

Comité de Seguimiento

Aplicación de la IA en el sector eléctrico

04/12/2024



IA4TES

INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA
TRANSICIÓN ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL
Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Proyecto IA4TES MIA.2021.M04.0008, financiado por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

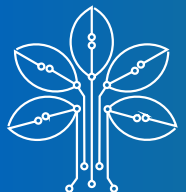
01 | Aplicación de la IA : El reto de la transformación

- $(\text{Necesidad negocio} + \text{tecnología}) \times \text{Capacidad} \times \text{Gobernanza} = \text{Impacto/Transformación}$

02 | Ámbitos de aplicación

- PT3 Producción sostenible inteligente.
- PT4 Red inteligente.
- PT5 Consumo Inteligente
- PT6 Diseño y Gestión Óptima de mercados

03 | Conclusiones



01 Aplicación de la IA

El reto de la transformación del sector eléctrico



INTELIGENCIA **ARTIFICIAL**
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA **SOSTENIBLE**



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



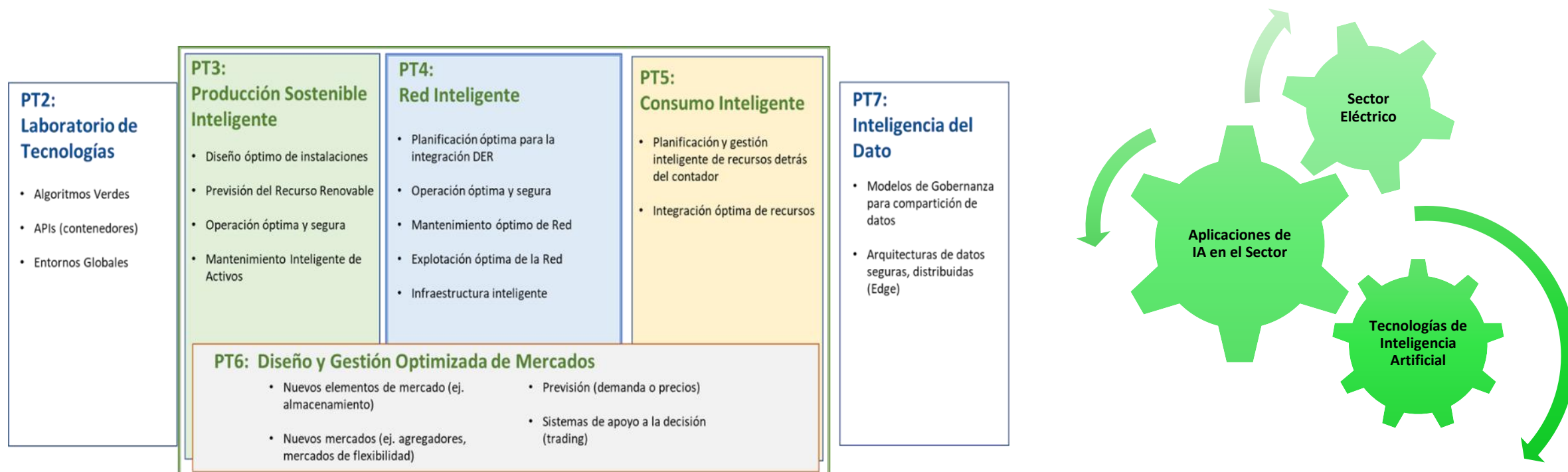
MINISTERIO
PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL
Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA



**Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia**

Proyecto IA4TES MIA.2021.M04.0008, financiado por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

Aplicaciones de la IA en el sector eléctrico



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL
Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Proyecto IA4TES MIA.2021.M04.0008, financiado por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

(Necesidad negocio + tecnología)
x Capacidad x Gobernanza
=
Impacto/Transformación



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL
Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Proyecto IA4TES MIA.2021.M04.0008, financiado por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

(Necesidad negocio + tecnología)
x Capacidad x Gobernanza =
Impacto/Transformación

El sector eléctrico está presenciando la transformación más radical de las últimas décadas...

Conexión masiva de generación renovable en todos los niveles de la red

Crecimiento acelerado del consumo eléctrico por electrificación

Nuevos clientes, Nuevos agentes y funciones

Mayores exigencias regulatorias

% de renovables en la generación eléctrica en 2030



PNIEC-21
74%
PNIEC-23
81%

>25% solar distribuido

Hidrógeno verde 12 GW

Biogas 20 TWh

Demanda eléctrica respecto a 2019

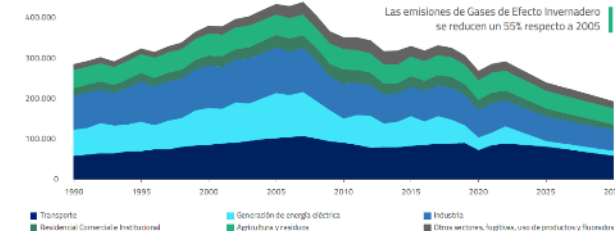
PNIEC-21
+5%



PNIEC-23
+34%

energéticas microredes
agregadores
comunidades
Prosumidores

Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (1990-2005)



Consecuencias para las Utilites

Gestión de una red mucho más compleja y dinámica en coordinación con cientos de miles de recursos distribuidos (RED) y millones de clientes.

Nuevas responsabilidades y servicios.

Incertidumbre regulatoria.

Mejor aprovechamiento de la infraestructura existente.
Previsión y coordinación continua de recursos



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE

Fuente: Análisis Minsait, Gartner, BOE, PNIEC 2023-2030, Futured



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL
Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

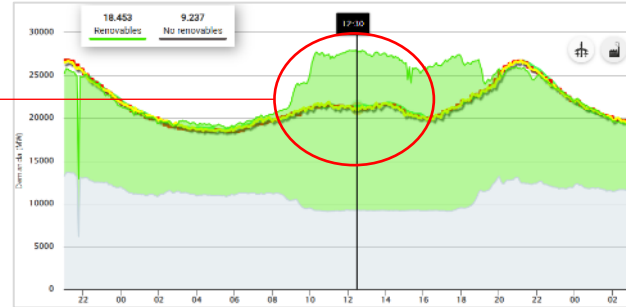
Proyecto IA4TES MIA.2021.M04.0008, financiado por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

(Necesidad negocio + tecnología)
x Capacidad x Gobernanza =
Impacto/Transformación

La necesidad ya está aquí

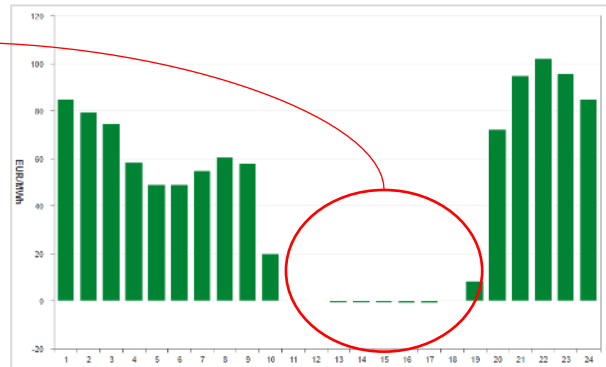
Excedente renovable

La generación disponible en las horas centrales del día supera a la demanda, provocando *curtailment*, y suponiendo una barrera a una mayor integración de renovables



Precios cero o negativos

La entrada de altos porcentajes de renovable precio cero provoca anomalías en el mercado, llegando a tener que pagar por generar.

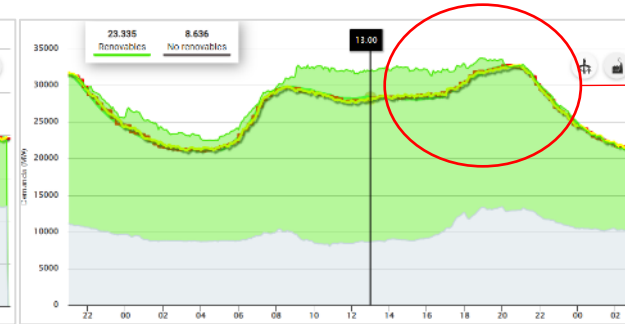


Sistema Peninsular. Fuentes: REE, OMIE

Domingo 29/09/2024

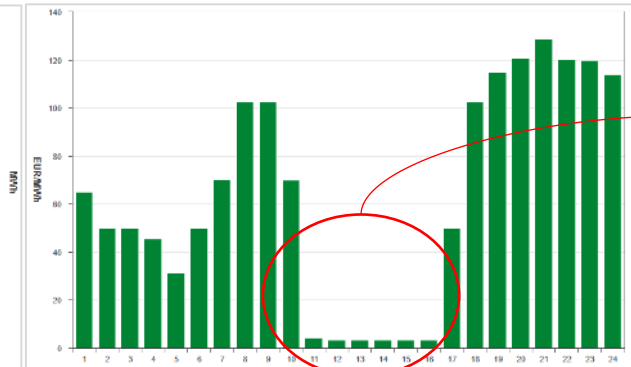
Curva de pato

La famosa curva representa un pico de consumo a final de las tardes, en un período de transición de alto consumo renovable a la entrada de tecnologías de punta, con una rampa de generación difícil de gestionar



Rentabilidad inversiones / Estabilización de precios

Estas señales de precio hacen inviables las nuevas inversiones en generación y retrasan la adopción de nuevas tecnologías distribuidas.



Martes 12/11/2024



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL
Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Proyecto IA4TES MIA.2021.M04.0008, financiado por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

(Necesidad negocio + tecnología)
x Capacidad x Gobernanza =
Impacto/Transformación

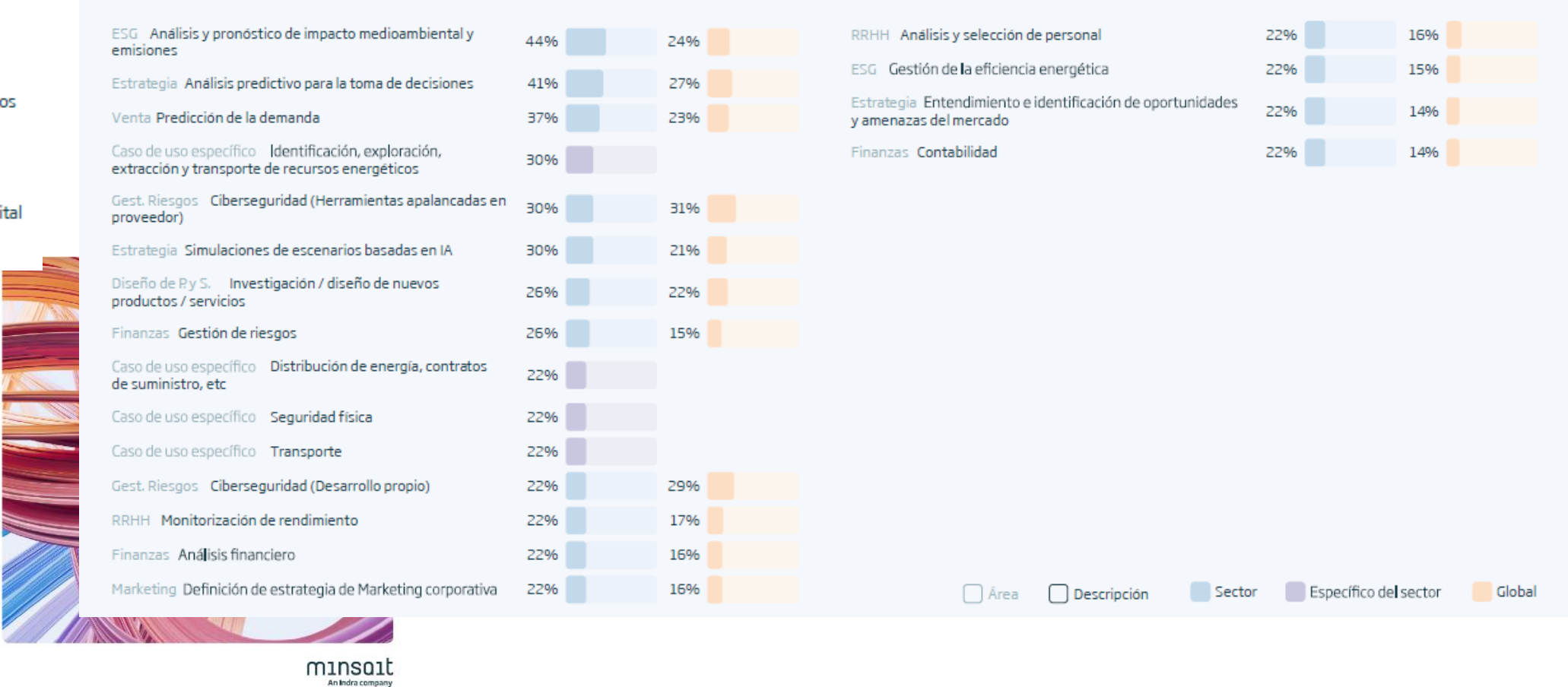
La transición energética y la criticidad del sector hacen que las Utilities prioricen la aplicación de la IA en la capacidad predictiva/planificación y de gestión de riesgos.

Madrid, Abril 2024
1ª edición
Todos los derechos reservados

Versión digital
Ascendant 2024
Informe Minsait madurez digital
ascendant.minsait.com

Ascendant 2024
Informe Minsait
Madurez digital

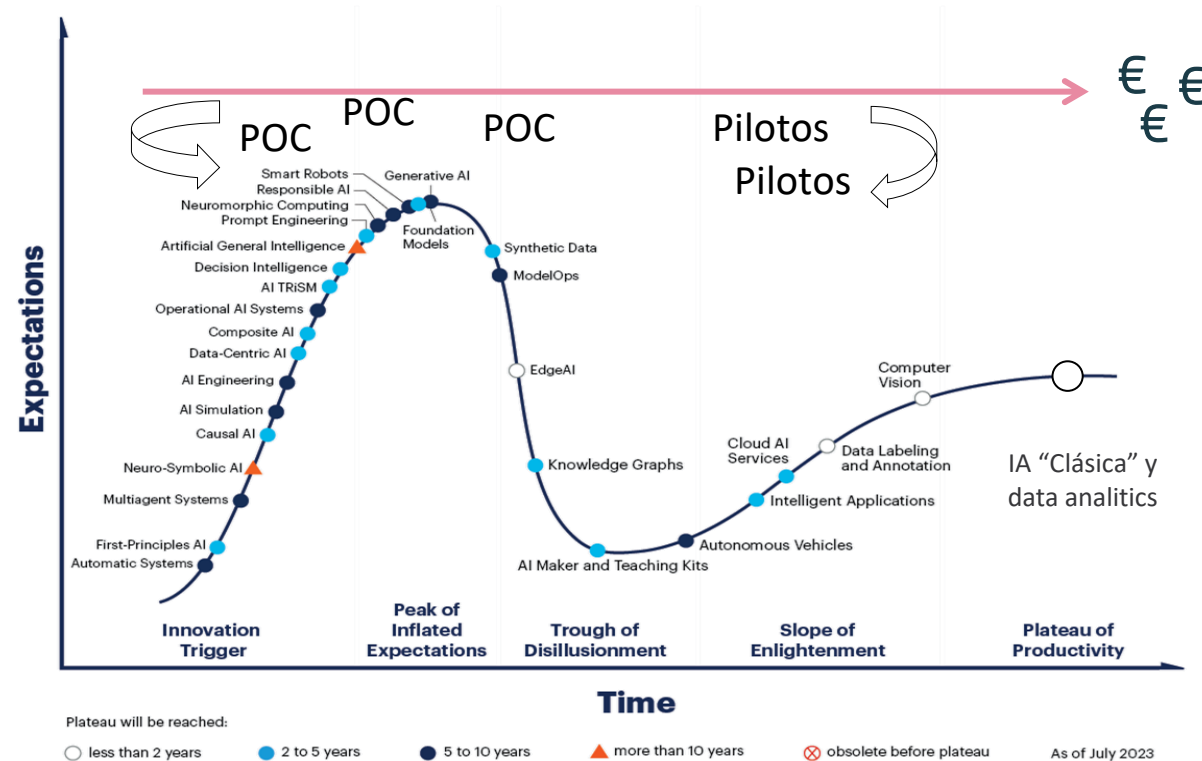
Inteligencia Artificial
Radiografía de una revolución en marcha



(Necesidad negocio + Tecnología)
x Capacidad x Gobernanza =
Impacto/Transformación

Tecnología en distintos grados de madurez

Hype Cycle for Artificial Intelligence, 2023



gartner.com

Para generar un **impacto permanente y diferencial** necesitamos :

1. Innovar en la aplicación.
2. Combinar tecnologías con sentido de negocio.
3. Gestionar expectativas.



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL
Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA



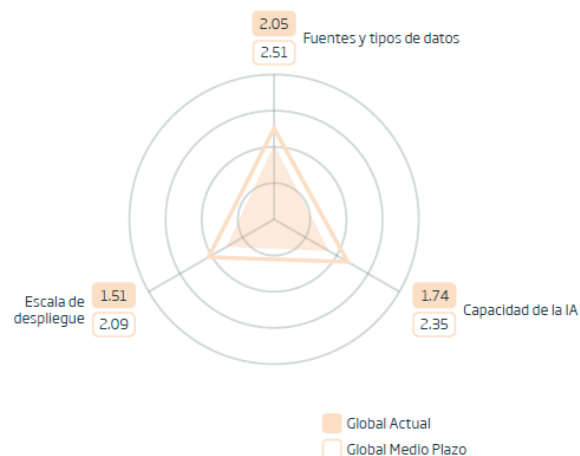
Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Proyecto IA4TES MIA.2021.M04.0008, financiado por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

(Necesidad negocio + Tecnología)
x **Capacidad** x Gobernanza =
Impacto/Transformación

Generación de Capacidad y madurez en el gobierno claves para la transformación

Nivel de preparación de las organizaciones
en función de la captación y
s sofisticación en el uso de los datos



Nivel 1 – Bajo

La empresa se encuentra en un estadio incipiente de transformación para el uso intensivo de la IA

Nivel 2 – Medio

La organización mantiene un enfoque tradicional, aunque tiene en perspectiva procesos de cambio

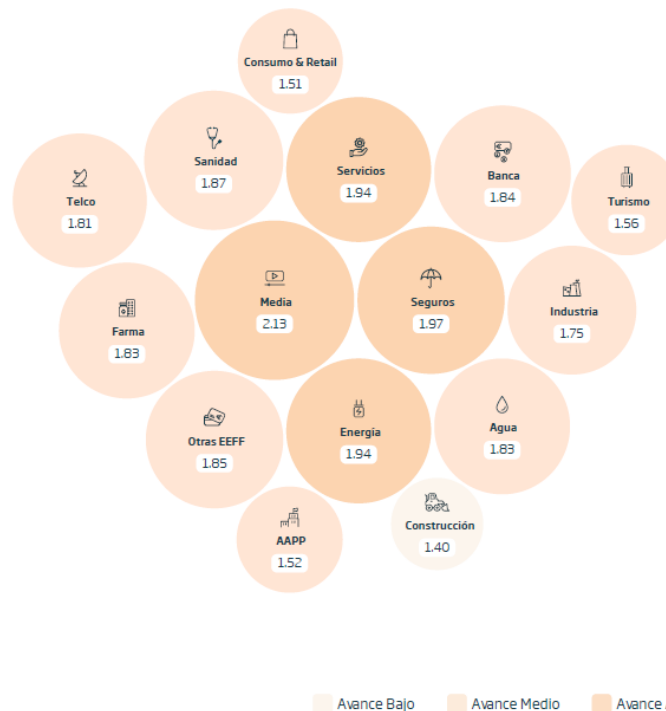
Nivel 3 - Alto

La corporación muestra un nivel significativo de avance hacia una organización preparada para el uso intensivo de la IA

Nivel 4 - Estado del arte

La organización puede considerarse plenamente preparada para el uso intensivo de la IA

La carrera de los sectores
(Nivel de madurez actual – promedio por sector)



Ascendant 2024

Informe Minsait
Madurez digital

Inteligencia
Artificial

Radiografía de una
revolución en marcha



minsait
An Indra company

Madrid, Abril 2024

1ª edición

Todos los derechos reservados

Versión digital

Ascendant 2024

Informe Minsait madurez digital

ascendant.minsait.com



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL
Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Proyecto IA4TES MIA.2021.M04.0008, financiado por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

(Necesidad negocio + Tecnología)
x Capacidad x Gobernanza =
Impacto/Transformación

Siendo las principales barreras para la generación de
impacto de negocio la capacidad, la visión y las
incertidumbres regulatoria y financieras.

Madrid, Abril 2024

1ª edición

Todos los derechos reservados

Versión digital

Ascendant 2024

Informe Minsait madurez digital

ascendant.minsait.com

Ascendant 2024

Informe Minsait
Madurez digital

Inteligencia
Artificial

Radiografía de una
revolución en marcha

minsait
An Indra company

Habilidades: Escasez de profesionales cualificados

42%

36%

Visión: Falta de definición de la estrategia de IA

32%

35%

Regulación: Falta de marco normativo estable y cumplimiento de privacidad

26%

31%

Financieros: Falta de capacidad de inversión

24%

18%

Tecnología: Infraestructura inadecuada, oferta del mercado poco madura y contrastada

18%

27%

Datos: Silos de conocimiento, falta de modelos de gobierno y gestión del dato avanzados

11%

19%

Casos de Uso: Dificultad de identificación de casos e incertidumbre del retorno a obtener

0%

20%

Otros

0%

6%

Sector Global



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL
Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Proyecto IA4TES MIA.2021.M04.0008, financiado por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

(Necesidad negocio + Tecnología)
x Capacidad x **Gobernanza** =
Impacto/Transformación

Gobernanza de la IA en IA4TES.



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL
Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA

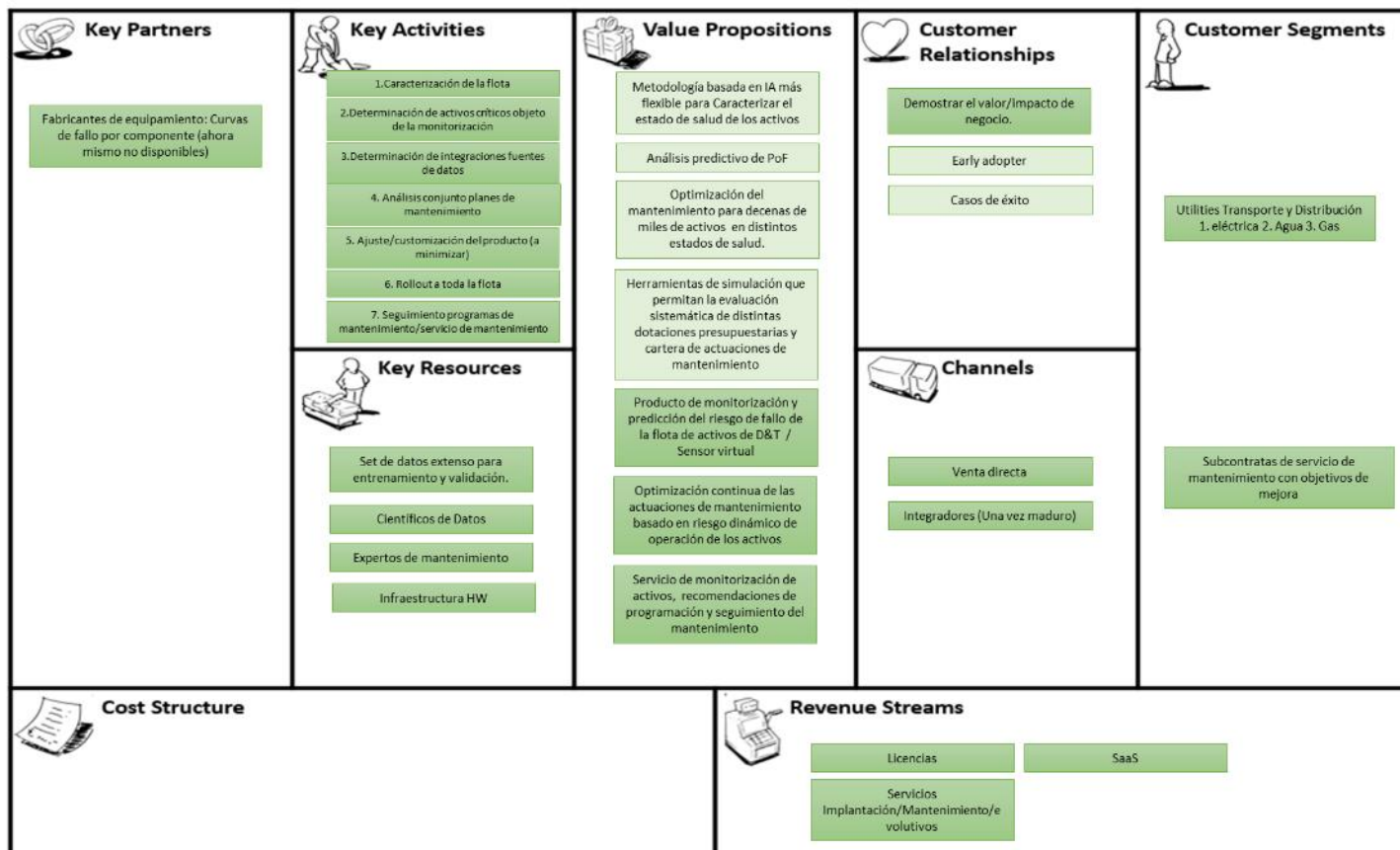


Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Proyecto IA4TES MIA.2021.M04.0008, financiado por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

(Necesidad negocio + Tecnología)
x Capacidad x Gobernanza =
Impacto/Transformación

Análisis de impacto negocio.



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL
Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA



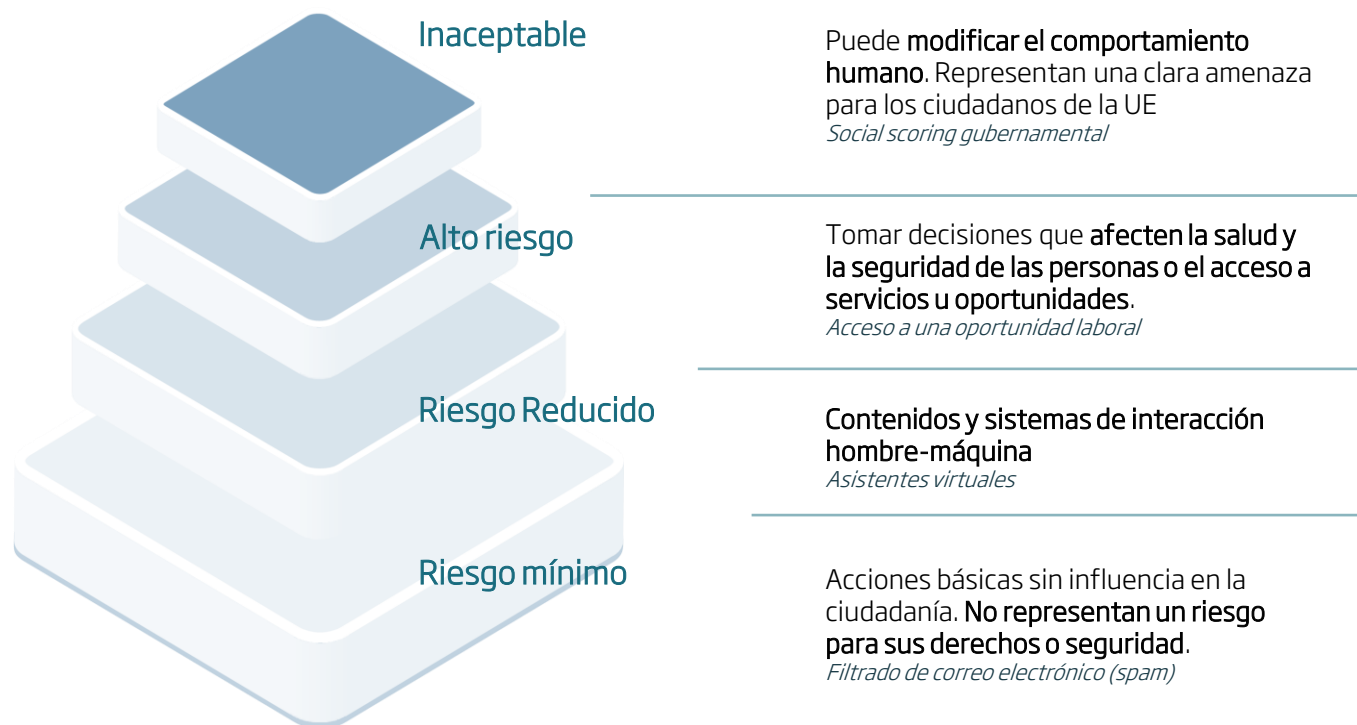
Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Proyecto IA4TES MIA.2021.M04.0008, financiado por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

(Necesidad negocio + Tecnología)
x Capacidad x Gobernanza =
Impacto/Transformación

Identificación y mitigación de riesgos.

Calificación de riesgo



Esta norma contempla multas de hasta el 6% de los ingresos anuales para las empresas que incumplan con ella tras su entrada en vigor



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL
Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA

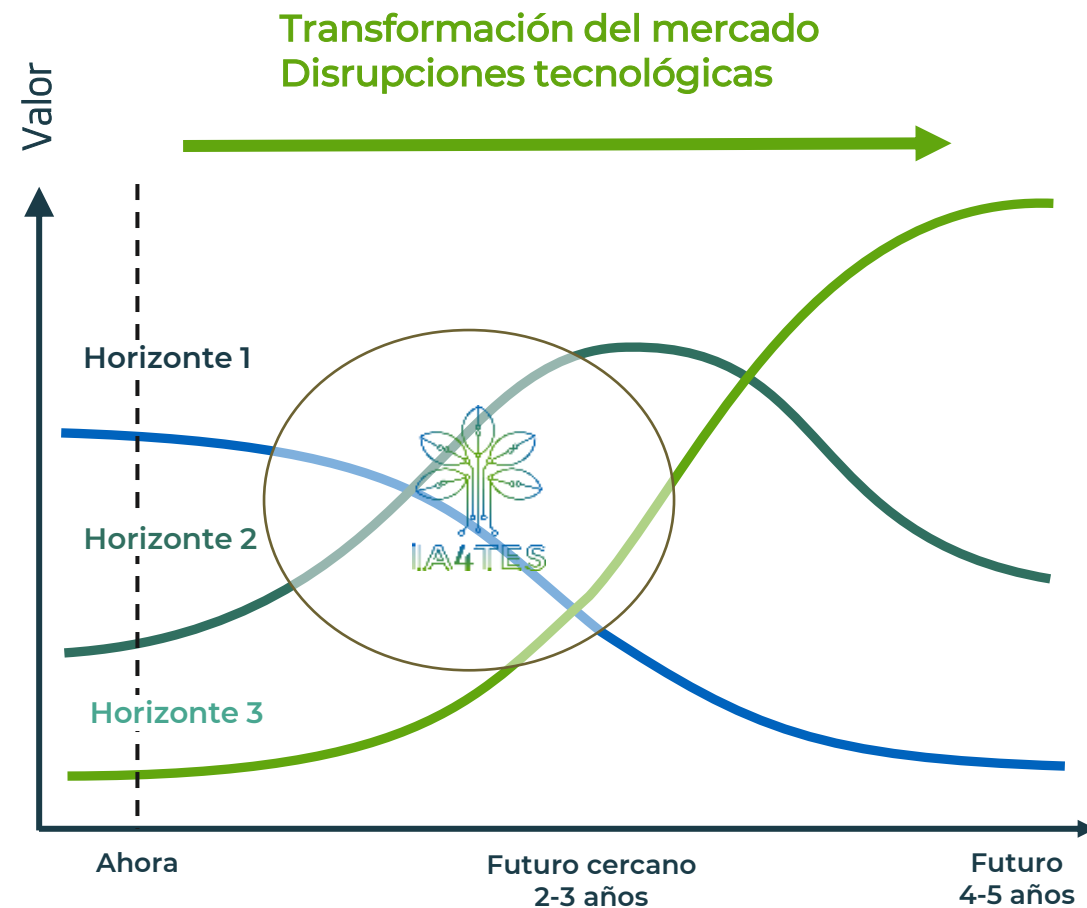
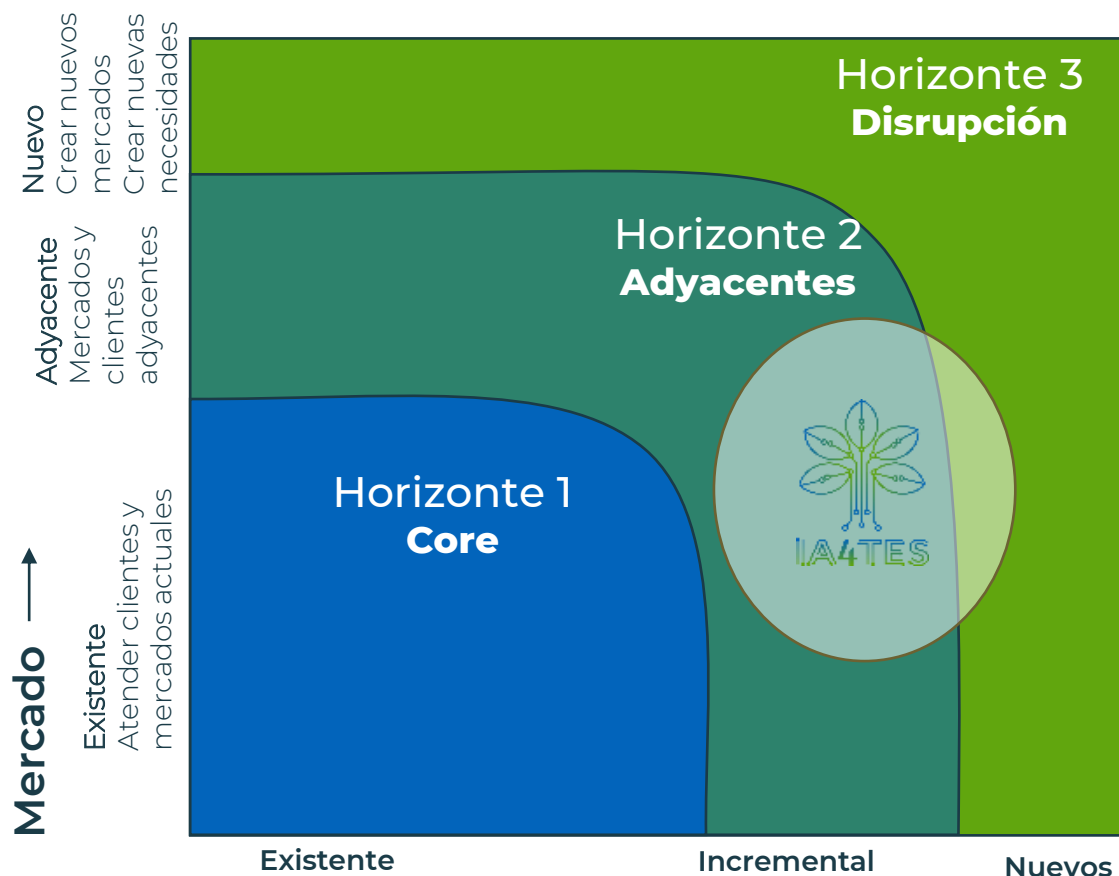


Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Proyecto IA4TES MIA.2021.M04.0008, financiado por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

(Necesidad negocio + Tecnología)
x Capacidad x Gobernanza =
Impacto/Transformación

IA4TES innovación para la transformación



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL
Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Proyecto IA4TES MIA.2021.M04.0008, financiado por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

2.1 Ámbitos de aplicación

PT3 Producción sostenible inteligente.



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL
Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Proyecto IA4TES MIA.2021.M04.0008, financiado por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

PT3 Producción Sostenible Inteligente

Optimización de la operación, mantenimiento e integración de mercados de los activos de generación renovable y almacenamiento RED



Estado del arte

- Multitud de tecnologías con regímenes de producción variables.
- Necesidad de maximizar la producción y minimizar costes de mantenimiento
- Producción desatendida.
- Combinación creciente con almacenamiento para facilitar el aprovechamiento e integración.

IA:
C.Vision
I.Optimization
DL, ML

Aplicación

- Diseño óptimo de instalaciones.
- Previsión de recurso renovable.
- Operación óptima y segura. Detección automática de fallos y riesgos para la explotación
- Optimización del mantenimiento, maximizando la vida útil y la producción.



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL
Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Proyecto IA4TES MIA.2021.M04.0008, financiado por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

PT3 Producción sostenible inteligente

3.DIS Diseño óptimo de instalaciones

IA que permiten, en la fase de diseño y construcción de instalaciones renovables, definir el mejor layout, arquitectura de sistemas y otras decisiones de diseño para una mejor explotación futura

Objetivos
de
innovación

	Actividad	IA	Miembro	Comentarios - Riesgos
3.5	Optimización del layout de parques eólicos para mejorar la eficiencia o aumentar la producción de los parques eólicos durante la etapa de diseño		baobab	
3.8	Inteligencia en decisión de diseño		RatedPower	
4.27	IA para emplazamiento y gestión de recursos energéticos en el subsuelo. - Adquisición datos suelo - Modelo 3D del subsuelo - Identificación de potencial de explotación		USAL	

Actividades



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL
Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Proyecto IA4TES MIA.2021.M04.0008, financiado por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

PT3 Producción sostenible inteligente

Objetivos de innovación

3.PREV Previsión del recurso renovable

IAS de predicción de disponibilidad de recurso y producción renovable en distintos horizontes de planificación y producción

Actividades

	Actividad	IA	Miembro	Observaciones - Riesgos
3.2	Predicción de recurso renovable: energía solar	DL / ML / RNI	IIC	
3.20	Predicción de la potencia eólica.			
3.21	Predicción de la producción eléctrica eólica CP			
3.22	Predicción de caudal hidrológico			
3.23	Modelado de parques renovables con Deep Learning			
3.24	Nowcasting Fotovoltaico			
6.9	Predicción estacional			



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL
Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Proyecto IA4TES MIA.2021.M04.0008, financiado por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

PT3 Producción sostenible inteligente

3.OPE Operación óptima y segura

IA para optimizar las actuaciones de operación y mantenimiento de las instalaciones renovables:
Detección y prevención temprana de posibles incidencias

Objetivos
de
innovación

Actividades

	Actividad	IA	Miembro	Comentarios - Riesgos
3.18	Gestión inteligente de riesgos de colisión de aves en parques eólicos. Reconocimiento de aves protegidas y patrones de vuelo que puedan llevar a colisión.	CV	Minsait	Disponibilidad limitada de Datasets de entrenamiento. Extendido con estrategias de generación de datos sintéticos
3.25	Detección de anomalías en instalaciones renovables . Monitorizar con capacidad de alerta temprana las instalaciones para realizar un mantenimiento predictivo llegando a cuantificar el impacto económico de las incidencias.	ML	eProgram	



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL
Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Proyecto IA4TES MIA.2021.M04.0008, financiado por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

PT3 Producción sostenible inteligente

Objetivos de innovación

3.MAN Mantenimiento inteligente de activos

Optimización mediante IA del mantenimiento de activos de generación renovables minimizando su coste y maximizando su vida útil.

Actividades

	Actividad	IA	Miembro	Comentarios - Riesgos
3.6	Deep Learning en el Edge para instalaciones fotovoltaicas (Grande y Autoconsumo). Infraestructura hardware/firmware en el Edge/cloud que implemente algoritmos en el Edge para instalaciones fotovoltaicas		Barbara	
3.10	Mantenimiento óptimo de activos fotovoltaica: acondicionamiento, mejora de precisión y fiabilidad de modelos híbridos, clustering modal y regresores de caracterización		Tecnalia	Necesidad de
3.11	Detección temprana de futuras anomalías que se presenten en activos generación renovable, diagnóstico automático y optimización de mantenimiento: 1) P. Fотовoltaicas 2) Valoración de riesgo de incendio	ML y DL y Physical Informed NN (PINN)	Minsait	combinar conocimiento físico sobre los activos con IA: PINNs, Gemelo
3.12	Mantenimiento óptimo de activos a nivel de sistemas (Fotovoltaica). Mantenimiento predictivo de grandes instalaciones fotovoltaicas a través de cálculos dinámicos y algoritmos de predicción de riesgos de fallo en el Edge.		Barbara	Digital.
3.13	Gemelo digital para la optimización de la operación y diagnóstico de turbinas eólicas	DT, Transfer Learning	Tecnalia	
3.14	Mantenimiento óptimo de activo: Predicción de la potencia de aerogenerador. Modelos aproximados de simulación de la potencia a partir del ángulo y la velocidad del viento	RNA PINN	UGR	
3.15	Mantenimiento óptimo Edge de activo: Tren de potencia de aerogenerador / Transformador CT. Habilitar modelos de IA para evaluar la vida útil remanente RUL, en estrategias de mantenimiento prescriptivo, y para detectar fallos de operación en mantenimiento predictivo.		Barbara	Diversas técnicas para la generación de datos sintéticos: CNN GANs, VAE.
3.16	Monitorización de la Salud Estructural turbinas eólicas offshore. Detección temprana de fallos en subsistemas. Generación de juego de datos sintéticos	Convolutional NN (CNN) + AR DL	BCAM	
3.17	Estimación de Vida de componentes de las turbinas offshore. Medida IA degradación	Generative Adversary Networks (GANs), Variational Autoencoder (VAE)	BCAM	



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL
Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

2.2 Ámbitos de aplicación

PT4 Red inteligente.



INTELIGENCIA **ARTIFICIAL**
PARA LA **TRANSICIÓN**
ENERGÉTICA **SOSTENIBLE**



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL
Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA



**Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia**

Proyecto IA4TES MIA.2021.M04.0008, financiado por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

Red Inteligente

Gestión de una red mucho más compleja y dinámica en coordinación con cientos de miles de recursos distribuidos (RED).

Infraestructura envejecida con limitaciones económicas y técnicas en su crecimiento



Estado del arte

Operación :

- Centralizada en TR de activos (AT/MT) .
- Dificultades para extender TR a BT o hasta el contador.
- Gestión 'no-TR' de información de punto de suministro.
- Inteligencia de red centralizada + automatismos básicos en el borde de la red.
- Operación sobre eventos y medidas en TR.

Planificación:

- **Determinista** con margen de diseño para puntas de consumo.
- Dificultades para preveer el impacto de DER.

Mantenimiento:

- **Correctivo y programado.**

IA:
I.Optimization
Machine Learning
IA Distribuida
FL

Aplicación

- **Preveer** el impacto a largo, medio y corto plazo sobre la red de los recursos RED
- **Planificación óptima** de la integración de recursos energéticos distribuidos (RED). Optimización de la inversión, compras al mercado y operación de la red maximizando el aprovechamiento de la flexibilidad distribuida en la red y en los clientes.
- **Operación.** Previsión a corto plazo de la evolución de la red, permitiendo una operación más dinámica y adaptativa.
- **Mantenimiento de la red.** Caracterización dinámica del riesgo de fallo e impactos cruzados de todos los componentes y equipos de la red que pueden afectar de alguna forma a la continuidad y calidad del suministro
- **Red autónoma e inteligente.**



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL
Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Proyecto IA4TES MIA.2021.M04.0008, financiado por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

PT4 Red Inteligente

Objetivos de innovación

4.PLAN Planificación óptima de integración DER

Herramientas de IA para predicción de requerimientos para la red, derivados de integración masiva de generación renovable, y necesidades de adaptación a la demanda prevista.

Actividades

	Actividad	IA	Miembro	Riesgos
4,2	Planificación óptima integración DER. Cálculo de Hosting Capacity mediante IA. Caracterización de consumo de red NILM Evaluación viabilidad peticiones de conexión	ML, Montecarlo	Minsait	Gestión de incertidumbre en las variables DER.
4.3	Desarrollo de batería de escenarios "what-if" para el comportamiento de RED/DER. Uso grid2Op		UGR	
4,4	Nowcasting de la red. Investigación y desarrollo de herramientas de predicción de consumo y generación eléctrica en los diferentes nodos de una red : 1, 5, 10, 15 minutos	Support Vector Machine (SVN), Extreme Learning Machine (ELM), Hiden Markov Models (HM)	Tecnalia	Comportamientos no reflejados en históricos que requiere simulaciones (DT)
4,5	Nowcasting de la red (escenarios alternativos). Predicción multivariable de la demanda y extracción de patrones, resumen y descripción lingüística de series temporales	DL, NLP	UGR	



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL
Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Proyecto IA4TES MIA.2021.M04.0008, financiado por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

PT4 Red Inteligente

4.OPE Operación óptima y segura

Objetivos de innovación

Análisis global sobre visión general de operación de la Red.
Operación preventiva

Actividades

	Actividad	IA	Miembro	Observaciones - Riesgos
4.17	Robotización/automatización de la operación de la red. Optimización mediante Deep Reinforce Learning sobre Gemelo Digital RTE.	DRL	IIC	Aprendizaje continuo ante condiciones de operación en evolución Simulación de red (DT)
4.22	Desarrollo de un sistema IA de control de congestión para redes de distribución basado en tarificación dinámica, reconfiguración y re-perfilado de producto.	ML OI	UPM	

PT4 Red Inteligente

Objetivos de innovación

4.MAN Mantenimiento óptimo de Red

Herramientas orientadas tanto hacia la minimización del impacto de fallos y mejorando la gestión y planificación del mantenimiento

Actividades

	Actividad	IA	Miembro	Comentarios - Riesgos
4.7	Mantenimiento óptimo de activos de red (trafo) como Gemelo Digital. Monitorización de la condición para detección de degradación de transformadores.	Soft Sensor	Tecnalia	Limitación en datos reales para validación.
4.8	Mantenimiento óptimo de activos a nivel de sistema en redes de distribución. Caracterización dinámica de estado de salud para elementos críticos: Trafo, interruptor, línea Optimización mantenimiento en base a estado de parque	ML, IOpt	Minsait	
4.9	Análisis de impacto de propagación de averías para optimizar inversión de activos. Priorización de inversiones de mantenimiento de red.		baobab	
4.18	Optimización de los trabajos de O&M en la red		IIC	
4.10	Visión Artificial para el mtto de la red de distribución. Poder evaluar el estado de las instalaciones por medio de imágenes captadas por diferentes medios.	VA	baobab	Limitación en disponibilidad de imágenes/datos de anomalías. Necesidad de generación de datos sintéticos.
4.11	Detección y cuantificación visual de patologías en centrales, estaciones y S/E eléctricas: Integrar datos procedentes de diferentes fuentes, automatizar la detección y reconocimiento de elementos y codificar la experiencia sobre conexiones.	VA, DL	USAL	
4.19	Análisis automatizado de imágenes para diagnóstico de dispositivos de red.		IIC	
4.23	Framework de multimodal learning para monitorizar mediante imágenes sensores y predecir eventos anómalos en líneas distribución y transporte	VA, ML	UPM	
4.24	Optimización de rutas de inspección y mtto. Maximizar el beneficio como resultado de planificaciones de operaciones optimizadas.		baobab	



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL
Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

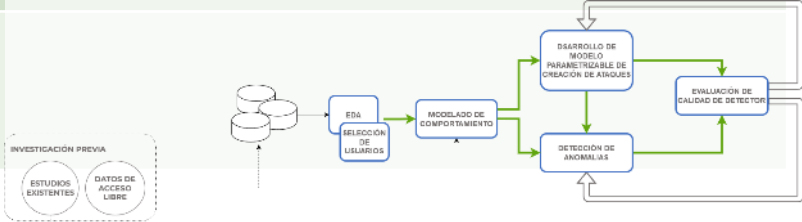
PT4 Red Inteligente

Objetivos de innovación

4.EXP Explotación óptima de la Red

Otros elementos que pueden incidir en las prestaciones de los servicios de la Red en las condiciones óptimas

Actividades

	Actividad	IA	Miembro	Comentarios -Riesgos
4.15	Detección de anomalías. Detectar y caracterizar patrones de consumo tanto fraudulentos, como en ausencia de fraude y desarrollar una aplicación que se integre con los procesos de los actores implicados en la detección de fraude		eProgram	Limitación en disponibilidad de datos de red. Necesidad de generación de datos sintéticos.
6.6	Detección de pérdidas no técnicas		IIC	
4.16	Descubrimiento de la red eléctrica de BT: Validación automática de inventario de red y gemelo digital para simulaciones.	ML	Ariadna	
4.21	IA para detección y respuesta a ciberataques sobre Smart meters. Potencial de las técnicas de aprendizaje automático (ML) y otras de inteligencia artificial (e.g. ABM) para simular y construir sistemas que permitan detectar ataques	ML, Agent Based Modeling (ABM)	UPM	

PT4 Red Inteligente

Objetivos de innovación

4.DIS Infraestructura inteligente

Desarrollos y herramientas para incluir componentes inteligentes en los nodos de la Red, para optimizar la operación, calidad y resiliencia de la red.

Actividades

	Actividad	IA	Miembro	Comentarios - Riesgos
4.12	Infraestructura inteligente. Distribución de la inteligencia al borde de la red/DER. Pipeline de despliegue de VA Edge y entrenamiento sintético. Detección mediante IA de ciberataques Edge. FLI autónomo por infraestructura.	VA AR	Minsait	Framework para el despliegue, interconexión y aprendizaje de IA distribuida. Paradigma de aprendizaje Federado. Green AI
4.13	Infraestructura inteligente. Distribución de la inteligencia al borde de la red/DER . Now Casting y OPF desplegados y securizados en Edge		TecNALIA	
4.14	Subestación Inteligente. Distribución de la inteligencia al borde de la red/DER. • Edge Computing aplicada a las infraestructuras distribuidas inteligentes • PoC de microservicios para la interconexión entre nodos dentro del mismo anillo de media o baja tensión con IA distribuida.		Barbara	
4.25	Infraestructura inteligente. Estudio funcionamiento de los dispositivos de Edge Intelligence y cuadernos de código Python con la implementación del pipeline para ejecutar los modelos / código fuente de bajo nivel en dispositivos TPU		UGR	



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL
Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

2.3 Ámbitos de aplicación

PT5 Consumo Inteligente



INTELIGENCIA **ARTIFICIAL**
PARA LA **TRANSICIÓN**
ENERGÉTICA **SOSTENIBLE**



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL
Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA



**Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia**

Proyecto IA4TES MIA.2021.M04.0008, financiado por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

Consumo Inteligente

Habilitar un nuevo marco de servicios distribuidos integrando Consumidores, Agregadores y Operadores de Red de Distribución



Estado del arte

Mercados de flexibilidad inmaduros.

Distintas alternativas de regulación, servicios soportados, responsabilidades, agentes e interacciones

Diferentes iniciativas de flexibilidad con una fuerte presión de adopción.

Integración con mercados y procesos existentes.

IA:
I.Optimization
Machine Learning
Edge

Aplicación

- Herramientas para la planificación y gestión inteligente de recursos detrás del contador y su participación en mercados de flexibilidad.
- Agregación y reparto óptimo de servicios hacia mercados de flexibilidad .
- Integración óptima de servicios de flexibilidad en la operación de la red
- Ubicación óptima de recursos

PT5 Consumo inteligente

Objetivos de innovación

5.BHM Planificación y gestión inteligente de recursos detrás del contador

Incluye tanto equipos para la gestión individual como colectiva.

Actividades

	Actividad	IA	Miembro	Riesgos
5.7	Optimización Local de Activos Energéticos Gestionables Behind-the-Meter . Investigación y desarrollo de arquitectura de agentes que permita la gestión energética flexible y optima detrás del contador.	RL ML , Opt	Minsait	
5.8	Optimización Local de Activos Energéticos Gestionables Behind-the-Meter mediante aprendizaje por refuerzo profundo.	RDL	UGR	
4.20	Discriminación de la demanda sin submetering y optimización de la tarifa		IIC	
5.9	Sistema o dispositivo inteligente de gestión del consumo. Segmentación y caracterización de patrones de consumo para predecir consumo a diferentes escalas temporales		eProgram	Gestión de la energía distribuida. Agentes IA
5.10	Sistema o dispositivo inteligente de gestión del consumo. Optimizar el auto-consumo de energía renovable y el uso de los recursos energéticos dentro de una comunidad de consumidores		Stemy	
5.12	IA para planificación y gestión de autoconsumo colectivo : Automatizar la agregación de curvas de consumo Codificar la experiencia (conocimiento informal) de adaptación de consumos a la producción	ML	USAL	



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL
Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Proyecto IA4TES MIA.2021.M04.0008, financiado por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

PT5 Consumo inteligente

Objetivos de innovación

5.INT Integración óptima de recursos.

Optimización de decisiones que tengan que ver con la gestión óptima de los clientes.

Actividades

	Actividad	IA	Miembro	Comentarios - Riesgos
5.2	Optimización de ubicación de estaciones de recarga de vehículos eléctricos . Garantizar la mejor cobertura posible con la menor inversión posible y ubicando las estaciones allí donde haya una mayor demanda		baobab	
5.20	Reducción de islas de calor : Reconocimiento automático de características geométricas, térmicas y ambientales. Estrategias energéticas de mitigación.	ML	USAL	
6.10	Framework IA 360° de evaluación de la satisfacción del cliente para soporte a la decisión, que integre: datos pasivos, activos y de contexto del cliente	ML NLP	UPM	



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL
Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Proyecto IA4TES MIA.2021.M04.0008, financiado por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

2.4 Ámbitos de aplicación

PT6 Diseño y Gestión Optima de mercados



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL
Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Proyecto IA4TES MIA.2021.M04.0008, financiado por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

Diseño y Gestión Óptima de Mercados

Diseño y gestión óptima de la participación en mercados de generación renovables y recursos distribuidos



Estado del arte

Presión por Integración de almacenamiento con generación renovable.

Necesidad de participación de renovables en servicios de flexibilidad.

Integración con mercados y procesos existentes.

IA:
I. Optimization
Machine Learning
Edge

Objetivos

- Herramientas IA para nuevos agentes de mercado y agregación.
- Previsión de variables clave del mercado.
- Definición de nuevos modelos de casación mediante IA avanzada.
- Mercado de certificados de energía granulares (horarios) que permitirá el acceso a los nuevos actores: generación distribuida/descentralizada o nuevos sistemas de almacenamiento.
- Optimización de operaciones de trading en un entorno de incertidumbre

PT6 Diseño y Gestión Optimizada de Mercados

Objetivos
de
innovación

6.NELE Nuevos elementos del mercado.

Además de los elementos clásicos de mercado, se incorporan nuevos elementos, como los sistemas de almacenamiento, que deben ser considerados para la mejor gestión del mercado

Actividades

	Actividad	IA	Miembro	Comentarios - Riesgos
6.5	Creación de un mercado de certificados de energía granulares. Creación de la estructura blockchain mecanismos para la creación de mercados cálculos de precios y los algoritmos de compensación		Flexidao	
6.1	Mantenimiento óptimo de activos: Transformador y batería como Gemelo Digital. Monitorización de la condición para detección de degradación.	Soft Sensor DT	Tecnalia	Mantenimiento optimo de baterías mediante gemelos digitales
6.2	Mantenimiento óptimo de activos a nivel de activo. Gemelo Digital Edge de batería - Conector de lectura - Envío agnóstico de datos		Barbara	
6.8	Simulación/Optimización de instalación híbrida		IIC	IA para la gestión de energía con incertidumbre: Previsión, planificación, ejecución y “recalibración”. Combinación de Simulación física e IA en Gemelos digitales
5.3	Desarrollo de un EMS que permita el despacho optimo de servicios de almacenamiento y recursos flexibles: Islas, parques híbridos renovable+ baterías, agregador flexibilidad	OI	Minsait	
5.6	Planificación y agregación óptima de oferta de recursos renovables y almacenamiento Desarrollo y prueba de diversos algoritmos de Aprendizaje por Refuerzo para el control descentralizado de redes de distribución y smart-grid que incluyan nuevos elementos de mercado	RL	UGR	
5.4	Estimación de la flexibilidad de los recursos distribuidos basada en ML: Optimización estocástica + técnicas de regresión para parametrización.	ML	Tecnalia	
5.5	Planificación y agregación óptima de oferta de recursos renovables y almacenamiento		Vicomtech	



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL
Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Proyecto IA4TES MIA.2021.M04.0008, financiado por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

PT6 Diseño y Gestión Optimizada de Mercados

6.FLEX Nuevos mercados

La posibilidad de agrupar pequeños generadores o consumidores, así como la introducción de mayor flexibilidad en los mercados ofrece un área de desarrollo muy relevante para la IA, tanto definiendo formas óptimas de participación como ofreciendo elementos de gestión y optimización.

Objetivos de innovación

Actividades

	Actividad	IA	Miembro	Comentarios - Riesgos
5.13	Agregación inteligente de DER.	AR	Minsait	
5.16	Agregación inteligente DER mediante grafo jerárquico.	GRR	UGR	IA para la agregación de servicios distribuidos de flexibilidad : Comunidades energéticas....
5.15	Agregación inteligente de producción distribuida		Vicomtech	
5.17	Agregación flexible inteligente. Edge para posibilitar el desarrollo de IA distribuidos para el cálculo de flexibilidad del usuario y elevar la comunicación a otros elementos de la cadena (agregador).		Barbara	
3.3	Despacho de la generación distribuida . Investigación y desarrollo de avanzadas técnicas de optimización orientadas a la gestión eficiente y despacho económico de los recursos distribuidos en redes eléctricas de media y baja tensión OPF	OPF / ML / NSGA-II	Tecnalia	
3.4	Despacho de la generación distribuida	RL	Vicomtech	Operación óptima de recursos flexibles en la red
5.18	Control óptimo de la flexibilidad de red . Modelos de control predictivo de recursos de flexibilidad	ML	Tecnalia	
5.19	Control óptimo de la flexibilidad de red . desarrollo de una red representativa y prueba de distintos controladores centralizados con Aprendizaje por Refuerzo	RDL	UGR	



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL
Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Proyecto IA4TES MIA.2021.M04.0008, financiado por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

PT6 Diseño y Gestión Optimizada de Mercados

Objetivos de innovación

6.PREV Previsión

La previsión de demanda es un elemento esencial para el mercado, que viene siendo abordada con técnicas de IA, que mejoran de forma continua. Además, con las nuevas técnicas de IA, se pueden analizar nuevas previsiones de comportamiento de mercados.

Actividades

	Actividad	IA	Miembro	Comentarios - Riesgos
6.7	Predicción de capacidad (renovable) en los horizontes de los mercados	ML	IIC	
5.14	Agregación inteligente. Previsión de capacidad de energía flexible • Determinar máxima flexibilidad disponible. • Discriminar qué señales de precio hacen que haya o no flexibilidad. • Determinar qué mercado es el que es más rentable participar.	ML	Stemy	Previsión mediante IA de los fundamentales para la operación de los mercados de flexibilidad: Flexibilidad disponible, demanda, precios, generación
6.11	Predicción/subidas de precios o demanda de energía en futuro cercano con cuantificación de error.	ML	BCAM	
4.6	Predicción ML multidimensional de la demanda probabilística.	ML	BCAM	



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL
Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Proyecto IA4TES MIA.2021.M04.0008, financiado por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

PT6 Diseño y Gestión Optimizada de Mercados

6.TRAD Sistemas de apoyo a la decisión.

Objetivos de innovación

Herramientas de ayuda a la toma de decisiones, en los mercados definidos, con toda la información disponible.

Actividades

	Actividad	IA	Miembro	Comentarios - Riesgos
6.3	Herramienta de generación automática de escenarios realistas del precios futuros de uno o varios productos.		baobab	
6.4	Optimización de casación de oferta y demanda eléctrica . Garantizar la casación del precio del lote oferta/demanda de manera que cubra los costes de la producción del lote y que se obtengan beneficios.	IOpt	baobab	
3.19	Optimización de precios en PPA para gestión de la energía	IOpt	IIC	• Modificación de alcance.
3.9	Incremento de eficiencia en la generación hidroeléctrica . Caracterización del estado futuro (machine learning) de recursos hídricos Modelo de optimización matemática para la planificación de la operación con horizonte de un día e intradiarias.	IOpt	baobab	Reorientación a casos de uso de mayor impacto. • Modificación de alcance.



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL
Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Proyecto IA4TES MIA.2021.M04.0008, financiado por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

3. Conclusiones.



INTELIGENCIA **A**RTIFICIAL
PARA LA **T**RANSICIÓN
ENERGÉTICA **S**OSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL
Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Proyecto IA4TES MIA.2021.M04.0008, financiado por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

Claves para maximizar el impacto sobre la Transición Energética Sostenible de la IA

Gobierno de la base de conocimiento (los datos)

Experiencia combinada en tecnología y negocios

Gobierno de la IA

Privacidad y seguridad

Fiabilidad y explicabilidad

Selección y combinación de herramientas de IA



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL
Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Proyecto IA4TES MIA.2021.M04.0008, financiado por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

¡GRACIAS!

 **MINSAIT**



INTELIGENCIA **ARTIFICIAL**
PARA LA **TRANSICIÓN**
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



MINISTERIO
PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL
Y DE LA FUNCIÓN PÚBLICA



**Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia**

Proyecto IA4TES MIA.2021.M04.0008, financiado por el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia