

TRABAJO FINAL DE GRADO:

Caracterización térmica del edificio 4k “Casa del Alumno”

Universitat Politècnica de València

2013-14

AUTOR: ELENA FERRER MADRID

TUTOR ACADÉMICO: Andrea Salandín_Dpto. de Física Aplicada.

Índice

ÍNDICE DE FIGURAS	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
RESUMEN/RESUM/SUMMARY	7
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	11
1.1 OBJETIVOS	11
1.2 SOSTENIBILIDAD Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICACIÓN	11
CAPÍTULO 2: TERMOGRAFÍA PRÁCTICA	21
2.1 LA TRANSMISIÓN DEL CALOR	21
2.2 INSTRUMENTAL UTILIZADO	26
2.3 EL OBJETO MEDIDO Y SU ENTORNO	28
2.4 CONDICIONES ÓPTIMAS PARA LA MEDICIÓN Y COMPROBACIONES	30
2.5 DEFECTOS EN LA TERMOGRAFÍA	32
2.6 NORMATIVA APLICABLE	35
CAPÍTULO 3: EDIFICIO 4K_ Casa del Alumno	37
3.1 MEMORIA DESCRIPTIVA	37
3.2 MEMORIA CONSTRUCTIVA	41
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS TERMOGRÁFICO	45
4.1 DESCRIPCIÓN DE LAS FICHAS TERMOGRÁFICAS	45
4.2 DESARROLLO DE LAS FICHAS TERMOGRÁFICAS	50
4.3 PERFIL TÉRMICO	56
4.4 PROPUESTA DE MEJORA DE LA ENVOLVENTE	58
4.3.1 CERRAMIENTOS	58
4.3.1 CARPINTERÍAS	67
4.5 ESTUDIO ECONÓMICO	72

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES	79
BIBLIOGRAFÍA	83
ANEXOS	84
ANEXO I. FICHAS TERMOGRÁFICAS	85
ANEXO II. PROYECTO GRÁFICO	108
ANEXO III. FICHAS TÉCNICAS	119

Índice de figuras

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

Figura 1: Inclinación del sol orientación Este	15
Figura 2: Protecciones orientación Este	15
Figura 3: Inclinación del sol orientación Oeste	16
Figura 4: Protecciones orientación Oeste	16
Figura 5: Captación solar directa	16
Figura 6: Captación solar indirecta	16

CAPITULO 2: TERMOGRAFÍA PRÁCTICA

Figura 7: Transmisión de calor en un cuerpo	21
Figura 8: Conducción	23
Figura 9: Convección	24
Figura 10: Cámara termográfica Flir i5	26

CAPÍTULO 3: EDIFICIO 4K_Casa del Alumno

Figura 11: Emplazamiento edificio 4k "Casa del Alumno"	37
Figura 12: Planta Baja	39
Figura 13: Alzado Norte	39
Figura 14: Planta Primera	39
Figura 15: Alzado Norte	39
Figura 16: Fachada nor-oeste	40
Figura 17: Fachada Este	40
Figura 18: Fachada Sur	40
Figura 19: Detalle cimentación	41
Figura 20: Detalle Forjado planta primera	42
Figura 21: Detalle cerramiento muro cortina	43
Figura 22: Detalle cerramiento ciego	43
Figura 23: Detalle cerramiento fábrica	43
Figura 24: Detalle partición fábrica	44
Figura 25: Detalle partición de pladur	44
Figura 26: Detalle cubierta no transitable	44
Figura 27: Detalle cubierta transitable	44

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS TERMOGRÁFICO

Figura 28: Ejemplo Ficha termográfica base	45
Figura 29: Imagen IR 4Ke01e	56
Figura 30: Perfil termico correspondiente a la imagen IR 4Ke01e	56
Figura 31: Imagen IR 4Kn02e	56
Figura 32: Perfil termico correspondiente a la imagen IR 4Kn02e	56
Figura 33: Imagen IR 4Ko03e	57
Figura 34: Perfil termico correspondiente a la imagen IR 4Ko03e	57
Figura 35: Imagen IR 4Ke01e	58
Figura 36: Imagen real fachada Este	58
Figura 37: Realización de taladros	59
Figura 38: Colocaciónnde inyectores	59
Figura 39: Inyección de la resina	59
Figura 40: Duración del proceso de Nanocrystalización	61
Figura 41: Imagen IR 4Kn02e	62
Figura 42: Imagen real fachada Oeste	62
Figura 43: Detalle cerramiento ciego	62
Figura 44: Cálculo del coeficiente de transmisión térmica 1	63
Figura 45: Sistema aislamiento por el interior	64
Figura 46: Detalle aislamiento por el interior	65
Figura 47: Cálculo del coeficiente de transmisión térmica 2	66
Figura 48: Imagen IR 4Ko03e	67
Figura 49: Imagen real terraza planta primera	67
Figura 50: Trayectoria del sol	69
Figura 51: Carta solar para latitud 39.5 °N (Valencia)	70
Figura 52: Inclinación del sol a las 10h y a las 14h de invierno	71
Figura 53: Inclinación del sol a las 10h en verano	71
Figura 54: Inclinación del sol a las 16h en verano	71

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES

Figura 55: Planta primera	79
Figura 56 Trasdosado PB	80
Figura 57: Trasdosado P1	80

Figura 58: Trasdoso P2	80
Figura 59: Trasdoso P3	80
Figura 60: Trasdoso Este	80
Figura 61: Trasdoso Oeste	80
Figura 62: Prestaciones térmicas trasdoso	81
Figura 63: Nanocrystalización Este	81
Figura 64: Nanocrystalización Oeste	81

Índice de tablas

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

Tabla 1: Medidas Pasivas	12
Tabla 2: Medidas Activas	12
Tabla 3: Condiciones Climáticas	14
Tabla 4: Radiación captada según orientación	15

CAPITULO 2: TERMOGRAFÍA PRÁCTICA

Tabla 5: Características técnicas cámara Flir i5	26
--	----

CAPITULO 3: EDIFICIO 4K_Casa del Alumno

Tabla 6: Cuadro de superficies Planta Sótano	38
Tabla 7: Cuadro de superficies Planta Baja	38
Tabla 8: Cuadro de superficies Planta Primera	39
Tabla 9: Cuadro de superficies Planta Segunda	40
Tabla 10: Cuadro de superficies Planta Tercera	40
Tabla 11: Cuadro Resumen superficies	40

CAPITULO 4: ANÁLISIS TERMOGRÁFICO

Tabla 12: Datos técnicos cinta autoadhesiva "Sika MultiSeal Plus"	68
Tabla 13: Resumen presupuesto total intervenciones	77

CAPITULO 5: CONCLUSIONES

Tabla 14: Resumen estructura y presupuesto	82
--	----

Resumen

Hoy en día, para determinar la eficiencia energética de la envolvente de un edificio, es de vital importancia el estudio previo de las condiciones que hacen, de nuestro edificio, un edificio eficiente.

El presente proyecto, pretende abarcar una visión global sobre la importancia de la eficiencia energética en la edificación y su posible mejora. Para ello, se ha hecho uso de la termografía infrarroja, la cual, es una herramienta indispensable en el mantenimiento de un edificio ya que permite detectar anomalías invisibles al ojo humano, con el objetivo de prevenir errores y fallos que puedan suponer grandes pérdidas económicas.

Así pues, se ha realizado un análisis exhaustivo del edificio objeto de estudio, y se han planteado una serie de propuestas de mejora las cuales favorecen a la mejora de eficiencia energética de la edificación.

Resum

Avui en dia, per poder determinar l'eficiència energètica de l'envoltura d'un edifici, es de vital importància l'estudi previ de les condicions que fan del nostre edifici, un edifici eficient.

El present projecte preten abarcar una visió global sobre la importància de l'eficiència energètica en l'edificació i la seua possible millora. Per aquesta raó, s'ha fet ús de la termografia infraroja, la qual es una ferramenta indispensable al manteniment d'un edifici, ja que permet detectar anomalies, invisibles a l'ull humà, amb l'objectiu de previndre errors que puguen supondre grandes perdues econòmiques.

Així doncs, s'ha realitzat un anàlisis exhaustiu de l'edifici objecte d'estudi, i s'han plantejat una serie de propostes de millora les quals favorixen a la millora de l'eficiència energètica de l'edificació.

Summary

Nowadays, in order to determine the energy efficiency of a building's envelope, it is of vital importance to develop a previous study of the different conditions which make of our building, an efficient building.

The present project intends to embrace a global vision about the importance of energy efficiency in building construction and its possible improvement. To do so, infrared thermography technology was needed, which is an essential tool for the building's maintenance, as it allows the detection of anomalies, invisible to the naked eye, with the objective of preventing mistakes or failures which could result in economic losses.

Thus, an in-depth analysis has been executed and a series of improvement proposals have been planned to favour and improve the energy efficiency of the building construction.

Agradecimientos

A mis padres y mi hermana, por su apoyo incondicional durante todos estos años ya que sin ellos no habría sido posible.

A mi tutor, Andrea Salandín, por su disposición y ayuda para la elaboración del Proyecto.

A Oscar, por aparecer en esta etapa de mi vida y acompañarme en todo momento.

Y sobre todo, a los grandes amigos que me llevo, en especial a Irene García, por aprender la una de la otra durante todos estos años.

Capítulo 1.

Introducción

A continuación se va a realizar una breve descripción de los objetivos más relevantes desarrollados en el presente proyecto.

Seguidamente, se va a presentar una visión global de la eficiencia energética en la edificación, concretamente dentro del campo del diseño de los edificios con elevada eficiencia energética en construcción sostenible y se va a citar el Marco Normativo aplicable.

1.1 Objetivos

El proyecto objeto de estudio tiene como objetivo principal el análisis térmico del edificio 4k "Casa del Alumno" de la Universitat Politècnica de València. Para su desarrollo va a ser de gran importancia:

- Definir las características térmicas del edificio objeto de estudio mediante el uso de la termografía infrarroja.
- Detectar defectos de construcción tales como pérdidas térmicas, humedades, fugas de aire...
- Analizar visualmente el edificio para detectar posibles puntos críticos para el posterior estudio termográfico.
- Fijar condiciones de detención de irregularidades en cerramientos del edificio que se han observado en el transcurso de la inspección.
- Determinar actuaciones correctivas o sustitutivas para solventar las anomalías detectadas.
- Proponer mejoras de la envolvente.
- Introducir la termografía como herramienta de análisis energético.

1.2 Sostenibilidad y eficiencia energética en la edificación

La eficiencia energética en la edificación tiene como objetivo principal la optimización del uso de energía primaria, y como consecuencia reducir las emisiones de CO_2 a la atmósfera debido a la actividad constructiva y al uso y explotación de los edificios [1]. Para conseguir dicho objetivo es necesario entender el edificio como una infraestructura energética urbana capaz de generar, recibir, almacenar y distribuir energía térmica y eléctrica de forma inteligente, reduciendo el impacto energético y ambiental sin renunciar a condicionantes técnicos, espaciales y formales entre otros de la Arquitectura.

Hoy en día, tanto los sistemas convencionales de climatización, como las soluciones pasivas o la forma arquitectónica en la edificación, son las estrategias más demandadas para la consecución de un adecuado nivel de confort en los edificios. Sin embargo, la eficiencia energética en la edificación propone invertir las estrategias antes citadas, es decir, prestarle mayor importancia a la forma, a la proporción, a los materiales y a la orientación del edificio para conseguir el confort requerido. También prestará importancia a los sistemas pasivos pero en menor medida así como a los sistemas activos de alta eficiencia alimentados con energías renovables [2].

En las siguientes tablas se recogen algunas de las principales medidas activas y pasivas importantes para la mejora del comportamiento térmico de la envolvente.

Tabla 1: Medidas Pasivas

MEDIDAS PASIVAS: Actuaciones en la envolvente térmica.
- Aislamiento de cubierta.
-Aislamiento de muros de fachadas (principales, patios y medianerías).
-Aislamiento de los huecos de fachada (carpinterías, vidrios y otros elementos).
-Aislamiento de suelos.

Tabla 2: Medidas Activas

MEDIDAS ACTIVAS: Actuaciones para la adecuación o implantación de instalaciones.
-Instalación de sistema solar para la producción de agua caliente sanitaria (ACS).
-Instalación de sistemas de iluminación en zonas comunes que incluyan detectores de presencia, control de luminosidad y zonificación adecuada de circuitos.
-Dotación de alumbrado de bajo consumo.
-Sustitución de aparatos elevadores tradicionales por otros de bajo consumo energético.
-Instalación o sustitución de calderas individuales de producción de calefacción y ACS por calderas individuales de condensación.
-Instalación o sustitución de calderas centralizadas de producción de calefacción y ACS por calderas de alta eficiencia energética.
-Dotación de sistemas de ahorro de agua en viviendas; instalación de aireadores en griferías, reductores de presión y cisternas de doble descarga.
-Otras instalaciones o medidas complementarias que contribuyan a la consecución del objeto de esta convocatoria, que deberán ser aceptadas por el órgano instructor...

Por lo tanto, basándose en los principios anteriormente citados, para llevar a cabo un diseño eficiente energéticamente deberemos realizar, en primer lugar un estudio climático exhaustivo con el consecuente análisis de todas las variables higrotérmicas; temperatura, humedad, radiación solar... que afecten directamente al proyecto para así poder disponer desde un primer momento de todos los datos necesarios para determinar cuáles pueden ser las variables de las que habrá que protegerse y por el contrario, cuáles serán las que tendrán mayor potencial de aprovechamiento energético. A continuación, ya podrá obtenerse una primera idea de cómo adecuar el programa, la forma y el lugar lo cual darán proyectos con baja demanda energética. A partir de este momento las estrategias de reducción de la demanda se consiguen con medidas pasivas, soluciones bioclimáticas puntuales que han de incorporarse de manera natural al diseño del edificio.

El siguiente paso ha de ser buscar la máxima eficiencia a través de las medidas activas de ventilación y en los sistemas de climatización. De esta forma garantizamos la minimización del consumo energético del edificio. Finalmente, tras haber diseñado un volumen con muy poca demanda energética para su funcionamiento, y haber previsto los sistemas activos más eficientes para cada situación, se analizarán cuidadosamente las fuentes o recursos locales y las demandas para captar el máximo de la energía necesaria proveniente de fuentes renovables minimizando las energías fósiles con criterios de máxima eficiencia.

La demanda energética en un edificio será la necesaria para su funcionamiento con los estándares de confort térmicos y lumínicos adecuados y cumpliendo con todos los requerimientos básicos de su función. Así pues, llamamos *demanda energética* de un sistema a la energía que necesita para realizar su función la cual es suministrada por un sistema que tiene un rendimiento determinado. A la energía consumida por el equipo para satisfacer la demanda es lo que llamamos *consumo*.

La eficiencia energética tiene como objetivo final reducir el consumo de la energía de los edificios. Para ello podemos reducir la demanda, aumentar el rendimiento de los sistemas o actuar simultáneamente sobre ambos. Será más eficiente disminuir la demanda del edificio que aumentar el rendimiento de los equipos.

La demanda energética en los edificios varía considerablemente según el uso al que se destina. Un edificio comercial presenta una demanda muy diferente a la de una vivienda tanto en calidad como en distribución temporal. Las necesidades de iluminación en un centro comercial son muy elevadas y la demanda de agua caliente sanitaria muy baja. Sin embargo, en una vivienda, este tipo de demanda se invierte y se centra básicamente en tres tipos. La demanda térmica para satisfacer los requerimientos de ACS, calefacción y refrigeración. La luminosa, para los requerimientos de confort lumínico y la demanda eléctrica. El tipo de energía será eléctrica o térmica para satisfacer las demandas anteriormente mencionadas y la fuente de energía primaria puede ser fósil, nuclear o renovable.

Por lo tanto, la demanda energética de un edificio va a variar dependiendo de varios factores como son: la ubicación, el diseño, la calidad en la construcción y el comportamiento del usuario.

1. Ubicación.

La ubicación del edificio va a ser clave en su comportamiento ya que determina las características climáticas a las que se va a ver expuesto afectando a demandas de calefacción, refrigeración o iluminación las cuales se subdividen en macroclimáticas y microclimáticas.

En la siguiente tabla [Tabla 3: Condiciones Climáticas] se citan las diferentes condiciones climáticas a las que se ve sometido el edificio dependiendo del factor ubicación. Las macroclimáticas van a depender de la latitud, longitud y región determinada y las microclimáticas son aquellas que vienen determinadas por la geografía del lugar como son los accidentes geográficos que alteran las condiciones microclimáticas.

Tabla 3: Condiciones Climáticas

Macroclimáticas	Microclimáticas
-Las temperaturas media, máxima y mínima a lo largo del día durante el invierno y el verano	-La orografía del terreno, que pueden determinar la accesibilidad solar, y la dirección de los vientos dominantes.
-La humedad relativa.	-La existencia de masas de agua cercanas, que reducen las variaciones bruscas de temperatura e incrementan la Humedad ambiente.
-La radiación solar incidente (directa y difusa).	-La existencia de vegetación.

2. Función.

La función o uso final al que se destina el edificio condiciona lógicamente la demanda energética del mismo. Un edificio público tendrá necesidades muy diferentes a las de una vivienda tanto en calidad como en cantidad de energía. La demanda variará también de forma diferente a lo largo del día.

3. Diseño.

Uno de los factores que mayor repercusión tienen en la demanda energética es el diseño, por lo que será determinante buscar soluciones que garanticen unas demandas energéticas mínimas de forma que se aproveche al máximo tanto la radiación solar como la iluminación natural y se minimice la climatización artificial.

La forma y proporción del edificio van a influir en primer lugar sobre la superficie de contacto que hay entre el edificio y el exterior. Dicha superficie se ve afectada por la radiación solar y la exposición al viento por lo que será un indicador de las pérdidas o ganancias de energía en el edificio. Podemos decir que cuanto más superficie de contacto haya, más intercambios térmicos se producirán. Esta situación será favorable en el caso de climas templados y cálidos, siendo peor en caso de climas continentales.

La resistencia al viento y la orientación serán otros dos factores influyentes. Cuanto mayor es un edificio mayor es su resistencia al viento. Una mayor resistencia al viento va a ser favorable en verano ya que incrementa la ventilación pero malo en invierno ya que favorece a las infiltraciones. Será el proyectista quien deberá adecuar el edificio para conseguir una buena ventilación en verano y unas infiltraciones mínimas durante el invierno, para ello ha de estudiar la colocación de los huecos en la fachada y su tamaño ya que permitirá una mayor ganancia solar y reducir así la demanda de energía.

La orientación del edificio va a ser fundamental para determinar la captación de energía solar a través de las superficies de vidrio. En general, en viviendas de climas continentales interesa una mayor captación de energía ya que ayuda a reducir los consumos de calefacción en invierno, sin embargo, durante el verano, es necesario limitar dicha radiación para ello haremos uso de elementos de sombreado u otras técnicas para que no se produzcan indeseados efectos como puede ser el sobrecalentamiento.

Un edificio con toda la superficie acristalada al Sur capta en julio el 60% de lo que capta otro de igual superficie orientado a Este-Oeste, como indica la siguiente tabla.

Tabla 4: Radiación captada según orientación

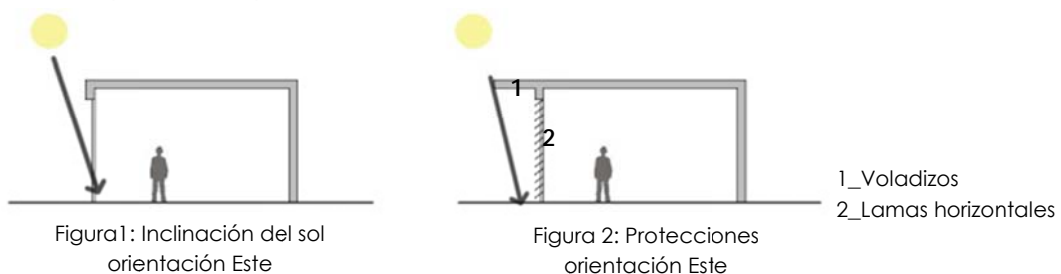
	JULIO	ENERO
ESTE/OESTE	488 W/m ²	198 W/m ²
SUR	289 W/m ²	380 W/m ²
NORTE	144 W/m ²	70 W/m ²

Analizando la tabla anterior [Tabla 4: Radiación captada según orientación] podemos decir que las orientaciones más desfavorables son Este y Oeste donde se recoge una mayor irradiación en verano y menor en invierno.

La orientación Norte solo recibe radiación solar algunas horas en verano y casi ninguna en invierno, obteniéndose valores de 70 W/m². Esta zona sería la más fría de la casa. En cambio, la fachada sur recibe directamente muchas horas de sol a lo largo del día mientras que en verano la radiación llega más vertical, y la recibe, sobre todo, la cubierta. Esta fachada recibe aproximadamente tres veces más radiación solar en invierno que en verano. La cubierta sin embargo recibe 4.5 veces más radiación en verano que en invierno.

Las fachadas Este y Oeste reciben 2.5 veces más radiación en verano que en invierno. Estas son muy conflictivas durante el verano como hemos comentado, sobretodo en orientación Oeste, pues a partir del mediodía recibe una gran cantidad de radiación muy difícil de controlar ya que incide de forma perpendicular sobre la superficie. En esta orientación los huecos han de estar protegidos contra la insolación durante el verano siendo preferibles protecciones verticales como lamas, árboles o similares.

En las siguientes imágenes podemos observar la inclinación del sol en las orientaciones más desfavorables explicadas anteriormente así como la correspondiente protección más favorable en cada caso.



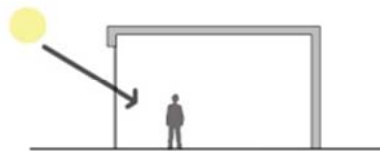


Figura 3: Inclinación del sol orientación Oeste

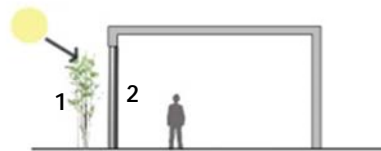


Figura 4: Protecciones orientación Oeste

1_Pantalla vegetal
2_Lamas verticales

4. Calidad en la construcción.

El consumo energético va a verse fuertemente afectado por la calidad constructiva por lo que va a ser fundamental una buena puesta en obra de los elementos y materiales constructivos. La transferencia de energía va a estar afectada por el nivel de aislamiento térmico, estanqueidad del aire, tipo de vidrio, detalles constructivos, etc., por lo que una mala puesta en obra de los mismos podría afectar gravemente a su comportamiento térmico penalizando el consumo energético de todo el edificio.

Por último, uno de los aspectos críticos sobre el cual también podemos actuar es el comportamiento del usuario.

5. Comportamiento del usuario.

Según los hábitos de cada usuario, el consumo energético puede variar en gran medida ya que la ventilación que se realice, la utilización correcta de los sistemas de protección, los hábitos de temperatura del edificio, etc., pueden tener mayor impacto, por lo que la optimización de los mismos será un factor crítico para el ahorro de energía.

A la hora de analizar las estrategias de reducción de la demanda energética nos centraremos en la reducción de la demanda de calefacción y refrigeración tal y como se detalla a continuación.

Cuando queremos reducir las demandas de calefacción en los edificios, la estrategia consiste en captar la mayor cantidad de energía posible, almacenarla y distribuirla por el mismo, aprovechando al máximo las ganancias solares, para ello el arquitecto debe garantizar un diseño en el cual las pérdidas de energía a través de la envolvente sean las menores posibles a través del aislamiento de fachadas, vidrios adecuados y estanqueidad en carpinterías.

Como hemos visto anteriormente [tabla 4: Radiación captada según orientación], la fachada Sur de los edificios durante el invierno recibe numerosas horas de radiación al día. Estaremos ahorrando energía si aprovechamos la energía calorífica de esta radiación para calentar el edificio ya que estaremos necesitando menos aporte del sistema de calefacción. Los sistemas de captación pasiva se dividen captación directa e indirecta.

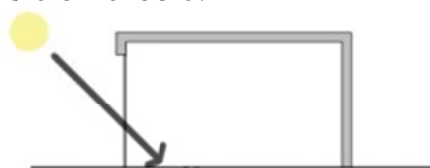


Figura 5: Captación solar directa



Figura 6: Captación solar indirecta

La captación solar directa [Figura 5], es un mecanismo mediante el cual la radiación solar penetra directamente a través de superficies acristaladas convenientemente orientadas a los espacios habitados donde es recogida y acumulada gracias a la inercia térmica de los suelos y las paredes. En los meses de verano, en climas cálidos, será necesaria su protección [Figura 2: Protecciones orientación Este].

Estas aportaciones solares directas a través de los vidrios se fundamentan en el Efecto Invernadero. La longitud de onda de la radiación solar que llega a la tierra se encuentra comprendida generalmente entre $0.3 \mu\text{m}$ y $3.5 \mu\text{m}$. La mayor parte de los vidrios son permeables a estas longitudes de onda corta, lo que hace que aproximadamente un 80% de la radiación incidente sobre el vidrio lo atraviese, mientras que el otro 20% se refleje o lo absorba el propio vidrio.

Esta radiación que ha atravesado el vidrio, calienta las paredes, el suelo y en general todas las superficies contra las cuales incide la radiación, de forma que estos cuerpos, al calentarse, re-irradian al ambiente una energía que, en esta ocasión es de onda larga del orden de los $11 \mu\text{m}$ frente a la cual el vidrio se comporta como un cuerpo opaco. De esta forma el vidrio permite la entrada de energía pero no su salida, calentando el ambiente interior.

Para que sea eficiente el sistema de captación solar directa se debe de cumplir que la ganancia de calor en invierno a través de la superficie acristalada sea mayor que las pérdidas por transmisión a través del vidrio, que no se produzca sobrecalentamiento en verano y que la contribución neta de las necesidades térmicas del edificio sea importante. Todo ello implica grandes superficies acristaladas orientadas al Sur, con acristalamiento y posibilidad de proyección nocturna con adecuada capacidad térmica expuesta a la radiación y protección solar en verano.

Denominamos *captación solar indirecta* [Figura 6] cuando el espacio a calentar precisa de un espacio intermedio donde se realiza la captación y de un elemento (tabique, muro, pared de cristal) que lo separe de la habitación que se quiere acondicionar para almacenar y posteriormente distribuir la energía. Dicho elemento presenta aberturas superiores e inferiores para permitir el paso de las corrientes de aire.

A diferencia de la radiación solar directa, donde hemos visto que el único fenómeno de transferencia de calor que interviene es la radiación, en este caso cobran importancia, además, la conducción y la convección ya que se genera entre el espacio a calentar y el exterior, un espacio que proporciona al edificio una protección adicional. Parte de la radiación solar entra directamente en el espacio interior, ya que entre ese espacio y el interior existen elementos transparente que permiten la captación solar.

Todos los componentes del sistema poseen una parte masiva que almacena la energía solar captada, emitiéndola en forma de radiación térmica con un desfase temporal que depende de las características de los materiales empleados.

Básicamente existen dos tipos de sistemas: el que exclusivamente tiene un muro masivo, tras un vidrio (el cual produce el efecto invernadero, favoreciendo la absorción de energía del muro) y los que, además, combinan el almacenamiento con la convección introduciendo el aire caliente en el espacio que queremos calentar.

El aislamiento térmico va a tener una influencia decisiva a la hora de obtener edificios energéticamente eficientes. Podemos decir que el aislamiento térmico es la medida que probablemente tenga una mejor relación coste/eficacia ya que con unos niveles de aislamiento mayores a los normativos, podríamos ahorrar mucha energía en los edificios, sobre todo en aquellos que posean una elevada demanda de calefacción.

El aislamiento térmico, es aquel material que presenta una elevada resistencia al paso del calor. La propiedad física que mide la capacidad aislante es la *conductividad térmica* (λ) por lo que cuanto más bajo sea su valor, más capacidad aislante tiene el material. En términos generales se considerará un material aislante térmico aquel cuyo valor de λ es menor a $0.006 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Otro termino que se utiliza para evaluar el aislamiento térmico es la *resistencia térmica* (R) que se define como el cociente entre el espesor del material (e) y su conductividad térmica (λ). Cuanto mayor sea la resistencia térmica, mayor será la capacidad aislante de dicho material.

Por último, para definir el aislamiento que presentan los cerramientos de un edificio haya que hacer uso de la *transmitancia térmica* (U). Los cerramientos del edificio en contacto con el aire exterior (muros de fachada, cubiertas, suelos...) suelen poseer varias capas, y el valor U caracteriza el cerramiento, ya que es la inversa de la suma de resistencias térmicas de todas las capas que componen el cerramiento y las resistencias térmicas superficiales tanto exterior como interior. Cuanto menor es el valor de U, más difícil será atravesar el calor a través del mismo, por tanto, mayor aislamiento poseerá dicho cerramiento.

Otra de las estrategias para reducir la demanda de calefacción es la reducción de las infiltraciones, las cuales tienen un impacto muy importante tanto en el nivel de eficiencia energética del edificio como en el confort de sus usuarios. El volumen de aire infiltrado dentro de un edificio dependerá de la superficie total de unas pequeñas aberturas o juntas, así como del gradiente térmico y el grado de exposición al viento de la fachada. En dichas oberturas es donde se genera un flujo de aire constante por la diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior del edificio.

Como es habitual, cuando hablamos de eficiencia energética en la edificación, el impacto de las infiltraciones va a depender de la zona donde se sitúe el edificio. En climas fríos, el control de las infiltraciones puede convertirse en un factor clave de ahorro energético por lo que es recomendable sellar al máximo los edificios y controlar las renovaciones de aire por medio de sistemas mecánicos de flujo constante con el objetivo de reducir las pérdidas de calor. Es una de las estrategias principales del estándar "Passiv Haus", que basa la eficiencia energética de los edificios en un control máximo de las infiltraciones, limitando en 0.6 las renovaciones de aire por hora.

En climas suaves, sin embargo, este aspecto no resulta tan relevante en cuanto a la eficiencia energética e incluso en climas cálidos y húmedos puede suponer una ventaja.

Por último, los vidrios de baja emisividad y los sistemas de recuperación concluyen las estrategias para reducir la demanda de calefacción.

Los vidrios bajo emisivos son vidrios desarrollados para reducir las pérdidas de calor desde el interior. Son vidrios monolíticos sobre los que se ha depositado una capa de óxidos metálicos extremadamente fina proporcionando al vidrio una capacidad de aislamiento térmico reforzado. Los vidrios bajo emisivos están ensamblados en un cristal doble o triple y la superficie donde se le ha aplicado la capa de óxido ha de estar colindante a la cámara de aire. Son de gran utilidad para los casos de ausencia de radiación solar directa, y cuando las temperaturas exteriores sean bajas.

La instalación de un sistema de recuperación de calor es una medida que puede tener un gran impacto en el ahorro energético, sobre todo en climas fríos. Estos permiten la renovación del aire interior conservando y recuperando la energía utilizada para climatizar este aire. El recuperador de calor funciona mediante la combinación de dos ventiladores centrífugos de bajo nivel sonoro, donde uno de ellos realiza la extracción del aire viciado del interior hacia el exterior y el otro impulsa el aire fresco del exterior y lo calienta. De esta forma conseguimos recuperar un alto porcentaje de energía utilizada para calentar o enfriar el aire del interior y reutilizarla. Esta medida junto a la reducción de las infiltraciones entre otras es una de las estrategias principales del estándar "Passiv Haus".

Dentro de las estrategias de reducción de la demanda de refrigeración encontramos, las protecciones solares, las estrategias de refrigeración y ventilación y el enfriamiento gratuito.

Como hemos visto, las estrategias en invierno se fundamentan en captar el máximo de energía, almacenarla y conservarla. En verano, la estrategia fundamental es evitar el sobrecalentamiento del edificio minimizando la radiación solar sobre los vidrios de la fachada, ventilando y refrigerando el edificio y reduciendo las cargas internas.

Las protecciones solares del hueco acristalado son sin duda la medida más eficaz y rentable económicamente para reducir las demandas energéticas de refrigeración, especialmente en edificios de oficinas con un ratio vidrio/opaco elevado. Así pues, mediante la utilización de protecciones fijas, móviles o incluso mediante especies vegetales se consigue reducir la radiación incidente sobre el hueco en verano pero permitiendo la captación energética en invierno.

El tipo de protección va a depender de la orientación del hueco que queramos proteger, como hemos visto anteriormente [Figura 2] y [Figura 4]. En la orientación Sur, son muy eficaces los elementos horizontales fijos o voladizos, las pérgolas y las lamas horizontales. En la orientación Oeste, debido a la baja altura solar, la radiación llega al edificio muy horizontal por lo que es conveniente colocar protecciones móviles o fijas en forma de lamas verticales o bien pantallas vegetales preferiblemente de hoja caduca, de forma que protejan de la radiación solar en verano pero permitiendo las ganancias solares en invierno.

La ventilación en los edificios, es una de las estrategias más eficientes a la hora de reducir las cargas de refrigeración ya que favorece la disipación del calor acumulado en la masa térmica descargando térmicamente el edificio y mejorando la sensación de confort. Existen tres tipos de ventilación interesantes en el contexto de construcción sostenible, la ventilación simple, la cruzada y la mecánica.

La ventilación simple es aquella que se produce a través de una única fachada. Al tener escaso potencial de ventilación no resulta muy eficiente ya que no existe otra obertura que permita la salida del aire por lo que será preferible una ventilación que se produzca como mínimo a través de dos huecos en la fachada.

En el caso de que la ventilación se produzca entre huecos situados en fachadas distintas (no necesariamente opuesta) la ventilación se denomina *ventilación cruzada*. Esta es la más adecuada ya que las dos fachadas están sometidas a presiones distintas, debidas a la velocidad del viento y por tanto se establecen diferencias de presiones también entre los huecos situados en cada una de las dos fachadas.

Por último, la ventilación mecánica consiste en inducir el flujo de aire mediante algún dispositivo mecánico. Estos sistemas no deben emplearse como alternativa a los sistemas de acondicionamiento natural o artificial. Existen principalmente dos tipos de sistemas. Por un lado tenemos aquellos que por medio de una red de conductos toman el aire del exterior y lo introducen en cada uno de los espacios y aquellos que únicamente están destinados a recircular el aire del interior de los locales. Los primeros se asocian habitualmente a la renovación o climatización del aire interior con el objetivo de mantener la calidad de éste y se componen de: ventiladores, filtros, una red de conductos de impulsión y extracción, y unos elementos terminales o difusores.

Para concluir este apartado cabe mencionar que el RITE, Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, obliga a incorporar un sistema de enfriamiento gratuito "free cooling", basado en la inyección de aire exterior en aquellos sistemas cuyo régimen de funcionamiento exceda las 1000 horas/año. El ahorro de energía que esto supone es considerable en grandes instalaciones gracias al aprovechamiento de las energías del entorno siempre que sea posible.

En definitiva, las estrategias anteriormente citadas van a permitir mitigar en la medida de lo posible el incremento del consumo energético, controlar los gastos y gestionar de forma más eficiente las instalaciones de manera que la vivienda sostenible sea una alternativa mediante la cual, la reducción del consumo de energía redundará en el consumo de combustibles evitando el consumo de materias primas. A su vez se minimizan las emisiones, derivadas de la combustión de gases de efecto invernadero y otros compuestos que pueden afectar a la salud humana o a los ecosistemas.

Capítulo 2.

Termografía práctica

En este capítulo se tratarán los conceptos básicos y los mecanismos de transmisión del calor. Se desarrollará el instrumental utilizado y se presentará una breve descripción sobre el objeto medido y su entorno así como las conducciones óptimas para su medición.

2.1 La transmisión del calor.

- Conceptos básicos:

La transmisión del calor es el proceso mediante el cual se intercambia energía entre dos cuerpos en forma de calor o bien entre diferentes partes de un mismo cuerpo que se encuentran a distinta temperatura[3].

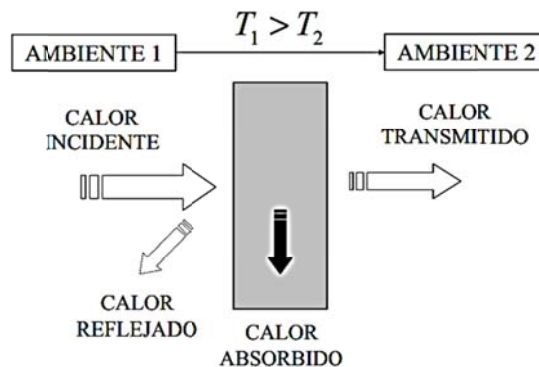


Figura 7: Transmisión de calor en un cuerpo

Cuando se habla de calor, se entiende como la energía que poseen los cuerpos, en cambio, la temperatura es la medición de dicha energía.

Este flujo de calor siempre se produce desde la región más caliente a la más fría [Figura 7], hasta que ambos cuerpos se encuentren en equilibrio térmico, es decir, que se igualen sus temperaturas. (Principio Cero de la Termodinámica). Dicha transmisión de calor se puede producir por tres mecanismos; Convección, radiación o conducción.

Para entender el fenómeno anterior, se van a describir una serie de conceptos básicos fundamentales:

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA: λ (W/mk)

Es la cantidad de calor que se transmite a través de la unidad de espesor de un material, cuando la diferencia de temperatura entre ambas caras es de 1 grado, se representa por la letra K y equivale a $\frac{1}{R}$ (total) = K. También llamada *conductancia térmica*.

La conductividad térmica representa la capacidad de transportar energía en forma de calor a través de un cuerpo con masa como resultado de un gradiente de temperatura.

De acuerdo con la segunda ley de la termodinámica, el calor siempre fluye en la dirección de la temperatura más baja.

La relación entre el calor transportado por unidad de tiempo ($\frac{dQ}{dt}$) o flujo de calor (Q) y el calor gradiente de temperatura ($\frac{\Delta T}{\Delta x}$) a través de un área A esta descrita por la ECUACION DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA:

$$\frac{dQ}{dt} = Q = -\lambda A \frac{T_2 - T_1}{\Delta x}; q = -\lambda \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

La Conductividad térmica es por tanto una propiedad específica de cada material usada para caracterizar el transporte de calor en ritmo estacionario. Se puede calcular utilizando la siguiente ecuación:

$$\lambda(T) = \rho(T) * c_p(T) * a(T)$$

A: Difusividad térmica
c: Capacidad calorífica específica
 ρ : Densidad

RESISTENCIA TÉRMICA: (R) m² K/W

La resistencia térmica es la capacidad de un material de oponerse al flujo del calor. En el caso de materiales homogéneos es la razón entre el grosor del material y la conductividad térmica del mismo. En materiales no homogéneos la resistencia es la inversa de la conductancia térmica. Cuanto mayor sea el aislamiento requerido, mayor espesor deberemos emplear para una misma conductividad (igual material). Los valores altos de resistencia térmica indican gran capacidad de aislamiento.

TRANSMITANCIA TÉRMICA: W/m²·K

Llamamos Transmitancia Térmica al flujo de calor por grado de temperatura entre dos ambientes isoterms y por unidad de superficie de una de las caras isoterms de un cerramiento dado que separa ambos ambientes. También es llamado coeficiente de transmisión de calor o coeficiente de transmisión térmica. Cuanto menor es la transmitancia, el paso de calor a través de ese cerramiento es menor y por lo tanto está mejor aislado. Es inversamente proporcional a la resistencia térmica y disminuye con el aumento del aislamiento térmico. $U = \frac{1}{R}$

Para cumplir con una determinada transmitancia térmica hay que obtener la resistencia térmica total de la sección y realizar la inversa. La R total se obtiene de la suma de la resistencia térmica de cada uno de los elementos que la componen más la resistencia térmica equivalente exterior correspondiente. El valor obtenido tiene que estar siempre por debajo del valor límite, siempre teniendo en cuenta que hay que compensar los puentes térmicos existentes tal y como se expone en el CTE DB-HE.

- Mecanismos de transmisión.

Como se ha comentado, el calor puede ser transmitido de tres formas distintas en función del mecanismo mediante el cual la energía es transportada por el medio. Estos son: conducción, convección y radiación. Aunque estos tres procesos pueden ocurrir al mismo tiempo, puede suceder que uno de los mecanismos predomine sobre los otros dos.

A) CONDUCCIÓN

La conducción es el mecanismo de transferencia de calor a través de dos objetos sólidos que se produce por el contacto directo entre las partículas de dichos cuerpos que se encuentran a diferente temperatura sin que se produzca flujo de materia, provocando que las partículas lleguen al equilibrio térmico. Puede tener lugar en sólidos, líquidos y gases aunque es característico de los sólidos, puesto que en gases y líquidos siempre se producirá convección simultáneamente. Hay sólidos que son buenos conductores del calor, como los metales, y otros en cambio que lo conducen con dificultad, como la madera y el corcho. Por ello los cerramientos suelen realizarse con estos materiales para asegurar un buen aislamiento térmico.

La conducción de calor sólo ocurre si hay diferencias de temperatura entre dos partes del medio conductor. Para un volumen de espesor Δx , con área de sección transversal A y cuyas caras opuestas se encuentran a diferentes T_1 y T_2 , con $T_2 > T_1$, [Figura 8], se encuentra que el calor ΔQ transferido en un tiempo Δt fluye del extremo caliente al frío. Si se llama H (en Watts) al calor transferido por unidad de tiempo, la rapidez de transferencia de calor $H = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ está dada por la LEY DE LA CONDUCCIÓN DE CALOR DE FOURIER que tiene la siguiente expresión.

$$H = \frac{dQ}{dt} = -kA \frac{dT}{dx}$$

K : Conductividad térmica del material.
 $\frac{dT}{dx}$: Gradiente de temperatura.

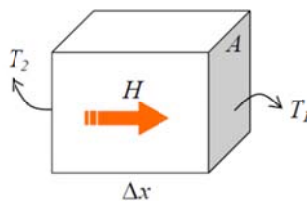


Figura 8: Conducción

En edificación, los procesos que emplean transporte de calor aparecen cuando se pretende aislar térmicamente una cubierta o bien un muro. El coeficiente de conducción de un material mide la capacidad del mismo para conducir el calor a través de la masa del mismo. Los materiales aislantes tienen un coeficiente de conducción pequeño por lo que su capacidad para conducir el calor es reducida, por ello son de gran utilidad en el proceso edificatorio.

B) CONVECCIÓN

El concepto de convección se refiere al proceso de "alejar" energía térmica, desde (o hacia) un sólido por medio de un fluido adyacente en movimiento, en presencia de un gradiente de temperaturas. El fenómeno envuelve dos mecanismos, la convección natural y la convección forzada.

Este mecanismo de transferencia de calor únicamente se va a producir en los fluidos (líquidos o gases). Puede definirse como el modo en el que se transfiere la energía entre una superficie sólida y el fluido adyacente bien sea líquido o gas mediante el movimiento de las partículas del dicho fluido que implica el movimiento de volúmenes del fluido entre regiones a diferentes temperaturas. Cuanto mayor es el movimiento del fluido mayor será la transferencia de calor por convección.

Se pueden diferenciar dos tipos. El proceso de convección natural, donde el movimiento del fluido es debido a causas naturales, donde las fuerzas de empuje son inducidas por diferencia de densidades debido a la variación de temperatura de ese fluido y la convección forzada en la cual el fluido es forzado a fluir sobre la superficie mediante medios artificiales (ventiladores, bombas, etc.)

Un ejemplo aplicado en edificación sería el proceso de enfriamiento convectivo, el cual se alcanza empleando directamente masas de aire frío. Este proceso podría conseguirse mediante patios interiores o cubiertas inundadas.

Los patios interiores y las construcciones que los rodean ceden calor hacia él por radiación, enfriándose con la ayuda adicional del mecanismo de enfriamiento nocturno y evaporativo, originándose una bolsa de aire enfriado que contribuye a refrescar el propio patio y las estancias adyacentes. Las cubiertas inundadas podrían ser otra solución a este proceso, mediante cubiertas planas en las que se acumula el agua. En verano son más efectivos los estanques o masas de agua con una cubierta impermeable y aislante. Durante la noche, se retira la cubierta impermeable y el agua se enfría absorbiendo calor del edificio. Durante el día, se cubre la masa de agua con una protección para minimizar el calentamiento diurno del agua. Este sistema es efectivo en climas cálidos y secos.

La convección se modela matemáticamente mediante la LEY DE ENFRIAMIENTO DE NEWTON cuya expresión es:

$$Q - \text{punto} = A_s * h * (T_s - T_f) \text{ ó}$$

$$q - \text{punto} = h * (T_s - T_f)$$

As: Área de la superficie de transferencia.
h: Coeficiente de película o coeficiente de transferencia de calor por convección.
Ts: temperatura de la superficie de transferencia
Tf: temperatura del fluido.

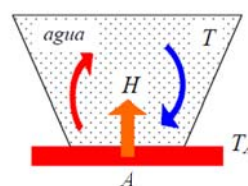


Figura 9: Convección

C) RADIACIÓN

La radiación térmica es la radiación electromagnética emitida por la superficie de un cuerpo en virtud de su temperatura. Este cuerpo emite una radiación electromagnética en todas direcciones que al incidir sobre otro puede; en parte reflejarse, en parte absorberse y el resto transmitirse a través de él. La parte absorbida se transformará en energía térmica.

Todos los cuerpos a una temperatura por encima del 0 absoluto emiten radiación térmica. La radiación es un fenómeno volumétrico y todos los sólidos, líquidos y gases emiten, absorben o reflejan radiación en diversos grados. Sin embargo la radiación térmica suele considerarse un fenómeno superficial para los sólidos que son opacos a la radiación térmica, como los metales, la madera y las rocas, ya que la radiación emitida por regiones interiores de un material de este tipo nunca pueden llegar a la superficie y la radiación incidente sobre esos cuerpos suele absorberse en unas cuantas micras hacia dentro en dichos sólidos.

A diferencia de la conducción y la convección la radiación no necesita un medio de transmisión y puede ocurrir en el vacío. La transferencia de calor por radiación es la más rápida, a la velocidad de la luz y no sufre atenuación en el vacío.

La conducción pura se presenta sólo en materiales sólidos. La convección siempre está acompañada de la conducción, debido al contacto directo entre partículas de distinta temperatura en un líquido o gas en movimiento. En el caso de la conducción, la temperatura de calentamiento depende del tipo de material, de la sección y de la longitud del cuerpo. Esto explica por qué algunos cuerpos se calientan más rápido que otros a pesar de tener exactamente la misma forma, y que se les proporcione la misma cantidad de calor.

En edificación, el conocimiento de la radiación solar que incide en una determinada zona resulta de gran interés a la hora de diseñar un sistema de aprovechamiento de la energía solar como alternativa a las fuentes de energía tradicionales. Se suele distinguir entre la radiación solar directa, procedente de la dirección del sol, y la radiación solar difusa, que alcanza el suelo después de ser dispersada por la atmósfera y que, por tanto, procede de todas las direcciones, siendo difícil de estimar.

En general, si los rayos solares inciden sobre un objeto de superficie A y emisividad ϵ , con un ángulo θ (ángulo cenital que forman los rayos solares con la vertical), el calor que absorbería por radiación solar directa será aproximadamente: $\frac{Q}{t} = 1000\epsilon A \cos \theta$. Esto es solo una estimación, ya que el valor real depende de la altitud y latitud del lugar, de la humedad del aire, de la presencia de partículas en la atmósfera (aerosoles) y de la existencia de nubes.

El ángulo cenital θ cambia con la posición del Sol en el cielo, a lo largo del día y en los distintos días del año. El factor $\cos \theta$ explica, por tanto, la existencia de estaciones climáticas, de los casquetes polares, o de que el Sol caliente más a mediodía (θ mínimo, $\cos \theta$ máximo) que al amanecer o al atardecer ($\theta_{orto} = \theta_{ocaso} = 90^\circ$).

En el siguiente apartado, se va a realizar una descripción sobre el instrumental utilizado para el análisis termográfico realizado en el presente proyecto.

2.2 Instrumental utilizado.

Para llevar a cabo todo este estudio, se ha hecho uso de una cámara termográfica, proporcionada por el personal docente de la escuela E.T.S Ingeniería de Edificación. Se trata de la cámara Flir i5, con las siguientes características técnicas.

Tabla 5: Características técnicas cámara Flir i5

Características técnicas; FLIR i5
Pantalla LCD de 100x100 píxeles de resolución de 2.8".
Rango de medición (-20° C a 250° C).
Sensibilidad térmica < 0.1° C.
Precisión +/-2% ó 2° C.
Campo de visión 21° x 21°.
Frecuencia 9 Hz.
Libre de enfoque – autoenfocada.
Emisividad ajustable de 0.1 a 1.0.
Paletas térmicas hierro, arcoíris y gris.



Figura 10: Cámara termográfica Flir i5

Las cámaras termográficas funcionan según los principios de la termografía por infrarrojos. La termografía por infrarrojos es la ciencia que estudia el uso de dispositivos optoelectrónicos para detectar y medir la radiación a partir de la cual se obtiene la temperatura de las superficies bajo estudio. La radiación es la transferencia de calor que se produce en forma de energía radiante (ondas electromagnéticas) sin que exista un medio de transferencia [4].

La Termografía infrarroja es una técnica que permite obtener la temperatura de una superficie con precisión sin tener que tener ningún contacto con ella. Podemos convertir las mediciones de la radiación infrarroja en mediciones de temperatura. Los campos de aplicación de esta técnica tienen una extensión que va más lejos de la simple toma de medidas de temperatura, y abarcan tanto aplicaciones industriales, constructivas, médicas así como de investigación y desarrollo.

La localización de defectos en instalaciones eléctricas, el análisis de delaminaciones de materiales compuestos, el control de procesos de fabricación, la vigilancia en condiciones nocturnas o de visibilidad reducida, la detección de pérdidas energéticas en edificación y hornos, o estudio de dispositivos mecánicos, son algunos ejemplos en los que se pueden obtener importantes beneficios mediante el uso de la termografía infrarroja.

Una inspección diagnóstica en edificación con una cámara termografía puede ayudar a visualizar las pérdidas de energía, detectar una falta de aislamiento o un aislamiento defectuoso, localizar fugas de aire, encontrar humedad en el aislamiento, en los tejados y muros, localizar puentes térmicos, localizar filtraciones de agua en tejados planos, detectar roturas en tuberías de agua caliente y calefacción y detectar fallos de construcción.

Es importante saber, los antecedentes históricos sobre la teoría de la termografía para comprender mejor los principios de la termografía por infrarrojos [5].

El descubrimiento de los rayos infrarrojos se debe al astrónomo y músico Frederick William Herschel. Herschel hizo pasar luz solar a través de un prisma de cristal para generar un espectro: el arco iris, el cual se forma cuando la luz se divide en los colores que la componen. Luego midió la temperatura de cada color. Para ello Herschel utilizó tres termómetros con bulbos ennegrecidos para absorber mejor el calor. Colocó un bulbo en cada color, mientras que otros dos fueron colocados fuera del espectro, como muestras de control. Al medir las temperaturas de la luz violeta, azul, verde, amarilla, naranja y roja, notó que cada color tenía una temperatura mayor que los termómetros de control, y que la temperatura de los colores del espectro aumentaba al ir del violeta al rojo. Después de realizar ese experimento, Herschel decidió medir la temperatura en una zona ubicada un poco más allá de la luz roja del espectro, al parecer desprovista de luz. Para su sorpresa, descubrió que esta región tenía la temperatura más alta de todas.

El experimento de Herschel es importante no sólo porque condujo al descubrimiento de los rayos infrarrojos, sino también porque fue la primera vez que se demostró que había formas de luz imposibles de percibir con nuestros propios ojos.

La primera cámara de infrarrojos destinada a aplicaciones comerciales se desarrolló en 1965, utilizándose para inspeccionar líneas de alta tensión. Uno de los problemas que acarrearán estas primeras cámaras era su gran tamaño, teniendo que esperar hasta 1997 para que saliese al mercado la primera cámara realmente portátil.

A continuación, se describen las premisas a tener en cuenta para lograr un correcto análisis termográfico [6].

2.3 El objeto medido y su entorno.

La cámara termográfica solo mide la temperatura superficial, nunca la interior o a través de los objetos. La emisividad del material es la capacidad de un material de propagar radiación infrarroja la cual varía según las propiedades de la superficie, el material y la temperatura del objeto medido. Es fundamental ajustar la emisividad antes de realizar la imagen IR. Una vez se haya seleccionado el objeto a medir se debe ajustar la emisividad según el recubrimiento en su superficie, ajustando y determinando la temperatura reflejada. Posteriormente, se enfocará la cámara previamente a la toma de la imagen ya que debemos conseguir la mayor nitidez posible. Es importante saber qué forma tiene y que tipo de objeto vamos a medir para mantener una distancia mínima de enfoque y evitar medir en superficies húmedas o recubiertas de nieve o escharcha.

Al medir en superficies lisas, debemos de tener en cuenta cualquier posible fuente de radiación cercana como puede ser el sol, los radiadores... ya que pueden provocar interferencias con el objeto medido.

A) EL OBJETO

La superficie de cada material tiene una emisividad específica a partir de la cual se deriva la cantidad de radiación infrarroja emitida desde el material que se refleja y se emite (se radia desde el objeto mismo).

El color de un material no tiene un efecto perceptible en la radiación infrarroja de onda larga emitida por el objeto del que se mide la temperatura con una cámara termográfica.

Las superficies oscuras absorben más radiación infrarroja de onda corta que las superficies claras y por tanto se calientan más rápidamente. No obstante, la radiación infrarroja emitida depende de la temperatura y no del color de la superficie del objeto a medir. Un radiador pintado en negro, p.ej., emite exactamente la misma cantidad de radiación infrarroja de onda larga que un radiador blanco a la misma temperatura.

Las propiedades de la superficie del objeto a medir tienen un papel capital en la medición de temperatura con una cámara termográfica, ya que la emisividad de la misma varía según su estructura, su recubrimiento o su pulcritud.

Por lo general, la emisividad en las superficies, lisas, brillantes, reflectantes y/o pulidas es más baja que en las mate, cuarteadas, rugosas, erosionadas y/o rayadas del mismo material. En superficies sumamente lisas ocurren a menudo reflejos especulares.

El agua, la nieve y la escarcha tienen unas emisividades relativamente altas (aprox. $0.85 < \epsilon < 0.96$), por lo que la medición de estas sustancias se realiza sin problemas normalmente. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la temperatura del objeto a medir puede estar distorsionada si hay capas de este tipo.

La humedad enfría la superficie del objeto al evaporarse, y la nieve tiene buenas propiedades aislantes. Habitualmente la escarcha no forma una capa aislante, por lo que se deben tener en cuenta las emisividades tanto de la escarcha como la de la superficie bajo ella cuando se efectúa la medición.

La suciedad en la superficie del objeto a medir, como polvo, hollín o lubricante normalmente incrementa la emisividad en la misma, por lo que la medición en objetos manchados presenta problemas en general. La cámara termográfica siempre mide la temperatura de la superficie, es decir, la mugre, y no la temperatura exacta de la superficie del objeto que hay debajo.

B) EL MEDIO

Siempre que haya una gran diferencia de temperatura entre el objeto a medir y la ambiente, es de vital importancia ajustar la emisividad de forma correcta.

Todo objeto con temperatura superior al cero absoluto (0 Kelvin = -273.15 °C) emite radiación infrarroja, por lo que especialmente los objetos con una gran diferencia de temperatura con el objeto a medir pueden alterar la medición por infrarrojos como resultado de su propia radiación.

Generalmente, los defectos de la hermeticidad de un edificio son debidos a pequeñas oberturas en la estructura que se pueden detectar mediante la medición de la temperatura superficial. Si hay presión negativa en el edificio objeto de estudio, el aire fluye hacia dentro a través de las filtraciones del edificio. El aire frío que entra por pequeñas grietas de los muros suele bajar la temperatura de las áreas adyacentes del muro. Como resultado, se desarrolla un área de superficie más fría con una forma característica en la superficie interior del muro.

Se suele usar la termografía para detectar estas áreas. Los movimientos de aire en la superficie del muro se pueden medir utilizando un indicador de velocidad del aire. Si hay una presión positiva en el interior del edificio objeto de estudio, el aire caliente saldrá por las grietas del muro, dando como resultado áreas de superficie más cálida alrededor de las grietas. La cantidad de fuga va a depender en parte de las grietas y en parte de la diferencia de presión a ambos lados de la estructura.

Las condiciones ideales para la medición en exteriores se dan en un día nublado, puesto que la capa de nubes evita que los objetos se vean afectados por los rayos del sol y la "radiación celestial difusa fría". Una fuerte precipitación (lluvia, nieve) puede distorsionar el resultado de la medición.

El agua, el hielo y la nieve tienen una elevada emisividad y por tanto son impermeables a la radiación infrarroja. Además, la medición en objetos mojados es errónea, ya que la temperatura de la superficie del objeto se enfría a medida que se evapora el agua.

La humedad ambiente relativa debe ser lo suficientemente baja para que no haya condensación (neblina) en el aire, o vaho en el objeto a medir, en el filtro de protección o incluso en el objetivo de la cámara. Además, cualquier flujo o corriente de aire en una sala afecta a la medición de temperatura con la cámara termográfica.

La luz o la iluminación no afectan significativamente a la medición con una cámara termográfica. Se puede medir en la oscuridad ya que la cámara mide la radiación infrarroja de onda larga. Aun así, algunas fuentes de luz caliente emiten radiación infrarroja que pueden afectar a la temperatura de los objetos cercanos, por lo que no se debería medir, p.ej., a la luz directa del sol o cerca de una bombilla caliente. Luces frías, como los Leds o los neones, no tienen este problema ya que convierten la energía usada en luz visible y no en radiación infrarroja.

2.4 Condiciones óptimas para la medición y comprobaciones.

En una medición por infrarrojos, lo más importante es tener unas condiciones ambientales estables, esto quiere decir que tanto el clima como los objetos del entorno de la medición y otras influencias no deben sufrir variaciones. De esta forma se podrá valorar posibles fuentes de interferencia y documentarlas para analizarlas con posterioridad. Para una correcta medición en exteriores, las condiciones meteorológicas también deben de ser estables y el cielo preferiblemente nublado para evitar que la luz solar y la radiación celestial difusa fría incida en el objeto. La superficie del objeto ha de estar seca y libre de otras influencias térmicas. Es preferible evitar los días ventosos.

Puede resultar difícil saber, como va a funcionar el aislamiento térmico en un edificio ya terminado, por ello, existen varios factores implicados en el montaje de los distintos componentes y elementos de construcción los cuales pueden tener un impacto considerable en su resultado final. El transporte, el manejo y el almacenamiento en la obra, así como la forma de llevar a cabo el trabajo no se puede calcular con antelación. Para garantizar que se consigue el objetivo pretendido, es necesario comprobar y analizar el edificio una vez finalizado.

Las tecnologías de aislamiento de hoy en día, han reducido los requisitos de calefacción teóricos [7]. Esto implica que, defectos relativamente menores, aunque situados en ubicaciones importantes, como empalmes con fugas o materiales de aislamiento instalados incorrectamente, pueden tener consecuencias importantes tanto en calefacción como en confort. Los análisis de comprobación, por ejemplo mediante la termografía, han demostrado su valor, tanto a diseñadores o contratistas, como a promotores, administradores de fincas y usuarios.

En cuanto a la función de los diseñadores, lo importante es el conocimiento de distintos tipos de estructuras, para poder así diseñarlas teniendo en cuenta tanto los métodos de trabajo como los requisitos funcionales. También deben conocer cómo funcionan en la práctica los distintos materiales y sus combinaciones. El análisis y comprobación efectivos, así como los conocimientos experimentales previos, se pueden usar para conseguir el desarrollo requerido en esta área.

Los contratistas, realizan más análisis e inspecciones para garantizar que las estructuras cumplen con los requisitos establecidos según las normativas de las autoridades y los documentos contractuales. También necesitan saber en las primeras etapas de la construcción los cambios que puedan ser necesarios para prevenir defectos sistemáticos.

Durante la construcción de proyectos de producción en masa, por tanto, se debería llevar a cabo una comprobación cada etapa finalizada. Posteriormente, a medida que se avance la construcción, se pueden realizar comprobaciones similares. De esta forma se pueden prevenir defectos de sistema y evitar costes innecesarios y problemas futuros. Dichas comprobaciones beneficiarían tanto al constructor como a los usuarios finales.

Para los promotores y administradores de fincas resulta esencial que los edificios se comprueben para estudiar la economía de la calefacción, el mantenimiento (daños por humedad o filtraciones) y el confort de los ocupantes.

Para el usuario, lo importante es que el edificio finalizado cumpla los requisitos establecidos de aislamiento térmico y hermeticidad de manera que se garantice que los defectos de construcción no tendrán consecuencias financieras graves o problemas de higiene.

Los efectos de analizar y comprobar la hermeticidad y el aislamiento de un edificio pueden ser en parte fisiológicos y en parte financieros.

La sensación fisiológica de los ambientes climáticos interiores es muy subjetiva, y varía según el equilibrio de calor de los distintos cuerpos humanos y de la forma en que las personas sienten la temperatura. La sensación climática depende tanto de la temperatura del aire interior como de la de las superficies circundantes. La velocidad del movimiento y la humedad del aire de los interiores también pueden afectar de alguna manera.

Resulta difícil evaluar los efectos de los análisis y comprobaciones en el aislamiento térmico de un edificio. Algunas investigaciones han demostrado que los efectos de aislamiento térmico y hermeticidad de los edificios causan pérdidas de calor de entre un 20 y un 30% más de lo esperado. Se puede afirmar que, el análisis y la comprobación del aislamiento térmico y la hermeticidad de los edificios pueden reducir el consumo de energía aproximadamente un 10%.

2.5 Defectos en la termografía.

En un estudio termográfico, se considera que el riesgo de confundir las variaciones de temperatura causadas por defectos de aislamiento de las asociadas con la variación natural de los valores de transmitancia térmica (U) en superficies templadas de una estructura es bajo en condiciones normales.

Los cambios de temperatura asociados con variaciones del valor U, suelen ser graduales y estar distribuidos simétricamente por la superficie. Estas variaciones suelen producirse en los ángulos formados por tejados y suelos así como en las esquinas de los muros. Los cambios de temperatura asociados con filtraciones de aire o defectos de aislamiento, son más evidentes en la mayoría de los casos y suelen tener contornos con formas más marcadas.

Las fuentes de trastornos en termografía más frecuentes en la práctica son [8]:

- El efecto del sol en superficies que están sometidas a la termografía.
- Radiadores con tuberías calientes.
- Luces dirigidas a la superficie que se está midiendo o colocadas cerca.
- Flujos de aire dirigidos a la superficie.
- El efecto de depósitos de humedad en la superficie.

No se debe realizar la termografía en superficies en las que del sol. En el caso de que exista luz del sol que afecte se deben cubrir las ventanas. No obstante, existen problemas de construcción (humedades) que solo aparecen tras aplicar calor a la superficie.

Un radiador caliente, se muestra como una superficie clara brillante en una imagen de infrarrojos. La temperatura superficial del muro situado junto a un radiador aumenta, lo que puede ocultar algunos defectos. Para evitar este problema se debería apagar el radiador un rato antes de la toma de medidas. Las luces situadas frente a los muros también se deben apagar al tomar imágenes de infrarrojos.

En un estudio termográfico no deben haber flujos de aire que puedan afectar a las superficies en cuestión.

Las superficies húmedas, por ejemplo en las que se ha producido condensación, tienen un efecto claro en la transferencia de calor y en la temperatura de la superficie. Si hay humedad en la superficie, suele haber evaporación, lo que extrae el calor, reduciendo por tanto la temperatura de la superficie en varios grados. Existe riesgo de condensación superficial si hay saltos térmicos importantes o defectos de aislamiento.

Si durante la termografía, no fuera posible proteger las superficies que se van a medir de los factores molestos, estos se deberán tener en cuenta a la hora de interpretar y evaluar los resultados. Es preciso anotar las condiciones exactas en las que se llevó a cabo la termografía a la hora de tomar cada una de las medidas necesarias.

Además de lo anteriormente citado, existen errores en la medición por infrarrojos como resultado del mal uso de la cámara termográfica. Estos son:

a) Ajuste incorrecto de la emisividad.

La emisividad de la superficie de un objeto se puede determinar con una medición de referencia mediante dos métodos.

Si se realiza mediante un termómetro de contacto, primero se mide la temperatura de la superficie del objeto medido con un termómetro de contacto. A continuación, se mide la temperatura de la superficie con la cámara termográfica y un ajuste de emisividad a 1. La diferencia entre ambos valores es el resultado de la emisividad configurada demasiado alta. Por último, se reduce gradualmente el ajuste de emisividad hasta que ambos valores coincidan.

Cuando esto se cumpla, el ajuste de emisividad corresponderá a la emisividad de la superficie del objeto medido.

Si el ajuste se realiza mediante una cámara termográfica, primero ha de engancharse un trozo de cinta adhesiva de emisividad estandar al objeto a medir. Después de un rato, se mide la temperatura del área con la cinta con la cámara termográfica y la emisividad ajustada a la de la cinta. La temperatura medida es el valor de referencia. A continuación se ajusta la emisividad hasta que la cámara mida la misma temperatura en cualquier zona sin la cinta que el valor de referencia. El valor de emisividad ajustado corresponde a la emisividad de la superficie del objeto medido.

Como alternativa a la cinta adhesiva de emisividad estandar, también se puede; recubrir el objeto a medir con una capa o pintura de emisividad conocida, recubrir el objeto a medir con una capa gruesa (> 0.13 mm) de aceite resistente al calor ($\epsilon \approx 0.82$) o recubrir el objeto de medición con una capa gruesa de hollín ($\epsilon \approx 0.95$).

b) Ajuste incorrecto de la RTC.

Una vez evitada cualquier posible fuente de interferencia que podría afectar a la medición, la temperatura de la radiación infrarroja reflejada es la misma que la temperatura ambiente. No obstante, si hay fuentes de radiación cercanas al lugar de la medición, se debe determinar la temperatura de la radiación reflejada para asegurar un resultado preciso en la medición mediante un radiador Lambert.

Un radiador Lambert es un objeto que refleja la radiación incidente con la difusión óptima, es decir, con la misma intensidad en cualquier dirección. Se puede medir la temperatura de la radiación reflejada en un radiador Lambert con la cámara termográfica. Si no se dispone de dicho elemento, una lámina de papel de aluminio arrugada y alisada

de nuevo es un sustituto adecuado, puesto que la lámina tiene una elevada reflexión y, gracias a las arrugas, la reflexión difusa de la radiación es casi perfecta.

Para medir la temperatura de la radiación reflejada, situar el radiador Lambert cerca o sobre la superficie del objeto a medir. A continuación se mide la temperatura del radiador con la emisividad ajustada a 1. La cámara calcula la temperatura de la radiación incidente. Se puede tomar este valor como el ajuste de RTC en la cámara y medir la temperatura del objeto con la emisividad ajustada a la superficie del mismo.

c) Imagen térmica borrosa.

Enfocar la cámara en el momento de tomar la imagen, ya que la nitidez no se puede modificar con posterioridad.

d) Distancia de medición demasiado corta o larga.

e) Mediciones tomadas con el objetivo inadecuado.

f) Marca de medición demasiado grande.

Al medir, hay que respetar la distancia mínima de enfoque de la cámara termográfica. Resulta conveniente usar el objetivo angular y el teleobjetivo de forma adecuada. Hay que tratar de medir siempre a corta distancia.

g) Mala interpretación de la imagen térmica por falta de conocimiento acerca de la forma del objeto a medir.

Se debe saber que forma tiene y en qué tipo de objeto se va a proceder a realizar la medición. Siempre que sea posible se deben usar también imágenes reales (fotos) para la mejor interpretación de la imagen térmica.

El siguiente apartado refleja la normativa aplicable perteneciente tanto a la utilización de la termografía infrarroja como al campo de la edificación en general.

2.6 Normativa Aplicable

La normativa que describe los requisitos a cerca de las especificaciones térmicas de las cámaras termográficas son:

- o UNE-EN ISO 9712:2012 'Ensayos no destructivos. Cualificación y certificación del personal que realiza ensayos no destructivos'.
- o Normativa relevante de la tecnología de infrarrojos: DIN EN 473, DIN 54162, DIN 54191 y ASNT SNT-TC-1 A.
- o DIRECTIVA 2010/31/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios.
- o UNE-EN 13659:2004/A1:2009.
- o DIN EN 13187 – Normativa europea sobre el rendimiento térmico de los edificios y la detección de irregularidades térmicas en los cerramientos mediante métodos por infrarrojos.

-Código Técnico de la Edificación (CTE) DB HE: Ahorro de energía.

La normativa perteneciente al campo de la **edificación** es:

- o Normas Básicas Edificación:
 - NBE CT-79 Condiciones térmicas en los edificios.
 - NBE CA- 88 Condiciones acústicas en los edificios.
- o Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación.
- o Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Código Técnico de la Edificación.
- o Real Decreto Certificación energética de nuevos edificios, CEE.
- o Real Decreto Instalaciones Térmicas en edificios, RITE.

Capítulo 3

EDIFICIO 4K_ Casa del Alumno

En el presente capítulo se va a describir tanto la memoria descriptiva como la constructiva del edificio objeto de estudio.

3.1 Memoria descriptiva.

El edificio 4k "Casa del Alumno" se compone de un bloque exento situado en el campus de Vera de la Universitat Politècnica de València [Figura 11]

El proyecto se realizó para el disfrute de los estudiantes de la Universitat Politècnica por lo que cuenta con espacios multifuncionales tanto para el ocio como para el trabajo individual o colectivo. En él también encontramos la sede de la Delegación de Alumnos y demás asociaciones para estudiantes.



Figura 11: Emplazamiento edificio 4k "Casa del Alumno"

El emplazamiento previsto posee una topografía plana, de forma cuadrangular y una superficie total de parcela de 1223.04 m². El edificio proyectado ocupa la totalidad de la parcela y está formado por una planta sótano y cuatro plantas sobre rasante. Sus dimensiones son de 36.40 metros de longitud en sus fachadas Norte y Sur y 33.60 metros en las fachadas orientadas a Este y Oeste.

El edificio se compone de un sótano diáfano, destinado únicamente a aparcamiento, una planta baja compacta y tres alturas que se resuelven en torno a un patio exterior el cual se convierte en el elemento articulador del proyecto.

La planta sótano, accesible peatonalmente desde el exterior, tiene una capacidad para albergar 40 vehículos además de una galería de instalaciones que conectará con la existente frente al edificio.

En cuanto al programa de necesidades, se proyecta en planta baja un espacio organizado por diferentes áreas. En ella se encuentra, el acceso, la recepción y una zona de cibercafé dotada de tomas de ordenador destinada a los estudiantes. En las dos primeras plantas, se localizan salas aulas-taller, aulas informáticas y otras pequeñas salas destinadas a conferencias o reuniones. Por último en la tercera planta, se disponen un conjunto de oficinas de la Delegación de Alumnos y demás asociaciones estudiantiles de la Universitat. Cada una de las plantas cuenta con un núcleo de servicios sanitarios.

Cada una de estas áreas se organiza en torno a generosos espacios de circulación. Dichos vestíbulos-corredor se sitúan en cada una de las plantas y en ellos recaen las distintas estancias descritas.

Es en este espacio donde se halla la escalera principal del edificio, abierta y de trazo longitudinal. Otras dos escaleras y un ascensor completan los requerimientos de accesibilidad y evacuación del edificio.

Los espacios descritos se complementan con otros espacios exteriores. Así pues, en planta baja, los espacios se abren a un gran espacio verde en las orientaciones Norte y Sur, en planta primera las salas principales recaen sobre una terraza, en planta segunda se dispone otra terraza pero cubierta que vuelca a la terraza de planta primera y en la planta tercera se localiza la última terraza descubierta que se asoma a la prolongación del campus hacia el Este.

A continuación, se presenta una relación de superficies de los distintos espacios descritos anteriormente.

Tabla 6: Cuadro de superficies Planta Sótano

PLANTA BAJA	SUPERFICIE ÚTIL	SUP. CONSTRUIDA
1_Rampa de acceso	80.25 m ²	
2_Acceso peatonal	25.05 m ²	
3_Locales instalaciones	60.13 m ²	
4_Aparcamiento	892.90 m ²	
TOTAL PLANTA SÓTANO:	1058.33 m²	1219.13 m²

Tabla 7: Cuadro de superficies Planta Baja

PLANTA BAJA	SUPERFICIE ÚTIL	SUP. CONSTRUIDA
1_Zona común	414.49 m ²	
2_Almacén 1	93.10 m ²	
3_Almacén 2	17.45 m ²	
4_Aseos	16.75 m ²	
5_Vestíbulo	176.88 m ²	
6_Escalera 1	6.95 m ²	
7_Escalera 2	6.40 m ²	
TOTAL PLANTA BAJA	954.27 m²	1233.61 m²

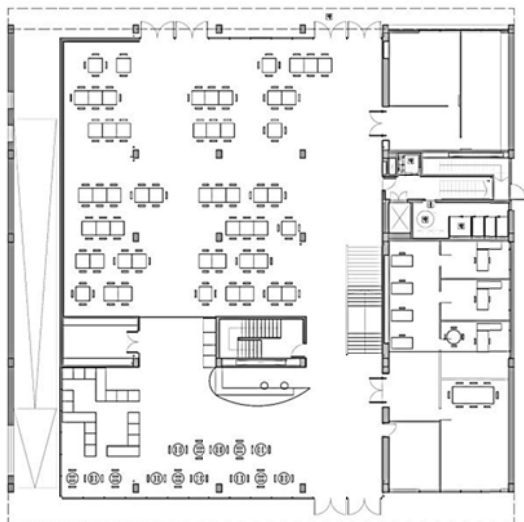


Figura 12: Planta Baja



Figura 13: Alzado Norte

Tabla 8: Cuadro de superficies Planta Primera

PLANTA PRIMERA	SUPERFICIE ÚTIL	SUP. CONSTRUIDA
1_Sala 1	170.45 m ²	
2_Sala 2	222.05 m ²	
3_Sala 3	65.30 m ²	
4_Sala 4	174.05 m ²	
5_Sala 5	73.10 m ²	
6_Aseos	16.75 m ²	
7_Vestíbulo	171.95 m ²	
8_Escalera general	18.25 m ²	
9_Escalera 1	17.00 m ²	
10_Escalera 2	23.30 m ²	
TOTAL PLANTA PRIMERA:	952.20 m²	1086.39 m²

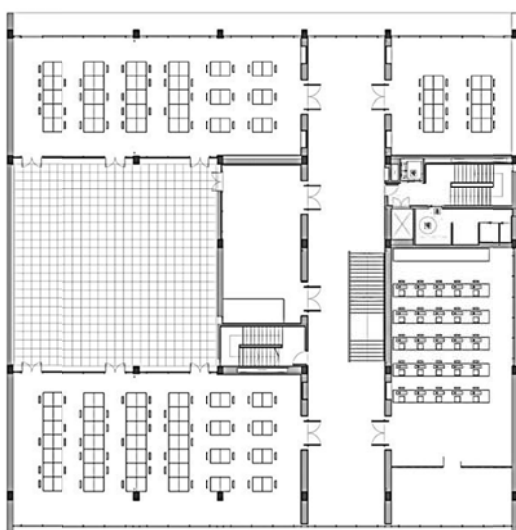


Figura 14: Planta Primera

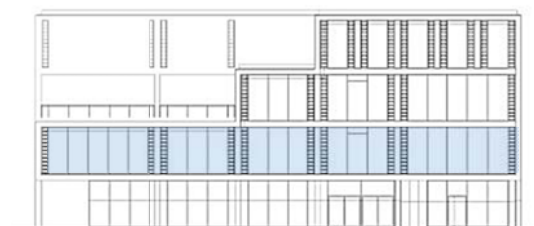


Figura 15: Alzado Norte

Tabla 9: Cuadro de superficies Planta Segunda

PLANTA SEGUNDA	SUPERFICIE ÚTIL	SUP. CONSTRUIDA
Sala 6	170.45 m ²	
Sala 7	59.75 m ²	
Sala 8	62.70 m ²	
Sala 9	173.25 m ²	
Instalaciones	17.05 m ²	
Vestíbulo	125.15 m ²	
Escalera general	18.25 m ²	
Escalera 1	17.00 m ²	
Escalera 2	23.30 m ²	
TOTAL PLANTA SEGUNDA	666.90 m²	834.45 m²

Tabla 10: Cuadro de superficies Planta Tercera

PLANTA TERCERA	SUPERFICIE ÚTIL	SUP. CONSTRUIDA
Delegación de alumnos	118.00 m ²	
Asociación ant. alumnos	100.39 m ²	
Locales asociaciones	290.35 m ²	
Aseos	16.75 m ²	
Vestíbulo	75.80 m ²	
Escalera General	18.25 m ²	
Escalera 2	23.30 m ²	
TOTAL PLANTA TERCERA:	642.84 m²	748.05 m²

Tabla 11: Cuadro Resumen superficies

TABLA RESUMEN	
TOTAL SUP. CONSTRUIDA SÓTANO	1219.13 m ²
TOTAL SUP.CONSTRUIDA SOBRE RASANTE	3902.50 m ²
SUP. CONSTRUIDA TOTAL	5121.63 m²

A continuación se presentan imágenes de la envolvente, correspondiente a cada una de sus orientaciones.



Figura 16: Fachada nor-oeste



Figura 17: Fachada Este



Figura 18: Fachada Sur

Como complemento a la documentación gráfica anteriormente expuesta, se va a proceder a explicar, por capítulos, las soluciones constructivas empleadas en el presente proyecto.

3.2 Memoria constructiva.

1. CIMENTACIÓN.

La cimentación se realizó mediante grupos de pilotes perforados in situ de hormigón armado de 65cm y 45 cm de diámetro unidos en cabeza en los correspondientes encepados. Para su ejecución se tuvo en cuenta el canto de la losa de sótano de 35 cm ya que forma parte del canto útil que se especifica a estos elementos.

Los muros de contención perimetrales de hormigón armado completan el perímetro del sótano. Estos son de 40 cm de espesor en los laterales Este y Oeste y de 30 cm de espesor en las caras Norte y Sur. Dichos muros se ejecutaron mediante encofrado a dos caras.

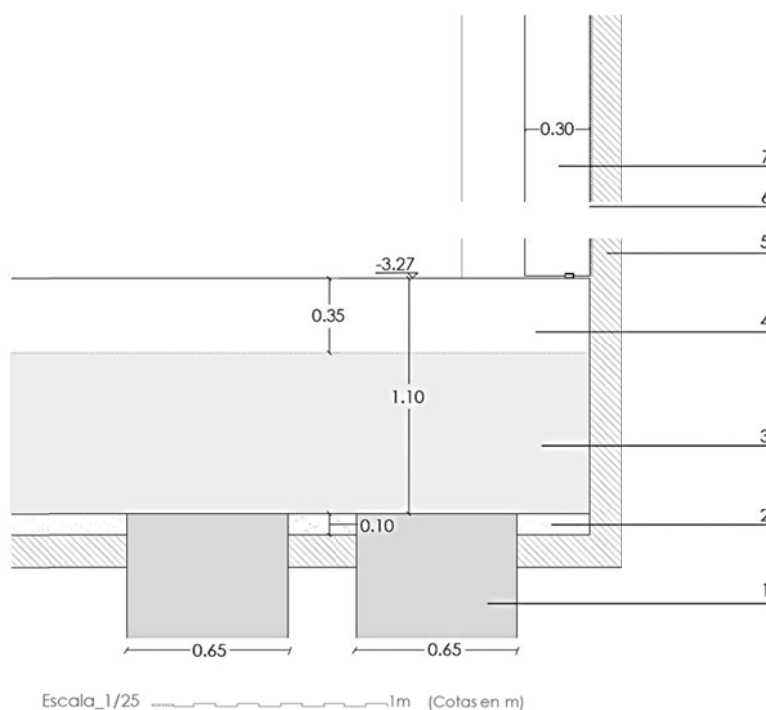


Figura 19: Detalle cimentación

LEYENDA:

- | | |
|---|-------------------------------------|
| 1_ Pilotes perforados in situ de hormigón armado de 65 cm de espesor. | 5_ Filtro geotextil. |
| 2_ Hormigón de limpieza, e=10cm. | 6_ Lamina impermeabilizante LBM-20. |
| 3_ Encepado de cimentación por pilotaje. | 7_ Muro de sótano. HA-25, e=30cm. |
| 4_ Losa de hormigón, e=35cm. | |

2. ESTRUCTURA

La estructura del presente edificio está formada por una retícula de pilares de hormigón armado de sección rectangular y de dimensiones constantes de 40x60 cm. Los forjados, de tipo reticular, son de hormigón armado y contienen un canto total de 45 cm. Para completar el sistema estructural se disponen pantallas estructurales de hormigón armado de 20 cm de espesor dispuestas haciendo coincidir en los cerramientos laterales así como en el apoyo de la escalera y el ascensor.

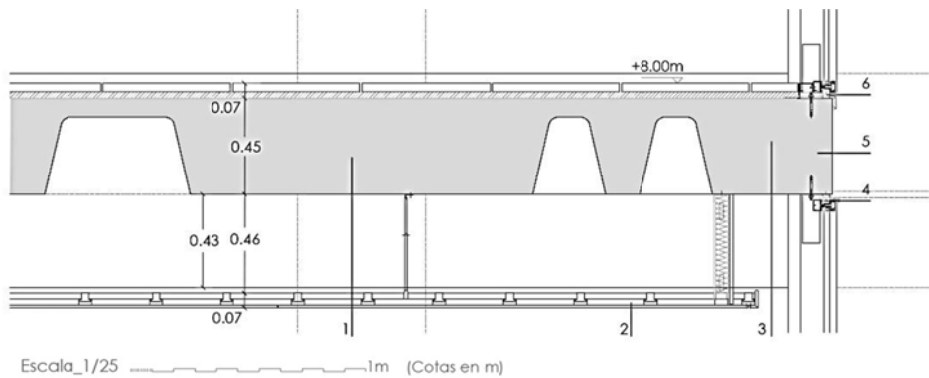


Figura 20: Detalle Forjado planta primera

LEYENDA:

- | | |
|---|--|
| 1_ Forjado reticular de H. Armado 40+5cm. | 4_ Remate inferior muro cortina-forjado. Chapa de aluminio plegada, e=1.5mm. |
| 2_ Techo suspendido placa cartón-yeso. Estructura metálica dos direcciones y bordes con remate placa angular. | 5_ Frentes de forjado de hormigón visto acabado liso de e=1.5mm |
| 3_ Barrera acústica doble tablero cartón yeso con aislamiento. | 7_ Remate superior muro cortina-forjado. Chapa de aluminio plegada, e=1.5mm. |

3. FACHADAS Y PARTICIONES

Se disponen tres tipos de cerramientos en el edificio; frentes acristalados, pantallas ciegas y cerramientos de chapa de acero. La compartimentación interior fija se realiza mediante fábrica de ladrillo cerámico y tabiques de cartón yeso según ubicación.

Los frentes acristalados están formados por carpinterías de aluminio entre pilares. Se sitúan de forjado a forjado y están resueltos mediante perfiles tubulares de montantes y travesaños vistos de 52mm. Dichos perfiles reciben por el exterior el acristalamiento fijo que consta de un sistema de contrachapa atornillada y juntas quedando sujeto a los montantes. Los acristalamientos son de tipo aislante con cámara deshidratada y compuestos por dos hojas de dos vidrios cada una de ellas adheridos con lamina incolora de butiral de polivinilo formando así un conjunto de cuatro vidrios.

Los cerramientos ciegos están situados en las plantas altas del edificio. Estos se resuelven mediante pantallas de hormigón armado visto compuestas de dos hojas, ambas vistas, una portante al exterior de 20cm de espesor y otra de 15 cm que define el acabado interior de los espacios que delimita. Se dispone un aislamiento térmico rígido mediante poliestireno extrusionado de alta densidad entre ambas hojas.

Por último, los cerramientos de chapa de acero pintada, los cuales se encuentran en planta baja y en partes ciegas de los frentes de los locales se componen mediante un cerramiento de albañilería de dos hojas con incorporación de un aislante térmico en el interior de la cámara entre ambas, un revestimiento interior cerámico o continuo de mortero de cemento y en el exterior resuelto mediante paneles sencillos de chapa de acero galvanizada plegada, formando módulos aproximadamente de 75 cm de anchura.

En el interior, la compartimentación fija se realiza mediante fábrica de ladrillo cerámico perforado de medio pie de espesor recibido con mortero de cemento. Se usa tabique cerámico hueco de 4cm en las particiones que se corresponde con los aseos. Las áreas de circulación centrales de las distintas plantas se resuelven mediante tabiques de cartón yeso sobre estructura metálica auxiliar. Estos serán revestidos posteriormente con placas de tablero de acabado.

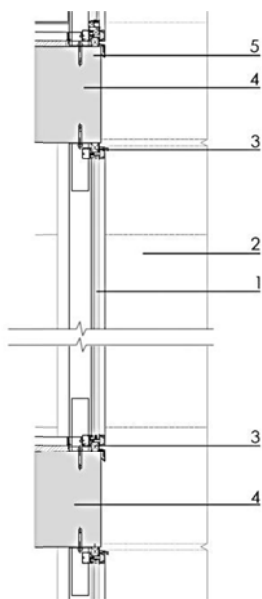


Figura 21: Detalle cerramiento muro cortina

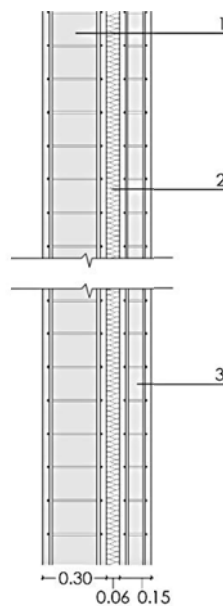


Figura 22: Detalle cerramiento ciego

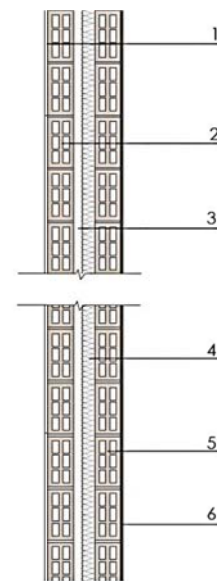


Figura 23: Detalle cerramiento fábrica

LEYENDA:

- 1_ Perfilería de Aluminio tipo muro cortina, montantes y travesaños 52mm anodizado natural.
- 2_ Pantallas de hormigón armado visto doble cara acabado liso.
- 3_ Remate superior e inferior muro cortina-forjado. Chapa de aluminio plegada, e=1.5mm.
- 4_ Forjado reticular de H. Armado 40+5cm.
- 5_ Rastrel borde remate lámina atornillada, tubo rectangular galvanizado 40.30.2

LEYENDA:

- 1_ Pantalla exterior de hormigón armado visto de e=20cm.
- 2_ Aislamiento térmico rígido mediante poliestireno extrusionado de alta densidad entre ambas hojas, e=6cm.
- 3_ Pantalla interior de hormigón armado visto de e=15cm.

LEYENDA:

- 1_ Revestimiento exterior mediante paneles sencillos de chapa de acero galvanizada plegada, módulos de e=15cm.
- 2_ Hoja exterior de fábrica de ladrillo, LH-9.
- 3_ Cámara de aire, e=4c.
- 4_ Aislamiento térmico rígido mediante poliestireno extrusionado de alta densidad entre ambas hojas, e=6cm
- 5_ Hoja interior de fábrica de ladrillo, LH-9.
- 6_ Revestimiento exterior de mortero de cemento, e=2cm.

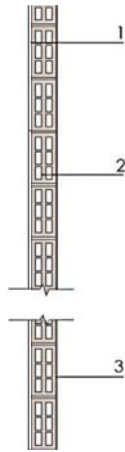


Figura 24: Detalle partición fábrica

LEYENDA:

- 1_ Revestimiento exterior mediante placas de tablero de acabado, e=2cm.
- 2_ Fábrica de ladrillo cerámico perforado de medio pie de espesor recibido con mortero de cemento
- 3_ Revestimiento interior de pintura lisa, e=5mm.

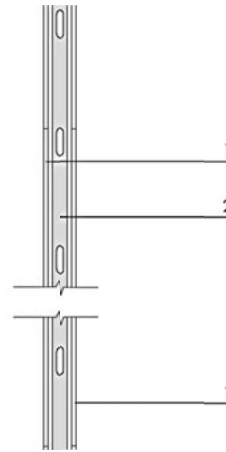


Figura 25: Detalle partición de pladur

LEYENDA:

- 1_ Revestimiento exterior mediante placas de tablero de acabado, e=2cm.
- 2_ Tabique de cartón yeso sobre estructura metálica auxiliar.

4. CUBIERTA

Encontramos dos tipos de cubierta. Por un lado terrazas transitables resueltas con pavimentos flotantes y cubiertas visitables para mantenimiento de equipos de climatización situados en las mismas.

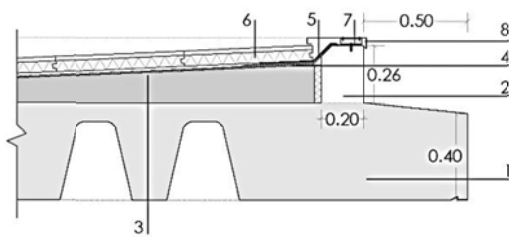


Figura 26: Detalle cubierta no transitable

LEYENDA:

- 1_ Forjado reticular de H. Armado 40+5cm.
- 2_ Remate perimetral de cubierta de hormigón visto, acabado liso.
- 3_ Hormigón aligerado con arlita para pendientes, e=8cm.
- 4_ Lámina no adherida de betún modificado.
- 5_ Refuerzo perimetral lámina autoprotégida.
- 6_ Aislamiento térmico poliestireno extrusionado, e=50mm.
- 7_ Rastrel perimetral.
- 8_ Remate perimetral chapa galvanizada.
- 9_ Mortero 1:6 de regularización, e=2cm.
- 10_ Membrana impermeabilizante.
- 11_ Mortero 1:6 protección membrana, e=2cm.
- 12_ Aislamiento térmico lana de roca, e=4cm.
- 13_ Pavimento flotante.
- 14_ Barandilla acristalada, h=0.90m.

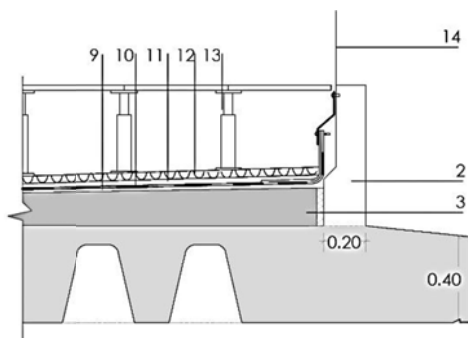


Figura 27: Detalle cubierta transitable

Escala_1/25 _____ 1m (Cotas en m)

Capítulo 4

Análisis termográfico


En este apartado se va a realizar una breve descripción del criterio seguido en la elaboración de las fichas termográficas para el T.F.G. En ella se identificarán los datos relativos a la situación, las condiciones ambientales, la envolvente térmica... además de un breve análisis de las mismas. A continuación se van a desarrollar las fichas más representativas analizadas y se va a plantear una propuesta para la mejora del elemento constructivo analizado.

4.1 Descripción de las Fichas Termográficas.

Para la elaboración de las fichas termográficas, se han tomado los datos necesarios bajo unas condiciones óptimas para la medición por infrarrojos. Es de vital importancia tener unas condiciones ambientales estables por lo que es necesario que ni el objeto ni las condiciones meteorológicas varíen durante la medición, prefiriéndose un cielo nublado y sin precipitaciones, en el caso de medición en exteriores, para evitar que la luz solar y la radiación incidan en el objeto. De esta manera, será posible analizarlas correctamente.

Cada una de las fichas cuenta con dos caras, subdividiéndose cada una en diferentes apartados como muestra la siguiente imagen.

Página 1



Página 2




Figura 28: Ejemplo Ficha termográfica base

a) Número de ficha

NÚMERO DE FICHA	4K04e
-----------------	-------

Situado en la parte superior de la primera cara, se encuentra el número de ficha que se corresponde con un código. El primer dígito y la primera letra "4K" comunes a todas las fichas, se corresponde con el número del edificio analizado. Según si el elemento ha sido analizado desde el interior o exterior se numerará la ficha con una tercera letra en minúscula que será "i" cuando se haya realizado la fotografía desde el interior o "e" cuando esta haya sido tomada desde el exterior del edificio. El dígito que le sigue corresponde a la numeración de cada una de las fichas, variando el mismo entre el "01" hasta el "15" teniendo un total de 15 fichas. Por último, se finaliza la numeración de la ficha con una última letra minúscula que varía según la orientación del elemento que se haya fotografiado, siendo "n" si se corresponde a la orientación Norte, "s" si se corresponde a la orientación Sur, "e" si se corresponde a la Este u "o" si se corresponde a la orientación Oeste.

El código o número de ficha ordenará las mismas y nos permitirá una correcta localización de ellas. A continuación se propone un ejemplo explicativo.

4Ke01o	Edificio 4K "Casa del Alumno"
	Fotografía tomada desde el exterior
	Ficha número 01
	Orientación de la fachada Oeste

b) Datos comunes.

En el primer apartado se recogen los datos generales, los cuales van a ser iguales en las 15 fichas analizadas a continuación ya que se analiza un único edificio situado en Valencia sometido a las mismas condiciones meteorológicas.

DATOS COMUNES				
LOCALIDAD	ALTITUD	DB-HE AHORRO DE ENERGÍA		
		Zona Climática	Tº Media (°C)	HR Media (%)
Valencia	11	B3	17.8	60

Localidad: Comunidad Valenciana. (Situación; Universidad Politécnica de Valencia).

Altitud: Es la distancia vertical a un origen determinado, considerado como nivel cero, para el que se suele tomar el nivel medio del mar. Valencia posee una Altitud de 11 m.

Según el Documento Básico HE Ahorro de energía obtenemos los siguientes datos:

Zona climática: (Apéndice B; apartado B1; pág. 27) Valencia se corresponde con una Z.C B3.

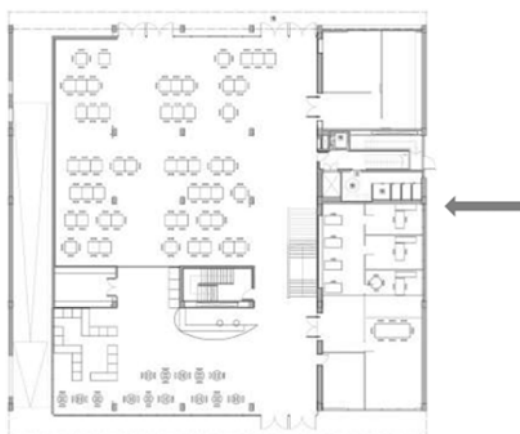
Temperatura media (°C): La temperatura media en la Comunidad Valenciana oscila alrededor de 17.8 °C.

Humedad Relativa Media (%): 60% aproximadamente.

c) Situación.

En este apartado se hace uso de la planta correspondiente al edificio objeto de estudio, señalando la zona o parte del edificio a analizar por lo que podremos saber la orientación del mismo.

SITUACIÓN
ORIENTACIÓN
<input type="checkbox"/> Norte
<input type="checkbox"/> Sur
<input type="checkbox"/> Este
<input checked="" type="checkbox"/> Oeste



d) Condiciones ambientales.

En la tabla que se muestra a continuación, se pueden ver reflejados los siguientes parámetros atmosféricos:

CONDICIONES AMBIENTALES				
FECHA	T° ATMOSF. (°C)	ESTADO CIELO	H.RELATIVA (%)	EMISIVIDAD
27/05/2014	21	Despejado	50	0.90

Fecha: Se corresponde con el día en el que se ha tomado la fotografía con la cámara termográfica.

Temperaturas: Se reflejan tanto la máxima como la mínima. La máxima indica la temperatura superficial máxima que alcanza la imagen mientras que la mínima indica la temperatura superficial mínima que puede alcanzar.

Estado del cielo: Se anotará las condiciones atmosféricas en que nos encontramos en el instante de la toma de datos.

Emisividad: Es la proporción de radiación térmica emitida por una superficie u objeto debida a una diferencia de temperatura con su entorno. Se han configurado en la cámara utilizada una emisividad entre 0.95 y 0.96 ya que estamos trabajando con materiales de construcción.

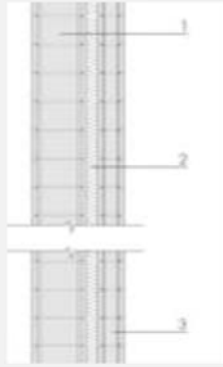
e) Envoltente.

En el último apartado de la primera cara se recogen tanto las características propias del elemento analizado como sus características térmicas. Por tanto a simple vista podemos ver qué características posee el elemento.

En las CARACTERÍSTICAS DEL ELEMENTO se diferenciará el tipo de elemento que estamos analizando así como el tipo de vidrio o marco si se trata de una ventana.

En las CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS se indicará tanto si existe riesgo o no de condensación así como su cumplimiento según el Código Técnico de la Edificación.

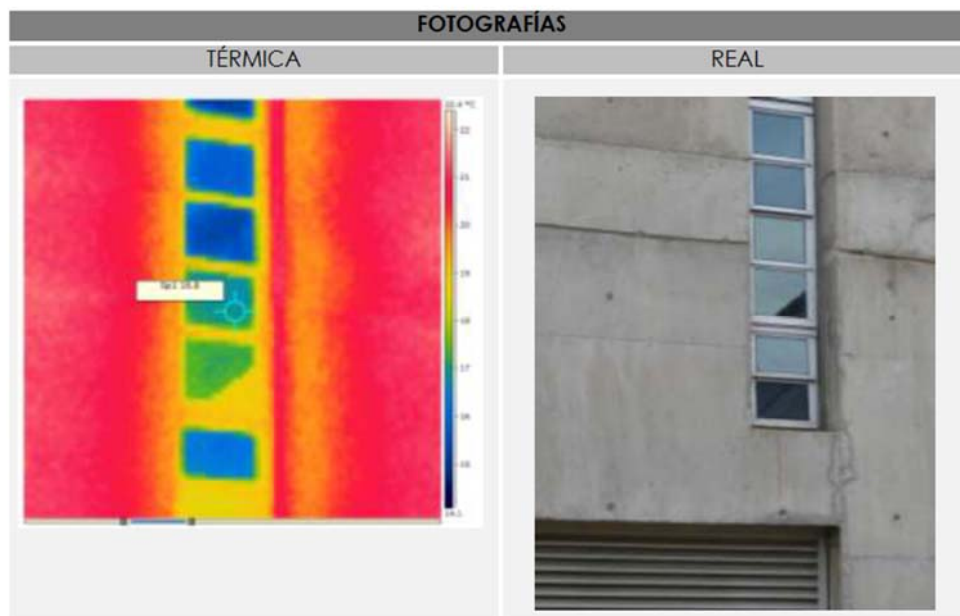
Se adjuntará en la parte inferior de la tabla un detalle constructivo del elemento que se esté analizando, nombrando cada una de las capas que lo componen y sus dimensiones y comprobando que su transmitancia térmica cumpla con el CTE.

ENVOLVENTE			
CARACTERÍSTICAS DEL ELEMENTO	ELEMENTO	<input checked="" type="checkbox"/> Carpintería	<input type="checkbox"/> Fachada <input type="checkbox"/> Otro
	TIPO DE MARCO	<input type="checkbox"/> PVC	<input checked="" type="checkbox"/> Aluminio <input type="checkbox"/> Otro
	TIPO DE VIDRIO	<input type="checkbox"/> Simple	<input checked="" type="checkbox"/> Doble
	Cerramiento de dos hojas, ambas vistas, compuestas por: 1_ Hoja portante exterior de hormigón armado de 20cm de espesor. 2_ Aislamiento térmico rígido de poliestireno extrusionado de alta densidad. 3_ Hoja interior de hormigón armado de 15 cm de espesor que define el acabado interior de los espacios que delimita.		
CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS	TRANSMITANCIA	0.47 W/m²K < 1.00 W/m²K	
	RIESGO COND.	<input type="checkbox"/> Si	<input checked="" type="checkbox"/> No
	CUMPLIMIENTO CTE	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No

f) Fotografías.

En este apartado se recogen dos imágenes. La correspondiente a la realizada con la cámara termográfica a la izquierda y la real que se ha realizado posteriormente a la derecha.

La imagen infrarroja cuenta con un termómetro de temperaturas basado en un código de colores donde se indican tanto la temperatura superficial máxima y mínima que posee el elemento.



7. Análisis.

El último apartado de la ficha termográfica se compone de una breve DESCRIPCIÓN de la imagen térmica así como una serie de OBSERVACIONES sobre la misma en la cual se reflejan mejoras o condiciones a tener en cuenta sobre el elemento.

ANÁLISIS	
DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
<p>La imagen 04, está tomada desde el exterior del cerramiento oeste. Se corresponde con un hueco vertical formado por una carpintería de aluminio la cual permite integrar ventanas basculantes con cierre hermético del tipo Hervent de Gravent.</p> <p>Las temperaturas más elevadas se encuentran en la zona correspondiente al cerramiento de hormigón que se encuentra bordeando dicha carpintería. Ello es debido a que el hormigón irradia más temperatura.</p> <p>Las temperaturas más bajas se corresponden con los acristalamientos. En ellos encontramos temperaturas de unos 16°C. Conforme nos acercamos al centro del mismo, vemos que la temperatura aumenta pasando a unos 18-19°C.</p>	<p>Por lo general, tanto el acristalamiento como la carpintería presentan buen comportamiento térmico, excepto en una zona central donde podemos ver que existe un aumento de temperatura. Esto puede ser debido a que el acristalamiento en este tipo de ventanas basculantes es simple no doble como en el resto de carpinterías que completan la fachada, y por ello pueden existir pérdidas de temperaturas desde el interior o ganancias desde el exterior.</p> <p>Ello podría solventarse cambiando el tipo de acristalamiento en estas zonas por uno doble de tipo Climalit.</p>

En el siguiente apartado, se van a desarrollar las tres fichas más relevantes del proyecto las cuales han sido escogidas por su mayor repercusión negativa en la eficiencia energética del edificio objeto de estudio. Pese a ser un edificio prácticamente nuevo, no se han podido detectar numerosas deficiencias por lo que se ha hecho hincapié en el tema de humedades, mejora en el aislamiento de los cerramientos y carpinterías en menor medida dada su correcta ejecución. El resto de las fichas se recogerá en el [Anexo I]

4.2 Desarrollo de las Fichas Termo gráficas.

NÚMERO DE FICHA	4Ke01e
------------------------	---------------

DATOS COMUNES				
LOCALIDAD	ALTITUD	DB-HE AHORRO DE ENERGÍA		
		Zona Climática	Tº Media (°C)	HR Media (%)
Valencia	11	B3	17.8	60

SITUACIÓN

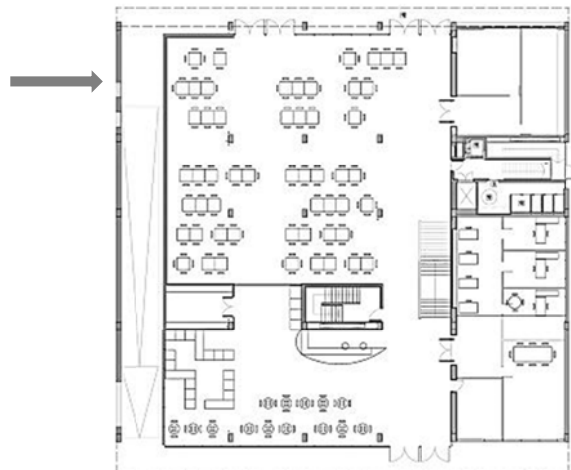
ORIENTACIÓN

Norte

Sur

Este

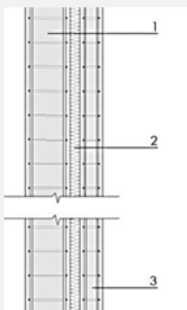
Oeste



P. Baja

CONDICIONES AMBIENTALES				
FECHA	Tº ATMOSF. (°C)	ESTADO CIELO	H.RELATIVA (%)	EMISIVIDAD
27/05/2014	25	Despejado	50	0.90

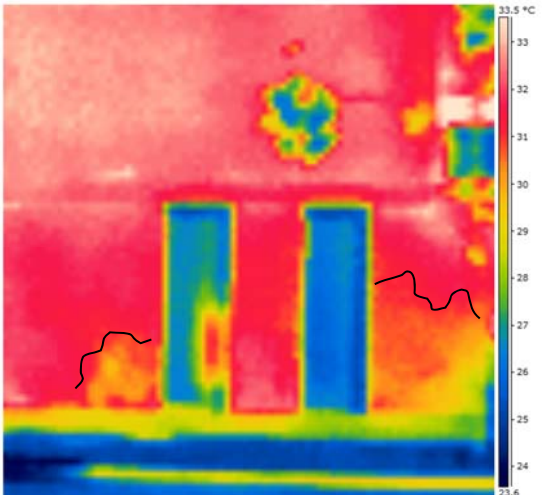

ENVOLVENTE				
CARACTERÍSTICAS DEL ELEMENTO	ELEMENTO	<input type="checkbox"/> Carpintería	<input checked="" type="checkbox"/> Fachada	<input type="checkbox"/> Otro
	TIPO DE MARCO	<input type="checkbox"/> PVC	<input type="checkbox"/> Aluminio	<input type="checkbox"/> Otro
	TIPO DE VIDRIO	<input type="checkbox"/> Simple	<input type="checkbox"/> Doble	



Cerramiento de dos hojas, ambas vistas, compuestas por:

- 1_ Hoja portante exterior de hormigón armado de 20cm de espesor.
- 2_ Aislamiento térmico rígido de poliestireno extrusionado de alta densidad.
- 3_ Hoja interior de hormigón armado de 15 cm de espesor que define el acabado interior de los espacios que delimita.

CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS	TRANSMITANCIA	0.47 W/m²K < 1.00 W/m²K		
	RIESGO COND.	<input type="checkbox"/> Si	<input checked="" type="checkbox"/> No	
	CUMPLIMIENTO CTE	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	

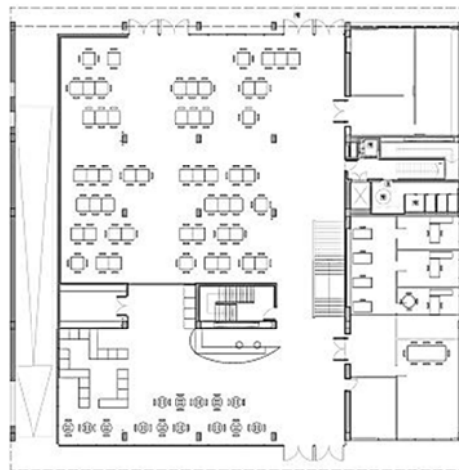
FOTOGRAFÍAS	
TÉRMICA	REAL
	

ANÁLISIS	
DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
<p>La fotografía está realizada desde el exterior de la fachada Oeste. La zona fotografiada se corresponde con un paramento vertical de hormigón armado con dos huecos en la parte inferior que dan a una zona de aparcamiento.</p> <p>Tal y como se observa en la fotografía se alcanzan temperaturas de hasta 33.5°C en el paramento de hormigón armado, siendo inferiores en los huecos metálicos obteniéndose temperaturas entre 25-27°C. Las zonas más frías las encontramos en la parte inferior del cerramiento.</p>	<p>Observamos en primer lugar, manchas de humedad situadas en la parte inferior del cerramiento. La temperatura registrada en ese punto sería de unos 30°C. Estas podrían ser debidas a la incorrecta colocación de los aspersores situados en el exterior que pueden provocar humedecimientos en esa zona o bien debidas a la capilaridad. En este último caso sería conveniente proceder a realizar un examen exhaustivo para comprobar ese posible defecto constructivo en esos puntos.</p> <p>Por último en la rejilla metálica de la izquierda se observa una gran pérdida de calor, alcanzándose temperaturas de hasta 33°C. Al tratarse de una rejilla de ventilación que vuelca a la rampa descubierta de acceso al garaje no sería necesario intervenir en la misma.</p>

NÚMERO DE FICHA	4Kn02e
------------------------	---------------

DATOS COMUNES				
LOCALIDAD	ALTITUD	DB-HE AHORRO DE ENERGÍA		
		Zona Climática	Tº Media (ºC)	HR Media (%)
Valencia	11	B3	17.8	60

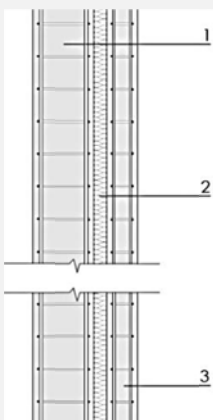
SITUACIÓN
ORIENTACIÓN
<input type="checkbox"/> Norte
<input type="checkbox"/> Sur
<input type="checkbox"/> Este
<input checked="" type="checkbox"/> Oeste



P. Baja

CONDICIONES AMBIENTALES				
FECHA	Tº ATMOSF. (ºC)	ESTADO CIELO	H.RELATIVA (%)	EMISIVIDAD
16/05/2014	21	Despejado	50	0.90

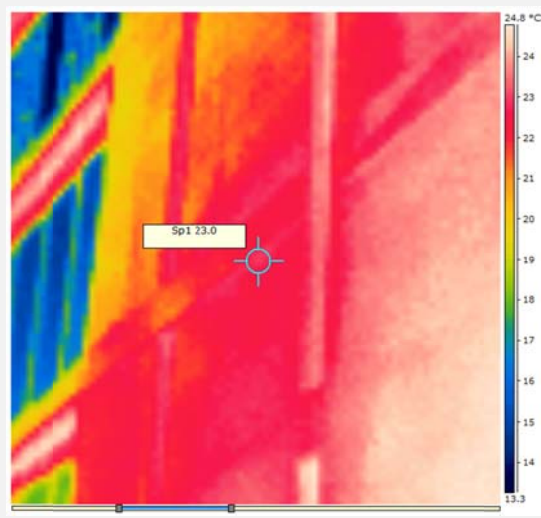
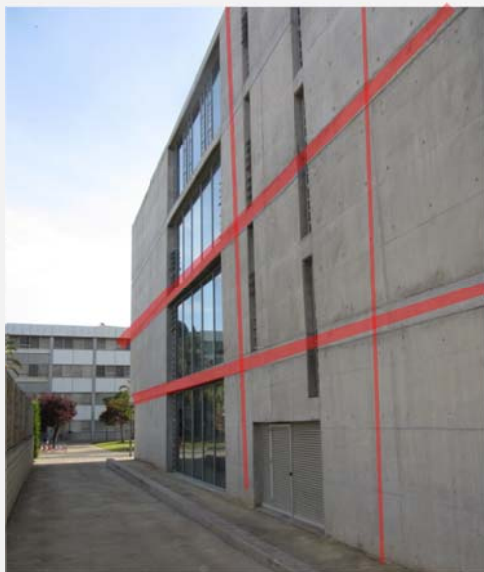
ENVOLVENTE				
CARACTERÍSTICAS DEL ELEMENTO	ELEMENTO	<input type="checkbox"/> Carpintería	<input checked="" type="checkbox"/> Fachada	<input type="checkbox"/> Otro
	TIPO DE MARCO	<input type="checkbox"/> PVC	<input type="checkbox"/> Aluminio	<input type="checkbox"/> Otro
	TIPO DE VIDRIO	<input type="checkbox"/> Simple	<input type="checkbox"/> Doble	



Cerramiento de dos hojas, ambas vistas, compuestas por:

- 1_ Hoja portante exterior de hormigón armado de 20cm de espesor.
- 2_Aislamiento térmico rígido de poliestireno extrusionado de alta densidad.
- 3_Hoja interior de hormigón armado de 15 cm de espesor que define el acabado interior de los espacios que delimita.

CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS	TRANSMITANCIA	0.47 W/m²K < 1.00 W/m²K		
	RIESGO COND.	<input type="checkbox"/> Si	<input checked="" type="checkbox"/> No	
	CUMPLIMIENTO CTE	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	

FOTOGRAFÍAS	
TÉRMICA	REAL
	

ANÁLISIS	
DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
<p>La fotografía está realizada desde el exterior de la fachada Oeste. Como se puede observar, se ve claramente la cuadrícula que forma la estructura de hormigón. Se pueden ver tanto los forjados como los pilares siendo dichos puntos donde se registran las mayores temperaturas, alcanzando los 30°C.</p> <p>Esto puede ser debido a que el revestimiento de la fachada es demasiado delgado y los materiales son de distintas densidades, indicando claramente la distinta inercia térmica de cada material.</p> <p>El acristalamiento, sin embargo presenta un buen comportamiento térmico ya que es doble y no permite que se produzcan pérdidas significativas por el mismo.</p>	<p>Los cerramientos portantes de hormigón armado tienden a tener problemas térmicos, húmidos, acústicos y permeabilidad del aire. Por ello, la solución ideal sería la sustitución de este tipo de cerramiento por una fachada de tipo ventilada, la cual presenta mayores ventajas en cuanto a eliminación de humedades y condensaciones, ahorro energético, eliminación de la radiación directa sobre el cerramiento ya que refleja parte del calor recibido. Posee una cámara de aire fuertemente ventilada y mejora el aislamiento acústico del edificio.</p> <p>También podría optarse por rehabilitar las fachadas Este y Oeste con un sistema de aislamiento térmico por el interior debido al elevado coste que supondría la sustitución de ambas fachadas.</p>

NÚMERO DE FICHA	4K003e
------------------------	---------------

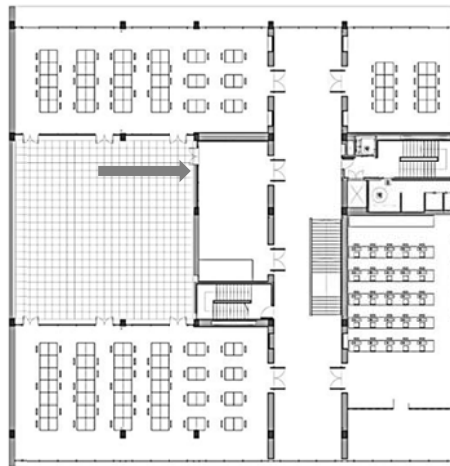
DATOS COMUNES

LOCALIDAD	ALTITUD	DB-HE AHORRO DE ENERGÍA		
		Zona Climática	Tº Media (°C)	HR Media (%)
Valencia	11	B3	17.8	60

SITUACIÓN

ORIENTACIÓN

<input type="checkbox"/> Norte
<input type="checkbox"/> Sur
<input checked="" type="checkbox"/> Este
<input type="checkbox"/> Oeste



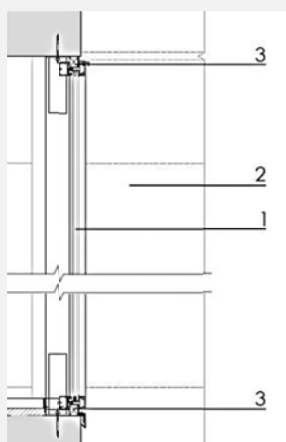
P. Primera

CONDICIONES AMBIENTALES

FECHA	Tº ATMOSF. (°C)	ESTADO CIELO	H.RELATIVA (%)	EMISIVIDAD
16/05/2014	21	Despejado	50	0.90

ENVOLVENTE

CARACTERÍSTICAS DEL ELEMENTO	ELEMENTO	<input checked="" type="checkbox"/> Carpintería	<input type="checkbox"/> Fachada	<input type="checkbox"/> Otro
	TIPO DE MARCO	<input type="checkbox"/> PVC	<input checked="" type="checkbox"/> Aluminio	<input type="checkbox"/> Otro
	TIPO DE VIDRIO	<input type="checkbox"/> Simple	<input checked="" type="checkbox"/> Doble	

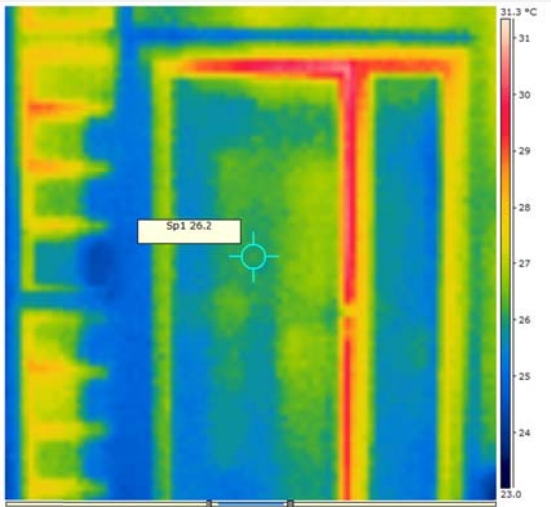
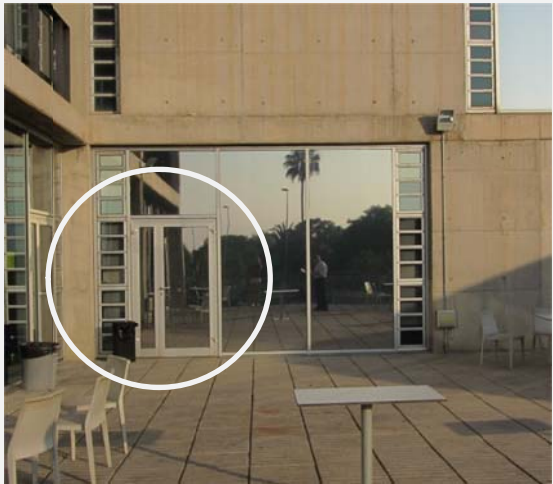


1_ Perfilaría de Aluminio tipo muro cortina, montantes y travesaños 52mm anodizado natural.

2_ Pantallas de hormigón armado visto doble cara acabado liso.

3_ Remate superior e inferior muro cortina-forjado. Chapa de aluminio plegada, e=1.5mm.

CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS	TRANSMITANCIA	0.51 W/m²K < 1.00 W/m²K		
	RIESGO COND.	<input type="checkbox"/> Si	<input checked="" type="checkbox"/> No	
	CUMPLIMIENTO CTE	<input checked="" type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	

FOTOGRAFÍAS	
TÉRMICA	REAL
	

ANÁLISIS	
DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
<p>La fotografía está realizada desde el exterior, concretamente desde la terraza situada en la primera planta con orientación Este. La imagen se corresponde con la carpintería de una de las puertas de salida, y como se observa, hay puntos de la misma donde se producen pérdidas de calor, localizándose temperaturas de hasta 30°C.</p> <p>El acristalamiento, por el contrario tiene un buen comportamiento ya que no se producen pérdidas desde el interior ni ganancias desde el exterior. Este se corresponde con un vidrio tipo aislante con cámara deshidratada y compuesto por dos hojas de dos vidrios cada una de ellas adheridos con lamina incolora de butiral de polivinilo formando así un conjunto de cuatro vidrios 4+4, 12,4+4. En él, se registran temperaturas normales de unos 24-25°C aproximadamente.</p>	<p>Para solventar los problemas anteriormente descritos convendría revisar los cierres para evitar puentes térmicos y proceder a su correcto sellado, sobre todo en los puntos de encuentro de la carpintería con los forjados o paramentos verticales.</p> <p>Podríamos atribuir el problema a una mala ejecución de las mismas ya que el tipo empleado es el adecuado.</p> <p>Se trata de carpinterías de aluminio resueltas con perfiles tubulares de montantes y travesaños vistos de 52 mm. El sistema de montantes permite integrar ventanas basculantes con cierre hermético del tipo Herver de Gravent, así como puertas abatibles acristaladas de aluminio, de una o dos hojas y rejillas de aluminio a medida.</p>

4.3 Perfil térmico.

El presente apartado recoge los perfiles térmicos de cada una de las imágenes IR analizadas en el apartado anterior mediante la representación gráfica a través de histogramas. Cada uno de ellos nos proporciona una visión global de cómo va variando la temperatura en cada punto de la imagen, a lo largo de una sección.

Los histogramas que se muestran a continuación, se han realizado mediante los datos obtenidos en el programa Flir QuickReport, los cuales han sido exportados a Excel, obteniendo los perfiles térmicos correspondientes.

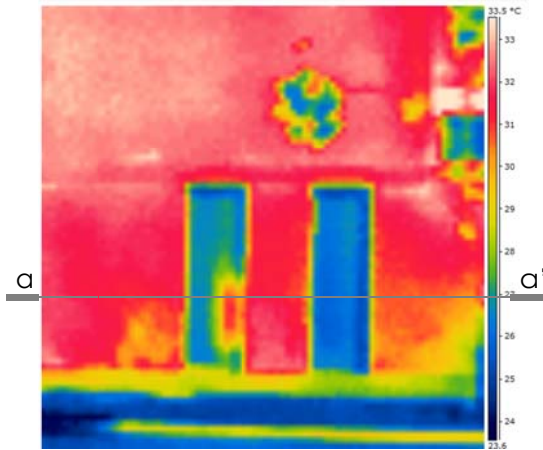


Figura 29: Imagen IR 4Ke01e

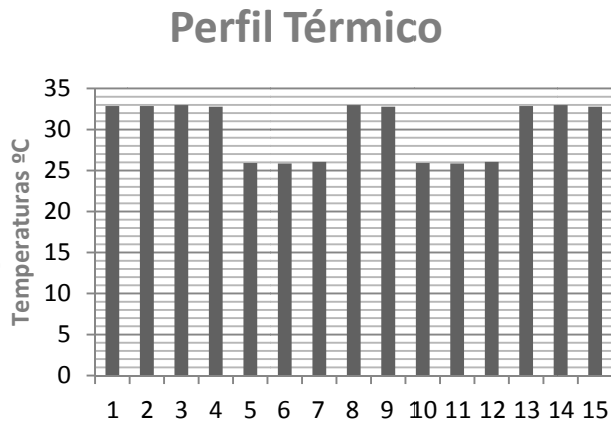


Figura 30: Histograma correspondiente a la imagen IR 4Ke01e

La figura 30, representa el perfil térmico correspondiente a la imagen IR 4Ke01e. En ella podemos ver la variación de temperaturas en la sección a-a' del cerramiento correspondiente a la fachada Este. Las mayores temperaturas se registran en el cerramiento de hormigón armado, alcanzándose valores de hasta 32-33°C. Dicha temperatura desciende conforme vamos bajando la vista hacia la parte inferior del cerramiento, donde se encuentran las manchas de humedad comentadas anteriormente. En estos puntos la temperatura ha descendido unos 5°C aproximadamente. Finalmente, las temperaturas más bajas las encontramos en las rejillas de ventilación y en la parte interior del cerramiento, localizándose temperaturas entre 24 y 25°C, siendo estas las partes más frías de la presente imagen.

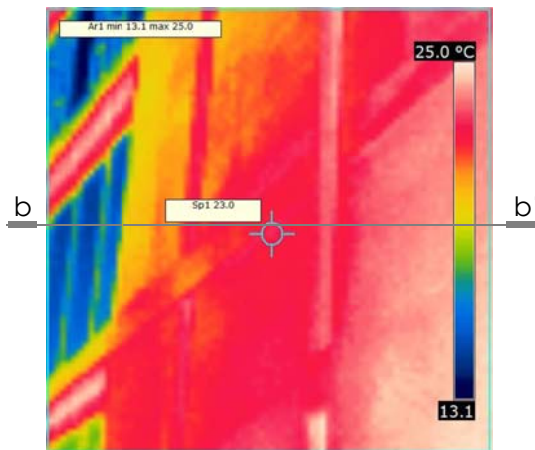


Figura 31: Imagen IR 4Kn02e

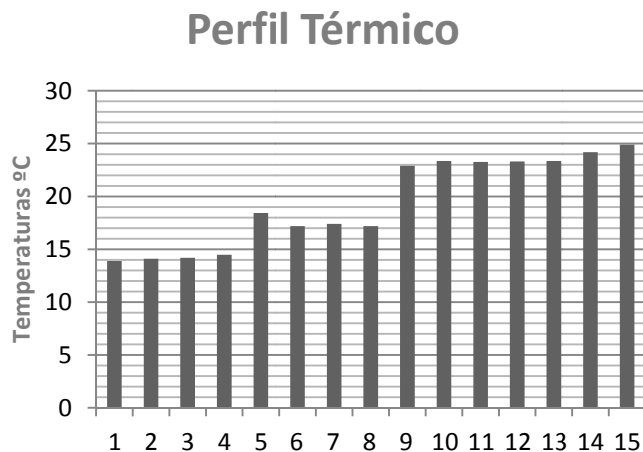


Figura 32: Histograma correspondiente a la imagen IR4Kn02e

El siguiente perfil térmico representa la variación de temperatura de la imagen IR 4Kn02e correspondiente a la sección del cerramiento b-b' de la fachada Oeste. Las temperaturas más elevadas, se encuentran, al igual que la imagen anterior, en el cerramiento de hormigón armado, alcanzándose temperaturas de hasta casi 25°C. Pese a estar la fotografía realizada el mismo día que la imagen anterior, en esta encontramos temperaturas más bajas ya que se trata de la fachada Oeste y todavía no ha recibido los rayos directos del sol. En cambio, la imagen IR 4Ke01e se corresponde con la fachada Este y el sol ya ha incidido en la misma, por ello la temperatura es de 32°C.

Se puede observar también, un gran salto de temperatura de 10°C, pasando de los 25°C en el cerramiento de hormigón armado a 15°C en las zonas que se corresponden con los ventanales. Es en estos puntos donde se registran las menores temperaturas gracias a la buena elección tanto del tipo de vidrio como de la carpintería del presente proyecto.

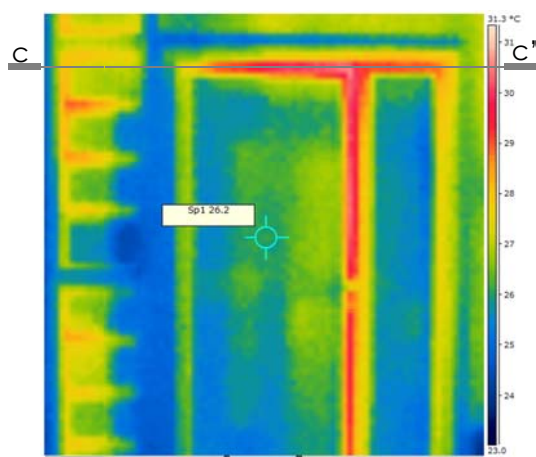


Figura 33: Imagen IR 4Ko03e

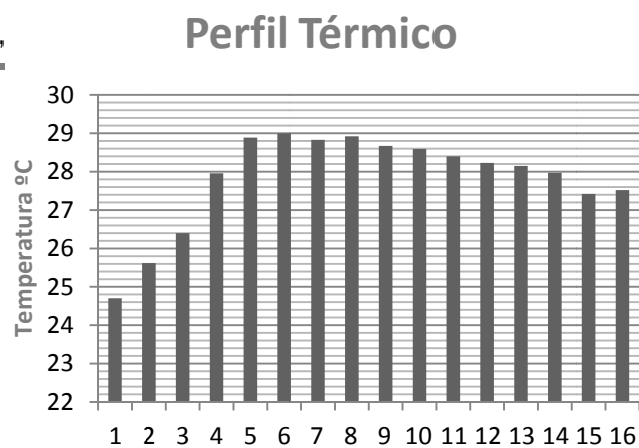


Figura 34: Histograma correspondiente a la imagen IR4Ko03e

La última ficha analizada se corresponde con la imagen IR 4Ko03e. Su distribución de temperaturas se refleja en el perfil térmico de la figura 34, en el cual observamos cómo va variando la temperatura pasando de 24-25°C en las zonas correspondientes a los acristalamientos, los cuales son de doble hoja, tipo aislante con cámara deshidratada y compuesto por dos hojas de dos vidrios cada una de ellas adheridos con lamina incolora de butiral de polivinilo. Conforme nos acercamos a las carpinterías, la temperatura va aumentando 2-3°C, por lo que la imagen presenta una situación estable en cuanto a temperaturas.

Las temperaturas más elevadas, las localizamos en la parte central y superior de la carpintería. En estos puntos se alcanzan los 29°C, y se corresponde con la zona de apertura de la puerta por lo que es normal que estos puntos se registren temperaturas más elevadas.

4.4 Propuestas de mejora de la envolvente.

En el siguiente apartado se van a plantear las mejoras de la envolvente en relación con las tres fichas comentadas anteriormente. Se van a diferenciar las propuestas de mejora según su localización por lo que se va a distinguir propuestas de mejora en cerramientos y en carpinterías.

4.3.1) CERRAMIENTOS

A) Humedades localizadas en la parte inferior del cerramiento.

En relación con la ficha **4Ke01e**, descrita en el apartado anterior, se han detectado problemas de humedad localizados en el paramento inferior de la fachada Este. Tal y como se indica en las observaciones de la ficha, este problema puede ser debido a un fenómeno denominado humedad por capilaridad, ya que los materiales de construcción absorben el agua del terreno a través de la cimentación. Estos suelen ser causados por un mal drenaje de la impermeabilización de los muros y cimientos, o bien por la existencia de un nivel freático ya que nos situamos cerca del nivel del mar. Suele ser también debido a la saturación del agua de lluvia, existiendo una mala ejecución para su evacuación o bien debido finalmente a rotura de instalaciones subterráneas conductoras del agua. Cualquiera sea la causa una entre las anteriormente citadas, esta humedad asciende por los poros del material, que al estar en contacto con el terreno funcionan como tubos capilares que absorben humedad ascendiendo por los poros pudiendo alcanzar alturas de hasta 1 metro.

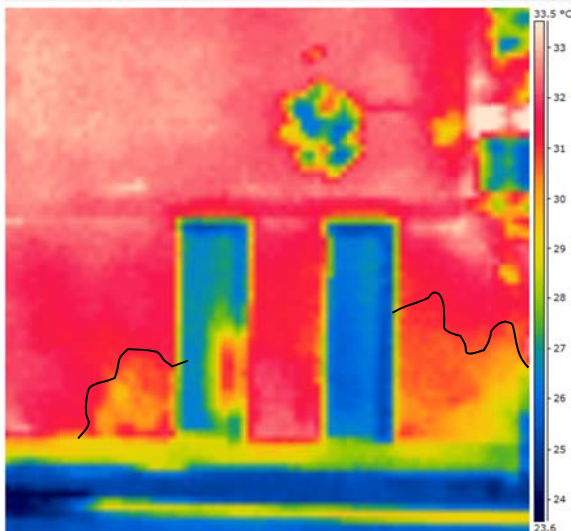


Figura 35: Imagen IR 4Ke01e



Figura 36: Imagen real fachada Este

A continuación, se van a plantear dos tipos de soluciones. La primera, la más tradicional, consiste en el empleo de Resinas Hidrófugas y la segunda, utiliza un novedoso producto de cristalización denominado Nanocristalización Catalizada, introducida en España hace poco más de dos años.

1. RESINAS HIDRÓFUGAS

Tras realizar un examen exhaustivo para comprobar la posible capilaridad, la primera solución planteada se trata de la aplicación de Resinas Hidrófugas en las zonas del cerramiento afectadas. Este tipo de producto se inyecta en una serie de perforaciones de unos 12mm de diámetro a intervalos de máximo 50cm. La profundidad de perforación debe ser levemente inferior a la del espesor de la pared. Una vez hechas las perforaciones se inyecta la resina, esta se extiende una vez dentro del muro actuando como barrera de humedad, es decir, la humedad llega hasta la resina, pero no la traspasa.

En el [Anexo III: Fichas Técnicas] se recoge la ficha técnica correspondiente al tipo de resina hidrófuga elegida para esta solución. Se trata de "SikaMur® InjectoCream-100 Barrera antihumedad (DPC) basada en silanos para tratamiento de humedades por capilaridad" [10].

Una vez inyectadas las resinas, realizaríamos una protección exterior contra la humedad mediante una pintura impermeable transparente que aplicaríamos en toda la superficie de la fachada. Se trata de una impregnación de base acuosa, que impermeabiliza y endurece las superficies deterioradas por la humedad.

En el [Anexo III: Fichas Técnicas] se recoge la ficha técnica correspondiente al tipo de pintura antihumedad elegida. Se trata de "Sikaguard® Antihumedad" de la casa comercial "Sika".



Figura 37: Realización de taladros Figura 38: Colocación de inyectores Figura 39: Inyección de la resina

Las tres figuras anteriores representan los pasos a seguir para impermeabilizar el cerramiento mediante la inyección de resinas hidrófugas. Primero se realizan los taladros, perpendiculares a la superficie a impermeabilizar cuyo diámetro será igual al diámetro del inyector más 2mm dejando una separación entre ellos de 30-50cm. A continuación se colocan los inyectores en los agujeros realizados con el taladro y finalmente, una vez colocados todos los inyectores se procede a inyectar la resina desde el inyector más bajo continuándose la inyección tal y como muestra la figura 39.

No se va a utilizar esta solución en el presente proyecto ya que es más usual para problemas de humedades donde se han producido fisuras y como podemos observar en la figura 36, únicamente encontramos manchas de humedad en dicho cerramiento.

2. NANOCRISTALIZACIÓN CATALIZADA

La segunda solución propuesta para solventar los problemas de humedad es la Nanocrystalización Catalizada. Esta será la medida que vamos a emplear en el presente proyecto ya que además de impermeabilizar, ofrece una mejora estructural nanométrica de los materiales pétreos porosos.

La Nanocrystalización Catalizada, es una solución novedosa en España pero muy consolidada en países como Alemania, Noruega, EEUU y Suecia, la cual permite una penetración de hasta 20cm, creando nanocristales de cuarzo puro en la red capilar de morteros y hormigones, lo que lleva a consolidarlos e impermeabilizarlos manteniendo su Ph por encima de 10.5 evitando oxidaciones. Su utilización supone tanto un ahorro energético como económico en la edificación, tanto en su aplicación como en el posterior mantenimiento del elemento tratado.

La solución propuesta, tiene su origen hace más de 40 años por la problemática de las plataformas petrolíferas del Mar del Norte, sumergidas a 350 m, expuestas a unas condiciones de erosión y ambientales absolutamente adversas tanto para el hormigón como para el acero. Desde entonces grandes edificaciones del Norte de Europa y EEUU como Túneles, Puentes, Presas, Embalses, Centrales Nucleares, Plantas de Biogas, Centros de tratamientos de aguas, entre otras muchas, han sido tratadas con Nanocrystalización Catalizada. Hace dos años comenzó a introducirse esta tecnología en la España con la impermeabilización de los túneles del Tranvía de Alicante o la consolidación del hormigón en la Pistas del Aeropuerto del Altet, con unos resultados excepcionales.

La Nanocrystalización Catalizada, se consigue mediante la suma de tres procesos; la Nanofiltración, la Cristalización y la Catalización.

La Nanofiltración es el proceso mediante el cual se hace pasar un fluido a través de una membrana semipermeable a una determinada presión de forma que se produce una separación basada en el tamaño de las moléculas que pueden atravesar dicha membrana (entre 0.001 y 0.01 mm), (1 nanómetro = 1/100000 mm). El segundo proceso es la Cristalización, por el cual a partir de un gas, un líquido o una disolución de los iones, átomos o moléculas establecen enlaces hasta formar una red cristalina, la unidad básica de un cristal. La Catalización o Catálisis, último de los procesos para completar la Nanocrystalización Catalizada, es un proceso por el cual se aumenta o disminuye la velocidad de una reacción química, debido a la participación de una sustancia llamada catalizadores el cual no se modifica durante la reacción química.

Por lo tanto, con la Nanocrystalización Catalizada se consigue crear una red de cristales nanométricos (de entre 0.1 y 0.7 nanómetros) y, gracias a los catalizadores, podemos controlar el grado de penetración de los mismos en hormigones, morteros, piedras calizas, etc...

La cristalización de los silicatos "Nano-filtrados" se basa en la reacción química de los silicatos con el Ca* libre existente en el interior del hormigón, mortero, cerámica, piedra, etc... convirtiéndose en un gel silíceo que se irá hidratando y solidificando gradualmente en forma de cristales como una estructura cristalina y en la

Gelificación del Silicato y su penetración a través de una red capilar porosa durante 3-4 días, gracias al catalizador compuesto por varios minerales.

La duración del proceso completo de cristalización es de unos 15 a 20 días. Generalmente, la fase de Gel dura 3-4 días, la cristalización unos 12-15 días, finalizándose el proceso en unos 15-20 días.

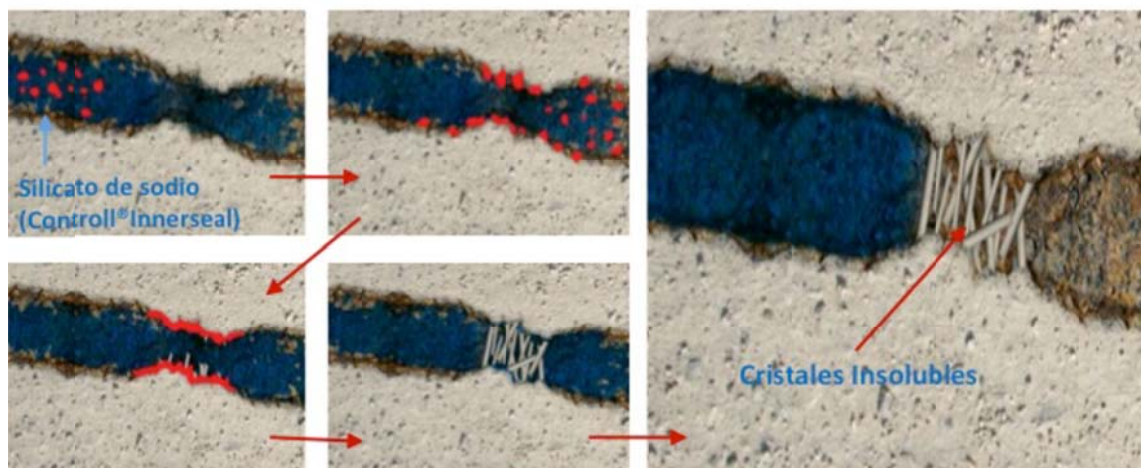


Figura 40: Duración del proceso de Nanocrystalización

En el [Anexo III: Fichas Técnicas] se recoge la ficha técnica del producto elegido para la solución propuesta; CONTROLL@INNERSEAL [11], el cual permite el sellado de los poros y ampollas que los hormigones presentan los cuales se encuentran conectados por capilaridad. Este producto consigue frenar las filtraciones que aportan "poluciones" como las precipitaciones ácidas, sales, cloruros y ácidos y que en su conjunto reducen la calidad del hormigón.

La aplicación de la Nanocrystalización Catalizada en los materiales de construcción porosos con contenido de Ca^* aportan numerosas ventajas en la construcción. Por un lado aporta impermeabilización, ya que al eliminar el agua, el reactivo de las patologías y el medio de transporte para la introducción de los elementos nocivos, se dejará inerte cualquier elemento interno rodeado de Nanocrystalos. También, aumenta la resistencia mecánica consolidando los materiales, proporciona protección anticorrosiva o inhibición de la corrosión al recuperar y mantener el ph de los materiales por encima de 11.4, controla las fisuraciones del material, aporta flexibilidad ya que el cuarzo puro tiene una dilatación inferior al hormigón, morteros, etc... creándose una red mallada cristalina que se adapta a los movimientos de los materiales.

Por último, no modifica el aspecto y tacto original, tiene carácter ignífugo, funciona como hidrofugante antigrafiti y mejora la eficiencia energética ya que se evita la disipación de la temperatura a través del hormigón de las paredes.

B) Falta de aislamiento en las fachadas Este-Oeste.

La ficha, **4Kn02e**, se corresponde con el cerramiento ciego exterior de la fachada Oeste. Como se ha observado, en la imagen se ve claramente la cuadrícula que forma la estructura; pilares y forjados, siendo ahí donde encontramos las temperaturas más elevadas.

Como hemos comentado, esto puede ser debido a que el revestimiento de la fachada es demasiado delgado y los materiales son de distintas densidades, indicando claramente la distinta inercia térmica de cada material.

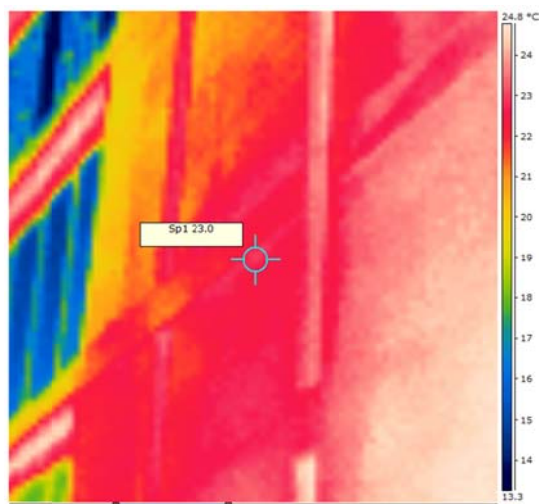


Figura 41: Imagen IR 4Kn02e

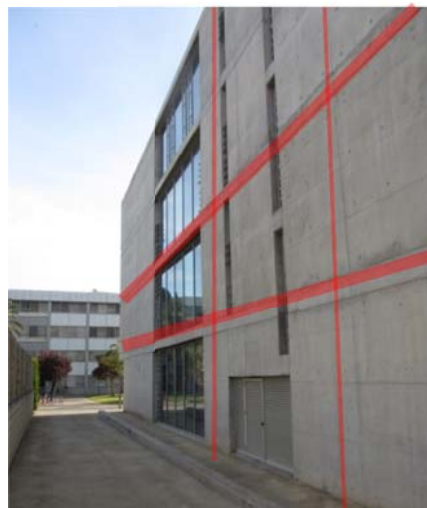


Figura 42: Imagen real fachada Oeste

Este problema se localiza en dos de las cuatro fachadas del edificio, concretamente en las fachas Este y Oeste. Estos cerramientos ciegos se resuelven mediante pantallas de hormigón armado visto compuestas de dos hojas, ambas vistas, una portante al exterior de 20cm de espesor y otra de 15 cm que define el acabado interior de los espacios que delimita. Se dispone un aislamiento térmico rígido mediante poliestireno extrusionado de alta densidad entre ambas hojas.

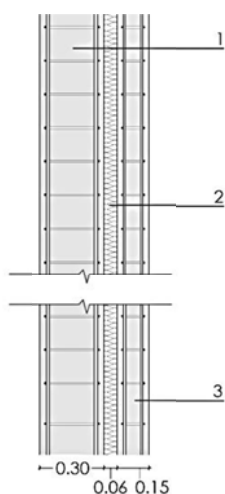


Figura 43: Detalle cerramiento ciego


LEYENDA:

- 1_ Pantalla exterior de hormigón armado visto de $e=20\text{cm}$.
- 2_ Aislamiento térmico rígido mediante poliestireno extrusionado de alta densidad entre ambas hojas, $e=6\text{cm}$.
- 3_ Pantalla interior de hormigón armado visto de $e=15\text{cm}$.

La transmitancia térmica actual, ha sido calculada mediante una hoja de cálculo proporcionada por la casa comercial URSA [12]. El cálculo del coeficiente de transmisión térmica U es el cálculo más elemental dentro de térmica en la edificación. La norma EN ISO 6946 establece la metodología para realizar este cálculo basándose en las características geométricas (espesor) y térmicas (conductividad) de cada capa.

Basándonos en los datos que nos proporciona la memoria constructiva del presente proyecto, seleccionamos en el Excel 3 capas. La hoja exterior e interior de hormigón armado visto de 15 o 20 cm de espesor según corresponda y una hoja intermedia de aislamiento térmico rígido mediante poliestireno extrusionado de alta densidad entre ambas hojas, e=6cm.

En la siguiente figura podemos observar gráficamente el cálculo realizado del correspondiente coeficiente de transmisión térmica.


CALCULO COEFICIENTE TRANSMISION TERMICA
 Metodo UNE EN 6946

DEFINIR TIPO

FACHADA
 CUBIERTA
 SUELO
 BUHARILLA MUY PERMEABLE AL AIRE (Tejas sin tablero ni film de estanqueidad)
 BUHARDILLA RELATIVAMENTE ESTANCA AL AIRE (Con tablero o lamina de estanquidad)
 BUHARDILLA MUY ESTANCA AL AIRE (Con tablero y lamina de estanquidad)

CAPAS EXTERIORES

	Espesor (m)	Lambda (W/m·K)	R.Termica	m ² K/W
1 HORMIGON/De 2000 kg/m3	0,2		1,2	0,17
2 AISLANTE/Lana Roca LM-4 (51-110 kg/m3)	0,06		0,036	1,67
3			0	0,00
4			0	0,00
5			0	0,00
6			0	0,00
7			0	0,00
8			0	0,00
				1,83

CAMARA DE AIRE

Sin camara R.Termica 0,00

NO Ventilada
 LIGERAMENTE ventilada
 MUY Ventilada

CAPAS INTERIORES

	Espesor (m)	Lambda (W/m·K)	R.Termica	m ² K/W
1 HORMIGON/De 2000 kg/m3	0,15		1,2	0,13
2			0	0,00
3			0	0,00
4			0	0,00
5			0	0,00
6			0	0,00
7			0	0,00
8			0	0,00
				0,13

RESULTADO

COEFICIENTE TRANSMISION TERMICA "U" 0,47 W/m²K

© Josep Sole

Los datos finales obtenidos por el usuario con la aplicación tienen efectos meramente orientativos, sin que sean vinculantes para URSA. Le recomendamos contacte con URSA para confirmar la validez de dichos resultados

Figura 44: Cálculo del coeficiente de transmisión térmica 1

Para solventar los problemas anteriores, se va a optar por la rehabilitación térmica, propósito del presente proyecto, con la consecuente reducción del consumo energético y emisiones de CO_2 a la atmosfera.

En la ficha se plantean dos tipos de soluciones. Por un lado, se opta por rehabilitar la fachada por el exterior mediante la incorporación de una fachada ventilada. Esta solución presentaría numerosas ventajas entre las que encontramos; la eliminación de los puentes térmicos al adecuarse a la forma geométrica de la fachada, una mejora de la estética de la misma, un mantenimiento mínimo, una mejora del aislamiento acústico, la disminución de las ganancias por radiación solar directa, una protección estructural contra agresiones externas. Además se contribuye a eliminar problemas de salubridad interior como humedades y condensaciones, etc.

Por el contrario, la ejecución de este tipo de solución supondría un coste excesivamente alto y mayores trabajos en cuanto a demolición de la antigua fachada. Por ello, se va a optar por la segunda solución que consistirá en la rehabilitación de ambas fachadas con aislamiento térmico por el interior mediante trasdosado autoportante de placas de yeso laminado sobre perfiles metálicos y aislamiento de lana mineral. Para esta solución se elige el sistema de Aislamiento mediante Trasdosado de Placa de Yeso Laminado (PYL) de la casa comercial ISOVER.

Se trata de un sistema que consiste en aislar térmica y acústicamente los cerramientos de una fachada por el interior. Está formado por placas de yeso laminado que se fijan a unos perfiles metálicos independientes del muro portante, introduciendo lana mineral en el espacio intermedio. Esta puede ser lana de vidrio o lana de roca.

El sistema presenta numerosas ventajas. Proporcionan tanto aislamiento térmico como acústico, impermeabilizan la fachada protegiéndola de la penetración de agua de lluvia, actúa como barrera interna de vapor de manera que se evite la presencia de condensaciones. En cuanto a costes, al tratarse de un sistema de construcción "en seco" el proceso de instalación es rápido, considerándose dichos trabajos "obras menores". No precisan sistemas de andamiaje que invadan la vía pública y puede aplicarse a cualquier tipo de fachada. El sistema permite alojar instalaciones entre la placa y el propio aislante si fuera necesario y resuelve los puentes térmicos integrados en la fachada (pilares, contornos de huecos, etc...). Por el contrario, tiene una limitación, ya que disminuye el espacio interior unos 6cm aproximadamente.

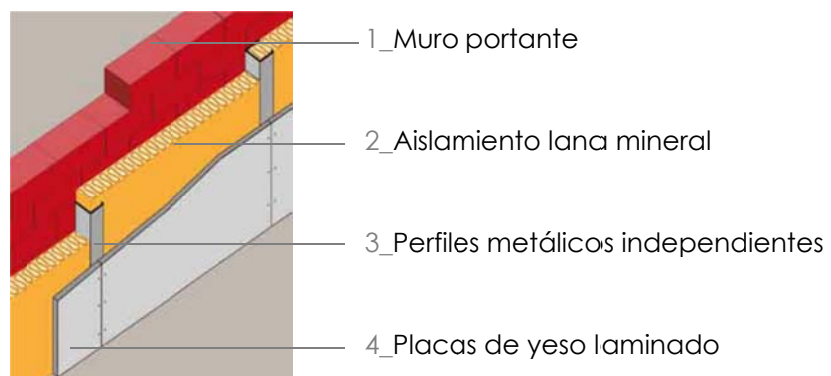


Figura 45: Sistema aislamiento por el interior

El proceso de montaje consistirá en que una vez preparado el muro, sin presencia de defectos importantes de estanqueidad, grietas, desconchones, mohos, etc... se colocan correctamente alineadas y aplomadas las canales metálicas superiores e inferiores. Es recomendable intercalar una junta estanca entre las canales y el suelo o el techo. Una vez colocados, se procede a la colocación de los montantes los cuales van colocados a presión cada 60 o 40 cm sin atornillado o remachado. A continuación, se coloca el aislante entre los montante relleno completamente la cavidad. Si fuera necesario se realizarían los pasos de instalaciones precisas. Por último, se procede a colocar las placas de yeso mediante atornillado de las mismas a los montantes. Para finalizar el trabajo se efectúa el tratamiento de juntas de las placas de yeso aplicando una última capa de pintura que conforma el acabado.

A continuación, se muestra el detalle constructivo resultante una vez aplicada la solución al edificio objeto de estudio.

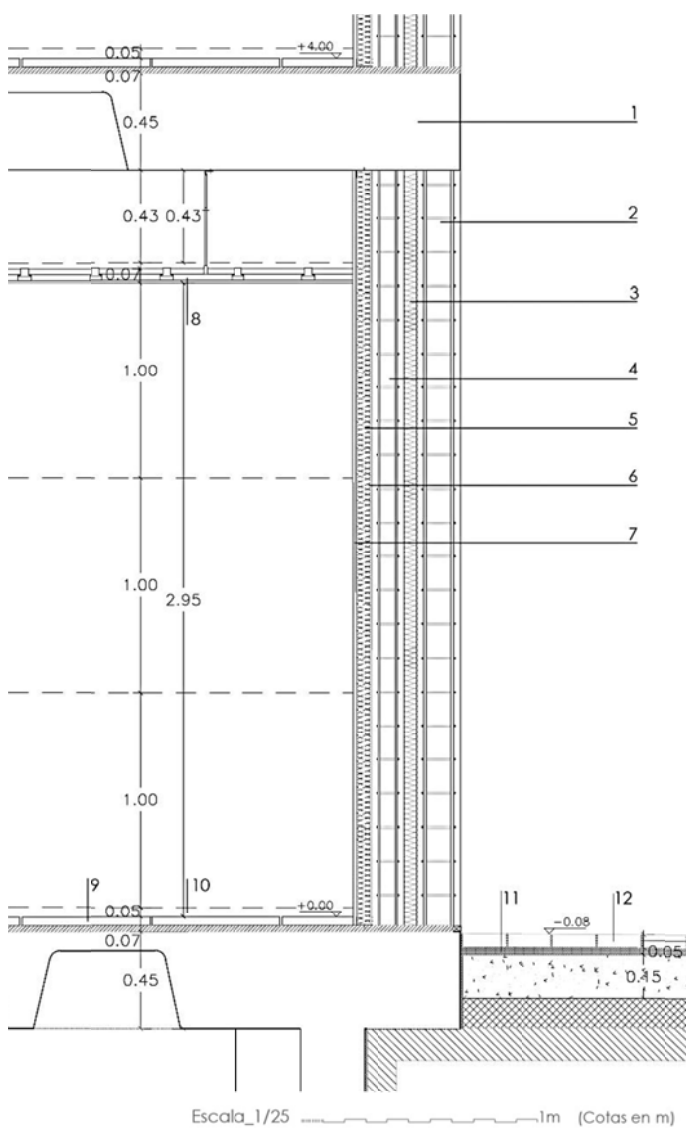


Figura 46: Detalle aislamiento por el interior

LEYENDA:

- 1_ Forjado reticular de H. Armado 40+5cm.
- 2_ Pantalla exterior de hormigón armado visto de e=20cm.
- 3_ Aislamiento térmico rígido mediante poliestireno extrusionado de alta densidad entre ambas hojas, e=6cm.
- 4_ Pantalla interior de hormigón armado visto de e=15cm.
- 5_ Aislamiento lana mineral, e=4cm
- 6_ Perfiles metálicos independientes.
- 7_ Placas de yeso laminado, e=1cm
- 8_ Techo suspendido placa cartón-yeso. Estructura metálica dos direcciones y bordes con remate placa angular.
- 9_ Rodapié interior galvanizado y lacado y lacado con chapas de acero plegado de e=2mm atornillado.
- 10_ Pavimento de terrazo 60x60, grano fino, uso interno.

La siguiente figura, representa el cálculo de la transmitancia térmica del cerramiento opaco una vez incluida la propuesta de mejora. Para ello, además de seleccionar las capas anteriormente marcadas, añadiremos una capa de aislamiento térmico de lana de roca de 4cm de espesor y una capa de placa de carton-yeso de 1cm de espesor.

URSA
CALCULO COEFICIENTE TRANSMISION TERMICA
 Metodo UNE EN 6946

DEFINIR TIPO

FACHADA
 CUBIERTA
 SUELO
 BUHARILLA MUY PERMEABLE AL AIRE (Tejas sin tablero ni film de estanqueidad)
 BUHARDILLA RELATIVAMENTE ESTANCA AL AIRE (Con tablero o lamina de estanqueidad)
 BUHARDILLA MUY ESTANCA AL AIRE (Con tablero y lamina de estanqueidad)

CAPAS EXTERIORES

	Espesor (m)	Lambda (W/m·K)	R.Termica	m ² K/W
1 HORMIGON/De 2000 kg/m3	0,2		1,2	0,17
2 AISLANTE/Lana Roca LM-4 (51-110 kg/m3)	0,06		0,036	1,67
3			0	0,00
4			0	0,00
5			0	0,00
6			0	0,00
7			0	0,00
8			0	0,00
				1,83

CAMARA DE AIRE

Sin camara

R.Termica: 0,00

NO Ventilada
 LIGERAMENTE ventilada
 MUY Ventilada

CAPAS INTERIORES

	Espesor (m)	Lambda (W/m·K)	R.Termica	m ² K/W
1 HORMIGON/De 2000 kg/m3	0,15		1,2	0,13
2 AISLANTE/Lana Roca LM-4 (51-110 kg/m3)	0,04		0,036	1,11
3 YESO/Placa de carton-yeso	0,01		0,25	0,04
4			0	0,00
5			0	0,00
6			0	0,00
7			0	0,00
8			0	0,00
				1,28

RESULTADO

COEFICIENTE TRANSMISION TERMICA "U" 0,30 W/m²K

© Josep Sole

Los datos finales obtenidos por el usuario con la aplicación tienen efectos meramente orientativos, sin que sean vinculantes para URSA. Le recomendamos contacte con URSA para confirmar la validez de dichos resultados

Figura 47: Cálculo del coeficiente de transmisión térmica 2

Tal y como indica la figura anterior, observamos que gracias a la mejora propuesta se ha reducido la transmitancia térmica en casi 2W/m²K.

4.3.2) CARPINTERÍAS.

A) Sellado de las carpinterías y revisión de las mismas.

La ficha **4Ko03e**, hace referencia a las carpinterías utilizadas en el presente proyecto. Concretamente la de la fotografía 02, se corresponde con la carpintería de una de las puertas de salida donde observamos que existen pérdidas de calor ya que alcanzan temperaturas de hasta 30°C. Las carpinterías empleadas son las adecuadas, ya que se trata de carpinterías de aluminio resueltas con perfiles tubulares de montantes y travesaños vistos de 52 mm. El sistema de montantes permite integrar ventanas basculantes con cierre hermético del tipo Herver de Gravent, así como puertas abatibles acristaladas de aluminio, de una o dos hojas y rejillas de aluminio a medida.

Los vidrios que incorporan las carpinterías son dobles de tipo aislante con cámara deshidratada y compuesto por dos hojas de dos vidrios cada una de ellas adheridos con lamina incolora de butiral de polivinilo formando así un conjunto de cuatro vidrios 4+4, 12,4+4.

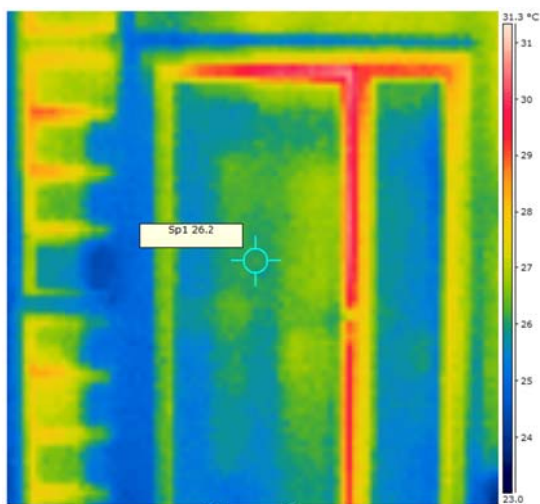


Figura 48: Imagen IR 4Ko03e

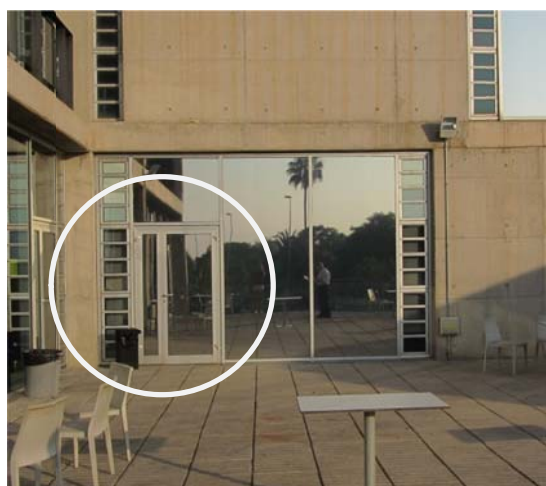


Figura 49: Imagen real terraza planta primera

La solución para este problema sería proceder a una revisión de los anclajes y sellado de la misma, en su encuentro con el forjado y con los paramentos para garantizar su estanqueidad. Si fuera necesario, se procedería al sellado de la misma mediante cinta autoadhesiva "Sika MultiSeal Plus", la cual se colocaría bordeando toda la superficie garantizando una excelente adherencia.

La aplicación de este adhesivo sintético es instantánea y de fácil colocación. Para ello hemos de asegurar que la superficie esté completamente limpia y seca así como libre de grasa, suciedad, polvo etc. Posteriormente se procederá al retiro del papel parcialmente para exponer la superficie adhesiva y se pegará la misma presionando uno de los extremos. Para mejores resultados se recomienda hacer uso de un rodillo de acero en el caso de techos o uno recubierto de caucho.

En la tabla 12, se recogen los datos técnicos de la cinta autoadhesiva.

Tabla 12: Datos técnicos cinta autoadhesiva "Sika MultiSeal Plus"

DATOS TÉCNICOS		
Base química		Copolímero etileno propileno
Color		Gris
Membrana TIPO resist. a rayos UV		Blanco, gris, negro
Gravedad específica		1.26
Total sólidos		100%
Penetración	Cono a 77°F +/- 2F/300gr	84 a 110 (8.4 a 11.0 mm)
Flexibilidad		Sin agrietamiento o pérdida de adherencia a -30°C
Elongación		700% MÍNIMO
Vehículo de Sangrado		No exudación del vehículo sobre papel de fieltro.
Resistencia Adhesiva a Tracción		13 psi
Resistencia al recimiento de hongos		Resistirá a los ataques de hongos y no favorecerá el crecimiento de moho.
Resistencia a la intemperie	permanente	Excelente condición, sin pérdida de adherencia de las características del caucho.
Servicio temperatura		
Vida del producto		18 meses

Por otro lado, el acristalamiento que completa el sistema de carpintería, presenta un buen comportamiento ya que no se producen pérdidas desde el interior ni ganancias desde el exterior. Este se corresponde con un vidrio tipo aislante con cámara deshidratada y compuesto por dos hojas de dos vidrios cada una de ellas adheridos con lamina incolora de butiral de polivinilo formando así un conjunto de cuatro vidrios 4+4, 12,4+4. En él, se registran temperaturas normales de unos 24-25°C aproximadamente.

Pese a que el vidrio y la carpintería empleados en el presente proyecto son los adecuados, cabe analizar las correspondientes carpinterías de fachada Sur. La orientación del edificio va a ser fundamental ya que la incidencia de los rayos solares sobre la fachada del edificio va a afectar de forma importante a la temperatura interior. Dependiendo de la estación del año, el sol posee una inclinación distinta por lo que los rayos llegarán de forma diferente.

La fachada Sur, en invierno es la que mayor radiación solar recibe puesto que el sol es más bajo mientras que el resto del año apenas recibe sus rayos ya que el sol está cada vez más vertical. Por lo tanto, en verano, la fachada Sur es la que menos radiación solar directa recibe y serán las fachadas Este y Oeste las más afectadas por el calor.

Para solventar el exceso de calor recibido en verano por las fachadas Este y Oeste, se ha planteado en la ficha 4Kn02e, la rehabilitación de las mismas mediante un aislamiento autoportante colocado en el interior del cerramiento. Este ha sido explicado anteriormente en este mismo apartado.

Para solucionar el problema con la fachada Sur, vamos a hacer uso de una carta solar. La carta solar cilíndrica es un diagrama en el que se representa la posición del Sol sobre un lugar determinado para fechas y horas diferentes en función de la altura del Sol y el acimut del punto (orientación con respecto al Sur). En el eje vertical se sitúa la altura solar en grados sexagesimales y en el eje horizontal el acimut medido desde el Sur.

Una de las aplicaciones de la carta solar es conocer el número de horas de sol teóricas (con cielo despejado) que reciben las diferentes fachadas de un edificio cuando no ocurre ninguna obstrucción (no hay sombras proyectadas). Para ello únicamente hay que considerar que el acimut en grados sexagesimales del eje X del diagrama expresa las diferentes orientaciones de la superficie.

El soleamiento es, una herramienta fundamental para el diseño de la tipología y la orientación de los cerramientos y huecos exteriores además de ser la base de la Arquitectura Bioclimática, la cual aprovecha las energías naturales y sus variaciones diarias o estacionales para acondicionar el ambiente de los edificios y espacios exteriores a las necesidades de los ocupantes.

En iluminación natural, permite resolver el diseño de un hueco de luz, el cual debe permitir la entrada de la máxima cantidad de luz difusa, pero al mismo tiempo impedir el soleamiento directo en épocas de calor, aunque permita la calefacción solar directa en épocas de frío.

El soleamiento será por tanto necesario para el diseño y la durabilidad de los elementos constructivos, por el excesivo calentamiento de fachadas y cubiertas de edificios (hasta 75°C), las previsiones de aislamiento térmico o el cálculo y dimensionado de las instalaciones de climatización.

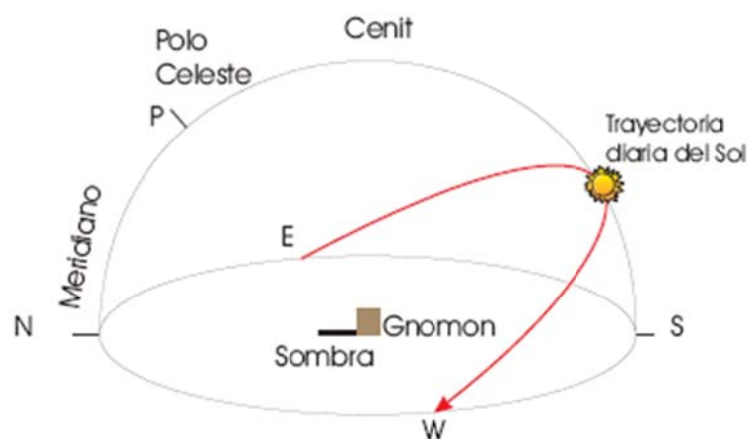


Figura 50: Trayectoria del sol

La siguiente figura, representa la carta solar del edificio objeto de estudio. Para el análisis, se van a estudiar cuatro horas diferentes correspondientes a diferentes estaciones del año, estas son; las 10h y las 14h de invierno y las 10h y las 16h de verano.

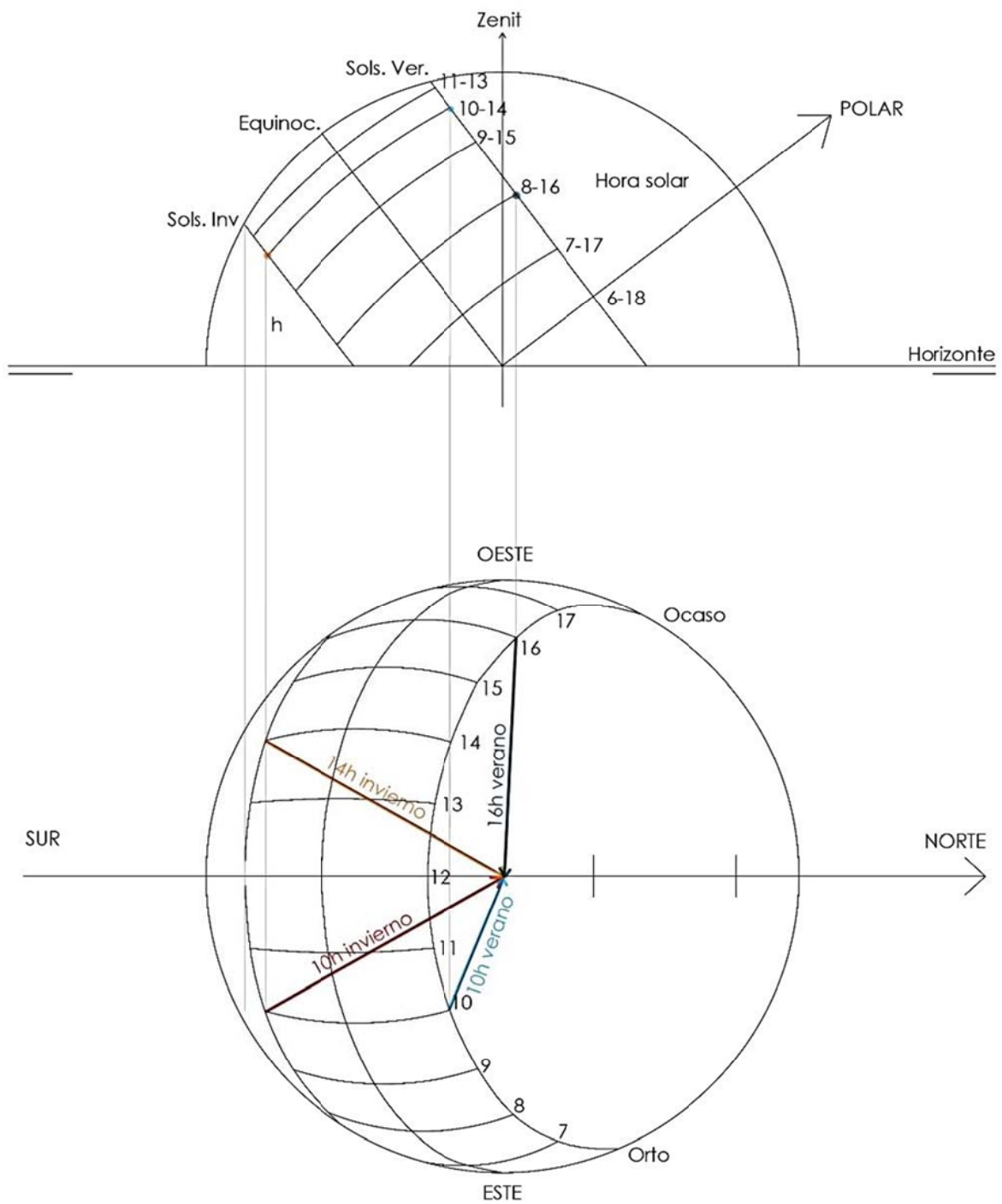


Figura 51: Carta solar para latitud 39.5°N (Valencia)

El edificio del presente proyecto, cuenta con una serie de protecciones solares en esta orientación Sur. Por un lado, existen una serie de estores móviles colocados interiormente en cada estancia para protegerse del sol y además, dicha orientación cuenta con una serie de voladizos en cada planta de 1.80m de vuelo. Para ver si son suficientes dichas medidas, vamos a hacer uso de las inclinaciones obtenidas en la carta solar anterior y con ayuda de una sección del edificio, comprobaremos la efectividad de los mismos.

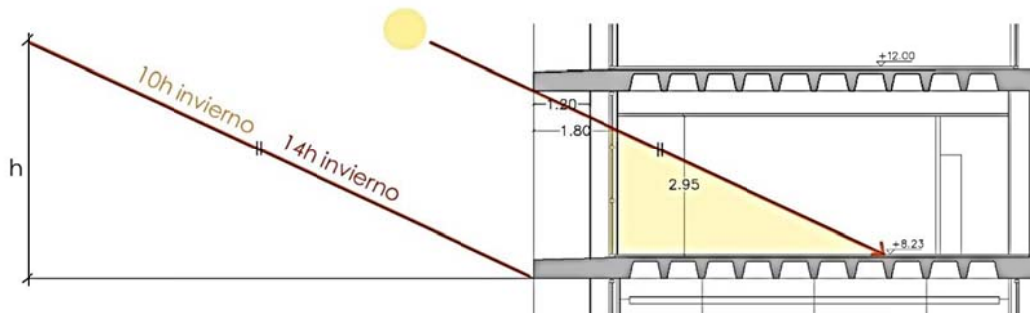


Figura 52: Inclinación del sol a las 10h y a las 14h de invierno

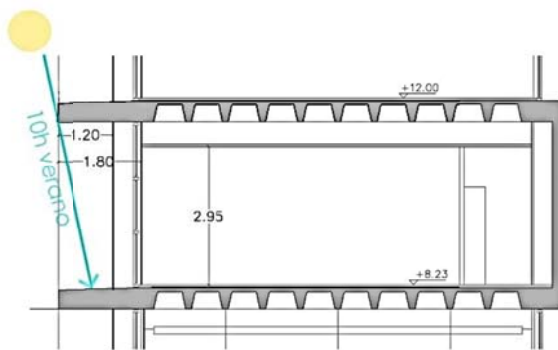


Figura 53: Inclinación del sol a las 10h en verano

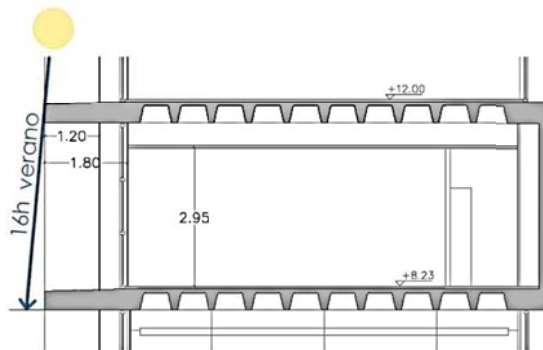


Figura 54: Inclinación del sol a las 16h en verano

Como podemos observar en las figuras 53 y 54, las medidas tomadas para protegerse del sol en la orientación Sur sí que son efectivas. Por un lado, en verano, observamos que a las 16h no penetra ningún rayo de sol en el interior del edificio debido a su inclinación. A las 10h, tampoco inciden los rayos del sol en la fachada gracias a la efectividad del voladizo que lo impide. Por lo tanto, en verano, estación para la cual debemos protegernos del sol, queda totalmente solucionado el sobrecalentamiento en la presente fachada Sur.

Por otro lado, en la figura 52, en invierno, observamos como los rayos del sol penetran en el interior de la estancia. Con esta orientación, y las medidas empleadas se obtiene el máximo beneficio solar ya que los rayos solares penetran en invierno, obteniendo sombras en las estaciones de verano.

4.5 Estudio económico.

El último apartado del Capítulo IV Análisis Termográfico, se va a realizar un estudio económico de las propuestas de mejora desarrolladas en el apartado anterior. Para ello, se va a hacer uso del programa informático "Presto" mediante el cual se van a realizar los correspondientes informes de las propuestas de mejora de la envolvente elegidas.

En este apartado, se intenta acercar lo máximo posible a la realidad que sería llevar a la práctica las mejoras anteriormente propuestas, para poder analizarlas desde el punto de vista de la viabilidad económica. Cabe destacar, que el presente proyecto está enfocado a la teoría y a la capacidad de proponer soluciones ante los problemas planteados por lo que la viabilidad, a pesar de su gran importancia en el mundo de la edificación no será un punto decisivo en la toma de decisiones.

Mediante el programa informático "Presto" se han creado una serie de informes los cuales reflejan el importe total de cada una de las mejoras propuestas. Se trata de un programa integrado para el control de los costes de un proyecto de construcción, que comprende las diferentes necesidades de todos los agentes que intervienen en el proceso edificatorio y en todas y cada una de las fases en las que se divide.

Cada una de las propuestas planteadas, están enfocadas a mejorar el edificio térmicamente. Estas mejoras son:

A) MEJORA DEL CERRAMIENTO AISLÁNDOLO TÉRMICAMENTE POR EL INTERIOR:

B) HUMEDADES LOCALIZADAS EN LA PARTE INFERIOR DEL CERRAMIENTO:

A continuación se presenta una breve descripción de cada una de las mejoras propuestas así como sus correspondientes informes que reflejan los precios descompuestos, las mediciones y el resumen del presupuesto de cada una de ellas.

A) MEJORA DEL CERRAMIENTO AISLÁNDOLO TÉRMICAMENTE POR EL INTERIOR:

Para la primera mejora se ha elegido un trasdosado autoportante de placas de yeso laminado sobre perfiles metálicos y aislamiento de lana mineral. Esta se aplica a las fachadas parcialmente ciegas del edificio y para la medición de los m² necesarios de trasdosado se ha hecho especial importancia a los huecos presentes en las mismas los cuales han sido descontados.

Para proceder a su ejecución, se ha tenido en cuenta un previo desmontaje y posterior colocación del pavimento existente de baldosas de terrazo así como de las placas de falso techo de cada una de las estancias, añadiéndose también una última partida de pintura plástica sobre los paramentos interiores de placas de yeso, dotándolas del acabado que se requiera.

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
CAPITULO 01.05 Pintura plástica sobre paramentos int. de placas de yeso laminad						
01.01	m2		Desmontaje y montaje de Baldosas de Terrazo de 60x60cm.			
			Desmontaje del pavimento existente en el interior del edificio, de baldosas de terrazo de 60x60 cm, picado de material de agarre con medios manuales y posterior montaje de las mismas.			
01.011	0,250	h	Peón especializado	15,92	3,98	
01.021	0,300	h	Peón ordinario	15,92	4,78	
%CI	3,000	%	Costes Indirectos	8,80	0,26	
TOTAL PARTIDA						9,02

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de NUEVE EUROS con DOS CÉNTIMOS

01.02	m2		Desmontaje y montaje de Falso Techo cont.de placas de 30x30 cm.			
			Desmontaje de falso techo continuo de placas de escayola de 30x30cm de yeso laminado o cartón yeso, con medios manuales, incluido el posterior montaje de las mismas.			
01.021	0,250	h	Peón ordinario	15,92	3,98	
%CI	3,000	%	Costes Indirectos	4,00	0,12	
TOTAL PARTIDA						4,10

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATRO EUROS con DIEZ CÉNTIMOS

01.03	m2		TRASDOS.AUTOPORT.e=47mm.I400(13+34)			
			Trasdosado autoportante formado por montantes separados 400 mm. y canales de perfiles de chapa de acero galvanizado de 34 mm., atornillado por la cara externa una placa de yeso laminado de 13 mm. de espesor con un ancho total de 47 mm., sin aislamiento. l/p. de tratamiento de huecos, paso de instalaciones, tornillería, pastas de agarre y juntas, cintas para juntas, anclajes para suelo y techo, limpieza y medios auxiliares. Totalmente terminado y listo para imprimir y pintar o decorar. Según NTE-PTP, UNE 102040 IN y ATEDY. Medido deduciendo los huecos de superficie mayor de 2 m2.			
01.041	0,260	h	Oficial primera	18,65	4,85	
01.042	0,260	h	Ayudante	16,99	4,42	
01.033	1,050	m2	Placa yeso laminado normal 13x1.200 mm.	5,62	5,90	
01.034	0,400	kg	Pasta para juntas yeso	1,57	0,63	
01.035	1,300	m	Cinta de juntas yeso	0,09	0,12	
01.036	0,950	m	Canal de 35 mm.	1,33	1,26	
01.037	3,500	m	Montante de 34 mm.	1,88	6,58	
01.038	20,000	ud	Tornillo 3,9 x 25	0,01	0,20	
01.039	0,470	m	Junta estancia al agua 46 mm.	0,45	0,21	
%CI	3,000	%	Costes Indirectos	24,20	0,73	
TOTAL PARTIDA						24,90

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTICUATRO EUROS con NOVENTA CÉNTIMOS

01.04	m2		Aislamiento térmico, lana mineral, e=40cm			
			Aislamiento termoacústico en cámaras con panel lana mineral de 60 mm de espesor, adheridos con pelladas de cemento cola al cerramiento de fachada, colocados a tope para evitar cualquier eventual puente térmico, l/p.p. de corte, adhesivo de colocación, medios auxiliares.			
01.041	0,100	h	Oficial primera	18,65	1,87	
01.042	0,100	h	Ayudante	16,99	1,70	
01.043	1,050	m2	Panel lana mineral 60 mm.	6,36	6,68	
01.044	0,500	kg	Cemento cola	0,78	0,39	
%CI	3,000	%	Costes Indirectos	10,60	0,32	
TOTAL PARTIDA						10,96

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIEZ EUROS con NOVENTA Y SEIS CÉNTIMOS

01.05	m2		Pintura plástica sobre paramentos int. de placas de yeso laminad			
			Pintura plástica con textura lisa, color blanco, acabado mate, sobre paramentos verticales interiores de placas de yeso laminado, mano de fondo y dos manos de acabado (rendimiento:0.125l/m2 cada mano).			
01.051	0,180	l	Imprimación sedallora para interior con resinas acrílicas.	7,86	1,41	
01.052	0,250	l	Pintura plástica para interior en dispersión acuosa.	4,43	1,11	
01.053	0,152	h	Oficial 1º pintor.	17,24	2,62	
01.054	0,182	h	Ayudante pintor.	16,13	2,94	
01.055	2,000	%	Medios auxiliares	8,08	16,16	
%CI	3,000	%	Costes Indirectos	24,20	0,73	
TOTAL PARTIDA						24,97

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTICUATRO EUROS con NOVENTA Y SIETE CÉNTIMOS

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
							591,03	24,90	14.716,65
01.04	m2 Aislamiento térmico, lana mineral, e=40cm								
	Aislamiento termoacústico en cámaras con panel lana mineral de 60 mm de espesor, adheridos con pelladas de cemento cola al cerramiento de fachada, colocados a tope para evitar cualquier eventual puente térmico, i/p.p. de corte, adhesivo de colocación, medios auxiliares.								
	PLANTA BAJA								
	Fachada oeste	1	65,56			65,56	65,56		
	.								
	PLANTA PRIMERA								
	Fachada este	1	68,16			68,16			
	Fachada oeste	1	106,28			106,28	174,44		
	.								
	PLANTA SEGUNDA								
	Fachada este	1	68,40			68,40			
	Fachada oeste	1	106,28			106,28	174,68		
	.								
	PLANTA TERCERA								
	Fachada este	1	70,07			70,07			
	Fachada oeste	1	106,28			106,28	176,35		
							591,03	10,96	6.477,69
01.05	m2 Pintura plastica sobre paramentos int. de placas de yeso laminad								
	Pintura plástica con textura lisa, color blanco, acabado mate, sobre paramentos verticales interiores de placas de yeso laminado, mano de fondo y dos manos de acabado (rendimiento:0.125/m2 cada mano)								
	PLANTA BAJA								
	Fachada oeste	1	65,56			65,56	65,56		
	.								
	PLANTA PRIMERA								
	Fachada este	1	68,16			68,16			
	Fachada oeste	1	106,28			106,28	174,44		
	.								
	PLANTA SEGUNDA								
	Fachada este	1	68,40			68,40			
	Fachada oeste	1	106,28			106,28	174,68		
	.								
	PLANTA TERCERA								
	Fachada este	1	70,07			70,07			
	Fachada oeste	1	106,28			106,28	176,35		
							591,03	24,97	14.758,02
	TOTAL CAPÍTULO 01 MEJORA AISLAMIENTO INTERIOR FACHADA.....								
									37.467,54
	TOTAL.....								
									37.467,54

RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
01.05	Pintura plástica sobre paramentos int. de placas de yeso laminad	14.758,02	39,39
	TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	14.758,02	
	TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA	14.758,02	
	TOTAL PRESUPUESTO GENERAL	14.758,02	

Como puede observarse en el resumen del presupuesto, el precio total de la primera mejora que consiste en aislar el cerramiento de la fachada Este y Oeste por el interior, es de 14.758,02€. Dicha cantidad, supone una inversión importante para la Universitat Politècnica de València, pero podemos garantizar las condiciones de aislamiento y hermeticidad que se pretenden en el presente proyecto, además de obtener una reducción de la transmitancia en casi un 40%.

B) HUMEDADES LOCALIZADAS EN LA PARTE INFERIOR DEL CERRAMIENTO:

La siguiente mejora sometida a estudio económico trata de resolver los problemas de humedades localizados en las partes inferiores de los cerramientos mediante la Nanocrystalización Catalizada, proceso mediante el cual se hace pasar un fluido a través de una membrana semipermeable a una determinada presión de forma que se consigue crear una red de cristales manométricos y, gracias a los catalizadores, podemos controlar el grado de penetración de los mismos en el cerramiento. Para la realización del presente presupuesto únicamente se ha podido encontrar el precio por m² del producto empleado.

CUADRO DE DESCOMPUESTOS

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
CAPÍTULO 02 MEJORA TRATAMIENTO ANTIHUMEDAD; NANOCRISTALIZACIÓN CATALIZADA						
02.01	m2		Tratamiento de humedades por capilaridad			
			Aislamiento termoacústico en cámaras con panel lana mineral de 60 mm de espesor, adheridos con pelladas de cemento cola al cerramiento de fachada, colocados a tope para evitar cualquier eventual puente térmico, i/p.p. de corte, adhesivo de colocación, medios auxiliares.			
m0010AC30	0,578	h	Oficial primera	17,24	9,96	
m0010AC50	0,578	h	Ayudante	16,13	9,32	
mP07AL040	1,050	l	liquido impermeabilizante	6,36	6,68	
%CI	3,000	%	Costes Indirectos	26,00	0,78	
TOTAL PARTIDA						26,74

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTISEIS EUROS con SETENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 02 MEJORA TRATAMIENTO ANTIHUMEDAD; NANOCRISTALIZACIÓN CATALIZADA									
02.01	m2 Tratamiento de humedades por capilaridad								
	Aislamiento termoacústico en cámaras con panel lana mineral de 60 mm de espesor, adheridos con pelladas de cemento cola al cerramiento de fachada, colocados a tope para evitar cualquier eventual puente térmico, i/p.p. de corte, adhesivo de colocación, medios auxiliares.								
	FACHADA ESTE								
	Area total	1	581,13			581,13			
	Huecos a deducir	1	-110,26			-110,26	470,87		
	.								
	FACHADA OESTE								
	Area total	1	851,06			851,06			
	Huecos a deducir	1	-164,07			-164,07	686,99		
	.								
							1.157,86	26,74	30.961,18
TOTAL CAPÍTULO 02 MEJORA TRATAMIENTO ANTIHUMEDAD; NANOCRISTALIZACIÓN CATALIZADA									30.961,18
TOTAL									30.961,18

RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
02	MEJORA TRATAMIENTO ANTIHUMEDAD; NANOCRISTALIZACIÓN CATALIZADA	30.961,18	100,00
	TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	30.961,18	
	TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA	30.961,18	
	TOTAL PRESUPUESTO GENERAL	30.961,18	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de TREINTA MIL NOVECIENTOS SESENTA Y UN EUROS con DIECIOCHO CÉNTIMOS

, a 21 de agosto de 2014.

El presupuesto total de la mejora B) que consiste en la aplicación de un tratamiento para las humedades por capilaridad es de 30.961,18€. Esta mejora, a pesar de suponer un gran importe para la Universitat Politècnica, tiene como resultado una serie de prestaciones térmicas que a la larga suponen un mayor ahorro energético ya que consigue evitar la disipación de la temperatura a través del hormigón en los cerramientos durante más de 40 años tras la primera aplicación, por lo que a pesar de su elevado coste inicial, no supone un coste excesivo a largo plazo gracias a su durabilidad.

Cada uno de los presupuestos anteriores están realizados con la Base de precios IVE 09_10 y con la Base de precios proporcionada por la casa comercial URSA.

Por último, se presenta un cuadro resumen del presupuesto total de las intervenciones planteadas.

Tabla 13: Resumen presupuesto total intervenciones

PRESUPUESTO TOTAL INTERVENCIONES	
A) Aislamiento fachada interior	14.758.02 €
B) Nanocrystalización Catalizada	30.961.18 €
TOTAL:	45.719.38 €

El precio total de las intervenciones planteadas en el presente proyecto es de 45.719,38€.

Personalmente, pese a suponer una gran inversión hoy en día, sería de buena práctica la aplicación de ambas propuestas de mejora en el edificio objeto de estudio, ya que, como se ha comentado anteriormente, la colocación del aislamiento por el interior de las fachadas Este y Oeste suponen una reducción de la transmitancia térmica de casi un 40%, lo que supone un mayor ahorro energético y la aplicación del tratamiento contra las humedades por capilaridad aportan numerosas propiedades al cerramiento del edificio, lo que supone una excelente inversión a lo largo del tiempo.

Capítulo 5

Conclusiones

En el último capítulo del presente proyecto se pretende dar una visión global sobre todos los datos obtenidos a lo largo del trabajo académico. Para ello, se va a analizar cada uno de los condicionantes más relevantes del estudio.

La orientación es fundamental a la hora de estudiar el edificio, ya que cada uno de los cerramientos ha de responder a las prestaciones requeridas. Así pues, las fachadas Norte y Sur al ser las más acristaladas por estar compuestas por muros cortina, han sido sometidas a un examen exhaustivo para comprobar la eficacia de sus protecciones solares.

Por un lado, la fachada Norte, no presenta ningún problema, por lo que no requiere de protecciones solares adicionales ya que será la fachada menos afectada por la radiación solar. Sin embargo, la fachada Sur, es la que mayor radiación solar recibe en invierno, puesto que el sol está más bajo mientras que el resto del año apenas recibe sus rayos ya que el sol está cada vez más vertical. Por ello, se ha comprobado la efectividad del voladizo situado en toda la fachada Sur, el cual cuenta con unas dimensiones adecuadas para proteger toda la fachada de la incidencia del sol.



Serán las fachadas Este y Oeste las más afectadas por el calor, por lo que un aislamiento defectuoso y ambientes cerrados en estructuras aisladas y herméticas pueden producir grandes pérdidas de energía. Como se ha comprobado mediante las imágenes termográficas, los defectos de aislamiento térmico no solo suponen un riesgo de calentamiento excesivo y costes de mantenimiento, sino que también crean condiciones de un clima interior poco adecuado.

El grado de aislamiento de dichas fachadas se ha determinado mediante el cálculo de coeficiente de transmitancia térmica (valor U). No obstante, hay que tener en cuenta que estos valores no suelen ofrecer una medida de las pérdidas de energía reales del edificio ya que habría que tener en cuenta fugas de aire, conexiones herméticas defectuosas las cuales pueden producir variaciones en los valores calculados.

Mediante la termografía, se ha podido estudiar las variaciones de temperatura en la superficie de la estructura del edificio. Las variaciones de resistencia térmica de la estructura, pueden producir variaciones de temperatura en sus superficies. Las filtraciones de aire frío o caliente a través de la estructura también afectan a la variación de las temperaturas superficiales. Esto indica que, los defectos de aislamiento, los saltos térmicos y las filtraciones pueden ser localizados mediante la termografía infrarroja.

Así pues, se han podido detectar, infiltraciones de agua por capilaridad en la parte inferior de los paramentos así como problemas de falta de aislamiento en las fachadas parcialmente ciegas del edificio.

Como se ha explicado anteriormente, la falta de aislamiento se ha solucionado aislando las fachadas Este y Oeste por el interior mediante un trasdosado autoportante de placas de yeso laminado sobre perfiles metálicos y aislamiento de lana mineral.



Figura 56: Trasdoso PB

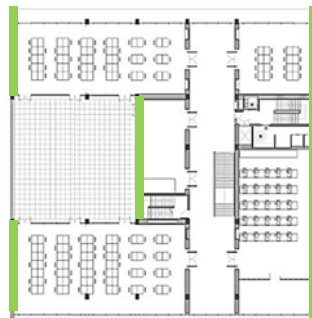


Figura 57: Trasdoso P1

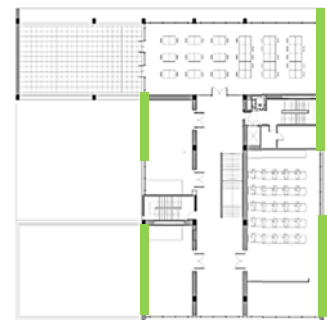


Figura 58: Trasdoso P2



Figura 59: Trasdoso P3



Figura 60: Trasdoso Este



Figura 61: Trasdoso Oeste

Mediante la aplicación de esta mejora, conseguimos una reducción del coeficiente de transmitancia térmica (U) en ambos cerramientos de casi un 40%, ya que conseguimos pasar de 0.47 W/m²K a 0.3 W/m²K con el consecuente ahorro energético que ello supone.

En el siguiente gráfico, se puede observar la relación de reducciones del coeficiente de transmitancia antes y después del trasdosado, para los distintos materiales de construcción.

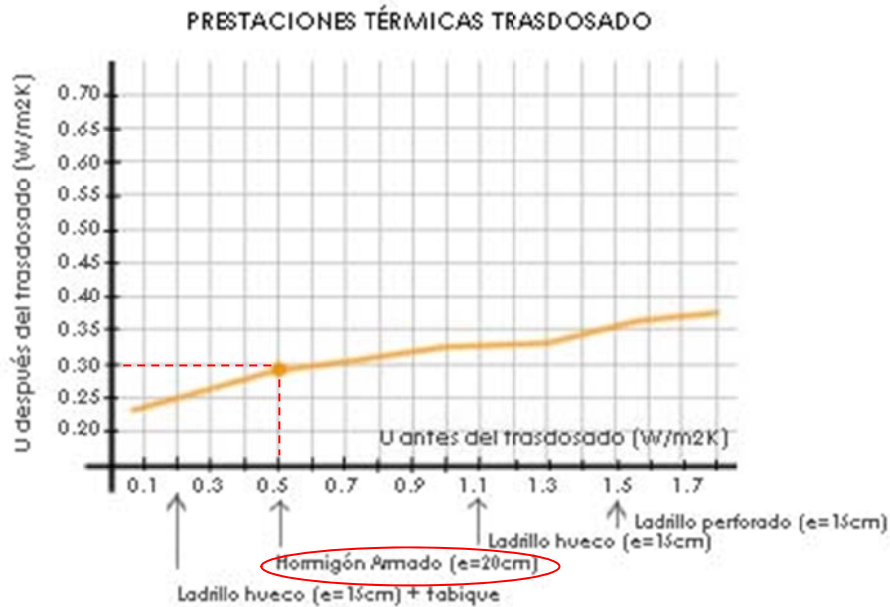


Figura 62: Prestaciones térmicas del trasdosado autoportante

Los problemas por capilaridad han sido resueltos mediante una técnica prácticamente novedosa en el ámbito de la edificación. Esta es la Nanocrystalización Catalizada, proceso mediante el cual se consigue controlar el grado de penetración de agua en el cerramiento. A pesar de haberse localizado estas filtraciones únicamente en la parte inferior del cerramiento, el producto ha sido presupuestado en toda la superficie de los cerramientos Este y Oeste, con el fin de dotar a todo el cerramiento de las ventajas que proporciona este sistema en cuanto a impermeabilización, aumento de resistencia mecánica del cerramiento, control de fisuras, etc.



Figura 63: Nanocrystalización Este



Figura 64: Nanocrystalización Oeste

El conjunto de las mejoras propuestas para la envolvente del edificio objeto de estudio, supone un gran ahorro energético. Desde el punto de vista económico hay que tener en cuenta que a pesar de suponer un gran coste, la aplicación de ambas mejoras resultan viables energéticamente debido a su amortización con el paso del tiempo.

La siguiente tabla resume y recoge las prestaciones que proporcionan cada una de las mejoras que se han estudiado en el presente proyecto, así como el coste económico que supondrían en el caso de que fuesen aplicadas.

Tabla 14: Resumen estructura y presupuesto.

MEJORA	PRESTACIONES	PRECIO
Aislamiento térmico mediante TRASDOSADO AUTOPORTANTE en fachadas Este y Oeste	-Reducción de la transmitancia térmica de 0.47 a 0.33 W/m ² K.	14.758.02 €
Aplicación de la NANOCRISTALIZACIÓN CATALIZADA contra la humedad capilar.	-Impermeabilización. -Aumento de la resistencia mecánica. -Consolidación de materiales -Protección anticorrosiva. -Flexibilidad. -Control de fisuras. -Carácter ignífugo	30.961.18 €
TOTAL:		45.719.38 €

Haciendo referencia al Capítulo 1: Introducción, podemos observar que tras la realización del proyecto se han ido consiguiendo cada uno de los objetivos propuestos. En primer lugar, gracias al uso de la termografía infrarroja, hemos podido definir las características térmicas del presente edificio y detectar los posibles defectos de construcción en cada caso. Se ha podido analizar visualmente el edificio, gracias a la proximidad del mismo para poder detectar puntos críticos e irregularidades. Tras esta primera toma de datos, se han podido determinar actuaciones correctivas para solventar las anomalías detectadas y mejorar la envolvente con el fin de mejorar el edificio térmicamente.

Con todo lo expuesto, se ha dado a conocer más en profundidad la importancia de la eficiencia energética en la edificación, así como unas bases para la mejora de la misma con el fin de conseguir unas adecuadas condiciones térmicas del edificio objeto de estudio las cuales influirán en el bienestar y ahorro energético ya que va a permitir la reducción del consumo y de las emisiones que afectan al medio ambiente.

Bibliografía

- [1] BASF y sus socios. Eficiencia energética en edificios.
- [2] Tort Ausina, Isabel. (2012). Apuntes Arquitectura Bioclimática I, II y III. UPV.
- [3] Soto Camino, Juan (2012). Apuntes de Termodinámica, UPV.
- [4] Land Instruments International (2004). Guía Básica a la Termografía.
- [5] FLIR. (2009). "Historia de la aplicación termográfica"-
- [6] TESTO (2008) Termografía, guía de bolsillo. Teoría, aplicación práctica, consejos y trucos.
- [7] Melgosa, Sergio. (2011) Guía de la termografía infrarroja. Aplicaciones en ahorro y eficiencia energética.
- [8] FLIR. (2011). Guía sobre termografía para aplicaciones en edificios y energía renovable.
- [9] <http://www.camaras-termograficas.es/>
- [10] <http://esp.sika.com/>
- [11] <http://nanoim.com/nanocrystalizacion-catalizada/>
- [12] <http://www.ursa.es/>
- [13] <http://www.construmatica.com/>
- [14] <http://www.soloarquitectura.com/>

Anexos