

PROYECTO IMPROVEMENT - PRODUCTO 1.6.2. PLANES DE IMPLEMENTACIÓN

Resumen

El presente documento incluye los documentos necesarios para preparar el diseño del Producto 1.6.2. Planes de implantación, incluyendo las estrategias regionales y transnacionales, en forma de hoja de ruta, destinadas a las distintas autoridades y organismos decisores en las regiones incluidas en el programa SUDOE. El contenido de este documento se basa en la Entrega 1.5.3. Planes de implantación, en el que se amplía la información y se ha redactado teniendo en cuenta los resultados de las distintas tareas de IMPROVEMENT que se han llevado a cabo y los distintos beneficiarios de las entregas, e incluye los distintos cuestionarios preparados para el proyecto.

Índice

Acrónimos.	5
1. Objeto del documento.	6
2. Resultados de las experiencias del sistema IMPROVEMENT en plantas piloto y laboratorios de prueba.	10
Planta piloto de CNH2.	10
<i>Sistemas de control de la electricidad para microrredes con criterios de alta calidad de la electricidad de UCO y UCLM.</i>	16
Planta piloto de LNEG.	18
<i>Modelos de UPVD y ENSMA de gestión energética y predicciones en el edificio piloto de LNEG.</i>	21
La experiencia de IST en la planta del campus Alameda	24
3. Recomendaciones y propuestas.	26
Sobre aspectos relacionados con la edificación.	26
Sobre aspectos relacionados con las tecnologías y los equipos.	29
<i>Aspectos técnicos.</i>	29
<i>Aspectos relativos a la legalización, acreditación y estandarización de microrredes y sus componentes.</i>	31
<i>Aspectos relacionados con la financiación y el apoyo públicos.</i>	32
<i>Aspectos medioambientales.</i>	34
4. Hoja de ruta de implantación del proyecto IMPROVEMENT.	35
Hoja de ruta para la legalización de edificios nZEB con microrredes de energía y cargas críticas.	35
Hoja de ruta para la certificación del sistema IMPROVEMENT.	38
5. Conclusiones, lecciones aprendidas y potencial del sistema IMPROVEMENT.	45
Marco regulatorio y financiero internacional vigente favorable.	45
Nicho de desarrollo de nuevas propuestas tecnológicas.	46
Nuevas funciones del sistema IMPROVEMENT.	47

Acrónimos.

ACUD	Agua caliente de uso doméstico
CDC	Control directo de cargas
DR	Demanda y respuesta
EMS	Sistema de gestión de energía (por sus siglas en inglés)
IoT	Internet de las cosas (por sus siglas en inglés)
CPM	Control predictivo por modelo
CEEC	Cercano a edificio energía cero
MCF	Materiales de cambio de fase
PEM	Tecnología de pilas de combustible tipo membrana intercambio protónico (por sus siglas en inglés)
PID/RB	Estrategia de control en base a normas / proporcional, integral y derivativo (por sus siglas en inglés)
PV	Fotovoltaico
SCADA	Control Supervisor y Adquisición de Datos (por sus siglas en inglés)

1. Objeto del documento.

En los últimos años, se han desarrollado muchos proyectos para mejorar la eficiencia energética de los edificios y para integrar en ellos energías renovables. No obstante, restan algunos proyectos relativos a los problemas de integrar recursos energéticos distribuidos (DER), en el sentido más amplio del término, en entornos en los que predominan equipos de alta tecnología, los llamados «cargas críticas». Esto sucede, por ejemplo, en hospitales, aeropuertos, universidades, y otros edificios públicos.

Este tipo de entornos siempre tiene características particulares dada la extrema sensibilidad de estos equipos concretos a la inestabilidad en el suministro eléctrico. A efectos de consideraciones científicas en universidades y centros tecnológico, así como con fines sanitarios en hospitales y por razones de seguridad en estaciones y aeropuertos, la calidad y la **continuidad del suministro eléctrico** se considerarán aspectos fundamentales. Y, por esta razón, los edificios en los que la garantía de continuidad del suministro eléctrico y la calidad de la onda eléctrica son aspectos fundamentales serán objetivos prioritarios en los hallazgos del proyecto IMPROVEMENT.

Teniendo en cuenta esta premisa, los siguientes tipos de edificios son especialmente relevantes:

- Hospitales y centros de salud.
- Edificios que alojan servicios de seguridad y emergencia.
- Infraestructuras de transporte críticas (estaciones, puertos marítimos, aeropuertos, etc.).
- Residencias de personas vulnerables.
- Centros penitenciarios.
- Centros de investigación.
- Grandes instalaciones deportivas.
- Instalaciones militares.
- Auditorios, salas de concierto y teatros de tamaño mediano o grande.

Muchos de estos edificios cuentan con **cargas (de energía) críticas**; es decir, niveles de consumo de energía que no pueden, en ninguna circunstancia, interrumpirse, presentar irregularidades o tener una calidad insuficiente, muy especialmente en relación con el flujo eléctrico, ya que, de producirse esta circunstancia pondría en riesgo la seguridad e incluso la vida de las personas o causaría un tremendo perjuicio económico.

Por otra parte, la implantación de estos sistemas para mejorar la eficiencia energética en edificios requiere un marco adecuado de regulación y certificación, así como un plan de negocio que permite conocer y garantizar su viabilidad técnica y financiera.

El programa IMPROVEMENT tiene el objetivo de convertir los edificios públicos existentes en edificios de consumo de energía casi nulo mediante la integración de microrredes combinadas de frío, calor y electricidad con inversores con abrazadera de punto neutro que utilicen sistemas híbridos de almacenamiento de energía que garanticen la calidad de la energía y la continuidad del servicio en equipos clave (médicos y científicos) al tiempo que aumenta la eficiencia energética en este tipo de edificios:

- 1) Mejorar la eficiencia térmica de este tipo de edificios públicos mediante la producción de calefacción y refrigeración solar y la incorporación de técnicas activas/pasivas para los edificios de consumo de energía casi nulo.
- 2) Mejorar la fiabilidad del suministro y la calidad eléctrica de los edificios públicos con cargas críticas mediante el desarrollo de un sistema de gestión eléctrica para microrredes a prueba de fallos.
- 3) Integrar los sistemas avanzados de gestión de energía para microrredes renovables con sistemas híbridos de almacenamiento de energía con los criterios de mínima degradación, coste mínimo de uso del sistema de almacenamiento y maximización de consumo de energía limpia.

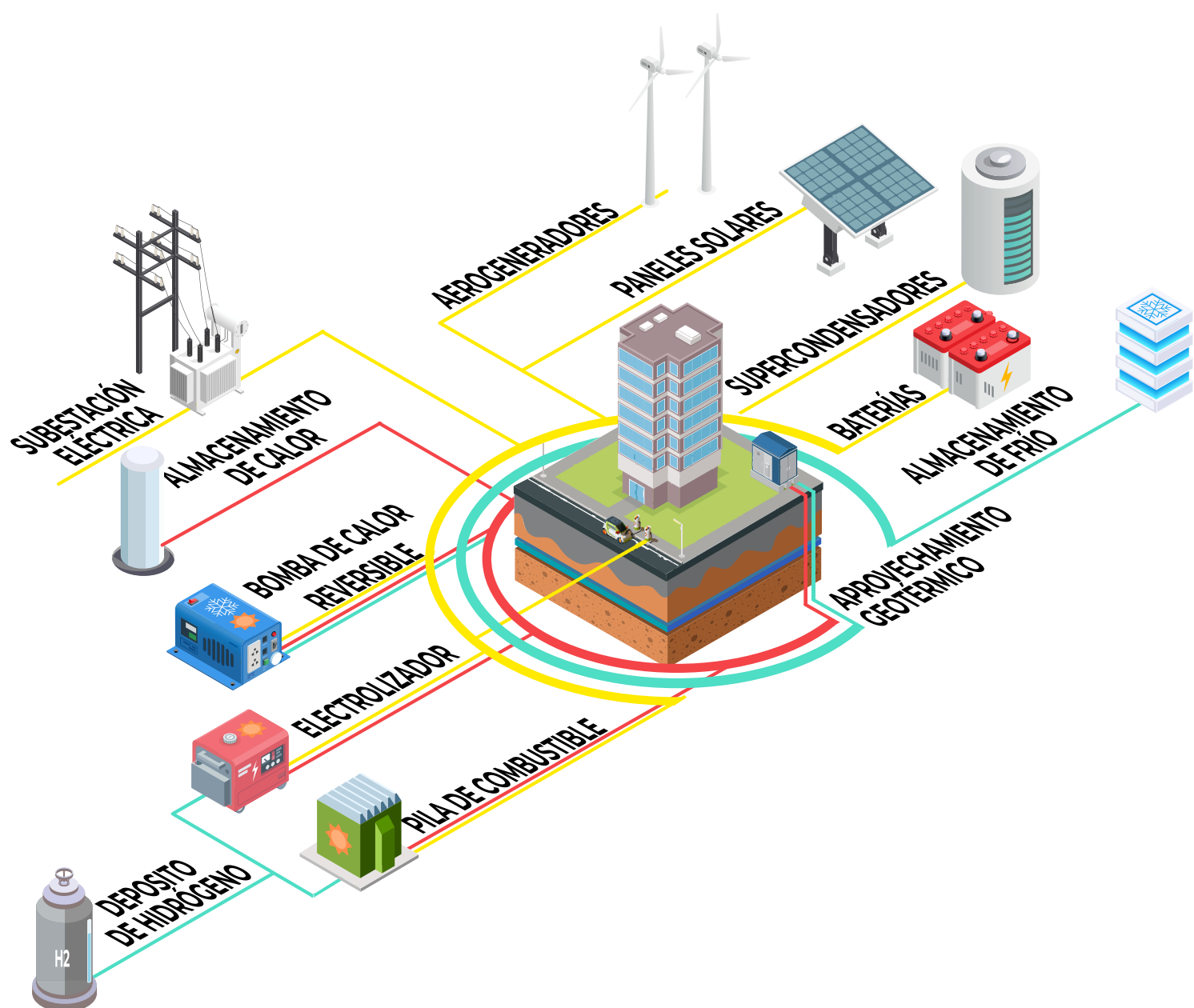


Figura 1.1 Muestra una idealización del sistema IMPROVEMENT

- Microrred eléctrica
- Microrred de calefacción
- Microrred de refrigeración

El proyecto IMPROVEMENT no se limita a pretender el desarrollo de sus propuestas tecnológicas en el marco de los países miembros de la zona SUDOE, entre los que se encuentran las nacionalidades beneficiarias **(España, Francia y Portugal)** sino que también establece criterios y recomendaciones disponibles para los países con condiciones climáticas similares a las de los países SUDOE.

Teniendo en cuenta estos objetivos, el fin de este documento es presentar los **planes de implantación del sistema IMPROVEMENT¹**, a modo de hoja de ruta que trace el itinerario de implantación de la actual fase pre-comercial del modelo de negocio de IMPROVEMENT y su integración como solución de gestión de energía para edificios públicos con cargas críticas.

Después de analizar los distintos tipos de edificios públicos y el diseño de las plantas piloto, tras elaborar un plan de negocio para el sistema IMPROVEMENT, así como una *Guía de buenas prácticas para la aplicación del sistema en edificios*, la Agencia Andaluza de la Energía ha preparado este plan de implantación con el fin de facilitar un futuro lanzamiento al mercado de este sistema.

Con este fin, se compilarán los resultados que se han obtenido en las tareas que han llevado a cabo los distintos beneficiarios de IMPROVEMENT en este proyecto, con el fin de contar con una serie de recomendaciones para el despliegue de microrredes en edificios e instalaciones públicas que pueden ser del interés de las entidades públicas y administrativas que las operan. También se explorarán los aspectos clave para la implantación de las microrredes propuestas y la tecnología de control, y la función que pueden desempeñar para alcanzar los objetivos de política energética de cada región.

Los beneficiarios de este proyecto son:

- Agencia Andaluza de la Energía **AAE (España)**.
- Junta de Andalucía Secretaría General de Energía **JA-SGE (España)**.
- Universidad de Castilla-La Mancha **UCLM (España)**.
- Universidad de Córdoba **UCO (España)**.
- Laboratorio Nacional de Energía y Geología **LNEG (Portugal)**.
- Centro Nacional de Hidrógeno **CNH2 (España)**.
- Escuela Nacional Superior de Mecánica y Aerotécnica **ENSMA (Francia)**.
- Universidad de Perpiñán Via Domitia **UPVD (Francia)**.
- Instituto Superior Técnico de la Universidad de Lisboa **IST (Portugal)**.

1. Para preparar este documento se ha recurrido a los contenidos de la Entrega D1.5.1. Planes de implantación. La entrega incluye una descripción más detallada del estado legal, regulatorio y técnico de los elementos constituyentes del Proyecto IMPROVEMENT para los planes de implantación..

2. Resultados de las experiencias del sistema IMPROVEMENT en plantas piloto y laboratorios de prueba.

Como resultado del proceso de investigación y desarrollo de las tecnologías descritas para el sistema IMPROVEMENT se han determinado y recogido los resultados más relevantes, así como los obstáculos y dificultades que se han tenido que superar para esbozar un modelo de negocio viable para el futuro. En este sentido, a continuación se incluye un resumen de las conclusiones de distintos beneficiarios (**CNH2, ENSMA, IST, LNEG, UCLM, UCO, and UPVD**) en sus respectivas áreas de competencia en el proyecto.

Los resultados de las experiencias con las plantas piloto de los beneficiarios **CNH2** y **LNEG** se presentarán junto con los hallazgos relativos a los sistemas de gestión de energía y la calidad de suministro eléctrico (**UCO y UCLM**) desarrollados en la planta piloto de CNH2; y los algoritmos de gestión energética y predicciones de costes de energía (**UPVD y ENSMA**) que se han modelizado y aplicado en la planta piloto de LNEG. Además, se añadirá información relativa a la experiencia que se ha llevado a cabo en el **campus Alameda de la Universidad Técnica de Lisboa**, por parte del beneficiario IST. Si bien en este caso no se trata explícitamente de una planta piloto del proyecto IMPROVEMENT, se ha considerado pertinente añadirlo aquí porque puede ofrecer otra perspectiva de esta experiencia y facilitar información importante sobre resultados relevantes, obstáculos y dificultades y la forma de superarlos.

PLANTA PILOTO DE CNH2.

En las instalaciones del Centro Nacional de Hidrógeno (CNH2) español en Puertollano (España), se han realizado pruebas en dos microrredes térmicas y eléctricas independientes pero interconectadas con el fin de validar los distintos objetivos previstos del proyecto. Estas microrredes están integradas por equipos para la generación y el almacenamiento de electricidad y calor procedente de energías renovables, acompañado de redes térmicas y eléctricas y gestionado mediante un sistema central de supervisión y control de la energía/potencia. El sistema de control diseñado por los socios de UCO y UCLM también se han sometido a pruebas para poder decidir si ambas microrredes pueden funcionar de forma interrelacionada.

HALLAZGOS Y RESULTADOS RELEVANTES

A) ACERCA DE LA MICRORRED ELÉCTRICA.

La **principal innovación** del sistema de la planta piloto de CNH2 se basa en **el desarrollo de un EMS capaz de controlar y gestionar los equipos conectados a la microrred eléctrica mediante un algoritmo de control**. Las subsiguientes definiciones tanto de «EMS» como de «algoritmo de control», así como sus funciones dentro de la planta piloto, pondrán de relevancia las innovaciones que suponen para el sistema:

a. Sistema de gestión de energía.

Consiste en un sistema de control formado por los distintos elementos físico y las comunicaciones entre ellos. El sistema es capaz de manejar cada uno de estos elementos o equipos de forma independiente o conjunta, generando así una microrred.

Este sistema de gestión de energía, o EMS por sus siglas en inglés, será el responsable de mantener el algoritmo en constante funcionamiento, de determinar qué equipos y potencias se deben usar y de enviar estos valores necesarios **a la microrred SCADA mediante comunicación MODBUS. SCADA devolverá los valores reales medidos en los equipos para que, de nuevo mediante comunicación MODBUS, se trasladen al algoritmo**, que los incluirá en sus cálculos.

Así que, por fin, **se manifiestan dos aspectos innovadores relacionados con el EMS,**

1. La inclusión de un **sistema híbrido de almacenamiento de energía**

OBSTÁCULOS Y DIFICULTADES QUE SUPERAR

A) SOBRE LAS DIFICULTADES OPERATIVAS DEL MCF EN EL SUBSISTEMA DE CALEFACCIÓN DE LA MICRORRED.

Los MCF que se utilizan en el subsistema de calefacción (en modo invernal) era de tipo lodo (slurry), basados en una emulsión de un compuesto parafínico en una base acuosa. Esto supone dificultades en el almacenamiento y el posible uso:

- **Almacenamiento:** Posible separación de las fases orgánica e inorgánica pasado un tiempo. Aparición de fenómenos de coagulación y floculación. La inestabilidad es lo bastante significativa como para resultar en la generación de una fase orgánica de alta viscosidad y una fase acuosa, lo que puede conllevar una pérdida de capacidad de almacenamiento de energía.
- **Uso:** Cuando el MCF está en movimiento (fluye) por la instalación de la planta piloto, su alta viscosidad y la posible separación de las fases puede causar «atascos» y fallos importantes en los equipos e instrumentos. Cuando las bombas que impulsan el fluido (bomba de tornillo) no funcionan y el fluido se queda quieto un tiempo, las fases pueden separarse incluso en el interior de la instalación. Esto obliga a que la instalación esté continuamente operativa o a retirar el fluido una vez que se terminen las pruebas.

B) SOBRE LAS AVERÍAS EN EQUIPOS EN FUNCIONAMIENTO.

En la fase operativa de la planta piloto se produjeron varias averías en distintos

(HESS, por sus siglas en inglés) en la microrred. Esto es resultado de la combinación de distintas tecnologías de almacenamiento de energía, como baterías, supercondensadores e hidrógeno verde. El uso de hidrógeno y su inclusión en una microrred eléctrica de este tipo es un aspecto claramente innovador. El aspecto clave de este HESS consiste en **permitir un mejor uso de las principales ventajas de los distintos sistemas de almacenamiento**, lo que permite reducir las desventajas que hubieran tenido por separado; por ejemplo, el uso de hidrógeno para obtener un suministro eléctrico más prolongado y constante.

2. La **posibilidad de pasar de un modo conectado a la red al modo aislado** (por ejemplo, en caso de apagón). Este cambio se lleva a cabo de forma automática gracias a las operaciones que lleva a cabo el EMS sobre el sistema SCADA; manteniendo las cargas críticas durante un apagón, gracias al sistema de almacenamiento de energía y los criterios de resiliencia de los algoritmos.

b. Algoritmo de potenciación y control.

El algoritmo desarrollado puede controlar los distintos equipos y elementos de la microrred, gestionar el desarrollo de las siguientes acciones:

- **Comprar/vender electricidad de/a la red de suministro.**
- **Cargar y descargar baterías.**
- **Cargar y descargar supercondensadores.**
- **Generación de hidrógeno por electrolisis.**
- **Generación de energía con hidrógeno utilizando una pila de combustible.**

componentes: fallos en la pila de combustible de la planta piloto, problemas con las bombas de tornillo de los MCF de calefacción y averías y problemas con las guarniciones, válvulas e instrumentos asociados a su funcionamiento.

C) SOBRE LA NECESIDAD DE REALIZAR ACONDICIONAMIENTO PREVIO A LOS EQUIPOS DE HIDRÓGENO PARA ALCANZAR LOS PARÁMETROS OPERATIVOS.

Esto es especialmente importante para que la pila de combustible y el electrolizador funcionen correctamente. Esto supone la necesidad de dedicar determinada cantidad de tiempo a adaptar los equipos; si esto no se hace, podría causar ineficiencias, interrupciones y disminuir la vida útil de los equipos en funcionamiento.

D) SOBRE LAS LIMITACIONES DEL TIEMPO DE RESPUESTA DEL ELECTROLIZADOR ALCALINO.

Al tener que adaptar la temperatura de funcionamiento de este tipo de electrolizadores, su capacidad de generación de oxígeno no es tan inmediata como la de otras tecnologías. Esto resulta en menor flexibilidad de operación.

E) SOBRE EL CONSUMO DE ENERGÍA DURANTE LA FASE DE COMPRESIÓN DE HIDRÓGENO.

Se requiere un alto consumo de electricidad desde la producción a la fase de almacenamiento (con aumento de presión de 10 a 200 bares) y la consiguiente descompresión para usar el hidrógeno en la pila de combustible.

F) SOBRE EL ALTO COSTE DEL EQUIPO DEDICADO AL CICLO DE OXÍGENO.

→ **Cerrar la generación de energía renovable desde la microrred.**

En relación con este algoritmo, **el aspecto más innovador es la optimización de costes**, que se consigue teniendo en cuenta distintos criterios, como:

- **Criterio económico:** la decisión de comprar o vender se toma en función de los precios de mercado, y también puede decir cuando es mejor opción recurrir a la energía almacenada en baterías o hidrógeno.
- **Criterio de degradación:** se minimiza la degradación de los equipos reduciendo los ciclos de encendido y apagado del electrolizador o las pilas de combustible, lo que reduce los costes operativos del sistema.
- **Criterio de generación de energía renovable:** se da prioridad a la energía renovable generada en la microrred antes de adquirir electricidad de la red de suministro. Solo se adquiere electricidad de la red cuando resulta inevitable, o cuando no contamos con suficiente energía renovable en determinado momento.
- **Criterio de resiliencia:** el algoritmo siempre tendrá prevista la posibilidad de un apagón en las comunicaciones con la red de electricidad y será capaz de alimentar todas las cargas críticas de la microrred con la energía almacenada en los sistemas de almacenamiento de energía durante al menos 24 horas.

B) ACERCA DE LA MICRORRED TÉRMICA.

Ahora mismo, las instalaciones de CNH2 tiene un sistema de **aire acondicionado basado en una bomba de calor aire-agua**. El sistema tiene dos modos operativos: modo de refrigeración y

Así como a otras de las nuevas tecnologías implicadas que todavía se encuentran en fase de desarrollo, como los MCF que ya se han indicado.

G) SOBRE LAS DIFICULTADES DE COMUNICACIÓN ENTRE LOS DISTINTOS EQUIPOS DE LA MICRORRED ELÉCTRICA DE LA PLANTA PILOTO DE CNH2.

- El transformador eléctrico, que es una pieza clave para iniciar el electrolizador, se rompió.
- Hubo que volver a diseñar los planes eléctricos y de comunicaciones de toda la planta

modo de calefacción. Esto permite cubrir las necesidades de aclimatación durante todo el año, con una producción de calor máxima de 273,3 kW (que se alcanza en el modo calefacción). A pesar de su eficiencia y de seguir con las pautas de recomendación de temperaturas de aire acondicionado, el hecho de que esté funcionando continuamente lo convierte en una fuente importante de consumo de electricidad desde la red de suministro.

Es de vital importancia buscar medidas para minimizarlo y que esto sirva de referencia para otros edificios públicos con un alto consumo energético derivado del uso del aire acondicionado.

La reducción del consumo de energía es el objetivo de los hallazgos y resultados relevantes de la sección térmica de la planta piloto de CNH2:

a. El uso de nuevas tecnologías que suponen un cambio de paradigma se aplica de forma menor en los edificios públicos:

→ **Integración del ciclo de hidrógeno.** Tanto electrolizador y la pila de combustible son dispositivos electroquímicos capaces de generar electricidad durante su funcionamiento. Las pilas de combustible pueden clasificarse en de alta temperatura y de baja temperatura, según su temperatura de funcionamiento. Dependiendo de las aplicaciones, se aplicará un tipo de tecnología u otro. En caso de pilas de combustible para aplicaciones estáticas (generación de calor o electricidad), tiene sentido utilizar tecnologías de membrana polimérica (PEM, por sus siglas en inglés) para aplicaciones a pequeña escala. En cambio, en casos de cogeneración a gran escala, conviene utilizar pilas de combustible de carbonatos fundidos

(MCFC) o de óxidos sólidos (SOFC).

→ **Uso de energía geotérmica.**

- Uso de materiales de cambio de fase (MCF), recurriendo específicamente a unos **(lodos orgánicos)** para la calefacción y a otros **(inorgánicos)** para refrigeración. Los MCF son materiales con un alto grado de calor latente; es decir, materiales que, a la temperatura de cambio de fase, pueden almacenar o librar grandes cantidades de energía. Durante el cambio de fase la temperatura se mantiene constante y el material absorbe o libera energía de forma progresiva.

b. Mejora de la eficiencia energética.

Aprovechando el calor residual de los equipos instalados en CNH2: electrolizador alcalino y pila de combustible PEM.

c. Integración conjunta de las tecnologías innovadoras.

MCF geotérmicos y del ciclo de hidrógeno según necesidades y condiciones climáticas externas para mejorar el rendimiento térmico de la microrred.

Sistemas de control de la electricidad para microrredes con criterios de alta calidad de la electricidad de UCO y UCLM.

En este proyecto, las innovaciones en el sistema de gestión de la energía de estos proyectos son la implantación de un sistema de sensores basado en IoT y en los requisitos y especificaciones de calidad del suministro eléctrico (UCO) y la instalación de interruptores con control activo del neutro (UCLM). Los sensores de IoT propuestos ayudarán a que los usuarios detecten el estado con la calidad de suministro eléctrico más estable sin dejar de controlar el consumo de energía. Los convertidores tienen dos funciones principales: eliminar los armónicos de corriente o, al menos, reducir los desequilibrios en el punto de acoplamiento común.

HALLAZGOS Y RESULTADOS RELEVANTES

A) PROYECCIÓN DE LOS RESULTADOS DEL SISTEMA IMPROVEMENT CON LA SOLICITUD PARA UNA PATENTE EUROPEA.

La investigación que han llevado a cabo UCO y UCLM para este proyecto, con vistas a desarrollar una red de sensores de Internet de las cosas para un sistema avanzado de contadores capaces de medir la calidad del sistema eléctrico ((IoT PQ) capaz de aplicar estrategias de control directo de cargas en respuesta a la demanda (DR-DLC), como desarrollo fundamental de este proyecto, conllevará la solicitud de una patente europea.

B) TRANSFORMADOR DE POTENCIA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO DE LA MICRORRED.

Tomando como bases de los estudios desarrollados por UCLM para el proyecto IMPROVEMENT, uno de los objetivos es controlar los problemas de calidad de suministro eléctrico en la microrred causados por cargas no lineales y desequilibradas que pueden afectar negativamente a las cargas

OBSTÁCULOS Y DIFICULTADES QUE SUPERAR

A) ASPECTOS COMPLEJOS DE LOS SUBCONTADORES.

Al contrario que los contadores de consumo de energía en el edificio en el Punto de Acoplamiento Común, los subcontadores implican medir el consumo de energía de unidades individuales o dispositivos dentro del complejo del edificio. Los subcontadores ofrecen información clave para una medida más detallada de los datos de consumo energético. Por desgracia, **los subcontadores son limitados debido a los costes de medición y a la complejidad técnica que suponen su instalación, operación y desagregación.**

B) ASPECTOS CRÍTICOS Y OBSTÁCULOS A LA APLICACIÓN EFECTIVA DE DR MEDIANTE APLICACIONES INTELIGENTES DE ENERGÍA (ESA, POR SUS SIGLAS EN INGLÉS):

Ciberseguridad: o prevención de accesos no autorizados a ESA por parte de terceros.

Privacidad de datos: El almacenamiento seguro de los datos personales del dispositivo o en cualquier punto del EMS.

críticas. Con este fin, uno de los inversores de potencia instalados en la microrred y al que se conectan todas las cargas se controla mediante diversas configuraciones de control e información facilitada por los sensores de IoT. Esta solución permite compensar las siguientes alteraciones: armónicos de corriente, desequilibrios en la corriente y compensación reactiva de corriente. Además, también se pueden anular las caídas de tensión y los armónicos de tensión que pueden estar presentes en la microrred.

El sistema también es capaz de estimar varias magnitudes eléctricas a tiempo real, como la frecuencia, la tensión de red y los armónicos de corriente y tensión.

C) EL TRANSFORMADOR DE POTENCIA COMO SISTEMA DE CONTROL DE POTENCIA.

La solución propuesta utiliza el transformador de corriente conectado a la microrred como una fuente controlada por la corriente o por la tensión. Esta conducta permite que el transformador de potencia actúe como un filtro de potencia activo paralelo y funcione como una fuente de corriente cuando la microrred funciona en modo conectado a la red de suministro, compensando de esta forma las alteraciones presentes en la microrred. Por otra parte, cuando la microrred funciona en modo aislado, el transformador de potencia cambia a una fuente controlada por la tensión, estableciendo la tensión y la frecuencia de la microrred.

D) TRANSFORMADOR DE POTENCIA CON FUNCIONES AVANZADAS.

Para el proyecto IMPROVEMENT se ha construido un transformador de corriente trifásico de cuatro cables (con una potencia nominal de 15 kVA) con

Interoperabilidad: la capacidad de las ESA para funcionar independientemente del agente que haga funcionar el sistema.

Calidad del suministro eléctrico: evitar las alteraciones de red causadas por el funcionamiento incorrecto o simultáneo de las ESA

C) FACTORES EXTERNOS QUE SUPERAR.

Factores no directamente relacionados con el proyecto, como la **ruptura de suministro de componentes electrónicos** en contextos de escasez en los mercados internacionales o limitaciones de tipo geopolítico o sanitario como sucedió con la pandemia de covid-19.

D) BAJA DISPONIBILIDAD DE DATOS.

La topología de control propuesta no llega a utilizar toda la información que facilitan los sensores de IoT, ya que esta información se facilita en una escala de tiempo demasiado lenta para lo que necesita el sistema de control. La información de los sensores de IoT solo es útil en el proceso de estimación de magnitudes eléctricas.

Este inconveniente implica que el sistema de control requiere la colocación de sensores que facilitan las medidas de corriente y tensión, lo que aumenta el coste de la solución propuesta.

E) MEJORAS QUE SE DEBEN APLICAR AL TRANSFORMADOR DE POTENCIA.

La transición de corriente entre el modo conectado a la red y el modo aislado implantado en la microrred ya existente en CHN2 es muy lento, lo que imposibilita una correcta transición con el transformador de potencia.

La potencia nominal del transformador está adaptada a la conducta del filtro de potencia paralelo activo. No obstante, este valor no es suficiente cuando el

control del punto neutro. El transformador de potencia está controlado por una plataforma en tiempo real, que puede llevar a cabo las acciones de control que se explican antes.

transformador debe operar como una fuente con tensión controlada debido a la potencia nominal de la microrred.

F) ASPECTOS CRÍTICOS DE LAS TECNOLOGÍAS NO COMERCIALES.

El **alto precio** es uno de los principales obstáculos a la hora de incluir entre las soluciones de la microrred un transformador de potencia trifásico de cuatro cables con control del punto neutro. Otro problema es **el escaso número de empresas dispuestas a implantar este tipo de soluciones no comerciales.** La gestión de unos periodos de entrega previsiblemente largos considerando que el diseño, la construcción y la puesta en servicio de un transformador personalizado que tiene que cumplir con determinadas especificaciones de servicio muy estrictas siempre es una tarea difícil. El servicio de mantenimiento de esta solución puede complicarse por estas mismas razones.

PLANTA PILOTO DE LNEG.

Las actividades de investigación que ha llevado a cabo LNEG en la planta piloto portuguesa y el caso de estudio correspondiente se estructuran alrededor de la investigación de soluciones tecnológicas apropiadas y razonables para la conversión de un edificio de oficinas públicas que ya existe en Lisboa en un nZEB. Las acciones de retroadaptación que se aplican para lograr el objetivo de convertir el edificio en un nZEB consisten una combinación de sistemas de reacondicionamiento de la envolvente y los sistemas técnicos de edificación para integrar los sistemas de generación y almacenamiento de electricidad y calefacción de fuentes renovables, acoplados a redes térmicas y eléctricas. La instalación global se controla de forma centralizada y está gestionada por un sistema de control de energía y potencia especialmente diseñado para caracterizar las mejoras de eficiencia energética del edificio.

Además, otro socio, UPVD, ha aplicado los datos obtenidos en la planta piloto de LNEG más su experiencia en el campo de la gestión energética para desarrollar un modelo sobre la planta de LNEG y prever la generación de potencia fotovoltaica, mientras que ENSMA ha estado trabajando en el desarrollo de sistemas para prever el consumo energético de un edificio y la tarificación eléctrica.

HALLAZGOS Y RESULTADOS RELEVANTES

A) SOBRE EL CONFORT TÉRMICO.

La aportación de Portugal al proyecto, a través del LNEG, pretende demostrar una metodología para la renovación parcial de un edificio público existente en un edificio cercano a un edificio de energía cero sin dejar de mantener (e incluso mejorar) el nivel de confort térmico. Una de las primeras preocupaciones fue la mitigación de la demanda energética mediante la implantación de soluciones pasivas y activas y la medición de las mejoras conseguidas en relación al confort térmico sin que se vean afectadas por las variaciones de la temperatura exterior. Las soluciones implantadas incluyen maximizar la luz natural, la incorporación eficiente de iluminación artificial (luces LED de intensidad graduable), sustituir los falsos techos con paneles de alta eficiencia aislante térmica y acústica, doble ventana, ventilación, protecciones solares, y aplicación de MCF para minimizar la influencia externa y regular la inercia térmica.

B) SOBRE EL SISTEMA DE GESTIÓN TÉRMICA.

La solución que se ha encontrado para el aire acondicionado de toda el área piloto fue un sistema combinado de generación de frío y calor, que consiste en una bomba de calor aire/agua asistida por un captador térmico para la calefacción del espacio (en modo invernal); esta misma bomba de calor puede producir agua fría para la refrigeración del espacio (modo estival).

Cuenta con un depósito de inercia de 100 litros cuya función es almacenar el frío o el calor (dependiendo de la estación) generados en el modo económico. Para la producción de calor se utiliza un circuito formado por un sistema solar de circulación forzada que asiste a la bomba de calor. Este sistema solar de circulación forzada

OBSTÁCULOS Y DIFICULTADES QUE SUPERAR

A) SOBRE EL CONFORT TÉRMICO.

- En determinadas condiciones climáticas externas puede ser difícil lograr un equilibrio de energía cero en el edificio y a la vez mantener el nivel de confort térmico habitual. Para superar este efecto, puede ser necesario adoptar medidas adicionales como utilizar niveles de confort adaptativos.
- Las medidas que se aplican a la envolvente del edificio pueden resultar en una escasa reducción del consumo energético o del aumento de confort térmico.
- Es posible que no se pueda amortizar el coste de las medidas implantadas en la vida útil (económica) del edificio.
- La remodelación del edificio requiere de equipos de profesionales muy especializados para lograr correctamente sus fines. Ha resultado muy difícil encontrar un proveedor de un sistema de supervisión y cargas eléctricas distribuido en el espacio, o una compañía de instalaciones eléctricas que tuviera experiencia en la instalación de microrredes.
- El desarrollo de estas técnicas nicho requiere que los diseñadores y los profesionales hayan recibido formación en los dos sectores principales que aborda el proyecto piloto portugués: 1) la reforma de edificios para mejorar su eficiencia energética (es decir, remodelarlos para que sean nZEB); y 2) la instalación y operación de microrredes a escala de edificio.

B) SOBRE EL SISTEMA DE GESTIÓN TÉRMICA.

- La definición de los requisitos para el sistema de gestión térmica se tuvo que reajustar para implantar opciones recurrentes de gestión térmica en la renovación de la planta piloto. Los

está compuesto de dos condensadores solares juntos con 16 tubos de evacuación con tubería de calor, y un sistema de almacenamiento de 300 litros en un circuito cerrado. La bomba de calor puede funcionar en modo directo sin el depósito de inercia. Todo el sistema térmico cuenta con un fuerte control y varios componentes de control que permiten una evaluación optimizada y un control estrecho de todo el proyecto.

C) ACERCA DE LA MICRORRED ELÉCTRICA.

Se instaló y puso en funcionamiento un nuevo circuito eléctrico, diseñado para crear una microrred con paneles solares fotovoltaicos, una microturbina eólica, convertidores, baterías y cargas locales. El sistema de gestión de energía es capaz de pasar automáticamente el modo de generación renovable en la microrred (modo aislado de la red) y el modo de conexión a la red de suministro, si bien por defecto está configurado para dar prioridad al modo de generación renovable.

plazos de entrega y puesta en marcha del equipo se retrasaron, lo que también retrasó la realización de pruebas de funcionamiento en el sistema de gestión térmica.

- La contribución anual de energía térmica solar es pequeña, lo que dificulta justificar y amortizar el coste adicional de los equipos comparados con las soluciones convencionales. Otro aspecto es la variabilidad del recurso que constituye la energía solar y la dificultad para alinear estas necesidades con su disponibilidad.
- En general, se ha detectado una falta de competencia en las empresas especializada en la gestión térmica de edificios. El mantenimiento regular de los sistemas térmicos es insuficiente.
- No existe una definición estándar en la que se puedan basar las especificaciones de los sistemas; al contrario, el enfoque y el diseño se basan en la casuística, lo que incrementa la inversión y los costes operativos y requiere contar con equipos con una cualificación muy alta.

C) ACERCA DE LA MICRORRED ELÉCTRICA.

- Los principales obstáculos para la integración de microrredes eléctricas incluyen aspectos tanto técnicos como financieros. El alto precio de los componentes que se van a instalar representa un retorno sobre la inversión largo que es difícil de defender frente a soluciones convencionales.
- Localmente existen pocos recursos renovables. Especialmente, en el caso de la planta piloto de LNEG, poca energía eólica.
- Escasean las empresas especializadas con capacidad de llevar a cabo un proyecto con estos requisitos.
- No existen estándares para reglar estos sistemas..

Modelos de UPVD y ENSMA de gestión energética y predicciones en el edificio piloto de LNEG.

En esta sección se enumeran los resultados más relevantes obtenidos por UPVD/PROMES-CNRS (Universidad de Perpiñán Via Domitia / Procesos, Materiales y Energía Solar) en relación a la gestión energética del edificio piloto de LNEG en Lisboa (Portugal), evaluar la factibilidad de las soluciones técnicas propuestas y señalar las dificultades y los obstáculos que se deben superar. También se resume el trabajo realizado por ENS-MA (Escuela Nacional Superior de Mecánica y Aerotécnica) en el campo de la predicción de consumo de energía en edificios públicos y tarificación eléctrica. Los algoritmos que ha desarrollado UPVD/PROMES-CNRS en relación a la predicción de generación de energía fotovoltaica también se presentan de manera breve.

HALLAZGOS Y RESULTADOS RELEVANTES

A) SOBRE EL CONFORT TÉRMICO.

La principal contribución de UPVD/PROMES-CNRS al proyecto IMPROVEMENT ES un sistema de gestión de energía predictivo (PEMS, por sus siglas en inglés) para la gestión de energía térmica y el confort térmico en edificios públicos equipada con microrredes híbridas (térmica y eléctrica). El EMS de IMPROVEMENT gestiona de forma adecuada la intercomunicación de las dos microrredes. El objetivo de este EMS es aprovechar el exceso de energía fotovoltaica generada para alimentar la microrred térmica.

El edificio piloto de LNEG en Lisboa (Portugal), que cuenta con una microrred eléctrica compuesta de baterías y paneles solares FV y una microrred térmica que consiste en dos subsistemas prevé el diseño de algoritmos de control tratables e forma informática y basados en el modelo de control predictivo (MCP). El primer subsistema térmico cuenta con condensadores solares, una bomba de calor y depósitos de almacenamiento térmico. El segundo subsistema térmico proporciona calor a las distintas salas del

OBSTÁCULOS Y DIFICULTADES QUE SUPERAR

A) ACERCA DEL DISEÑO Y VALIDACIÓN DE ALGORITMOS EMS TÉRMICOS QUE SE PUEDEN SEGUIR COMPUTACIONALMENTE.

El modelado preciso del comportamiento térmico del sistema es bastante difícil sin penalizar el tiempo de computación.

Se necesitan datos reales para validar los modelos, pero en algunos casos no se cuenta con esos datos. En los datos que ha facilitado LNEG, si bien son coherentes de forma global, faltan algunos datos y no se miden determinadas cantidades clave (la temperatura del fluido que pasa a través de los condensadores sociales, su caudal volumétrico el caudal de aire en los ventiloconvectores) dado que la campaña de supervisión se diseñó para evaluar la eficiencia energética y no para validar modelos.

No es fácil generalizar los modelos desarrollados y las estrategias de control automático propuestas a otros estudios de casos, ya que los sistemas de producción

edificio a través de ventiloconvectores para así aprovechar el calor proveniente del primer subsistema térmico. Se han modelado todos los elementos de las microrredes térmicas de LNEG, así como las zonas térmicas del edificio.

Se han diseñado y comparado dos estrategias de control predictivo basado en MCP; la primera se basa en un proceso de optimización, que es computacionalmente complejo, mientras que la segunda no requiere optimización, con una estrategia de control basada en reglas proporcionales-integrales-derivativas (PID/RB).

Todas las estrategias aprovechan con éxito el excedente de generación de energía fotovoltaica, lo que valida la forma en que se gestionan las microrredes híbridas. No obstante, en este aspecto, la estrategia de control PID/RB es menos eficiente que las dos estrategias MCP probadas en el piloto.

Además, estas estrategias de control reducen el consumo de energía a la vez que garantizan perfectamente el confort térmico de los usuarios, algo que la estrategia de control PID/RB no siempre consigue.

Con las dos estrategias de MCP se reducen tanto el coste económico como las emisiones de dióxido de carbono y se cumplen las limitaciones del sistema. El PEMS con optimización tiene un rendimiento ligeramente mejor que el PEMS sin optimización, pero requiere un tiempo de computación enorme, **lo que convierte al PEMS sin optimización en el mejor sistema de gestión para la aplicación *in situ*.**

B) ACERCA DE LA GESTIÓN DE LA RED EN MODO AISLADO.

y almacenamiento de energía tienen características y limitaciones específicas.

Desarrollar estrategias de gestión de energía capaces de manejar distintas situaciones y configuraciones tampoco es fácil.

El comportamiento humano y su repercusión en la eficiencia energética de los edificios es difícil de predecir.

Lograr el mejor equilibrio posible entre rendimiento y tiempo de computación (complejidad del modelo) es fundamental para obtener buenos resultados en el desarrollo de algoritmos, en particular algoritmos basados en modelos de control predictivo.

B) ACERCA DE LA GESTIÓN DE LA RED EN MODO AISLADO.

Los recursos térmicos de LNEG no bastan para satisfacer toda la demanda de producción de calor cuando la microrred funciona en modo aislado. Por eso, la temperatura predeterminada del aire en las distintas salas del edificio se ha configurado a un valor más bajo de modo que la microrred térmica pueda satisfacer la demanda de calefacción con el exceso de energía fotovoltaica generada.

C) SOBRE LA PREDICCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA Y LA TARIFICACIÓN ELÉCTRICA.

Utilizar técnicas de conocimiento profundo o *machine learning* requiere grandes conjuntos de datos.

Es necesario pretratar estos datos para obtener unos buenos resultados de formación que sean suficientemente generalizables.

Además de los algoritmos desarrollados para la gestión de la energía térmica y el confort térmico en edificios públicos, UPVD/PROMES-CNRS ha desarrollado un algoritmo para la gestión predictiva de recursos energético en microrredes híbridas (térmicas y eléctricas) que pueden operarse en modo aislado.

Este algoritmo ha servido para evaluar la capacidad de funcionamiento aislado de la microrred híbrida de LNEG. Se usa una estrategia de control PID/RB como estrategia de referencia. Un resultado interesante es que la estrategia predictiva permite que las limitaciones térmicas quedan, en su mayor parte, satisfechas en modo aislado algo que la estrategia de control PID/RB no es capaz de hacer. La microrred eléctrica es autosuficiente en términos de eficiencia energética.

C) SOBRE LA PREDICCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA Y LA TARIFICACIÓN ELÉCTRICA.

Con la ayuda de IST, ENSMA ha desarrollado algoritmos de predicción de consumo energético y tarificación eléctrica. UPVD/PROMES-CNRS ha desarrollado algoritmos de predicción de irradiación global horizontal (GHI). Las predicciones de generación de energía fotovoltaica se infieren de las previsiones de GHI. Todos los algoritmos desarrollados se basan en machine learning (por ejemplo, se usan redes neuronales profundas artificiales) y se pueden tratar computacionalmente. La precisión de las predicciones es satisfactoria para todas las medidas. Los datos que se han utilizado para validar los distintos modelos están pretratados para eliminar datos corruptos y valores atípicos.

LA EXPERIENCIA DE IST EN LA PLANTA DEL CAMPUS ALAMEDA.

Los resultados más relevantes de la planta piloto del campus Alameda (Universidad Técnica de Lisboa) se van a recoger aquí para ofrecer una idea de la factibilidad de cada resultado y para describir las dificultades y obstáculos que se deben superar. El campus Alameda no es, explícitamente, una planta piloto del proyecto IMPROVEMENT. No obstante, es un contexto de edificios públicos con algunas instalaciones críticas en laboratorios de docencia e investigación, y durante el desarrollo del proyecto IMPROVEMENT, el campus ha planificado determinadas intervenciones en las redes térmicas y eléctricas. De esta forma, se hace un análisis para identificar la factibilidad y obstáculos que presentan los edificios públicos en un contexto socioeconómico normal fuera de un proyecto específico como IMPROVEMENT.

HALLAZGOS Y RESULTADOS RELEVANTES

A) SOBRE LA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA TÉRMICO SOLAR EN LAS INSTALACIONES DEPORTIVAS DEL CAMPUS.

El proyecto IST pretende sustituir el consumo de electricidad para generar agua caliente para las duchas de los vestuarios. A lo largo de todo el día, los estudiantes de distintos equipos deportivos universitarios hacen uso de las instalaciones deportivas. Se consideró que el autoconsumo basado en sistemas térmicos solares era una opción interesante para reducir la factura eléctrica y para gestionar las instalaciones deportivas del campus de una forma más próxima al concepto de nZEB.

B) SOBRE LA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO EN LAS INSTALACIONES DEPORTIVAS DEL CAMPUS.

El proyecto del IST pretende instalar una planta solar fotovoltaica de 0,65 MW para generar electricidad para autoconsumo en el campus. El campus de Alameda consume más de 14 GWh de elec-

OBSTÁCULOS Y DIFICULTADES QUE SUPERAR

A) SOBRE LOS PROBLEMAS QUE PLANTEA EL SISTEMA SOLAR TÉRMICO.

La intervención tuvo lugar a finales de 2019. El mayor obstáculo fue que, a causa de la pandemia de covid-19, las instalaciones apenas se utilizaron durante dos años (hasta finales de 2021). Además, la pandemia cambió las dinámicas de uso de los vestuarios, especialmente por la noche, cuando es más frecuente que los usuarios no se duchen en las instalaciones, por lo que a demanda global fue significativamente menor que la prevista.

Cuando los sistemas solares térmicos están infrautilizados toda la instalación está sometida a un estrés térmico adicional causado por el hecho de que el calor no se disipa. En estas condiciones, el mantenimiento de los condensadores, válvulas y aislamiento del sistema de tuberías es mucho mayor.

Es decir, el proyecto resulta económicamente inviable. Antes de la instalación, se esperaba que el proyecto se amortiza-

tricidad anualmente, con una demanda base de potencia a lo largo del año de 800 kW. Todos los edificios están conectados en una red con distribución en anillo con un punto de conexión a la red de distribución a media tensión. El pico de consumo es de 3.5 MW y se alcanza en verano.

ra en más de 10 años, pero con este nivel de infrautilización y el aumento de los costes de mantenimiento no se espera alcanzar el punto de amortización.

B) SOBRE LOS PROBLEMAS QUE PLANTEA EL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO.

El principal objetivo es la inversión inicial (que se calcula que asciende a unos 500.000€) y aún más el contexto de financiación pública, formado por distintos organismos públicos, incluyendo universidades, que no tienen autonomía para realizar este tipo de inversiones sin el consentimiento del gobierno central. Además, tal como está formulada la legislación de compras públicas, requiere una cantidad de tiempo significativa. Aunque IST utiliza fondos públicos para llevar a cabo una remodelación que busca incrementar la eficiencia energética de un edificio público, con apoyo del Banco Europeo de Inversión que sigue la línea de un contrato de rendimiento energético (es decir, el préstamo se devuelve según los ahorros de energía), después de tres años la planta aún no está operativa.

En caso del campus de IST, en el que demás determinados edificios están clasificados como históricos, no se puede aprovechar toda el área edificada para instalar sistemas fotovoltaicos, así que la planta es más pequeña de lo que debería.

3. Recomendaciones y propuestas.

El resultado de las experiencias que se han recogido en las plantas piloto y los laboratorios de prueba se complementaron con un estudio actualizado sobre el marco legislativo y comercial, tanto para los edificios que pueden potencialmente ser receptores de las soluciones IMPROEVMENT y las tecnologías implicadas.

En algunos de estos resultados se subraya la necesidad de desarrollar una serie de recomendaciones y propuestas sobre los aspectos que conviene abordar antes de comercializar el sistema IMPROVEMENT.

SOBRE ASPECTOS RELACIONADOS CON LA EDIFICACIÓN.

El marco regulatorio es cada vez más exigente en términos de edificación y sostenibilidad. **La promoción de sellos de calidad para la construcción se ha convertido en una herramienta clave para anticipar futuras demandas.** Las certificaciones medioambientales de los edificios tienen su origen en la necesidad del sector de la construcción de acelerar su cambio hacia prácticas más sostenibles. En breve: lo que no está definido no se puede medir, lo que no se mide no se puede mejorar, y si no se puede mejorar se acabará degradando.

Las certificaciones de sostenibilidad dan prestigio a un edificio, incrementa su valor, repercute en una mejor conservación a largo plazo y esto se traduce en un menor consumo de energía, viviendas y espacios de trabajo más saludables, menores costes operativos y procesos de construcción más sostenibles y respetuosos, por encima de lo que exige la legislación.

En el proceso de certificación, el organismo de certificación emite el correspondiente certificado tras llevar a cabo un control de los datos medioambientales del edificio. El certificador, además de preparar estos datos, puede intervenir a lo largo del proceso para ofrecer asesoría medioambiental.

La **Directiva europea de eficiencia energética de los edificios** (EPBD NZEB),² vinculante para todos los Estados miembros, estipula que desde 2021 todos los edificios nuevos deben cumplir con el estándar de nZEB. **Este requisito ya es de aplicación desde el 1 de enero de 2019 a los edificios del sector público.** La tecnología desarrollada en el proyecto IMPROVEMENT permite alcanzar estos niveles.

2. DIRECTIVA (UE) 2018/844 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 30 de mayo de 2018 por la que se modifica la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios y la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética

En los edificios en los que se implantarán las soluciones de IIMPROVEMENT se exigirán tanto el certificado de clasificación energética inicial como el certificado de clasificación energética mejorada. Permiten comparar los valores iniciales y finales de consumo y demanda de energía, y así justificar que cumple con los requisitos exigidos para ser beneficiarios de subvenciones.

De todos los certificados sostenibles, **LEED** y **BREEAM** son los certificados de edificación sostenible más conocidos y reconocidos internacionalmente. Su éxito se basa en su reconocimiento, adaptabilidad y penetración en el mercado. Cualquier tipo de edificio puede certificarse de conformidad con cualquiera de los dos sistemas, independientemente de si es de nueva construcción o no: universidades, tiendas, oficinas, hospitales, viviendas particulares, campos deportivos, almacenes de logística, bloques de viviendas, etc.

En España existe la certificación **VERDE** adaptada a la legislación española. Contribuye a lograr medidas de sostenibilidad en edificios mediante la evaluación de aspectos medioambientales, sociales y económicos. Da el máximo nivel de importancia a la Evaluación del Ciclo de Vida de los edificios. Está alineada con los **Niveles**³ (esto incluye los indicadores de sostenibilidad para la construcción establecidos por la Unión Europea), con los **Objetivos de Desarrollo Sostenible** (indicando la aportación de cada uno de ellos) y con la **Taxonomía Europea**.

Más allá de los aspectos técnicos que determinan la certificación energética de un edificio, existen otros aspectos importantes que intervienen en la integración del sistema IMPROVEMENT en edificios públicos con cargas críticas. Todas estas propuestas se indican a continuación:

1. La eficiencia de las soluciones de este tipo depende enormemente de las condiciones del sitio (por ejemplo, la disposición de energías renovables, si se trata de un edificio aislado o rodeado de otros) que puede no ser adecuado en la ubicación en la que el edificio en cuestión está situado, y por lo tanto, para la operación óptima del sistema, **es fundamental llevar a cabo un análisis de las características medioambientales y las infraestructura del entorno en el que se va a ubicar la propuesta de IMPROVEMENT.**
2. **Desarrollo de una taxonomía de cargas críticas en edificios públicos** con el fin de desarrollar una estrategia para la implantación de microredes, estableciendo prioridades de conformidad con los criterios de esta taxonomía.

3. https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/levels_en

3. **Apoyo público** al desarrollo y disponibilidad de herramientas electrónica e informáticas para la gestión energética y la supervisión de los edificios nZEB.
4. **Minimización de los obstáculos administrativos y burocráticos implicados en asignar intervenciones en edificios públicos**, especialmente cuando la financiación necesaria está disponible.
5. **Las ayudas a la financiación son muy necesarias, especialmente cuando se trata de reacondicionamiento de edificios**, que suelen conllevar costes muy altos. La implantación de este tipo de soluciones requiere la implicación total de todos los niveles de la administración. Determinados programas regionales de subvenciones son fundamentales para la inclusión de las tecnologías IMPROVEMENT.
6. **La implantación de EMS en edificios es una herramienta ideal** para:
 - Mejorar la eficiencia energética.
 - Reducir y mantener bajo control los costes energéticos.
 - Cumplir con la legislación y la regulación vigente.
 - Reducir las emisiones de CO₂ y la huella de carbono.
 - Mejorar la imagen y la reputación de las administraciones públicas.
 - Garantizar la seguridad energética.
 - Las oportunidades de negocio y las credenciales de negocio.

Y la mejor guía para implantar un EMS se encuentra en la norma **ISO 50001:2018** Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso.

7. **Promoción de la implantación del certificado energético**, incluso en los casos en los que no es obligatorio. Se propone que el certificado sea obligatorio en los siguientes casos::
 - **Cuando existen líneas de financiación para la rehabilitación de edificios.** El certificado energético podría exigirse con la demás documentación necesaria para la solicitud de ayudas públicas para la rehabilitación de edificios.
 - **El reacondicionamiento de edificios puede acogerse a exenciones fiscales.** Las certificaciones energéticas pueden usarse para sustentar exenciones fiscales.
8. **Implantación de un sistema de certificación** como la certificación VERDE española en las demás regiones SUDOE implicadas en el proyecto, ya que casi la mitad de los registros de la certificación VERDE recogidos en España en 2021 contaban con la promoción de una administración pública o una entidad dependiente de esta.

9. **Instaurar mecanismos para difundir las soluciones del sistema IMPROVEMENT de forma clara** de modo que los organismos decisorios y los ciudadanos sean conscientes de la existencia de este tipo de soluciones y los correspondientes planes de financiación.
10. **El interés de las empresas en este tipo de soluciones para sus edificios es limitado.** Muchas empresas están intentando recortar costes en sus actividades habituales y consideran que la implantación de soluciones para la calidad del suministro eléctrico es demasiado cara. Por lo tanto, no suelen prestar demasiada atención a estas propuestas. Por eso **resulta tan relevante activar la implantación del sistema IMPROVEMENT en edificios públicos con cargas críticas**, ya que servirán de impulso y despertarán el interés de las entidades privadas en estas tecnologías.

SOBRE ASPECTOS RELACIONADOS CON LAS TECNOLOGÍAS Y LOS EQUIPOS.

Proponer recomendaciones y propuestas a aspectos específicamente relacionados con los componentes que se incluyen en la solución IMPROVEMENT, agrupadas en la forma que se indica en las secciones siguientes.

Estas agrupaciones se basan en los componentes incluidos en los rangos de las microrredes propuestas, y van desde de aspectos que se pueden mejorar a niveles de configuración técnica, basados en la experiencia y en la resolución de cuellos de botella detectados en las pruebas piloto, hasta aspectos legales y regulatorios, relativos a la acreditación, las etiquetas de calidad, la financiación para la implantación en el mercado final y aspectos medioambientales.

Aspectos técnicos.

ARQUITECTURA DE SISTEMAS Y DE EQUIPOS.

→ Sobre las averías en equipos en funcionamiento.

- ▶ Basándonos en los resultados de las pruebas piloto, se deberán establecer distintos diseños o configuraciones de las instalaciones para poder ajustar el funcionamiento del sistema y eliminar cualquier fallo.
- ▶ Se deben establecer procedimientos operativos adecuados basados en los conocimientos (*know-how*) adquiridos con las tecnologías que se aplican en este proyecto.
- ▶ Se debe diseñar un plan de mantenimiento específico para la tecnología utilizada.

- **Sobre los parámetros operativos del equipo de hidrógeno.**
 - ▶ Se debe planificar una fase de preacondicionamiento y operación del equipo.
 - ▶ También se debe diseñar un plan de mantenimiento preventivo adaptado a la tecnología utilizada.
- **Sobre las limitaciones del tiempo de respuesta del electrolizador alcalino.**
 - ▶ La evaluación de alternativas tecnológicas para el proceso de electrolisis como la tecnología PEM (membrana intercambio protónico) si se necesita más flexibilidad en la producción.
- **Sobre el alto consumo de electricidad durante la fase de compresión de hidrógeno.**
 - ▶ Evaluar si es posible el almacenamiento a baja presión. En este caso el factor limitante es el espacio disponible en los depósitos de almacenamiento.
 - ▶ Se debe cubrir el gasto eléctrico de la compresión con energías renovables.
- **Sobre el alto coste del equipamiento relativo al ciclo de hidrógeno.**
 - ▶ Se espera y prevé un mayor desarrollo de estas tecnologías en los años venideros.
 - ▶ Surgimiento de nuevas economías de escala.
- **Sobre las dificultades operativas de los MCF.**
 - ▶ Seleccionar alternativas del MCF: Los MCF de otro tipo, como los inmóviles usados en la parte de refrigeración. Han demostrado un comportamiento adecuado con menos problemas operativos que los de tipo lodo.
 - ▶ Llevar a cabo una adaptación de la instalación: que implicaría cambiar los instrumentos y demás equipos para adaptarlos al fluido, así como volver a diseñar toda la instalación, debido a la posible necesidad de añadir la función de agitación constante al depósito de almacenamiento o de estudiar posibles alternativas.

PROTOCOLO DE COMUNICACIONES PARA LA GESTIÓN DE LA MICRO-RED.

- ▶ La gestión de la microrred requiere un protocolo de comunicaciones adecuado y robusto.

- ▶ Se deben buscar equipos con un lenguaje de comunicación optimizado para este tipo de aplicaciones.
- ▶ Se debe prever un plan de mantenimiento.

ALGORITMOS DE CONTROL Y PREDICCIÓN.

- ▶ El acceso en tiempo real a datos, equipos y programas informáticos es crucial para la implantación in situ del EMS de IMPROVEMENT.
- ▶ La mejor solución es altamente dependiente del sitio y relacionada tanto con el tipo de equipo que se va a instalar como con los objetivos de la propiedad del edificio en términos de ahorro eléctrico y necesidades de comodidad térmica.
- ▶ Los algoritmos basados en *machine learning* requieren grandes concursos de datos para que se pueda llevar a cabo la fase de entrenamiento de forma eficiente; esto repercute negativamente en la capacidad de implantación de estas soluciones (antes de implementar estas soluciones se deben recoger suficientes datos).
- ▶ Los algoritmos deben estar siempre activados para que puedan ir mejorando. El bajo rendimiento repercute negativamente en la difusión de la solución. (Por ejemplo, por las dificultades asociadas a características o limitaciones concretas.)
- ▶ Los algoritmos que no se pueden procesar computacionalmente son difíciles de implantar in situ.
- ▶ Lograr un algoritmo de control del rendimiento frente a un coste óptimo. Cuando una solución es demasiado cara, aunque su rendimiento sea bueno, es difícil diseminarla.

Aspectos relativos a la legalización, acreditación y estandarización de microrredes y sus componentes.

- En primer lugar, es necesario acordar una definición unificada de «microrred» en la que se aclaren los requisitos legales y regulatorios, los planes técnicos permitidos, su propiedad, etc.
- **Avances en el desarrollo de las tecnologías que se deben establecer en las primeras fases.** Los equipos y componentes técnicos de la arquitectura de las microrredes IMPROVEMENT presentan distintos niveles de desarrollo tecnológico o Nivel de Madurez Tecnológica (TRL por su acrónimo en inglés). Esto retrasa su desarrollo y su aplicación. Un TRL más alto denota experiencia y conocimientos y suele conllevar un mayor número de certificaciones.
- **Los estándares europeos o EN (CEN, Cenelec, comités de ETSI) y estándares armonizados⁴** son, por lo general, voluntarios. Los fabricantes certificarán sus productos de conformidad con esta normativa para demostrar que sus productos y servicios presentan determina-

4. https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/standards/standards-in-europe/index_es.htm

do nivel de calidad, seguridad y fiabilidad. Se ha apuntado que para las especificaciones técnicas de los contratos públicos debería ser obligatorio cumplir las normas mínimas.

- Los productos que cumplen un estándar EN armonizado deben obtener la **Marca CE**⁵. La Marca CE demuestra que el fabricante ha evaluado el producto y considera que cumple con los requisitos de seguridad y salud y medioambientales que exige la Unión Europea. La Marca CE es obligatoria para poder comercializar determinados productos en la Unión Europea, independientemente de donde se hayan fabricado. Garantiza que este producto cumple con los reglamentos europeos que están implicados en él. **Se recomienda que los equipos que se usan en el sistema IMPROVEMENT cuenten previamente con una certificación del proveedor.** La Etiqueta Energética y los documentos asociados con la **Compatibilidad Electromagnética**⁶ son necesarios para comercializar un producto en la UE. **Por lo tanto, los equipos de IMPROVEMENT deben presentarlas.**
- En caso de que existan equipos cuyo cumplimiento con el reglamento vigente o no esté acreditado o no lleven la marca CE pero sean necesarios para la configuración de la planta, podrían certificarse posteriormente. Existen entidades aprobada por la Infraestructura de Acreditación Internacional formada por la European Co-operation for Accreditation (EA), el International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) y el Foro Internacional de Acreditación (IAF) con el fin de certificar las tecnologías implicadas en IMPROVEMENT destinadas a la exportación, reduciendo así los obstáculos para acceder a mercados extranjeros.

Aspectos relacionados con la financiación y el apoyo públicos.

- Como en el caso de los edificios, se necesita mucha ayuda a la financiación. Es necesaria una implicación máxima de los gobiernos para entender y apoyar las soluciones IMPROVEMENT. Las administraciones públicas deberían ofrecer subsidios públicos específicos para la gestión de microrredes y sistemas de optimización basados en *machine learning*, IoT o conversores de cuatro cables, que se usan en el marco del sistema IMPROVEMENT.
- También se deberían cerrar acuerdos con administraciones públicas para apoyar la compraventa optimizada de electricidad con la red de suministro.
- El apoyo desde las instituciones públicas al desarrollo de herramientas electrónicas y programas informáticas de control de la microrred destinadas a equilibrar la distribución de la red eléctrica y permitiendo realizar otras tareas que mejoran la eficiencia, seguridad y fiabili-

5. https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/labels-markings/ce-marking/index_es.htm

6. La Directiva de compatibilidad electromagnética que afecta a las instalaciones o equipos electrónicos fijos. Su objetivo es garantizar que todos los productos eléctricos o electrónicos son electromagnéticamente compatibles entre sí.

dad de toda la red de suministro y los mercados de electricidad.

- El apoyo público a nivel nacional y regional para **entornos de prueba regulatorios** que permiten proyectos piloto, laboratorios y operaciones experimentadas a una escala limitada para permitir ensayos restringidos del sistema IMPROVEMENT en edificios públicos con cargas críticas. Los entornos de prueba regulatorios son bancos de prueba que consisten en entornos experimentales en los que se pueden llevar a cabo pruebas o ensayos, aplicando exenciones regulatorias de forma segura y controlada con el fin de favorecer la innovación, la investigación y la mejora del marco regulatorio, garantizando en todos los casos la calidad y la seguridad del suministro eléctrico, la ausencia de riegos para el sistema eléctrico y su sostenibilidad en términos económicos y financieros, así como la protección de los consumidores finales.
- Las características del producto en la fase precomercial hacen que el sistema IMPROVEMENT sea un candidato ideal de financiación a través de **compras públicas innovadoras (CPI)**. El CPI es un mecanismo de compras públicas diseñado para promover el desarrollo de nuevos mercados que cuenta con la administración pública como cliente de referencia. Esta colaboración público-privada se aplica mediante un sistema de concurso público, contrato público o procedimiento público de compras. Sirve para que las administraciones públicas puedan incorporar soluciones innovadoras para mejorar los servicios públicos y para encontrar nuevas soluciones de gestión que permitan responder de forma mejorada y más eficiente a las necesidades de los ciudadanos, a la vez que posicionan el sector de actividad a la cabeza de los procesos de innovación empresarial. Sería deseable implantar este mecanismo en las regiones o estados en los que no existe, de forma que impulse la implantación de IMPROVEMENT.
- El modelo **EaaS** (acrónimo en inglés de **Energía como Servicio**) permite mejorar la eficiencia y la productividad sin necesidad de una inversión inicial y permite alcanzar los objetivos de los clientes en cuanto a coste, resiliencia, fiabilidad y sostenibilidad. Este modelo traslada la «carga» de la instalación, la gestión y la financiación de la energía a una tercera empresa, que es la que se encarga de construir, diseñar y gestionar los sistemas de energía. El modelo de Energía como servicio también permite una estructura de propiedad flexible y puede ser la mejor oportunidad de recoger los beneficios de la integración de microrredes. Esencialmente, se trata de un modelo de acuerdo de compraventa de energía (power purchase agreement o PPA): el cliente paga una tarifa mensual por los gastos operativos y la microrred es propiedad de un tercero. De esta forma no es necesaria una inversión de capital y se reduce el riesgo financiero.

Aspectos medioambientales.

- **Menos residuos:** buena parte de las iniciativas regulatorias están dirigidas a mejorar el reciclaje de residuos en Europa. Un buen ejemplo es la recientemente anunciada legislación europea sobre baterías. El sistema IMPROVEMENT deberá tener en cuenta la forma de instalación de los equipos y materiales adquiridos para el reacondicionamiento del edificio, así como su resistencia y la forma en la que se desmontarán al final de su vida útil. Estos aspectos se definen mejor con documentos como la Declaración de Rendimiento de un producto.
- **Economía circular:** La Comisión Europea también pretende ampliar la Directiva sobre diseño ecológico para impulsar la circularidad en procesos industriales, el uso de tecnologías digitales para el seguimiento de recursos y el logro de una etiqueta de certificación medioambiental de la UE. También existen otros mecanismos para reforzar la circularidad, como las Declaraciones ambientales de producto (DAP) que incorpora información medioambiental de los productos en parte de su ciclo vital, así como información sobre los residuos que generan.
- **La Directiva sobre diseño ecológico.** Los PSE (o Productos del Sector Energéticos) definen los niveles mínimos de eficiencia energética, máximas emisiones de NOx, generación de ruidos, nivel mínimo de aislamiento permitido en los acumuladores de agua caliente de uso doméstico, sin los que sería imposible obtener la etiqueta CE para comercializar determinados productos en Europa. La Directiva sobre diseño ecológico se complementa con la Directiva de etiquetado energético o el rendimiento energético de los productos, que establece requisitos de consumo de energía y clases de eficiencias, así como una clasificación en etiquetas que van de G a A.
- **El principio DNSH:** El principio DNSH (Principio de no causar graves perjuicios, conocido por el acrónimo inglés de Do No Significant Harm) es una condición definida por la Comisión que exige una autoevaluación para garantizar que la inversión o reforma no afecta negativamente a ninguno de los seis objetivos medioambientales que se recogen en el Reglamento 2020/852 .
- **El Reglamento europeo de taxonomía de actividades económicas sostenibles:** Nueva regulación europea que propone un sistema de clasificación claro y transparente que permite identificar las actividades que son sostenibles desde un punto de vista medioambiental. Esta iniciativa se ha propuesto como uno de los instrumentos claves para que Europa alcance sus ambiciosos objetivos medioambientales y climáticos, de modo que las futuras generaciones puedan disfrutar de un mundo más vivible y sostenible.

4. Hoja de ruta de implantación del proyecto IMPROVEMENT.

En este capítulo se describe una propuesta de hoja de ruta para el lanzamiento comercial y la implantación del sistema IMPROVEMENT y sus componentes en edificios públicos ya existentes o de nueva construcción. Esta hoja de ruta puede orientar el proceso sobre las áreas en las que es necesario actuar:

- El necesario marco de certificación de edificios públicos con cargas críticas y la legalización que proceda para su conversión a edificios nZEB, así como para la incorporación legal de los subsistemas que forma parte del sistema IMPROVEMENT.
- El marco de certificación necesario para las tecnologías comprendidas en el sistema IMPROVEMENT y el propio tipo de microrred propuesta.
- En definitiva, este capítulo presenta una serie de hojas de ruta con objetivos parciales con el fin de certificar y comercializar los productos incluidos en la tecnología involucrada en el sistema IMPROVEMENT dirigido a edificios públicos con cargas críticas.

HOJA DE RUTA PARA LA LEGALIZACIÓN DE EDIFICIOS NZEB CON MICRORREDES DE ENERGÍA Y CARGAS CRÍTICAS.

Es necesario abordar esta cuestión debido a la falta de regulación administrativa, técnica y legal necesaria para la **instalación de tecnologías en edificios terciarios situados en zonas no industriales.**

Normalmente, los cambios del marco legislativo vienen motivados por una decisión política o una necesidad del mercado. En este caso, las decisiones políticas a nivel internacional, europeo y nacional, comprometida con la descarbonización, es favorable a la modificación normativa en cuanto a la promoción de las tecnologías implicadas en este proyecto.

Antes de proponer las fases y acciones que harían viable una regulación del sistema IMPROVEMENT en Europa, es necesario abordar una serie de aspectos clave previos al lanzamiento comercial del sistema:

1. En primer lugar deben establecerse los límites del proyecto y la cooperación transnacional de los agentes implicados en el desarrollo del sistema IMPROVEMENT y el modelo de negocio del proyecto.
2. Integración de legislación y normativa para los usos de las tecnologías presentes en el sistema IMPROVEMENT que no son vinculantes para los edificios ubicados en zonas no industriales (sistemas de generación basados en energías renovables, sistemas de intercambio de calor (por ejemplo, energía geotérmica), sistemas de almacenamiento e infraestructuras con materiales peligrosos, electrolizadores y pilas de combustible, etc.)
3. **Explorar la creación de un mercado de energía térmica (calefacción/refrigeración urbana)** en países donde no existe.
4. **Promover la adopción de nuevos modelos de negocio para los servicios que la microrred puede prestar a otras redes de energía: venta de garantías de origen, servicios auxiliares** (soporte de tensión, soporte de rampa, suministro de potencia reactiva, etc.), que por sí mismos producirán flujos de ingresos adicionales más allá del simple suministro de energía. Los reguladores de los sistemas energéticos también deben promulgar normas que permitan **una asignación justa de los costes de intercomunicador y mantenimiento de las redes de transmisión y distribución**. Incluso se necesitarían incentivos económicos para **promover la integración de las microrredes en las medidas de seguridad de la red de suministro y en la planificación del sistema a largo plazo**.

Como se ha indicado antes, la Directiva europea de eficiencia energética de los edificios (EPBD NZEB),⁸ vinculante para todos los Estados miembros, estipula que desde 2019 todos los edificios nuevos deben cumplir con el estándar de nZEB.

La tecnología desarrollada para el proyecto IMPROVEMENT puede permitir alcanzar estos estándares. El aspecto *diferencial* del proyecto es que añade valor como modelo de negocio es que el desarrollo de propuestas pretende cubrir las necesidades energéticas que resultan críticas en edificios públicos, distintas de lo que se considerarían cargas ordinarias.

La hoja de ruta para la legalización de edificios nZEB con cargas críticas en los que se puede implantar el sistema IMPROVEMENT se puede estructurar en las siguientes fases:

8. DIRECTIVA (UE) 2018/844 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 30 de mayo de 2018 por la que se modifica la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios y la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética.

Fase 1. Definición de marco taxonómico para edificios con cargas críticas.

Esta fase comprende lo siguiente:

- Análisis de la regulación existente por la cual se establecen los requisitos para edificios públicos con cargas críticas.
- Desarrollo regulatorio, cuando sea necesario, que unifique y establezca requisitos para los edificios públicos con cargas críticas.
- Establecimiento de un estándar técnico con una taxonomía para edificios con cargas críticas.

Fase 2. Unificación de la Directiva europea de eficiencia energética de los edificios.

Para que en un edificio se pueda instalar el sistema IMPROVEMENT, este debe ser un edificio nZEB. En este sentido, debe existir una norma técnica para todas las regiones incluidas en SUDOE, especificando los requisitos que debe cumplir un edificio para obtener la certificación de nZEB. Por lo tanto, es necesario crear una norma técnica armonizada con los requisitos técnicos de nZEB para todas las regiones incluidas en SUDOE.

Fase 3. Definición unificada del concepto de microrredes en edificios.

Acordar una definición legal unificada de «microrred» en la que se aclaren los requisitos legales y regulatorios, los planes técnicos permitidos, su propiedad, etc.

Es, pues, necesario proponer y acordar una definición conjunta de microrredes para obtener calor, frío y electricidad para edificios públicos con cargas críticas en condiciones de garantía de calidad.

Fase 4. Implantación de un sistema de sellos de certificación nZEB similar al sello de certificación español VERDE.

- Revisión de los sellos de certificación en la región SUDOE como el sello VERDE.
- Diseño y aplicación de un sello de certificación nZEB.

Fase 5. Simplificación y unificación de los procedimientos administrativos para la implantación de microrredes en edificios públicos.

- Análisis de los procedimientos administrativos para la adquisición de productos y servicios en edificios públicos.
- Simplificación y unificación de los reglamentos administrativos para concursos públicos y otros mecanismos de financiación para la compra de productos y servicios relativos a la integración de microrredes.

Fase 6. Implantación de planes de apoyo económico y fiscal para:

- Obtener certificados de edificación nZEB.
- El diseño de las acciones para la transformación de edificios públicos con cargas críticas edificios nZEB con microrredes, y
- La implantación de microrredes en edificios públicos con cargas críticas para transformarlos en nZEB.

No se incluye la hoja de ruta para esta sección por la dificultad de calcular la duración de las fases indicadas, ya que su ejecución supone la intervención de muchas organizaciones de ámbito nacional e internacional.

HOJA DE RUTA PARA LA CERTIFICACIÓN DEL SISTEMA IMPROVEMENT.

La hoja de ruta para la certificación y salida al mercado de todos los equipos y sistemas incluidos en la tecnología propuesta por el proyecto IMPROVEMENT puede estructurarse en las siguientes fases:

Fase 1. Desarrollo técnico de componentes y sistemas en un entorno de simulación (TRL 6).

DESCRIPCIÓN.

El sistema IMPROVEMENT y sus componentes (equipos, sistemas de gestión del control y la potencia y comunicaciones) deben alcanzar una madurez comercial a desde su estado actual, en distintos niveles TRL, hasta al menos el *TRL 6 Modelo de sistema / subsistema o demostración de prototipo en un entorno relevante*.

OBJETIVO.

Desarrollar y validar el sistema IMPROVEMENT hasta alcanzar el nivel TRL 6 para equipamiento y componentes.

ACTIVIDADES.

A1. Completar el protocolo de análisis del sistema y sus componentes mediante las pruebas de campo y las pruebas en los entornos piloto de CNH2 y LNEG para su futura implantación a escala real.

INICIO.

Mes 1.

DURACIÓN ESTIMADA.⁹

Dos años.

OBJETIVOS PARCIALES.

M1. Validación del sistema IMPROVEMENT en un entorno representativo.

Fase 2. Demostración y validación del sistema IMPROVEMENT en un entorno real (TRL 7).

DESCRIPCIÓN.

Acciones destinadas a la implantación y validación del sistema IMPROVEMENT y sus componentes (equipamiento, control y sistemas de gestión de la potencia y comunicaciones) hasta alcanzar el nivel *TRL 7 Validación del sistema en un entorno real*.

OBJETIVO.

Implantación y validación del sistema IMPROVEMENT hasta que se alcanza el nivel TRL 7 y el primer prototipo o tipo de demostración está disponible a nivel no comercial.

ACTIVIDADES.

A1. Implantación del sistema IMPROVEMENT en un entorno real y su validación.

INICIO.

Mes 25.

DURACIÓN ESTIMADA.¹⁰

Tres años.

OBJETIVOS PARCIALES.

M1. Validación del sistema IMPROVEMENT en un entorno real.

9. Las duraciones estimadas de todas las fases dependen en gran medida de las decisiones relativas a la certificación. Los plazos del organismo de certificación serán los que determinen la duración de la actividad.

10. Las duraciones estimadas de todas las fases dependen en gran medida de las decisiones relativas a la certificación. Los plazos del organismo de certificación serán los que determinen la duración de la actividad.

Fase 3. Certificación de los equipos en un entorno real (TRL 8).

DESCRIPCIÓN.

Los equipos y componentes que forman parte de la tecnología del sistema IMPROVEMENT deben contar con las certificaciones de Compatibilidad Electromagnética y Marca CE, y contar con una etiqueta de eficiencia energética.

Equipos y componentes utilizados en la planta piloto CNH2.

- Generador fotovoltaico.
- Aerogenerador.
- Conversores.
- Pila de combustible polimérica.
- Electrolizador alcalino.
- Baterías ion-litio.
- Batería del supercondensador.
- Perforaciones geotérmicas.
- Bomba de calor geotérmica (agua-agua).
- Bomba de calor del edificio (aire-agua).
- Almacenamiento de MCF. Sistema de calefacción.
- Almacenamiento de MCF. Sistema de refrigeración.
- Depósitos de almacenamiento de hidrógeno.
- Componentes de integración en el sistema:
 - ▶ Carcasa/tubos de intercambiadores de calor.
 - ▶ Intercambiadores de calor de placa.
 - ▶ Depósitos de almacenamiento de agua fría y caliente.
 - ▶ Depósitos de almacenamiento de inercia.
 - ▶ Bombas hidráulicas.
 - ▶ Bombas de tornillo.
 - ▶ Tuberías.
 - ▶ Sistemas de medición, control e instrumentación.

Equipos y componentes utilizados en la planta piloto LNEG.

- Generador fotovoltaico.
- Aerogenerador.
- Conversores.
- Baterías.
- Bomba de calor (aire- agua).
- Componentes de integración en el sistema:
 - ▶ Sistemas de medición, control e instrumentación.
 - ▶ Depósitos de almacenamiento de agua fría y caliente.
 - ▶ Depósitos de almacenamiento de inercia.
 - ▶ Paneles de MCF.
 - ▶ Sistemas de medición, control e instrumentación.

OBJETIVO.

Certificación de los equipos del sistema IMPROVEMENT.

ACTIVIDADES.

A1. Identificación de las certificaciones a las que deben ajustarse cada equipo y componente.

Si un equipo o producto no certificado debe integrarse en la microrred, entonces:

A2. Identificación los organismos de certificación que pueden certificar los productos que aún no lo estén.

A3. Certificación de equipos o productos.

Si se prefiere integrar en la microrred equipos y componentes previamente certificados, el procedimiento a seguir será:

A4. Adquisición de equipos y componentes previamente certificados.

INICIO.

Mes 61.

DURACIÓN ESTIMADA.¹¹

Seis meses, si es necesario certificar cualquier equipo o componente. **Si todos los equipos y componentes están certificados, se puede saltar esta fase.**

OBJETIVOS PARCIALES.

M1. Productos certificados.

Fase 4. Certificación de los sistemas de control y potencia (TRL8).

DESCRIPCIÓN.

Los sistemas de control y potencia que forman parte de la tecnología del sistema IMPROVEMENT deben contar con las certificaciones de Compatibilidad Electromagnética y Marca CE, y contar con una etiqueta de eficiencia energética.

OBJETIVO.

Los sistemas de control y potencia deben estar certificados de conformidad con la regulación vigente y de forma apropiada para su comercialización en Europa. Se debe garantizar la correcta integración con los componentes tecnológicos de la microrred.

¹¹ Las duraciones estimadas de todas las fases dependen en gran medida de las decisiones relativas a la certificación. Los plazos del organismo de certificación serán los que determinen la duración de la actividad.

ACTIVIDADES.

A1. Certificación del sistema de control. Identificación de las certificaciones que ofrece el fabricante. Inicio de un proceso de certificación o adquisición de un sistema de control certificado por si la certificación es necesaria.

A2. Certificación del sistema eléctrico. Identificación de las certificaciones que ofrece el fabricante y, si es necesario, inicio de un proceso de certificación o adquisición de un sistema de control certificado.

INICIO.

Mes 61.

DURACIÓN ESTIMADA.¹²

Seis meses, si se necesita un sistema de certificación. **Si todos los sistemas están certificados, se puede saltar esta fase.**

OBJETIVOS PARCIALES.

M1. Sistema de control certificado.

M2. Sistema eléctrico certificado.

Fase 5. Certificación de las comunicaciones, sistemas de TI, plataforma de IoT (TRL 8).

DESCRIPCIÓN.

Las comunicaciones, sistemas de TI y plataforma de IoT deben cumplir con toda la legislación vigente y la normativa europea.

OBJETIVO.

Las comunicaciones, sistemas de TI y plataforma de IoT deben cumplir con toda la legislación vigente y los estándares necesarios para comercializarse en Europa.

ACTIVIDADES.

A1. Certificación de todas las comunicaciones.

A2. Certificación de los sistemas de TI.

A3. Configuración de la plataforma de IoT conforme a los estándares aplicables.

INICIO.

Mes 61.

¹². Las duraciones estimadas de todas las fases dependen en gran medida de las decisiones relativas a la certificación. Los plazos del organismo de certificación serán los que determinen la duración de la actividad.

DURACIÓN ESTIMADA.¹³

Seis meses, si es necesario certificar cualquier sistema. **Si todos los sistemas están certificados, se puede saltar esta fase.**

OBJETIVOS PARCIALES.

M1. Comunicaciones certificadas.

M2. Sistemas de TI certificado.

M3. Plataforma de IoT certificada.

Fase 6. Consecución de pruebas del sistema en entornos reales y certificación de la microrred (TRL 9).

DESCRIPCIÓN.

La microrred de IMPROVEMENT sustentada en fuentes de energía renovables con generación combinada de calor, frío y electricidad, junto con los sistemas de almacenamiento híbridos, debe estar certificada. Para este fin será necesario seleccionar los organismos de certificación, solicitar presupuestos e iniciar el proceso de certificación.

OBJETIVO.

Certificación del funcionamiento de la microrred en función del rendimiento previsto y de sus características técnicas y funcionales.

ACTIVIDADES.

A1. Certificación de la microrred.

INICIO.

Mes 67.

DURACIÓN ESTIMADA.¹⁴

18 meses. Dependiendo de los plazos estimados por los organismos de certificación.

OBJETIVOS PARCIALES.

M1. Certificación de la microrred.

13. Las duraciones estimadas de todas las fases dependen en gran medida de las decisiones relativas a la certificación. Los plazos del organismo de certificación serán los que determinen la duración de la actividad.

14. Las duraciones estimadas de todas las fases dependen en gran medida de las decisiones relativas a la certificación. Los plazos del organismo de certificación serán los que determinen la duración de la actividad.

	Y1		Y2		Y3		Y4		Y5		Y6		Y7		
	M1	M7	M13	M19	M25	M31	M37	M43	M49	M55	M61	M67	M73	M79	
PHASE 1. Technical development of components and systems in simulation environment (TRL 6)															
PHASE 2. Demonstration and validation of the IMPROVEMENT system in real environment (TRL 7)															
PHASE 3. Equipment certification in a real environment (TRL 8)															
PHASE 4. Certification of control and power systems (TRL 8)															
PHASE 5. Certification communications, IT systems, IoT platform (TRL 8)															
PHASE 6. Successful system testing in real environments, and microgrid certification (TRL 9)															

5. Conclusiones, lecciones aprendidas y potencial del sistema IMPROVEMENT.

El desarrollo de las tareas que han llevado a cabo los beneficiarios del proyecto IMPROVEMENT, junto con la colaboración de las entidades asociadas, ha permitido contar con una amplia experiencia y conocimientos acerca de los equipos que es parte de la solución tecnológica para la generación y el almacenamiento de energía, para contar con sistemas de control y potencia, y elementos que hacen posible que la microrred funcione de forma óptima y continua.

El ámbito del proyecto IMPROVEMENT es la región SUDOE, que es un área muy vulnerable a los efectos del cambio climático, que tiene mucha necesidad de aire acondicionado en verano y de calefacción en invierno. Pero también animaba a encontrar soluciones para edificios públicos con cargas críticas para países con un clima similar.

La última sección ofrece una serie de conclusiones, lecciones aprendidas y una propuesta para ampliar las funciones del planteamiento actual del proyecto IMPROVEMENT, siempre en línea con el cumplimiento de la normativa vigente.

MARCO REGULATORIO Y FINANCIERO INTERNACIONAL VIGENTE FAVORABLE.

- El viento sopla a favor de la difusión internacional de esta propuesta. El marco legislativo europeo señala un camino que se puede materializar en los planes de Recuperación, Transformación y Resiliencia, cuyos componentes son plenamente coherentes con la incorporación de las propuestas y objetivos del proyecto IMPROVEMENT.
- La presente inestabilidad de la geopolítica internacional que reduce la disponibilidad de los recursos de energía fósil de los que depende Europa impulsa la necesidad de facilitar los medios para lograr la independencia energética y mejorar las estrategias que fomentan el ahorro y la eficiencia energética. La volatilidad de los precios de la energía es una realidad, a lo que se suma la urgencia representada por el cambio climático y la necesidad de descarbonizar la economía.
- La promoción de proyectos para mejorar las infraestructuras de energía, redes inteligentes, el despliegue de tecnologías de almacena-

miento y flexibilidad, la necesidad de mejorar la construcción y rehabilitación de los edificios existentes para luchar contra la pobreza energética, que se ha disparado, lanzar nuevos modelos de negocio y proyectos innovadores en la integración de sectores inteligentes: todo esto está en los programas de las políticas energéticas.

- El paquete legislativo Energía limpia para todos, que incluye disposiciones legislativas que regulan el almacenamiento de energía, la Alianza Europea de Baterías, la Estrategia Europea del Hidrógeno lanzada junto con la Alianza Europea por un Hidrógeno Limpio; todas estas son iniciativas para promover las tecnologías de almacenamiento de energía en Europa.
- El sistema IMPROVEMENT no solo resolvería el problema del suministro de energía, el desarrollo de sistemas de almacenamiento híbrido y el desarrollo de mecanismos activos y pasivos para reducir la demanda energética de los edificios, sino que también cumpliría con otras normativas sobre aspectos relacionados con el medio ambiente (reducción de residuos, economía circular, diseño ecológico, principio DNSH, taxonomía de actividades económicas sostenibles).
- Este contexto geopolítico internacional y el marco normativo actual son, evidentemente, favorables a este proyecto. En breve, **los sistemas que se proponen para el proyecto IMPROVEMENT están totalmente alineados con la actual necesidad de descarbonizar los edificios, un aspecto clave para cumplir los objetivos de 2030 a 2050.**

NICHO DE DESARROLLO DE NUEVAS PROPUESTAS TECNOLÓGICAS.

- Ampliar la vida de las baterías y demás equipos para que tengan una segunda vida y reciclar algunos de sus materiales para fabricar ciertos componentes presenta dificultades, pero también es una oportunidad para establecer nuevos modelos de negocios. Pero más allá de esto, el sistema IMPROVEMENT ha desarrollado una estrategia de gestión innovadora que mejora la resiliencia y durabilidad de los equipos a la vez que garantiza la calidad y cantidad del suministro eléctrico. Se le puede felicitar por haber basado su diseño en el principio de la economía circular.
- El sistema IMPROVEMENT hace necesarios desarrollar e introducir dispositivos y protocolos de ciberseguridad que permiten la interoperabilidad en la infraestructura eléctrica para mejorar la seguridad de la arquitectura de las microrredes y reducir así la vulnerabilidad causada por problemas técnicos y de servicio.
- El sistema IMPROVEMENT incorpora un sistema de subcontadores, una fórmula muy innovadora de realizar supervisión de alta resolu-

ción de equipos, que en el futuro es más que probable que se convierta en la norma.

- El uso en el sistema de IMPROVEMENT de redes inteligentes y de Internet de las Cosas (IoT) abre la puerta a nuevas formas de optimizar las microrredes eléctricas al integrar un sistema de aprendizaje que recoge información sobre el consumo, la generación y el almacenamiento de la red de suministro eléctrico, de forma autónoma y automática, mediante algoritmos de predicción.

NUEVAS FUNCIONES DEL SISTEMA IMPROVEMENT.

A continuación se muestran propuestas para nuevas funciones del sistema IMPROVEMENT que pueden aumentar su valor añadido en base a la regulación vigente y las tendencias del mercado.

NUEVAS FUNCIONES.

El sistema IMPROVEMENT podría desarrollar una función de carga de vehículos eléctricos.

Creación de una figura de Agregador de Demanda si se instala la tecnología IMPROVEMENT en un número significativo de edificios públicos (y/o edificios con cargas de energía críticas) se podría introducir un nuevo participante, un Agregador de Demanda, en el mercado eléctrico.

Red de energía IMPROVEMENT de edificios públicos. Los edificios que usen la tecnología IMPROVEMENT podrían funcionar como un Edificio Eficiente Interactivo en Red (GEB por sus siglas en inglés). Estos edificios podrían contar con un sistema común de gestión de energía de forma que la microrred de uno pueda servir de sistema de respaldo de los demás en caso de apagón.

El sistema IMPROVEMENT incorpora una fórmula muy innovadora de realizar supervisión de alta resolución de equipos, los **subcontadores**, que en el futuro es más que probable que se conviertan en la norma.

El proyecto IMPROVEMENT podría potencia más requisitos relativos al momento en el que enciende la iluminación externa de los edificios y el nivel de luminosidad de estructuras y carreteras cuando se trate de cargas críticas.

El proyecto IMPROVEMENT podría ser un elemento de optimización **para la calefacción y refrigeración** de los edificios de viviendas urbanos.

