



Acelera la transformación digital de tu PYME



INFORME TECNOLÓGICO – Febrero 2023

Sensorización a distancia de la mejora en el aislamiento térmico de edificaciones

Elaborado por:  **AIDIMME** 



VICEPRESIDENCIA
PRIMERA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
DE ASUNTOS ECONÓMICOS
Y TRANSFORMACIÓN DIGITAL

SECRETARÍA DE ESTADO
DE DIGITALIZACIÓN
E INTELIGENCIA ARTIFICIAL

red.es



UNIÓN EUROPEA

Fondo Europeo de Desarrollo Regional

“Una manera de hacer Europa”



1 Eficiencia energética de edificaciones

En cualquier proceso de mejora es crítico disponer de datos fiables que nos permitan evaluar en qué medida las mejoras introducidas nos permiten alcanzar los resultados esperados.

En el caso concreto del uso de nuevos materiales/sistemas para mejorar el aislamiento térmico en las edificaciones, es crítico evaluar en qué medida se reduce el gradiente de temperatura entre el exterior y el interior. Para ello tenemos en el mercado diferentes alternativas de medición y análisis, que pasan por el uso de:

- **Sensores de temperatura:** Se utilizan para medir la temperatura en diferentes puntos de una edificación y así identificar, además del gradiente de temperatura entre el exterior y el interior, los lugares donde se producen pérdidas de calor o frío. Estos sensores pueden ser de diferentes tipos, como termómetros infrarrojos o termistores.
- **Sistemas de Análisis de datos:** se utilizan herramientas de análisis de datos para procesar la información recopilada por los sensores y medidores, lo que permite identificar patrones y tendencias y así tomar medidas para mejorar la eficiencia energética.

En general estos sistemas van acompañados de medidas adicionales para configurar un sistema completo de mejora de la eficiencia energética en las edificaciones:

- **Medidores de consumo eléctrico:** permiten medir el consumo de energía eléctrica en tiempo real, lo que permite identificar cuáles son los aparatos que más energía consumen y así tomar medidas para reducir el consumo.
- **Sensores de humedad:** se utilizan para medir la humedad en diferentes puntos de la edificación, lo que permite identificar los lugares donde hay humedad excesiva y tomar medidas para evitar problemas de condensación y moho.
- **Sistemas de automatización:** se utilizan para controlar el funcionamiento de los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado, que actúan en función de los datos de humedad y temperatura, lo que permite ajustar su funcionamiento para maximizar la eficiencia energética.

En los siguientes apartados se documenta un caso práctico de evaluación de la mejora conseguida en el aislamiento térmico de una edificación con el uso de nuevos materiales. Para ello se realiza una breve introducción sobre los sensores de temperatura y sobre el sistema de captura y análisis de datos utilizado.

2 Sensores de temperatura

La palabra termómetro nos viene de griego, a partir de "therme", que significa calor y "metron", que significa medida.

Desde la invención del primer termómetro en la antigua Grecia del siglo I, que se atribuye a Herón de Alejandría y a Filo de Bizancio, la medición de la temperatura ha ido evolucionando, y los sensores de temperatura disponibles actualmente pueden ser de 3 tipos, resistencias que dependen de la temperatura, dispositivos semiconductores cuya resistencia depende de la temperatura (llamados termistores) y uniones de metales diferentes (llamados termopares).

Las resistencias que dependen de la temperatura

En 1871, Carl Wilhelm Siemens inventó el termómetro de resistencia de platino. Se trata de una resistencia que depende de la temperatura, como es el caso de la sonda PT100, fabricada con una aleación de platino que ofrece una resistencia de 100 ohmios a la temperatura de 0°C. También existe la sonda PT1000 que ofrece una resistencia de 1.000 ohmios a la temperatura de 0 °C. La sonda PT1000 produce una tensión diez veces mayor que aquella producida por la sonda PT100 ante una misma intensidad de excitación, motivo por el cual puede mejorar la lectura de muy pequeñas diferencias de temperatura. Estas sondas pueden emplearse en el recorrido de temperatura de -200 °C a 660 °C en todo tipo de procesos industriales donde se deba medir la temperatura con precisión y fiabilidad.

Los termistores

Se trata de un dispositivo semiconductor cuya resistencia eléctrica depende fuertemente de la temperatura. Según qué impurezas se empleen durante la fabricación para dopar al semiconductor, el material tendrá un coeficiente térmico positivo o negativo. Con un coeficiente térmico positivo, la resistencia aumentará al aumentar la temperatura. Y, con un coeficiente térmico negativo, la resistencia aumentará al disminuir la temperatura. Estos sensores de temperatura pueden emplearse desde -100 °C hasta 300 °C. Su uso incluye termómetros para uso médico e industrial.

Los termopares

Los termopares son uniones de dos metales diferentes que exhiben el efecto Seebeck-Peltier que se manifiesta en la generación de una tensión eléctrica, también llamada fuerza electromotriz. Dicha tensión eléctrica, con la ayuda de un circuito de acondicionamiento de la señal y un amplificador, se emplea para medir la temperatura. Existen diversos tipos de termopares, fabricados con diferentes metales y con recorridos de temperatura diferentes. Entre los metales y aleaciones empleadas, encontramos al cromel (aleación de cromo y níquel), constantan (aleación de cobre y níquel), alumel (aleación de níquel, manganeso, aluminio y silicio), manganina (aleación de manganeso, cobre y níquel), nicosil (níquel, cromo, silicio y magnesio), nisil (níquel y silicio), hierro (Fe), níquel (Ni), molibdeno (Mo), cobalto (Co), cobre (Cu), platino (Pt), rodio (Rh), tungsteno o wolframio (W), renio (Re), paladio (Pd) y niobio (Nb).

A continuación, se muestran los distintos tipos de termopares disponibles para usos industriales.

Tipo	Composición	Rango de temperatura
------	-------------	----------------------

E	cromel-constantan	rango amplio desde -270 °C hasta 740 °C, rango estrecho desde -110°C hasta 140°C, apto para equipos criogénicos (no es magnético)
J	hierro-constantan	desde -40 °C hasta 750 °C
K	cromel-alumel	desde -200 °C hasta 1350 °C, apto para atmósferas con alta concentración de oxígeno (es magnético y el hidrógeno lo degrada)
M	82% Ni/18% Mo; 99,2%Ni/0,8% Co	hasta 1400 °C, apto para hornos al vacío
N	Nicosil-Nisil	desde -270 °C hasta 1300 °C, estable y resistente a la oxidación, apto para vacío, atmósferas inertes o atmósferas reductoras secas. No apto para atmósferas sulfurosas.
T	cobre-constantan	desde -200 °C hasta 350 °C, no es magnético.
B	70%Pt/30%Rh – 94%Pt/6%Rh	hasta 1800 °C
R	87%Pt/13%Rh – 100%Pt	hasta 1600 °C
S	90%Pt/10%Rh – 100%Pt	hasta 1600 °C
C	95%W/5%Re – 74%W/26%Re	hasta 2315 °C
D	97%W/3%Re – 75%W/25%Re	hasta 2315 °C
G	100%W - 74%W/26%Re	hasta 2315 °C
P	55%Pd/31%Pt/14%Au – 65%Au/35%Pd	desde 500 °C hasta 1400 °C
HTIR-TC	Molibdeno - Niobio	para plantas nucleares hasta 1700 °C

El termopar tipo K es uno de los más ampliamente usados en la industria por su amplio rango de trabajo, su versatilidad y facilidad de uso.

3 Análisis de datos

La analítica de datos es una herramienta clave para mejorar la investigación en eficiencia energética, ya que permite procesar grandes cantidades de información y extraer patrones y tendencias que pueden ser utilizados para identificar oportunidades de mejora y desarrollar estrategias más eficaces para reducir el consumo de energía y mejorar la eficiencia energética. Las técnicas de analítica de datos más relevantes son las siguientes:

- Análisis de regresión: se utiliza para analizar la relación entre dos o más variables y para predecir el valor de una variable en función de otras variables. En el contexto de la eficiencia energética, el análisis de regresión puede ser utilizado para analizar la relación entre el consumo de energía y otros factores, como la temperatura exterior, la ocupación, la hora del día, etc.
- Análisis de series temporales: se utiliza para analizar los datos que varían a lo largo del tiempo, como el consumo de energía en una edificación. Esta técnica permite identificar patrones y tendencias en los datos y predecir el comportamiento futuro del consumo de energía.
- Análisis de datos espaciales: se utiliza para analizar los datos que varían en función de la ubicación geográfica, como la eficiencia energética de diferentes edificaciones en una ciudad. Esta técnica permite identificar patrones espaciales en los datos y desarrollar estrategias específicas para mejorar la eficiencia energética en diferentes áreas de la ciudad.
- Análisis de datos de redes neuronales: se utiliza para analizar los datos complejos y no lineales, como el consumo de energía en una edificación. Esta técnica permite identificar patrones y relaciones no lineales entre diferentes variables y desarrollar modelos más precisos para predecir el consumo de energía y mejorar la eficiencia energética.

Estas técnicas van a ayudar en el proceso de investigación identificando patrones de consumo de energía en una edificación, lo que permite identificar los momentos del día o los días de la semana en los que se consume más energía y tomar medidas para reducir el consumo en esos momentos. También nos van a permitir la identificación de ineficiencias mostrando los aparatos o dispositivos que consumen más energía y monitorizar el rendimiento de los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado, identificando periodos en los que los sistemas están operando de manera ineficiente, permitiendo la implementación de estrategias de gestión energética más efectivas o mediante la implementación de nuevos materiales.

4 Caso práctico de aplicación. Medición de la mejora en el aislamiento térmico de edificaciones

El Instituto Tecnológico AIDIMME ha evaluado la mejora en el aislamiento térmico en edificaciones con el uso de elementos prefabricados sostenibles desarrollados por el propio Instituto¹ para:

- sistemas de aislamiento térmico en edificaciones para el exterior (SATE)
- particiones verticales de interior

El objetivo de la investigación realizada fue el análisis del comportamiento de los elementos desarrollados a escala real, es decir, utilizándolos en una edificación en uso, mediante la monitorización de los parámetros que se consideraron críticos para poder efectuar las modificaciones oportunas en aquellos casos en que fuera necesario.

Además de conocer en una construcción real los flujos de calor, los cambios de temperatura y los posibles deterioros de estos elementos de construcción, el proyecto valoró la viabilidad de la implantación de los resultados por parte de las empresas, de forma que este análisis permite que los fabricantes del sector de elementos prefabricados y su entorno industrial, puedan incluir en su cartera de productos diferentes alternativas con mayor valor añadido.

Hay destacar que estos elementos fabricados por AIDIMME se caracterizan por su alta sostenibilidad, la baja huella de carbono, una contribución significativa a la disminución de los residuos de la construcción y la demolición (RCD), el aligeramiento de los elementos constructivos, la facilidad en el reciclado, su alta durabilidad, un comportamiento térmico y acústico óptimos, y una más que considerable minimización de la emisión de compuestos orgánicos volátiles (COV).

Ensayo en la planta piloto.

La evaluación del aislamiento térmico a escala real requiere de la realización de la monitorización continua y a largo plazo de la temperatura en una edificación en uso. Con este objeto se seleccionó un edificio para usarlo como planta piloto. Se colocaron sondas de

¹ Proyecto PREFCONCEPT y proyecto PRESOST, desarrollados con el apoyo de la Dirección General de Innovación de la Conselleria de Innovación, Universidades, Ciencia y Sociedad Digital, de la Generalitat Valenciana.
https://www.aidimme.es/serviciosOnline/difusion_proyectos/detalles.asp?id=30786 ;
https://www.aidimme.es/serviciosOnline/difusion_proyectos/detalles.asp?id=32862

temperatura PT100 en el revestimiento exterior de la fachada, en el revestimiento interior de la fachada, y en ambos lados de los paneles de aislamiento bajo ensayo.

Las sondas PT100 se conectaron a amplificadores especializados para registrar la temperatura de la edificación en diferentes zonas y a lo largo del tiempo para poder evaluar y comparar la eficiencia de diferentes alternativas para mejorar el aislamiento.

El análisis de estos datos permite cuantificar la eficiencia energética de materiales, tales como las placas de material aislante, proveyendo resultados que permiten realizar una comparación entre diferentes tipos de materiales aislantes para poder escoger el mejor, lo que supone una importante herramienta para reducir la huella de carbono de la edificación.

El sistema de medida se configuró según el siguiente esquema:

- Las sondas PT100 se colocaron en cuatro puntos del muro existente sin panel térmico PREFCONCEPT y en siete puntos del muro existente con panel de aislante térmico PREFCONCEPT.
- Las sondas PT100 se conectaron a los amplificadores de señal analógica de termopares de un equipo HBM QuantumX MX1615B.
- Una estación meteorológica midió las condiciones ambientales y sus sensores se conectaron a los amplificadores de señal analógicas del equipo HBM QuantumX MX1615B.
- Estos equipos forman parte de un sistema de adquisición de datos que incluye:
 - o Un ordenador industrial con sistema operativo Windows/CE.
 - o Un registrador de datos de gran capacidad de almacenamiento (equipo HBM QuantumX CX22-B/W).
 - o Una aplicación informática (HBM catman Easy) que AIDIMME tiene como resultado de un proyecto anterior (proyecto PRISMA).
 - o Este sistema de adquisición de datos está montado dentro de un armario eléctrico dotado de un equipo de telecomunicaciones (ROUTER 4G/LTE) que tiene una tarjeta SIM de telefonía móvil con contrato de voz y datos, que tiene asignada una dirección IP fija para permitir la conexión remota con la aplicación TeamViewer que se ejecuta en el equipo CX22-B/W.

Una vez puesto en marcha el sistema de medida, el investigador puede realizar una conexión remota con la aplicación TeamViewer desde cualquier punto para monitorizar los datos a distancia.

La siguiente ilustración muestra algunos de los equipos que componen el sistema de adquisición de datos empleado en este proyecto.

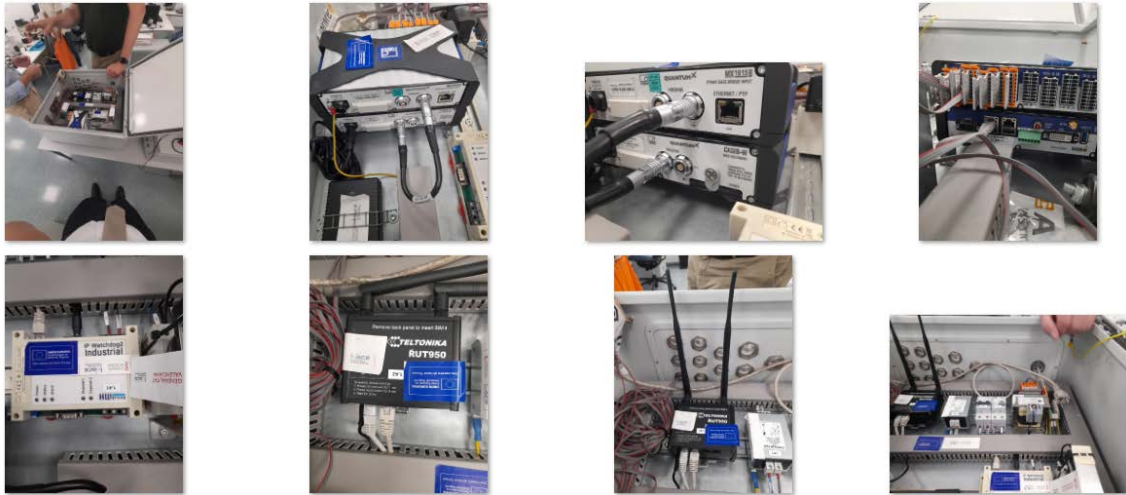


Ilustración 1. Detalle del armario eléctrico con parte del sistema de adquisición de datos.

El sistema de adquisición de datos adquirió datos durante seis meses para observar la evolución a largo plazo del nivel de aislamiento térmico (mejora en el gradiente térmico) en edificaciones de los distintos tipos de materiales empleados en la construcción de los paneles de aislamiento térmico.

El análisis de los datos, recogidos a lo largo de este período, demostró la viabilidad de estos materiales como aislantes sustitutivos de los aislantes sintéticos empleados actualmente en la industria de la construcción.

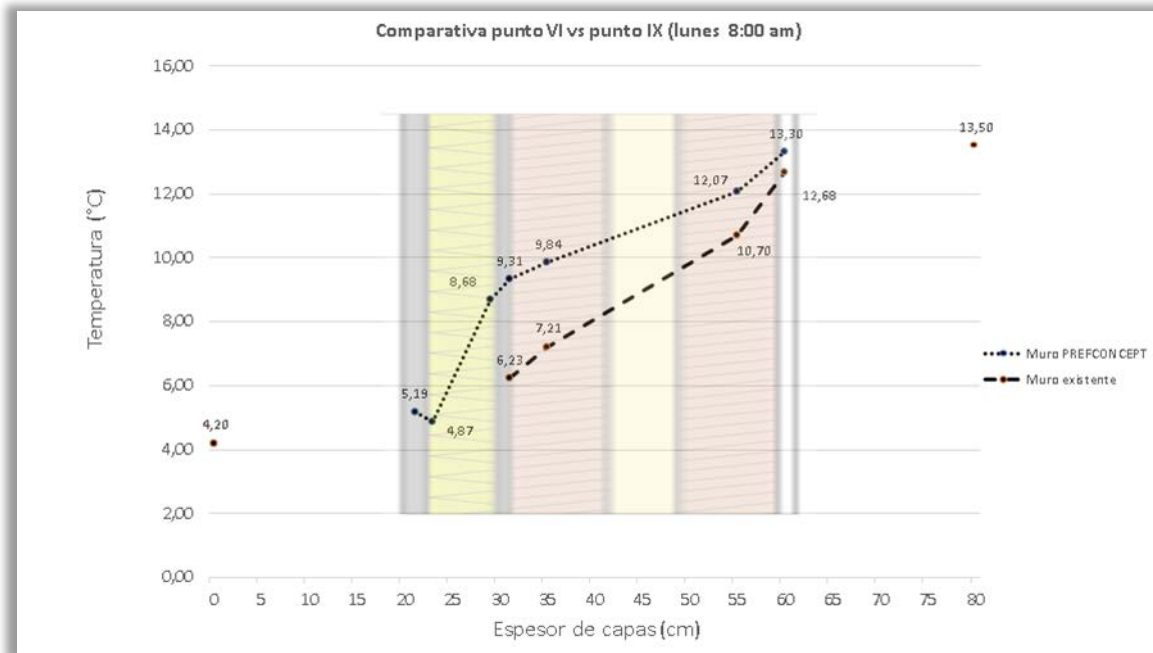
La siguiente imagen muestra un esquema del sistema de aislamiento térmico del muro exterior de la vivienda del proyecto PREFCONCEPT. El lado izquierdo de la imagen se corresponde con el exterior de la vivienda (la fachada) y el lado derecho con el interior de la vivienda.

Se aprecia que, de izquierda a derecha, tenemos un revestimiento exterior continuo compuesto por una capa de 2,5 cm de espesor de mortero de cemento (fachada), un panel de 7,5 cm de espesor de aislante térmico PREFCONCEPT, un embastado intermedio compuesto por una capa de 1,2 cm de espesor de mortero de cemento, una hoja exterior de ladrillo perforado de 10 cm de espesor, una cámara de aire de 7,5 cm de espesor, una hoja interior de ladrillo perforado de 10 cm y un revestimiento interior de yeso de 2,5 cm de espesor.

A continuación, aparece una imagen gráfica donde podemos encontrar una curva punteada que representa la distribución de la temperatura en el punto VI del muro de la vivienda donde se ha colocado el panel aislante del proyecto PREFCONCEPT y donde se aprecia la disposición de siete sondas PT100 para medir la temperatura en dichos siete puntos en el muro. También se podemos encontrar una línea segmentada que representa la distribución de la temperatura del punto IX del muro existente en la vivienda sin panel de aislante térmico PREFCONCEPT, donde

se aprecia la disposición de cuatro sondas PT100 para medir la temperatura en dichos cuatro puntos en el muro.

La temperatura exterior era de 4,2 °C, a 20 cm de distancia del revestimiento exterior continuo de la fachada y la interior era de 13,5 °C, a 20 cm de distancia del revestimiento interior de yeso, un lunes a las 08.00 horas de la mañana en invierno.



Se aprecia que la temperatura en el revestimiento interior de yeso del muro sin aislante térmico PREFCONCEPT es inferior (12,68 °C) que la temperatura en el revestimiento interior de yeso del muro con aislante térmico PREFCONCEPT (la temperatura en el revestimiento interior de yeso del muro sin aislante térmico PREFCONCEPT (13,3 °C).

5 OTRAS REFERENCIAS DE INTERÉS

Si le interesa conseguir más información sobre el aislamiento térmico, le invitamos a explorar las siguientes referencias:

<https://bioval.org/noticias/dos-proyectos-desarrollados-por-aidimme-demuestran-que-la-posidonia-y-cascara-de-arroz-son-alternativas-sostenibles-a-los-aislantes-sinteticos/>

<https://actualidad.aidimme.es/2022/12/22/innovacion-en-sistemas-prefabricados-aislantes-sostenibles/>

<https://actualidad.aidimme.es/2022/09/05/el-consell-financia-prefconcept-un-proyecto-de-investigacion-de-aidimme-para-fomentar-la-construccion-sostenible-con-aislamientos-termicos-prefabricados/>

<https://actualidad.aidimme.es/2022/07/19/retos-y-oportunidades-en-la-comunitat-valenciana-para-una-construccion-sostenible/>

<https://actualidad.aidimme.es/2022/07/11/aidimme-investiga-la-efectividad-real-de-bioprefabricados-para-fomentar-la-construccion-sostenible-en-la-comunitat-valenciana/>

Las Oficinas Acelera pyme puestas en marcha en toda España por Red.es, entidad pública adscrita al Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital a través de la Secretaría de Estado de Digitalización e Inteligencia Artificial, cuentan con un presupuesto global de 8 millones de euros, de los cuales Red.es aportará 6,3 y las entidades beneficiarias el resto. Las actuaciones están cofinanciadas con fondos FEDER de la Unión Europea, en el marco del Programa Operativo Plurirregional de España FEDER 2014-2020 (POPE) bajo el lema “Una manera de hacer Europa”.

Contacto operativo en la Oficina Acelera pyme

Roberto Mateu Ortiz - rmateu@femeval.es // (+34) 963719761