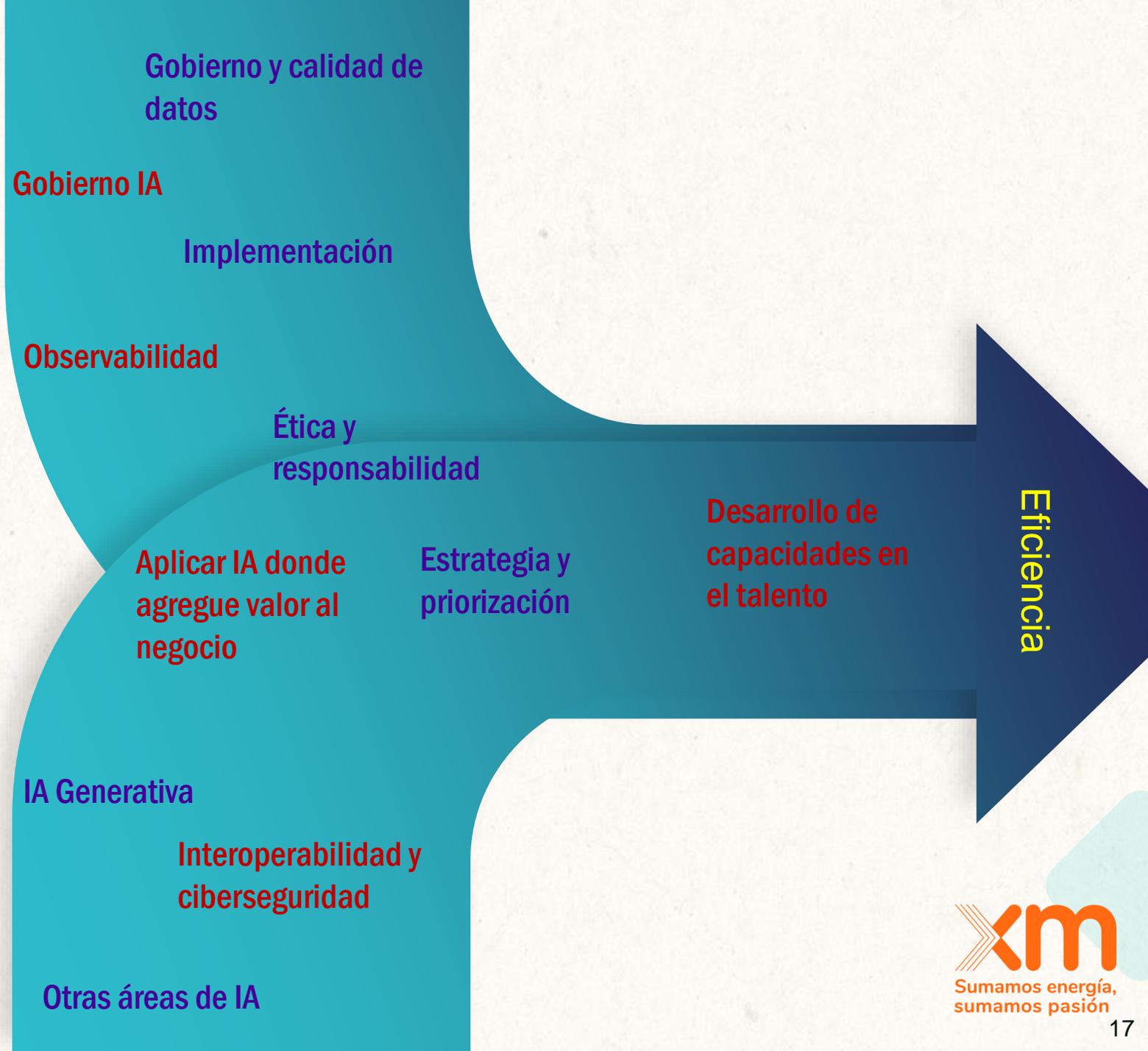
3 Adoptando la IA como una nueva tecnología

Principales Retos

Existen diversas áreas de la IA que generan valor como:

- Aprendizaje Automático (Machine Learning)
- Aprendizaje Profundo (Deep Learning)
- Árboles de decisión
- Visión por Computadora
- Robótica
- Reconocimiento de Voz
- Algoritmos Genéticos
- IA Generativa

El verdadero **potencial de la IA radica en la integración** de estas áreas, de forma ética y responsable.



Y para adoptar la IA, Gartner nos habla de una **fórmula de 5 pasos**

1. Casos de Uso

¿Cuáles son los casos de uso más valiosos con el tiempo de valor más rápido?

2. Habilidades

¿Cuenta con las habilidades necesarias para utilizar técnicas de IA?

3. Datos

¿Tiene los datos para abordar los casos de uso seleccionados?

4. Tecnología

Dados los problemas, habilidades y datos, ¿cuáles son las técnicas apropiadas?

5. Organización

Después de algunas pruebas de concepto, ¿dónde debería residir la experiencia?

Fuente:

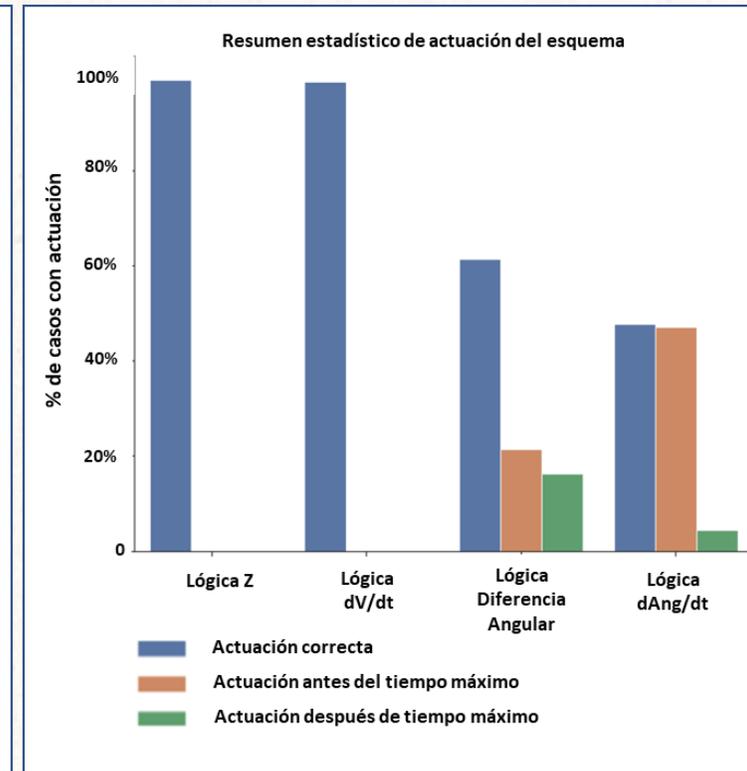
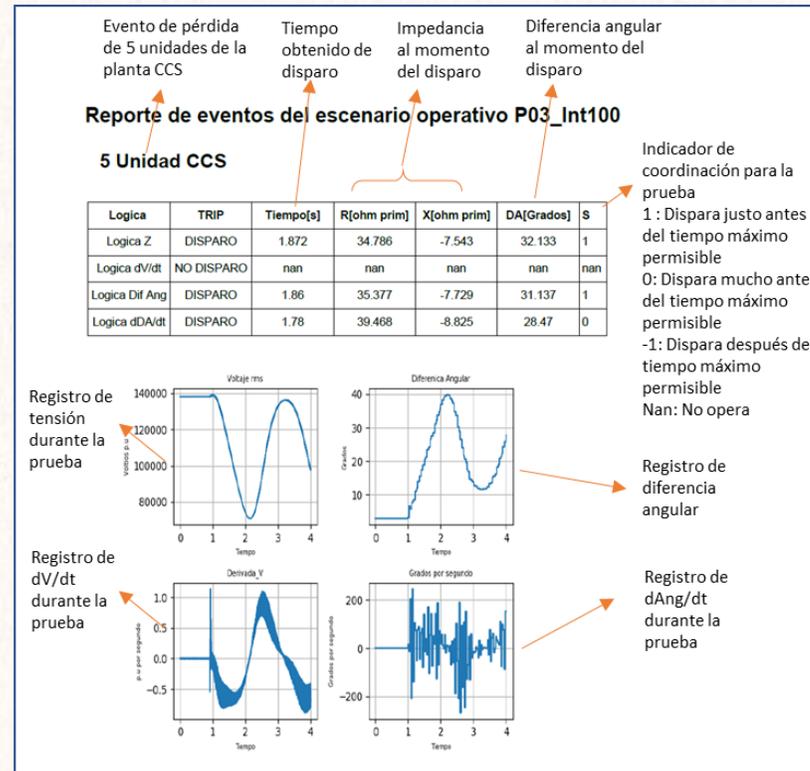
<https://www.gartner.com/en/information-technology/topics/ai-strategy-for-business>

Casos de uso de IA implementados:

Cama de pruebas en Laboratorio de simulación en tiempo real

Beneficios

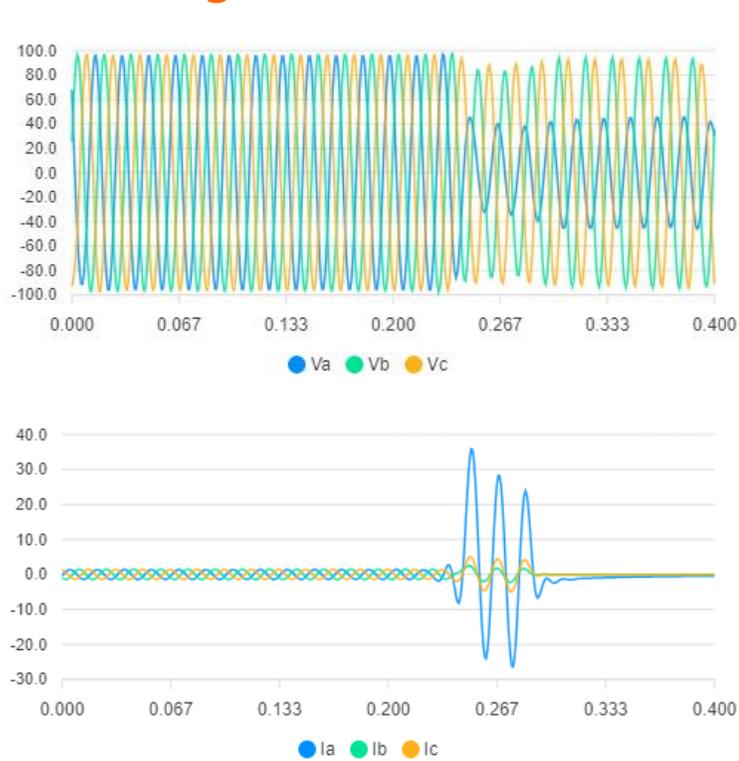
- Genera archivos sintéticos para el entrenamiento de modelos de IA
- Lee registros y reporte automático de resultados
- Ahorro en tiempo y esfuerzo (días a horas), y mejora de capacidades de análisis.



Casos de uso de IA implementados:

Diagnóstico Automático de Fallas, DAF

Registros leídos

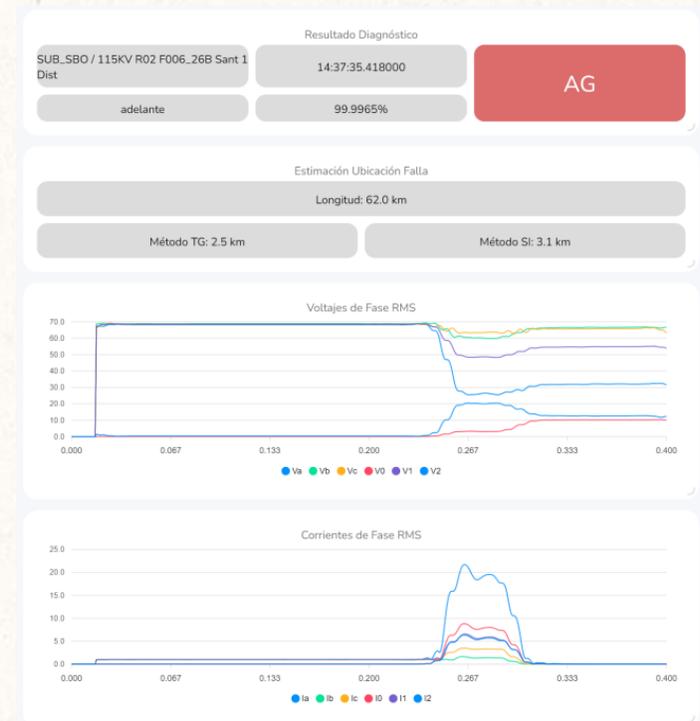


Entrenamiento con registros reales y sintéticos

Alimentación con históricos
(Registros usados 800,000)

Detección de fallas monofásicas, bifásicas, trifásicas, distancia de falla, % de efectividad (92% – 95%)

Resultado obtenido



➤ Categorización de origen del evento eléctrico.

➤ Indica la causa del evento

Casos de uso de IA implementados:

SAX AI Assistant: Solución en la nube que permite en minutos identificar y cuantificar las limitaciones de la red eléctrica



Beneficios

- Analiza **todos** los escenarios y permite la interacción de lenguaje natural con los resultados de análisis eléctricos.
- Preguntas complejas resueltas en segundos
- Las operaciones matemáticas, el código utilizado y los resultados generados son **completamente verificables por un analista** (Humano)

Ejemplo:

Reduce the necessary generation to prevent overloading. Use the best generator taking into account the impact over the monitored element "Guavio - Mambita" under the contingency "Guavio - Chivor 1"



To reduce the overload, we need to focus on the generator that has the greatest negative impact on the monitored element "Guavio - Mambita" under the contingency "Guavio - Chivor 1." This will allow us to decrease the load most effectively.

From the impact values, we can identify the generator with the greatest negative impact:

- Generator 1:** Impact of -0.5033 (highest impact on the monitored element)

Given that Generator 1 has the most significant impact, reducing its output will have the largest effect on reducing the overload. Let's calculate how much we need to reduce its generation to bring the load back under the limit of 13.83 MW.

I'll now proceed with this calculation.

By reducing the output of **Generator 1** from 1.003 MW to approximately 3.02 MW, the load on the monitored element "Guavio - Mambita" is reduced to exactly 13.83 MW, which is 100% of its allowable limit. This adjustment brings the system under normal operating conditions, preventing overload.

Let me know if you'd like further adjustments or calculations.



Message SAX AI Assistant

Inteligencia Artificial en los análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia



Analysis Verificación: ✕

```
python
import numpy as np
Always show details  Copy code

# Generator current outputs (X vector)
current_generation = np.array([1.00313714712167, 0.57292626067
809.364231505529, 120.804219842
738.67894672998, 1.554896590026
0.715574386792406, 2.7982566343
208.094971336812, 24.3888647379
0.300592366701468, 47.849321333

# Impact values from matrix A (these represent the impact of e
impact_values = np.array([-0.50326075977518, -0.02119945369414
0.05151120133602, -0.00477896894436,
-0.03354909819246, -0.0077122275088,
-0.00592022846586, -0.00547173678578
-0.00838333614192, -0.0078347379467,
-0.02119945369414, -0.0078347379467]

# Maximum allowable load (B value)
B_value = 13.8307658444716

# Calculate the current load on the monitored element
current_load = np.dot(impact_values, current_generation)
```

Otros modelos de analítica y de IA implementados para la operación del Sistema

Pruebas discrecionales

Modelo probabilístico para seleccionar plantas que deben ser llamadas a pruebas discrecionales

Certificados de calibración

Extracción de datos de certificados de calibración de fronteras mediante técnicas de minería de texto

Estimación de valor importación Garantías Ecuador

Modelo de pronóstico para estimar el valor de la garantía para la compra de energía a Ecuador

Análogos en series hidrológicas

Modelo que arroja un ranking de escenarios similares basado en técnicas de agrupamiento o ensamble

Detección de anomalías en energías de entrada y salida

Modelo aprendizaje de máquinas para detección de anomalías en energía de entrada y salida para cargos del SDL

Y además aplicaciones de IA para la planeación operativa:

Clasifica los resultados de las simulaciones derivadas del proceso a seguimiento a la **calidad de modelos de control**, con el fin de **identificar su fuente de error**.

Validación de modelos de control

Pronósticos de FERNC y Demanda

Pronóstico de FERNC con horizonte de corto, mediano y largo plazo. Y la demanda para el muy corto plazo

Identificación de escenarios hidrológicos análogos

Solución en la nube: arroja ranking de escenarios similares basado en técnicas de **agrupamiento o ensamble**, clasifica las variables de forma independiente y construye el ranking de acuerdo con una votación o consenso.

Restablecimiento

Permite determinar la **mejor secuencia** de acción para **restablecer el sistema** de manera segura y rápida (Q-Learning)

Y no podemos dejar de lado la gestión de los **riesgos**:

Resultados Falsos

Inestabilidad y errores: pueden producirse

Explicabilidad limitada: complica la validación y el control.

Sesgo: generando decisiones injustas o incorrectas.

Seguridad

Riesgos de confidencialidad: con información confidencial ingresada en aplicaciones públicas

Exposición de datos sensibles: pueden llegar a usuarios externos, incluyendo actores maliciosos.

Aspectos Legales

Riesgos de propiedad intelectual y privacidad

Sesgo del modelo y seguridad: puede afectar la equidad y poner en riesgo la seguridad



“No hay alternativa a la transformación digital → Las empresas con visión de futuro se forjarán nuevas opciones estratégicas; las que no se adapten, fracasarán.”

Bezos,
Amazon

Jeff

Director ejecutivo y fundador de