



Jornadas IA4TES

Inteligencia Artificial para la Transición Energética Sostenible

Mercados energéticos Inteligentes

22/03/2023



Agenda Jornada

10:00 – 10:10

- Bienvenida + Intro (Rafael San Juan – Iberdrola)

10:10 – 10:40

- Soluciones de Flexibilidad y Optimización (Ione Lopez - Iberdrola)

10:40 – 11:15

- Mercados de flexibilidad: Oportunidades y retos. (Juan Prieto M. – Minsait)
- Act 5.3 Participación óptima en los mercados (Pedro Sanchez Fuentes – Minsait)
- Act 5.13 Agregación inteligente (Juan Prieto V. – Minsait)

11:15 – 11:30

BREAK

11:30 – 12:15

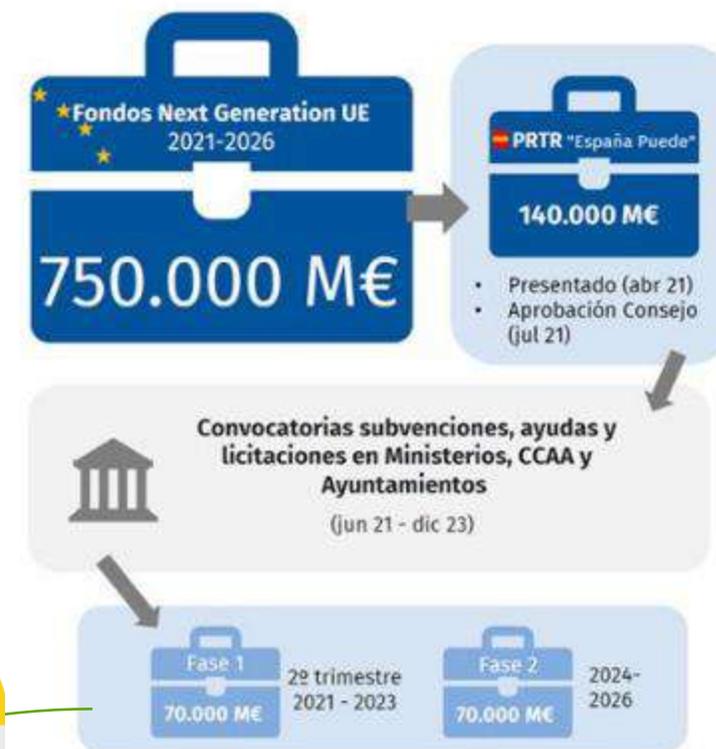
- Agregación inteligente de producción distribuida.
- Actividades 5.5, 5.15, 3.4 (Juan Goicolea y Kenji Sepúlveda – Vicomtech)

12:15 – 12:30

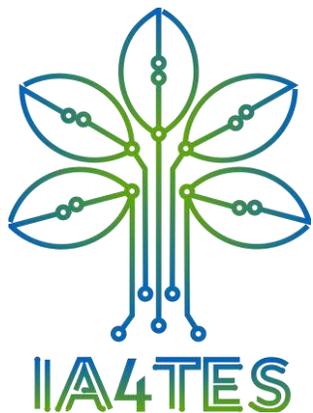
- Preguntas, despedidas y cierre (Juan Prieto V. – Minsait)



- Plan de recuperación post COVID.
- España elaboró el PRTR o Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia "España Puede".
- Los ministerios sacan convocatorias en los proyectos estratégicos.
- IA4TES único proyecto del vertical energético de las candidaturas presentadas.



Proyecto **IA4TES**
MIA.2021.M04.0008



1

Convertirse en el núcleo investigador y tecnológico de la inteligencia artificial en el sector energético, posicionando a España como referente en IA del sector energético

2

Aportar valor y ventaja competitiva a las empresas del consorcio y a un elevado volumen de usuarios finales, para contribuir a la transformación del tejido económico.

3

Promover el desarrollo de capacidades digitales, potenciar el talento nacional y atraer talento internacional.

2 Grandes empresas, 9 PYMES, 3 Universidades, 4 Entidades Investigadoras, +60 Casos de uso



PT2 – Laboratorio de Tecnologías

- Machine Learning (Redes Neuronales) - Deep Learning
- Optimización Inteligente
- Robótica y Automatización
- Procesamiento Lenguaje Natural
- Algoritmos Verdes para la IA



PT1 – Gestión de Proyecto

- Seguimiento y Coordinación técnico&económico
- Objetivos – KPI
- Impacto del proyecto
- Control de Riesgos
- Aseguramiento ético y normativo



PT3 – Generación Sostenible Inteligente

- Planificación de Instalaciones Renovables
- Predicción de Recurso y Producción Renovable
- Explotación Óptima de Plantas de Generación
- Mantenimiento Óptimo de Activos Renovables



PT4 – Red Inteligente

- Planificación e integración óptima de recursos distribuidos
- Nowcasting de Red
- Infraestructura Inteligente
- Mantenimiento Óptimo de Activos de Red



PT5 – Consumo Inteligente

- Optimización Behind-the-meter
- Agregación inteligente
- Servicios avanzados de movilidad y otros nuevos servicios



PT6: Diseño y Gestión Optimizada de Mercados

- Trading Optimizado.
- Casación de Mercados.
- Optimización de precios.
- Almacenamiento de energía



PT8 – Centro de Excelencia

- Diseminación y Difusión
- Capacitación y Atracción de Talento
- Alianzas
- Internacionalización
- Pruebas de Concepto
- Gestión de la Propiedad Industrial



Casos de Uso

PT7 – Inteligencia del Dato

- BigData – Gobernanza del Dato
- IoT – Sensores y Dispositivos Inteligentes
- Edge Computing – Inteligencia Distribuida



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ASUNTOS ECONÓMICOS
Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL

SECRETARÍA DE ESTADO
DE DIGITALIZACIÓN
E INTELIGENCIA ARTIFICIAL



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



Minimax Classification with 0-1 Loss and Performance Guarantees

Los métodos convencionales consiguen un aprendizaje eficiente y una generalización fuera de la muestra minimizando las pérdidas de los sustitutos sobre familias específicas de reglas. Este trabajo presenta clasificadores de riesgo minimax (MRCs) que no dependen de una elección de pérdida sustituta y familia de reglas.

[DESCARGAR](#)



Probabilistic Load Forecasting Based on Adaptive Online Learning

Este artículo presenta un método de previsión probabilística de la carga basado en el aprendizaje adaptativo en línea de modelos de Markov ocultos. Proponemos técnicas de aprendizaje y previsión con garantías teóricas, y evaluamos experimentalmente su rendimiento en múltiples escenarios.

[DESCARGAR](#)



Generalized Maximum Entropy for Supervised Classification

Este trabajo establece un marco para la clasificación supervisada basado en el principio de máxima entropía generalizada que conduce a clasificadores de riesgo mínimo.

[DESCARGAR](#)



La predicción de energías renovables: oportunidades Big Data para la energía eólica

El objetivo de este trabajo es mostrar la importancia que tiene realizar una adecuada predicción de la energía eólica que se va a producir, para permitir una correcta gestión, planificación y mantenimiento de los parques y del propio sistema eléctrico.

[DESCARGAR](#)



Soluciones de Flexibilidad y Optimización P.6 Mercados

Ione Lopez

Iberdrola Global Energy Management (GEM)



IA4TES

INTELIGENCIA ARTIFICIAL

PARA LA

TRANSICIÓN ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Operación del sistema en tiempo real

- Despacho de tiempo real de infraestructuras críticas
- Cumplimiento de programas casados en los mercados europeos, y de requerimientos de tiempo real del Operador del Sistema

Participación en mercados

- Compras y ventas que provienen de centrales de producción, y de previsión de consumo de clientes
- Mercados europeos de energía, y mercados de apoyo al Operador del Sistema

Coordinación operativa y apoyo al sistema

- Otras funciones que garantizan la seguridad del sistema

24x7



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ASUNTOS ECONÓMICOS
Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL

SECRETARÍA DE ESTADO
DE DIGITALIZACIÓN
E INTELIGENCIA ARTIFICIAL



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Operación en:

6 países

4 Operadores de Mercado

9 Operadores del Sistema



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



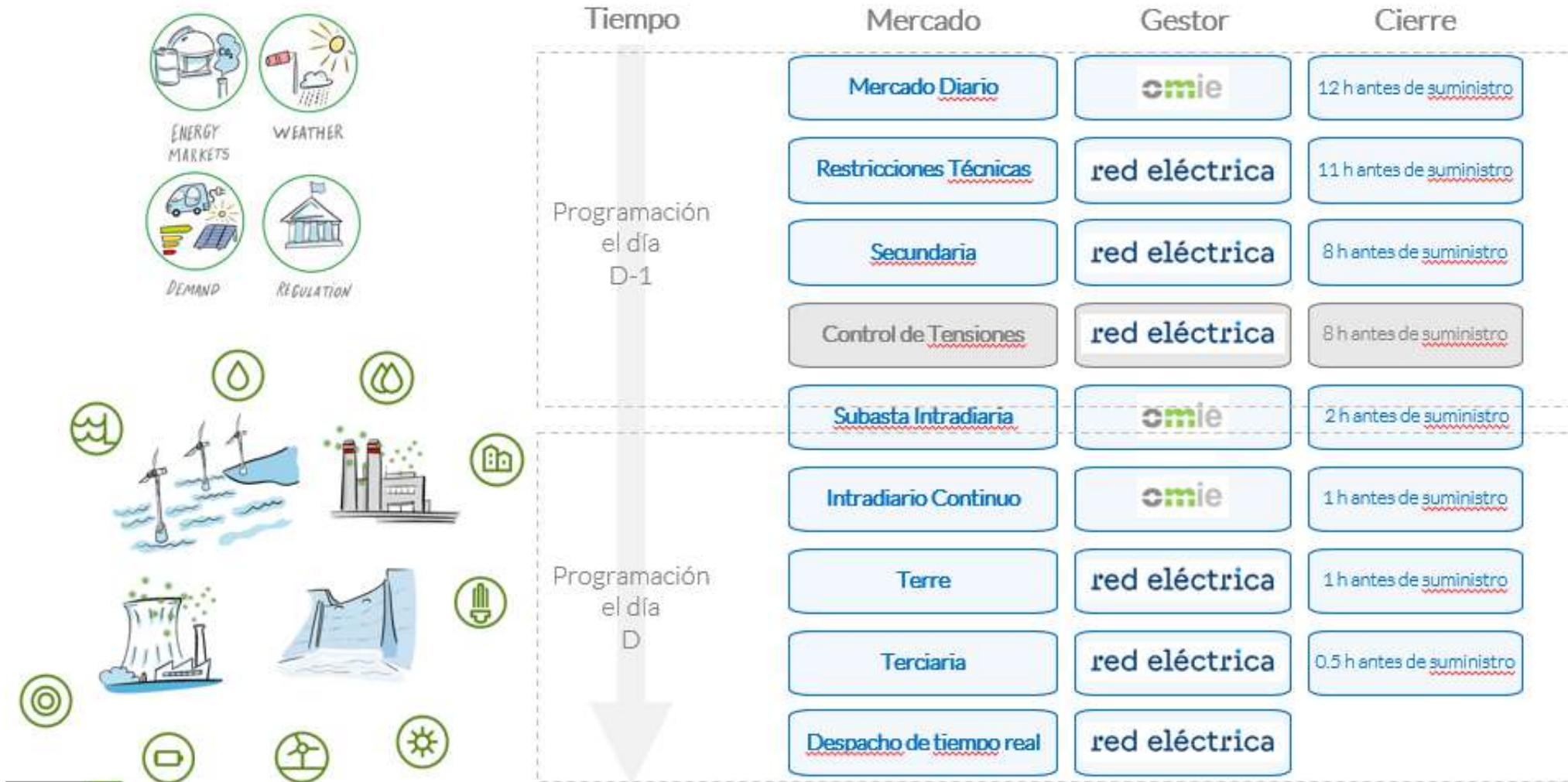
GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ASUNTOS ECONÓMICOS
Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL

SECRETARÍA DE ESTADO
DE DIGITALIZACIÓN
E INTELIGENCIA ARTIFICIAL

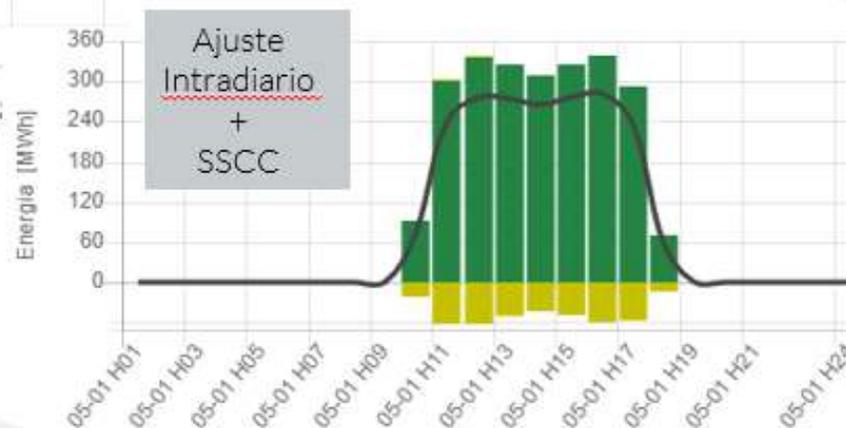
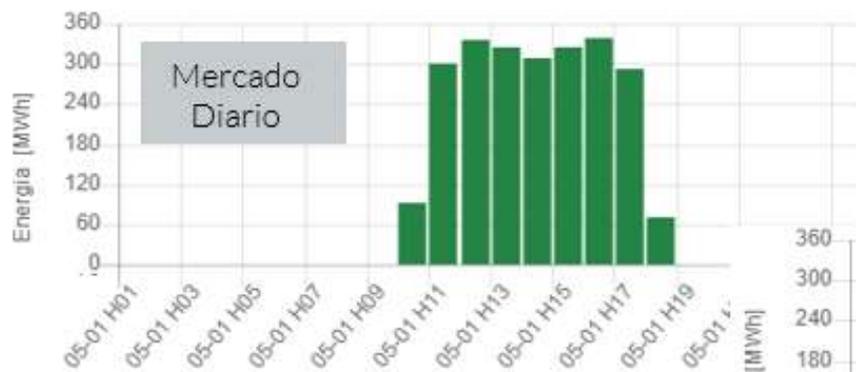


Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

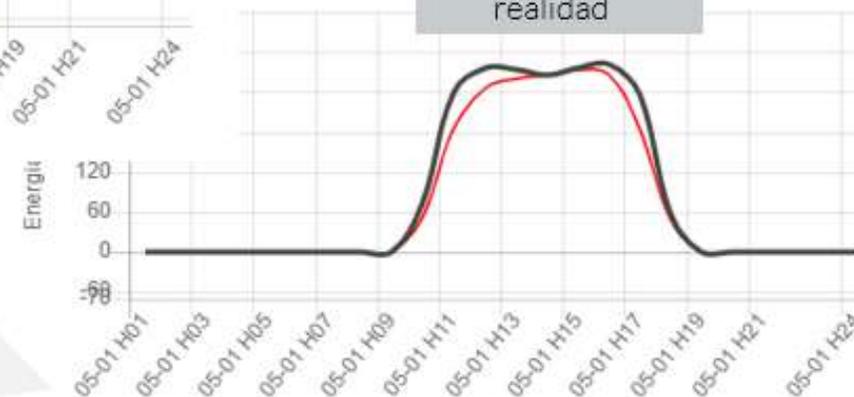


Programación de una central en mercado

Ejemplo de fotovoltaica



Último programa vs realidad



Ajuste continuo de programa a la mejor previsión



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ASUNTOS ECONÓMICOS
Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL

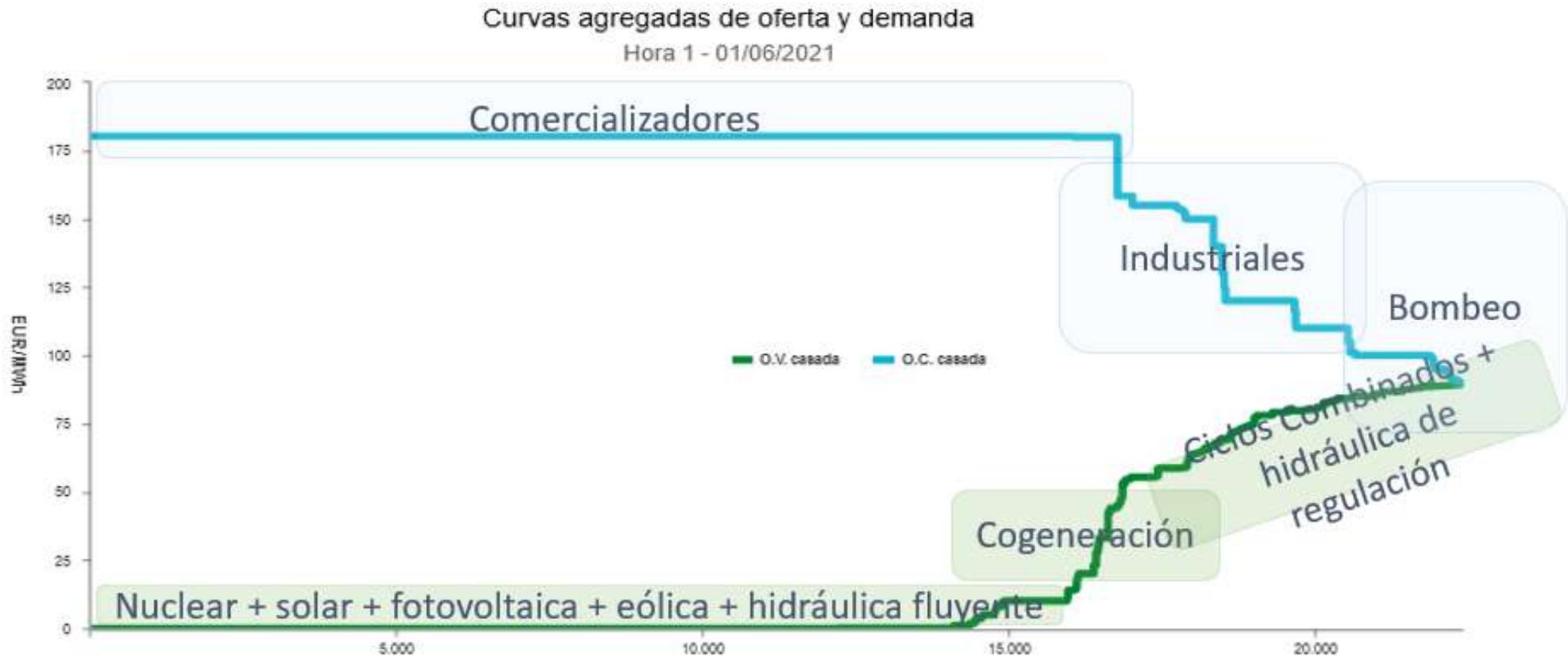
SECRETARÍA DE ESTADO
DE DIGITALIZACIÓN
E INTELIGENCIA ARTIFICIAL



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Mercado eléctrico marginalista

El mercado proporciona la energía que necesita la demanda utilizando las fuentes más baratas disponibles en cada momento



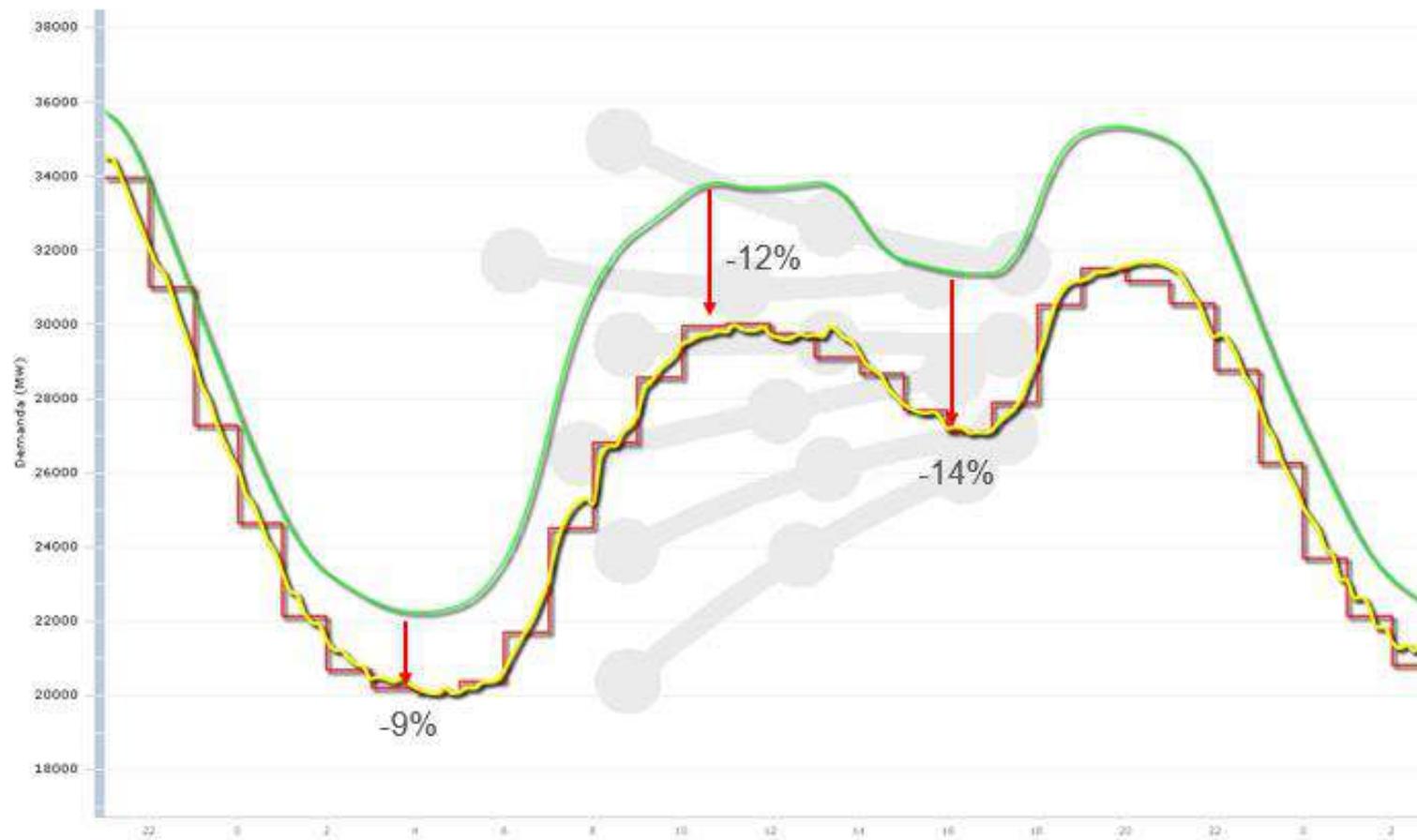
Borrasca Filomena

08/01/2021

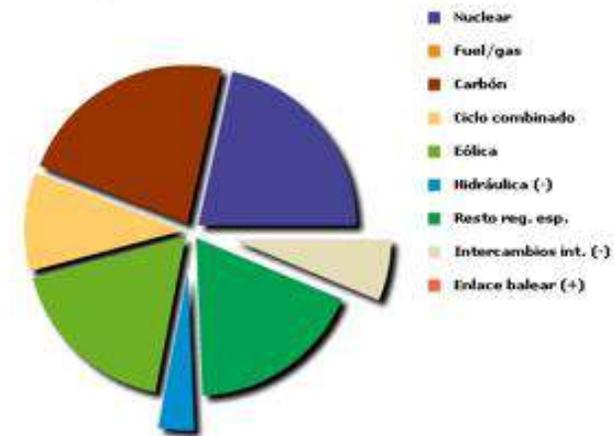


Eventos excepcionales: Huelga General 2012

14/11/2012



Estructura de generación a las 04:00



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ASUNTOS ECONÓMICOS
Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL

SECRETARÍA DE ESTADO
DE DIGITALIZACIÓN
E INTELIGENCIA ARTIFICIAL



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Video GEM



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ASUNTOS ECONÓMICOS
Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL

SECRETARÍA DE ESTADO
DE DIGITALIZACIÓN
E INTELIGENCIA ARTIFICIAL



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

VPP



Nuestro Despacho
Central de Operaciones



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



GOBIERNO
DE ESPAÑA

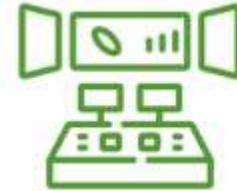
MINISTERIO
DE ASUNTOS ECONÓMICOS
Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL

SECRETARÍA DE ESTADO
DE DIGITALIZACIÓN
E INTELIGENCIA ARTIFICIAL



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Nuestros Activos



Nuestro Despacho Central de Operaciones



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



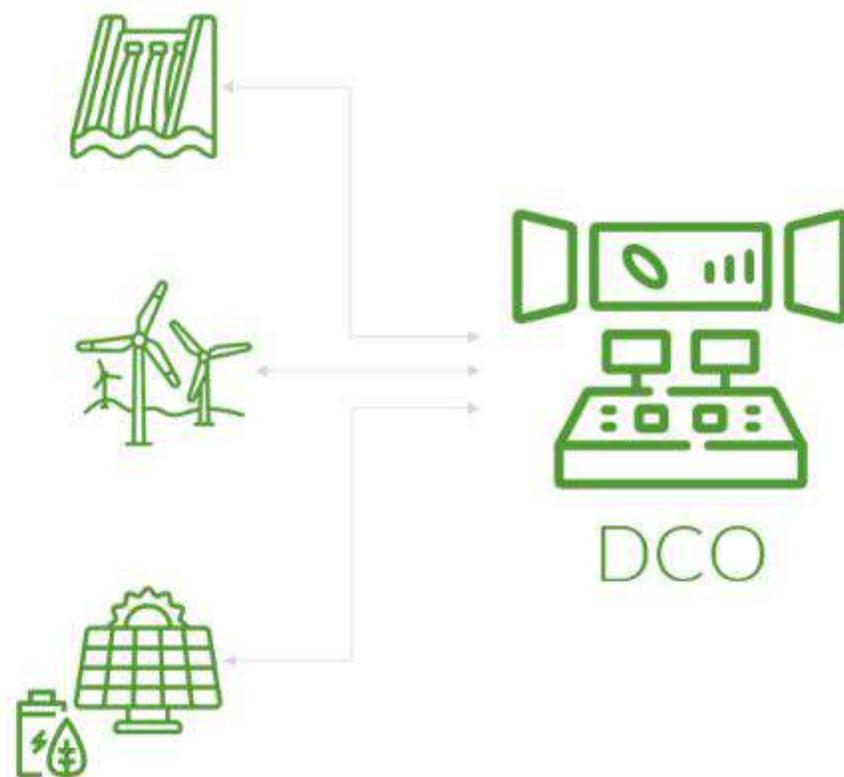
GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ASUNTOS ECONÓMICOS
Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL

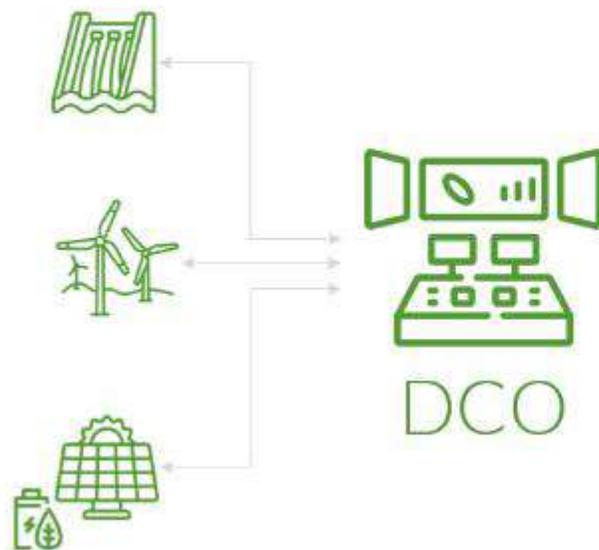
SECRETARÍA DE ESTADO
DE DIGITALIZACIÓN
E INTELIGENCIA ARTIFICIAL



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



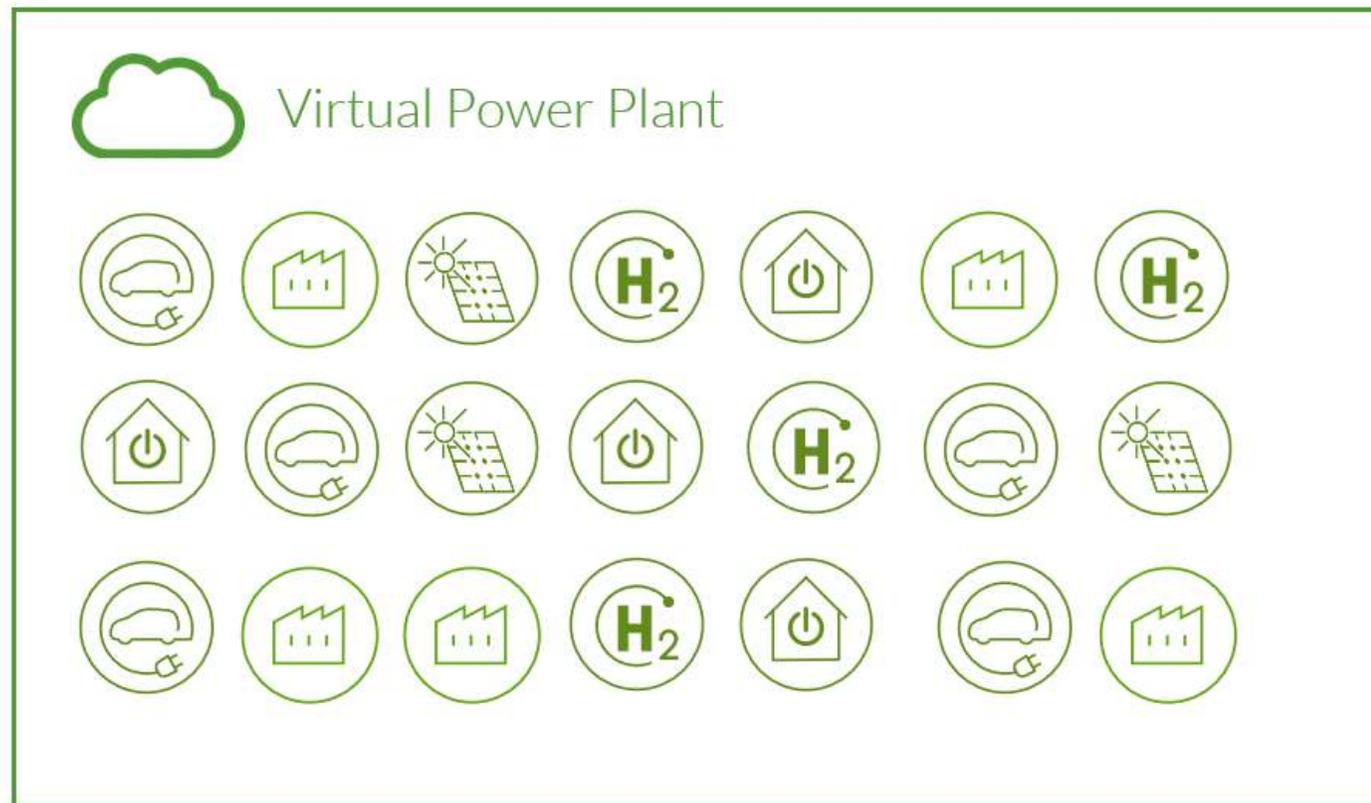
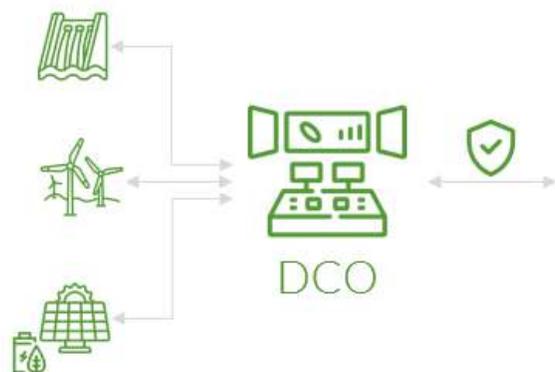
Nuevos activos gestionados

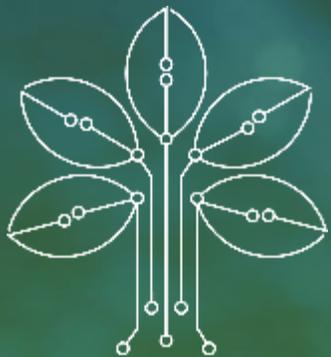


Nuevos activos gestionados









IA4TES



¡GRACIAS!

GEM IBERDROLA



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ASUNTOS ECONÓMICOS
Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL

SECRETARÍA DE ESTADO
DE DIGITALIZACIÓN
E INTELIGENCIA ARTIFICIAL



**Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia**

minsait

An Indra company

Desarrollo de nuevos servicios a los mercados a través de la IA

Juan Prieto V., Pedro Sanchez, Juan Prieto M.,

Minsait



IA4TES

INTELIGENCIA ARTIFICIAL

PARA LA

TRANSICIÓN ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ASUNTOS ECONÓMICOS
Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL

SECRETARÍA DE ESTADO
DE DIGITALIZACIÓN
E INTELIGENCIA ARTIFICIAL



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

01 Visión General de los mercados de flexibilidad

El crecimiento actual y futuro de los Recursos Energéticos Distribuidos (DER) está brindando beneficios a toda la cadena de valor eléctrica

Principales Recursos Energéticos Distribuidos



Producción fotovoltaica distribuida

Se espera que la producción fotovoltaica distribuida mundial se cuadruplique para 2030, de 134 GW en 2020 a 630 GW en 2030¹



Vehículo Eléctrico

Ha habido un aumento general de más de 10 millones de 2017 a 2020, con un aumento del 41 % solo en 2020. Se espera que alcance los 600 millones para 2030¹



Almacenamiento detrás del Contador

Esperado crecimiento exponencial de 11 millones de baterías en 2020 a 350 millones en 2030, con una capacidad estimada de 67 GWh en Europa²



Respuesta de la Demanda

La climatización es un elemento potencial flexible cada vez más utilizado, en particular las bombas de calor, que se han incrementado un 10% en los últimos 5 años. Se espera que existan 600 millones para 2030, bajo un escenario Netzero, en comparación con 180 millones en 2020³



Energy Communities

Para 2030, se espera que las Comunidades de la Energía de la UE tengan alrededor del 17 % de la capacidad eólica instalada y el 21 % de la capacidad solar³

¹ International Energy Agency (25 May 2022), "Unlocking the Potential of Distributed Energy Resources"; ² Wood Mackenzie (6 June 2022), "Europe Distributed Energy Storage Outlook 2022"; ³ European Commission (2016)

Impactos en el sistema energético



Contribuir a la descarbonización del sistema

Aumentar la estabilidad y la resiliencia de la red



Ofrecer una alternativa rentable a las inversiones en la red

Reducir el costo de la Energía para las consumidoras.



La gestión Agregada de la Flexibilidad de los DERs utiliza su valor individual desaprovechado y multiplica los beneficios para el Sistema



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE

minsait

An Indra company



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

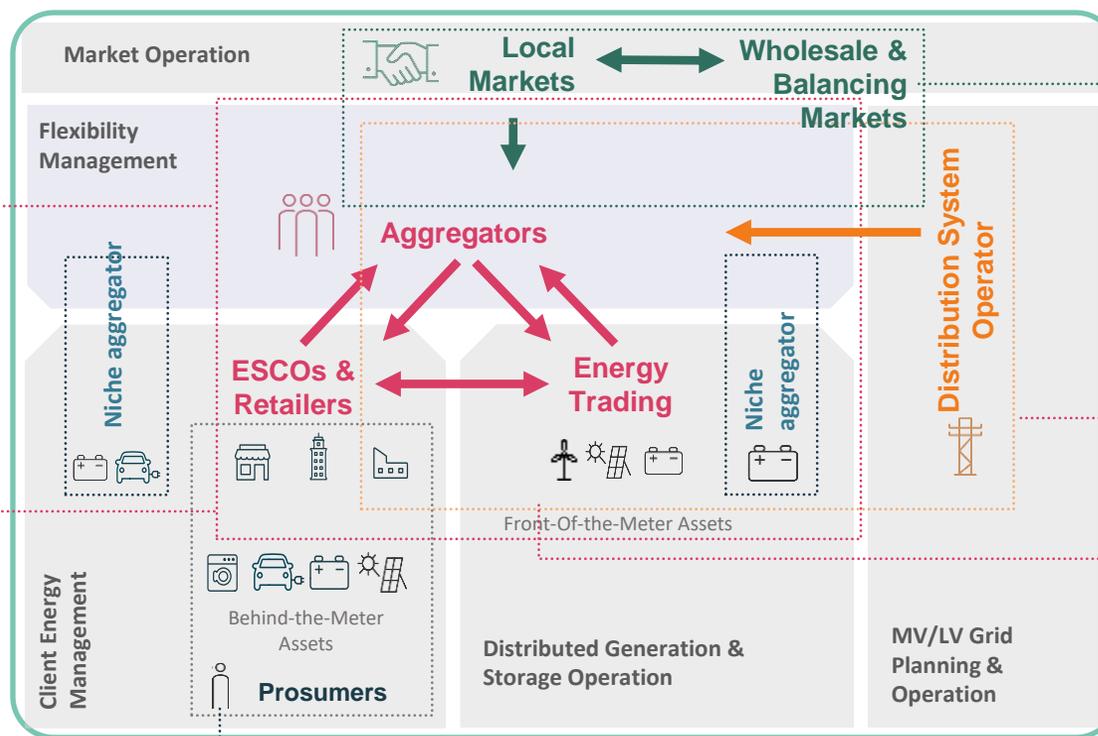
01 Visión General de los mercados de flexibilidad

Los agregadores deben explorar nuevas responsabilidades para posicionarse en el mercado, mientras que los DSO pueden aprovechar el nuevo modelo para una mayor eficiencia y calidad en su operación

Las ESE y los minoristas, como agregadores, tienen la oportunidad de aumentar su base de clientes y su cartera de servicios.

Nuevos actores que actúan como agregadores están revolucionando los servicios de energía, comenzando con propuestas de valor únicas pero buscando una integración vertical

Los Prosumidores, por sí mismos o a través de Energy Communities, quieren que los agregadores les proporcionen activos de energía para reducir su factura y aprovechen su flexibilidad para acortar su ROI.



Los Operadores del Mercado deben adaptar sus mecanismos de mercado para conectar las necesidades de operación de la red con la flexibilidad disponible proveniente de los Agregadores

Los DSO deben abordar los desafíos que plantea el modelo recientemente desarrollado para la operación de la red de distribución.

La agregación y el comercio de energía convergen en torno a la integración de BTM y FTM DER en plataformas híbridas de Phygital



Estado del arte

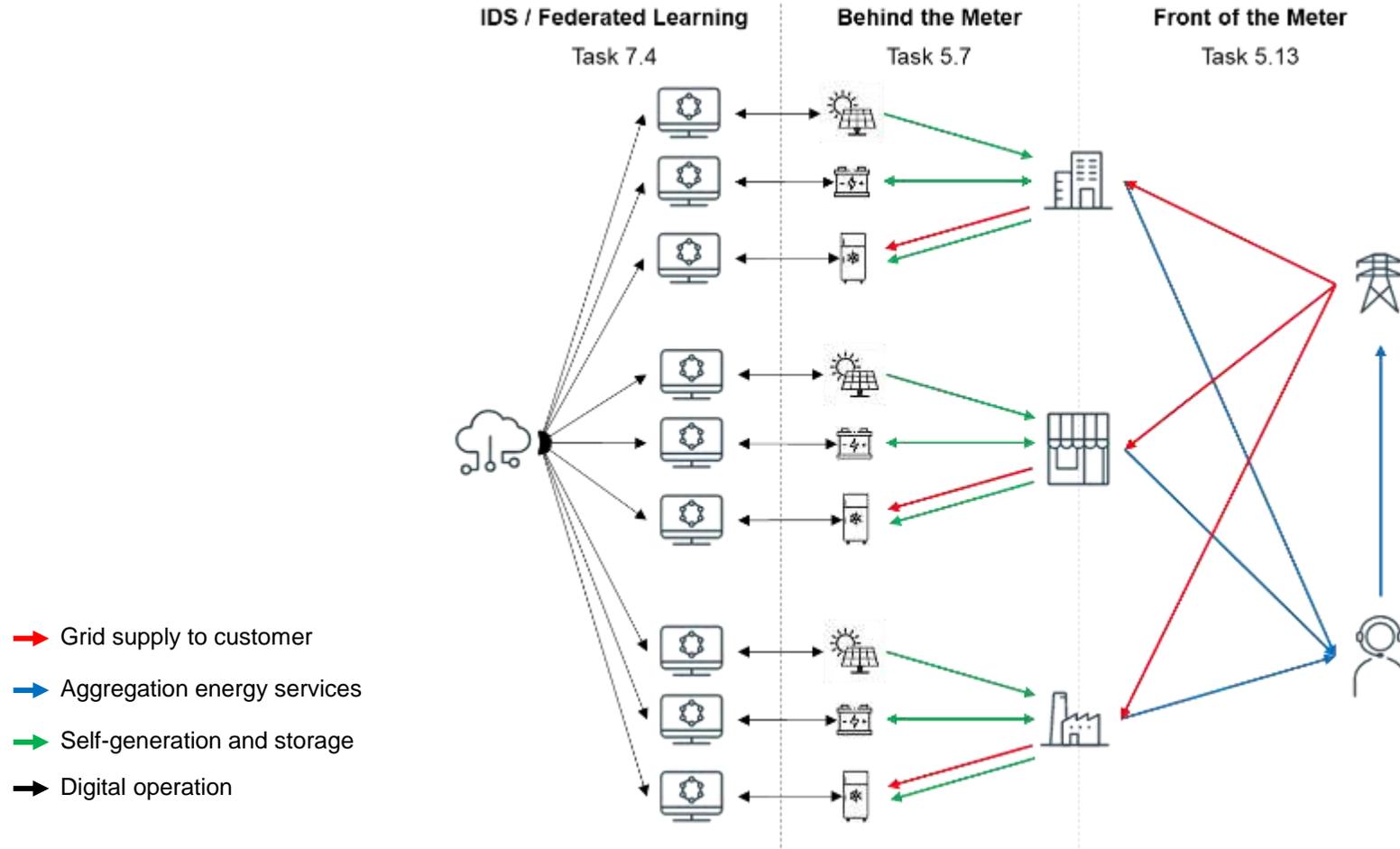
- ✓ **Incertidumbre regulatoria** (*unbundling*) vs Utilities Integradas
- ✓ Valor limitado en la penetración de activos energéticos gestionables bajo Approach Vertical/de Nicho. **Visión HW**
- ✓ **Cercanía de Precios \approx 0 Horas centrales del día**
- ✓ Primer paso de apertura del sistema: **Autoconsumo Compartido** haciendo uso de infraestructura común
- ✓ **Integración de altos volúmenes de recursos** distribuidos de baja capacidad. Mercados por un baseline incierto. No Determinista

Oportunidades y Retos

- ✓ Nivel de **ambición** en las convocatorias de Nuevos Modelos de Negocio y **Sandboxes. Mercados Locales de Flexibilidad**
- ✓ Plataformas de agregación abiertas, flexibles (regulación dinámica) e interoperables, potenciando valor conjunto. **Visión SW**
- ✓ Tracción del **Almacenamiento BTM y FTM: Gamechanger** para la Flexibilidad
- ✓ **Comunidades Ciudadanas de Energía** que participen en todos los Mercados: Macro-activo para el Sistema
- ✓ Gran desarrollo potencial de **tecnologías de Inteligencias Artificial capaces de anticipar comportamiento** de DERs y Mercados que los integran



02 Agregación inteligente recursos RED



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE

minsait

An Indra company



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Estado del arte

- Las tecnologías renovables distribuidas (fotovoltaica, almacenamiento, vehículo eléctrico) alcanzan costes competitivo y comienzan a despegar
- La participación ciudadana es aún limitada; se está produciendo un cambio progresivo en las formas de consumir: el foco está en aumentar la penetración de las nuevas tecnologías
- Numerosas directrices europeas están aún sin trasponer a la regulación nacional (comunidades energéticas, agregador independiente)
- El impacto en mercado y operación de red es aún limitado, si bien los agentes implementan cambios progresivamente

Oportunidades y Retos

- Los volúmenes de REDs aún limitados deben permitir una adopción y evolución de los sistemas de gestión más racional y ordenada
- Las nuevas herramientas deben contemplar propuestas de valor duales, para los agentes de mercado y el consumidor
- Deben abrirse espacios de colaboración donde definir y probar conjuntamente nuevas soluciones de gestión y operación de REDs
- El cálculo del retorno de la inversión es incierto, en un contexto de innovación e incertidumbre en el sector



Casos de uso



01

Screening de clientes potenciales para respuesta de la demanda...

...identificando oportunidades en mercados habilitados para la participación de la demanda y determinando aquellos clientes que mejor se adapten a su participación agregada en dichos servicios (Terciaria, Secundaria, Local de Flexibilidad, Optimización de Portfolio, etc.)



02

Smart Urban Energy Community Planner

Análisis masivo de potenciales comunidades energéticas para identificar clientes con mayor potencial para convertirse en miembros de la Comunidad, calcular potenciales ahorros para los clientes y calcular distintas opciones de oferta para la creación de las Comunidades



03

Distribución óptima de la capacidad flexible en ofertas...

...en función de fiabilidad, bandas de flexibilidad, costes contractuales... para realizar la selección del mix de oferta óptima dentro de la cartera de servicios donde el agregador dispone de UPs habilitadas



04

Operación de Unidad de Programación Virtual del Segmento Comercial en su Participación en Secundaria (aFRR), teniendo en cuenta los compromisos previos adquiridos en otros mercados (i.e. energía) y posibles desvíos, corrigiendo de forma continua la posición

WP5.7

WP5.13

WP5.3



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE

minsait

An Indra company



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Planificación óptima de comunidades energéticas, donde para una generación dada y curvas de consumo agrupadas por tipología de cliente, se realice un análisis masivo, basado en **segmentación y árboles de decisiones de Montecarlo o algoritmos genéticos**, que garantice un ahorro mínimo y establezca los parámetros de la oferta a cliente.

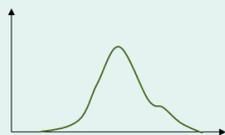
1

Cálculo del potencial FV (kWp) instalable en una cubierta y estimación de la producción anual (kWh) disponible para la potencial comunidad energética.



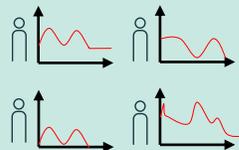
Selección georreferenciada de cubiertas y parámetros cálculo instalación

Resultado: potencia y curvas de generación



2

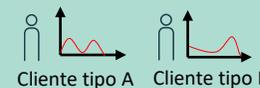
Clusterización de clientes por tipo de curva de consumo y segmento.



A partir de un subconjunto de clientes en base a criterios macro se clusterizan para simplificación del tratamiento de la oferta posterior

3

Selección óptima de número de clientes por cluster para la agregación junto con la generación dada en una misma Comunidad Energética y obtener un ahorro objetivo



Se determina el mix óptimo de clientes por cluster para asegurar ahorro mínimo y otras características de la oferta

Clientes A
Clientes B
Clientes C

4

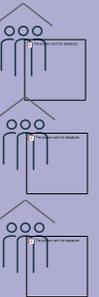
Cálculo oferta de subscripción a la Comunidad para la agregación de los clientes en una Comunidad Energética



Inicio de campaña comercial con envío de ofertas personalizadas

Clientes A
Clientes B
Clientes C

Seguimiento del interés y lanzamiento comercial de la Comunidad al alcanzar un umbral mínimo de rentabilidad



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE

minsait

An Indra company



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Inputs & Outputs



DERs

- *Flex_up(p,der): Flexibilidad máxima de subida
- *Flex_down(p,der): Flexibilidad máxima de bajada
- *Prices_disp_der(p,der): Precio a pagar por el operador
- *Prices_act_der(p,der): Precio a pagar por el cliente
- *Perc_reliab(der): Porcentaje de fiabilidad
- *Market_DER(der,m): Mercado al que se ha agregado el DER



Mercados

- *Prices_act_market(m): Precio a pagar por el cliente
- *Prices_disp_market(m): Precio a pagar por el operador
- *Penalization_market(p,m): Penalización por no cumplir
- *Tam_bloque(m): Tamaño del bloque de energía que se puede ofrecer
- *Rand_up(p,m): Precio de compra de energía
- *Rand_down(p,m): Precio de venta de energía
- *Demand(p,m): Demanda de energía
- *Min_qty_market(m): Cantidad mínima de energía que se puede ofrecer
- *Agregación(m): Si se ha agregado el recurso
- *Exclusividad(m): Si se ha agregado el recurso
- *Simétrico(m): Si se ha agregado el recurso

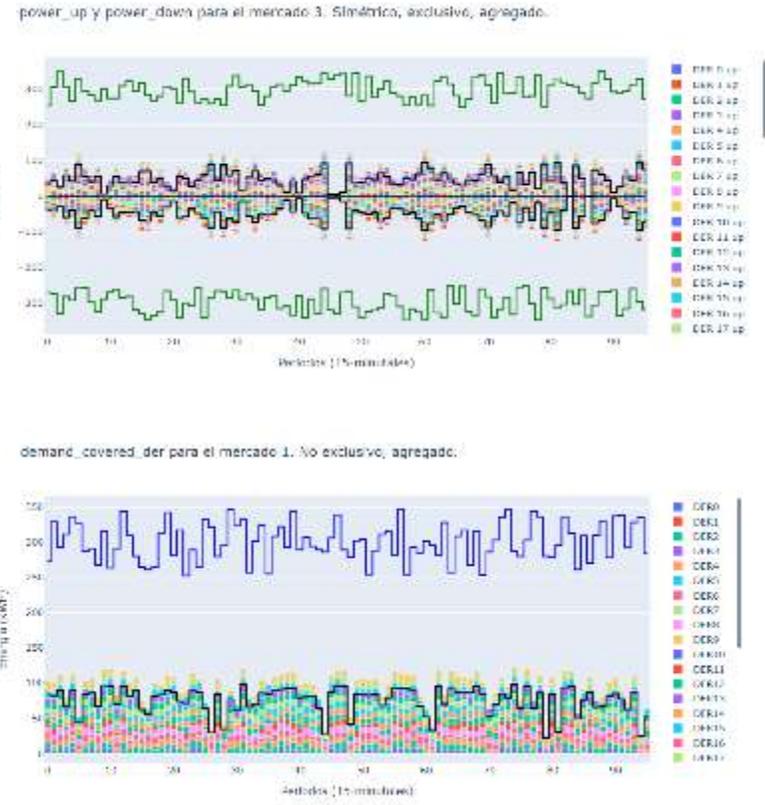


Variables de decisión

- $power_up(p,der,m) (>=0)$: capacidad de subida ofrecida por DER y m
- $power_down(p,der,m) (>=0)$: capacidad de bajada ofrecida por DER y m
- $demand_covered_der(p,der,m) (>=0)$: demanda cubierta por DER y m
- $participation_up(p,m)$ (binary): indica si se está participando en un mercado (subiendo)
- $participation_down(p,m)$ (binary): indica si se está participando en un mercado (bajando)
- $binary_der_market(p,der,m)$ (binary): 1 si ese DER opera en ese mercado en ese periodo



Resultados



INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA SOSTENIBLE

minsait

An Indra company



Financiado por la Unión Europea NextGenerationEU

Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

03 Participación óptima en mercados con baterías y RED



Planificación óptima de oferta de recursos renovables en los distintos mercados y gestión de sistemas de almacenamiento en una VPP



01

Optimización del programa diario e intradiario de la producción renovable, mediante la disponibilidad del sistema de almacenamiento y desplazando volúmenes de la producción a franjas horarias que proporcionen más rentabilidad



02

Prestación de servicios auxiliares mediante la energía almacenada en el sistema de almacenamiento, generando nuevas fuentes de ingresos. Cálculo de la banda óptima a subir y a bajar.



03

Consideración de distintos escenarios probabilísticos de precios y generación, para garantizar una optimización global bajo la volatilidad de los elementos que intervienen.



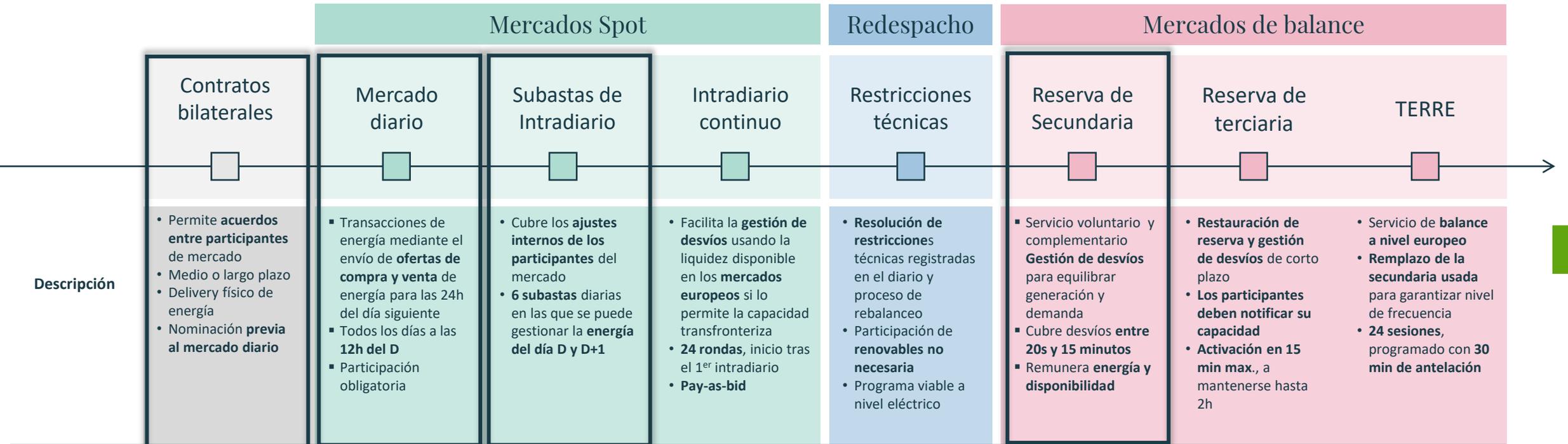
04

Gestión óptima de la batería en pseudo tiempo real para minimizar desvíos

33

03 Participación óptima en mercados con baterías y RED

Mercados eléctricos en España



34

El caso de uso tendrá granularidad cuarto horaria para garantizar el nivel de detalle necesario en el mercado de balance



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE

minsait

An Indra company



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU

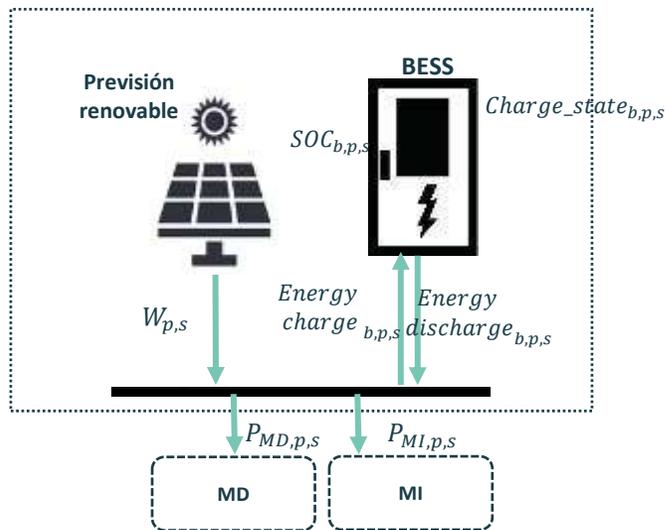


Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

03 Participación óptima en mercados con baterías y RED

Alcance propuesto del caso de uso

La propuesta de valor se basa en desarrollar modelos que equilibren **complejidad** y **rendimiento**



Bloque 1

Participación óptima en el MD y MI a partir de un conjunto de escenarios de precios y producción renovable

Modelo estocástico de optimización que calcule el programa óptimo PHF1 en función de **estrategias de riesgo**



Bloque 2

Cálculo de las mejores ofertas al mercado de secundaria

Modelo de optimización que calcule las ofertas óptimas al mercado de secundaria y que garantice la cobertura del programa PHF1 existente



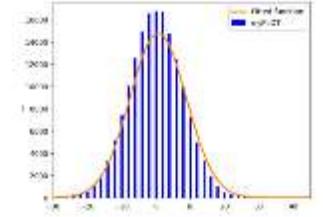
Bloque 3

Ajuste y detección de posibles desvíos respecto al programa

Modelo metaheurístico de optimización que gestione las actuaciones de la batería para minimizar los desvíos, respetando las restricciones físicas y contractuales



% de energía disponible con la que se quiere negociar en otros mercados



Previsión de precios

- Previsión de precios de los mercados diario e intradiario
- Determinar si somos *Market maker* y cómo la estrategia que intervenga puede afectar a las previsiones de precios realizada

Riesgos y estrategias

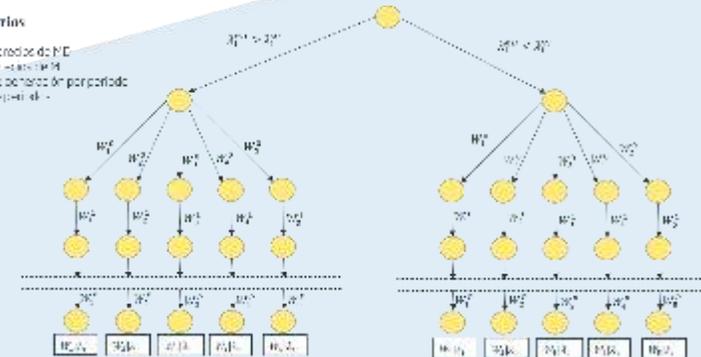
Participación en el MI si la estimación de precio es mayor que en el MD. En ese caso nos reservamos el % de riesgo a cubrir en el MI. Posibles estrategias:

- 20% del total (generación prevista + batería) se guardaría para el intradiario
- Solo se asume la capacidad de la batería para ofertar en el intradiario
-



Árbol de escenarios

W^t = Previsión de precios de RED
 P^t = Precio de mercado de la RED
 B^t = Escenarios de batería de un periodo
 V^t = Valor intradiario de la RED



Escenarios

Escenarios de **previsión de generación** para contemplar posibles casuísticas y desviaciones

Escenarios **what if** para analizar distintas estrategias



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE

minsait

An Indra company

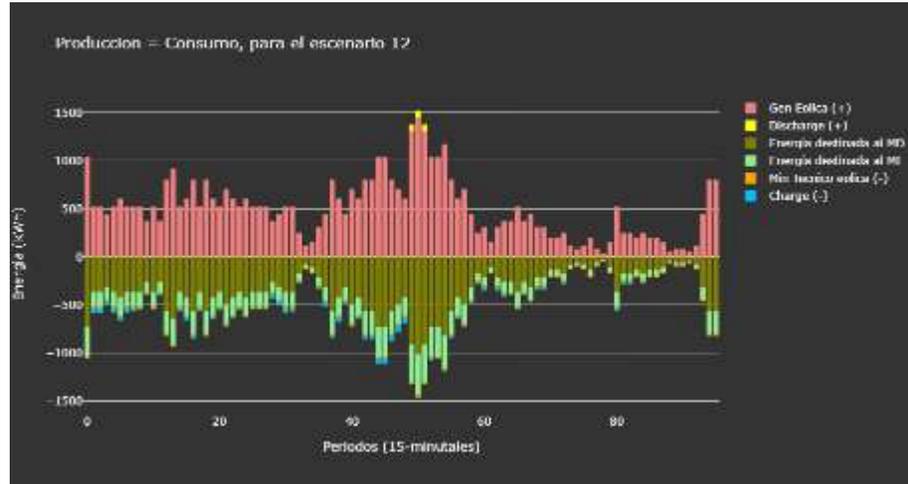


Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Resultados



- $P_{MD,p,s}$: cantidad destinada al MD (kWh)
- $P_{MI,p,s}$: cantidad destinada al MI (kWh)
- $Energy_charge_{b,p,s}$ = Carga de la batería b en periodo p (kWh)
- $Energy_dicharge_{b,p,s}$ = Descarga de la batería b en periodo p (kWh)
- $SOC_{b,p,s}$ = Cantidad de energía almacenada en la batería b por intervalo de tiempo p (kWh).
- $Charge_state_{b,p,s}$ = Estado de la batería (si es igual a 1 está cargando, si 0 no está cargando).

Charge y discharge en el escenario 0, de la batería 0



SOC de la, batería 0



37



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE

minsait

An Indra company

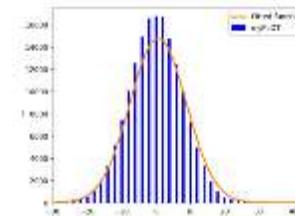


Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

% de energía disponible con la que se quiere negociar en otros mercados



Riesgos y estrategias

Participación en el MI si la estimación de precio es mayor que en el MD. En ese caso nos reservamos el % de riesgo a cubrir en el MI. Posibles estrategias:

- 20% del total (generación prevista + batería) se guardaría para el intradiario
- Solo se asume la capacidad de la batería para ofertar en el intradiario
-

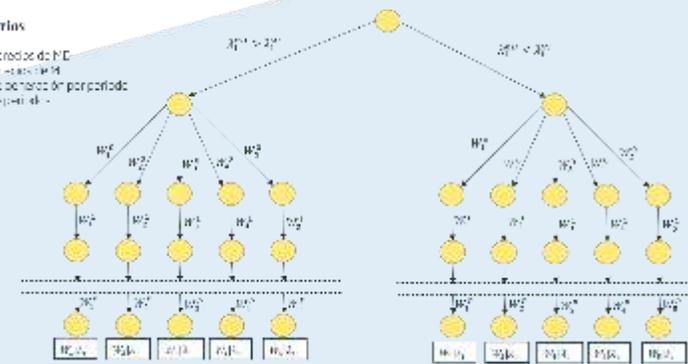


Previsión de precios

- Previsión de precios de los mercados diario e intradiario
- Determinar si somos *Market maker* y cómo la estrategia que intervenga puede afectar a las previsiones de precios realizada

Árbol de escenarios

W^t = Previsión de precios de RED
 P^t = Precio de mercado de la RED
 B^t = Escenarios de batería de un periodo
 V^t = Volumen intradiario de la RED



Escenarios

Escenarios de **previsión de generación** para contemplar posibles casuísticas y desviaciones

Escenarios **what if** para analizar distintas estrategias



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE

minsait

An Indra company

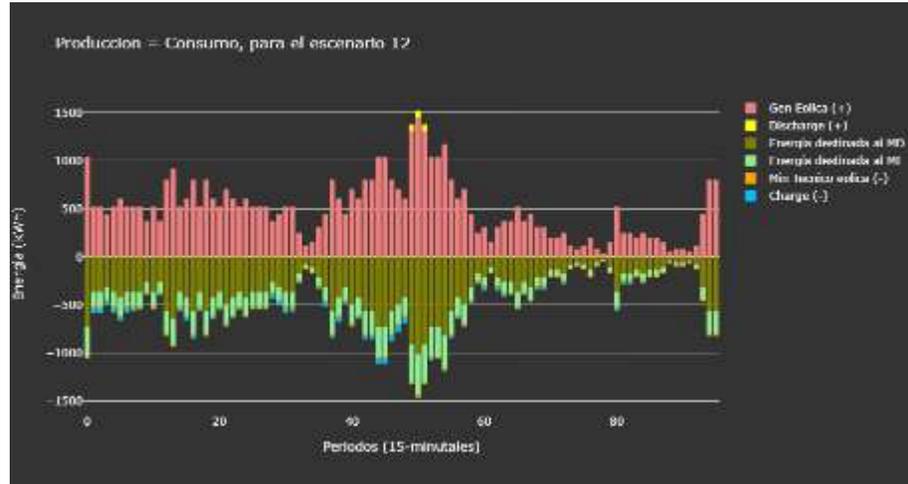


Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Resultados

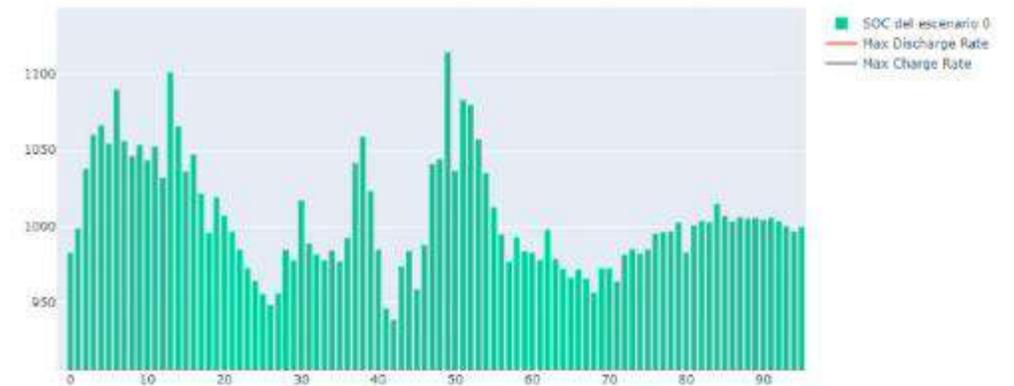


- $P_{MD,p,s}$: cantidad destinada al MD (kWh)
- $P_{MI,p,s}$: cantidad destinada al MI (kWh)
- $Energy_charge_{b,p,s}$ = Carga de la batería b en periodo p (kWh)
- $Energy_dicharge_{b,p,s}$ = Descarga de la batería b en periodo p (kWh)
- $SOC_{b,p,s}$ = Cantidad de energía almacenada en la batería b por intervalo de tiempo p (kWh).
- $Charge_state_{b,p,s}$ = Estado de la batería (si es igual a 1 está cargando, si 0 no está cargando).

Charge y discharge en el escenario 0, de la batería 0

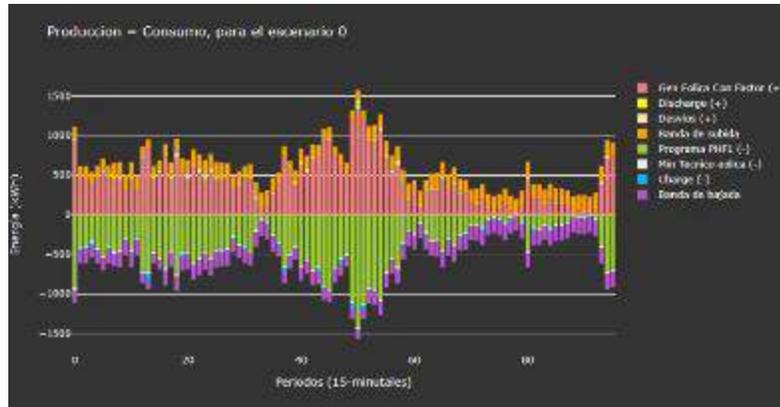


SOC de la, batería 0



Resultados

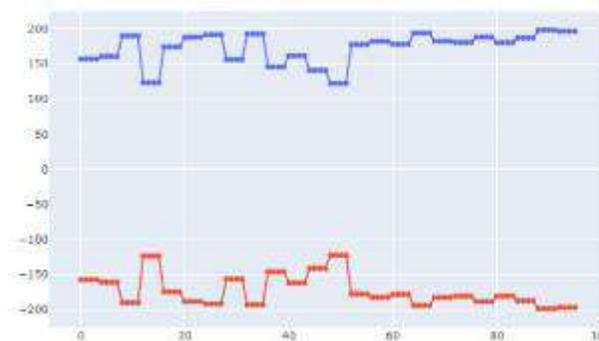
- $Reserve_up_p$ = Reserva de subida (kWh)
- $Reserve_down_p$ = Reserva de bajada (kWh)
- $Deviation_{p,s}$ = desvíos negativos respecto al programa PHF1 (kWh)
- $Energy_charge_{b,p,s}$ = Carga de la batería b en periodo p (kWh)
- $Energy_discharge_{b,p,s}$ = Descarga de la batería b en periodo p (kWh)
- $SOC_{b,p,s}$ = Cantidad de energía almacenada en la batería b por intervalo de tiempo p (kWh).
- $Charge_state_{b,p,s}$ = Estado de la batería (si es igual a 1 está cargando, si 0 no está cargando).



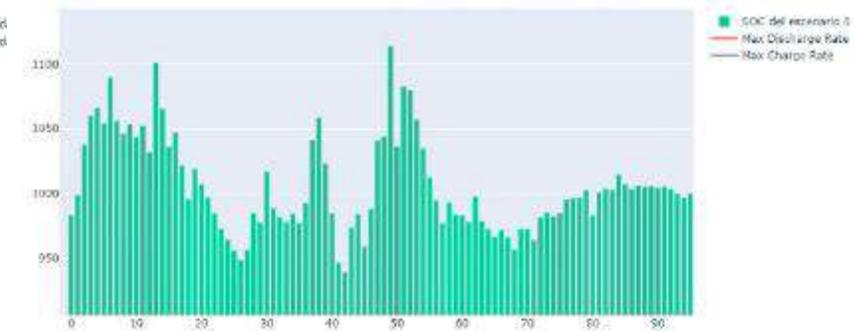
Charge y discharge en el escenario 0, de la batería 0



Banda a ofrecer:



SOC de la batería 0



40



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE

minsait

An Indra company



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Modelo EMS de operación (ejecución cada 5 min)

Datos de entrada



- Estado actual de la batería: **SOC inicial**
- **Previsión producción renovable** actualizada
- Necesidad real de **banda a subir y a bajar** en el próximo periodo
- **Programa de despacho comprometido (PHF1)**
- **Programa de la batería** para distintos escenarios



El objetivo del modelo de operación es la optimización de la operación de forma rápida y eficiente en intervalos cortos de tiempo

47

Configuración del modelo



Modelo heurístico

El programa de despacho devuelve distintas soluciones para el SOC de la batería, las cuales se usarán como **soluciones iniciales**

La variable de decisión del modelo es la cantidad de **energía almacenada en la batería (SOC)**, de tal forma que la solución será el SOC para cada intervalo

La **vecindad de la solución** se define como el conjunto de soluciones factibles modificando únicamente el valor del SOC de un intervalo

La **función objetivo** maximiza los beneficios vs costes. Tiene en cuenta penalizaciones por no cubrir dichos contratos, por derrochar energía, y por no cumplir con los mercados



Resultados



- **Programa óptimo de la batería**
- Se alcanza **una solución pseudo-óptima** con bajo coste computacional y temporal.



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE

minsait

An Indra company



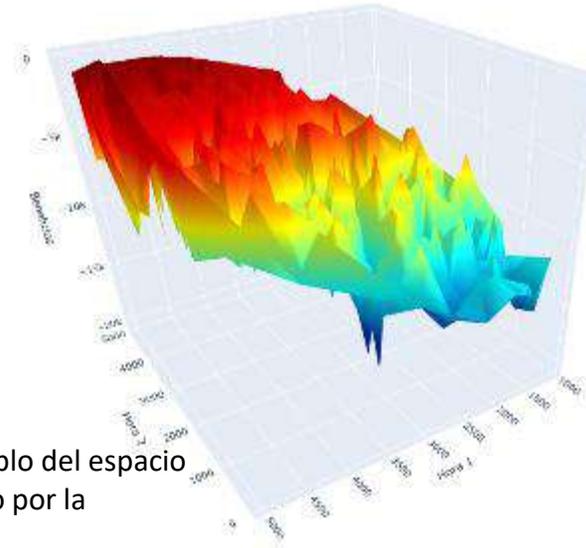
Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



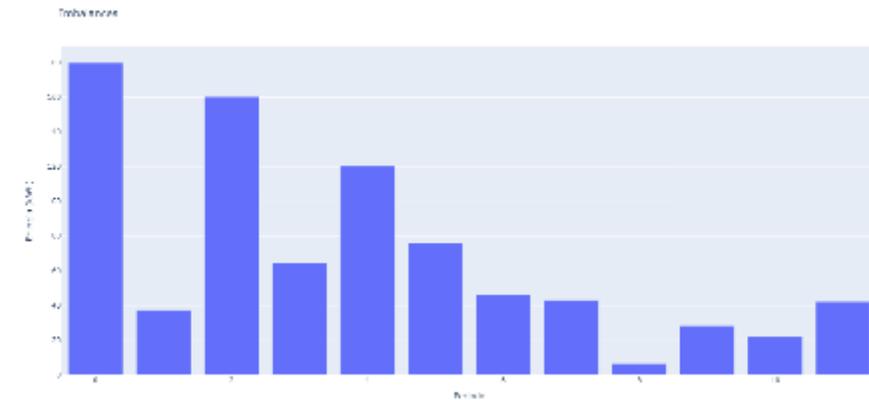
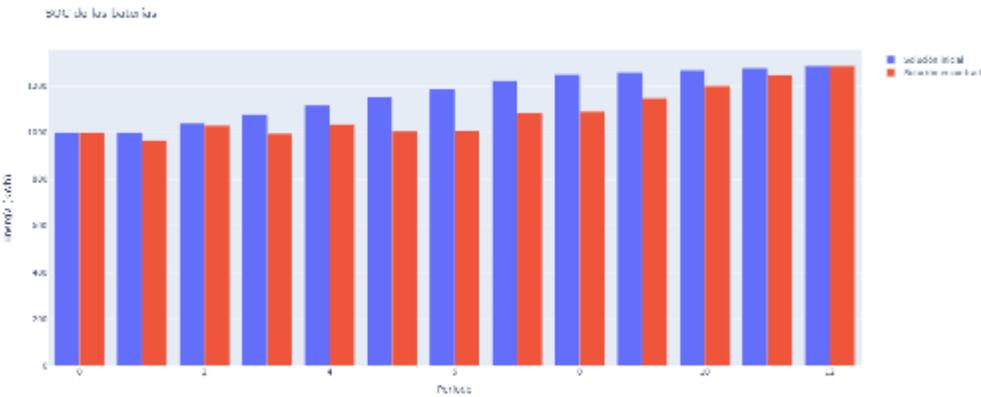
Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

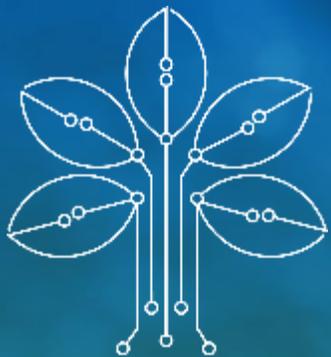
Resultados

- $desvios_p$ = desvíos positivos y negativos del sistema por intervalo de tiempo p (kWh)
- SOC_p = Cantidad de energía almacenada en la batería por intervalo de tiempo p (kWh).



Gráfica 3D con un ejemplo del espacio de soluciones explorado por la metaheurística.





IA4TES



¡GRACIAS!



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ASUNTOS ECONÓMICOS
Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL

SECRETARÍA DE ESTADO
DE DIGITALIZACIÓN
E INTELIGENCIA ARTIFICIAL

 **Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia**

BREAK



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ASUNTOS ECONÓMICOS
Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL

SECRETARÍA DE ESTADO
DE DIGITALIZACIÓN
E INTELIGENCIA ARTIFICIAL



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

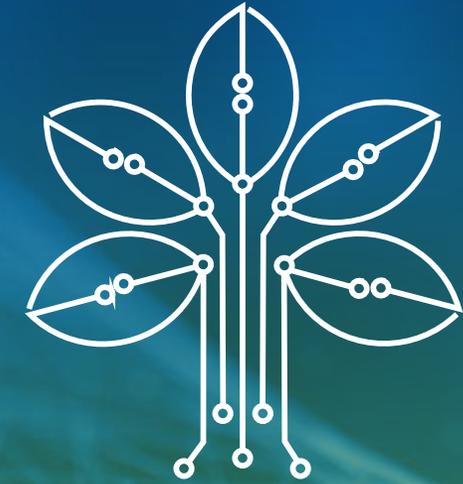
vicomtech

MEMBER OF BASQUE RESEARCH
& TECHNOLOGY ALLIANCE

IA4TES gestión de mercados

Juan Goicolea y Kenji Sepúlveda

Vicomtech



IA4TES

INTELIGENCIA ARTIFICIAL

PARA LA

TRANSICIÓN ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ASUNTOS ECONÓMICOS
Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL

SECRETARÍA DE ESTADO
DE DIGITALIZACIÓN
E INTELIGENCIA ARTIFICIAL



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Introducción Vicomtech: Actividades en Energía, Objetivos en IA4TES

Agregación y Flexibilidad: Act 5.15

Optimización de los Agentes: Act 5.5

Predicción y modelización : Act 3.4

Resumen y conclusiones



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



Un punto de vista

Vicomtech: un Centro Tecnológico de Investigación aplicada especializado en Inteligencia Artificial y Visual Computing & Interaction



+240
PERSONAS



100%
SOFTWARE



46%
PROYECTOS I+D
INDUSTRIALES



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

DIGITAL ENERGY - Transformación digital del Sector Energético (Zoom OUT)

- Renewable energy & storage tech
- Decarbonization tech
- Emissions tracking & offset tech
- Energy & water management tech
- Agtech



- Smart cities tech
- Grid & utility tech
- Waste reduction & recycling tech
- Carbon capture, utilization & storage tech
- Mobility & EV tech



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

IA Aplicada a Energía

Propuesta de Valor



GESTIÓN INTELIGENTE DE LOS ACTIVOS DE GENERACIÓN

- Planificación de la actividad
- Eficiencia en operaciones
- Mantenimiento de activos y automatización de procesos
- Ciberseguridad



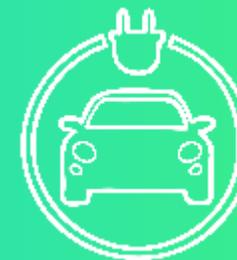
INTEGRACIÓN EFICIENTE DE LAS EERR

- Generación distribuida
- Prosumer
- Comunidades energéticas locales



SMART GRIDS

- Centros de Operación remotos
- Automatización de las redes de BT y las subestaciones eléctricas



SERVICIOS SMART ENERGY

- Eficiencia energética
- Nuevos modelos de movilidad



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



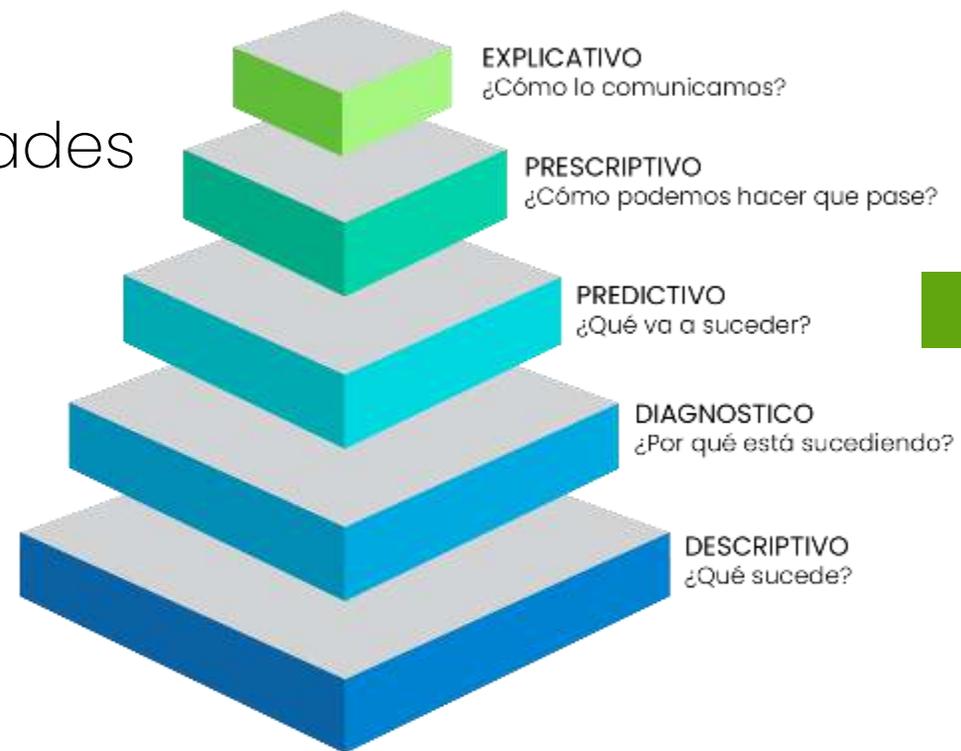
Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

IA y energía

1. Conocimiento de dominio y diagnósticos

1. Experiencia y previsiones

2. Decisiones, prescripciones, responsabilidades



Financiado por
la Unión Europea

Next Generation EU



Plan de Recuperación
y Transformación Económica

Conocimiento de dominio y diagnósticos

- Subrogados de simulaciones multi-físicas
- Simulaciones por agentes y eventos
- Diseño de experimentos
- Incertidumbre & active learning

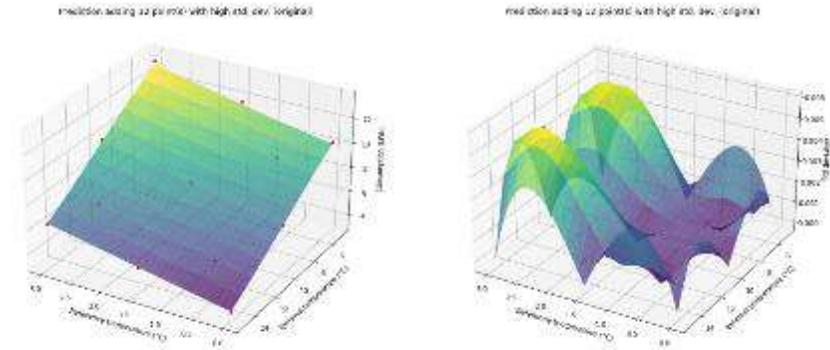
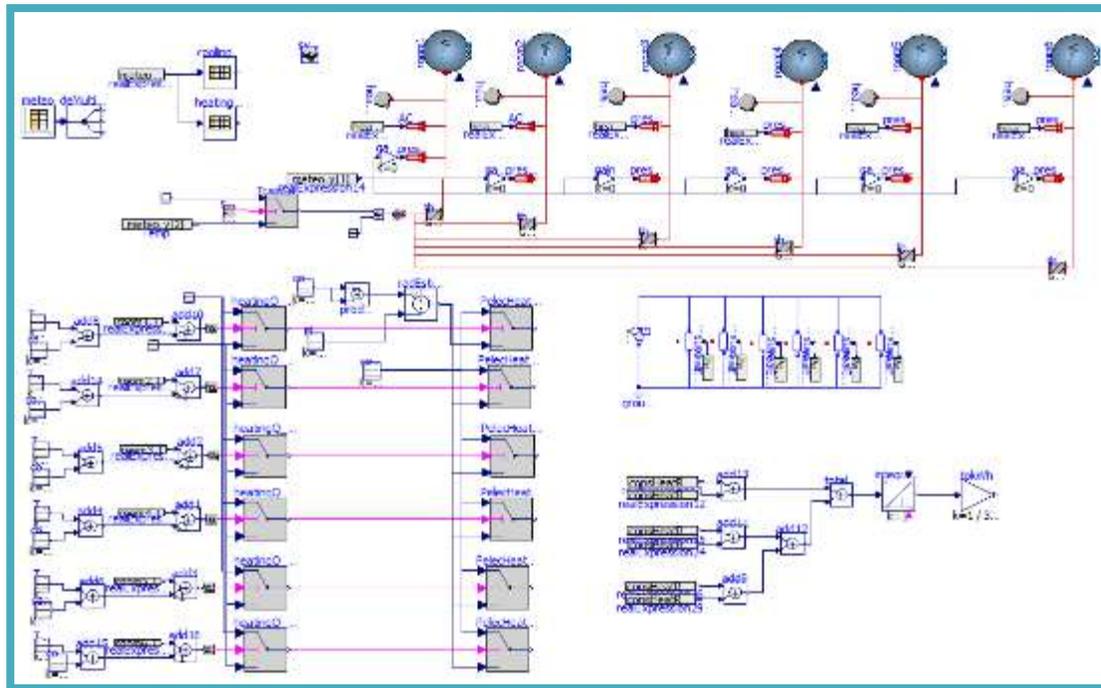
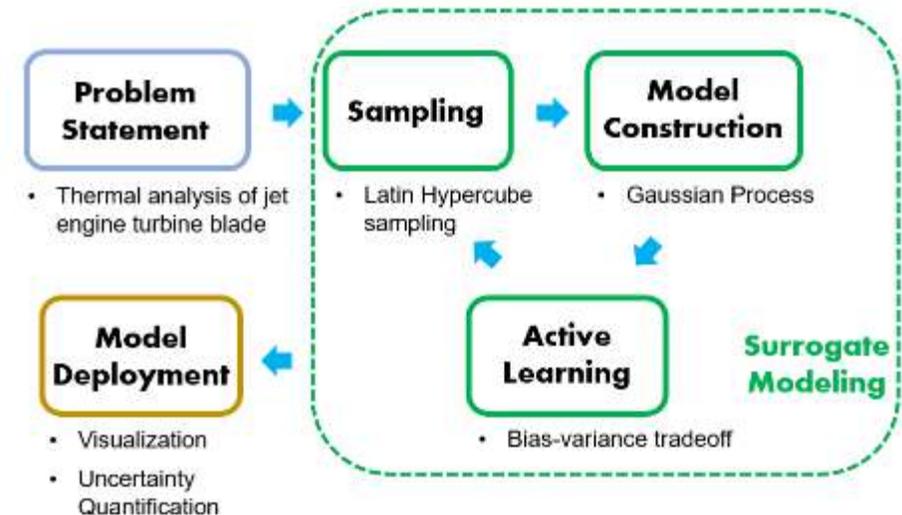


Fig. 14. Consumption output prediction based on external and reference temperature. After 12 iterations



Experiencia y previsiones

- Modelos empíricos y híbridos
- Deep Learning en grafos
- Deep Learning para series temporales

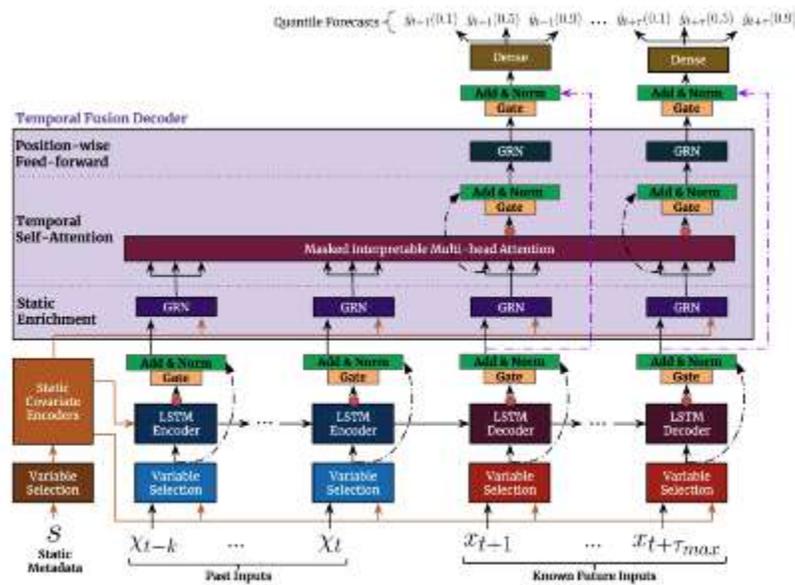


Figure 3.1.: Temporal fusion transformer architecture (from (Lim et al. 2020))

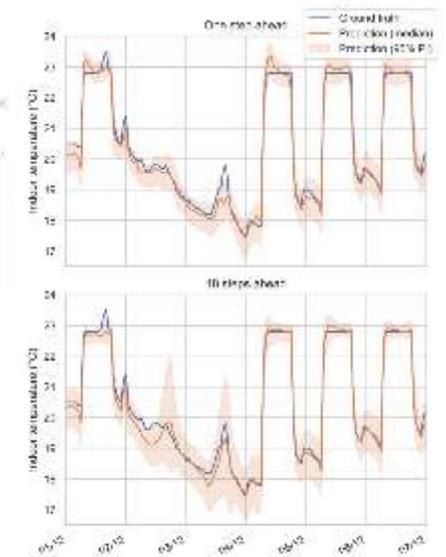
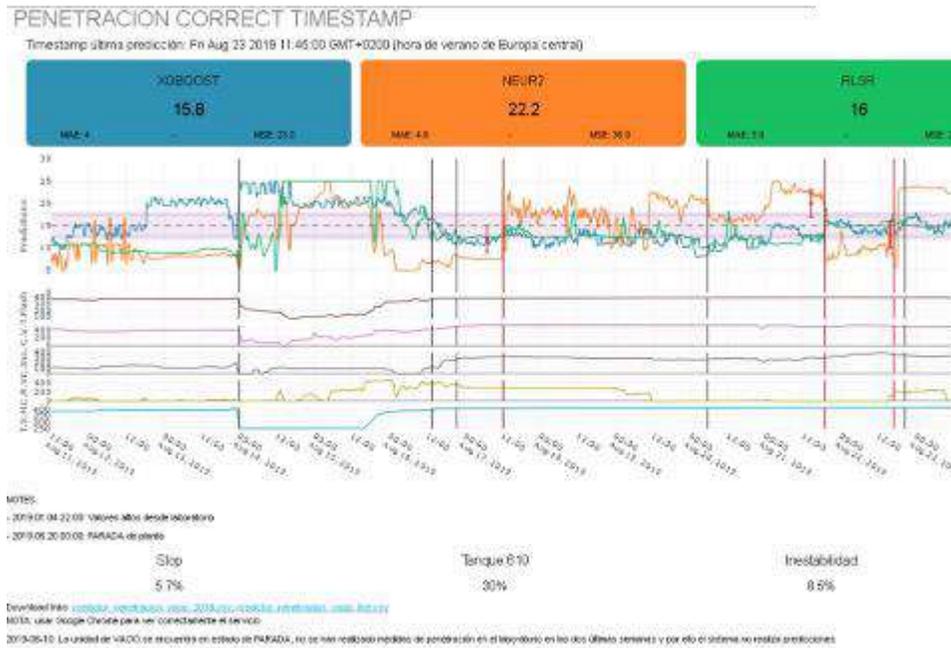


Figure 54.: Índice hmg: predicción



INTELIENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



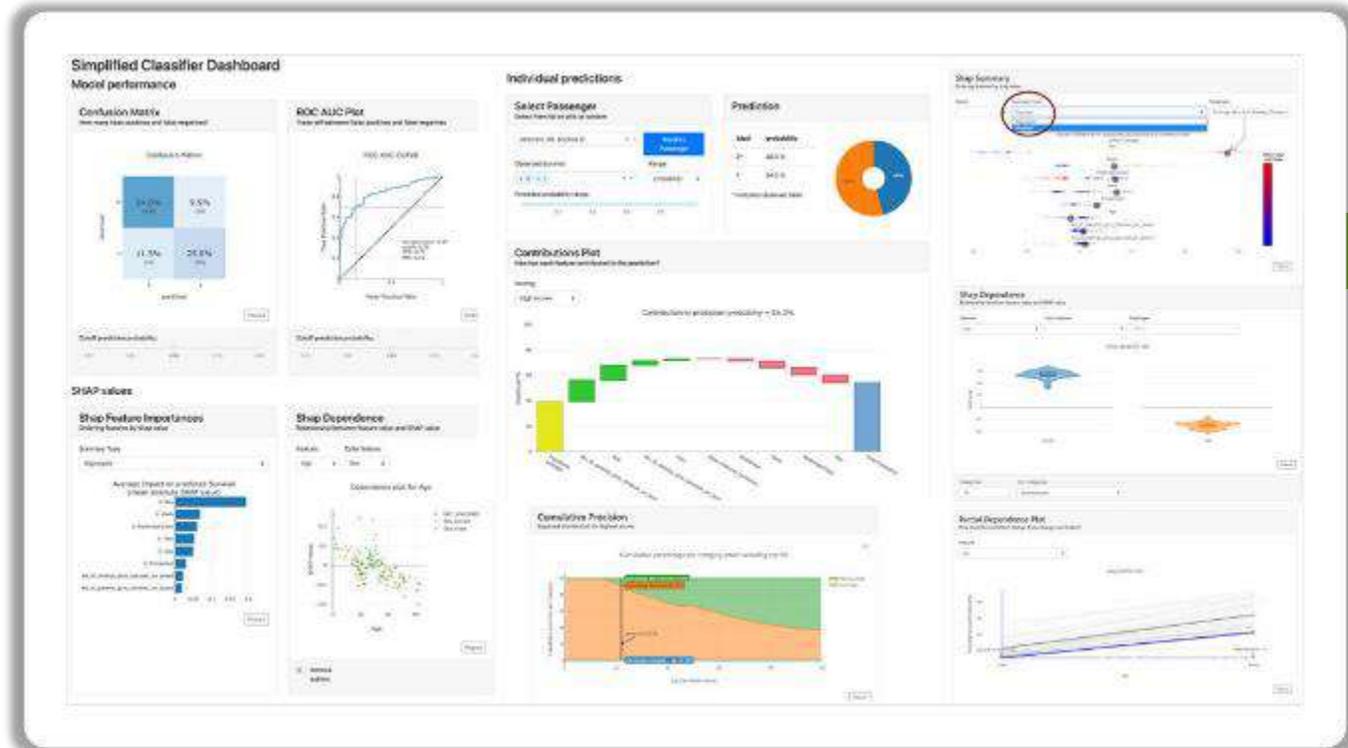
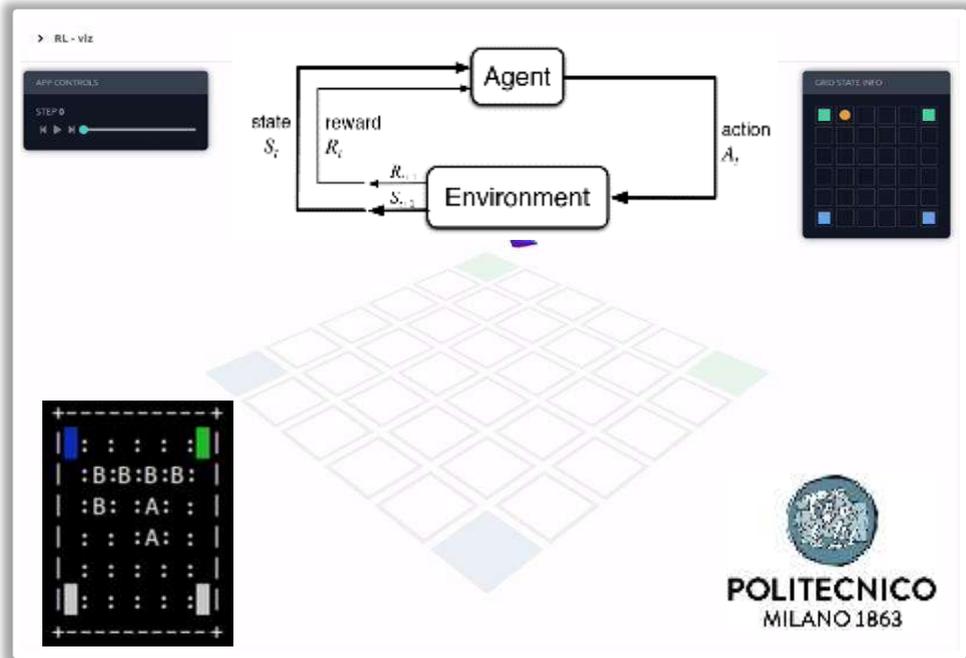
Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Decisiones, prescripciones, responsabilidades

- MPC, RL+MCTS, optimización multi-objetivo
- VA, explicabilidad, modelos bayesianos
- Oficina del Dato, certificabilidad



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



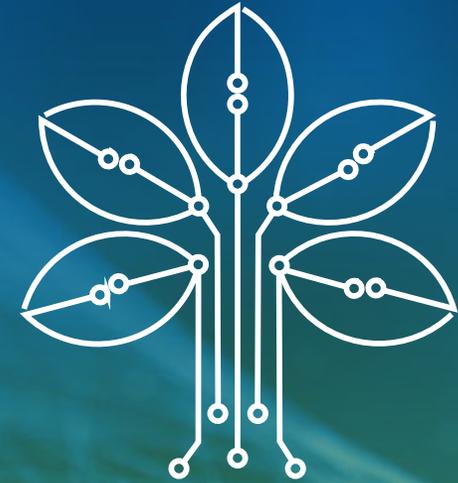
Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Flexibilidad

Act 5.15 Agregación inteligente



IA4TES

INTELIGENCIA ARTIFICIAL

PARA LA

TRANSICIÓN ENERGÉTICA SOSTENIBLE



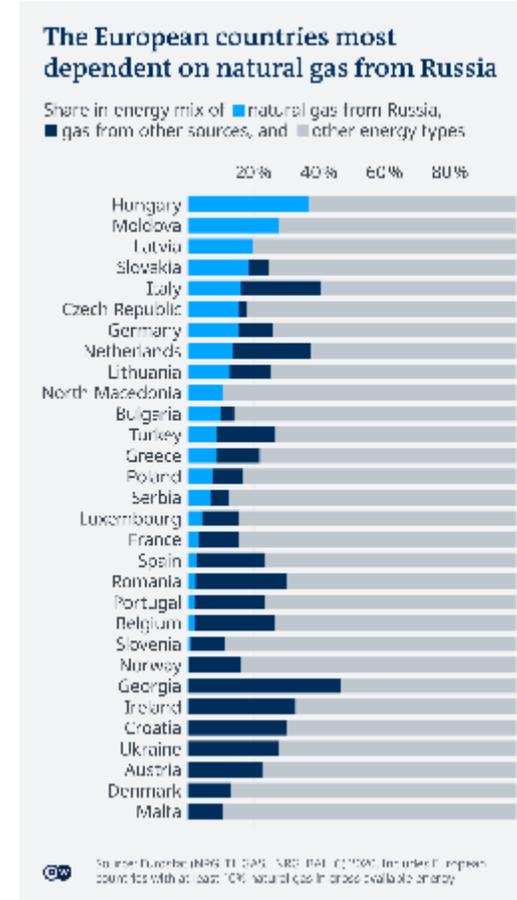
Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Flexibilidad

- La Transición Energética es esencial para combatir el cambio climático y mejorar la independencia energética de Europa



Fuente: Deutsche Welle



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Flexibilidad

- La Transición Energética es esencial para combatir el cambio climático y mejorar la independencia energética de Europa
- En España se está instalando cada vez más generación renovable, pero tiene sus riesgos como el curtailment.

Evolución de la generación de energía renovable (GWh)



Informe resumen de Energías Renovables 2022 – REE



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Flexibilidad

- La Transición Energética es esencial para combatir el cambio climático y mejorar la independencia energética de Europa
- En España se está instalando cada vez más generación renovable, pero tiene sus riesgos como el curtailment.
- Soluciones del lado de demanda se pueden llevar a cabo mejorando la flexibilidad.

Evolución de la generación de energía renovable (GWh)



Informe resumen de Energías Renovables 2022 – REE



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

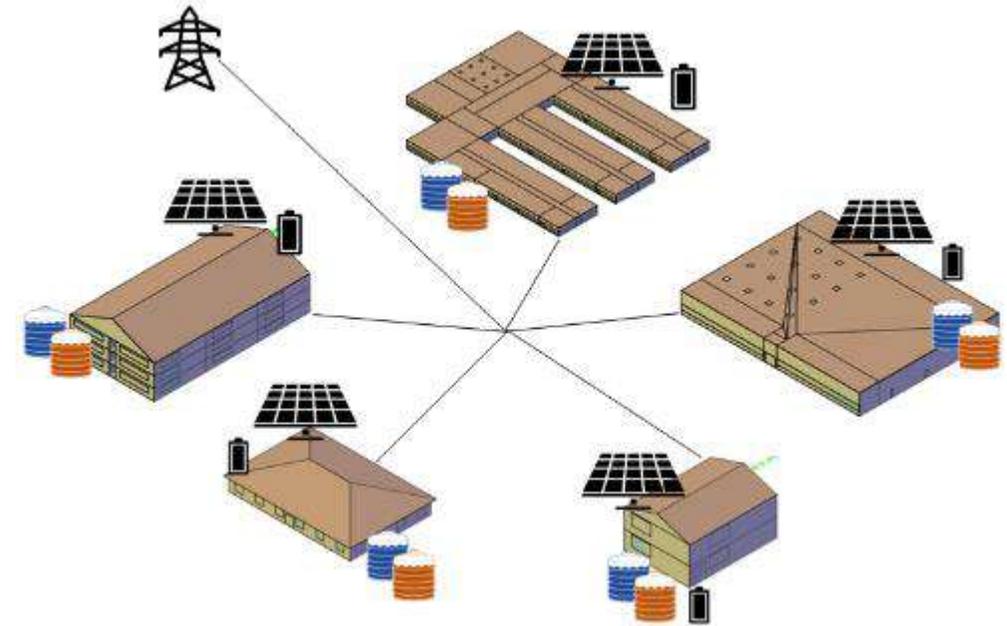
Flexibilidad

- La Transición Energética es esencial para combatir el cambio climático y mejorar la independencia energética de Europa
- En España se está instalando cada vez más generación renovable, pero tiene sus riesgos como el curtailment.
- Soluciones del lado de demanda se pueden llevar a cabo mejorando la flexibilidad.
- Los agregadores podrán aunar la capacidad flexible de muchos edificios, aunque esto tiene sus propios retos.



Flexibilidad

- La Transición Energética es esencial para combatir el cambio climático y mejorar la independencia energética de Europa
- En España se está instalando cada vez más generación renovable, pero tiene sus riesgos como el curtailment.
- Soluciones del lado de demanda se pueden llevar a cabo mejorando la flexibilidad.
- Los agregadores podrán aunar la capacidad flexible de muchos edificios, aunque esto tiene sus propios retos.
- Una solución de fácil aplicación y escalable es controlar los **sistemas de almacenamiento de energía** de los edificios.



Flexibilidad

- La Transición Energética es esencial para combatir el cambio climático y mejorar la independencia energética de Europa
- En España se está instalando cada vez más generación renovable, pero tiene sus riesgos como el curtailment.
- Soluciones del lado de demanda se pueden llevar a cabo mejorando la flexibilidad.
- Los agregadores podrán aunar la capacidad flexible de muchos edificios, aunque esto tiene sus propios retos.
- Una solución de fácil aplicación y escalable es controlar los **sistemas de almacenamiento de energía** de los edificios.

La Unión Europea también pone fecha al fin de las calderas de gas

22/03/2023 • Calefacción • Javier Espada

El Parlamento Europeo ha aprobado una directiva que contempla la eliminación de la calefacción de combustibles fósiles como el gas o el gasóleo en todos los edificios en 2035, y si no es viable, en 2040.

Fuente: Climatización y Control

El boom de los equipos de calefacción por aerotermia es tan grande en España que el Gobierno ya ofrece ayudas para instalarla

ANA HIGUERA / NOTICIA / 24.01.2023 - 06:30H   

- Las ayudas económicas se pueden solicitar hasta el 31 de diciembre de 2023, además, cada propietario de una casa puede optar hasta 6.500 euros de subvención.
- El mecanismo detrás de las bombas de calor y de la aerotermia: cómo funcionan para que acaben siendo más económicas.

Fuente: 20 minutos



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE

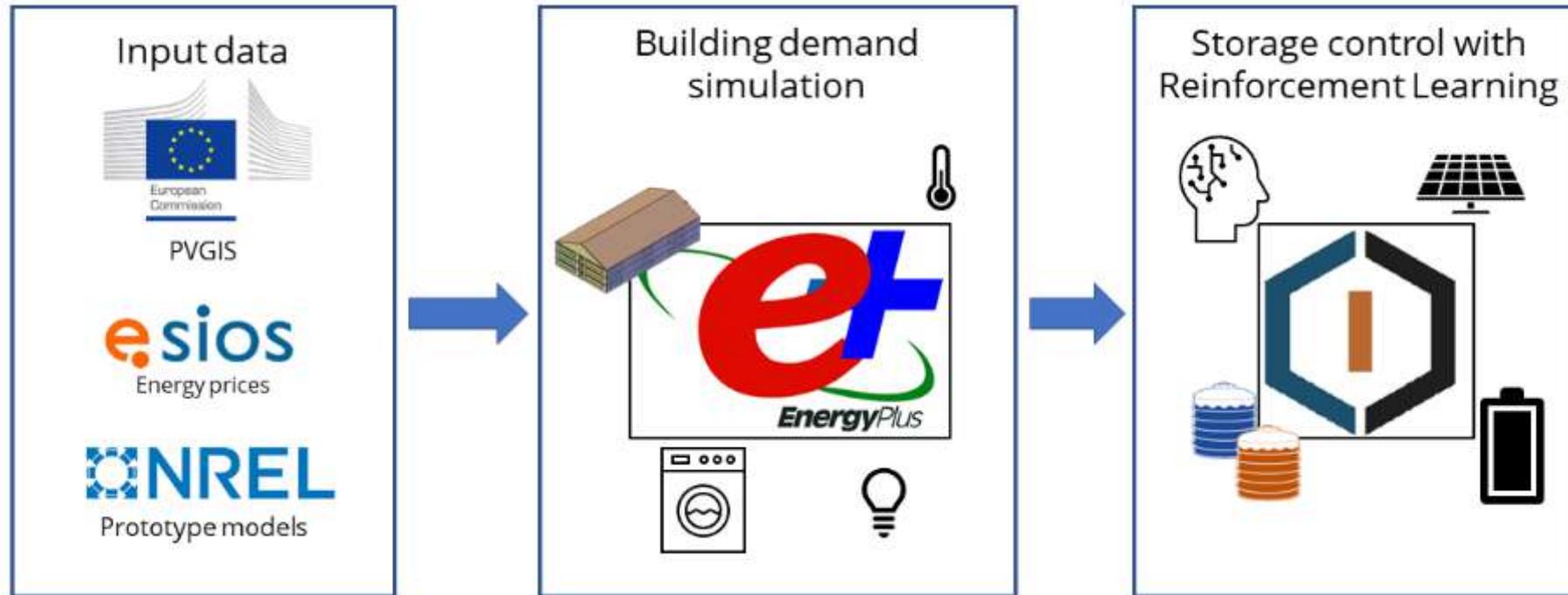


Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



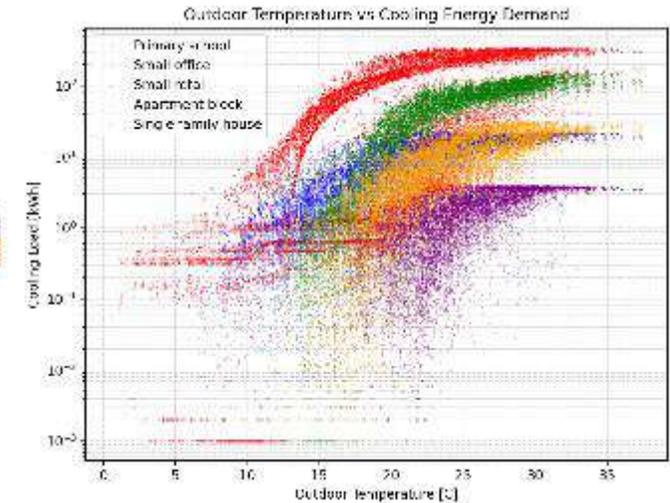
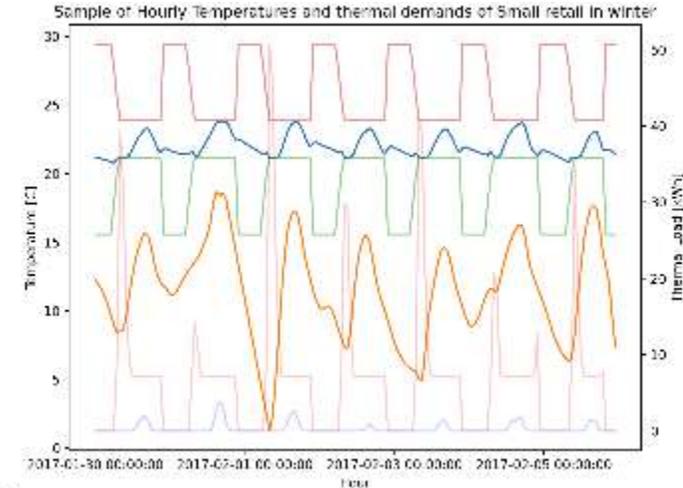
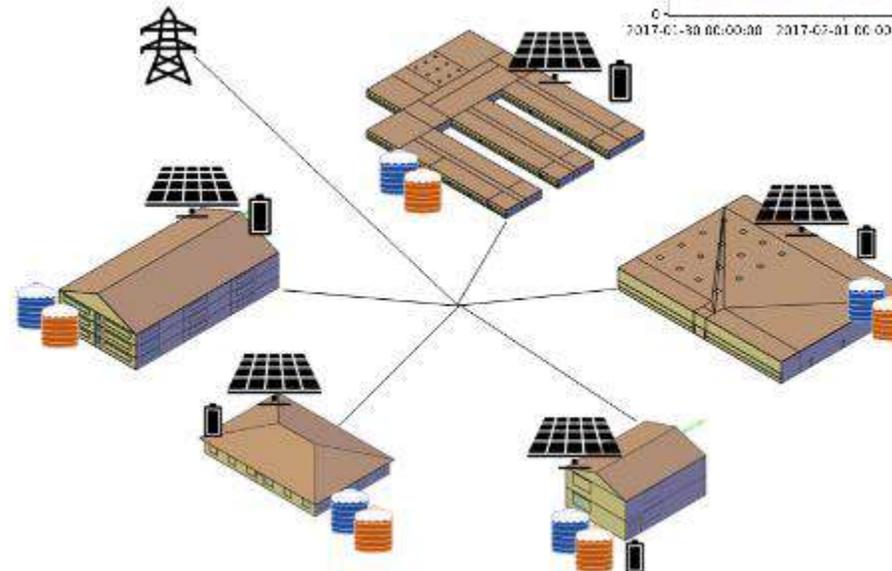
Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Simulaciones de la actividad



Simulación de demanda energética de edificios

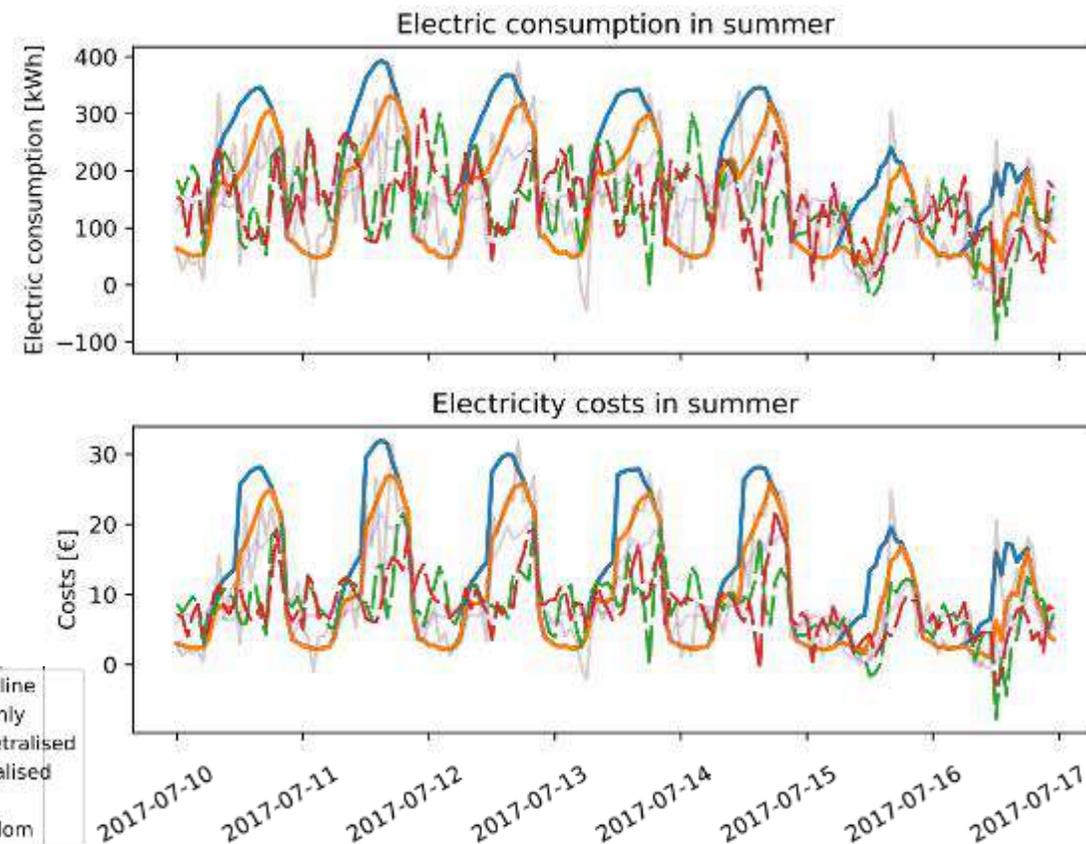
- Se usan modelos de 5 tipos de edificios comerciales y residenciales.
- Se definen setpoints de termostatos y otros y se obtiene la demanda térmica de calor y de frío.



Control de sistemas de almacenamiento con RL

- Se dimensionan los sistemas de autoconsumo con un enfoque sin muchos excedentes.
- Se simula el control de los sistemas de almacenamiento (baterías y tanques de agua) con el objetivo de reducir costes (ToU y PVPC).
- No se controla el termostato u otras cargas flexibles → facilita el control y se asegura el confort del consumidor.

	TOU				PVPC			
	Energy reduction		Cost reduction		Energy reduction		Cost reduction	
	PV only	PV + storage	PV only	PV + storage	PV only	PV + storage	PV only	PV + storage
Decentralised SAC	23.12%	21.61%	24.64%	32.84%	23.12%	21.34%	22.92%	23.33%
Centralised SAC	23.12%	21.42%	24.64%	32.76%	23.12%	20.57%	22.92%	22.86%
RBC	23.12%	20.69%	24.64%	29.62%	23.12%	20.69%	22.92%	23.31%
Random	23.12%	14.63%	24.64%	17.54%	23.12%	14.65%	22.92%	15.06%



Comportamiento óptimo de agentes

Act 5.5: Agregación
Planificación y agregación
óptima



IA4TES

INTELIGENCIA ARTIFICIAL

PARA LA

TRANSICIÓN ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU

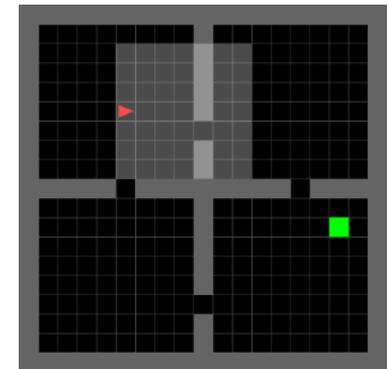
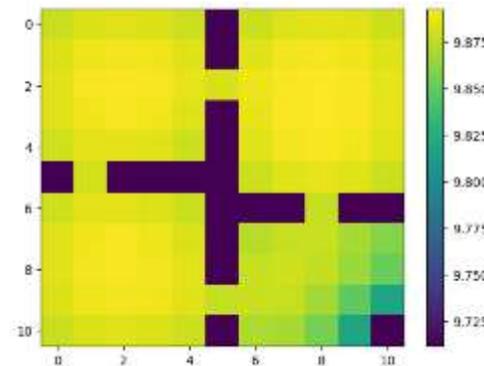
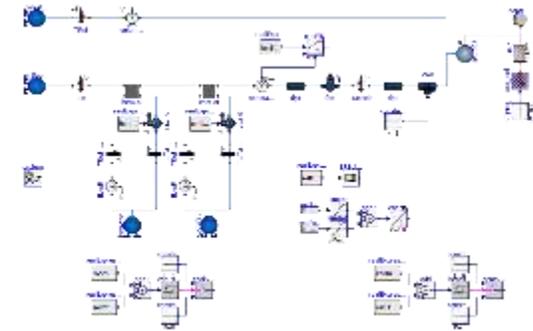


Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Objetivo principal

Optimizar el consumo energético de un agente simulable

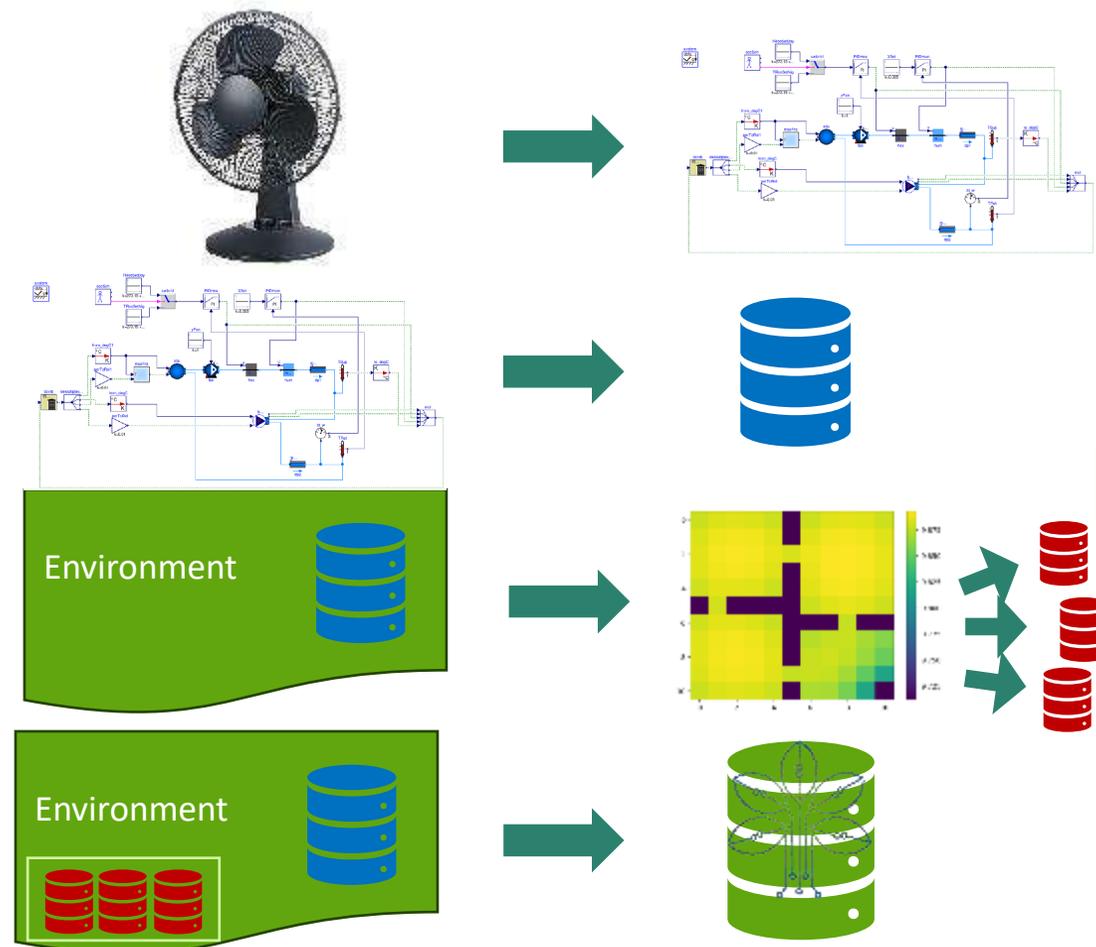
- Simulación eficiente de un agente autónomo
- Metodología de búsqueda y entrenamiento de contingencia de estados críticos
- Modelo generalizado entrenado por consorcio de modelos



Definición del proceso

Para cumplir con los objetivos definidos, planteamos realizar los siguientes pasos:

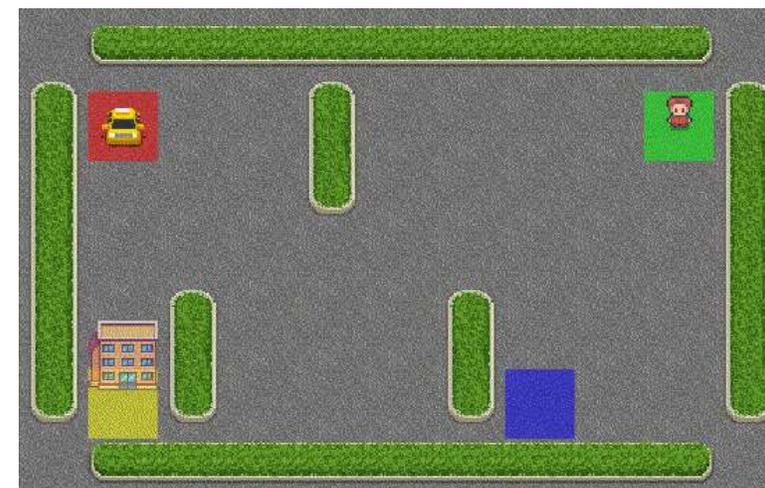
- Generar un agente simulado que cumpla un objetivo y tenga que balancear la energía consumida
- Subrogar la simulación para agilizar la interacción
- Encontrar los estados críticos y automatizar alcanzar estos estados mediante Reinforcement Learning
- Entrenar un comité de modelos para certificar seguridad en los puntos críticos
- Generalizar del entrenamiento



Environment

Problema clásico del Taxi, añadiendo gestión de energía en forma de combustible. Este environment es un problema clásico de Reinforcement Learning.

- **Objetivo:** llegar al pasajero y llevarlo a su destino
- El consumo del combustible se obtiene mediante una simulación, que puede ser subrogada
- Puntos críticos:
 - Combustible fuera de ciertos rangos
 - Posiciones del pasajero y destino
 - Localización de la estación de repostaje
- **Objetivo general:** cumpliendo su objetivo original, optimizar la gestión de la energía consumida, asegurando ciertos comportamientos en los puntos críticos



Ref: https://www.gymlibrary.dev/environments/toy_text/taxi/

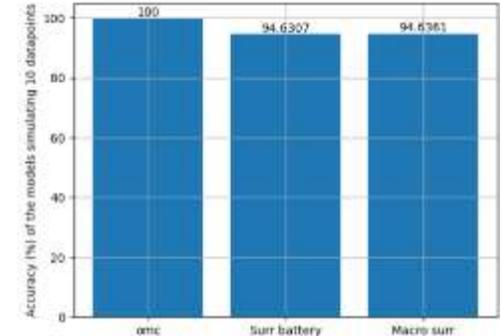
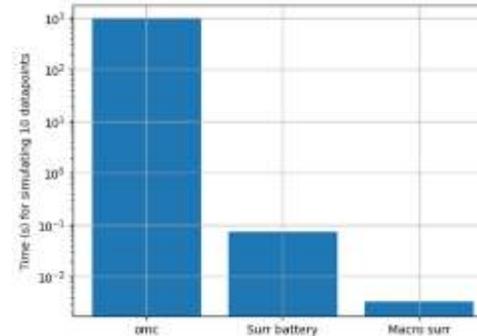


Resultados

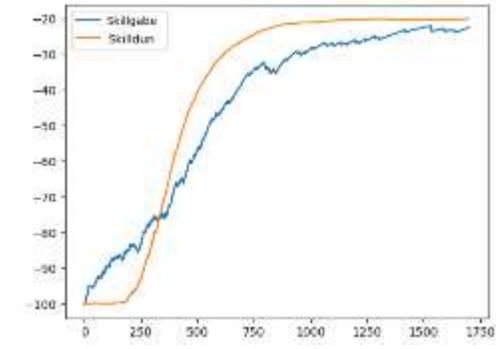
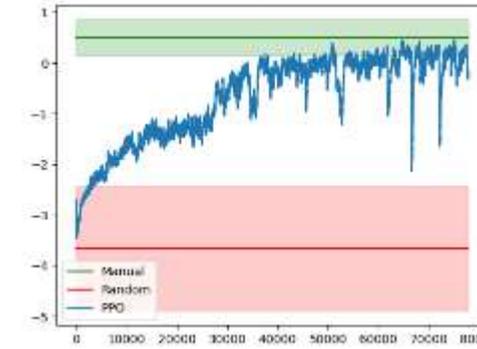
Por el momento, este problema está **en desarrollo**. Tenemos resultados preliminares de varios apartados:

1. Generación eficiente de subrogados
2. Caracterización del environment *Taxi-fuel* con resultados de entrenamientos sin skills
3. Algoritmo e implementación de búsqueda de estados críticos
4. Estado del Arte de entrenamiento de Meta-RL para consorcio de modelos

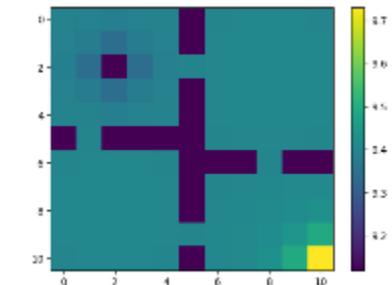
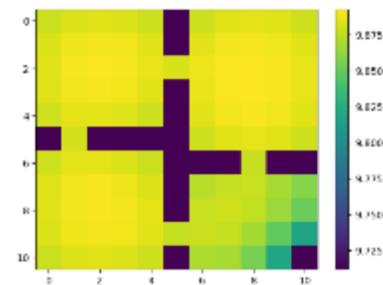
01



02



03



Trabajo a futuro

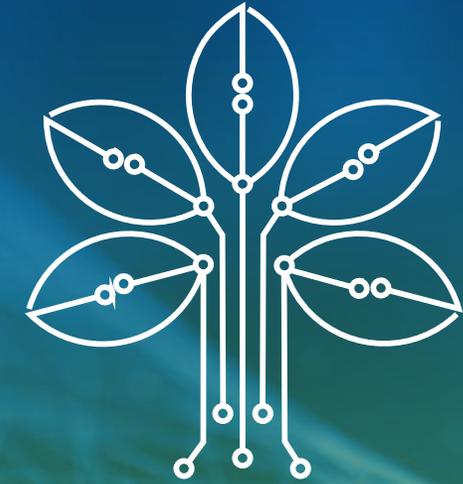
Hay bastante trabajo en esta línea de desarrollo. Lo además de mejorar los resultados, los puntos principales son los siguientes:

- Estudio e implementación de la lógica del comité de modelos con Meta-RL
- Aplicación de las herramientas estudiadas al caso de uso específico
- Verificación del funcionamiento de la hipótesis teórica y los objetivos definidos
- Generalización y abstracción del problema a otros casos de usos menos teóricos



Predicción y modelización

Act 3.4: Despacho de generación distribuída



IA4TES

INTELIGENCIA ARTIFICIAL

PARA LA

TRANSICIÓN ENERGÉTICA SOSTENIBLE



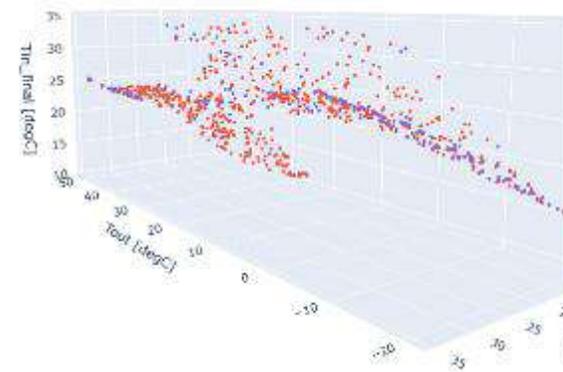
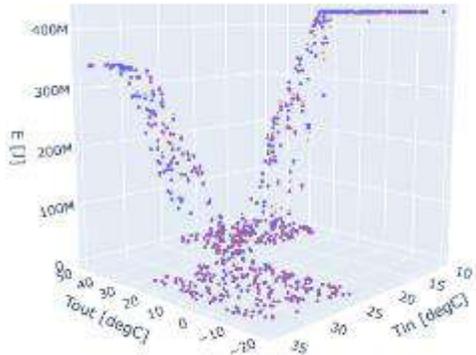
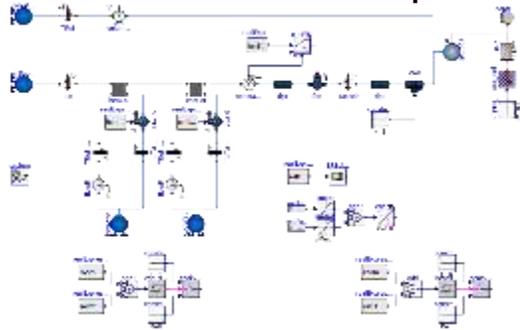
Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



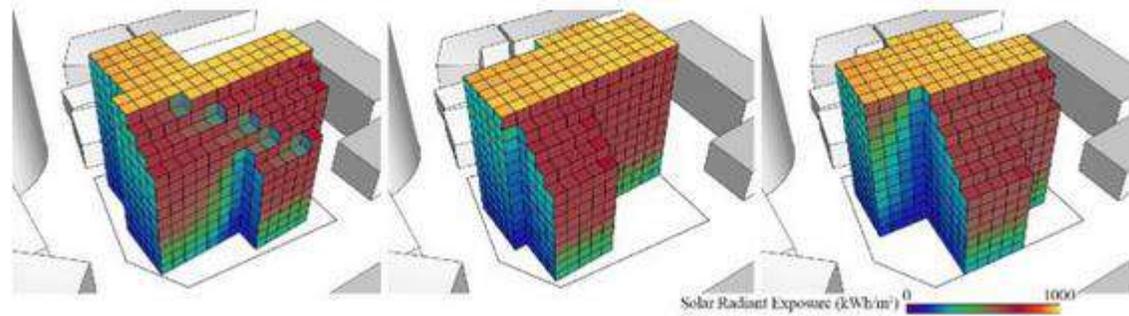
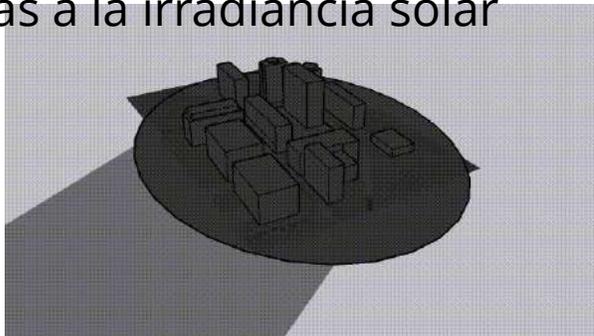
Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia

Modelización de edificios

- Los edificios son las unidades de consumo claves en el entorno urbano
- Modelización detallada de sistemas HVAC usando Modelica. Posterior subrogación de modelos simulados mediante ML para aplicaciones en gestión óptima de sistemas energéticos

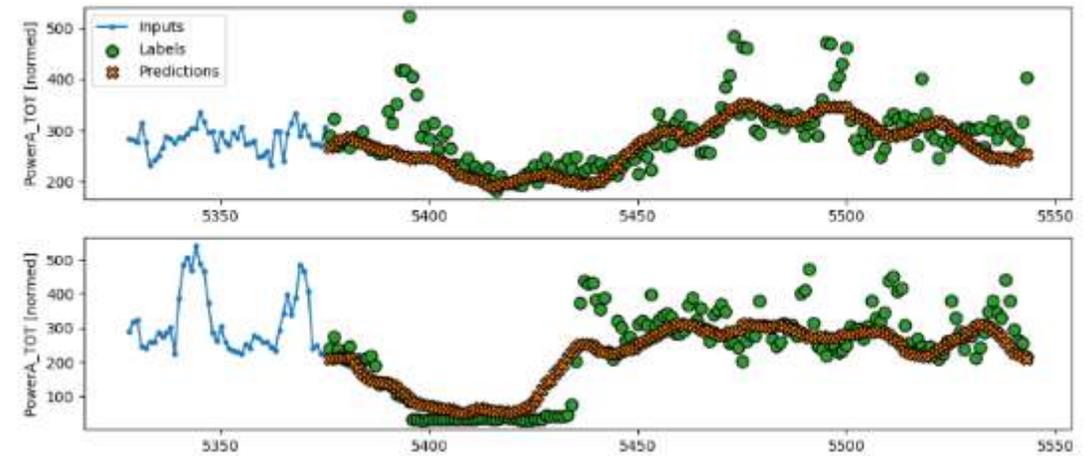


- Modelización 3D de edificios y edificios circundantes para analizar la ganancia térmica pasiva del edificio debidas a la irradiancia solar



Modelos de predicción de demanda y producción

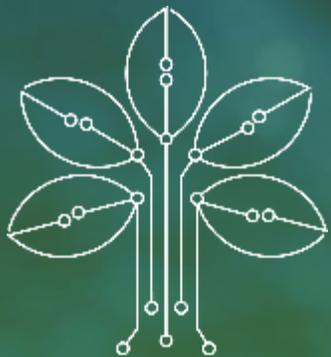
- Vicomtech está desarrollando metodologías y herramientas para **modelizar la demanda y la producción de energía renovable** a partir de datos históricos y predicciones meteorológicas avanzadas de manera que se pueda optimizar el balance.
- La metodología incluye el análisis de distintos modelos de predicción para series temporales como ARIMA/SARIMA(X), redes LSTM, y técnicas de aproximación de Deep Learning.



Resumen y conclusiones

- IA4TES es un elemento importante en el desarrollo de capacidades por parte de Vicomtech.
- La flexibilidad en entornos de agregación es una de los pilares de actuación donde las soluciones están más cerca del mercado.
- La optimización de los agentes (consumidores, generadores o prosumidores) es otra línea de actuación con alto potencial para soluciones avanzadas de IA desplegadas en el “Edge”.
- Las técnicas de modelización y predicción desarrolladas permitirán una aplicación práctica y precisa.





IA4TES



¡GRACIAS!

¿PREGUNTAS?



INTELIGENCIA ARTIFICIAL
PARA LA TRANSICIÓN
ENERGÉTICA SOSTENIBLE



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE ASUNTOS ECONÓMICOS
Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL

SECRETARÍA DE ESTADO
DE DIGITALIZACIÓN
E INTELIGENCIA ARTIFICIAL



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia