



# Incorporación de las TIC en la enseñanza y el aprendizaje en la toma de medidas de confort y transmisión de calor

## Incorporation of ICT in teaching and learning in taking comfort and heat transfer measurements

Alfonso Blasco Gutierrez <sup>1\*</sup>, Cecilia Molina Marchand <sup>1</sup>, Mercedes González Redondo<sup>2</sup>, Alfonso García García <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Escuela Técnica Superior de Edificación, Universidad Politécnica de Madrid. (España)

<sup>2</sup> Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid. (España)

\* Corresponding author email: [alfonso.garciag@upm.es](mailto:alfonso.garciag@upm.es)

Recibido: 17/10/2017 | Aceptado: 22/03/2018 | Fecha de publicación: 31/08/2018  
DOI: 10.20868/abe.2018.2.3791

### TITULARES

- Uso de TIC en la medida de parámetros de confort y eficiencia energética en edificación.
- Trabajo colaborativo como metodología docente.
- Introducción de los alumnos en las diferentes tipologías de los sistemas de monitorización y/o domóticos en edificación
- Evolución temporal de la temperatura y humedad relativa en una estancia dependiendo de los diferentes parámetros como calefacción, ventilación, grado de ocupación.

### HIGHLIGHTS

- Use of ICT to measure comfort and energy efficiency parameters in buildings.
- Collaborative work as a teaching methodology.
- Introducing students in the different typologies of the monitoring systems and/or domotics in building construction.
- Time evolution of the temperature and relative humidity in a room depending on the different parameters such as heating, ventilation, degree of occupancy.

## RESUMEN

---

En este trabajo se presenta un sistema que permite la realización de dos prácticas enfocadas a la medida de parámetros de confort y eficiencia energética en el ámbito constructivo. El trabajo colaborativo como metodología docente para la elaboración de prácticas de medida de parámetros de confort aporta una visión de la evolución temporal de la temperatura y humedad relativa (HR) en una estancia dependiendo de los diferentes parámetros como calefacción, ventilación, grado de ocupación, etc. La práctica de medida de resistencia térmica se enfoca a una mejor comprensión de la transmisión del calor y de las pérdidas energéticas a través de paramentos constructivos. Adicionalmente, dada la configuración de ambas prácticas, estas constituyen dos sistemas de medida con diferente topología; la de medida de parámetros de confort tiene topología centralizada y la de medida de resistencia térmica tiene topología en bus de datos. Esto permite introducir a los alumnos en el conocimiento de las diferentes topologías de los sistemas de monitorización y/o domóticos en edificación. El coste de los materiales, y la infraestructura necesarios, para estas prácticas es lo suficientemente bajo como para que sea posible su implementación en casi cualquier centro formativo.

**Palabras clave:** *Innovación Educativa, Aprendizaje Electrónico, T.I.C.; Sensores; Confort; Resistencia Térmica; Eficiencia Energética.*

---

## ABSTRACT

---

This work shows a system that allows the realization of two practices focused on the measurement of comfort parameters and energy efficiency in the building field. The practice of temperature and relative humidity measurement has the ability to show the thermal and the relative humidity (RH) evolution inside of a building facility, depending on the different parameters such as heating, ventilation, occupancy, etc. The practice of thermal resistance measurement is focused on a better understanding of heat transfer and energy losses through constructive enclosures. The cost of materials needed to carry out this practice and its own infrastructure is very low and because of that, is affordable for the most academic centers. In addition, as the configuration of both practices constitute two measurement systems with different topology, the measurement of comfort parameters has a centralized topology and the measurement of thermal resistance has a data bus topology, so it is possible to introduce to the students to the knowledge of the different topologies of monitoring and / or building automation systems. The cost of materials needed to carry out this practice and its own infrastructure is very low and because of that, is affordable for the most academic centers.

**Keywords:** *Educational Innovation, Electronic Learning, ITC; Sensors; Comfort; Thermal Resistance; Energetic efficiency.*

---

## 1. INTRODUCCIÓN

En edificación, como elemento finalista para el hábitat del ser humano, siempre ha sido importante que hubiera las mejores condiciones de confort. Mantener unas cotas de confort adecuadas no es una labor compleja pero sí puede ser tediosa. Ajustar las condiciones interiores de temperatura, iluminación, velocidad del aire, etc. de manera constante, independientemente de las condiciones exteriores y de los requisitos puntuales de los usuarios, se traduce en un mayor confort de los ocupantes. Según un estudio realizado por el CEDOM en 2011 [1] el confort es el área más demandada por los usuarios que deciden instalar un sistema domótico en su hogar.

Por otro lado, la sensibilidad ambiental y la necesidad de reducir el impacto medioambiental de la actividad humana, requiere reducir las emisiones globales de CO<sub>2</sub>. Todos los aspectos referidos a la eficiencia energética de las edificaciones han cobrado un interés relevante [2-3] en los últimos años ya que el consumo energético residencial se incrementa de año en año alcanzando en la actualidad en torno al 18% [4]. Es posible, si no reducir, al menos moderar este aumento mediante la mejora de la eficiencia energética. Por ello la medida de parámetros asociados a la eficiencia energética permite reducir los consumos sin detrimento del confort.

Según ese mismo informe [4], las dos terceras partes de ese consumo energético se deben a las instalaciones de climatización. El control adecuado de la temperatura y humedad relativa y el conocimiento de las pérdidas energéticas debidas a la transmisión de calor a través de los paramentos puede permitir optimizar los sistemas destinados a obtener este confort.

Mediante la utilización de sistemas domóticos, y teniendo en cuenta las condiciones ambientales, hora, luz solar, ocupación, etc., es posible conseguir una sensible disminución del consumo energético sin detrimento del confort.

El sector de la Edificación sufre desde hace una década una grave recesión debido a la importante crisis económica a nivel global. Esta recesión es especialmente dura en los países mediterráneos [5]. Una forma posible de recuperar la competitividad y mejorar la expectativa de supervivencia de las PYME asociadas a la construcción puede ser la modernización de los métodos, los servicios y las instalaciones automatizadas dentro de las edificaciones que den valor añadido adicional a las edificaciones objeto de su sector de negocio.

Esto se puede obtener mediante la inclusión de las T.I.C. en este sector y el aprovechamiento de los avances en informática y automatización que paulatinamente se van incorporando, tanto al funcionamiento interno de las empresas [6], con software cada vez más específico, como al de los edificios que éstas ofrecen como producto final. Es por ello que el campo de la domótica viene experimentando avances importantes en los últimos años.

Uno de los puntos donde más esfuerzos se están realizando es en el de la eficiencia energética. Por ello, el conocimiento de las pérdidas energéticas de los elementos constructivos permite, mediante sistemas automatizados que controlan los dispositivos de acondicionamiento térmico, o incluso que convierten sistemas pasivos en activos (persianas, toldos, rejillas de ventilación), la activación de los mismos anticipándose a la demanda mejorando el confort [7] y reduciendo los picos de consumo hasta un 46% [8].

La inclusión de datos más fiables sobre las pérdidas a través de los paramentos y de mayor número y mejores sensores aumenta la capacidad del sistema para adaptarse al entorno y mantener las condiciones deseadas utilizando el mínimo de energía posible para ese desempeño. Además, se están desarrollando dispositivos domóticos capaces de recabar información a través de internet [9] por medio de APIs (Interfaz de Programación de Aplicaciones) públicas de servicios de predicción meteorológica, anticipándose a los cambios y mejorando la respuesta del sistema. Esta tendencia no se limita a viviendas, sino que es de aplicación en edificios del sector secundario, y especialmente terciario, donde el control de las condiciones climáticas resulta capital para la función que desempeña la instalación y los dispositivos de automatización están demostrando ser de gran utilidad [10].

En este trabajo se presenta un sistema que permite la realización de prácticas para la formación en edificación que permiten varios objetivos.

Por un lado permite la medida de la temperatura y la humedad relativa simultáneamente, mostrándose tanto la evolución térmica como de la humedad relativa (HR) dentro de un recinto; es decir, permite a los alumnos estudiar dos de los principales parámetros de confort. Esta práctica aporta una visión de la evolución temporal de la temperatura y HR en una estancia dependiendo de diferentes parámetros como calefacción, ventilación, grado de ocupación, etc. Además, programando adecuadamente el dispositivo, se podría obtener la humedad absoluta dentro de una estancia y evaluar la posibilidad de aparición de condensación si se conoce la temperatura exterior en caso de pérdida de calefacción.

Por otro lado permite la obtención de la conductividad térmica, e incluso la capacidad térmica, de los materiales dado que la práctica tiene capacidad para mostrar la evolución térmica ambiental y en las superficies de los materiales. Cuando se alcanza el régimen estacionario se puede obtener la resistencia térmica del material y a partir de los tiempos necesarios para llegar al régimen estacionario de transmisión del calor se puede obtener la inercia térmica del material. Esta capacidad de realizar medidas en régimen variable permite que los alumnos adquieran un conocimiento y una comprensión más intuitiva de cómo cambian las temperaturas en un recinto o cual es la energía necesaria para mantenerlo en una temperatura de confort en función de las temperaturas exteriores.

Finalmente, la configuración de ambas prácticas constituyen dos sistemas de medida con diferente topología; la práctica de medida de parámetros de confort tiene topología centralizada y la práctica de medida de conductividad e inercia térmica tiene topología en bus de datos, por lo que de la configuración y realización de ambas prácticas se puede introducir a los alumnos en el conocimiento de las diferentes topologías de los sistemas de monitorización y/o sistemas domóticos en edificación.

El coste del material necesario para la realización de la práctica y la infraestructura de la misma es mínimo y por lo tanto accesible a la mayor parte de los centros formativos.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1 Materiales**

Tal y como se muestra en la figura 1, el dispositivo experimental consiste en la configuración de una placa ARDUINO UNO,

basada en microcontrolador, para la medida continua y grabación en una tarjeta SD de los

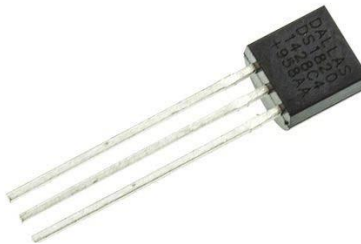
datos procedentes de los sensores correspondientes.



(a)



(b)



(c)



(d)

**Fig. 1.** Componentes del dispositivo experimental. (a) Placa ARDUINO UNO; (b) Módulo de grabación de tarjetas SD; (c) Sensor de temperatura DS18S20; (d) Sensor de temperatura y HR DHT22.

La placa ARDUINO UNO dispone de 14 entradas / salidas digitales, lo que permite la conexión simultánea de hasta 14 líneas de sensores. Permite la gestión de múltiples dispositivos periféricos, entre otros, dispositivos de grabación de datos en tarjetas SD. Además, permite la programación sencilla del sistema, configurando el número de sensores, el intervalo de medida, la fecha y hora de las

medidas y cuantos parámetros se estime conveniente para el desarrollo de la práctica.

Se ha utilizado un módulo de grabación de datos en tarjetas SD de hasta dos GB de datos, compatible con placas ARDUINO UNO y que se alimenta directamente de ésta.

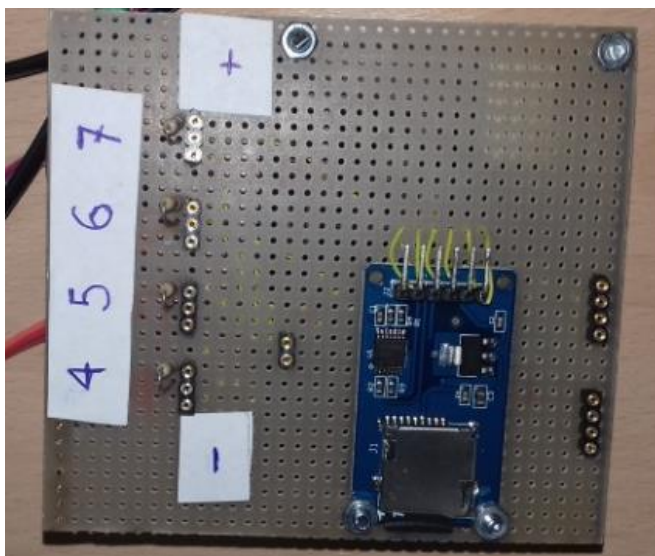
Los sensores utilizados para la práctica de medida de parámetros de confort (temperatura

y HR) son los sensores DHT22 de Aosong Electronics que tienen una precisión de  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  en el rango de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $80^{\circ}\text{C}$  y  $\pm 2\% \text{HR}$  en el rango de 0-100%, suficiente según normativa [11-13], y que transmiten a través de un bus de un solo hilo datos de 8 bit, lo que permite utilizar una sola línea de comunicación para obtener las medidas de cada sensor, es decir la topología de la red de sensores es centralizada con una línea de datos para cada sensor. Con estos sensores se puede obtener hasta una medida cada 2 segundos de la temperatura y HR en cada punto.

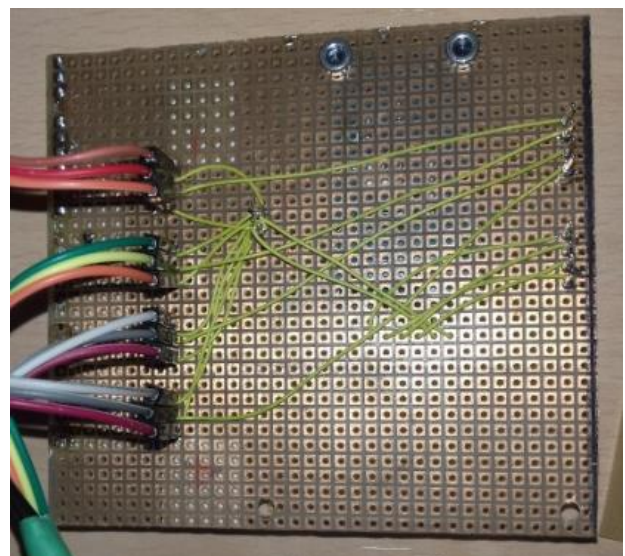
En el caso de la práctica de obtención de la conductividad y capacidad térmica los sensores utilizados son los sensores DS18S20 de MAXIM Dallas semiconductor que tienen una precisión de  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  en el rango de  $-10^{\circ}\text{C}$  a  $85^{\circ}\text{C}$ , suficiente según normativa [11-13], y que transmiten a través de un bus de un solo hilo

datos de 9 bits, lo que permite utilizar una sola línea de comunicación para obtener las medidas de hasta 25 sensores, es decir la topología de la red de sensores es en bus con una línea de datos para todos los sensores. Con estos sensores se puede obtener hasta una medida cada 750 milisegundos de la temperatura en cada punto.

Se ha desarrollado y construido una placa electrónica para la configuración de los elementos periféricos (placa de grabación de datos en la tarjeta SD) y la configuración y conexión de los sensores. Esta segunda placa se ha diseñado de manera que es compatible con ambos sensores, de manera que da servicio en las dos prácticas.



(a)



(b)

**Fig. 2.** Placa electrónica desarrollada y construida para la configuración de los elementos periféricos y la configuración y conexión de los sensores. (a) Vista superior; (b) Vista inferior.

Como se muestra en la figura 2, se ha construido utilizando la técnica de

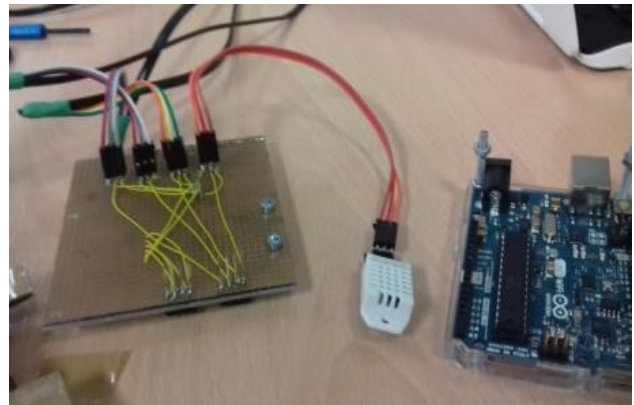
WireWrapping, consistente en el cableado pin a pin de los elementos electrónicos constitutivos

del circuito. Se ha elegido esta técnica por su versatilidad y facilidad de uso, que permite que los alumnos intervengan en su construcción de forma segura sin necesidad de realizar soldaduras.

La segunda placa se interconecta con la placa ARDUINO mediante conectores electrónicos que permiten la transferencia de las alimentaciones y señales electrónicas necesarias, asegurándose firmemente el conjunto de ambas mediante tornillos. También dispone de los conectores necesarios para una

fácil conexión de los sensores, tanto en el caso de la topología centralizada como en bus.

Los sensores (en ambas topologías) se conectan mediante cables de tres polos, de longitud suficiente para extenderse entre el conjunto de control y la posición que se desee que ocupen estos. La longitud del cable no resulta problemática, ya que al tratarse de comunicaciones digitales, los datos mantienen su integridad para longitudes de hasta 50m. La disposición del dispositivo completo se muestra en las figuras 3 y 4.



**Fig. 3.** Sistema completo para la medida de temperatura y HR (Topología centralizada).  
Antes del ensamblaje (izquierda); Completamente ensamblado (derecha).

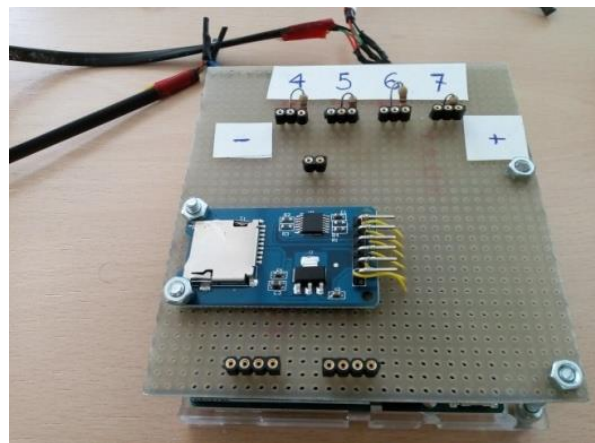
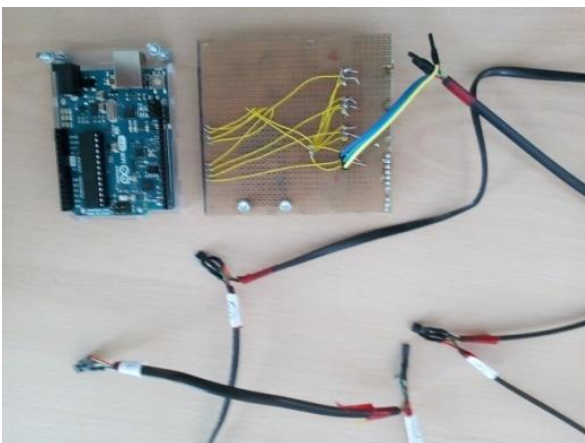


Fig. 4. Sistema completo para la obtención de conductividad y capacidad térmica.  
Antes del ensamblaje (izquierda); Completamente ensamblado (derecha).

## 2.2 Método de ensayo

En el caso de medidas de parámetros de confort, se han realizado medidas, con el dispositivo experimental desarrollado, en el laboratorio de física de la Escuela Técnica Superior de Edificación (ETSEM), concretamente en el despacho situado al fondo

de éste. Se han dispuesto cuatro sensores: el primero en el centro del laboratorio, el segundo a mitad de distancia entre el centro del laboratorio y la ventana, el tercero junto a la ventana en el interior y el cuarto en el exterior de la ventana situada en la fachada sur-oeste. Se muestra el plano de situación de la estancia y los sensores en la figura 5.

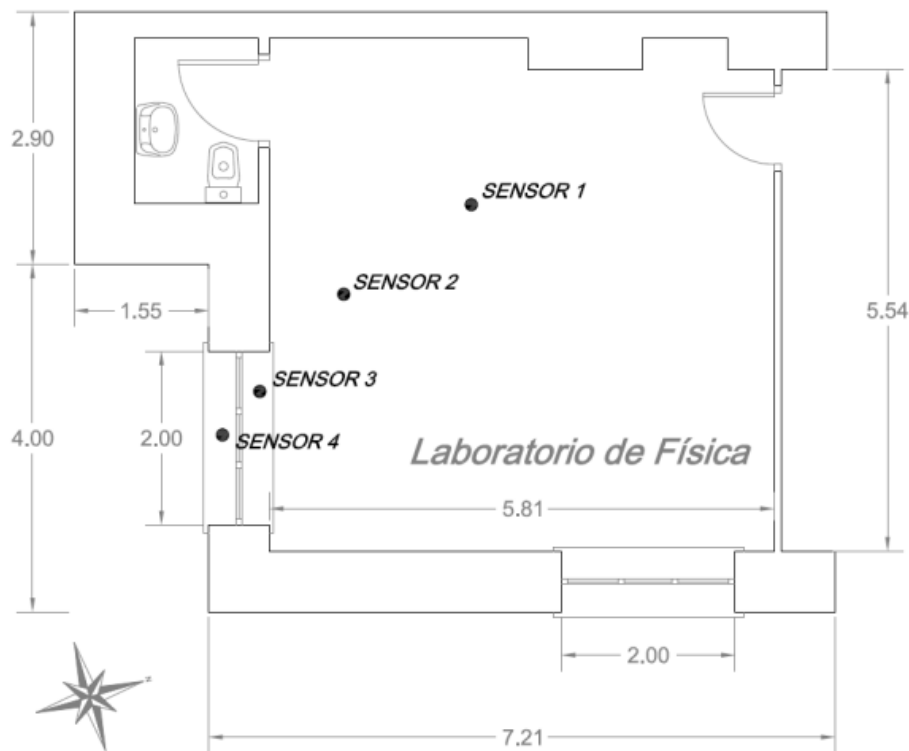


Fig. 5. Plano de la estancia donde se han realizado las medidas y situación de los sensores.

De esta manera se pretende observar la evolución de la temperatura y humedad relativa en distintos puntos de la estancia desde una situación estacionaria con ambas ventanas cerradas y ver cómo varían ambos parámetros en caso de apertura de una o ambas ventanas.

El primer experimento ha consistido en medir con las ventanas cerradas obteniendo valores aproximadamente estacionarios. En un momento dado se abre una de las ventanas, concretamente la situada en la fachada sur-oeste en donde están situados los sensores 3 y



4. Se observa y graban las medidas de la evolución de la temperatura y humedad relativa (HR) de cada uno de los sensores hasta que se alcanza una nueva situación estable (condiciones estacionarias) con la ventana abierta. A continuación se cierra de nuevo la ventana y se continúa midiendo hasta obtener la situación estacionaria inicial (aproximadamente), antes de abrir la ventana.

En el caso de medidas de conductividad y capacidad térmica, se han realizado medidas, con el nuevo dispositivo experimental, en el laboratorio de física de la Escuela Técnica Superior de Edificación (ETSEM), con una

caseta térmica y sobre una probeta de mortero. La medida consiste en medir las temperaturas en la superficie interior de la probeta de mortero ( $T_1$ ), situada en el interior de la caseta térmica, la temperatura en la intercara entre la probeta de mortero y el aislante térmico ( $T_2$ ) y la temperatura de la cara exterior del aislante térmico ( $T_3$ ), al aire en el laboratorio, tal y como se esquematiza en la figura 6. Adicionalmente se mide la temperatura interior en la caseta térmica ( $T_4$ ). A partir de la medida de temperaturas, alcanzado el régimen estacionario, se puede determinar el flujo de calor por unidad de superficie:

$$\phi = \frac{T_1 - T_3}{R_T} = \frac{T_1 - T_2}{R_M} = \frac{T_2 - T_3}{R_A} \Rightarrow R_M = \frac{T_1 - T_2}{T_2 - T_3} R_A \quad (1)$$

Donde  $R_T$  es la resistencia térmica total,  $R_M$  es la resistencia térmica del mortero,  $R_A$  es la resistencia térmica del aislante (conocida).

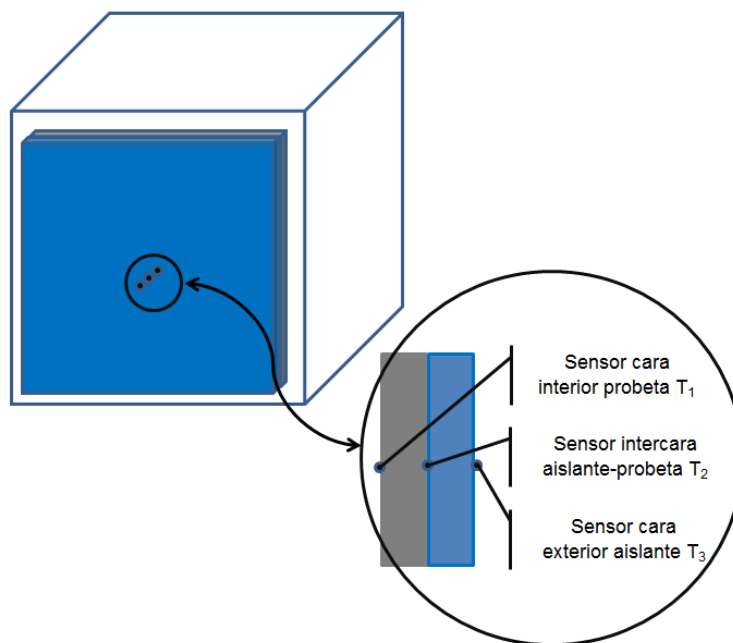
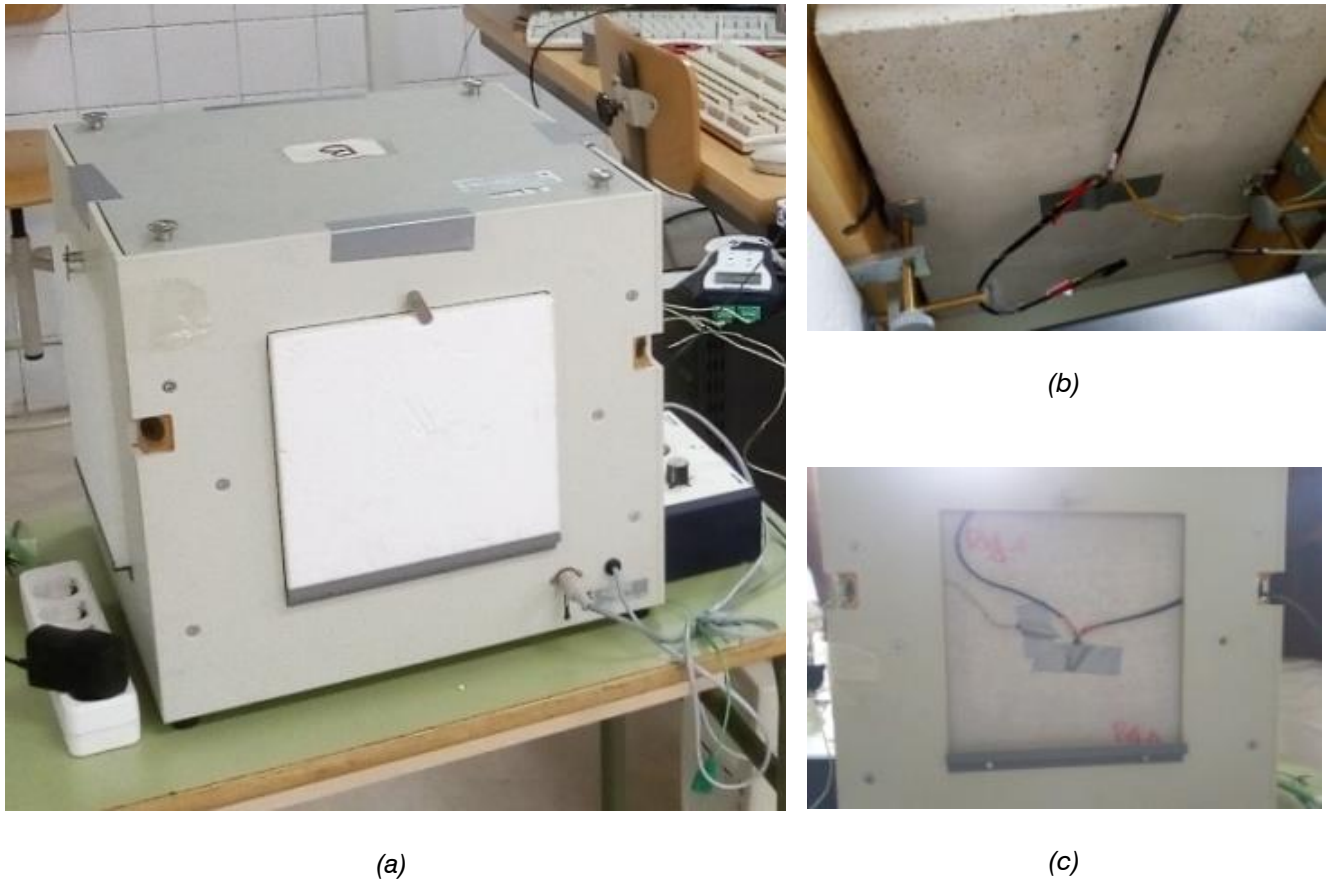


Fig. 6. Esquema de la caseta térmica y disposición de los sensores.

Para estimar la fiabilidad del sistema se han realizado medidas simultáneamente con el nuevo dispositivo y con el sistema de termopares utilizado habitualmente en el laboratorio. La ubicación de los sensores, tanto

en el interior de la caseta térmica como en su exterior, son las mismas para el caso de los termopares como para los sensores DS18S20. Se muestra la caseta térmica utilizada y la disposición de sensores en la figura 7.



**Fig. 7.** (a) Caseta térmica para la realización de la práctica. (b) Disposición interior de los sensores. (c) Disposición exterior de los sensores.

El experimento ha consistido en medir las temperaturas en las superficies de la probeta y el aislante mientras se calentaba el interior de la caseta térmica hasta llegar a una situación estacionaria. De esta manera, tomando las diferencias de temperaturas y utilizando la expresión (1) podemos obtener la resistencia térmica del material bajo estudio conocida la resistencia térmica del material aislante.

En ambos casos se estudian las capacidades y problemática asociada a las topologías utilizadas en ambos sistemas de medida: centralizada y en bus de datos.

### **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1. Medida de temperatura y HR**

En la primera parte de este experimento se ha medido durante un periodo de tiempo con las ventanas cerradas obteniendo valores aproximadamente estacionarios. Posteriormente se abre una de las ventanas, concretamente la situada en la fachada sur-oeste en donde están situados los sensores 3 y 4. Se observa y graban las medidas de la evolución de la temperatura y humedad relativa (HR) de cada uno de los sensores hasta que se alcanza una nueva situación estable (condiciones estacionarias) con la ventana abierta. A continuación se cierra de nuevo la ventana y se continúa midiendo hasta obtener la situación estacionaria inicial, antes de abrir la ventana.

Como se puede observar en la figura 8, desde la apertura de la ventana en el minuto 15 (línea vertical naranja) hasta llegar a una situación estacionaria tanto para la temperatura como HR, con la ventana abierta, transcurren unos

diez minutos. Al cerrar la ventana en el minuto 40 (línea vertical amarilla) las temperaturas y HR de los diferentes sensores evolucionan durante otros diez minutos aproximadamente hasta alcanzar de nuevo las temperaturas de partida. Obviamente las disminuciones de temperaturas y aumentos de HR son tanto mayores cuanto más cercanos están los sensores a la ventana abierta.

En la segunda parte se mide durante un periodo de tiempo con las ventanas cerradas. También en este caso los valores obtenidos son aproximadamente estacionarios. En un momento dado se abren ambas ventanas y se observan y graban las medidas de la temperatura y humedad relativa (HR) de cada uno de los sensores hasta que se alcanza una nueva situación estacionaria con las ventanas abiertas. A continuación se cierran de nuevo las ventanas y se continúa midiendo hasta obtener la situación estacionaria inicial.

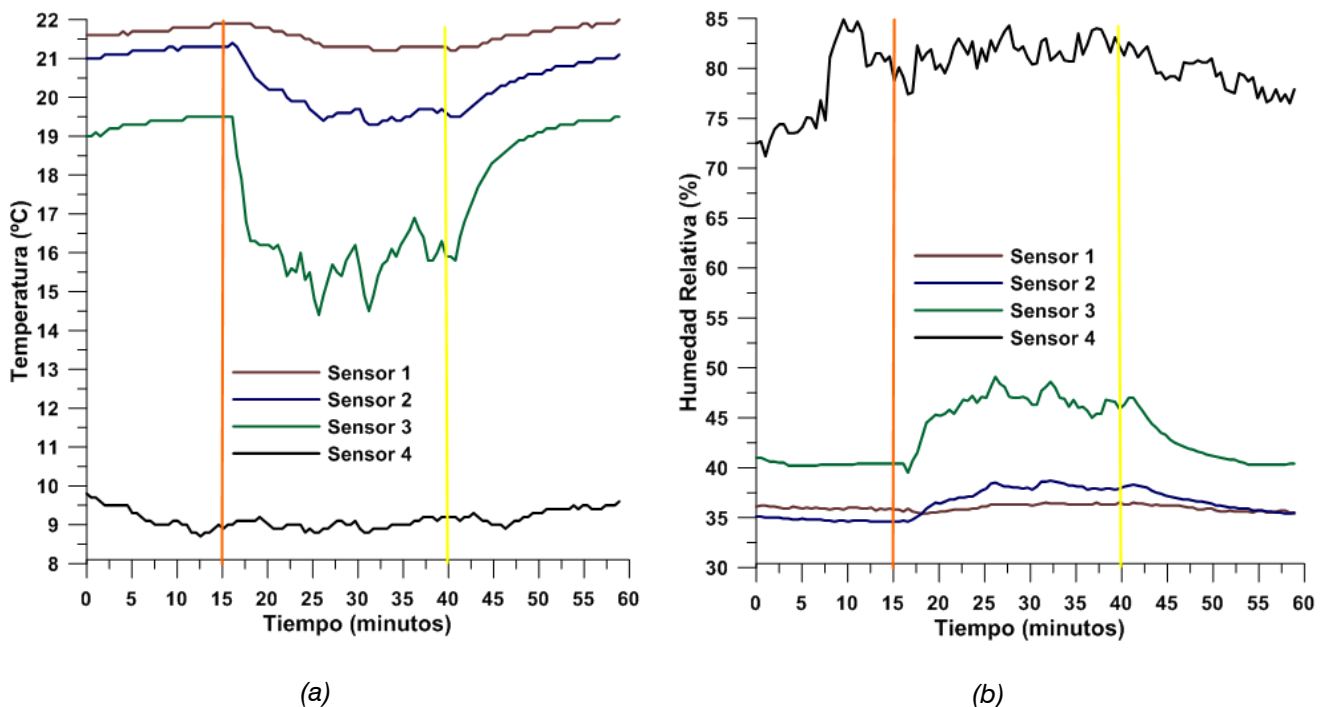


Fig. 8. Evolución de temperaturas (a) y HR (b) en función de las condiciones en la estancia al abrir la ventana situada en la fachada sur-oeste.

Como se puede observar en la figura 9, desde la apertura de las ventanas en el minuto 5 (línea vertical naranja) hasta llegar a una situación estacionaria tanto para la temperatura como HR con las ventanas abiertas transcurren unos quince o veinte minutos. Al cerrar la ventana en el minuto 35 (línea vertical amarilla) las temperaturas y HR de los diferentes sensores evolucionan durante otros quince o veinte minutos hasta alcanzar de nuevo las temperaturas de partida. Obviamente las disminuciones de temperaturas y aumentos de HR son tanto mayores cuanto más cercanos están los sensores a la ventana abierta.

A partir de las gráficas mostradas se observa que, como es lógico, la temperatura disminuye más y la HR aumenta más en caso de tener las dos ventanas abiertas que en el caso de abrir tan sólo una de ellas. Por otro lado, en la figura 9 (b) hay un punto (minuto 17, línea vertical negra) donde la HR del sensor exterior crece rápidamente hasta alcanzar el 100%; en este momento de la medida comenzó a llover, lo que se corresponde con el aumento de la HR hasta un valor del 100%.

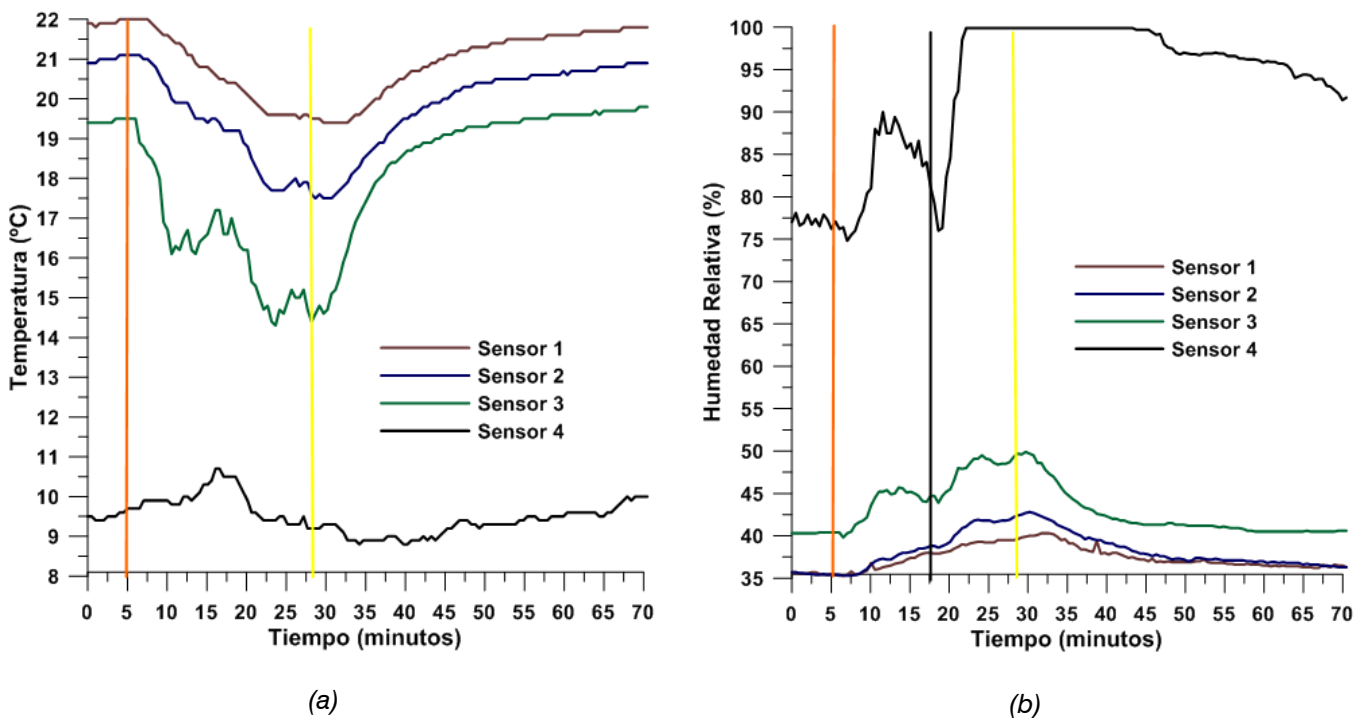


Fig. 9. Evolución de temperaturas (a) y HR (b) en función de las condiciones en la estancia al abrir ambas ventanas.

### 3.2. Medida de resistencia térmica

El experimento ha consistido en medir las temperaturas en las superficies de la probeta y el aislante mientras se calentaba el interior de la caseta térmica y hasta llegar a una situación estacionaria. De esta manera, tomando las

diferencias de temperaturas y utilizando la expresión (1) podemos obtener la resistencia térmica del material bajo estudio conocida la resistencia térmica del material aislante. Las medidas se muestran en la figura 10.

Como se puede observar en la figura 10, las medidas obtenidas mediante el complejo

sistema de termopares y el sistema propuesto son prácticamente iguales.

Como se colige de las gráficas, las diferencias en los resultados son inapreciables, por lo que se puede considerar el método propuesto perfectamente válido.

Además, se puede observar que el periodo de calentamiento, hasta alcanzar un régimen de temperaturas estacionario, dura unos 250 minutos (algo más de cuatro horas) y lógicamente las evoluciones de las diferentes temperaturas en el tiempo son diferentes hasta llegar al régimen estacionario. Por ello parece

oportuno que la realización de esta práctica se plantee en dos sesiones dentro del mismo día, la primera para configurar el sistema y cuatro o cinco horas después la segunda parte para extracción de los resultados y representación y análisis.

El estudio de esta evolución nos aporta datos acerca de la inercia térmica de los materiales bajo estudio. Pero habida cuenta de la complejidad del análisis del transitorio de la ecuación de transmisión del calor de Fourier, queda a criterio del profesor el proponer o no este análisis.

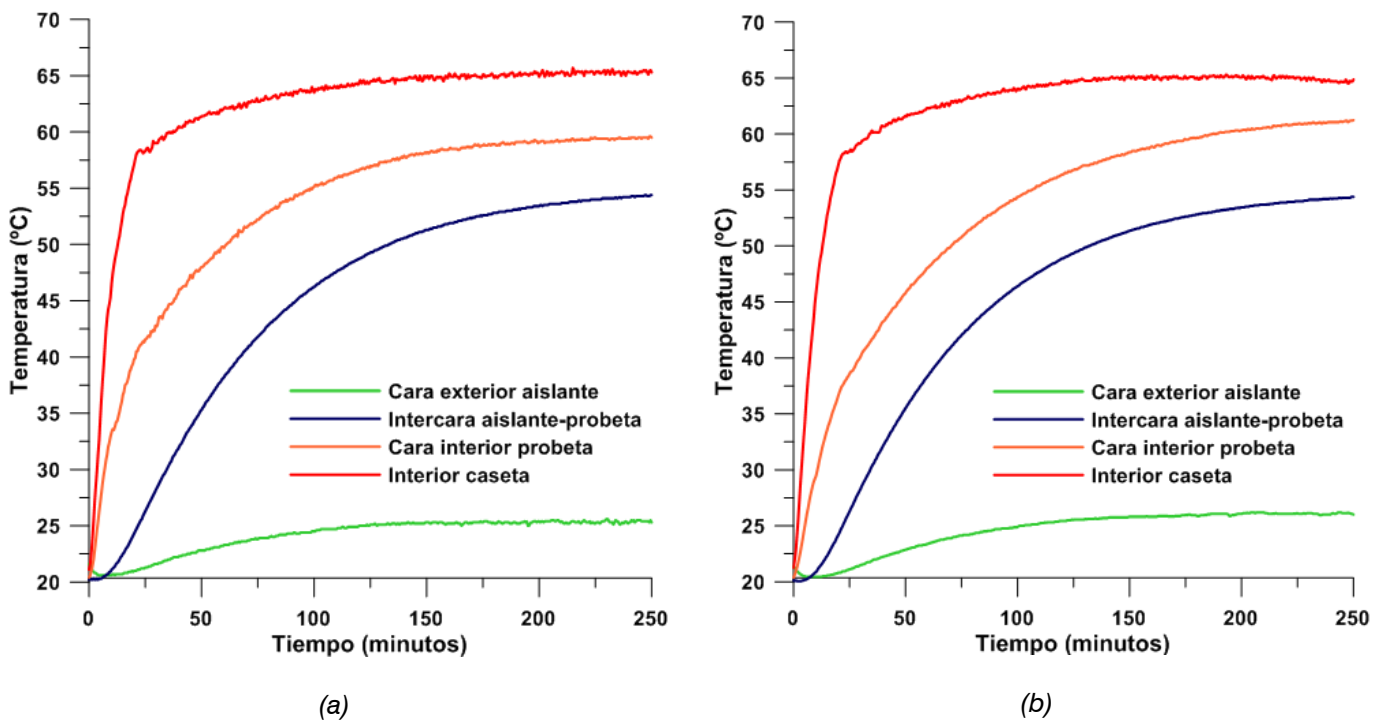


Fig. 10. Evolución de temperaturas. (a) Medidas mediante el sistema basado en termopares. (b) Evolución de temperaturas medida mediante el sistema desarrollado.

### 3.3. Topologías

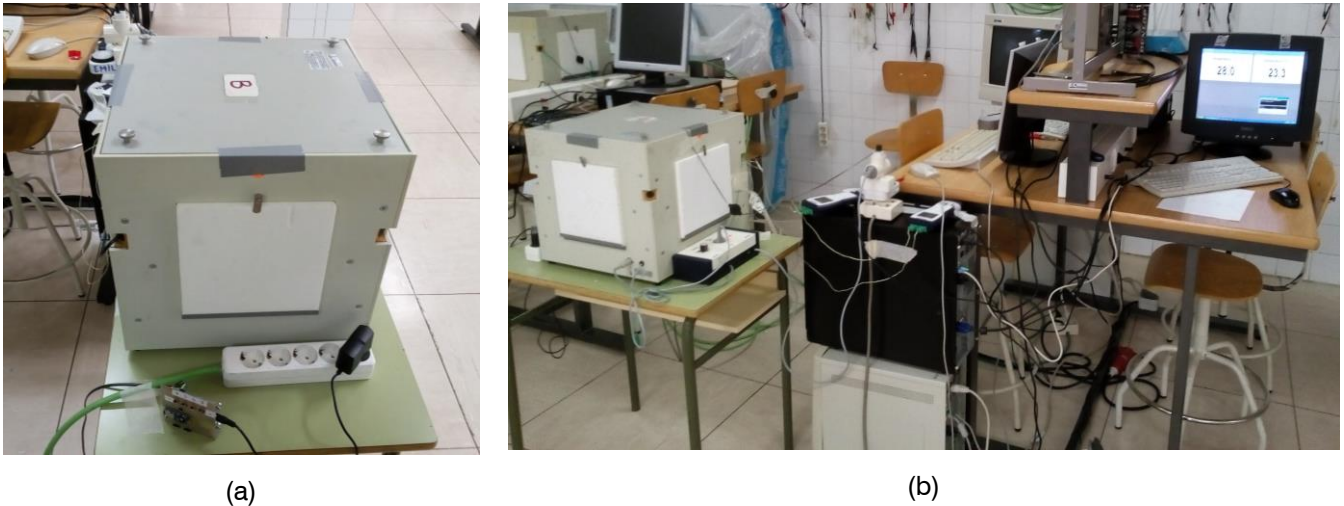
La configuración de ambas prácticas constituyen dos sistemas de medida con diferente topología, la práctica de medida de parámetros de confort tiene topología centralizada (fig. 3) y la práctica de medida de

conductividad e inercia térmica tiene topología en bus de datos (fig.4).

Los alumnos pueden apreciar las diferencias entre ambas. La topología centralizada es más robusta al estar conectado cada sensor de forma individual con el dispositivo de control y grabación de datos, pero en su defecto el

montaje de los sensores es más complejo y su disposición más engorrosa al necesitar un cable individualizado para cada sensor. Por el contrario, la topología en bus de datos utilizada para la medida de resistencia térmica, al estar

todos los sensores colocados en paralelo sobre un único cable de alimentación y transmisiones la comunicación e identificación de los mismos es más simple.



**Fig. 11:** (a) Dispositivo experimental con ARDUINO UNO y sensores DS18S20. (b) Dispositivo experimental con ordenadores y termopares.

Por otro lado, al medir simultáneamente en este último caso con cuatro termopares, dispuestos con topología centralizada, es necesaria la utilización de una línea de comunicación por cada termopar, lo que conlleva la necesidad de dos ordenadores para la toma de datos, mientras que para la medida con cuatro sensores DS18S20 solo es necesaria una placa ARDUINO UNO con su correspondiente placa adicional para la configuración de los elementos periféricos.

La diferencia entre ambos dispositivos experimentales y configuraciones se muestra en la figura 11.

#### **4. CONCLUSIONES**

Se ha diseñado un sistema que permite a los alumnos la realización de dos prácticas en el ámbito de la edificación relacionadas con el confort y la eficiencia energética.

Se ha diseñado una práctica que permite a los alumnos observar la evolución de parámetros de confort, como la temperatura y humedad relativa, en un recinto en función de estos mismos parámetros en el exterior y de las condiciones específicas de la estancia, como estado de las ventanas (o ventilación de la estancia).

Se ha diseñado una práctica que permite a los alumnos medir la resistencia térmica e incluso con capacidad para el estudio de la inercia térmica de los materiales.

El dispositivo desarrollado en ambas prácticas es de pequeño tamaño y autosuficiente, presenta una reducción considerable tanto de tamaño como de complejidad para la realización de las medidas.

Al ser un dispositivo basado en una placa estandarizada (ARDUINO UNO) permite, por un lado, cambiar fácilmente tanto los sensores utilizados como la tipología de medida en

función de la disponibilidad en el mercado de los sensores y/o de los posibles cambios en las normativas. Por otro lado, al basarse en sensores digitales, la longitud de los cables de conexión entre los sensores y el dispositivo no es crítica (dentro de unos límites) por lo que se reduce la imprecisión de la medida y la incidencia de fallos de conexión.

En ambas prácticas, la predisposición de los alumnos para su realización y el interés en las mismas ha sido favorable, obteniendo una mejor comprensión y conocimiento de los procesos estudiados frente a aquellos que no las realizaron.

El coste de los elementos constitutivos de esta práctica es lo suficientemente bajo como para que sea posible su implementación en casi cualquier centro formativo. De hecho el coste total del conjunto está por debajo de los 60€, por lo que incluso los alumnos podrían adquirirlos en tiendas de electrónica.

## **5. AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo ha sido parcialmente subvencionado por el Departamento de Tecnología de la Edificación de la UPM.

## **6. REFERENCIAS**

[1] CEDOM. Estudio CEDOM 2011: "Tendencias del mercado español de domótica e inmótica". Barcelona: Asociación Española de Domótica. 2011.

[2] Flórez De la Colina, M. A. Smart houses, towards a definition; Informes de la Construcción, November 2004, Volumen 56, no. 494, pp. 11–17.

[3] Missaoui, R.; Joumaa, H.; Ploix, S.; Bacha, S. Managing energy smart homes according to energy prices: analysis of a building energy

management system. Energy Build, March 2014, Volumen 71, pp. 155–167

[4] IDAE. Plan de ahorro y eficiencia energética 2011-2020. Madrid: Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. 2011.

[5] Feldkircher, Martin. The determinants of vulnerability to the global financial crisis 2008 to 2009: Credit growth and other sources of risk. Journal of International Money and Finance, número 43, Mayo de 2014, p. 19-49

[6] Teich, Tobias [et al]. Concept for a Service-Oriented Architecture in Building Automation Systems. Procedia Engineering, número 69, 2014, p. 597-602

[7] Chaparro-Peláez, Julián; Pereira-Rama, Antonio; Pascual-Miguel, José. Inter-organizational information systems adoption for service innovation in building sector. Journal of Business Research, número 67, Mayo de 2014, p. 673–679

[8] Caprino, Davide; Della Vedova, Marco; Facchinetti, Tullio. Peak shaving through real-time scheduling of household appliances. Energy and Buildings número 75, Junio de 2014, p. 133-148

[9] Oliveira-Lima, José A. [et al]. Standard-based service-oriented infrastructure to integrate intelligent buildings in distributed generation and smart grids. Energy and Buildings, número 76, Junio de 2014, p.450-458.

[10] Kolokotsa, G. [et al]. Development of an intelligent indoor environment and energy management system for greenhouses. Energy Conversion and Management, número 51, Enero de 2010, p. 155-168.

[11] España. Real Decreto 314/2006, de 17 de Marzo, Código Técnico de la Edificación. Boletín Oficial del Estado, 28 de Marzo de 2006, núm. 74. p. 11816-11831.

[12] España. Ley Orgánica 38/1999, de 5 de Noviembre, de Ordenación de la Edificación. Boletín Oficial del Estado, 6 de Noviembre de 1999, núm. 266. p. 38925-38934.

[13] España. Real Decreto 1027/2007, de 20 de Julio, Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. Boletín Oficial del Estado, 29 de Agosto de 2007, núm. 207. p. 35931-35984.