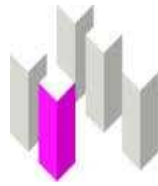




UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de  
Ingeniería de Edificación

## PROYECTO FIN DE GRADO: INGENIERÍA EN EDIFICACIÓN

### ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE UNA CONSTRUCCIÓN PARA ENSAYOS AL AIRE LIBRE



**AUTOR:** Javier Santamaría Gomis

**TUTORES:** José Luís Vivancos Bono

Carolina Aparicio Fernández

Valencia, Junio de 2011

## **ÍNDICE**

1. INTRODUCCIÓN (Pág. 1)
2. OBJETIVOS (Pág. 10)
3. MATERIAL Y MÉTODO (Pág. 11)
4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES (Pág. 36)
5. BIBLIOGRAFÍA (Pág. 52)

## 1. INTRODUCCIÓN

El mundo está cambiando con mayor velocidad que nunca. Los avances en ciencia y tecnología han mejorado nuestra calidad de vida, pero también han puesto en cuestión el frágil equilibrio del medio ambiente. El cambio climático de la Tierra ya no es un concepto lejano, sino una amenaza real en el futuro de la humanidad.

La Tierra recibe toda su energía del Sol. Esta energía es retenida parcialmente dentro de la atmósfera de la Tierra por los gases de efecto invernadero que absorben la radiación infrarroja y evitan que se disipe nuevamente hacia el espacio. Así, el efecto invernadero, es un fenómeno natural y esencial para mantener la vida en la Tierra: guarda la temperatura de nuestra atmósfera en el entorno de los 15°C.

Las actividades humanas, sin embargo, han estado produciendo cantidades crecientes de gases de efecto invernadero, sobre todo por el uso de combustibles fósiles, tales como petróleo, gas y carbón. Al aumentar la concentración de gases de efecto invernadero, se aumenta la retención de radiación infrarroja en la atmósfera, lo que produce el calentamiento global.

Hoy, le emitimos dos veces la cantidad de gas de efecto invernadero que se puede absorber de un modo natural por los océanos y los ecosistemas de la Tierra. Tenemos que reducir las emisiones de gas de efecto invernadero; por tanto, reducir nuestro consumo de combustibles fósiles.

La energía más rentable es la energía no consumida. La calefacción y el aire acondicionado son los responsables principales de las emisiones de gases de efecto invernadero en los edificios, que en Europa producen el 30% de todas las emisiones, equivalente a unos 842 millones de CO<sub>2</sub> cada año (casi dos veces el objetivo de Kyoto). Pero el sector de la edificación tiene un sustancial potencial de mejora. Según EURIMA (Asociación Europea de Fabricantes de Lanas Minerales), usando técnicas y sistemas de aislamiento adecuados, tanto en la construcción de edificios nuevos como en la rehabilitación de los existentes, Europa podría disminuir sus emisiones de gases de efecto invernadero en 460 millones de toneladas, una cantidad superior al compromiso total de reducción acordada en Kyoto.

Por todo ello es urgente e imprescindible que reduzcamos nuestro consumo y diversifiquemos nuestras fuentes de producción de acuerdo con el concepto de la Triada Energética:

- Reducir la demanda de energía implementando medidas de ahorro y evitando despilfarros.

- Utilizar siempre que sea posible, fuentes sostenibles de energía en lugar de combustibles fósiles.

- Emplear la energía de origen fósil de la manera más eficiente posible.

El aislamiento es la herramienta más rentable para reducir el consumo de energía en edificios y disminuir las emisiones de gases asociadas al efecto invernadero. La demanda energética utilizada para calentar o para refrigerar una vivienda puede reducirse hasta en un 90% utilizando técnicas de eficiencia energética suficientemente probadas. [1]

El enorme potencial de rendimiento energético en edificios puede de este modo hacerse realidad ya.

## CONCIENCIACIÓN EN AUMENTO

En Kyoto en 1997, la comunidad internacional acordó un cierto número de objetivos para reducir las emisiones de gas de efecto invernadero (Protocolo de Kyoto).

Según el Informe Stern (2005), el coste de luchar contra el cambio climático es menos que el coste del daño que generaría.

El panel internacional del cambio climático (IPCC) pronosticó que en 2010, las temperaturas se incrementarían entre 1,8 y 4°C sobre las del final del S.XX si no tomamos medidas.

En 2006, la Comisión Europea lanzó su famoso plan de 3 x 20%: la reducción en un 20% en las emisiones de gas de efecto invernadero, la mejora del 20% en el rendimiento energético, y un incremento del 20% de las energías renovables como fuente de energía en 2020 comparado con 1990. Los Estados Miembros aprobaron este Plan de Acción Europeo de Eficiencia Energética en marzo de 2007.

En la actualidad, todos los países están negociando la segunda fase del acuerdo de Kyoto, cubriendo el período a partir de 2013 – 2017.

El consumo de energía en Unión Europea ha aumentado un 11% en los últimos 10 años. Los stocks de combustibles fósiles tales como petróleo, gas y carbón, (que representan el 81% de consumo de energía del mundo), no son ilimitados. Los científicos estiman que, de acuerdo con la velocidad de consumo actual, las reservas de carbón durarán cerca de 2 siglos más, las reservas de gas se agotarán en 59 años y las reservas de petróleo en menos de 50 años.

La crisis de la energía es también una amenaza estratégica y económica: según EURIMA, la dependencia europea de fuentes de energía extranjeras aumentará del 50 al 70% durante los próximos 20-30 años. Alertadas por las continuas subidas y fluctuaciones del precio del petróleo, la seguridad del suministro es la prioridad actual en la política energética.

La escasez y el encarecimiento de la producción son algunas de las razones por las que aumenta el precio del petróleo. Los días del petróleo y gas baratos se están acabando.

Consumimos hoy alrededor 4 veces más del que descubrimos. [2]

## INFLUENCIA DEL SECTOR DE LA EDIFICACIÓN

El crecimiento de la superficie construida en edificios en España en el periodo 1990-2005 (previo a la aprobación del Código Técnico de la Edificación) ha sido del 143%, lo que significa que este sector ha experimentado un crecimiento medio anual durante este periodo del 9,5% [3]. En consecuencia han aumentado los consumos de las instalaciones asociadas al sector de la edificación (ACS, calefacción, refrigeración, iluminación), tanto en el sector terciario como en el domestico; el consumo de energía final del sector de la edificación es un 17% del total nacional [4]. Esta situación se enmarca dentro un contexto nacional de dependencia energética del exterior superior al 80% [3].

El sector de la edificación debe reconocer su influencia en el calentamiento global y en la preservación de los valiosos recursos energéticos. Debemos cambiar nuestra manera de diseñar los edificios nuevos o de rehabilitar los existentes, de forma que reduzcamos su impacto negativo en el medio ambiente.

Este desarrollo de la edificación ha llevado asociado un aumento del consumo energético, debido en gran parte a la escasa atención prestada a la incorporación de estrategias pasivas en la edificación que conlleva la necesidad de emplear sistemas activos en los edificios para conseguir el nivel de confort demandado por la sociedad actual. Un edificio diseñado con criterios de eficiencia energética puede conseguir ahorros de hasta el 70% [4] en climatización e iluminación, siendo esto posible mediante la aplicación de soluciones arquitectónicas diseñadas desde una lógica de adaptación y adecuación al clima, en contra de los procedimientos más comunes de diseño y ejecución en la construcción actual.

El sector de la edificación tiene un enorme potencial para el ahorro de energía y una influencia decisiva sobre nuestro confort.

El 40% del consumo de energía total de Europa proviene de sus 160 millones de viviendas. En Europa, el sector de la edificación es el consumidor de energía número uno, seguido por la industria y el transporte.

El 75% de nuestro consumo energético se destina a la calefacción.

Globalmente, el sector de la edificación podría tener un impacto muy positivo en la situación económica:

- Desde un punto de vista doméstico, se podrían disminuir hasta en un 90% los gastos de calefacción mejorando el aislamiento de la vivienda.

- Desde un punto de vista macroeconómico, se podrían crear en Europa hasta 530.000 puestos de trabajo con una estrategia ambiciosa de mejora del rendimiento energético de los edificios. [6]

Mientras que las prácticas constructivas estándares están guiadas por consideraciones económicas a corto plazo, la Construcción Sostenible se basa en las mejoras prácticas que añaden calidad y eficacia a largo plazo a un coste asumible.

La construcción sostenible tiene como objetivo reducir las consecuencias que tiene para el medio ambiente un edificio a lo largo de toda su vida, optimizando su viabilidad económica y el confort y seguridad de sus inquilinos.

En cada etapa del ciclo de vida del edificio (materiales y transporte – diseño y construcción – Utilización – Fin de vida), se puede aumentar el confort y la calidad de vida, mientras que se disminuye el impacto en el medio ambiente y se aumenta la sostenibilidad económica del proyecto.

“1€ invertido en aislamiento son 7€ de ahorro” [2].

“El ahorro potencial con la rehabilitación es del orden del 50% del consumo actual” [2].

El diseño de las Casas Pasivas tiene un enfoque estratégico según las diferentes localizaciones y climas. Las estrategias pasivas consisten en maximizar las ganancias de calor y minimizar las pérdidas de energía del edificio en invierno, y minimizar las ganancias y maximizar las pérdidas del edificio en verano. Es importante conocer las condiciones del entorno de los edificios así como el uso que va a tener para priorizar entre las diferentes estrategias ya que algunas son recomendables en una estación y no tanto para otra. En muchas ocasiones incorporando dispositivos mecánicos o eléctricos se puede mejorar y potenciar algunas estrategias pasivas, incluso permiten la adecuación de diferentes estrategias a lo largo del año.

En el norte de Europa, la demanda de energía para calefacción, es todavía bastante alta. Naturalmente, es menor en el sur de Europa, donde la demanda de acondicionamiento de aire ha ido aumentando rápidamente. Recientemente, ha habido un creciente interés en lograr estrategias para conseguir que las Casas Pasivas puedan reducir su demanda tanto para calefacción como para refrigeración a menos de 15 kWh/m<sup>2</sup>a de acuerdo con Passive House Planning Package (PHPP).

Los diseñadores de casas pasivas intentan utilizar fuentes térmicas del ambiente (por ejemplo, el sol) y sumideros de calor (por ejemplo, el cielo nocturno) para calefacción y refrigeración. La mayor parte del trabajo en este campo se hizo en EE.UU en la década de los 70

y después fue desarrollado en Europa en los 80, fundado por la Comisión Europea. Fue en este contexto en el que se empezó a utilizar el concepto de Passive House.

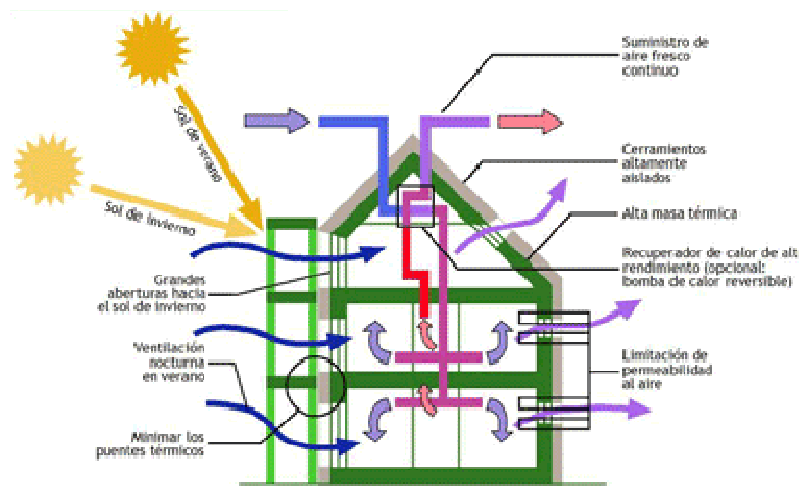


Figura 1.1. Casa pasiva [7]

En edificación se habla de eficiencia energética y de reducción de la demanda, pero faltan estudios específicos que aconsejen o prioricen estrategias pasivas para lograr este objetivo.

Se manifestó la necesidad de estudiar diferentes sistemas pasivos disponibles en el mercado a emplear según el tipo de clima; se pretende reducir la demanda energética sin renunciar al confort y bienestar del usuario.

Se está ejecutando un proyecto plurianual en el que se centra la atención en los aspectos relacionados con la demanda de energía durante el uso del edificio.

Con la aplicación de medidas pasivas se puede conseguir una importante reducción de la demanda de energía de los edificios, por lo que este proyecto tiene como objetivo principal cuantificar medidas de ahorro energético aplicables a la edificación, mediante el estudio y el análisis de datos obtenidos a través de mediciones de un modelo físico real.



### Las claves de la eficiencia energética

Algunas recomendaciones para reducir la huella ecológica de nuestro hogar y ahorrar en la factura energética a final de mes.

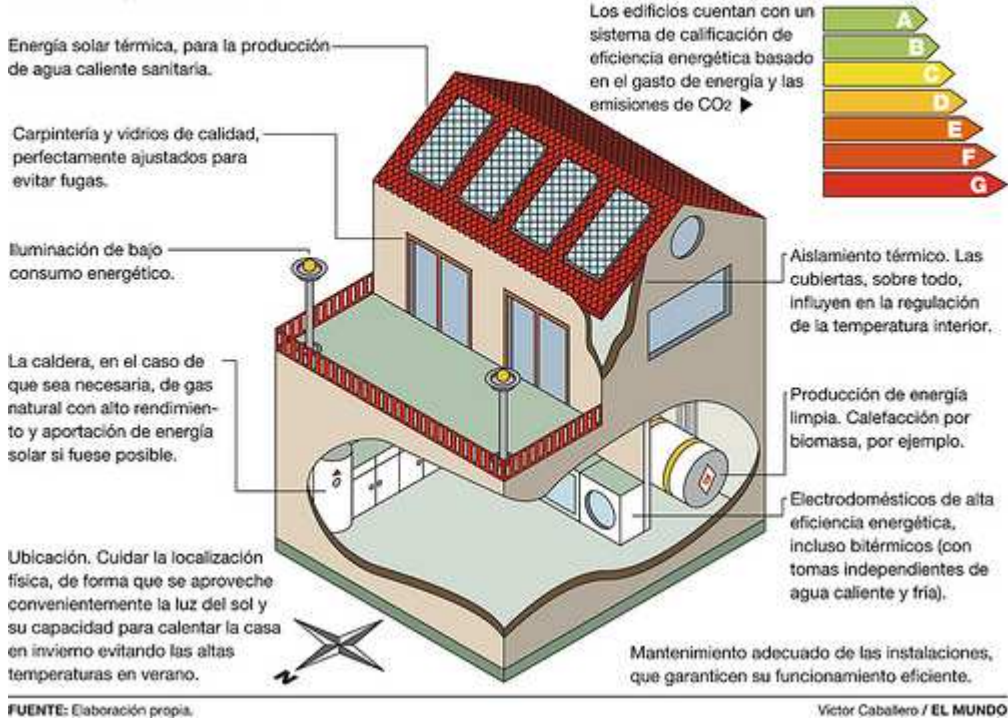


Figura 1.2. Claves de la eficiencia energética [8]

La posibilidad de poder trasladar las conclusiones del proyecto a edificios reales, haría posible obtener edificios energéticamente eficientes. Se considera importante para el sector de la construcción estudiar el comportamiento de los sistemas pasivos en la edificación, ya que actualmente existe una gran variedad de soluciones constructivas de las que se desconoce su comportamiento energético. Por tanto, es necesario estudiar este comportamiento y cuantificar la reducción energética de cada sistema porque hoy en día las empresas del sector de la construcción están obligadas a adaptarse a las nuevas leyes que desde Europa insisten en el ahorro energético. Por tanto, las empresas necesitan tener información sobre estas estrategias pasivas y mejoras en las soluciones constructivas que pueden aplicar en sus edificios para conseguir reducir la demanda energética, contribuyendo así a la reducción del consumo energético.

Además, el Código Técnico de la Edificación ha forzado a las empresas constructoras a introducir estas nuevas estrategias en los edificios, pero existe una carencia de información respecto a su comportamiento energético. Por tanto, se considera de gran necesidad proveer de este conocimiento a las empresas para que les permita cumplir con las nuevas leyes y al mismo tiempo les otorgue un mayor grado de competitividad.

Las posibilidades que este proyecto ofrece a las empresas relacionadas con el sector edificatorio son evidentes. Serán capaces de elegir motivada y razonadamente, gracias a resultados probados, que estrategia o sistema pasivo de los ensayados se adecua mejor a su tipología edificatoria, y por lo tanto le producirá mayores mejoras de eficiencia energética durante la vida útil del edificio.

La cuantificación de las medidas de ahorro energético se realiza por medio de dos sistemas independientes pero que estarán relacionados, la simulación por ordenador y la monitorización energética. Esta última se aplicará en un laboratorio experimental por medio de un sistema inalámbrico de monitorización. Con el objetivo de poder escalar las conclusiones/resultados del estudio a edificios reales, se quiere estudiar también cómo este mismo sistema podría utilizarse para medir los parámetros ambientales y de los sistemas constructivos de cara al cumplimiento de la CEEE, aunque en España no está todavía regulada por ley.

Con la simulación se pueden diseñar edificios energéticamente eficientes de reducido consumo energético y con la monitorización se puede comprobar la calidad del proyecto acabado. Además, la comparación de la simulación del modelo con los datos reales obtenidos, permitirá conocer la desviación que existe entre ambos y comprobar la idoneidad de los sistemas analizados.

El eeLAB es un laboratorio experimental creado para tener un recinto donde ensayar soluciones constructivas reales y poder comparar las medidas reales de los ensayos con los datos de simulación. Su objetivo es poder aplicar las conclusiones de los ensayos realizados en él, a una escala más grande que es el "edificio".

Desde la comparación entre par de medidas (las obtenidas en el recinto de referencia y en el edificio donde se aplica la estrategia pasiva) se podrá llegar a conclusiones respecto a las posibilidades que se plantean en la edificación para mejorar la eficiencia energética en edificios existentes. Monitorizando en el eeLAB un determinado sistema constructivo por un reducido periodo de tiempo, se podrá luego extrapolar su comportamiento energético a lo largo del año a través de la simulación por ordenador. Además, al realizarse una simulación dinámica se analizará el comportamiento térmico y energético del sistema constructivo que cuantificará las diferentes estrategias para los escenarios analizados. Al mismo tiempo será posible compatibilizar en el modelo de estudio diferentes estrategias, permitiendo la elección más eficiente, lo que supone un grado de innovación y un paso más para promocionar su uso y lograr el objetivo de tener un parque edificatorio de menor consumo y por lo tanto que reduzca los gases de efecto invernadero.

El proyecto ha sido pensado para que sus resultados puedan ser aprovechados por los diferentes agentes de la edificación: proyectistas que podrán aplicar los resultados a sus edificios, empresas promotoras y constructoras; empresas que se dedican al desarrollo de nuevas estrategias pasivas o de nuevas tecnologías, pudiendo contar con un conocimiento base técnico, demostrado y fiable para la elección del sistema más eficiente; además, los usuarios de dichas edificaciones lograrán un alto grado de confort con un consumo inferior de energía que se verá reflejado en una reducción de su gasto energético.

Las empresas ligadas al sector de la construcción se encuentran actualmente en el punto de mira, ya que son ellas quienes deben dar ese gran paso de investigar y poner en práctica medidas reales de ahorro energético. Este proyecto les permitirá ser capaces de llegar a ese objetivo y adquirir nuevos conocimientos que mejoren el proceso constructivo-edificatorio actual, adecuando y optimizando los sistemas pasivos a las diferentes tipologías y entornos de las edificaciones.

En concreto, en nuestro proyecto, se realiza una comparación entre datos reales que se recogen de los sensores de las correspondientes casetas y datos experimentales (por simulación). Para el este estudio se ha elegido el día 26 de Septiembre de 2010. Se realizan 4 comparaciones, ya que se disponen de dos casetas (laboratorio eeLAB) y se estudian la cubierta y la cara sur de éstas:

- Caseta 1 - Cara Sur (T1S2 – Balance)
- Caseta 1 – Cubierta (T1T2 – Balance)
- Caseta 2 – Cara Sur (T2S2 – Balance)
- Caseta 2 – Cubierta (T2T2 – Balance)

También se realiza un estudio del perfil térmico de una pared de la caseta, comparando los resultados provenientes de los sensores a lo largo de una hora por la mañana, la tarde y la noche de un mismo día, separando las comparaciones por casetas y diferenciándolos por cubierta y sur; y, también, la diferencia de temperatura en un mismo instante.

También se realiza una comparación entre la temperatura que recibe la cara sur y la cubierta a lo largo de un día.

Por último, se ha realizado un estudio para comparar la diferencia de temperatura de la cara Sur de las dos casetas, ya que tienen espesor diferente.

## 2. OBJETIVOS

El principal objetivo de la idea global de nuestro proyecto es **reducir la demanda energética** en los edificios de nueva construcción o rehabilitación a través de la cuantificación del ahorro energético según los sistemas pasivos utilizados.

El objetivo específico más importante que se pretende alcanzar mediante la ejecución del presente proyecto son:

**Comparar datos reales (a través de los sensores) con datos obtenidos a través de simulación (datos experimentales)** ayudará a conocer tanto las posibles desviaciones de los resultados de los ensayos in situ, como a los límites o fluctuaciones en los resultados de programas empleados en las simulaciones informáticas.

Además, dada la repercusión que tiene el tema energético en el medioambiente, se considera importante subrayar los objetivos específicos de carácter medioambiental del proyecto:

- **Reducir las emisiones de efecto invernadero.** Estudiando en el proyecto las técnicas pasivas que permiten disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero de los edificios, se pretende fomentar la utilización de estas estrategias pasivas para la reducción de consumo energético.
- Por números a la **reducción de energía mediante estrategias pasivas.** Visto el gran desconocimiento actual acerca de la repercusión que pueden tener los sistemas pasivos en la factura energética, con la ejecución de este proyecto se pretende realizar una valoración que permita la elección del sistema más idóneo según tipología edificatoria y ubicación.
- Fomentar las **buenas prácticas ambientales en el sector de la edificación.** Gran parte de la energía consumida en los edificios se debe a una falta de concienciación ciudadana acerca del derroche energético que provocamos para lograr las condiciones de confort deseadas; acciones como el buen uso de los sistemas pasivos por parte del ciudadano en su vivienda o lugar de trabajo permitiría una reducción importante de su consumo de energía, sin perjudicar los niveles de confort.

El proyecto ha sido pensado para que sus resultados puedan ser aprovechados por los diferentes agentes de la edificación, pudiendo contar con un conocimiento base técnico, demostrado y fiable para la elección del sistema más eficiente.

### 3. MATERIAL Y MÉTODO

Para la ejecución del proyecto se seleccionó un modelo tipo (recinto) que permita el estudio en condiciones normales de uso; con tal fin se analizaron los diferentes aspectos relativos a geometría, sistemas constructivos y materiales. Para permitir el análisis comparativo de distintas soluciones constructivas en condiciones climatológicas exactamente iguales se utilizaron en el proyecto dos recintos con la misma situación y orientación. Estos dos recintos formarán el laboratorio experimental eeLAB.

#### SITUACIÓN



*Figura3.1. Plano de situación*



*Figura 3.2. Vista aérea casetas*



*Figura 3.3. Vista cercana de las casetas*

El laboratorio eeLAB se compone de dos recintos de ensayos; la disposición de los dos módulos tiene orientación norte-sur. Utilizando programas de simulación para optimizar la búsqueda del emplazamiento según el entorno disponible, se establecieron el posicionamiento de los modelos de estudio de tal manera que no les afectaran sombras exteriores ni entre ellos.

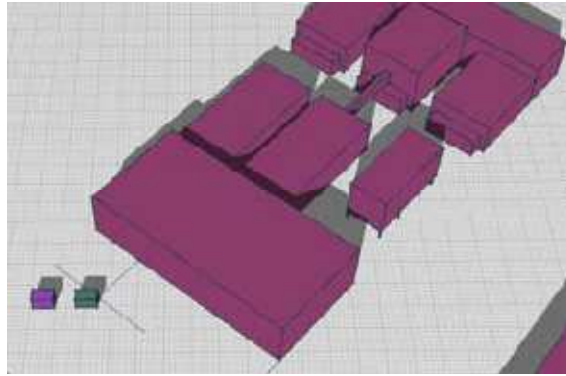


Figura 3.4. Simulación por ordenador [1]

La geometría de los recintos es lineal, con unas dimensiones de 4,00 m x 2,28 m en planta y 2,30 m de altura. Su superficie de aproximadamente 10 m<sup>2</sup>, hace que el volumen se pueda asemejar al de una habitación. Además, se ha utilizado material modular para un volumen compacto, así que los eventuales cambios a efectuar serían rápidos y económicos.

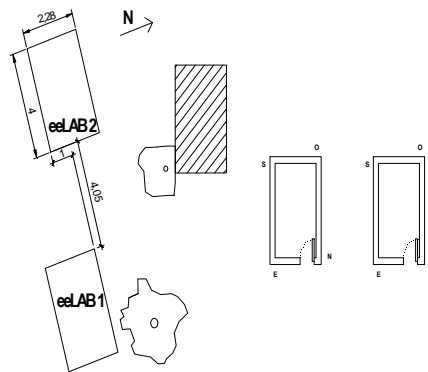
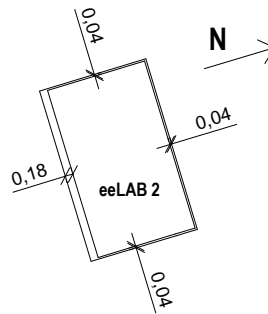


Figura 3.5. Dimensiones casetas y distancia entre ellas [1]

Cada cara del recinto, excepto la fachada sur que es la cara de ensayo, cuenta con 4 cm de aislamiento, para reducir el flujo de calor por estas caras provocando que el flujo de calor se realizase principalmente por la cara de ensayo.

CASETA 1	
ESPESOR PAREDES (cm)	
NORTE	4
SUR	4+8+6
ESTE	4
OESTE	4

Tabla 3.1. Espesores paredes caseta 1

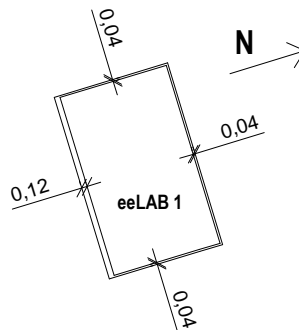


Cotas en metros

Figura 3.6. Caseta 1

CASETA 2	
ESPESOR PAREDES (cm)	
NORTE	4
SUR	4+8
ESTE	4
OESTE	4

Tabla 3.2. Espesores paredes caseta 2

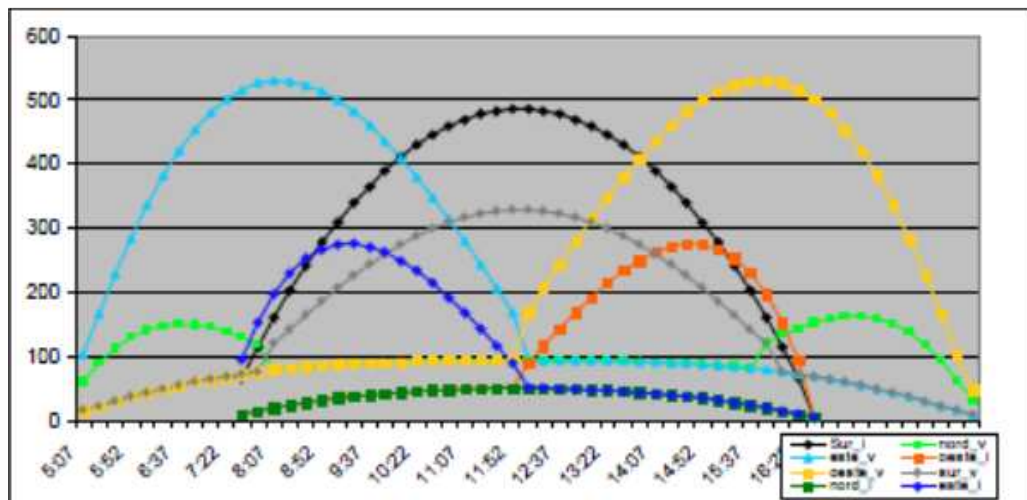


Cotas en metros

Figura 3.7. Caseta 2

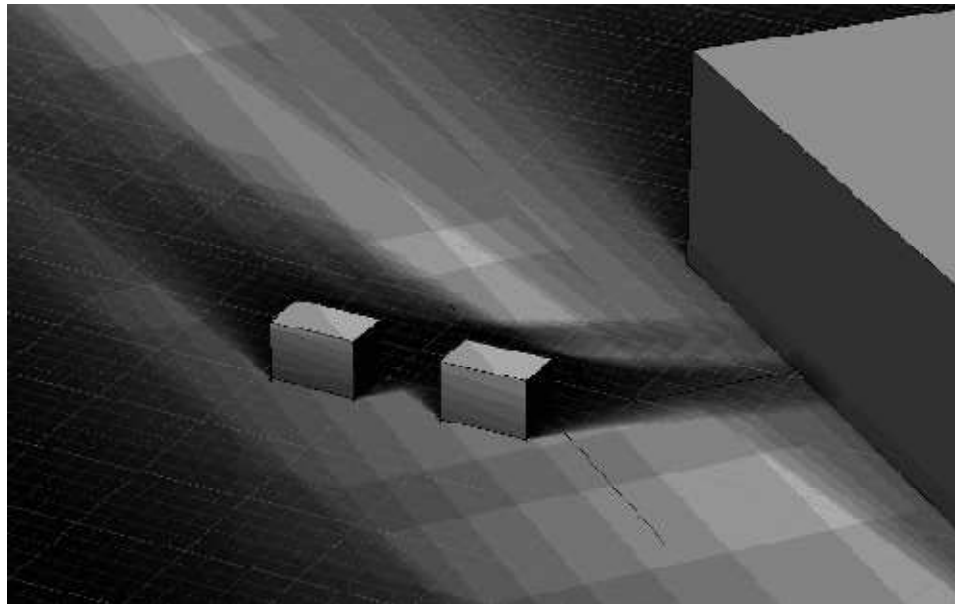


Que fuese la cara de ensayo la sur es debido a que es la que más oscilaciones térmicas tiene a lo largo del día por la influencia que tiene la radiación solar en los cerramientos, permitiendo hacer multitud de análisis de transferencia de calor. De todas formas las otras 5 caras del recinto se encuentran también monitorizadas, por lo que se tiene un control total del flujo de calor que existe en todas ellas.



Gráfica 3.1. Oscilaciones térmicas [1]

### ESTUDIO DE SOMBRAS DE LAS CASETAS



*Figura 3.8. Estudio de sombras en las casetas [1]*

## **ORIGEN DE LAS CASETAS**

Las soluciones propuestas han sido elaboradas a través de una pre-simulación por ordenador con el fin de obtener un cambio apreciable en las diferentes opciones medidas. El resultado obtenido es un modelo del cual se han estudiado la geometría, los materiales y su orientación y localización en el entorno.

Con este material se compusieron los recintos de ensayo del proyecto. Se optó por material prefabricado por su rapidez de ejecución y porque permite el cambio de los sistemas constructivos que se van a analizar sin alterar el resto de los cerramientos.

Para su composición se adquirieron los siguientes elementos:

- Panel sándwich 0.04 m de espesor de acero galvanizado, 2.3 m de altura, nervado exterior y gofrado interior.
- Aislamiento 0.08 m de espesor, nervado en la cara exterior y gofrado en la interior (en cara Sur de las dos casetas).
- Aislamiento 0.06 m de espesor, nervado en la cara exterior y gofrado en la interior (en cara Sur de la caseta 1).
- Puerta exterior 1 hoja ciega marco aluminio blanco y hoja panel sándwich.
- Panel sandwich cubierta con poliuretano inyectado de 0.04 m de espesor.
- Tablero fenólico esmaltado.
- Base suelo sin tablero con aislamiento de poliuretano inyectado de 0.12 m de espesor.
- Panel para sistema de fachada ventilada realizada mediante estructura aluminio y plafones de fibra de papel con resina termo-endurecida.

## **MONITORIZACIÓN Y SIMULACIÓN**

Los parámetros medidos en los ensayos de monitorización in situ son los parámetros climatológicos (temperatura ambiental, humedad relativa, velocidad y dirección del viento y radiación) y los parámetros térmicos (temperatura ambiental en el interior de los recintos, temperatura superficial en cada capa del cerramiento, humedad relativa, flujo térmico del cerramiento) que en un segundo momento se pueden calcular a través de los programas de simulación para contrastar los resultados.

Tras el análisis de los parámetros a medir y los sensores más adecuados, se estudiaron las diferentes metodologías de monitorización, examinando la compatibilidad entre los distintos componentes de la instrumentación de medida. Los parámetros a medir, referentes a las medidas pasivas de ahorro energético del edificio, se quisieron encauzar en un sistema abierto y fácilmente implementable para poder adaptar rápidamente el proyecto ante eventuales desviaciones o futuras ampliaciones (más parámetros a monitorizar o adaptación a un entorno más amplio). Además, se ha dejado la oportunidad de poder ampliar a largo plazo el sistema con parámetros de calidad del ambiente interior y radiación interior, así como con parámetros relativos a los sistemas activos, cuales parámetros de rendimiento y consumo de las instalaciones térmicas y de iluminación.

El sistema de monitorización ha sido proyectado atendiendo a las necesidades específicas del experimento pero siempre teniendo en cuenta su futura aplicabilidad al entorno real “edificio” (escalabilidad).

En primer lugar se seleccionaron los parámetros a monitorizar en un entorno construido para evaluar su eficiencia energética; éstos fueron luego transpuestos a necesidades concretas del sistema. Al mismo tiempo se analizaron las características de los diferentes protocolos de monitorización para poder así cruzar las necesidades detectadas con las características de cada uno.

Se preseleccionaron sólo los sistemas más adecuados para ser utilizados en el entorno de estudio o los que con modificaciones razonables del entorno, pudieran considerarlos.

De esa manera fue posible evaluar la compatibilidad de cada sistema en el entorno físico real del lugar en el que se efectuarían las medidas, hasta encontrar un sistema abierto que más allá de cumplir con las necesidades inmediatas del proyecto, pudiera ser fácilmente implementable e incluso escalable según las necesidades detectadas a lo largo de la investigación o en futuros proyectos.

Finalmente se decidió recurrir al protocolo ZigBee por las ventajas que ofrecen las redes de sensores inalámbricas WSN de adaptarse a las exigencias del experimento, además de permitir reducir la instalación y los costes del sistema, en nuevos escenarios de aplicación en los que es de difícil implantación un sistema con cables.

Las WSN fueron originalmente desarrolladas para vigilancia en el campo militar; en la actualidad el desarrollo de estas redes se centra en aplicaciones domóticas, ambientales, sanitarias, de tráfico o de monitorización estructural.

En concreto el protocolo ZigBee tiene un bajo consumo energético, lo que permite optimizar la vida útil de las baterías de los módulos de adquisición de datos. Esta característica permite no tener que acceder a los recintos de estudio para largos periodos de tiempo; una intervención humana en el recinto monitorizado siempre supone una interferencia con la toma de datos por modificar las condiciones del entorno.

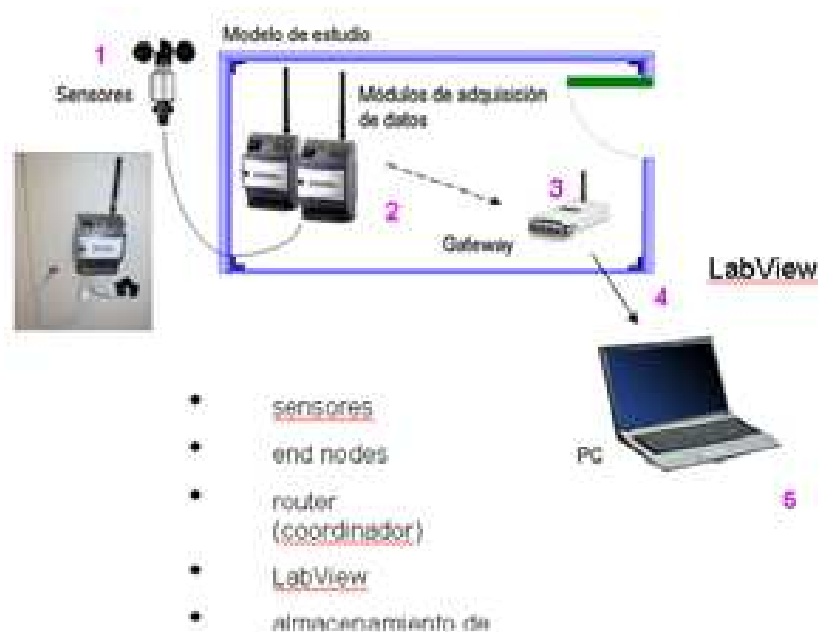


Figura 3.9. Protocolo ZigBee [2]

El hecho de utilizar el protocolo ZIGBEE permite exportar los resultados de la investigación desde el nivel local y experimental a edificios reales, con medidas in situ; la ventaja de un sistema escalable es poder adaptar sus dimensiones según los nodos repetidores que se necesiten para ampliar el sistema en un segundo momento. La versatilidad del sistema admite cualquier entrada analógica y salida digital, así que es posible instalar dispositivos dinámicos de control para instalaciones domóticas o activas.

Con el uso de este protocolo se ha podido recurrir a un sistema abierto en el que poder integrar sensores de diferentes tipos (térmicos, radiación, de humedad, etc.); estos se programan dentro de la red inalámbrica a través del programa LabView. La WSN se compone de módulos de adquisición de datos (end nodes) que se encargan de transmitir los valores medidos de los sensores al coordinador (router) que ha sido programado con el programa LabView para el volcado de las medidas a la base de datos.

Además, a lo largo de la investigación se desarrolló un sistema de visualización de datos Diagmon ([www.diagmon.es](http://www.diagmon.es)), que se está continuamente ampliando sus capacidades para abarcar también la gestión y el procesamiento de datos a través de una plataforma web.

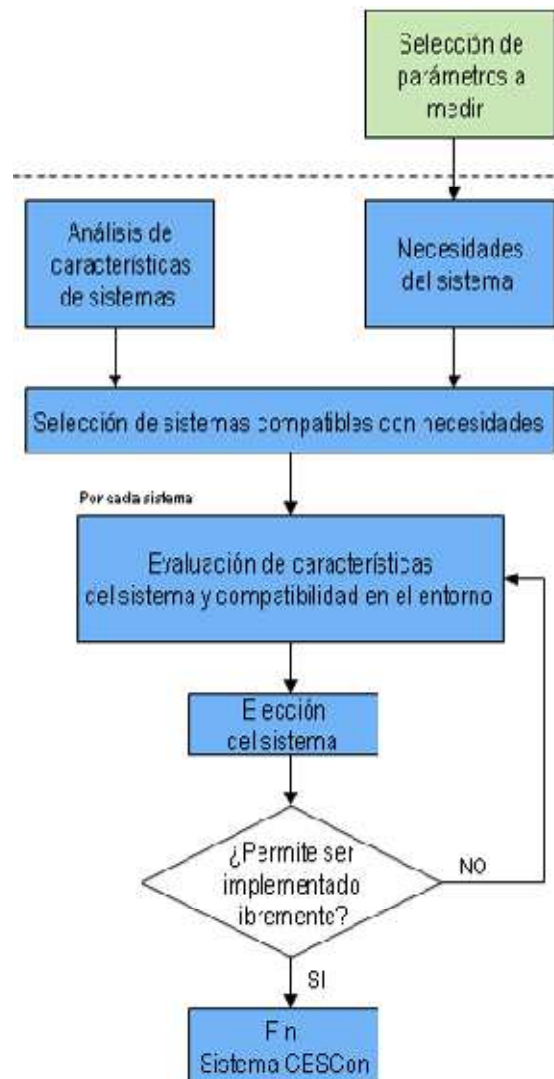


Figura 3.10. Procedimiento para la elección del sistema de medida [1]

La disposición de los sensores se divide principalmente en dos tipos:

## ESTACIÓN EXTERIOR

Los que recogen los datos climatológicos: temperatura ambiental, humedad ambiental, radiación solar y velocidad y dirección del viento.



Figura 3.11. Estaciones exteriores [1]

## SENSORES DE INTERIOR

Los que miden los parámetros interiores de los recintos: humedad y temperatura interior de cada uno de ellos, temperatura superficial del cerramiento, temperatura entre capas del cerramiento y flujo del cerramiento.

## NOMBRAMIENTO

T1S1, T1E1, T1O1, T1N1, T1T1, T2S1, T2E1, T2O1, T2N1, T2T1, etc.: La 1ª cifra corresponde al nº de caseta (caseta 1 ó caseta 2); y la segunda cifra, corresponde a la situación del sensor respecto a la capa donde se encuentra. La 2ª letra nos marca la orientación de éstos.

TE: Temperatura exterior

PIR1, PIR2, PIR3: Radiación

TI1, TI2: Temperatura interior



Figura 3.13. Sensores interiores [1]

Previa la colocación de los sensores se realizó un estudio con cámara termo-gráfica obteniéndose los siguientes resultados:

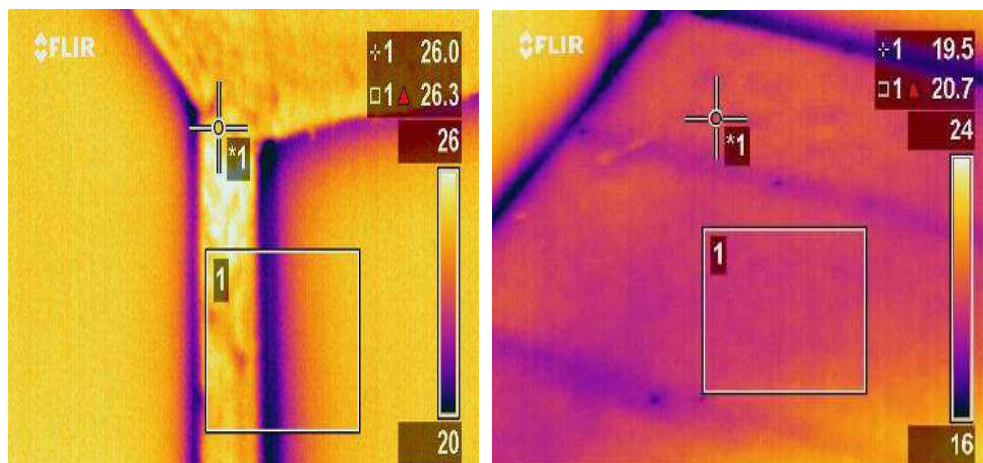


Figura 3.14. Termografía encuentro cerramientos verticales/horizontal en la esquina y en correspondencia de la estructura del suelo, valores en °C [1]

Con el uso de la cámara termo-gráfica se pudieron detectar los puentes térmicos en los recintos construidos. Aunque estos influyesen de la misma manera en los dos modelos, por la disposición similar, se decidió solucionar aquellos en proximidad de las esquinas, en la junta entre cerramientos de distinta orientación.



Se homogeneizó de esta manera la variable de los puentes térmicos.

En la fase de búsqueda de instrumentación, el análisis de compatibilidad de ésta con el entorno físico tuvo una comparativa favorable, pero en la puesta en marcha del sistema hubo problemas relativos a la retransmisión de la señal inalámbrica hasta el equipo exterior por lo que se tuvo que modificar el experimento y volver a diseñarlo hasta llegar a lo comentado anteriormente. En un principio el sistema estaba pensado con los módulos de adquisición de datos dentro del recinto que comunicasen por sistema inalámbrico con un repetidor en exterior que transmitiese la señal por inalámbrico para almacenar los datos en un ordenador. En la puesta en marcha del sistema, la señal inalámbrica resultó fuertemente atenuada debido a la coraza de aluminio del modelo de estudio. Así que el problema se resolvió poniendo el Gateway en el interior de los recintos, para que comunicara de forma inalámbrica con los módulos de adquisición de datos y por la red de área local (LAN) del Instituto con el ordenador donde se almacenan las medidas. Las modificaciones aportadas al entorno fueron rápidas y no supusieron desviación alguna del cronograma inicial.

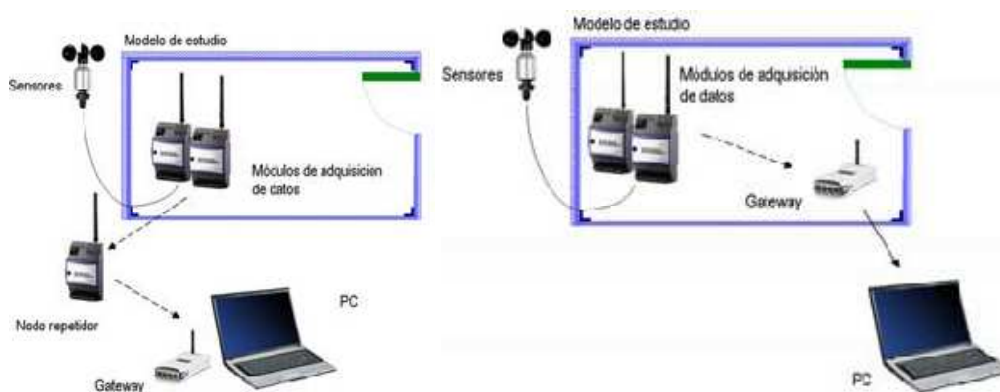


Figura 3.15. Modelo previsto y modelo realizado [1]

Una vez explicado el origen de las casetas, su monitorización y simulación (en un principio y finalmente), los materiales y aparatos de que se componen éstos, realizamos una comparación entre datos reales y datos experimentales.

Para llevar a cabo la comparación se han realizado todos los siguientes pasos:

- 1) Se descargaron los datos de los sensores necesarios, del día 26 de Septiembre de 2010, día objeto de estudio. Los datos se descargaron del siguiente modo desde la página web "www.diagmon.es". DIAGMON es una plataforma Web que permite la monitorización de parámetros estructurales (dinámicos y estáticos) y ambientales de estructuras y su entorno, para su visualización y control en tiempo real.



Figura 3.16. Página inicial de AIDICO

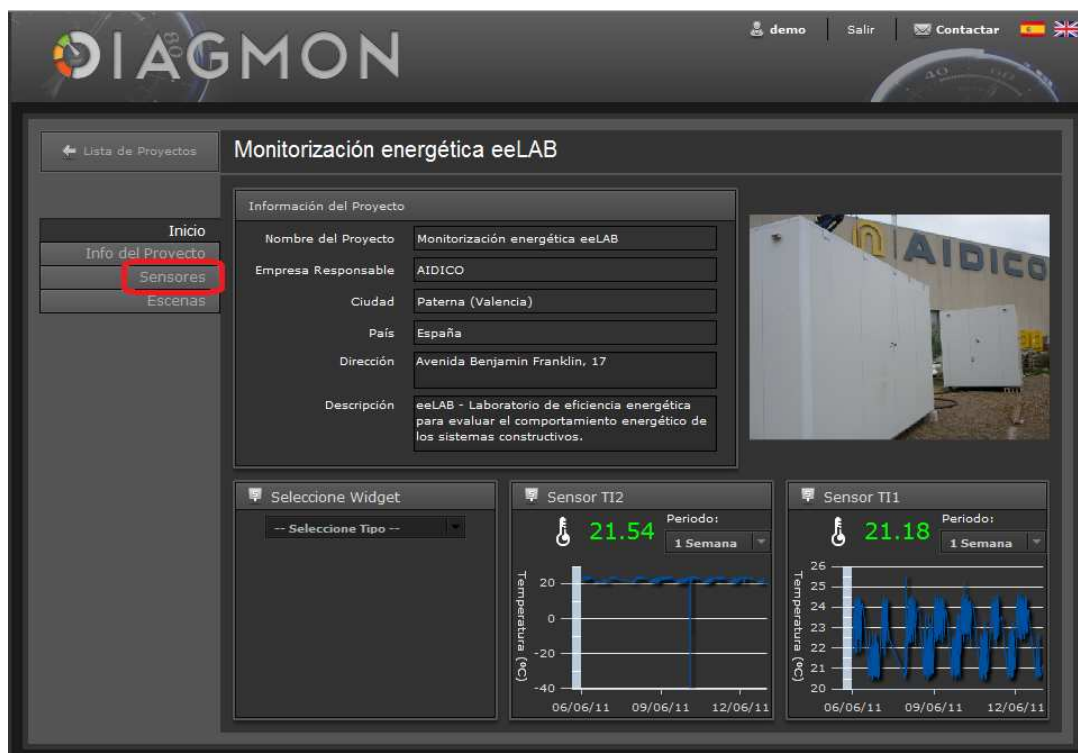


Figura 3.17. Monitorización energética eeLAB



Figura 3.18. Sensores

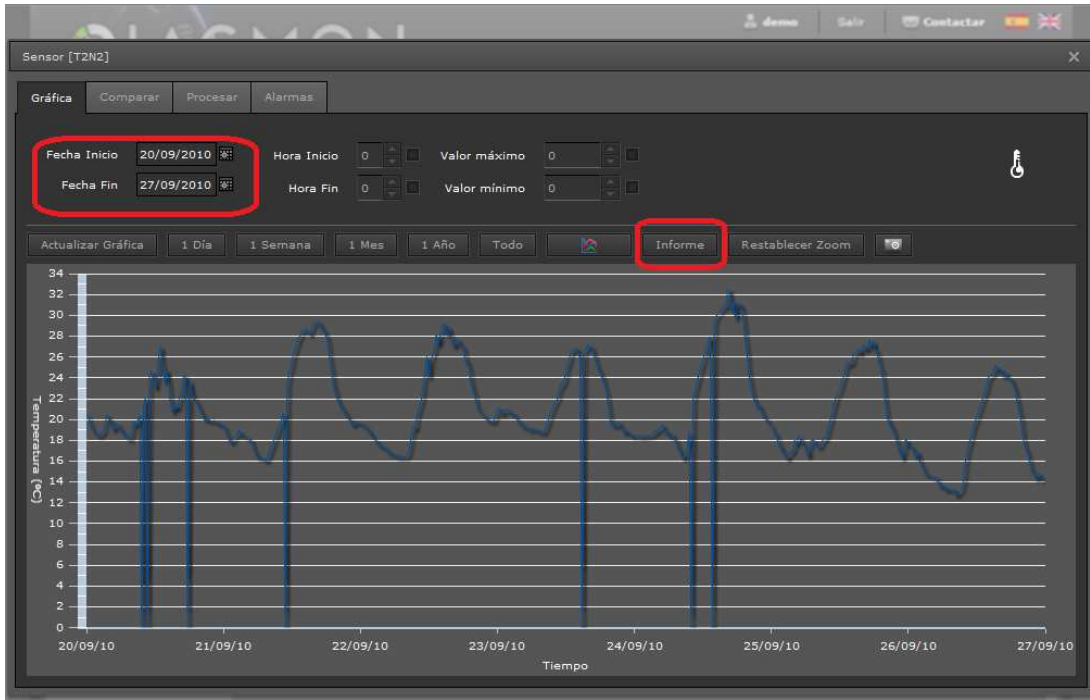


Figura 3.19. Informe de cada sensor

- 2) Se descargaron los datos del PVGIS relativos a la radiación horizontal y vertical del día objeto de estudio. [9]

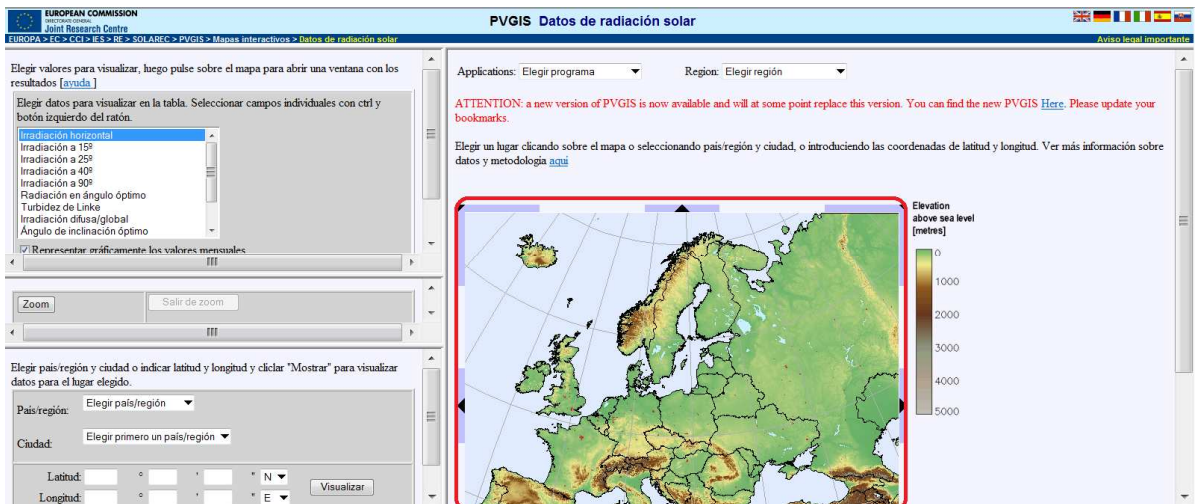


Figura 3.20. Localización de los datos

```
exec string is ./avdaytemp -r 1249 -c 1524 -s 0.25 -o 3 europe/rsun/raster.bin
```

Irradiación global incidente para el lugar elegido

Si es preciso, modificar los parámetros de entrada y pulse "Enviar" para recalcular.

Elegir datos para visualizar en la tabla. Seleccionar campos individuales con ctrl y botón izquierdo del ratón.

- Irradiación horizontal
- Irradiación a 15°
- Irradiación a 25°
- Irradiación a 40°
- Irradiación a 90°
- Radiación en ángulo óptimo
- Turbidez de Linke
- Irradiación difusa/global
- Ángulo de inclinación óptimo

Representar gráficamente los valores mensuales

Trace la probabilidad de distribución de la irradiación horizontal diaria

**pulse para confirmar la selección**

Para este lugar también es posible:

- 1) Visualiza variación diaria de irradiancia
- 2) Estimate the [producción de electricidad fotovoltaica](#)

Localización: 60°55'15" Norte, 0°17'33" Este, Elevation: 0 metros sobre nivel del mar,  
 Ciudad más cercana: Ninguno (mar)  
 El ángulo de inclinación óptimo es: 40 grados  
 Déficit anual de radiación debido al efecto sombra (horizontal): 0.0 %

Mes	Irradiación diaria con inclinación (Wh/m2)
-----	--

Figura 3.21. Variación diaria de irradiancia

Variación de la irradiancia diaria media para el lugar elegido

Modify the input parameters and click the "Submit" button to recalculate. [ayuda](#)

Inclinación de los módulos [0;90] 35 grado

Orientación de los módulos [-180;180] (E:-90 S:0) 0 grado

Calcular igualmente suponiendo un cielo despejado

Mostrar la irradiancia para un seguidor solar de 2 ejes

Mostrar temperaturas diurnas

Muestre la gráfica del horizonte

Enero

**Pulse para confirmar su elección**

Localización: 60°55'15" Norte, 0°17'34" Este, Elevation: 0 metros sobre nivel del mar,  
 Ciudad más cercana: Ninguno (mar)

te, 0°17'34"Este, ciudad más cercana: Ninguno (mar). Project-Id-Version: PACKED  
 Mes=Enero, Orientación=0, Inclinación=35, Orientación=0 grado

Figura 3.22. Elección de la inclinación y el mes

Esta tabla muestra la irradiancia global estimada cada 15 minutos durante un día típico en el mes elegido, considerando La inclinación y orientación del módulo FV. La sombra Elementos del terreno pueden afectar a los valores durante el día. El gráfico abajo muestra los mismos resultados.

Hora	Irradiancia global para cielo claro (W/m2)	Irradiancia global (W/m2)	Irradiancia directa (W/m2)	Irradiancia difusa (W/m2)	Irradiancia reflejada (W/m2)
5.88	8	9	0	7	2
6.12	16	18	0	15	2
6.38	36	28	4	21	3
6.62	64	42	10	27	4
6.88	97	57	18	34	6
7.12	136	73	27	40	7
7.38	179	91	37	46	8
7.62	224	110	49	52	9
7.88	270	128	60	58	10
8.12	318	147	73	64	11
8.38	365	166	85	69	12
8.62	412	184	97	74	13
8.88	457	201	109	78	14
9.12	501	218	121	82	15
9.38	542	234	132	86	15
9.62	581	248	143	90	16
9.88	617	262	152	93	17
10.12	649	274	161	95	17
10.38	678	285	169	98	18
10.62	703	294	176	100	18
10.88	725	302	182	101	19
11.12	742	309	187	103	19

Figura 3.23. Irradiancias

- 3) Una vez descargados los datos de radiación, su sumaron la radiación directa horizontal y la radiación difusa horizontal por una parte; y por otra, la radiación directa vertical y la radiación difusa vertical.
- 4) Para hacer los correspondientes balances, la **radiación de la cubierta** se obtiene directamente de los datos descargados del piranómetro 2 (PIR2) y la **radiación sur** se obtiene mediante esta fórmula:

$$\text{Sur real} = (\text{cubierta real} / \text{cubierta ideal}) * \text{sur ideal} \text{ , siendo:}$$

*Cubierta ideal:* suma de la radiación directa y difusa de la radiación horizontal

*Sur ideal:* suma de la radiación directa y difusa de la radiación vertical

*Cubierta real:* radiación correspondiente al piranómetro 2 (PIR 2)

- 5) Para la obtención de los correspondientes datos de la velocidad del viento, se descargaron los datos de la estación meteorológica desde la página web “www.upv.es” [10]

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA** Área de Medio Ambiente, Planificación Urbanística y Ordenación de los Campus

Idioma / Language Tipografía Contacto Fines y objetivos Organización

>> Inicio UPV :: Área de Medio Ambiente, Planificación Urbanística y Ordenación de los Campus

**Servicio de información meteorológica**

Medio ambiente en la UPV < ...

El servicio de información meteorológica permite consultar y descargar datos históricos de las estaciones ubicadas en los campus de la UPV y la extensión de Xàtiva excepto en Alcoi cuyos datos vienen de la estación de Alicante. Los datos se transmiten cada hora y se almacenan en una base de datos. Toda la información la proporciona la [Agencia Estatal de Meteorología](#).

Estación - Todas las estaciones -

Parámetro -Todos los parámetros-

Rango de valores para el parámetro - -

Rango de fechas aaaa-mm-dd - aaaa-mm-dd

Franja horaria -Todas- -Todas-

Presentación Todos los datos

Buscar Vaciar

www.pegasus.upv.es

Figura 3.24. Elección de la estación, parámetro y rango de fechas

**Servicio de información meteorológica**

Medio ambiente en la UPV < ...

**Leyenda**

Código	Nombre	Unidades	Máximo	Mínimo	Media
PM.DV	Dirección del viento	grados sexagesimales			
PM.HR	Humedad relativa	Porcentaje			
PM.PA	Precipitación acumulada	litros/metro cuadrado			
PM.TA	Temperatura del aire	Grados centígrados	15.5	0	3.033
PM.VV	Velocidad del viento	metros/segundo			

[Nueva búsqueda](#) | [Descargar archivo CSV](#)

Estación	Fecha	Hora	PM.VV
Valencia	2010-10-09	00:00:00	3.1
Valencia	2010-10-09	00:10:00	3.9
Valencia	2010-10-09	00:20:00	3.7
Valencia	2010-10-09	00:30:00	2.1
Valencia	2010-10-09	00:40:00	2.5
Valencia	2010-10-09	00:50:00	2.3
Valencia	2010-10-09	01:00:00	2.5
Valencia	2010-10-09	01:10:00	2.3
Valencia	2010-10-09	01:20:00	2.2

Figura 3.25. Datos de velocidad

Los datos que se han descargado son los referentes a la ciudad de Valencia, como las casetas se encuentran en Paterna, que está a varios kilómetros de Valencia, y se supone que los edificios colindantes de las casetas disminuyen la velocidad del viento que reciben éstas, hemos considerado que la velocidad utilizada para hacer los cálculos de los balances sean para la cara sur 1 km/h y para la cubierta 0 km/m (ya que la cubierta está en posición horizontal).



- 6) Para realizar las comparaciones correspondientes, también se necesitaron los datos del **calor específico**, **densidad** de la pared (del material aislante), la **masa**, la **emisividad** (correspondiente al acero galvanizado) y la **transmitancia** (U).

Los cálculos correspondientes a la transmitancia (U) son los siguientes:

TRANSMITANCIAS					
	espesor	$\lambda$ (W/mK)	Rd	U (W/m <sup>2</sup> K)	U total
PANEL SANDWICH (sur)	0.04	0.032	1.25	0.8	0.28
AISLAMIENTO (sur)	0.08	0.034	2.35	0.43	
	espesor	$\lambda$	Rd	U	U total
PANEL SANDWICH (sur)	0.04	0.032	1.25	0.8	0.19
AISLAMIENTO (sur)	0.08	0.034	2.35	0.43	
AISLAMIENTO (sur)	0.06	0.034	1.76	0.57	
	espesor	$\lambda$	Rd	U	U total
PANEL SANDWICH (norte, este, oeste)	0.04	0.032	1.25	0.8	0.80

Tabla 3.3. Cálculo de la transmitancia

He aquí como quedarían las tablas correspondientes a cada comparación:

**T1T2 - T2T2 - T1S2 - T2S2:** datos reales obtenidos de los sensores.

**Balance:** datos experimentales obtenidos mediante formulas.

COMPARATIVA CUBIERTA CASETA 1										
<b>Ce (J#C#Kg)</b>	1,200.00	<b>Tiempo (s)</b>	60							
<b>Densidad (Kg/m³)</b>	175,00	<b>U (W/m²K)</b>	0.8							
<b>Espesor (m)</b>	0.04									
<b>Masa (J#C#m²)</b>	8,400.00									
<b>Emisividad</b>	0.23									
HORA	TE	T1T3	PIR	Vel. Viento	H	CONVECCIÓN	CONDUCCIÓN	T1T2	BALANCE	PIR * Emisi.
0:00:00	19.54	25.06	-74.82	0.00	5.62	-21.23	-7.44	15.76	15.76	-17.21
0:01:00	19.54	25.06	-74.81	0.00	5.62	-20.78	-7.37	15.76	15.84	-17.21
0:02:00	19.54	25.06	-74.80	0.00	5.62	-20.34	-7.31	15.76	15.92	-17.20
0:03:00	19.54	25.06	-74.79	0.00	5.62	-19.92	-7.25	15.76	16.00	-17.20
0:04:00	19.54	25.06	-74.78	0.00	5.62	-19.52	-7.19	15.76	16.07	-17.20
0:05:00	19.54	25.06	-74.77	0.00	5.62	-19.14	-7.14	15.76	16.14	-17.20
0:06:00	19.54	25.06	-74.76	0.00	5.62	-18.78	-7.09	15.76	16.20	-17.20
0:07:00	19.54	25.06	-74.75	0.00	5.62	-18.43	-7.04	15.76	16.26	-17.19
0:08:00	19.54	25.06	-74.74	0.00	5.62	-18.10	-6.99	15.76	16.32	-17.19
0:09:00	19.54	25.06	-74.73	0.00	5.62	-17.79	-6.95	15.76	16.38	-17.19
0:10:00	19.54	25.06	-74.72	0.00	5.62	-17.48	-6.90	15.76	16.43	-17.19
0:11:00	19.54	25.06	-74.72	0.00	5.62	-17.20	-6.86	15.76	16.48	-17.18

De los datos que nos quedaron por conocer:

H= si velocidad viento <5m/s -----  $5,62 + 3,91 * \text{Vel.viento}$

si velocidad viento >5m/s-----  $7,34 * (\text{Vel. Viento})^{0,8}$

**Convección**=  $H * (T1T2 - Te)$

**Conducción**=  $U * (T1T2 - T1T3)$

COMPARATIVA CUBIERTA CASETA 2										
Ce (J°C*Kg)	1,200.00			Tiempo (s)	60					
Densidad (Kg/m³)	175.00						U (W/m²K)	0.8		
Espesor (m)	0.04									
Masa (J°C*m²)	8,400.00									
Emisividad	0.23									
HORA	TE	T2T3	PIR	Vel. Viento	H	CONVECCIÓN	CONDUCCIÓN	T2T2	BALANCE	PIR * Emisiv.
0:00:00	19.54	24.15	-74.82	0.00	5.62	-18.02	-6.26	16.33	16.33	-17.21
0:01:00	19.54	24.15	-74.81	0.00	5.62	-17.74	-6.22	16.33	16.38	-17.21
0:02:00	19.54	24.15	-74.80	0.00	5.62	-17.47	-6.18	16.33	16.43	-17.20
0:03:00	19.54	24.15	-74.79	0.00	5.62	-17.22	-6.14	16.33	16.48	-17.20
0:04:00	19.54	24.15	-74.78	0.00	5.62	-16.97	-6.11	16.33	16.52	-17.20
0:05:00	19.54	24.15	-74.77	0.00	5.62	-16.74	-6.07	16.33	16.56	-17.20
0:06:00	19.54	24.15	-74.76	0.00	5.62	-16.51	-6.04	16.33	16.60	-17.20
0:07:00	19.54	24.15	-74.75	0.00	5.62	-16.30	-6.01	16.33	16.64	-17.19
0:08:00	19.54	24.16	-74.74	0.00	5.62	-16.10	-5.98	16.33	16.68	-17.19
0:09:00	19.54	24.16	-74.73	0.00	5.62	-15.90	-5.95	16.33	16.71	-17.19
0:10:00	19.54	24.16	-74.72	0.00	5.62	-15.72	-5.93	16.33	16.75	-17.19
0:11:00	19.54	24.16	-74.72	0.00	5.62	-15.54	-5.90	16.33	16.78	-17.18

H= si velocidad viento <5m/s ----- 5,62 + 3,91\* Vel.viento

si velocidad viento >5m/s----- 7,34 \* (Vel. Viento)^ 0,8

Convección= H \* (T2T2 – Te)

Conducción= U \* (T2T2 – T2T3)

COMPARATIVA CARA SUR CASETA 1											
<b>Ce (J°C*Kg)</b>	1,200.00	<b>Tiempo (s)</b>	60								
<b>Densidad (Kg/m³)</b>	175,00							<b>U (W/m²K)</b>	0.19		
<b>Espesor (m)</b>	0.18										
<b>Masa (J°C*m²)</b>	37,800.00										
<b>Emisividad</b>	0.23										
HORA	TE	T1S3	PIR	Vel. Viento	H	CONVECCIÓN	CONDUCCIÓN	T1S2	BALANCE	PIR * Emisi.	
0:00:00	19.54	25.45	0.00	1.00	9.53	-28.78	-1.70	16.52	16.52	0.00	
0:01:00	19.54	25.45	0.00	1.00	9.53	-28.32	-1.69	16.52	16.57	0.00	
0:02:00	19.54	25.45	0.00	1.00	9.53	-27.87	-1.68	16.52	16.62	0.00	
0:03:00	19.54	25.45	0.00	1.00	9.53	-27.43	-1.67	16.52	16.66	0.00	
0:04:00	19.54	25.45	0.00	1.00	9.53	-26.99	-1.66	16.52	16.71	0.00	
0:05:00	19.54	25.45	0.00	1.00	9.53	-26.56	-1.65	16.52	16.75	0.00	
0:06:00	19.54	25.45	0.00	1.00	9.53	-26.14	-1.64	16.52	16.80	0.00	
0:07:00	19.54	25.45	0.00	1.00	9.53	-25.72	-1.64	16.52	16.84	0.00	
0:08:00	19.54	25.45	0.00	1.00	9.53	-25.31	-1.63	16.52	16.89	0.00	
0:09:00	19.54	25.45	0.00	1.00	9.53	-24.90	-1.62	16.52	16.93	0.00	
0:10:00	19.54	25.45	0.00	1.00	9.53	-24.50	-1.61	16.52	16.97	0.00	
0:11:00	19.54	25.45	0.00	1.00	9.53	-24.11	-1.60	16.52	17.01	0.00	

H= si velocidad viento <5m/s -----  $5,62 + 3,91 * \text{Vel. viento}$

si velocidad viento >5m/s-----  $7,34 * (\text{Vel. Viento})^{0,8}$

**Convección**=  $H * (T1S2 - Te)$

**Conducción**=  $U * (T1S2 - T1S3)$

COMPARATIVA CARA SUR CASETA 2										
<b>Ce (J°C*Kg)</b>	1200.00			<b>Tiempo (s)</b>	60					
<b>Densidad (Kg/m³)</b>	175.00						<b>U (W/m²K)</b>	0.28		
<b>Espesor (m)</b>	0.12									
<b>Masa (J°C*m²)</b>	25,200.00									
<b>Emisividad</b>	0.23									
HORA	TE	T2S3	PIR	Vel. Viento	H	CONVECCIÓN	CONDUCCIÓN	T2S2	BALANCE	PIR * Emisi.
0:00:00	19.54	24.37	0.00	1.00	9.53	-31.56	-2.28	16.23	16.23	0.00
0:01:00	19.54	24.37	0.00	1.00	9.53	-30.79	-2.26	16.23	16.31	0.00
0:02:00	19.54	24.37	0.00	1.00	9.53	-30.05	-2.23	16.23	16.39	0.00
0:03:00	19.54	24.37	0.00	1.00	9.53	-29.32	-2.21	16.23	16.46	0.00
0:04:00	19.54	24.37	0.00	1.00	9.53	-28.60	-2.19	16.23	16.54	0.00
0:05:00	19.54	24.37	0.00	1.00	9.53	-27.91	-2.17	16.23	16.61	0.00
0:06:00	19.54	24.37	0.00	1.00	9.53	-27.23	-2.15	16.23	16.68	0.00
0:07:00	19.54	24.37	0.00	1.00	9.53	-26.57	-2.13	16.23	16.75	0.00
0:08:00	19.54	24.37	0.00	1.00	9.53	-25.92	-2.11	16.23	16.82	0.00
0:09:00	19.54	24.37	0.00	1.00	9.53	-25.28	-2.09	16.23	16.89	0.00
0:10:00	19.54	24.37	0.00	1.00	9.53	-24.67	-2.08	16.23	16.95	0.00
0:11:00	19.54	24.37	0.00	1.00	9.53	-24.06	-2.06	16.23	17.02	0.00

H= si velocidad viento <5m/s -----  $5,62 + 3,91 * \text{Vel.viento}$

si velocidad viento >5m/s-----  $7,34 * (\text{Vel. Viento})^{0,8}$

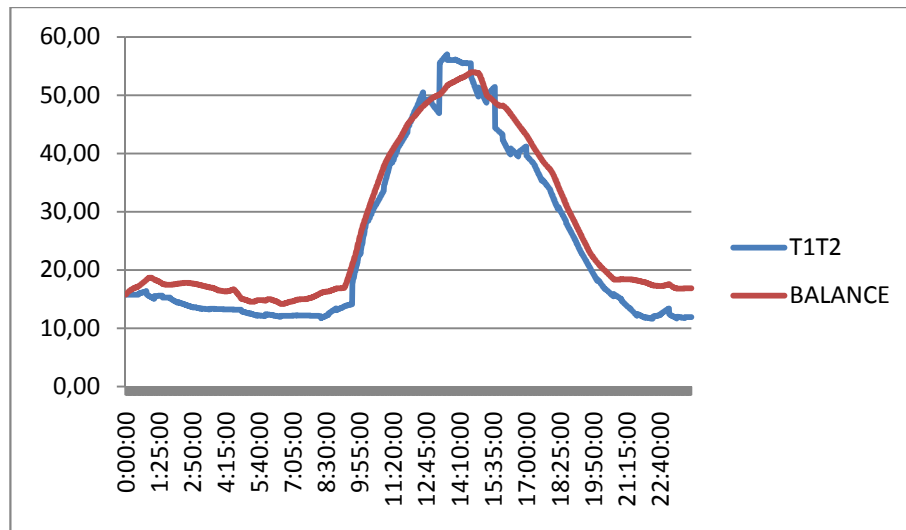
**Conducción**=  $H * (T2S2 - Te)$

**Conducción**=  $U * (T2S2 - T2S3)$

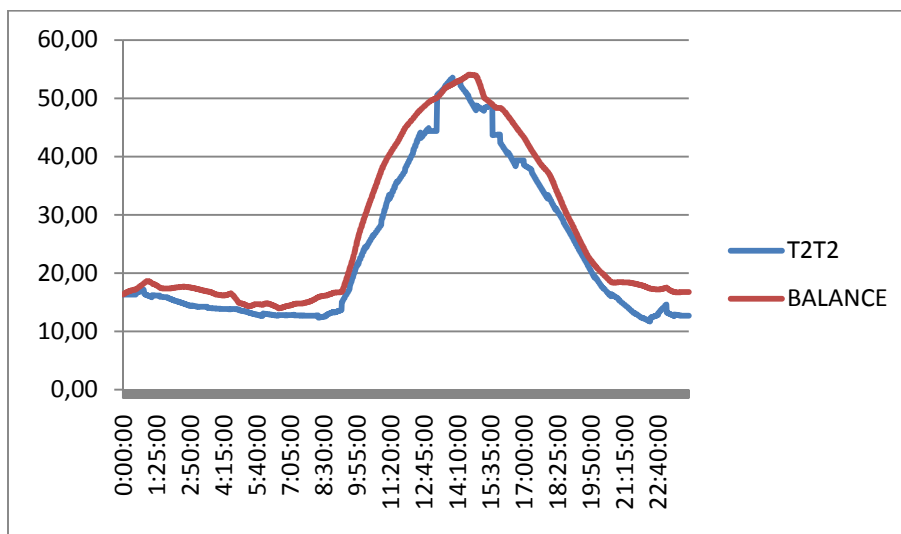
#### 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

A continuación se detallan los resultados obtenidos de comparar los datos reales con los experimentales. Se ha elegido como día objeto de estudio para la comparación el 26 de Septiembre de 2010. Se han hecho 4 comparaciones:

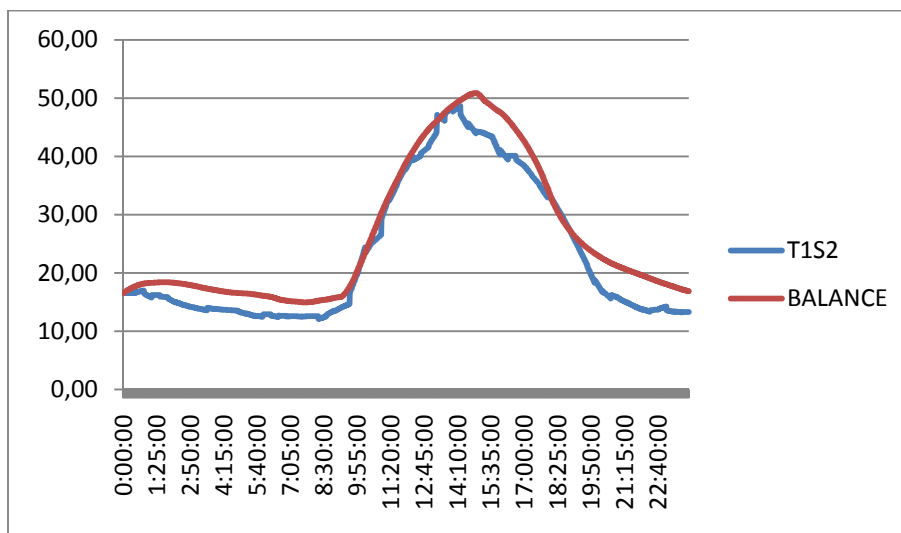
- Cubierta caseta 1
- Cubierta caseta 2
- Cara sur caseta 1
- Cara sur caseta 2



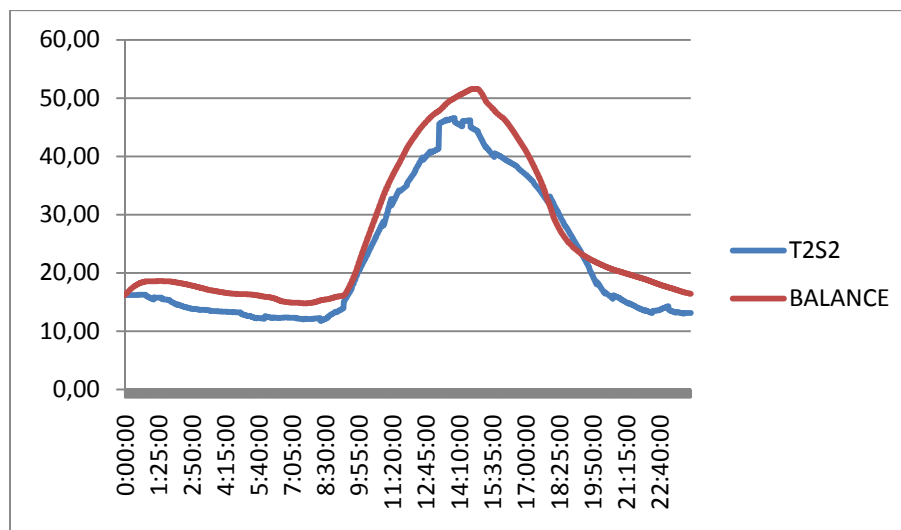
Gráfica 4.1. Comparativa de la cubierta de la caseta 1



Gráfica 4.2. Comparativa de la cubierta de la caseta 2



Gráfica 4.3. Comparativa de la cara sur de la caseta 1



Gráfica 4.4. Comparativa de la cara sur de la caseta 2

En las 4 gráficas se observa que los datos del sensor y del balance son bastante semejantes.

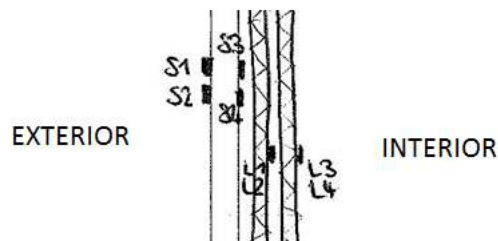


## ESTUDIO DEL PERFIL TÉRMICO

El perfil térmico es el cambio de temperatura que se produce al atravesar el calor una serie de capas de materiales. Éste puede ser mayor o menor dependiendo del espesor y densidad de las capas, de la hora en que se analice, si es verano o invierno, etc.

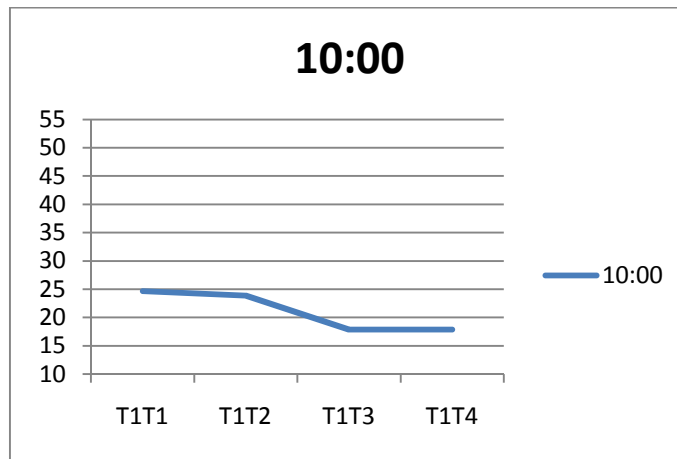
Con este motivo, se ha realizado un estudio de la temperatura que hay en cada capa de la pared (cara sur y cubierta de las 2 casetas), medida a través de los sensores. Se ha hecho una comparación de los resultados obtenidos en un instante de la mañana, de la tarde y de la noche.

### LOCALIZACIÓN

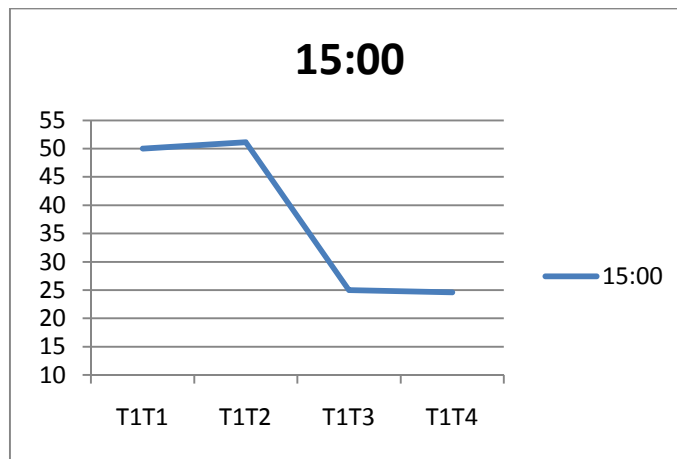


*Figura 4.1. Situación de los sensores*

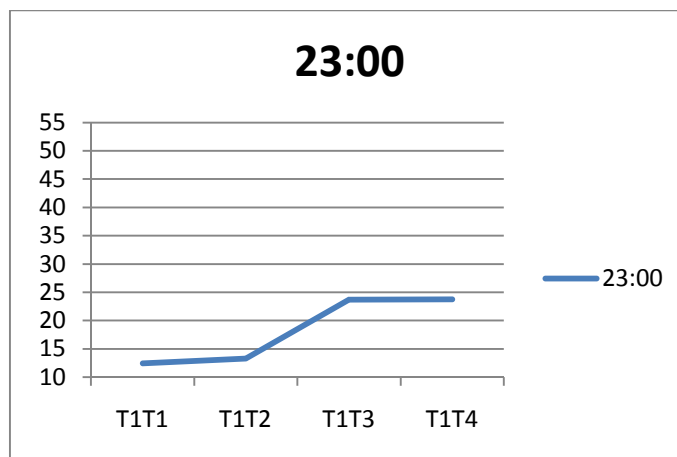
### CUBIERTA CASETA 1



Gráfica 4.5. Comparativa 10:00

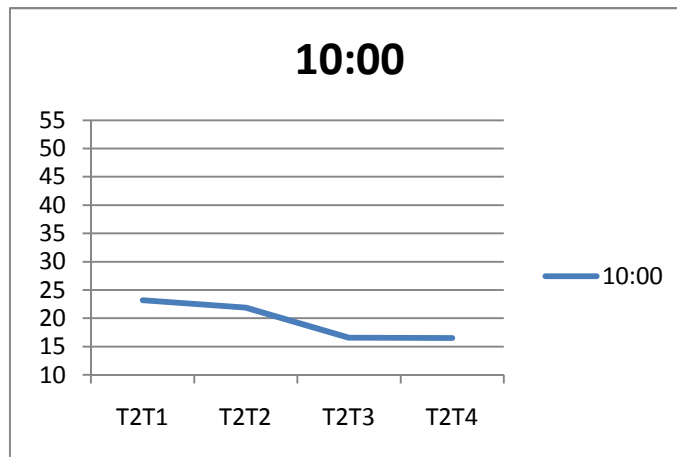


Gráfica 4.6. Comparativa 15:00

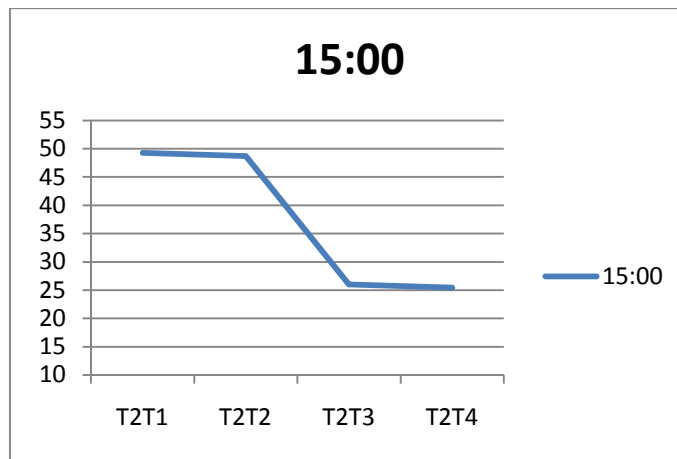


Gráfica 4.7. Comparativa 23:00

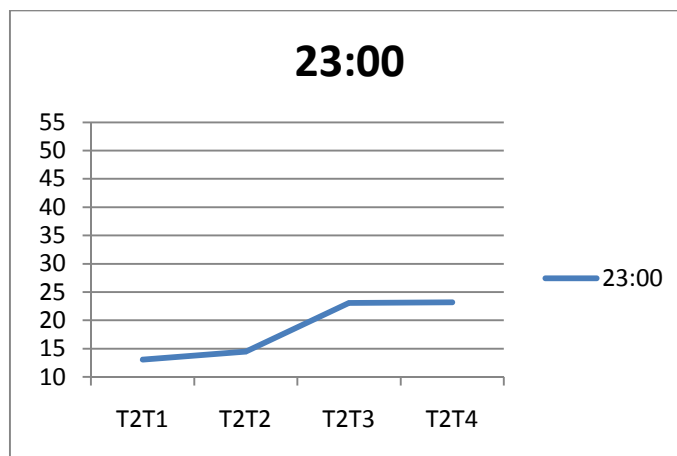
CUBIERTA CASETA 2



Gráfica 4.8. Comparativa 10:00

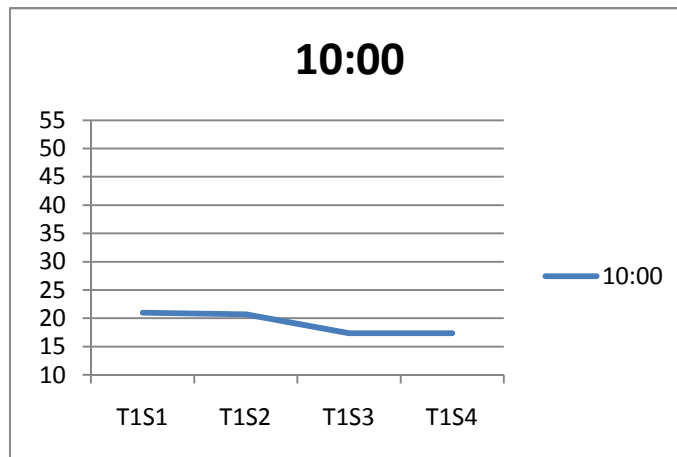


Gráfica 4.9. Comparativa 15:00

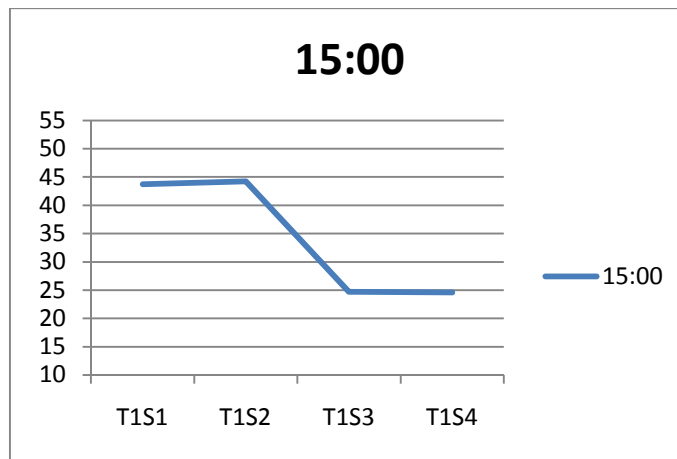


Gráfica 4.10. Comparativa 23:00

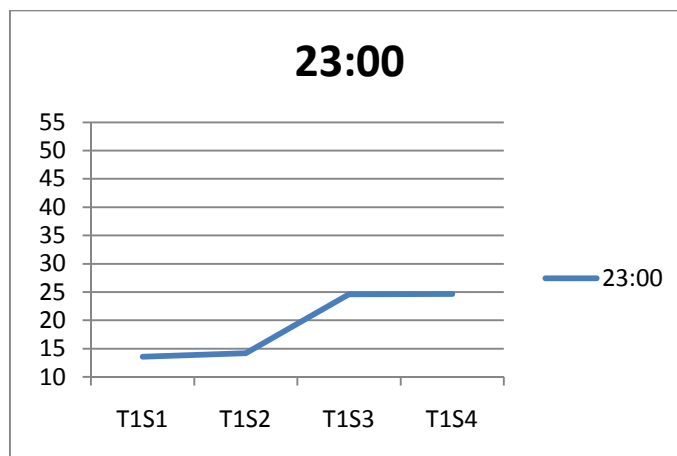
### CARA SUR CASETA 1



Gráfica 4.11. Comparativa 10:00

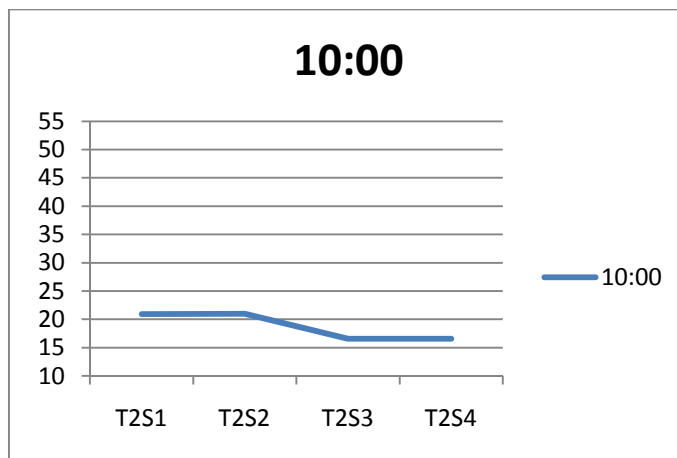


Gráfica 4.12. Comparativa 15:00

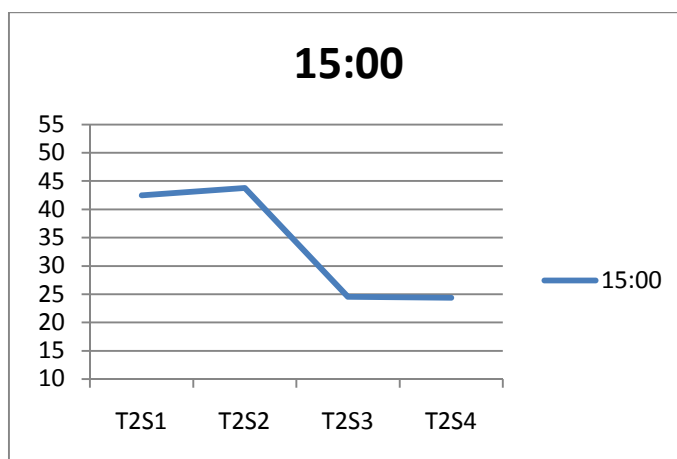


Gráfica 4.13. Comparativa 23:00

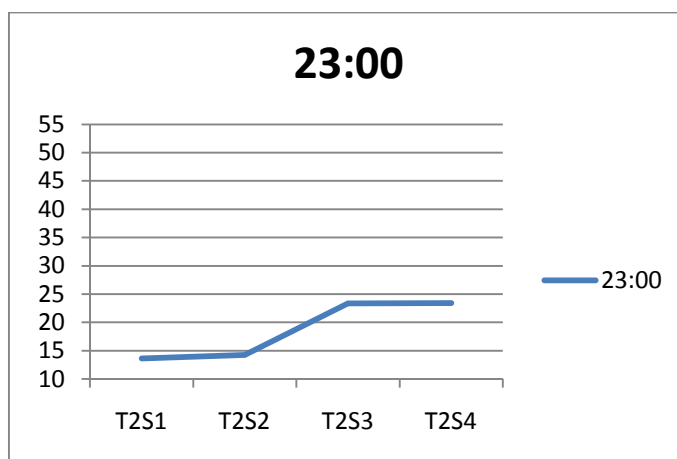
CARA SUR CASETA 2



Gráfica 4.14. Comparativa 10:00



Gráfica 4.15. Comparativa 15:00

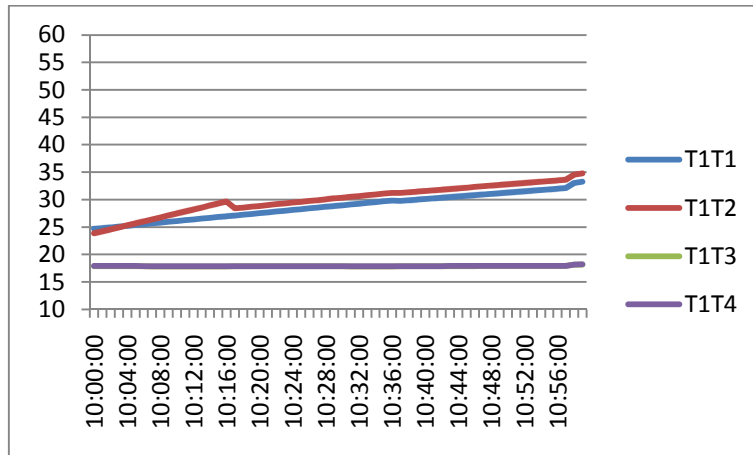


Gráfica 4.16. Comparativa 23:00

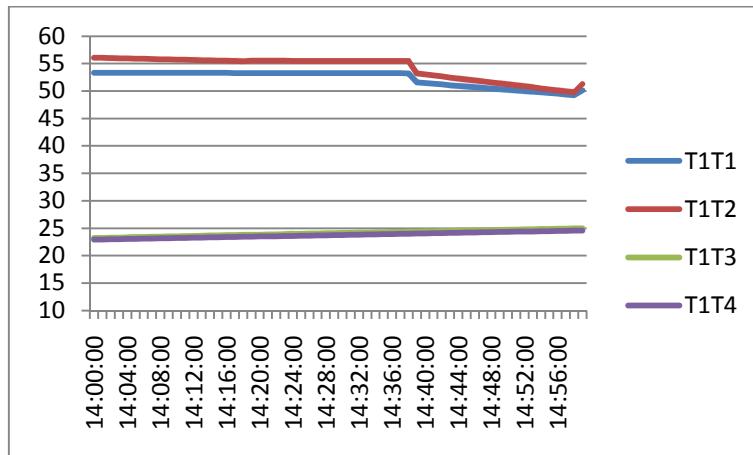
Se observa en todas las gráficas que, en los instantes de las 10:00 y las 15:00, dentro del recinto, hay menos temperatura que fuera, ya que a los de fuera les está dando directamente el sol. Sin embargo, en el instante de las 23:00, dentro del recinto se hay más temperatura que fuera. Esto se debe a que la caseta ha estado recibiendo calor durante todo el día; y, al tener aislamiento, la mantiene y la acumula dentro del recinto, con lo cual, aunque fuera ya no esté haciendo calor, dentro sí es elevada.

Para complementar esto, se ha realizado también la comparativa a lo largo de una hora por la mañana, por la tarde y por la noche, para ver la diferencia significativa existente entre los dos sensores situados fuera del recinto y los otros dos situados dentro del recinto. Se ha elegido como día objeto de estudio para la comparación el 26 de Septiembre de 2010.

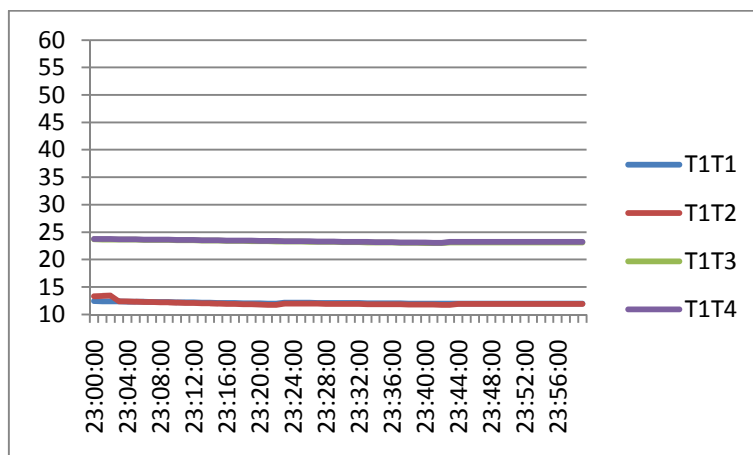
- CUBIERTA CASETA 1



Gráfica 4.17. Comparativa por la mañana



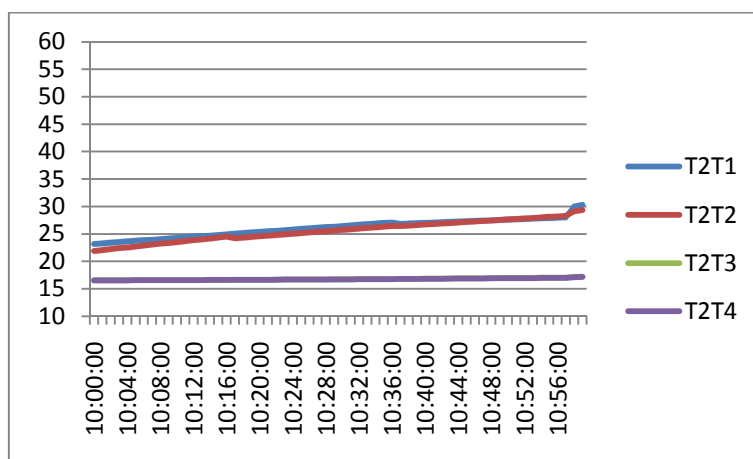
Gráfica 4.18. Comparativa por la tarde



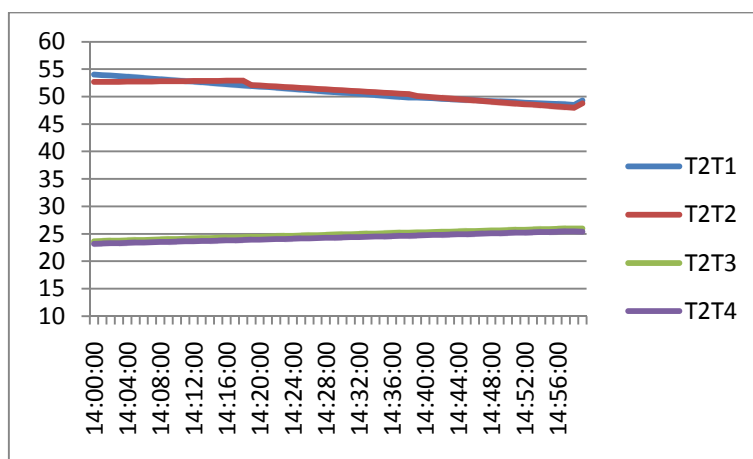
Gráfica 4.19. Comparativa por la noche



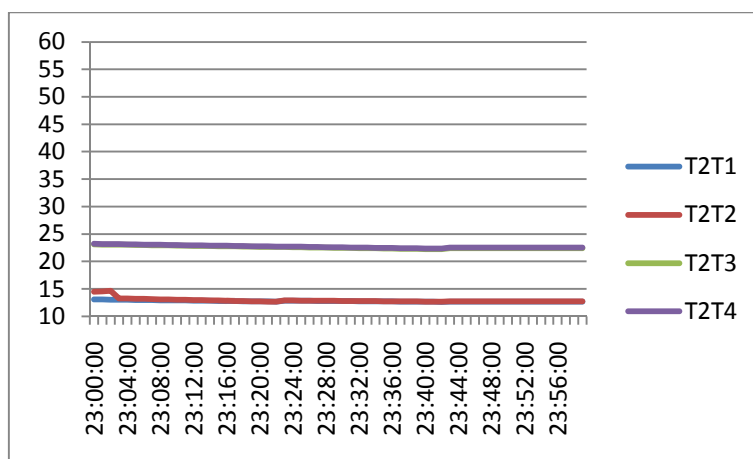
- CUBIERTA CASETA 2



Gráfica 4.20. Comparativa por la mañana

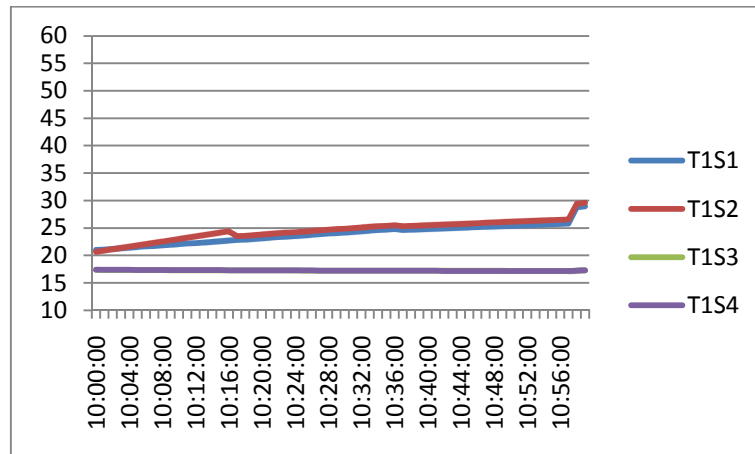


Gráfica 4.21. Comparativa por la tarde

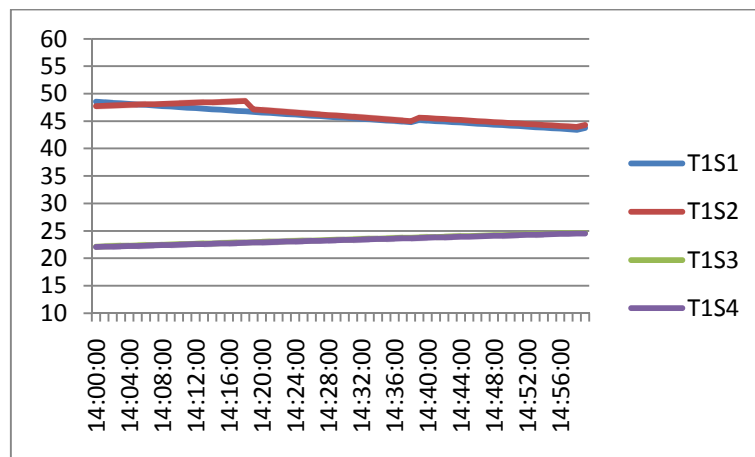


Gráfica 4.22. Comparativa por la noche

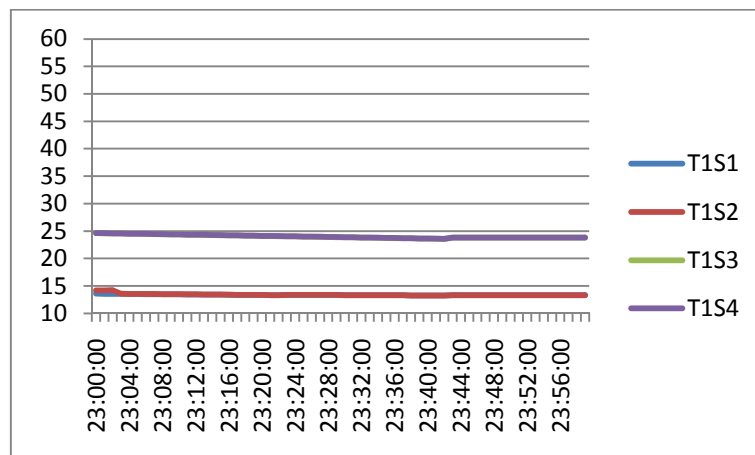
- CARA SUR CASETA 1



Gráfica 4.23. Comparativa por la mañana

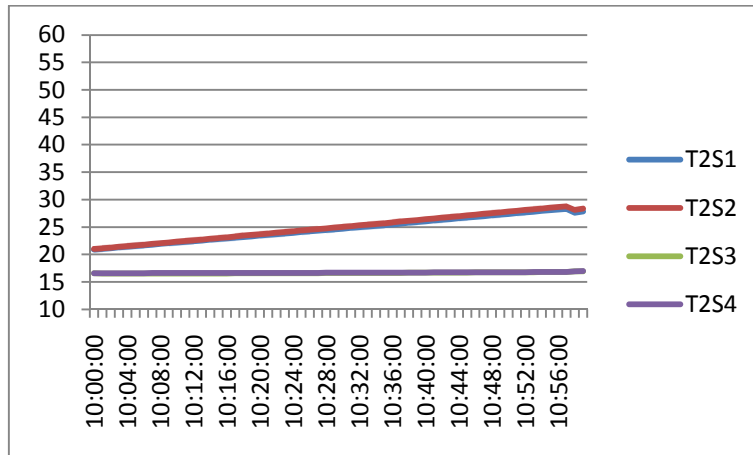


Gráfica 4.24. Comparativa por la tarde

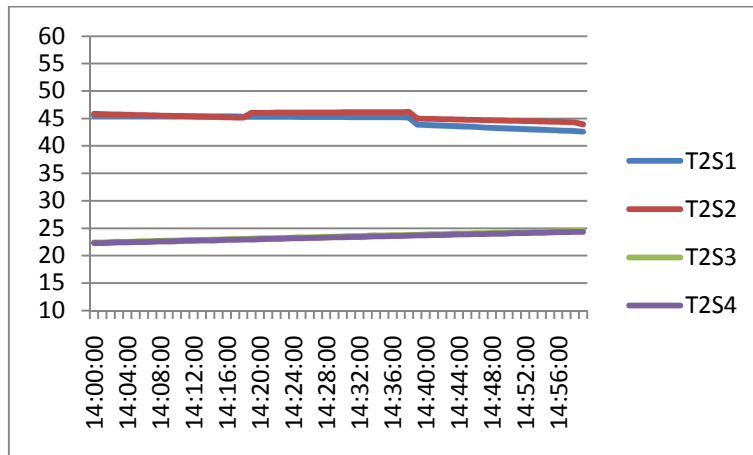


Gráfica 4.25. Comparativa por la noche

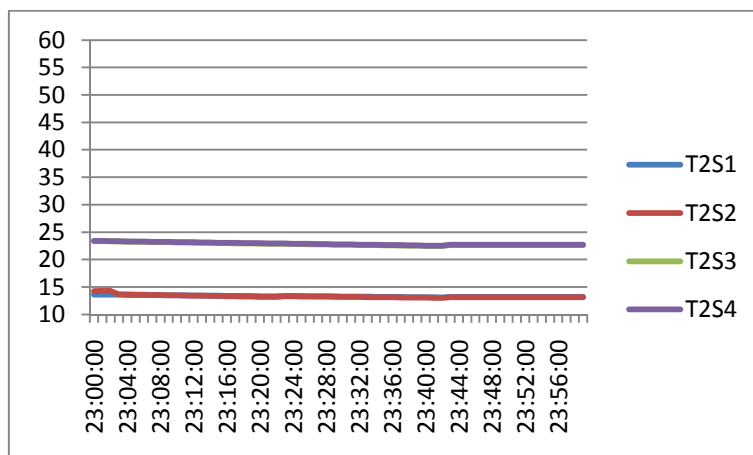
- CARA SUR CASETA 2



Gráfica 4.26. Comparativa por la mañana

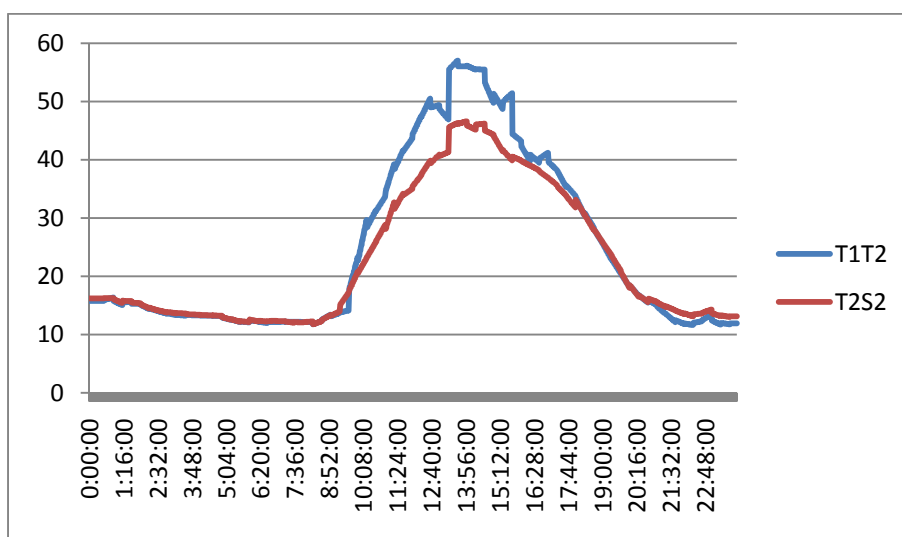


Gráfica 4.27. Comparativa por la tarde



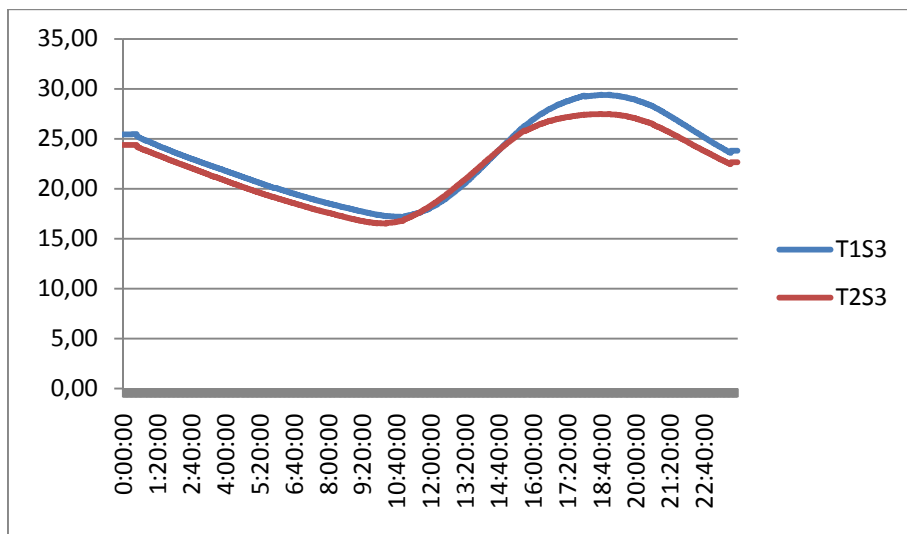
Gráfica 4.28. Comparativa por la noche

Otro estudio interesante que se ha realizado es la comparación de la temperatura del sensor situado exteriormente pegado a la pared en la cubierta de la caseta 1 (se ha cogido la caseta 1 ya que es indiferente, la cubierta de la caseta 2 es igual) y en la cara sur de la caseta 2. Se ha realizado esta comparativa para observar la diferencia significativa de la temperatura en las horas centrales del día entre la cubierta y la cara sur, ya que el sol llega perpendicularmente a la cubierta. También se ha elegido como día objeto de estudio el 26 de Septiembre de 2010.



Gráfica 4.29. Comparativa de los dos sensores

Aunque la cara sur de la caseta 1 tiene mayor aislamiento que la cara sur de la caseta 2, se observa que el sensor de la caseta 1 absorbe más temperatura que el sensor de la caseta 2. En las horas centrales del día se mantienen parecidas pero en las horas donde no está el sol, es mayor la de la caseta 1 ya que al tener mayor espesor retiene la temperatura recibida en las horas centrales.



Gráfica 4.30. Comparativa de los dos sensores

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] AIDICO. Instituto Tecnológico de la Construcción - Área de Construcción Sostenible.
- [2] [www.isover.net](http://www.isover.net)
- [3] Datos obtenidos del Plan de Acción 2008-2012 datos IDAE, Plan de Acción 2008-2012
- [4] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, La energía en España 2009, pag.195, ISBN 978-84-96275-91-1,  
[http://www.mityc.es/energia/balances/Balances/LibrosEnergia/Energia\\_2009.pdf](http://www.mityc.es/energia/balances/Balances/LibrosEnergia/Energia_2009.pdf)
- [5] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía IDAE, Guía práctica de la energía. Consumo eficiente y responsable, 2010, pag.128  
[http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos\\_11406\\_Guia\\_Practica\\_Energia\\_3ed\\_A2010\\_509f8287.pdf](http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_11406_Guia_Practica_Energia_3ed_A2010_509f8287.pdf)
- [6] Estimaciones de EURIMA
- [7] [<http://blog.ahorrocasas.com/casas-pasivas/>]
- [8] [http://www.google.es/imgres?imgurl=http://farm4.static.flickr.com/3129/3207301134\\_9c4b59223a.jpg&imgrefurl=http://www.euroasca.com/index2.php%3Fsec%3D4%26id%3D109&usc=c16QLGBwTIM--asBYJ3IA\\_lsq8=&h=407&w=500&sz=127&hl=es&start=0&zoom=1&tbnid=f4fiQirsGImuoM:&tbnh=170&tbnw=209&ei=Q3f3TezMCI6r8QOS69S3Cw&prev=/search%3Fq%3Dclaves%2Bde%2Bla%2Beficiencia%2Benerg%25C3%25A9tica%26um%3D1%26hl%3Des%26rlz%3D1W1ACPW\\_esES360ES360%26biw%3D1569%26bih%3D666%26tbnid%3Disch&um=1&itbs=1&iact=hc&vpx=385&vpy=277&dur=47&hovh=202&hovw=249&tx=164&ty=88&page=1&ndsp=21&ved=1t:429,r:8,s:0&biw=1569&bih=666](http://www.google.es/imgres?imgurl=http://farm4.static.flickr.com/3129/3207301134_9c4b59223a.jpg&imgrefurl=http://www.euroasca.com/index2.php%3Fsec%3D4%26id%3D109&usc=c16QLGBwTIM--asBYJ3IA_lsq8=&h=407&w=500&sz=127&hl=es&start=0&zoom=1&tbnid=f4fiQirsGImuoM:&tbnh=170&tbnw=209&ei=Q3f3TezMCI6r8QOS69S3Cw&prev=/search%3Fq%3Dclaves%2Bde%2Bla%2Beficiencia%2Benerg%25C3%25A9tica%26um%3D1%26hl%3Des%26rlz%3D1W1ACPW_esES360ES360%26biw%3D1569%26bih%3D666%26tbnid%3Disch&um=1&itbs=1&iact=hc&vpx=385&vpy=277&dur=47&hovh=202&hovw=249&tx=164&ty=88&page=1&ndsp=21&ved=1t:429,r:8,s:0&biw=1569&bih=666)
- [9] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/radmonth.php?lang=es&map=europe>
- [10] [http://www.upv.es/entidades/AMAPUOC/menu\\_urlc.html?http://ofverde.webs.upv.es/meteor/index.php](http://www.upv.es/entidades/AMAPUOC/menu_urlc.html?http://ofverde.webs.upv.es/meteor/index.php)