



**Universidad de Valladolid**

GRADO EN FUNDAMENTOS DE LA  
ARQUITECTURA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

## **PROPUESTA DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA**

DE EDIFICIOS DE LA UNIVERSIDAD DE VALLADOLID DE  
FACHADA DE LADRILLO VISTO

AUTORA: PAULA CORRAL ALAEJOS

TUTORA: MARIA SOLEDAD CAMINO OLEA

TUTOR: MIGUEL ÁNGEL PADILLA MARCOS

JULIO 2019

## RESUMEN | ABSTRAC

Hoy en día existe una gran preocupación por el consumo de energías renovables y por la contaminación que este genera al medio ambiente. Este hecho repercute directamente sobre la forma de proyectar y ejecutar los edificios, para que no demanden energía y se llegue a un consumo energético mínimo.

Los centros de enseñanza universitaria de la ciudad de Valladolid (España) son espacios muy frecuentados, es por ello, que estos edificios deben reunir unas condiciones de confort adecuadas al uso y demás condiciones climáticas y meteorológicas.

En este trabajo se busca la rehabilitación de la envolvente por medio de soluciones constructivas con las que se puede conseguir una mejora de su eficiencia energética y, en consecuencia, condiciones de confort en su interior, sin modificar su apariencia, ya que se trata de edificios representativos de la ciudad. Estas rehabilitaciones implican un menor uso de las energías generando así, una menor contaminación.

Se analizarán edificios estudiando la demanda energética y la envolvente para proponer una intervención en la que rehabilitar esta envolvente y reducir la demanda energética.

Nowadays there is a great concern about the energy conservation and the environmental. This has a direct impact on buildings, as they demand more and more energy every day.

The Valladolid's Universities are spaces that are very frequented by the great majority of the population, which lives in this city. For this reason, these places must have adequate comfort conditions.

This work seeks to refurbish these spaces through constructive solutions that can achieve a better energy efficiency and, consequently, indoor comfort conditions inside, without changing their appearance, as they are emblematic buildings in the city. These refurbishments imply a lesser use of non-renewable energies, thus generating less pollution.

Each building will be analysed by means of a study of the envelope and its energy demand, in order to be able to propose a refurbishment in accordance with which to achieve optimum results.



PALABRAS CLAVE | KEYWORDS

EFICIENCIA ENERGÉTICA, DEMANDA ENERGÉTICA, REHABILITACIÓN,  
CENTROS DE ENSEÑANZA SUPERIOR, ENVOLVENTE, SOSTENIBILIDAD

ENERGY EFFICIENCY, ENERGY DEMAND, REHABILITATION, HIGHER  
EDUCATION INSTITUTIONS, ENVELOPE, SUSTAINABILITY



## 1. INTRODUCCIÓN

- 1.1. REHABILITACIÓN ENERGÉTICA Y SOSTENIBILIDAD
- 1.2. ANTECEDENTES
- 1.3. MOTIVACIONES
- 1.4. PLANTEAMIENTO DEL TRABAJO
- 1.5. OBJETIVOS PRINCIPALES

## 2. CUESTIONES NORMATIVAS Y SOCIALES

## 3. METODOLOGÍA

- 3.1. ESTRUCTURA DEL TRABAJO

## 4. ESTUDIO DE LOS EDIFICIOS

- 4.1. DOCUMENTACIÓN DE LOS EDIFICIOS
  - 4.1.1. ESTUDIO DEL SOLEAMIENTO
- 4.2. SIMULACIÓN EN HULC
- 4.3. DEMANDA ENERGÉTICA DE LOS EDIFICIOS
- 4.4. PUNTOS DÉBILES Y CRÍTICOS

## 5. ESTUDIO COMPARATIVO

## 6. CONCLUSIONES PARCIALES

## 7. PROPUESTAS DE REHABILITACIÓN

- 5.1. PROPUESTA DE REHABILITACIÓN DE FACHADA. SISTEMA TERMOKLINKER
- 5.2. PROPUESTA DE REHABILITACIÓN DE CUBIERTA. CUBIERTA VENTILADA
- 5.3. PROPUESTA DE CAMBIO DE CARPINTERIAS Y VIDRIOS.

## 8. ANÁLISIS DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA

## 9. CONCLUSIONES

## 10. BIBLIOGRAFÍA

## 11. ANEXOS



## 1.INTRODUCCIÓN

### 1.1 REHABILITACIÓN ENERGÉTICA Y SOSTENIBILIDAD

---

Hoy en día, la energía resulta necesaria para los ámbitos de nuestra vida, ya que está presente en gran parte de los hábitos del ser humano.

Tal y como se recoge en el objetivo 7 del Informe de Desarrollo Sostenible editado por las Naciones Unidas en el año 2018, se debe "Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos".

Pero desde hace algunos años, existe una gran preocupación por la disponibilidad limitada de energía en el mundo.

Desde hace años, hemos convivido con el problema de la contaminación del medio ambiente, pero hoy en día este problema crece a pasos agigantados a causa de las emisiones de sustancias contaminantes y del vertido de residuos promovido esencialmente por el uso de las fuentes de energía fósiles, las cuales impactan negativamente en el medio natural.

La emisión de gases del efecto invernadero produce una barrera en la atmósfera impidiendo la expulsión de la radiación solar reflejada por la corteza terrestre, produciendo así, cambios en el clima y en la temperatura del planeta. El CO<sub>2</sub> es uno de los principales gases de efecto invernadero.

La Unión Europea se ha comprometido a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 80-95% respecto a los niveles de 1990.

En 2012 las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por los hogares de la Unión Europea causaron el 19% de las emisiones totales de Europa. (Diefenenbach et al. 2016)

Es por esto, que los Decretos Europeos, el Protocolo de Kioto y la reciente Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (Acuerdo de París de 2015), así como otros muchos acuerdos mundiales intentan concienciar, cada vez más, a la sociedad sobre este tema.

Actualmente, las necesidades energéticas se satisfacen predominantemente con fuentes de energía no renovables España es un país fuertemente dependiente de las importaciones energéticas. Esta dependencia se sitúa en torno a un 73% (Según fuentes del año 2015).

Esto lo podemos reducir potenciando el uso de energías renovables, empleando recursos autóctonos que poseemos (el sol, el viento, el agua...) España es un país privilegiado en estos recursos (Lozano 2018)

Por otro lado, los valores de intensidad del uso de las energías son mucho mayores en contraste con los objetivos marcados por Europa en materia de ahorro energético, cambio climático y eficiencia energética (Comisión Europea 2015)

La mejora de la eficiencia energética de los edificios es importante, por ello, la Directiva Europea sobre la Eficiencia Energética de los Edificios (DEEE 2010) obliga a cada estado miembro de la UE a implementar políticas para la mejora de la eficiencia de los edificios. Esperando así, que el aumento de la eficiencia energética de estos y el uso de fuentes de energía renovables desempeñen un papel importante en la consecución del objetivo principal marcado por la Unión Europea. (Diefenenbach et al. 2016)

La sociedad está tomando conciencia del riesgo que esto supone, es por esto, por lo que los seres humanos debemos generar cambios en temas tan importantes como la arquitectura, para así, poder promover y conservar esta concienciación.

La arquitectura es uno de los sectores con un importante potencial en términos de ahorro energético, a través del diseño sostenible de los edificios, por medio de la aplicación de estrategias bioclimáticas y el uso de fuentes de energía renovables.

No basta solo con establecer objetivos, sino que hay que ocuparse del proceso de aplicación.

El diseño de la envolvente de un edificio es fundamental para conseguir reducir el consumo energético. También influyen las instalaciones en la eficiencia, además del empleo de sistemas de bajo consumo y una ejecución con alta calidad constructiva.

---

## 1.2. ANTECEDENTES

Para la introducción del tema, podemos tomar como ejemplos, las máquinas de vapor de Boulton y Watt, las cuales, en la década de 1790 se construyeron de forma eficiente con respecto al resto de aparatos de su época, lo que implicaba un menor consumo de energía. (Econoticias 2017)

Sin embargo, el mundo se ha desarrollado basándose en la obtención de energía procedente de los combustibles fósiles. A partir de la revolución industrial, a finales del siglo XVIII, el consumo de las energías se incrementa exponencialmente, siendo inicialmente el carbón y el gas los más usados.

Los factores más influyentes en la demanda han sido: (Vicente 2014)

- El crecimiento demográfico que durante el S.XX ha experimentado el planeta.
- El crecimiento del nivel de confort demandado por la sociedad, cuyo aumento esta aparejado al aumento del petróleo.
- La incorporación del petróleo como combustible usado a partir de 1964

Entre finales de la Segunda Guerra Mundial y bien entrados los años 70, Japón, Estados Unidos y Europa consumían petróleo masivamente, existía una fuerte dependencia. Debido a esta dependencia, los países procedentes de Oriente Medio y los países Occidentales, se vieron sumidos en una grave crisis económica. Mientras tanto el precio del petróleo aumentaba. (López 2013)

En 1973, es cuando se empieza a tomar conciencia del agotamiento de los recursos, buscando así, diversificar las fuentes de energía, que terminó desembocando en un auge de las centrales nucleares.

(Vicente 2014)

Dicha etapa se caracterizó por la mentalidad de "salvar la energía" y hallar una respuesta a la crisis, ante los aumentos repentinos de los precios y los problemas de suministro de energía causados por la falta de petróleo. Años después se comenzó a gestionar la energía a través del concepto de la conservación. (Econoticias 2017)

El origen de la palabra sostenibilidad se sitúa en 1987 con el informe socio-económico Brundtland elaborado por la ONU, donde se utilizó por primera vez el término "desarrollo sostenible", definido como:

*“Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades”* (Vicente 2014)

La sostenibilidad como concepto es sin duda una de las ideas más importantes de nuestro tiempo. Aceptar la necesidad de utilizar de forma racional los recursos del planeta, para poder entregarlo en condiciones dignas a nuestros herederos. (Aja 2006)

Actualmente, la UE fomenta activamente la evolución de Europa hacia una sociedad con bajas emisiones de carbono. (Unión Europea 2019)

Los países europeos consumen menos energía que hace 10 años, principalmente gracias al aumento de la eficiencia energética. Europa también depende menos de los combustibles fósiles gracias al ahorro de energía y la utilización, más rápida de lo previsto, de energías renovables. (Arkins 2017)

A partir de 2010, la política que apunta a la eficiencia energética comenzó a crecer a nivel mundial. En los últimos años ha aumentado el interés por la financiación de la eficiencia energética. En España contrariamente a lo que pasó en gran parte del resto del mundo, el compromiso del gobierno con la eficiencia energética disminuyó con las crisis y los recortes presupuestarios. (Vicente 2014)

### 1.3. MOTIVACIONES

---

La realización de este trabajo de fin de grado viene motivada por la preocupación de varios temas de actualidad con los que convivimos diariamente, temas sobre todo de carácter ambiental.

Con esto se busca una mayor concienciación en las personas para poder frenar muchos de los problemas que hoy en día se producen en el medio ambiente.

Este, está cambiando a peor por la forma en la que la sociedad hacemos uso de él y de sus recursos, es por esto, por lo que podemos decir, que la acción humana es uno de los factores más influyentes en la potenciación del deterioro del entorno y del cambio climático.

La motivación principal radica en concienciar a la sociedad de este hecho, cambiando así, algunos de sus hábitos, haciéndoles ver que entre todos podemos conseguir un mundo más sostenible favoreciendo la ralentización del cambio climático.

En mi opinión, la arquitectura es una rama fuertemente ligada a la naturaleza, ya que esta puede influir de manera muy positiva sobre los edificios, es por ello, por lo que debemos intentar que la unión entre ambos sea cada día más fuerte.

Nuestra intervención en el medio tiene consecuencias directas sobre él, por ello debemos contribuir a mejorarlo en el ámbito, tanto profesional como personal.

Desde el punto de vista arquitectónico, podemos impulsar este hecho mejorando la eficiencia energética de los espacios que habitamos diariamente, utilizando las energías renovables provenientes de la naturaleza y mejorando la demanda energética de los edificios. Este hecho puede favorecer a la disminución del impacto negativo que se ocasiona sobre el medio cuando un edificio no puede funcionar de forma autónoma y depende de las energías no renovables.

La construcción y rehabilitación de los edificios para conseguir su autonomía es posible mediante la aplicación de unas medidas efectivas que más adelante estudiaremos.

La elección de trabajar sobre el campus de la UVa ha sido causada por el hecho de ser estudiante de esta.

Valladolid es una ciudad con una gran vida universitaria y conforme pasa el tiempo, este hecho va creciendo, es por esto por lo que debemos cuidar y conservar los espacios que son habitados diariamente por gran parte de la población que vive en esta ciudad.

Por ello, lo que se busca es rehabilitar los espacios educativos, generando lugares confortables, ya que forman una parte importante de nuestro día a día, pues en ellos pasamos la mayor parte de las horas diarias dedicadas al estudio.

Se quiere conseguir eficiencia energética y reducir las emisiones, implementando el uso de energías renovables y/o métodos de construcción más eficientes.

La forma de construir en el pasado estaba poco ligada a esta idea de eficiencia energética, es también por ello por lo que propongo este tipo de rehabilitaciones, para poder demostrar que una construcción eficiente y solidaria con el medio ambiente es tan válida como las soluciones usadas antiguamente.

---

## 1.4. PLANTEAMIENTO GENERAL

La envolvente térmica de un edificio es el conjunto de cerramientos (suelos, cubiertas, fachadas...) que separan los espacios habitables con el exterior. (Efidistrict)

El comportamiento energético de los edificios consiste en el intercambio de calor que se produce entre los espacios interiores habitables y el ambiente exterior a través de su envolvente térmica. Dicha envolvente se compone de todos los cerramientos opacos (verticales y horizontales) y huecos del edificio. Su eficiencia energética depende de su adecuado diseño y ejecución, teniendo en cuenta la zona climática donde se ubica el edificio. (Certificados energéticos, 2015)

La fachada tiene un papel fundamental para alcanzar el nivel de confort deseable en un edificio.

Se han seleccionado edificaciones existentes pertenecientes al Campus de la Universidad de Valladolid, las cuales, poseen una característica en común, su fachada está formada por una hoja exterior de ladrillo visto, además, todas ellas la podemos clasificar dentro de los años 90, entre 1990 y 2000

Sus características principales se han extraído de la documentación encontrada en el Archivo Municipal de Valladolid y en la Unidad Técnica de Arquitectura de la Universidad, pudiéndose así, establecer una clasificación previa, donde se han elegido las edificaciones con una misma (o similar) solución constructiva de su envolvente. Todos estos parámetros están ligados a la Normativa Técnica de la época. Esto permitirá hacer un estudio profundo de cada edificio para poder proponer una rehabilitación acorde y eficiente.

Las características principales extraídas son, sobretodo, el año de construcción, soluciones constructivas de envolvente (como veremos son todas parecidas o similares) y normativa técnica.

De la documentación recopilada se ha podido obtener documentación gráfica, memorias, presupuestos y algunas fichas justificativas<sup>1</sup> pero en algunos de los casos la información era escasa.

---

1.Las fichas justificativas del cálculo de KG para cada edificio estaban formadas por un cuadro donde se expresaban los valores de K para cada elemento constructivo. Estas fichas pertenecen a la normativa NBE-CT-79.

Se han realizado, también, visitas a todos los edificios, para tomar datos "in situ" y así poder completar y corroborar la información.

De todos los edificios pertenecientes a la UVa, se han elegido solo algunos, acorde a la clasificación que se ha indicado previamente.

Para aquellos datos necesarios a los que no se haya podido acceder se tomarán hipótesis basadas en la toma de datos, en la información de la normativa aplicada en el momento y en la ejecución de la obra. Todo ello se analizará en relación con las construcciones de la época.

El estudio principal radica en rehabilitar energéticamente la envolvente de los diferentes edificios en función de su orientación y situación, consiguiendo así espacios interiores más confortables. Las fachadas se estudiarán suponiendo que tienen las orientaciones puras, norte, sur, este y oeste, ya que veremos que las soluciones constructivas serán diversas dependiendo de la carga solar a la que está expuesta cada fachada.

Los edificios de uso docente son espacios muy significativos, con diferentes particularidades.

Según la tabla 2.1 "Densidades de ocupación" del CTE DB SI, los edificios de uso docente tienen una ocupación de 10 m<sup>2</sup> por persona, las aulas 1,5 m<sup>2</sup> por persona y laboratorios o talleres 5 m<sup>2</sup> por persona, lo que quiere decir, en comparación con otros usos, que estos edificios tienen una ocupación cuantiosa, lo que conlleva una carga interna elevada, por lo que pueden requerir aporte energético para satisfacer las demandas de refrigeración y ventilación.

Inicialmente, se estudiará el comportamiento energético de los edificios, lo que nos permitirá estudiar diferentes propuestas de mejora acorde a los resultados. Las propuestas las podemos aplicar a los diferentes edificios y conseguir así, una disminución de la demanda energética.

El procedimiento de certificación energética consiste en la obtención de un informe donde se indica la eficiencia energética de un edificio, este puede incluir la calificación energética, en la cual, se asigna una letra al edificio dentro de una escala de siete letras (desde la A hasta la G) que indica desde la mayor hasta la menor eficiencia. (Martínez 2012).

Nuestro estudio concluirá en un paso previo, el estudio de su demanda energética, para poder estudiar la rehabilitación más conveniente.

El estudio del comportamiento energético nos ayudará a encontrar los puntos críticos de su envolvente, los cuales, pueden los responsables de la elevada demanda de energía

Como conclusión, se quiere proponer una rehabilitación energética de las fachadas acorde a su comportamiento energético, estudiando su orientación y situación para conseguir así espacios más confortables.

## 1.5. OBJETIVOS PRINCIPALES.

---

Se tiene como objetivo principal, buscar la mejora de la eficiencia energética de los edificios pertenecientes al Campus de la Uva, consiguiendo mediante la rehabilitación de las fachadas, cubiertas y huecos de los diferentes edificios, una mejora en su comportamiento energético, la cual, contribuye a la mejora del confort en el interior de estos. Buscamos también, mejorar la relación de cada edificio con su entorno, ya que un entorno con vegetación puede ser un factor de mejora de la eficiencia energética de los edificios.

Todos los edificios seleccionados han sido elegidos gracias a una clasificación previa.

Inicialmente se ha estudiado la solución constructiva de la envolvente de todos ellos, para posteriormente seleccionar aquellos que tienen características más similares.

Esto nos permite establecer unos objetivos secundarios y comunes a todos los edificios seleccionados

- Analizar la implantación de cada edificio, teniendo en cuenta las orientaciones de las distintas fachadas, analizando así, la carga solar que recibe cada una de ellas.
- Conocer las soluciones constructivas de los cerramientos verticales en relación con la estructura.
- Entender el funcionamiento energético de los edificios, determinar su demanda energética y saber cómo afecta su construcción.
- Encontrar los puntos críticos y débiles por los que se pierde la mayor parte de energía.
- Estudiar las diversas propuestas de mejora que existen y encontrar la mejor para cada caso, consiguiendo así, una mejoría significativa en cada edificio.

## 2. CUESTIONES NORMATIVAS Y SOCIALES

Como ya hemos comentado anteriormente, los motivos para la selección de los edificios han sido la época de construcción y el sistema constructivo de cada uno de ellos, los cuales están ligados a dicha época y por tanto son similares entre ellos.

Se ha elegido un periodo de tiempo bastante acotado, entre 1990 y 2000. En este intervalo de tiempo se encuentra en vigor la NBE-CT-79, la cual, marcó la manera de construir desde un punto de vista energético.

**NBE-CT-79 (Entre 1979 y 2006)**<sup>2</sup>. Mediante Decreto 1490/75, de 12 de junio, la Administración Pública adoptó las primeras medidas encaminadas a la consecución de un ahorro energético a través de una adecuada construcción de los edificios, haciendo frente así a los problemas derivados del encarecimiento de la energía.

Se incluyen en dicha Norma, además de prescripciones encaminadas al ahorro de energía, otros aspectos térmicos o higrotérmicos que afectan a la edificación y a sus condiciones de habitabilidad, incidiendo en aspectos hasta ahora no regulados, tales como los fenómenos de condensación en cerramientos exteriores que afectan al bienestar de los usuarios de los edificios. (BOE, 1979)

Debemos destacar, que los edificios que estamos estudiando, sí cumplían la normativa que estaba en vigor en ese momento, cuando fueron proyectados y ejecutados. En cada proyecto se debía incluir la ficha justificativa del cálculo de  $K_G$ , las cuales definían al edificio térmicamente. Estas fichas expresaban los valores de  $K$  especificados para los distintos elementos constructivos de los edificios, exigidos en los artículos 4º y 5º de la Norma Básica de la Edificación NBE-CT-79.<sup>3</sup>

**Artículo 3.º** Definición de las condiciones térmicas de los edificios.

A los efectos de esta NBE, los edificios quedan definidos térmicamente por los siguientes conceptos:

---

2." Real Decreto 2429/79, de 6 de julio, por el que se aprueba la Norma Básica de la Edificación NBE CT-79, sobre las Condiciones Térmicas de los edificios" BOE, 1979

3. Las fichas justificativas de los edificios se encuentran son adjuntadas en el Anexo 5.

- a) La transmisión global de calor a través del conjunto del cerramiento, definida por su coeficiente  $K_G$ .
- b) La transmisión de calor a través de cada uno de los elementos que forman el cerramiento, definida por sus coeficientes  $K$ .
- c) El comportamiento higrotérmicos de los cerramientos.
- d) La permeabilidad al aire de los cerramientos.

#### Artículo 4. ° Coeficiente $K_G$ del edificio

El coeficiente de transmisión térmica global  $K_G$  de un edificio no será superior a los valores señalados en la Tabla 1, dados en función de su factor de forma  $f$ , de la zona climática donde se ubique el edificio, según el Mapa 1 de zonificación climática por grados/día dado en el artículo 13.o y del tipo de energía empleada en el sistema de calefacción del edificio, según sea este unitario, individual o colectivo. Quedan exceptuados del cumplimiento de este artículo los edificios ubicados en las Islas Canarias.

Mediante el **Real Decreto** 1650 publicado el 10 de junio del año 1977, se establecieron las **Normas Básicas de la Edificación** con el fin de definir las reglas necesarias y de obligado cumplimiento para su correcta aplicación en los proyectos y la ejecución de los edificios.

Especialmente relevantes fueron la **N.B.E. CT -79** "Condiciones Térmicas de los Edificios" y la **N.B.E. CPI-96** "Condiciones de Protección Frente a Incendios"

Desde su entrada en vigor en el año 2006, el **Código Técnico de la Edificación** deroga toda la normativa anterior en materia de edificación con la misión de unificar en un solo documento todo el marco normativo en esta materia que hasta entonces se encontraba bastante disperso. Así, la CPI-96 es sustituida por el Documento Básico SI. "Seguridad en caso de Incendio" del CTE. La CT-79 es sustituida a su vez por el DB. HE. "Ahorro de Energía", en el que se establecen las limitaciones en cuanto al consumo energético de un edificio y el rendimiento de sus instalaciones térmicas. (SIBER, 2016)

Hasta 1975, las referencias al ahorro energético en la legislación española eran muy escasas y dirigidas únicamente a las viviendas de protección oficial. Es el caso de la ORDEN de 20 de mayo de 1969.

Podemos considerar el primer intento normativo, dirigido a reducir el consumo de calefacción en los edificios de nueva construcción, en un contexto de encarecimiento de la energía provocado por la primera crisis del petróleo del año 1973, al Real Decreto 1490/75 por el que se establecen medidas a adoptar en las edificaciones con objeto de reducir el consumo de energía.

España, en el marco de la Unión Europea, ha adquirido unos compromisos a nivel internacional en relación con la reducción de gases de efecto invernadero y consumo energético, hecho que nos obliga a mejorar de forma sustancial la eficiencia energética.

A partir, de la aprobación y posterior modificación del Código Técnico de la Edificación (CTE), se ha producido un notable incremento de las exigencias de eficiencia energética para las construcciones.

Hasta 1979 no existía ninguna reglamentación que obligara a limitar el consumo de las edificaciones. Estos edificios, anteriores a 1979, mayoritariamente construidos sin aislamiento térmico en sus fachadas y cubiertas y con unas carpinterías deficientes que presentan una elevada permeabilidad del aire, son auténticos devoradores de energía.

El compromiso de la Unión Europea surge de la rehabilitación energética de estos edificios, los cuales constituyen el gran potencial de ahorro energético y reducción de emisiones en este sector.

Por diferentes motivos, la Comisión Europea considera prioritaria la actuación en el sector de la edificación, tanto en la regulación de los nuevos edificios como en la mejora de los existentes, como instrumento para conseguir modificar la tendencia actual a la reducción del consumo energético de la Unión Europea. (Figura 1)

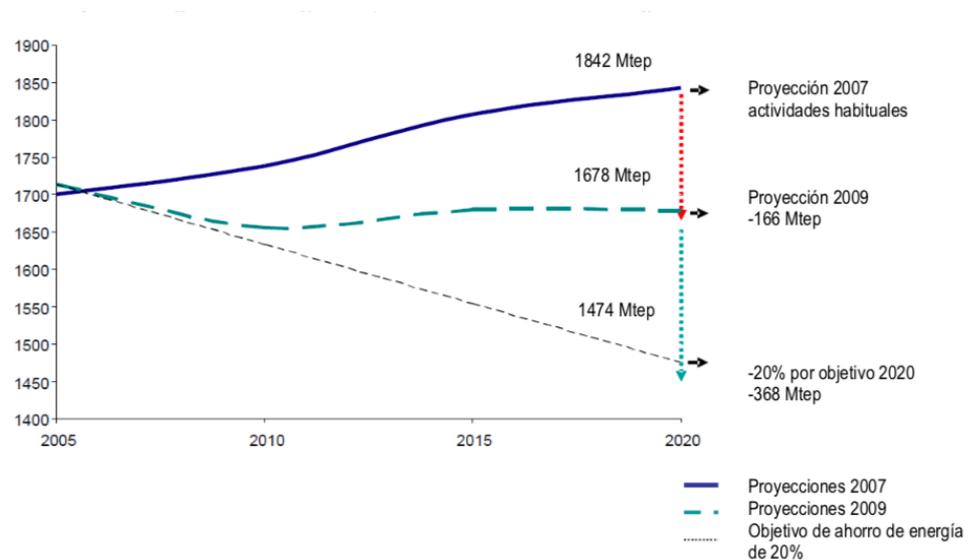


Figura 1. Consumo de energía primaria. Fuente: Comisión Europea

El cumplimiento de los objetivos establecidos por la Unión Europea para 2020 en cuanto al consumo de energía primaria, requiere la reducción de la demanda energética de los edificios, lo que conlleva la necesaria intervención en las edificaciones existentes construidas con anterioridad a la norma básica de 1979 y la revisión de los edificios construidos bajo la normativa NBE-CT-79, ya que los índices que regulan la demanda energética se han modificado desde entonces, aumentando muchos de los valores exigidos. (Ruiz et al. 2015)

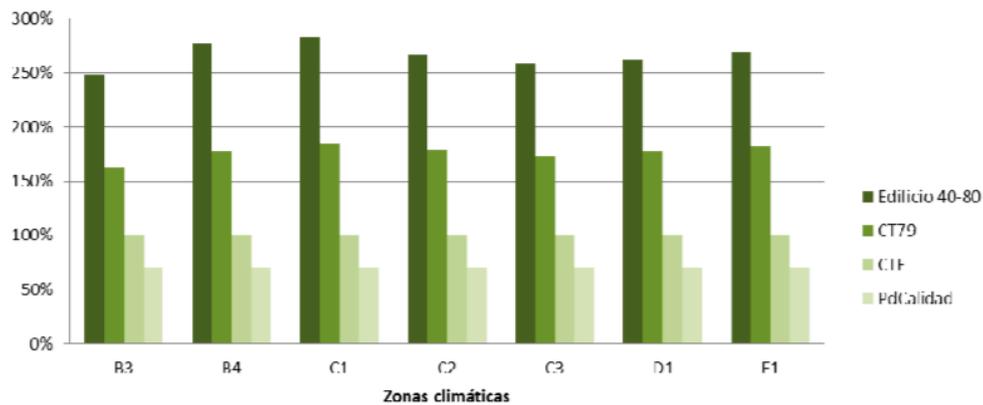


Figura 2. Porcentajes de demanda energética. Fuente: Comisión Europea.

En este gráfico podemos comparar en términos porcentuales la demanda energética de los edificios construidos según la reglamentación actual, CTE, con los edificios construidos atendiendo a la NBE-CT-79 y los construidos entre 1940 y 1980. (Figura 2) (Ruiz et al. 2015)

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. ESTRUCTURA DEL TRABAJO

---

Como hemos mencionado anteriormente, lo que principalmente se pretende es la rehabilitación de la envolvente (Fachada, cubierta, huecos y puentes térmicos) para mejorar la demanda energética de los edificios, la cual está ligada a un mayor confort en su interior.

Con el fin de desarrollar propuestas acordes a cada edificio para la mejora de la eficiencia energética de los mismos, los cuales pertenecen al Campus de la Universidad de Valladolid, se sigue una metodología de trabajo que la podemos estructurar según:

- Datos y clasificación de los edificios

Inicialmente se hace una recopilación previa de todos los edificios que pertenecen al Campus de la Universidad de Valladolid, en los cuales, como hemos mencionado anteriormente, la hoja exterior de su fachada sea de ladrillo visto. Se seleccionan edificios exclusivamente de la ciudad de Valladolid (La UVa comprende 7 campus en 4 ciudades de la Comunidad Autónoma de Castilla y León: Valladolid, Palencia, Soria y Segovia) debido a su cercanía y a la facilidad para poder acceder a los datos. En total se seleccionan 10 edificios.

Tras esto, se recopila información gráfica e histórica. De cada uno de ellos se consiguen planos, memorias, presupuestos, fichas justificativas y escasos detalles constructivos<sup>4</sup>. Gracias a esto, se hace una segunda clasificación atendiendo principalmente a los sistemas constructivos de su envolvente, seleccionando solo aquellos en los que su sistema constructivo sea bastante similar.

Todos los edificios elegidos responden a una "envolvente tipo", es decir, con fachadas y cubiertas construidas de una forma parecida, pero variando su ubicación, orientación, materiales, el entorno que le rodea, o el año de construcción.

Por este motivo, seleccionamos 4 de los 10 iniciales, debido a una mayor similitud entre todos sus datos.

---

4. Información extraída del Archivo Municipal de Valladolid y cedida por la Unidad Técnica de Arquitectura de la Universidad

Los 4 edificios seleccionados, por ser los más acordes al estudio que estamos realizando y por su similitud entre sus sistemas constructivos son: El Centro de idiomas, La Facultad de Educación y Trabajo Social, La Facultad de Ingeniería de las Telecomunicaciones e Informática y el Aulario Rio Esgueva.

Ha sido necesario hacer visitas a los edificios elegidos para corroborar la información obtenida, conseguir algunos datos necesarios de difícil acceso documental y tomar fotografías para añadir a la documentación.

- Estudio de los edificios

Inicialmente hacemos la simulación de cada edificio con la Herramienta Unificada Lider-Calener (HULC) para proceder a estudiar la demanda energética de cada uno de ellos, atendiendo a los materiales que conforman su envolvente.

La Herramienta Unificada Lider-Calener permite la verificación de las exigencias 2.2.1 de la sección HE0, 2.2.1.1. y el punto 2 del apartado 2.2.2.1 de la sección HE1 del documento básico de ahorro de energía DB-HE. También permite la verificación del apartado 2.2.2 de la sección HE0, que debe verificarse tal y como establece el DB-HE, según el procedimiento básico para la certificación energética de los edificios. (Código Técnico 2017)

La simulación permite generar datos numéricos en forma de gráficas, con las cuales se puede hacer un informe comparativo para buscar las propuestas que disminuyan la demanda energética anual de cada edificio.

Se realizarán las simulaciones de los cuatro edificios seleccionados, a pesar de tener una solución constructiva muy parecida, cada uno posee unas variaciones distintas que hace que la demanda energética pueda diferir en cada caso.

Debido a que estamos estudiando centros de enseñanza podríamos excluir los meses de la estación estival (julio y agosto) dentro del estudio de demanda energética y estudiar solo los meses que comprenden el curso escolar, pero la herramienta unificada no lo permite, por eso la demanda energética obtenida nos proporciona el valor anual del parámetro.

La propia Herramienta Unificada crea un edificio de referencia, el cual, cumple la normativa establecida en el CTE DB-HE y lo compara con el que generamos, de este modo, podemos saber si nuestro edificio se comporta de una manera aceptada por los apartados justificados del CTE DB-HE o no.

Los resultados obtenidos nos permitirán obtener los puntos débiles y críticos de la envolvente del edificio, lo que nos permitirá iniciar la búsqueda de sistemas de rehabilitación para la mejora de la demanda energética y, por consiguiente, para la solución de los problemas de la envolvente.

Tras el estudio de las demandas energéticas de los cuatro edificios de estudio sacaremos las primeras conclusiones iniciales para posteriormente estudiar una rehabilitación acorde.

- Rehabilitación energética.

Finalmente, junto con los puntos débiles y críticos, estudiaremos las tipologías de fachadas que poseemos, al mismo tiempo que investigaremos sobre las diferentes tipologías de rehabilitación que podemos realizar y, en consecuencia, cuál será la más favorable para nuestro estudio.

Inicialmente estudiaremos los tipos de rehabilitación energética de los cuatro edificios que hemos elegido para nuestro estudio, en relación con la demanda energética de cada uno de ellos, a partir de esto, atendiendo a los datos obtenidos, elegiremos el tipo de rehabilitación de envolvente que consideremos más acorde a todos ellos, ya que como todos los edificios elegidos responden a una envolvente "tipo", como ya hemos mencionado, elegiremos una sola tipología de rehabilitación que podamos aplicar a los cuatro casos.

Como se ha dicho anteriormente, se realizarán las simulaciones de los cuatro edificios, para saber de forma individualizada cuál es la demanda energética de cada uno.

Asimismo, tras proponer el tipo de rehabilitación de envolvente que hemos elegido, estudiaremos la mejoría de demanda energética que conseguimos en cada edificio, lo que nos ayudará a establecer un informe comparativo.

Las propuestas de mejora, inicialmente, las estudiaremos de manera individual, es decir, introduciremos una mejora en el modelo y estudiaremos como su demanda energética mejora. Esto nos permite crear un informe comparativo en el que se establecerá el tanto por ciento, respecto al modelo inicial, que puede mejorar la demanda del edificio con una sola modificación.

Propondremos todas las modificaciones posibles que se pueden establecer para posteriormente, hacer una combinación de ellas para conseguir así, una mayor eficiencia energética con las mínimas rehabilitaciones (intervenciones arquitectónicas) posibles.

También estudiaremos como la demanda energética varía dependiendo del entorno que rodea a cada edificio, ya que el emplazamiento de los cuatro casos que estudiamos varía en todos ellos.

Esto nos permite estudiar como la demanda se modifica en función del sombreado que reciba, ya sea de elementos naturales o artificiales.

## 4. ESTUDIO DE LOS EDIFICIOS

### 4.1. DOCUMENTACIÓN DE LOS EDIFICIOS DE ESTUDIO

La Universidad de Valladolid (Uva) fue fundada en 1241, lo que la convierte en la tercera Universidad más antigua de España, detrás de la Universidad de Palencia y la Universidad de Salamanca.

Como hemos dicho, posee siete campus distribuidos por cuatro ciudades de Castilla y León: Valladolid, Palencia, Soria y Segovia.

Actualmente posee más de 30.000 alumnos repartidos en 25 centros, con más de 2.000 profesores.

El Campus de la ciudad de Valladolid está dividido en tres zonas:

- Campus Huerta del Rey
- Campus Río Esgueva
- Campus Miguel Delibes

Hemos seleccionado edificios pertenecientes a dos de los campus de la Uva, ya que los edificios que pertenecen al Campus Huerta del Rey son de una época más antigua por lo que la similitud con el resto difería en bastantes aspectos.

Como ya hemos mencionado, la selección de los cuatro edificios ha sido motivada por la semejanza entre sus sistemas constructivos y la cercanía entre las épocas de la construcción de cada uno de ellos.

Se ha de mencionar también, que cada edificio tiene un emplazamiento distinto, aunque próximos entre sí, con un entorno particular.

Esto ha sido importante porque el entorno es una variante que influye en la demanda energética de cada uno de ellos, por ello, gracias a esto podemos estudiar como el entorno inmediato afecta a cada edificio.

La ubicación de los diferentes edificios, la facilidad de acceso tanto a la información requerida como a las propias instalaciones y las especificaciones de cada edificio hicieron adecuada la elección para el desarrollo del trabajo.

## CENTRO DE IDIOMAS

El Centro de Idiomas fue proyectado por Jacinto Mateo Ayuso en 1993, y tras cuatro años, en 1997, fue construido. Debido a la época de su construcción, su sistema constructivo responde a la normativa de la época, NBE-CT-79.

Tras su construcción, este edificio no ha sufrido ninguna reforma o cambio significativo ni en su envolvente ni en su interior. (Figura 1)



Figura 1. Centro de Idiomas. Fuente: Tribuna de Valladolid



Figura 2. Plano de situación. Fuente: Catastro

### 1. Emplazamiento

El centro de idiomas está ubicado en Valladolid, concretamente en el Campus Miguel Delibes, entre los edificios de la Facultad de Ingeniería de Telecomunicaciones e Informática y el Edificio UValnova. Frente a ellos se encuentra la Facultad de Educación y Trabajo Social.

Se localiza en el Paseo de Belén, número 13. (Figura 2)

Se desarrolla como un bloque aislado, de planta rectangular, con entrantes y salientes generados por los núcleos de comunicación. Orientado al Noroeste y ubicado en una zona donde el arbolado es inexistente.

Se encuentra a una distancia de 14,95 metros de la Escuela de ingeniería de las Telecomunicaciones e informática y a 13,40 metros del Edificio UValnova. La altura de los tres edificios ronda los 15 metros, por lo que ninguno de los edificios colindantes generará una sombra significativa sobre el Centro de Idiomas que pueda influir en la demanda energética del mismo.

Respecto a las otras dos fachadas, no existe ningún elemento que pueda generar sombra sobre ellas.

Enfrentada a la fachada principal, encontramos la Facultad de Educación y Trabajo Social, la cual se encuentra desplazada hacia la izquierda respecto a su eje principal, por lo que su altura no influye sobre el edificio, además la distancia entre ambos edificios es mayor que las mencionadas anteriormente.

También es importante destacar que, debido a su posición, la sombra que la Facultad de Educación arroja no se genera hacia el propio edificio. La fachada trasera está expuesta al sol, ya que está abierta hacia un terreno sin edificar y no posee ninguna protección y ningún elemento, tanto vegetal como artificial, que pueda generar sombra sobre ella.

## 2. Datos generales

El edificio está formado por cinco plantas, una de ella bajo rasante, donde se sitúa el aparcamiento (espacio considerado como no habitable) y las cuatro restantes sobre el nivel de la cota 0.

Todo el edificio se desarrolla en una misma huella que crece en altura. El acceso principal se localiza en la fachada noroeste.

El edificio consta de una superficie útil de 2912,13 m<sup>2</sup> y una superficie construida de 3368,06 m<sup>2</sup>.

Se desarrolla en una altura total de 14,8 metros, cada planta tiene una altura libre de 3,05 metros, excepto la planta situada bajo rasante que tiene una altura libre de 4,95 metros y uno de los núcleos del ascensor, que se eleva 3 m por encima del resto. Los forjados tienen un espesor de 0,30 metros.

Posee dos tipos diferentes de cubierta: sobre los núcleos de comunicación y aseos se coloca una cubierta plana invertida con acabado de grava, no transitable, mientras que en los cuerpos donde encontramos las aulas y las oficinas, se coloca una cubierta inclinada a dos aguas con una pendiente del 40%, colocada sobre tabiques palomeros y tablero cerámico de rasillón. El acabado de esta es de teja cerámica.

El análisis de su distribución en planta es bastante claro.<sup>5</sup> Podemos diferenciar cuatro cuerpos, con una huella constante. Dos de ellos son iguales, en estos encontramos los núcleos de comunicación, tanto las escaleras, situadas en los cuerpos semicirculares, como el ascensor, situado en el extremo, y los aseos.

---

5. Documentación gráfica en Anexo 1

En los cuerpos rectangulares encontramos aulas y oficinas. La planta baja está destinada a los servicios de información y conserjería. En esta también encontramos los servicios de secretaria y admisión.

El resto de las plantas están destinadas a aulas y espacios con requerimientos especiales, como pueden ser aulas de informática y bibliotecas.

La estructura del edificio está proyectada de manera convencional, es una estructura vertical de pilares y vigas de hormigón armado, con forjado de viguetas.

Los elementos estructurales están proyectados protegidos ante la agresión ambiental y otros materiales incompatibles.

Encontramos juntas de dilatación estructurales a lo largo del edificio, para absorber los movimientos de dilatación y reológicos que pudieran producirse durante la vida útil del mismo.

El cerramiento exterior estará formado por fábrica de ladrillo perforado, a cara vista, de medio pie de espesor y colocado a soga, enfoscado al interior. Juntas de mortero y tabicón hueco doble formando la hoja interior, creando una cámara de aire donde se coloca el aislamiento térmico. El tabicón acabará al interior con un guarnecido y enlucido de yeso.

Las particiones interiores están formadas por medio pie de ladrillo hueco doble de 12 cm de espesor, guarnecido por ambas caras, que proporcionan un aislamiento acústico de 35 dB. En la separación entre aulas y laboratorios, las divisiones interiores serán de doble tabicón guarnecido por ambas caras para aportar un aislamiento acústico de 45 dB.

Los huecos están repartidos de manera uniforme por toda la envolvente. Todos ellos tienen la misma carpintería y el mismo vidrio, así como las mismas dimensiones en los cuerpos principales. En los cuerpos donde encontramos las comunicaciones y aseos encontramos muros cortina. La carpintería de aluminio lacado de color gris oscuro sin rotura de puente térmico y vidrios simples de 4mm de luna.

Respecto a las puertas, son dobles, abatibles hacia ambos lados. Ambas hojas formadas por vidrios sin carpintería. Los vidrios que las conforman son dobles de 4 mm de espesor en ambas lunas y cámara de aire de 6 mm.

El Aulario Rio Esgueva fue proyectado por Luis Blanco Fernández. Su construcción se inició en el año 1993, por lo que sus sistemas constructivos responden a la normativa NBE-CT-79.

Este edificio no ha sufrido ninguna modificación o reforma significativa, ni en su envoltente ni en su interior desde su construcción hasta la actualidad. (Figura 3)



Figura 3. Aulario Rio Esgueva. Fuente: Google Imágenes



Figura 4. Plano de situación. Fuente: Catastro

### 1. Emplazamiento

El Aulario Rio Esgueva está ubicado en la ciudad de Valladolid. Pertenece al Campus Rio Esgueva, donde también podemos encontrar la Facultad de Ingenieros Industriales (Sede Paseo del Cauce) y la Facultad de Económicas.

Los tres edificios se encuentran en un mismo recinto, donde se ha generado un espacio verde, en el cual, la vegetación es significativa.

Se localiza en la Calle Reyes Magos, s/n. (Figura 4)

Se desarrolla como un bloque rectangular, aislado, de poca altura, pero con una misma huella que crece sin variaciones. Ubicado hacia el Sureste, donde se encuentra la entrada principal.

Se encuentra a una distancia de 13 metros de la Facultad de Económicas y a 17.30 metros de la Escuela de Ingenieros Industriales (Sede Paseo del Cauce). Debido a la posición de cada uno de los edificios, la sombra que la Facultad de Económicas arroja, no le afecta debido a su posición.

La Escuela de Ingenieros tampoco le afecta de manera importante, ya que, a pesar de estar situada hacia el sur y de tener una altura mayor que el Aulario, este se coloca de forma perpendicular al edificio por lo que la sombra que pueda arrojar sobre él será pequeña, ya que está seria arrojada sobre una de sus fachadas longitudinales.

Por ello, podemos considerar que ninguna de las sombras que los edificios colindantes puedan arrojar sobre él edificio pueden causar un cambio significativo en la demanda energética del mismo.

## 2. Datos generales

El edificio está formado por tres plantas, una de ellas bajo rasante, donde se encuentra el aparcamiento y espacios de almacenamiento y de instalaciones.

Las dos plantas restantes se sitúan sobre rasante sobre la cota +1,8 metros, ya que la planta sótano se encuentra semi-enterrada.

De este edificio poseemos poca información constructiva y escasos documentos que especifiquen su construcción, por ello muchos de los datos que tenemos son orientativos, obtenidos de la información escasa existentes

Este edificio consta de una superficie útil de 7052,45 m<sup>2</sup> y una superficie construida de 7339,46 m<sup>2</sup>. La altura total que alcanza es de 16,40m. Las dos plantas que forman el edificio le dan una altura de 11,52. Gracias al módulo central alcanza la altura final. Este se eleva 4,88 m por encima del edificio.

La planta baja tiene una altura libre de 4,2 metros, mientras que la planta primera tiene una altura libre de 3 metros, ambas plantas poseen falso techo de placas de yeso. Los forjados tienen un espesor de 0,45 metros.

Atendiendo a su definición constructiva podemos destacar, la fachada formada por una hoja de un pie de ladrillo macizo colocado hacia el interior y medio pie de ladrillo macizo colocado hacia el exterior, entre ambos se coloca el aislamiento térmico.

La cubierta colocada sobre los módulos extremos es invertida con una capa de compresión de hormigón y aislamiento térmico de estructura rígida. El acabado es de baldosas de 50x50 de granito colocadas sobre tacos.

Sobre el módulo central se construye una cubierta inclinada de tejas romanas recibidas con mortero.

Las particiones interiores están formadas por medio pie de ladrillo hueco doble, con guarnecido de yeso por ambas caras. La fábrica de ladrillo proporciona un aislamiento acústico de 45 dbB<sup>6</sup>

Los huecos se reparten por la fachada norte y sur, todos ellos son iguales, en dimensión, forma y material. La carpintería es de aluminio lacado de color gris oscuro sin rotura de puente térmico.

Vidrios simples de 4mm de luna. En la parte inferior se instalan vidrios de seguridad.

La estructura del edificio se resuelve de manera convencionales, estructura vertical de pilares y vigas de hormigón armado, con forjado de viguetas.

A lo largo del edificio encontramos juntas de dilatación para absorber los movimientos que se puedan producir.

Su distribución en planta es sencilla, la planta baja esta destinada principalmente a usos comunes, tales como recepción y distribución de espacios. A los lados encontramos aulas y salas de estudio.

La planta superior está formada a sus extremos por más aulas y salas de estudio. La parte central está destinada a una zona de encuentro/cafetería.

Las comunicaciones las podemos diferenciar entre principal y secundarias. La principal está formada por una gran escalera colocada en el centro, situada como punto de simetría de toda la planta. A los lados de está, encontramos los ascensores. A los extremos encontramos dos escaleras secundarias, una a la derecha y otra a la izquierda.

Los aseos están situados dentro de los módulos laterales (alas), relacionados con las aulas, pero unidos a las comunicaciones.<sup>7</sup>

---

6. Aislamiento mínimo exigido por la Norma NBE CA- 88

7. Documentación gráfica en Anexo 2

---

 FACULTAD DE EDUCACIÓN Y TRABAJO SOCIAL
 

---

La Facultad de Educación y Trabajo Social, fue construida en 1999 por Fernando Pérez Fraile. La construcción de esta facultad también pertenece a la época en la que estaba en vigor la NBE-CT-79, por lo que su sistema constructivo responde a ella.

Este edificio, al igual que los dos anteriores, no ha sufrido ninguna modificación o cambio significativo desde su construcción hasta la actualidad. (Figura 5)



Figura 5. Facultad de Educación y Trabajo Social.  
Fuente: Google Imágenes

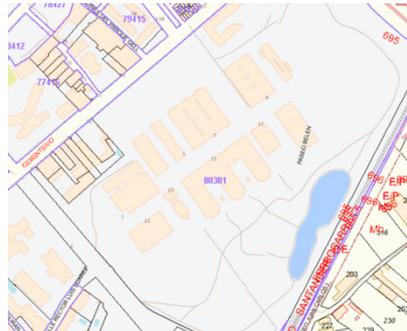


Figura 6. Plano de situación.  
Fuente: Catastro

### 1. Emplazamiento

La Facultad de Educación y Trabajo Social está ubicada en la ciudad de Valladolid, más concretamente en el Paseo de Belén, número 1. Esta, pertenece al Campus Miguel Delibes. La encontramos al inicio del mismo. A la derecha encontramos el edificio QUIFIMA y enfrentada a ella el edificio UValnova. (Figura 6)

Al igual que los restantes, se desarrolla como un bloque aislado, el cual crece en altura, pero no de manera constante, ya que genera entrantes y salientes en todo el edificio generando un juego de volúmenes que dan lugar a cubiertas a medias alturas, las cuales no son transitables.

Orientada al Noroeste y ubicada en un espacio donde el arbolado es inexistente.

Se encuentra a una distancia de 14 metros, hacia la izquierda, del edificio QUIFIMA, este es de menor altura que la Facultad de Educación por lo que la sombra que genera no es influyente.

El edificio UValnova se encuentra 19,5 metros separado de él. Ambos se encuentran enfrentados pero debido a su posición, altura y al recorrido del sol, no se genera una sombra influyente sobre el mismo.

Respecto al resto de fachadas, debemos destacar que no tiene ningún elemento ni natural ni artificial que pueda generar una sombra significativa sobre él.

Esta facultad también ha sido elegida para nuestro estudio por el entorno particular donde se ubica, ya que como veremos, podrá ser influyente en el estudio de su demanda energética.

### 1. Datos generales

La Facultad de Educación y Trabajo Social está formada por cinco plantas, una de ellas bajo rasante donde se encuentran los espacios destinados a aparcamientos y almacenamiento e instalaciones.

Como hemos mencionado anteriormente, uno de los detalles más característicos de este edificio es el juego de volúmenes que crea.

Podemos decir que el edificio está formado por dos volúmenes claramente diferenciados unidos por un núcleo de comunicación principal. Paralelo a este se sitúan dos núcleos de escaleras de emergencia, generando entre los tres, dos patios.

El primer volumen, colocado a la izquierda, con forma rectangular y alargada, se caracteriza por tener una altura y dimensión constante hasta la segunda planta, a partir de esta se retranquea y sigue creciendo en altura dos plantas más, con la misma altura, pero con menor dimensión. Este volumen se eleva una planta por encima del otro. Aquí encontramos los espacios destinados a despachos y departamentos.

El segundo volumen tiene forma casi cuadrada. Al igual que el primero en una de sus fachadas crea un juego de retranqueos generando una pequeña cubierta invertida no transitable en la primera planta. Tras esto, en las dos plantas siguientes, se desarrolla en altura con una misma forma.

En el centro de este volumen, se crea un patio que aporta luz a los espacios interiores.<sup>8</sup>

Este edificio tiene una superficie útil de 7290,01 m<sup>2</sup> y una superficie construida de 7659,23 m<sup>2</sup>. Su altura total es de 15 metros, pero el módulo de comunicación que une los dos volúmenes se eleva 3,15 metros por encima de todo el conjunto, por lo que su altura final alcanza 18,15 metros.

---

8. Documentación gráfica en Anexo 3

Cada planta tiene una altura libre de 3,57 hasta el forjado, ya que todas las plantas poseen falso techo de placas de yeso.

La altura total la aporta el volumen de menor tamaño, ya que como hemos mencionado anteriormente, se eleva por encima del resto.

Respecto a su definición constructiva podemos destacar inicialmente la estructura, la cual está proyectada con una estructura de hormigón armado in-situ. Los forjados son reticulares bidireccionales, es una solución adoptada por las grandes luces que posee (11 metros).

La envolvente del conjunto se resuelve, en fachada, mediante medio pie de ladrillo macizo a cara vista hacia el exterior, cámara de aire de 10 cm vertical ligeramente ventilada, aislamiento térmico proyectado dentro de la cámara de aire y una hoja interior de tabicón hueco doble.

Las cubiertas, todas ellas resueltas con el mismo sistema, son planas, invertidas con un acabado de grava superficial de 5 cm con aislamiento térmico.

Los huecos de la fachada responden a unas dimensiones tipo, todos ellos con carpintería metálica de aluminio lacada sin rotura de puente térmico y vidrios simples con lunas de 4mm.

Las particiones interiores se resuelven mediante tabicón hueco doble de espesor 7 cm, guarnecido y enlucido por ambas caras, proporcionando aislamiento acústico de 45 dB<sup>9</sup>

---

9. Aislamiento mínimo exigido por la Norma NBE CA- 88

## ESCUELA DE INGENIEROS DE LAS TELECOMUNICACIONES E INFORMÁTICA

La Escuela Técnica Superior de Ingenieros de las Telecomunicaciones e Informática fue construida entre 1992 y 1995 por Jacinto Mateo Ayuso. Este edificio también se encuentra entre los que pertenecen a la época en la cual estaba en vigor la NBE-CT-79.

Este, a diferencia del resto, sufrió una reforma en 1997, por la cual nos hemos guiado para hacer el estudio de su demanda energética.

(Figura 7)



Figura 7. Escuela de Ingenieros de Telecomunicaciones e Informática.  
Fuente: Google Imágenes

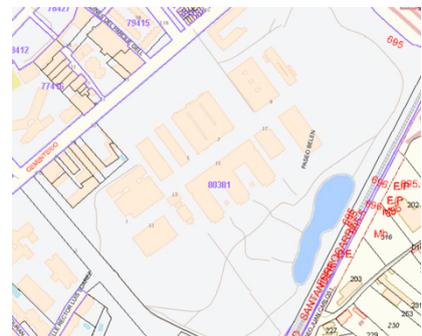


Figura 8. Plano de situación.  
Fuente: Catastro

### 1. Emplazamiento

La Escuela de Ingenieros de las Telecomunicaciones e Informática está ubicada, al igual que el resto, en Valladolid. Esta Facultad se encuentra en el Campus Miguel Delibes, entre el Centro de Idiomas y el Edificio IOBA (Instituto de Oftalmobiología Aplicada), frente a ella se encuentra la Facultad de Ciencias. Situada en el centro del Campus, donde se genera un espacio verde central entre todas las universidades que componen el Campus (Figura 8)

Se desarrolla como un bloque aislado, de planta rectangular con forma de "peine", es decir, con entrantes y salientes orientados hacia el Sureste, entre los cuales se generan patios.

La orientación general del edificio es hacia el Noroeste. Se encuentra en una zona de arbolado escaso, a pesar de que en el centro del mismo se haya generado un espacio verde como hemos mencionado anteriormente. Se encuentra a una distancia de 14,95 metros del Centro de Idiomas y a 13,05 metros del Edificio IOBA.

La altura del edificio es de 18 metros, es decir, supera a los edificios entre los que se encuentra, ya que el Centro de idiomas tiene una altura de 14,8 metros y el edificio IOBA es menor que este, ya que solo tiene dos plantas sobre rasante. Por ello podemos decir que ninguno de los edificios colindantes genera una sombra demasiado significativa sobre él. La única sombra que podemos tener en cuenta es la sombra parcial que el Centro de Idiomas puede arrojar sobre parte de su fachada orientada al Suroeste.

Respecto a las otras dos fachadas, no existe ningún elemento que pueda generar sombra sobre ellas.

Enfrentada a la fachada principal, encontramos la Facultad de Ciencias, pero la distancia que hay entre ambas Facultades es demasiado grande para que la sombra que este edificio arroja pueda afectarle.

La fachada trasera, al igual que el Centro de Idiomas está abierta hacia un terreno sin edificar y no posee ninguna protección y ningún elemento, tanto vegetal como artificial, que pueda arrojar sombra sobre ella.

## 2. Datos generales

La Escuela de Ingenieros de Telecomunicaciones e Informática está formada por cuatro plantas, una de ellas bajo rasante, donde encontramos, al igual que en el resto, espacios destinados a aparcamiento y almacenamiento e instalaciones. Las tres plantas restantes se sitúan sobre la cota 0.

Todo el edificio crece en altura sobre una misma huella. Particularmente este edificio está conformado de manera simétrica, colocándose en su centro una gran claraboya circular que interiormente genera un gran espacio.

El edificio consta de una superficie útil de 17886,18 m<sup>2</sup> y una superficie construida de 19402,86 m<sup>2</sup>. La altura total del edificio es de 19,85 metros, la cual se consigue gracias a la claraboya y las cubiertas inclinadas colocadas en los cuerpos laterales.

Cada planta tiene una altura libre de 4 metros, medida de forjado a forjado, ya que todas las plantas cuentan con falso techo de placas de yeso, excepto la planta baja, que posee una altura de 4,9 metros.

La estructura horizontal de la entreplanta se forma mediante una losa armada de 25 cm de espesor con ábacos de 45 cm.

Estas dimensiones no permitían desarrollar en la zona de ábacos una altura libre de 2,5 metros, por ello, la altura de los espacios es mayor. Por ello, se adopta una estructura mixta compuesta por vigas metálicas, solución que aumenta la altura libre de la planta baja.

Se colocan juntas de dilatación en el edificio debido a sus dimensiones, para poder absorber los movimientos que se puedan producir.

Respecto a la envolvente debemos destacar;

Cerramiento exterior está formado por fábrica de ladrillo cara vista de medio pie de espesor, colocado hacia el exterior, enfoscado de mortero de cemento, cámara de aire de 5 cm y aislamiento térmico. La hoja interior se forma por tabicón hueco doble de 7cm de espesor. El acabado interior se consigue con enlucido y guarnecido de yeso.

En el edificio encontramos dos tipos de cubiertas; una inclinada situada sobre las alas laterales, con acabado de teja cerámica, colocada sobre un tablero cerámico formado por tabicón hueco simple y una plana invertida colocada sobre los volúmenes centrales. Esta está formada por una capa de hormigón con áridos ligeros, para la formación de la pendiente, aislamiento térmico y acabado de grava.

Los huecos se reparten de manera uniforme por toda la fachada principal y por los volúmenes que forman las alas. Todos ellos están formados por un mismo tipo de vidrio y carpintería. Lo único que difiere entre ellos son las dimensiones, ya que los huecos colocados en la fachada principal son diferentes a los colocados en las alas.

La carpintería es metálica, de aluminio lacado de color gris oscuro sin rotura de puente térmico y los vidrios son simples de lunas de 4mm

Las particiones interiores se forman por tabicón hueco doble guarnecido y enlucido de yeso por ambos lados, para aportar un acabado de pintura plástica. El espesor aporta el aislamiento acústico exigido por la normativa de 45 dB.

Atendiendo a la distribución interior podemos considerarla, al igual que el edificio, simétrica, ya que, en las alas situadas en los extremos encontramos las diferentes aulas para impartir las lecciones diarias, en las tres alturas.

En el ala central encontramos espacios destinados a bibliotecas y salas de conferencias en la planta baja y a laboratorios y aulas con requerimientos especiales, tales como, laboratorios o salas de informática y proyección en las plantas superiores.

En planta baja, en la parte longitudinal, encontramos los espacios de admisión, secretaria y cafetería, es decir, espacios comunes. En las plantas superiores encontramos los despachos destinados al personal docente<sup>10</sup>.

---

10. Documentación gráfica en Anexo 4.

#### 4.1.1. ESTUDIO DEL SOLEAMIENTO

Analizaremos más profundamente uno de los factores más influyentes en la demanda energética de los edificios: el entorno en el que está ubicado, ya que la relación con los elementos que les rodean, ya sean artificiales o naturales, determina la incidencia solar que recibirá el propio edificio.

Para el análisis del soleamiento de los edificios, inicialmente hemos estudiado una serie de parámetros necesarios e influyentes en este estudio.

Uno de los más importantes y necesarios para realizar el estudio del soleamiento son las horas de sol diarias que hay en un día determinado, en un lugar determinado, ya que estas varían con el cambio de estaciones (Tabla 1). También es importante saber, el recorrido que realiza el sol en el hemisferio en el que nos encontramos y las horas a las cuales este sale y se pone. (Figura 1,2 y 3)

El segundo parámetro importante para el estudio es el clima de la ciudad de Valladolid, ya que este está estrechamente ligado al soleamiento. (Tabla 2)

El clima de cada región está condicionado por variables y factores climáticos que servirán para conocer las condiciones que se dan en un lugar determinado. Pero debemos destacar que la temperatura de una ciudad está ligada a la alta proporción de energía consumida por edificios, transportes e industrias

*“La eficiencia energética en la arquitectura y el urbanismo está ligada a un conocimiento específico de las condiciones climáticas relativas a las variables meteorológicas fundamentales: temperatura, radiación solar, viento y humedad” (Granados 2006).*

Atendiendo a la tabla B.1 del CTE DB-HE “Zonas climáticas de la Península Ibérica”, Valladolid se sitúa a una altura de 704 metros sobre el nivel del mar, a partir de este dato obtenemos la clasificación D2 atribuida a la zona climática dependiendo de su ubicación.

Los días determinados que hemos elegido para estudiar el soleamiento son: el solsticio de verano e invierno (21 de junio y 21 de diciembre) y el equinoccio de primavera y otoño (21 de marzo y 22 de septiembre) a las 8:00 h – 12:00 h – 16:00 h.

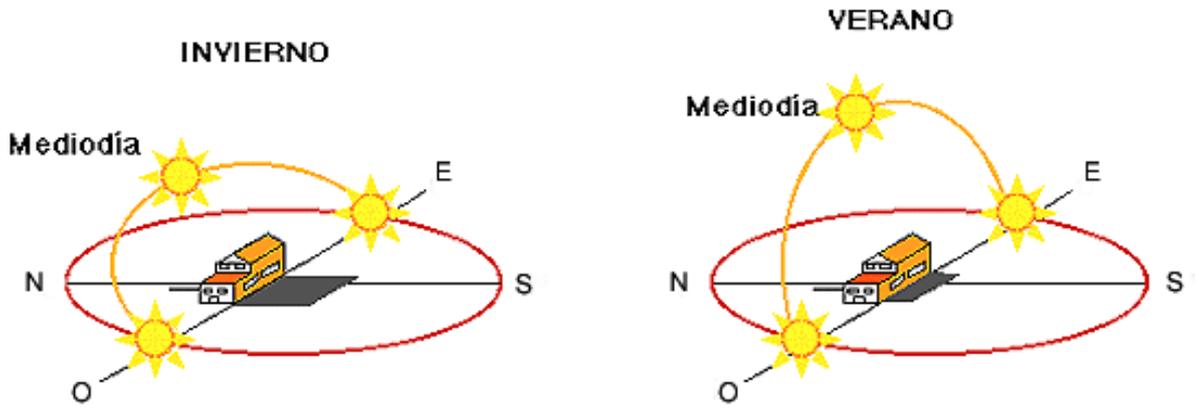


Figura 1. Recorrido solar. Fuente: Google Imágenes

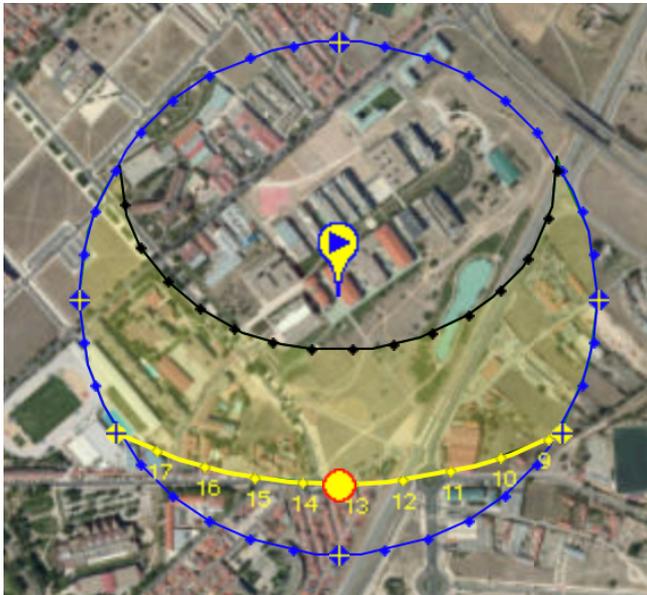


Figura 2. Recorrido solar en el Campus Miguel Delibes  
Fuente: Sunearthtools.com



Figura 3. Recorrido solar en el Campus Miguel Delibes  
Fuente: Sunearthtools.com

Día	Salida del sol	Puesta de sol	Horas totales solares diarias
21 de marzo	7:20	19:33	12h 13 min
21 de junio	6:45	21:57	15h 12 min
21 de septiembre	8:05	20:19	12h 14 min
21 de diciembre	8:42	17:51	9h 09 min

Tabla 1. Horas solares. Fuente: Astronomía. Ministerio de Fomento.

Elaboración propia

MES	T	TM	Tm	P	HR	DP
ENERO	5.1	8.9	1.2	42.4	85	6
FEBRERO	4.5	9.5	0.5	42.6	68	5
MARZO	7.2	11.5	3.0	116.0	72	5
ABRIL	11.9	17.3	6.4	66.8	67	8
MAYO	15.0	21.1	8.8	65.4	60	8
JUNIO	19.3	25.5	13.1	85.4	60	5
JULIO	22.6	30.2	15.1	18.4	45	2
AGOSTO	23.8	32.3	15.3	0	40	2
SEPTIEMBRE	21.6	29.4	13.8	25.8	48	4
OCTUBRE	13.7	19.9	7.5	21.6	60	8
NOVIEMBRE	8.9	12.7	5.1	89.4	81	7
DICIEMBRE	6.4	10.0	2.7	22.4	83	8

Tabla 2. Variables de la climatología de Valladolid. Año 2018 Fuente: AEMET

Elaboración propia.

Donde cada variable la interpretamos como:

- T: Temperatura media en °C
- TM: Temperatura media máxima en °C
- Tm: Temperatura media mínima en °C
- P: Precipitación anual media en mm.
- HR: Humedad relativa en %
- DP: Media de días mensuales de precipitación

El estudio del soleamiento realizado plantea el análisis del comportamiento solar en distintas partes del edificio y su posible mejora gracias al diseño y a su caracterización constructiva.

En función del cálculo de las sombras propias y arrojadas del edificio y de los ubicados a su alrededor, determinaremos la carga solar que cada uno de nuestros edificios recibe y la necesidad de controlar la luz solar que entra en el interior.

El estudio se realiza con el supuesto de la construcción de todos los edificios de su entorno para poder analizar los efectos sobre los edificios de estudio.

En las siguientes imágenes, mostramos el soleamiento de los edificios durante los solsticios y los equinoccios a distintas horas del día.<sup>11</sup>

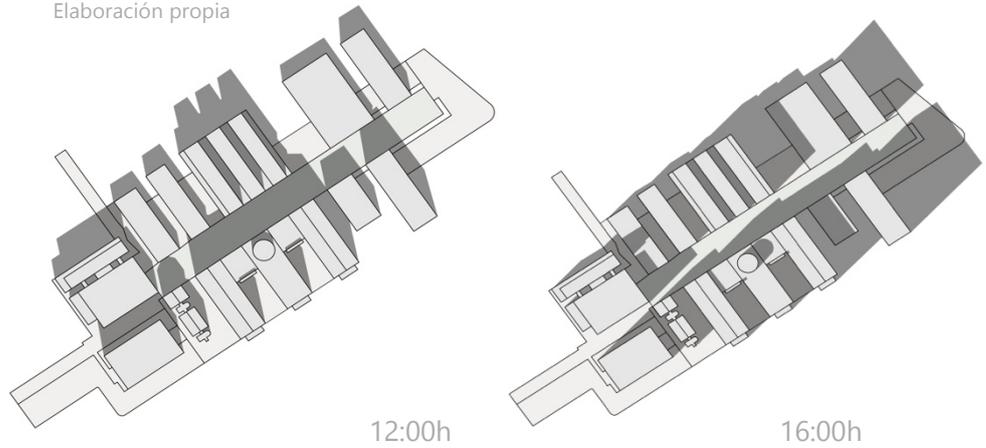
---

9. Las sombras han sido obtenidas del programa sketchup. En el solsticio de invierno no estudiamos la hora solar 8:00h, porque no ha amanecido y por tanto el programa no la recoge

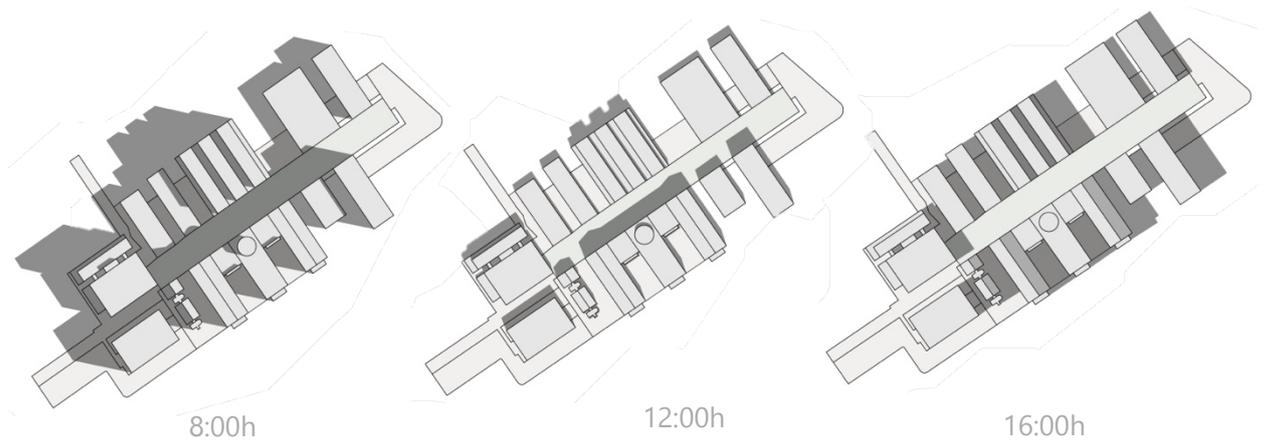
## ESTUDIO DE SOLEAMIENTO DEL CAMPUS MIGUEL DELIBES

### SOLSTICIO DE INVIERNO (21 DE DICIEMBRE)

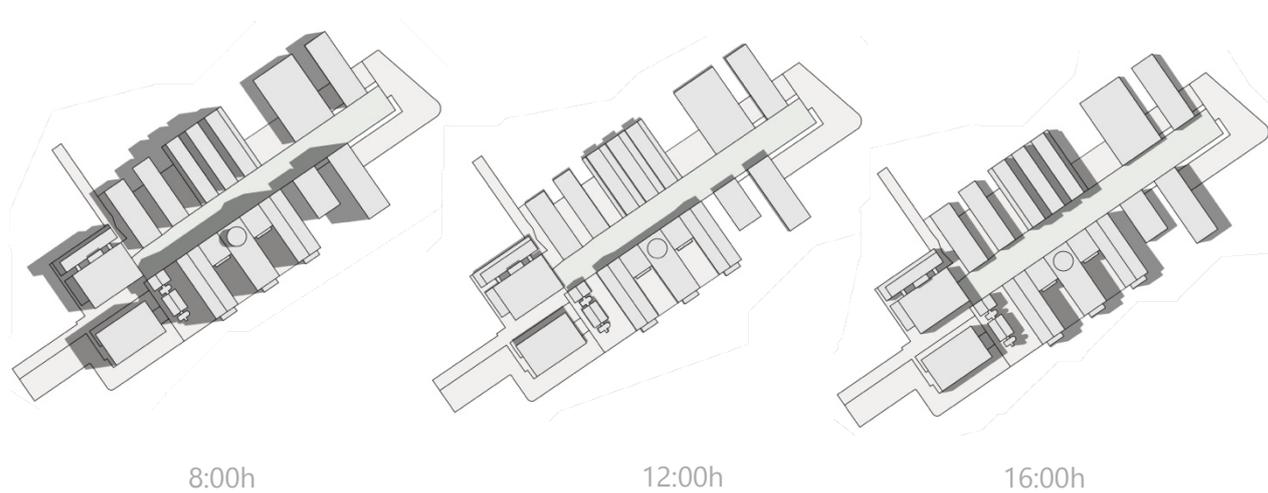
Figura 4. Esquemas de la sombra arrojada de los edificios. Fuente: Sketchup.  
Elaboración propia



### EQUINOCCIOS DE OTOÑO (21 DE SEPTIEMBRE) Y DE PRIMAVERA (21 DE MARZO)



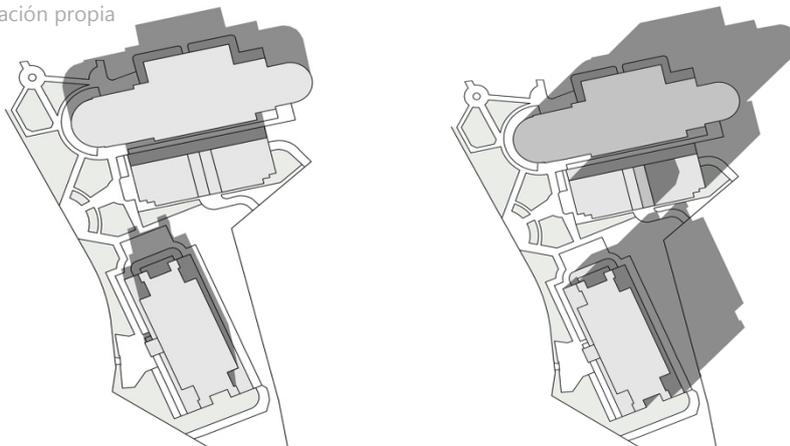
### SOLSTICIO DE VERANO (21 DE JUNIO)



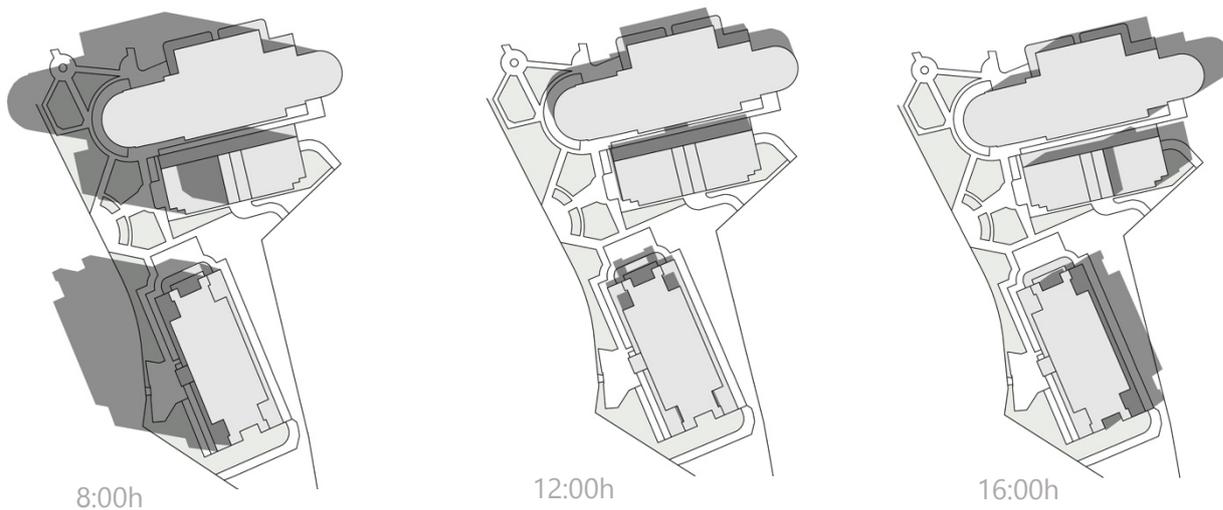
### ESTUDIO DE SOLEAMIENTO DEL CAMPUS RIO ESGUEVA

#### SOLSTICIO DE INVIERNO (21 DE DICIEMBRE)

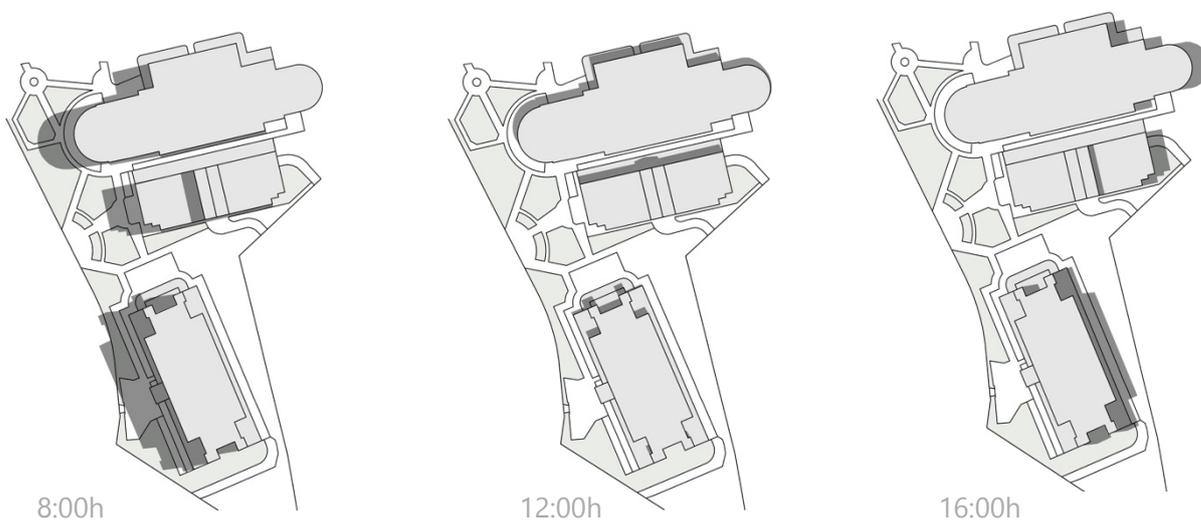
Figura 5. Esquemas de la sombra arrojada de los edificios. Fuente: Sketchup.  
Elaboración propia



#### EQUINOCCIO DE OTOÑO (21 DE SEPTIEMBRE) Y DE PRIMAVERA (21 DE MARZO)



#### SOLSTICIO DE VERANO (21 DE JUNIO)



Teniendo en cuenta que el clima de Valladolid es primordialmente un clima de inviernos fríos pero cuyas temperaturas raramente alcanzan los bajo cero y con veranos cálidos en los que sus temperaturas no superan los 30°C, podemos observar las siguientes condiciones y extraer las siguientes conclusiones:

- En verano los edificios reciben radiación solar en todas sus fachadas, incluida la norte, siendo irrelevante la sombra que los edificios colindantes generan sobre ellos, por lo que será necesario controlar la radiación solar en los acristalamientos de las fachadas para que no se produzcan sobrecalentamientos en el interior y deslumbramientos.
- Durante los equinoccios de otoño y primavera podemos resaltar la sombra que genera el Centro de Idiomas, la Escuela de Ingenieros de Telecomunicaciones, el IOBA y el edificio Lucia sobre los edificios enfrentados a ellos, pero dado que la altura de estos es igual o superior a los restantes esta sombra no es demasiado significativa. Este dato es más relevante en las horas tempranas que en las horas tardías.
- En el invierno, la radiación solar incide sobre las fachadas sur y oeste, la cual puede ser aprovechada interiormente. En las fachadas restantes no se recibe una radiación solar directa. La sombra de los edificios colindantes no es significativa en ninguno de los edificios.
- Los paramentos acristalados del zócalo de la fachada norte de los edificios no recibirán excesiva radiación solar directa debido a los elementos de voladizo, situación, orientación y demás características, por lo que no los consideraremos elementos de captación de calor. Además, debido a que estos elementos reciben menor incidencia solar deberán acristalarse con sistemas adecuados para evitar pérdidas térmicas durante los meses de invierno.
- Los elementos acristalados colocados en la fachada norte solo tendrán incidencia solar en las últimas horas de la tarde, durante el solsticio de verano y los equinoccios, por ello, su carga solar será menor que en el resto, como consecuencia no los consideraremos elementos de captación solar y por tanto en esta fachada no será estudiada la mejora de la colocación de lamas orientables. Al contrario que la fachada sur, la cual recibe una carga solar significativa, sobre todo en los meses de verano. En esta añadiremos lamas orientables horizontales. En la fachada este y oeste será estudiada la mejora de la demanda energética añadiendo lamas orientables verticales, ya que la carga solar es variable dependiendo de los meses.

## 4.2. SIMULACIÓN EN LA HERRAMIENTA UNIFICADA

Partiendo del estado actual de todos los edificios estudiados, hemos generado una simulación de cada uno gracias a la Herramienta Unificada Lider-Calener (HULC), que nos permitirá saber su demanda energética actual.

Inicialmente, el programa necesita una serie de parámetros, tales como datos del proyecto y del certificador, para tener en cuenta algunas consideraciones necesarias para la generación de la información requerida.

El punto de partida se establece en los "Datos Generales", este contiene la información administrativa del proyecto, datos de definición, y datos funcionales.

Nuestros edificios han sido definidos como:

- Definición del caso: Verificación CTE-HE y Certificación Energética.

Edificio EXISTENTE: Intervención importante.

- Localidad, Datos climáticos.

Comunidad Autónoma: Castilla y León

Provincia: Valladolid

Altitud: 704 metros

Zona Climática: D2

Peninsular

- Tipo de edificio.

Edificio Terciario Pequeño o Mediado (PMT)

- Ventilación del edificio.

Establecido por defecto.

- Tipo de uso

12h. Intensidad media. Acondicionado

Dentro de los "Datos administrativos" hemos considerado el uso como "edificios de enseñanza", hemos introducido datos ya mencionados anteriormente, como las plantas bajo y sobre rasante, las superficies construidas y útiles y la altura de cada uno de ellos.

En esta pestaña se introducen datos, como la ubicación y situación de cada uno, los cuales se repetirán por defecto.

Se precisan también, los datos del autor y su titulación. Campos que han sido rellenados con la información de la propia autora del trabajo.

Las fuentes de energía se establecen como predeterminados, ya que la propia herramienta no deja editarlos.

Las opciones generales del edificio nos permiten seleccionar los meses del año en los que aplicamos los elementos estacionales de sombra en huecos.

La generación de los modelos se realiza mediante planos generados en AutoCad, con extensión .dxf, a los cuales se les atribuye una sección constructiva definida previamente.

La aplicación posee una base de datos con información de materiales, cerramientos opacos y cerramientos semitransparentes. Esta base de datos ya está cargada en la propia herramienta para poder crear los cerramientos correspondientes a nuestro edificio.

Se definen así, cada uno de los sistemas que conforman la envolvente de nuestros edificios y sus particiones interiores.

El orden de los elementos lo establece la herramienta de forma predeterminada, de tal manera que, los cerramientos verticales se establecen desde el exterior al interior y los horizontales de arriba hacia abajo.

La propia aplicación define las características de conductividad térmica, densidad, resistencia y calor específico de todos los materiales, generando así, la transmitancia de cada uno de ellos y la transmitancia final del conjunto.

El Código Técnico de la Edificación (DA DB-HE/1) define estos parámetros como:

**Transmitancia térmica:**  $U = 1/Rt$

**Resistencia Total:**  $Rt = Rsi + R1 + R2 \dots + Rn + Rse$

**Podemos entenderlo como:**

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{Rsi + R1 + R2 + \dots + Rn + Rse}$$

Ambos parámetros podemos definirlos como:

- Transmitancia Térmica: "Flujo de calor, por unidad de superficie del elemento y por grado de diferencia de temperaturas entre dos ambientes separados por dicho elemento"
- Resistencia Térmica: "Capacidad de un material de oponerse al flujo de calor"

Definiremos cada uno de los edificios estudiados, explicando cada una de las partes que conforman su envolvente, así como los huecos y particiones, tanto horizontales como verticales.

Generaremos una síntesis para explicar de forma breve y concisa los materiales elegidos y algunas de las consideraciones que hemos determinado.

---

#### CENTRO DE IDIOMAS

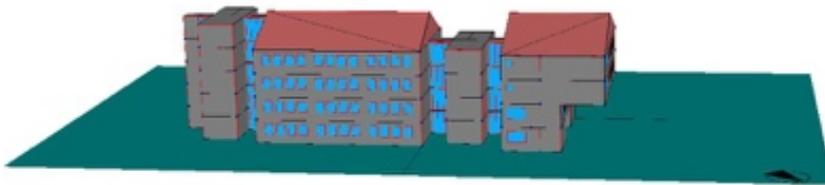


Figura 1. Simulación del Centro de Idiomas. Fuente: HULC

---

#### PLANTA SÓTANO

Como hemos mencionado anteriormente, el edificio posee una planta bajo rasante, donde se encuentra el aparcamiento y espacios destinados a zonas de instalaciones y almacenamiento. Este espacio tiene una altura de 4,95 metros.

Debido a esto, y basándonos en la definición de Espacio NO Habitable recogida por el Código Técnico de la Edificación DB-HE1 Apéndice A, Definido como:

***Recinto no habitable***: recinto interior no destinado al uso permanente de personas o cuya ocupación, por ser ocasional o excepcional y por ser bajo el tiempo de estancia, solo exige unas condiciones de salubridad adecuadas.<sup>12</sup>

---

12. Código Técnico de la Edificación. DB-HE1, Apéndice A.

Hemos considerado este espacio como no habitable, por tanto, no ha sido introducido dentro del cálculo de demanda energética.

#### PLANTA BAJA

Esta planta recoge todos los espacios habitables acondicionados dedicados a la consejería, secretaría y admisión de alumnos en el centro.

Hemos considerados todos los espacios que forman el edificio, tanto en planta baja como en las superiores, espacios adiabáticos, es decir, no se transfiere calor a través de los paramentos. También han sido considerado espacios habitables, en función de la definición del Código Técnico.

#### FORJADO EXTERIOR

La configuración del forjado que separa la planta baja del espacio destinado a aparcamiento es distinta al resto, ya que el aparcamiento se construye como un espacio exterior pasante, comunicando todos los espacios dedicados a aparcamiento de todos los edificios.

Se forma con forjado de entrevigado cerámico y se coloca aislamiento térmico de poliestireno expandido.

Nº	Material	Espesor (m)	Conductividad (W/m·K)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (kJ/kg·K)	Resistencia Térmica (m <sup>2</sup> ·K/W)
1	Baldosas cerámicas	0,020	1,000	2000	800	0,02
2	Mortero de cemento	0,050	0,550	1125	1000	0,09
3	Poliuretano proyectado	0,040	0,028	45	1000	1,43
4	Forjado unidireccional de entrevigado cerámico	0,300	0,846	1110	1000	0,35
5	Enlucido de yeso aislante	0,020	0,570	1150	1000	0,035

Tabla 1. Sección constructiva del forjado entre el aparcamiento y la planta baja. (HULC). Elaboración

En su conjunto, el forjado entre el aparcamiento y la planta baja tiene las siguientes características:

- Resistencia térmica: 2,08 m<sup>2</sup>·K/W
- Transmitancia térmica: 0,48 W/m<sup>2</sup>·K

## FORJADO INTERIOR

La estructura horizontal interior se conforma como un forjado unidireccional con un canto de 30 cm. Constituido por vigas planas, semi-viguetas armadas y bovedillas cerámicas.

Todos los forjados interiores que forman la separación entre las distintas plantas del edificio tienen la misma solución constructiva

Nº	Material	Espesor (m)	Conductividad (W/m·K)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (kJ/kg·K)	Resistencia Térmica (m <sup>2</sup> ·K/W)
1	Baldosas cerámicas	0,020	1,000	2000	800	0,02
2	Mortero de cemento	0,050	1,3000	1900	1000	0,09
3	Forjado unidireccional de entrevigado cerámico	0,300	0,846	1110	1000	0,35
4	Enlucido de yeso aislante	0,020	0,570	1150	1000	0,035

Tabla 2. Sección constructiva del forjado interior. (HULC). Elaboración propia

En su conjunto, el forjado interior tiene las siguientes características:

- Resistencia térmica: 0,62 m<sup>2</sup>·K/W
- Transmitancia térmica: 1,62 W/m<sup>2</sup>·K

## FORJADO VOLADIZO

El voladizo se configura como un forjado interior. Este posee aislante térmico proyectado y su acabado exterior es de aluminio.

Nº	Material	Espesor (m)	Conductividad (W/m·K)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (kJ/kg·K)	Resistencia Térmica (m <sup>2</sup> ·K/W)
1	Baldosas cerámicas	0,020	1,000	2000	800	0,02
2	Mortero de cemento	0,050	0,550	1125	1000	0,09
3	Forjado unidireccional de entrevigado cerámico	0,300	0,846	1110	1000	0,35
4	Poliuretano proyectado	0,040	0,028	45	1000	1,43
5	Cámara de aire horizontal sin ventilar	0,02				0,16
6	Aluminio	0,02	160	2800	880	0,000125

Tabla 3. Sección constructiva del voladizo. (HULC). Elaboración propia

En su conjunto, el forjado voladizo tiene las siguientes características:

- Resistencia térmica:  $2,17 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$
- Transmitancia térmica:  $0,46 \text{ W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$

### PARTICIONES INTERIORES

Los elementos que configuran las particiones interiores del edificio no son iguales en todo el proyecto. La diferencia entre unas particiones y otras son principalmente para solucionar temas acústicos.

Hemos considerado solo un tipo de tabique, el que encontramos de forma mayoritaria, para buscar la simplificación del sistema. Con esta solución se consigue un aislamiento acústico de 45 dB

Se ejecutan de tabicón hueco doble, guarnecido y enlucido por ambas caras.

Nº	Material	Espesor (m)	Conductividad ( $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ )	Densidad ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	Cp ( $\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$ )	Resistencia Térmica ( $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ )
1	Enlucido de yeso aislante	0,02	0,570	1150	1000	0,035
2	½ pie ladrillo perforado	0,115	0,512	900	1000	0,20
3	Enlucido de yeso aislante	0,02	0,570	1150	1000	0,035

Tabla 4. Sección constructiva de las particiones interiores. (HULC). Elaboración propia

En su conjunto, las particiones interiores tienen las siguientes características:

- Resistencia térmica:  $0,46 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$
- Transmitancia térmica:  $2,15 \text{ W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$

### FACHADA TIPO

La fachada exterior del edificio se ha proyectado de manera convencional. Está formada por una hoja interior de tabicón hueco doble, enlucido de yeso hacia el interior. Hacia el exterior se coloca una hoja de medio pie de ladrillo macizo colocado a soga.

Entre ambas hojas se coloca el aislamiento de poliuretano proyectado. Las hojas entre ellas están sujetas con ganchos metálicos galvanizados.

Nº	Material	Espesor (m)	Conductividad (W/m·K)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (kJ/kg·K)	Resistencia Térmica (m <sup>2</sup> ·K/W)
1	½ Pie de ladrillo macizo	0,115	0,991	2170	1000	0,116
2	Mortero de cemento	0,015	1,3000	1900	1000	0,0115
3	Poliuretano proyectado	0,040	0,028	45	1000	1,43
4	Tabicón de ladrillo hueco doble	0,070	0,432	930	1000	0,16
5	Enlucido de yeso aislante	0,020	0,570	1150	1000	0,035

Tabla 5. Sección constructiva de la fachada tipo. (HULC). Elaboración propia

En su conjunto, la fachada tipo tiene las siguientes características:

- Resistencia térmica: 1,96 m<sup>2</sup>·K/W
- Transmitancia térmica: 0,51 W/m<sup>2</sup>·K

### VENTANAS EN EL CERRAMIENTO

Las ventanas exteriores de la envolvente de fachada se sitúan en todas las fachadas, excepto en la noreste, donde solo encontramos pequeños huecos de ventilación del aseo.

Todas ellas están compuestas por un vidrio simple, cuyas características se han obtenido de la memoria constructiva del proyecto, y un marco de aluminio lacado colocado en posición vertical sin rotura de puente térmico.

Los valores de los vidrios y las carpinterías son los siguientes:

- Tipo: Vidrio simple. Lunas de 4mm
- Transmitancia térmica (U): 5,7 W/m<sup>2</sup>·K
- Factor solar: 0,83
- Tipo: Marco de aluminio lacado sin rotura de puente térmico
- Transmitancia térmica (U): 5,7 W/m<sup>2</sup>·K
- Absortividad: 0,65

Además, es importante conocer otras características como las dimensiones del hueco, el porcentaje del marco respecto al vidrio o la permeabilidad del aire para estudiar las pérdidas de calor.

Hay dos tipos de ventanas colocadas por el cerramiento del edificio.

- Ventana 1

24 unidades por planta, distribuidas en la fachada Suroeste y Noreste. La tercera y cuarta planta tienen 9 unidades más, colocadas en la fachada Noroeste.

Dimensión: 1,45x1,0m

Permeabilidad al aire: 50 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> a 100 Pa.<sup>13</sup>

% de hueco ocupado por el marco: 20 %

- Ventana 2

8 paños verticales, de forjado a forjado, colocados en los laterales de los núcleos de comunicación y aseos.

Dimensión: 3 Unidades de 1,80x0,80m

Permeabilidad al aire: 50 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> a 100 Pa.<sup>13</sup>

% de hueco ocupado por el marco: 20 %

- PLANTAS SUPERIORES

Esta planta recoge todos los espacios habitables acondicionados dedicados a aulas y laboratorios, así como a espacios con requerimientos especiales, tales como salas de informática y salas multimedia

## CUBIERTA INCLINADA

El edificio posee dos tipos de cubiertas.

Una de ellas es una cubierta inclinada situada sobre los cuerpos rectangulares de mayor dimensión, los cuales recogen los usos principales del edificio.

Cubierta inclinada a dos aguas con una pendiente de un 40%. Acabado exterior de teja cerámica colocada sobre tablero cerámico de rasillón y tabiques palomeros. Como aislante térmico, se dispone una manta de fibra de vidrio.

---

13. Valor límite exigido por la Normal NBE CA-88.

Nº	Material	Espesor (m)	Conductividad (W/m·K)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (kJ/kg·K)	Resistencia Térmica (m <sup>2</sup> ·K/W)
1	Baldosa cerámica	0,020	1,000	2000	800	0,02
2	Mortero de cemento	0,020	0,550	1125	1000	0,036
3	Tablero cerámico	0,050				0,18
4	Cámara de aire horizontal sin ventilar	0,050				0,16
5	Fibra de vidrio	0,100	0,050	125	1000	2
6	Forjado unidireccional de entrevigado cerámico	0,30	0,846	1110	1000	0,35
7	Enlucido de yeso	0,020	0,570	1150	1000	0,035

Tabla 6. Sección Constructiva de la cubierta inclinada. (HULC). Elaboración propia

En su conjunto, la cubierta inclinada tiene las siguientes características:

- Resistencia térmica: 2,94 m<sup>2</sup>·K/W
- Transmitancia térmica: 0,34 W/m<sup>2</sup>

### CUBIERTA PLANA

La cubierta plana corresponde al cerramiento horizontal sobre las comunicaciones y aseos. Es una cubierta invertida con acabado de grava rodada. Sobre estas cubiertas encontramos lucernarios con sección semicircular.

En su conjunto, la cubierta plana tiene las siguientes características:

- Resistencia térmica: 2,23 m<sup>2</sup>·K/W
- Transmitancia térmica: 0,45 W/m<sup>2</sup>·K

Nº	Material	Espesor (m)	Conductividad (W/m·K)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (kJ/kg·K)	Resistencia Térmica (m <sup>2</sup> ·K/W)
1	Grava	0,050	2,000	1450	1050	0,025
2	Lámina geotextil					
3	Poliestireno expandido	0,040	0,025	38	1000	1,6
4	Lámina impermeable	0,004	0,230	1100	1000	0,00007
5	Hormigón con áridos ligeros	0,020	0,830	600	1000	0,024
6	Forjado unidireccional con entrevigado cerámico	0,30	0,846	1110	1000	0,35
7	Enlucido de yeso aislante	0,02	0,570	1150	1000	

Tabla 7. Sección Constructiva de la cubierta plana. (HULC). Elaboración propia

## AULARIO RIO ESGUEVA

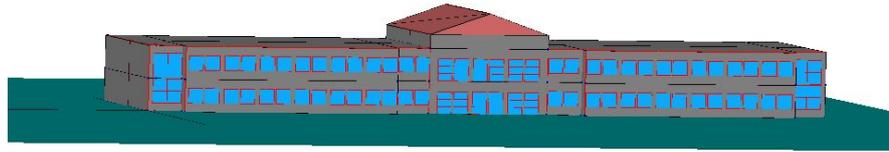


Figura 2. Simulación del Aulario Río Esgueva. Fuente: HULC

## PLANTA SÓTANO

En esta planta encontramos el espacio destinado a aparcamiento y pequeños locales que recogen los espacios usados para instalaciones y almacenamiento.

Del mismo modo que en el anterior edificio, estos espacios también han sido clasificados como NO habitables en función de la definición dada por el Código Técnico, por ello no ha sido introducido en el cálculo de su demanda energética.

## PLANTA BAJA

Esta planta recoge todos los espacios habitables destinados a la conserjería y administración en la parte central. En las alas encontramos salas y aulas destinadas al estudio. En la parte central del edificio encontramos las escaleras principales que comunican la planta baja con la superior.

Todos los espacios que forman el edificio han sido considerados habitables y adiabáticos.

## FORJADO ENTRE EL APARCAMIENTO Y LA PLANTA BAJA

Forjado que separa el espacio enterrado destinado a aparcamiento y la planta baja.

Se conforma como un forjado interior, pero este añade aislante térmico ya que el espacio del aparcamiento no lo hemos considerado adiabático.

En su conjunto, el forjado entre el aparcamiento y la planta baja tiene las siguientes características:

- Resistencia térmica: 2,083 m<sup>2</sup>·K/W
- Transmitancia térmica: 0,48 W/m<sup>2</sup>·K

Nº	Material	Espesor (m)	Conductividad (W/m·K)	Densidad (kg/m³)	Cp (kJ/kg·K)	Resistencia Térmica (m²·K/W)
1	Baldosa de gres	0,02	2,3	2500	1000	0,0086
2	Mortero de cemento	0,05	0,55	1125	1000	0,09
3	Poliuretano proyectado	0,04	0,028	45	1000	1,43
4	Forjado unidireccional de entrevigado cerámico	0,30	0,846	1110	1000	0,35
5	Enlucido de yeso	0,02	0,570	1150	1000	0,035

Tabla 1. Sección Constructiva del forjado entre el aparcamiento y la planta baja. (HULC). Elaboración propia

### FORJADO INTERIOR

La estructura horizontal interior se conforma como un forjado unidireccional con un canto de 30cm (25+5 cm). Constituido por vigas planas, semi-viguetas armadas y bovedillas cerámicas.

Solo hay un forjado interior que se forme con esta solución constructiva, el forjado que separa la primera planta de la planta baja.

Nº	Material	Espesor (m)	Conductividad (W/m·K)	Densidad (kg/m³)	Cp (kJ/kg·K)	Resistencia Térmica (m²·K/W)
1	Baldosa de gres	0,2	2,3	2500	1000	
2	Mortero de cemento	0,05	0,55	1125	1000	
3	Forjado unidireccional de entrevigado cerámico	0,30	0,846	1110	1000	
4	Enlucido de yeso	0,02	0,570	1150	1000	

Tabla 2. Sección Constructiva del forjado interior. (HULC). Elaboración propia

En su conjunto, el forjado interior tiene las siguientes características:

- Resistencia térmica: 0,65 m²·K/W
- Transmitancia térmica: 1,52 W/m²·K

### PARTICIONES INTERIORES

Las particiones interiores de este edificio se conforman todas del mismo modo. Se forman mediante ½ pie de espesor de tabicón hueco doble, enlucido de yeso por ambos lados.

Con este tipo de partición interior elegida, se busca conseguir un aislamiento acústico mayor de 45 dB

Nº	Material	Espesor (m)	Conductividad (W/m·K)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (kJ/kg·K)	Resistencia Térmica (m <sup>2</sup> ·K/W)
1	Enlucido de yeso	0,02	0,570	1150	1000	0,035
2	½ Pie de ladrillo hueco doble de 12 cm	0,07	0,432	930	1000	0,16
3	Enlucido de yeso	0,02	0,570	1150	1000	0,035

Tabla 3. Sección Constructiva de las particiones interiores (HULC). Elaboración propia

En su conjunto, las particiones interiores tienen las siguientes características:

- Resistencia térmica: 0,40 m<sup>2</sup>·K/W
- Transmitancia térmica: 2,49 W/m<sup>2</sup>·K

### FACHADA TIPO

La fachada tipo de este edificio está formada por ½ pie de fábrica de ladrillo macizo cara vista colocada hacia el exterior, enfoscada con mortero de cemento en su cara interior. Su hoja interior está formada por un pie de espesor de fábrica de ladrillo macizo, enlucida de yeso hacia el interior del edificio.

Entre ambas hojas se colocan el aislamiento térmico de poliuretano proyectado.

En su conjunto, la fachada tipo tiene las siguientes características:

- Resistencia térmica: 2,70 m<sup>2</sup>·K/W
- Transmitancia térmica: 0,37 W/m<sup>2</sup>·K

Nº	Material	Espesor (m)	Conductividad (W/m·K)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (kJ/kg·K)	Resistencia Térmica (m <sup>2</sup> ·K/W)
1	½ pie ladrillo macizo	0,115	0,991	2170	1000	
2	Mortero de cemento	0,015	0,550	1125	1000	
3	Poliuretano proyectado	0,06	0,028	45	1000	
4	1 pie ladrillo macizo	0,24	1,030	2140	1000	
5	Enlucido de yeso	0,02	0,570	1150	1000	

Tabla 4. Sección Constructiva de la fachada tipo (HULC). Elaboración propia

### VENTANAS EN EL CERRAMIENTO

Las ventanas exteriores en el cerramiento se sitúan únicamente en sus fachadas longitudinales. Todas las ventanas tienen las mismas dimensiones, excepto las colocadas en los extremos de ambas alas y en la parte central, las cuales son muros cortina.

Todas ellas están compuestas por un vidrio simple colocado en posición vertical y un marco de aluminio lacado colocado sin rotura de puente térmico.

Los valores de los vidrios y las carpinterías son los siguientes:

- Tipo: Vidrio simple. Lunas de 4mm
- Transmitancia térmica (U): 5,7 W/m<sup>2</sup>·K
- Factor solar: 0,83
- Tipo: Marco de aluminio sin rotura de puente térmico
- Transmitancia térmica (U): 5,7 W/m<sup>2</sup>·K
- Absortividad: 0,65

Como hemos mencionado, el edificio posee dos tipos de ventanas, de ambas definiremos sus características más importantes:

- Ventana 1

Tipo de ventana mayoritaria, de menos tamaño. La encontramos en ambas fachadas.

Dimensión: 2,0 x 2,05m

Permeabilidad al aire: 50 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> a 100 Pa<sup>14</sup>.

% de hueco ocupado por el marco: 20 %

- Ventana 2

10 paños verticales, de forjado a forjado, por planta, colocados en los laterales y en la parte central

Dimensión: 3 Unidades de 1,0 x 2,0 m

Permeabilidad al aire: 50 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> a 100 Pa<sup>14</sup>.

% de hueco ocupado por el marco: 20 %

---

PLANTA PRIMERA

Esta planta recoge todos los espacios habitables acondicionados dedicados a aulas de estudio. Estas se distribuyen en las alas. El espacio central está dedicado al descanso, a modo de cafetería.

**CUBIERTA INCLINADA**

La parte central del edificio se eleva por encima del resto y esta coronada con una cubierta inclinada con acabado de teja cerámica. Estas se colocan sobre un tablero cerámico colocado sobre tabiques palomeros. El aislante térmico se dispone una manta de fibra de vidrio.

En su conjunto, la cubierta inclinada tiene las siguientes características:

- Resistencia térmica: 3,03 m<sup>2</sup>·K/W
- Transmitancia térmica: 0,33 W/m<sup>2</sup>·K

---

14. Valor límite exigido por la Normal NBE CA-88.

Nº	Material	Espesor (m)	Conductividad (W/m·K)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (kJ/kg·K)	Resistencia Térmica (m <sup>2</sup> ·K/W)
1	Teja cerámica	0,02	1,3	2300	840	0,015
2	Mortero de cemento	0,05	0,550	1125	1000	0,09
3	Tablero cerámico	0,05				0,18
4	Cámara de aire horizontal sin ventilar	0,1				0,18
5	Fibra de vidrio	0,1	0,05	125	1000	2
6	Forjado unidireccional de entrevigado cerámico	0,30	0,846	1110	1000	0,35
7	Enlucido de yeso aislante	0,02	0,570	1150	1000	0,35

Tabla 5. Sección Constructiva de la cubierta inclinada. (HULC). Elaboración propia

### CUBIERTA PLANA

La cubierta plana se coloca sobre las alas laterales del edificio. Es la cubierta que encontramos en la mayor parte del edificio. Es una cubierta plana, invertida, no transitable, con acabado de baldosas de granito. Se coloca sobre forjado de entrevigado cerámico y se utiliza hormigón celular para la formación de pendiente

Nº	Material	Espesor (m)	Conductividad (W/m·K)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (kJ/kg·K)	Resistencia Térmica (m <sup>2</sup> ·K/W)
1	Granito	0,2	2,8	2600	1000	0,07
2	Cámara de aire ligeramente ventilada	0,05				0,16
3	Fibra de vidrio	0,04	0,05	125	1000	0,8
4	Hormigón con áridos ligeros	0,05	0,370	1200	1000	0,13
5	Forjado unidireccional con entrevigado cerámico	0,30	0,846	1110	1000	0,35
6	Enlucido de yeso	0,02	0,470	1150	1000	0,035

Tabla 6. Sección Constructiva de la cubierta plana. (HULC). Elaboración propia

En su conjunto, la cubierta plana tiene las siguientes características:

- Resistencia térmica: 1,66 m<sup>2</sup>·K/W
- Transmitancia térmica: 0,60 W/m<sup>2</sup>·K

## FACULTAD DE EDUCACIÓN Y TRABAJO SOCIAL



Figura 3. Simulación de la Facultad de Educación y Trabajo Social. Fuente: HULC

#### - PLANTA SÓTANO

Al igual que en los edificios anteriores, el espacio del sótano en este edificio está destinado al aparcamiento y a las salas de almacenamiento e instalaciones.

Del mismo modo, este espacio ha sido clasificado como NO habitable debido a la definición dada por el Código Técnico, y por ello, no ha sido introducido en el cálculo de su demanda energética.

#### - PLANTA BAJA

Esta planta es la mayor en extensión, en superficie y en altura. En ella se encuentran, en el volumen de mayor tamaño, el salón de actos y los espacios de admisión y secretaria, mientras que, en el volumen menor, encontramos despachos y salas destinadas a reuniones.

Como en los anteriores, todos los espacios que forman el volumen han sido considerados adiabáticos y habitables, por la definición recogida en el Código Técnico.

### FORJADO EXTERIOR

El forjado que separa el espacio destinado al aparcamiento y la planta baja se configura de manera distinta a los forjados interiores que separan las plantas superiores.

En se coloca aislante térmico encima del forjado reticular, ya que este queda visto hacia el espacio de aparcamiento.

En su conjunto, el forjado entre el aparcamiento y la planta baja tiene las siguientes características:

- Resistencia térmica:  $1,45 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
- Transmitancia térmica:  $0,69 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$

Nº	Material	Espesor (m)	Conductividad (W/m·K)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (kJ/kg·K)	Resist. Térmica (m <sup>2</sup> ·K/W)
1	Piedra Aglomerada	0,015	1,5	2350	1000	0,01
2	Mortero de cemento	0,05	0,550	1125	1000	0,09
3	Poliestireno extruido	0,04	0,042	38	1000	0,95
4	Forjado reticular con entrevigado de hormigón	0,450	1,957	1092	1000	0,23

Tabla 1. Sección Constructiva del forjado exterior. (HULC). Elaboración propia

### FORJADO INTERIOR

La estructura horizontal interior está formada por un forjado reticular. Este forjado posee un canto de 45 cm. El aislante térmico se coloca por debajo y se reviste de placas de yeso laminado.

Todos los forjados de las plantas superiores se resuelven con el mismo sistema.

En su conjunto, el forjado interior tiene las siguientes características:

- Resistencia térmica: 0,74 m<sup>2</sup>·K/W
- Transmitancia térmica: 1,35 W/m<sup>2</sup>·K

Nº	Material	Espesor (m)	Conductividad (W/m·K)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (kJ/kg·K)	Resistencia Térmica (m <sup>2</sup> ·K/W)
1	Piedra Aglomerada	0,015	1,5	2350	1000	0,01
2	Mortero de cemento	0,05	0,550	1125	1000	0,09
3	Forjado reticular con entrevigado de hormigón	0,450	1,957	1092	1000	0,23
5	Cámara de aire horizontal sin ventilar					0,16
6	Placa de yeso laminado	0,020	0,250	825	1000	0,08

Tabla 2. Sección Constructiva del forjado interior. (HULC). Elaboración propia

### PARTICIONES INTERIORES

Las divisiones interiores de este edificio se forman mediante tabicón hueco doble de 7 cm de espesor, guarnecido y enlucido por ambos lados. Con esta solución se consigue aislar acústicamente a los niveles mínimos exigidos.

Nº	Material	Espesor (m)	Conductividad (W/m·K)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (kJ/kg·K)	Resistencia Térmica (m <sup>2</sup> ·K/W)
1	Enlucido de yeso	0,02	0,570	1150	1000	0,035
2	Fabrica de ladrillo hueco doble	0,07	0,432	930	1000	0,16
3	Enlucido de yeso	0,02	0,570	1150	1000	0,035

Tabla 3. Sección Constructiva de las particiones interiores. (HULC). Elaboración propia

En su conjunto, las particiones interiores tienen las siguientes características:

- Resistencia térmica: 0,40 m<sup>2</sup>·K/W
- Transmitancia térmica: 2,49 W/m<sup>2</sup>·K

### FACHADA TIPO

La fachada de este edificio está formada por dos hojas de fábrica de ladrillo, una exterior de ladrillo perforado de medio pie de espesor y una interior de tabicón hueco doble. Entre ambas se coloca una cámara de aire vertical semi-ventilada, donde se coloca el aislamiento térmico.

El acabado interior se resuelve con enlucido de yeso.

Nº	Material	Espesor (m)	Conductividad (W/m·K)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (kJ/kg·K)	Resist.Térmica (m <sup>2</sup> ·K/W)
1	½ Pie ladrillo perforado	0,115	0,667	1140	1000	
2	Mortero de cemento	0,015	0,550	1125	1000	
3	Cámara de aire vertical ligeramente ventilada vertical					0,095
4	Poliuretano proyectado	0,03	0,04	18	1000	
5	Tabicón de ladrillo hueco doble	0,07	0,432	930	1000	
6	Enlucido de yeso	0,02	0,570	1150	1000	

Tabla 4. Sección Constructiva de la fachada tipo. (HULC). Elaboración propia

En su conjunto, la fachada tipo tiene las siguientes características:

- Resistencia térmica:  $1,40 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$
- Transmitancia térmica:  $0,71 \text{ W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$

### VENTANAS EN EL CERRAMIENTO

Las ventanas en este edificio se sitúan en todas sus fachadas, todas se configuran de la misma manera. Ventanas longitudinales que realmente son pequeños paños encadenados unos detrás de otros.

Hay dos tipos de ventanas, las cuales varían por sus dimensiones, aunque estas son similares. Se colocan también pequeñas ventanas altas que corresponden a los aseos, y un paño acristalado en planta baja que identifica a la cafetería.

Todos los vidrios y marcos se configuran de la misma manera, vidrios simples colocados en posición vertical y marcos de aluminio lacado en color verde oscuro, sin rotura de puente térmico.

Los valores de los vidrios y las carpinterías son los siguientes:

- Tipo: Vidrio simples. Lunas de 4mm
- Transmitancia térmica (U):  $5,7 \text{ W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$
- Factor solar: 0,83
- Tipo: Marco de aluminio sin rotura de puente térmico
- Transmitancia térmica (U):  $5,7 \text{ W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$
- Absortividad: 0,88

El edificio posee tres tipos de ventanas, de las cuales definiremos sus características destacadas más importantes.

#### - Ventana 1

Tipo de ventana mayoritaria. La encontramos en todas las fachadas.

Dimensión: 2,60 x 1,50m

Permeabilidad al aire:  $50 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  a  $100 \text{ Pa}^{15}$ .

% de hueco ocupado por el marco: 20 %

---

15. Valor límite exigido por la Normal NBE CA-88.

- Ventana 2

Este tipo de ventana la encontramos en la fachada longitudinal del volumen de menor tamaño, es decir, la fachada orientada al noroeste.

Dimensión: 1,50 x 2,0 m

Permeabilidad al aire: 50 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> a 100 Pa<sup>15</sup>.

% de hueco ocupado por el marco: 20 %

- Ventana 3

Ventanas altas de menor tamaño que corresponden a los espacios de aseo.

Dimensión: 0,90 x 0,70 m

Permeabilidad al aire: 50 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> a 100 Pa<sup>15</sup>.

% de hueco ocupado por el marco: 20%

---

## PLANTAS SUPERIORES

En las plantas superiores, el volumen de menor tamaño está destinado a despachos y espacios destinados a reuniones, como en la planta baja. En el volumen mayor encontramos las aulas y laboratorios.

A partir de la segunda planta se genera un patio en el espacio central del volumen de mayor tamaño que ilumina parte de los espacios interiores de este volumen.

## CUBIERTA PLANA

La cubierta del edificio se configura como una cubierta plana invertida no transitable, con acabado de canto rodado.

Todas las cubiertas que posee el edificio se configuran de la misma forma.

En su conjunto, la cubierta plana tiene las siguientes características:

- Resistencia térmica: 2,44 m<sup>2</sup>·K/W
- Transmitancia térmica: 0,41 W/m<sup>2</sup>·K

Nº	Material	Espesor (m)	Conductividad (W/m·K)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (kJ/kg·K)	Resistencia Térmica (m <sup>2</sup> ·K/W)
1	Grava	0,05	2,00	1450	1050	0,025
2	Lamina geotextil	0,005	0,230	1100	1000	
3	Poliestireno extruido	0,05	0,034	38	1000	1,47
4	Lámina impermeable	0,004	0,230	1100	1000	0,017
5	Mortero de cemento	0,015	0,55	1125	1000	0,027
6	Hormigón con áridos ligeros	0,1	0,09	300	1000	1,12
7	Cámara de aire horizontal no ventilada					0,16
8	Placa de yeso laminado	0,02	0,250	825	1000	0,08

Tabla 5. Sección Constructiva de la cubierta plana. (HULC). Elaboración propia

ESCUELA DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIONES E INFORMÁTICA

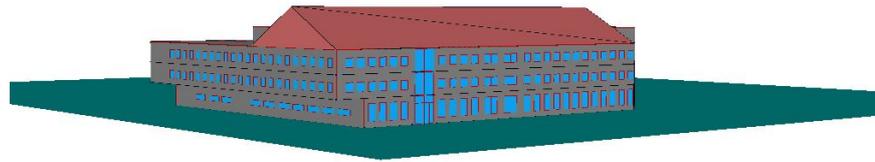


Figura 4. Simulación de la Escuela de Ingenieros de Telecomunicaciones. Fuente: HULC

PLANTA SÓTANO

El espacio del sótano en este edificio está destinado al aparcamiento y a las salas de almacenamiento e instalaciones.

Del mismo modo, este espacio ha sido clasificado como NO habitable debido a la definición dada por el Código Técnico, y por ello, no ha sido introducido en el cálculo de su demanda energética.

PLANTA BAJA

En este edificio en planta baja encontramos zonas de admisión y secretaria, salas de grados y conferencias, la biblioteca y la cafetería.

En las alas laterales están destinadas a aulas.

Todos los espacios que forman el volumen han sido considerados adiabáticos y habitables, por la definición que recoge el Código Técnico.

FORJADO EXTERIOR

Este forjado separa el espacio destinado a aparcamiento y la planta baja. Se configura como un forjado interior, pero este lleva aislamiento térmico proyectado.

Nº	Material	Espesor (m)	Conductividad (W/m·K)	Densidad (kg/m³)	Cp (kJ/kg·K)	Resistencia Térmica (m²·K/W)
1	Mármol	0,015	3,5	2700	1000	0,0042
2	Mortero de cemento	0,05	0,550	1125	1000	0,09
3	Poliuretano proyectado	0,05	0,035	50	1000	1,43
4	Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,25	2,3	2400	1000	0,11

Tabla 1. Sección Constructiva del forjado exterior. (HULC). Elaboración propia

En su conjunto, el forjado interior tiene las siguientes características:

- Resistencia térmica: 1,81 m<sup>2</sup>·K/W
- Transmitancia térmica: 0,55 W/m<sup>2</sup>·K

### FORJADO INTERIOR

La estructura horizontal interior se configura como una losa armada de 25 cm de espesor. Por esta razón, la estructura, es mixta compuesta de vigas metálicas.

Nº	Material	Espesor (m)	Conductividad (W/m·K)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (kJ/kg·K)	Resistencia Térmica (m <sup>2</sup> ·K/W)
1	Mármol	0,015	3,5	2700	1000	0,0042
2	Mortero de cemento	0,05	0,550	1125	1000	0,09
3	Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,25	2,3	2400	1000	0,11
4	Cámara de aire horizontal sin ventilar					0,16
5	Placa de yeso laminado	0,02	0,25	825	1000	0,08

Tabla 2. Sección Constructiva del forjado interior. (HULC). Elaboración propia

En su conjunto, el forjado interior tiene las siguientes características:

- Resistencia térmica: 0,61 m<sup>2</sup>·K/W
- Transmitancia térmica: 1,63 W/m<sup>2</sup>·K

### FORJADO VOLADIZO

El forjado voladizo a diferencia del forjado interior lleva aislante térmico proyectado y su revestimiento exterior es de aluminio.

En su conjunto, el forjado voladizo tiene las siguientes características:

- Resistencia térmica: 1,96 m<sup>2</sup>·K/W
- Transmitancia térmica: 0,51 W/m<sup>2</sup>·K

Nº	Material	Espesor (m)	Conductividad (W/m·K)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (kJ/kg·K)	Resist. Térmica (m <sup>2</sup> ·K/W)
1	Mármol	0,015	3,5	2700	1000	0,0042
2	Mortero de cemento	0,05	0,550	1125	1000	0,09
3	Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,25	2,3	2400	1000	0,11
4	Poliuretano proyectado	0,05	0,35	50	1000	1,43
4	Cámara de aire horizontal sin ventilar					0,16
5	Aluminio	0,02	230	2700	880	0,000087

Tabla 3. Sección Constructiva del forjado voladizo. (HULC). Elaboración propia

### PARTICIONES INTERIORES

La altura libre de las plantas y la sobrecarga de tabiquería hizo que se adoptará por bloque de termoarcilla de 14 cm para la construcción de las particiones interiores.

Con esta medida se solucionaron también los problemas acústicos entre espacios.

Nº	Material	Espesor (m)	Conductividad (W/m·K)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (kJ/kg·K)	Resistencia Térmica (m <sup>2</sup> ·K/W)
1	Enlucido de yeso	0,02	0,570	1150	1000	0,035
2	Bloque cerámico aligerado	0,14	0,443	1170	1000	0,32
3	Enlucido de yeso	0,02	0,3	1150	1000	0,035

Tabla 4. Sección Constructiva de las particiones interiores. (HULC). Elaboración propia

En su conjunto, las particiones interiores tienen las siguientes características:

- Resistencia térmica: 0,55 m<sup>2</sup>·K/W
- Transmitancia térmica: 1,80 W/m<sup>2</sup>·K

## FACHADA TIPO

El cerramiento de fachada está formado por fábrica de medio pie de ladrillo perforado a caravista hacia el exterior, enfoscado por su cara interior. Hacia el interior se coloca tabicón hueco doble de 8 cm de espesor, enlucido de yeso hacia el interior. Entre ambas hojas se coloca una cámara de aire de 5 cm de espesor y el aislamiento térmico.

En su conjunto, la fachada tipo tiene las siguientes características:

- Resistencia térmica:  $2,38 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$
- Transmitancia térmica:  $0,42 \text{ W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$

Nº	Material	Espesor (m)	Conductividad ( $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ )	Densidad ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	Cp ( $\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$ )	Resist. Térmica ( $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ )
1	½ Pie ladrillo perforado	0,115	0,667	1140	1000	0,17
2	Mortero de cemento	0,015	0,550	1125	1000	0,027
3	Cámara de aire vertical ligeramente ventilada	0,05				0,09
4	Poliestireno Expandido	0,05	0,029	30	1000	1,72
5	Tabicón de LH doble	0,08	0,432	930	1000	0,185
6	Enlucido de yeso	0,02	0,570	1150	1000	0,035

Tabla 5. Sección Constructiva de la fachada tipo. (HULC). Elaboración propia

## VENTANAS EN EL CERRAMIENTO

Las ventanas en este edificio las encontramos en todas las fachadas que posee. Al ser un edificio con una superficie y tamaño tan grande encontramos variedad entre los huecos.

Se pueden diferenciar hasta 5 tipos de ventanas, entre todas ellas, la única diferencia es la dimensión, ya que todas están formadas por vidrios simples en posición vertical y marco de aluminio lacado en color gris sin rotura de puente térmico.

Los valores de los vidrios y de las carpinterías son los siguientes:

- Tipo: Vidrio simple. Lunas de 4mm
- Transmitancia térmica (U):  $5,7 \text{ W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$

- Factor solar: 0,83
- Tipo: Marco de aluminio sin rotura de puente térmico
- Transmitancia térmica (U): 5,7 W/m<sup>2</sup>·K
- Absortividad: 0,65

Definiremos las características más importantes de todas ellas para estudiar cada una de ellas:

- Ventana 1

Situadas en la planta baja, en la fachada principal, es decir, la orientada hacia el Noroeste.

Dimensión: 1,00 x 3,50 m

Permeabilidad al aire: 50 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> a 100 Pa<sup>16</sup>.

% de hueco ocupado por el marco: 20 %

- Ventana 2

La encontramos en planta baja, ubicada en las fachadas longitudinales que forman los cuerpos del “peine”

Dimensión: 3,00 x 1,50 m

Permeabilidad al aire: 50 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> a 100 Pa.

% de hueco ocupado por el marco: 20 %

- Ventana 3:

Ventanas que forman los huecos de la fachada principal en la segunda y tercera planta.

Dimensión: 1,55 x 1,25 m

Permeabilidad al aire: 50 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> a 100 Pa.

% de hueco ocupado por el marco: 20 %

- Ventana 4:

Este tipo de ventana es el modelo mayoritario que encontramos. Se colocan en los cuerpos longitudinales que forman el “peine” en la segunda y tercera planta.

Dimensión: 1,55 x 1,50 m

Permeabilidad al aire: 50 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> a 100 Pa.<sup>16</sup>

% de hueco ocupado por el marco: 20 %

---

16. Valor límite exigido por la Normal NBE CA-88.

- Ventana 5:

Paños acristalados que encontramos en los laterales del edificio. en las partes centrales de los patios generados entre los cuerpos longitudinales y en la fachada sureste.

Dimensión: 6 paños de 2,30 x 1,50 m

Permeabilidad al aire: 50 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> a 100 Pa.

% de hueco ocupado por el marco: 20 %

### PLANTAS SUPERIORES

En las plantas superiores se destinan, principalmente, las alas a aulas y laboratorios y el cuerpo de unión a despachos y salas de reunión.

### CUBIERTA PLANA

La cubierta plana del edificio se configura como una cubierta invertida no transitable, con acabado de grava.

Este tipo de cubierta la encontramos en todo el edificio, excepto en las alas de los extremos.

Nº	Material	Espesor (m)	Conductividad d (W/m·K)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (kJ/kg·K)	Resistencia Térmica (m <sup>2</sup> ·K/W)
1	Grava	0,05	2,00	1450	1050	0,025
2	Lámina geotextil					
3	Lana mineral	0,04	0,031	40	1000	1,29
4	Lámina impermeable	0,005	0,230	1100	1000	0,017
5	Mortero de cemento	0,02	0,550	1125	1000	0,036
6	Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,25	2,30	2400	1000	0,11
7	Cámara de aire sin ventilar horizontal					0,16
7	Placa de yeso laminado.	0,020	0,250	825	1000	0,08

Tabla 6. Sección constructiva de la cubierta plana. (HULC). Elaboración propia

En su conjunto, la cubierta plana tiene las siguientes características:

- Resistencia térmica: 1,96 m<sup>2</sup>·K/W
- Transmitancia térmica: 0,51 W/m<sup>2</sup>·K

### CUBIERTA INCLINADA

Este tipo de cubierta se coloca en las alas situadas en los extremos. Se coloca sobre tabiques palomeros y su acabado está formado por teja cerámica.

Nº	Material	Espesor (m)	Conductividad d (W/m·K)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (kJ/kg·K)	Resistencia Térmica (m <sup>2</sup> ·K/W)
1	Teja cerámica	0,02	1,3	2300	840	0,015
2	Mortero de cemento	0,05	0,550	1125	1000	0,09
3	Tablero cerámico					0,18
4	Cámara de aire horizontal sin ventilar	0,1				0,18
5	Fibra de vidrio	0,1	0,05	125	1000	2
6	Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,25	2,30	2400	1000	0,11
7	Cámara de aire horizontal sin ventilar	0,05				0,16
7	Placa de yeso laminado	0,020	0,250	825	1000	0,08

Tabla 7. Sección Constructiva de la cubierta inclinada. (HULC). Elaboración propia

En su conjunto, la cubierta inclinada tiene las siguientes características:

- Resistencia térmica: 2,94 m<sup>2</sup>·K/W
- Transmitancia térmica: 0,34 W/m<sup>2</sup>·K

### 4.3 DEMANDA ENERGÉTICA

---

Tras introducir todos los datos previamente, la Herramienta Unificada Lider-Calener, nos permite conocer la demanda energética (Calefacción + Refrigeración) del edificio a partir de la simulación creada.

La demanda energética obtenida es el valor anual, y esta, a su vez, es comparada con un edificio de referencia, el cual, es obtenido a partir del edificio objeto, con su misma forma, tamaño, espacios y usos.

Este edificio de referencia cumple con las exigencias y valores límites marcados por la normativa CTE DB-HE, por ello gracias a esta comparación podemos saber si nuestro edificio cumple o no la normativa exigida.

Podemos considerar que la demanda energética anual es la energía útil necesaria que deben proporcionar los sistemas de un edificio para conseguir unas condiciones adecuadas de confort definidas por el uso del edificio y la zona climática donde se encuentra. (Valladolid se sitúa en la zona climática D2 según el CTE)

La energía es suministrada a partir de un sistema con un rendimiento determinado, por ello esta energía no coincidirá con la energía consumida. Por ello podemos considerar que el consumo es la relación entre la demanda y el rendimiento.

Es por esto, por lo que podemos decir que el consumo energético es el gasto que realmente tiene el edificio.

Hemos obtenido, a partir de la simulación creada en la aplicación, una demanda energética conjunta de calefacción y refrigeración, ya que el edificio es terciario y la Herramienta Unificada la genera así. Podemos obtener una demanda global incluyendo ACS e iluminación, pero en este caso excluimos las instalaciones por extenderse más allá del estudio.

A la hora de estudiar la demanda energética de cada edificio hay que tener en cuenta unos valores y parámetros determinados de cada uno de ellos. Algunos de estos, como los materiales que forman la envolvente, la orientación y soleamiento o su emplazamiento ya han sido mencionados y estudiados, pero debemos destacar algunas cuestiones relevantes:

Durante la década de los años 70, en Valladolid, como en otras ciudades, se construyeron numerosos edificios con fachadas de ladrillo cara vista, con dos hojas de fábrica con una cámara de aire entre ambas. La hoja interior se ejecutaba entre los forjados y la hoja exterior pasaba por delante de los mismos. El canto de los forjados se chapaba con plaquetas con objeto de dar continuidad visual a la fábrica para que no se apreciara la estructura al exterior.

Esta solución constructiva es la que se encontraba en la Norma Tecnológica de la Edificación NTE-FFL Fachadas de Fábrica de Ladrillo publicada en 1979. Esta norma contiene un apartado de criterios de diseño entre los que están el aislamiento térmico y el estudio de condensaciones de fachada. (Camino et al. 2016)

Esta solución de fachada podía dar lugar a numerosos puentes térmicos producidos por el sistema, que, añadidos a los generados en los huecos de la fachada, constituyen los principales problemas que se crean a la hora de conseguir una demanda energética adecuada.

Las siguientes imágenes muestran la demanda energética de cada uno de los edificios estudiados.

#### DEMANDA ENERGÉTICA DEL CENTRO DE IDIOMAS

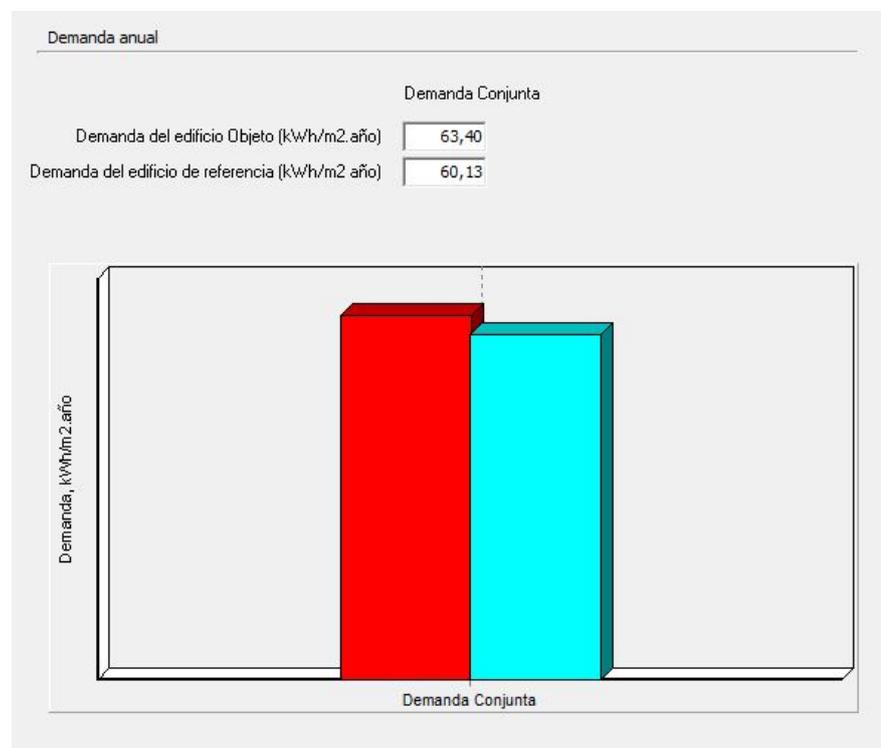


Figura 1. Demanda energética del Centro de Idiomas.

Fuente: Herramienta Unificada Lider-Calener

### DEMANDA ENERGÉTICA DEL AULARIO RIO ESGUEVA

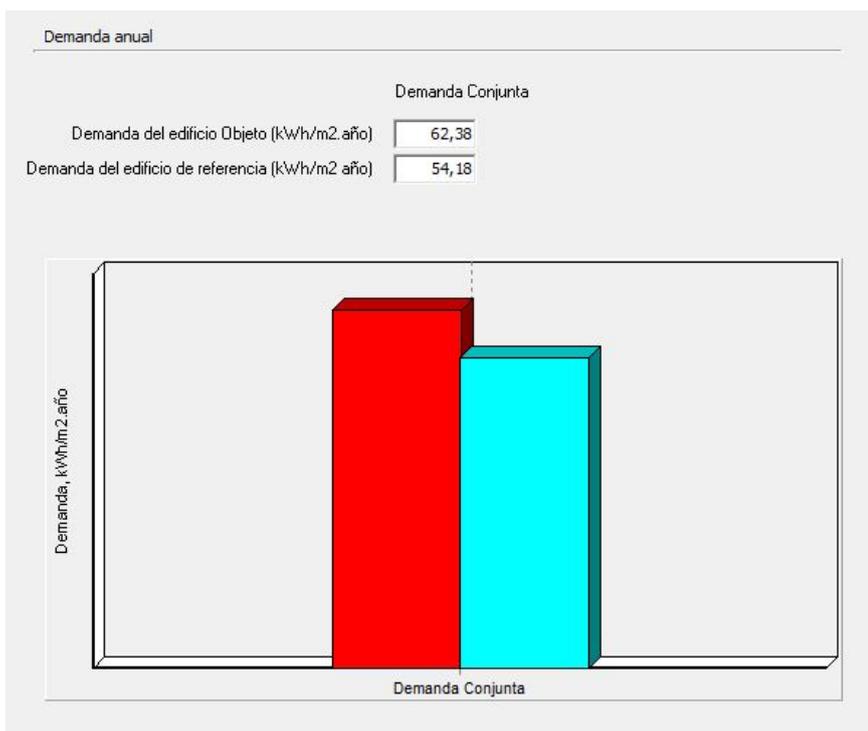


Figura 2. Demanda energética del Aula Rio Esgueva.  
Fuente: Herramienta Unificada Lider-Calener

### DEMANDA ENERGÉTICA DE LA FACULTAD DE EDUCACIÓN Y TRBAJO SOCIAL

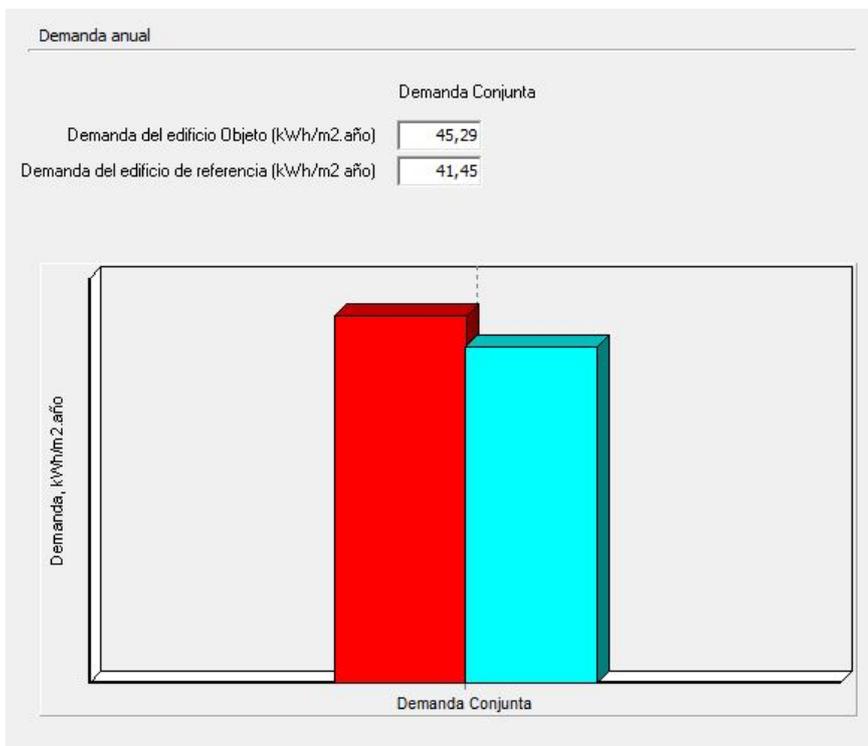


Figura 3. Demanda energética de la Facultad de Educación y Trabajo Social  
Fuente: Herramienta Unificada Lider-Calener

## DEMANDA ENERGÉTICA DE LA ESCUELA DE UNGENIEROS DE TELECOMUNICACIONES E INFORMATICA

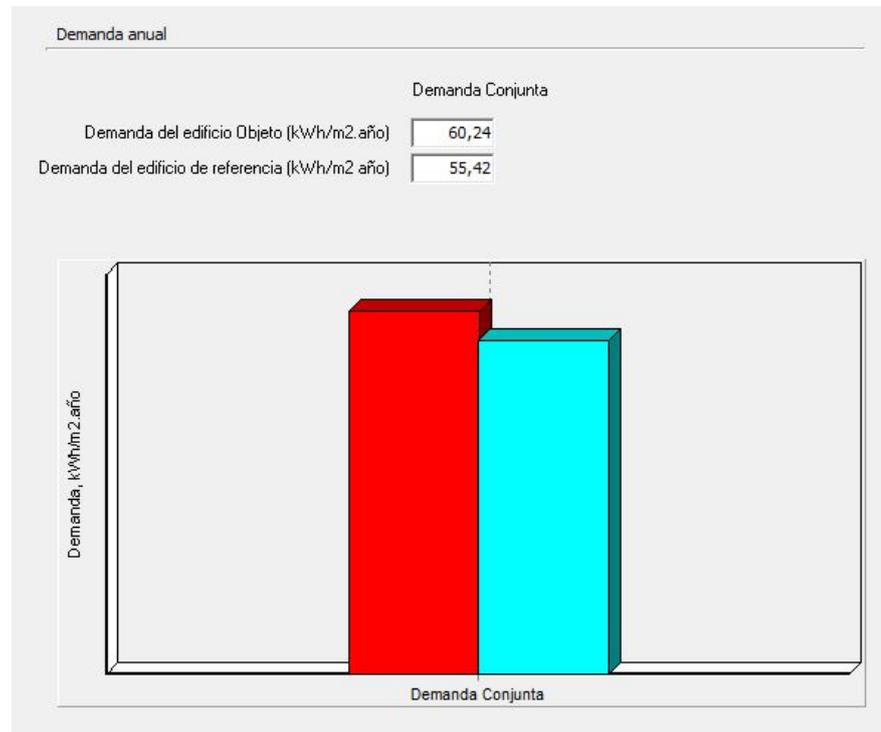


Figura 4. Demanda energética de la Escuela de Ingenieros de Telecomunicaciones e Informática  
Fuente: Herramienta Unificada Lider-Calener

Como podemos ver, todas las demandas de los edificios estudiados son negativas, lo cual indica que no cumple con las exigencias marcadas por el Código Técnico de la Edificación, tal y como cabría esperarse.

Todos los edificios fueron construidos, como hemos mencionado anteriormente, siguiendo la normativa que se encontraba en vigor en la época de su construcción, la NBE CT-79. Esta fue la primera en introducir las primeras medidas a favor del ahorro energético, pero cuando la normativa cambió en 2006, estas medidas se hicieron más restrictivas.

De esto podemos interpretar, que todos los edificios fueron proyectados cumpliendo la normativa exigida en su época, pero actualmente los niveles exigidos son mayores y por ello su demanda es negativa.

Tras esto, estudiaremos los puntos débiles y críticos de los edificios para analizarlos profundamente y encontrar los motivos que hacen que su eficiencia energética sea negativa y así poder dar una solución.

#### 4.4. PUNTOS DÉBILES Y CRÍTICOS

Analizar los puntos débiles y críticos de los edificios puede ayudarnos a entender los motivos por los que hay que rehabilitar los edificios para que estos cumplan las exigencias marcadas por el Código Técnico de la Edificación.

Analizaremos factores tanto generales como particulares, ya sean propios del edificio o externos.

Debemos aclarar que algunos de los edificios pueden ya poseer algún factor que influya en la mejora de su propia demanda energética, pero esto no da lugar a un buen funcionamiento, ya que estos factores pueden no funcionar de manera óptima.

Todos los aspectos positivos que ya posea un edificio de esas épocas son mejorables. Además, estos pueden ser el principio de la combinación de varios factores de mejoras que nos ayuden a conseguir una eficiencia energética adecuada.

Los aspectos que analizaremos son los siguientes:

1. Dimensión y forma: Analizaremos las dimensiones de los edificios tanto en tamaño como en superficie, la forma, compacidad, el número de plantas y volumen.

*“El comportamiento energético mejora cuanto más compacto y grande sea el edificio, ya que las superficies en contacto con el exterior disminuyen. En invierno permite que se aproveche el calor generado, ya que se transmite la radiación de un espacio a otro y en verano es menor la superficie expuesta a la radiación solar y temperatura externa” (Neila 2004)*

2. Año de construcción y uso: El año de construcción influye debido a la normativa existente, ya que estas han ido cambiando a lo largo de los años. Por tanto, cuanto más antiguos sean los edificios menores eran las exigencias que tenía que cumplir.

Por otro lado, el uso es determinante, ya que debido a la actividad que se realice en el propio edificio las necesidades energéticas que habrá que cubrir serán distintas.

3. Entorno y orientación: Como ya hemos mencionado, el entorno es un factor muy influyente ya que este se relaciona con la presencia de vegetación.

La orientación principal de las fachadas hace que la incidencia solar genera unas condiciones interiores distintas, por ello la distribución de los huecos en fachada deben disponerse de forma adecuada. Estudiaremos también la incorporación de sistemas pasivos que aporten sombra, para poder observar como el comportamiento energético puede cambiar en su presencia.

4. Envoltente térmica: La envoltente térmica es determinante para el buen funcionamiento del edificio. Como ya hemos hecho, analizamos la composición de la fachada, cubierta y huecos para saber cómo influye tanto en el interior como en el exterior. El aislante térmico es un material determinante en este caso, ya que podría ser escaso o inexistente.

Se tiene en cuenta, también, el color y el material para saber si reflejan o absorben la radiación solar incidente.

- Instalaciones: Son un aspecto fundamental para conseguir una buena eficiencia, pero como ya hemos mencionado, no son objeto de estudio en este caso.

Analizando nuestros edificios desde el punto de vista de estos factores debemos destacar que, aunque la superficie, tamaño y compacidad sea uno de los factores influyentes para el mal funcionamiento, nuestro estudio no incidirá en ellos, ya que buscamos únicamente rehabilitaciones y no modificaciones.

La orientación que se repite en tres de ellos, Centro de Idiomas, Facultad de Educación y Trabajo Social y Escuela de Ingenieros de Telecomunicaciones e Informática, es la Noroeste, siendo casi una orientación pura Norte-Sur<sup>17</sup>, mientras que el Aulario Rio Esgueva tiene una orientación Sureste, por ello, podemos decir que la orientación más favorable es la que se repite. Tras este análisis podríamos plantearnos una mejora a partir de elementos pasivos que mejoren el comportamiento de los existentes.

Como ya habíamos mencionado, en entorno del Campus Miguel Delibes tiene una vegetación inexistente, mientras que el Campus Rio Esgueva posee vegetación, pero esta distribuida de tal forma que no es un factor influyente en el Aulario. Por ello, añadir vegetación en los entornos de nuestros edificios podría ser una mejora adecuada pero no ha sido objeto

---

17. El estudio en HULC de los edificios se ha realizado con orientaciones puras.

de estudio, ya que añadir vegetación en el entorno supone el estudio de características que se extienden más allá del trabajo.

El uso de los edificios ha resultado ser un factor determinante en relación con el consumo y las emisiones, ya que estos han sido clasificados como edificios de enseñanza, los cuales, tienen un menor consumo que los edificios destinados a oficinas, por ejemplo.

Respecto al año de construcción y los sistemas constructivos, como ya hemos mencionado, todos pertenecen a una época bastante acotada, en la cual estaba en vigor la NBE CT-79. En esta época los edificios estudiados sí cumplían las exigencias establecidas.

Teniendo en cuenta los materiales que forman su envolvente térmica debemos destacar que todos ellos poseen aislamiento térmico, el cual, es un factor importante a tener en cuenta, pero en muchos de ellos no es suficiente.

El material, el color y el acabado también son influyentes y las carpinterías también son un punto importante que debemos tratar.

La cubierta más favorable ha de ser plana<sup>18</sup>, pero esto no es un factor realmente influyente, ya que lo que genera problema en ellas, es la ausencia de aislamiento térmico, por ello debemos considerar que la forma no es algo relevante.

Es importante destacar, que los edificios pertenecientes a nuestro estudio han sido considerados como "Edificios Emblemáticos de la ciudad de Valladolid", por lo que nuestras rehabilitaciones pretenden generar una imagen exterior lo más similar posible a la existente.

---

18. Siguiendo el criterio de Francisco Javier Neila González, según ha publicado en su libro: *"Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible"*

## 5. ESTUDIO COMPARATIVO

Estudiaremos las pérdidas y ganancias tanto de refrigeración como de calefacción, en el conjunto de los edificios de estudio para ver la poca variación existente entre ellos debido a la época de su construcción y por tanto sus sistemas constructivos

También estudiaremos individualmente cada uno de ellos, así podemos analizar más detalladamente las ganancias y pérdidas en refrigeración y calefacción por separado.

Todas las demandas energéticas estudiadas y analizadas son valores anuales.

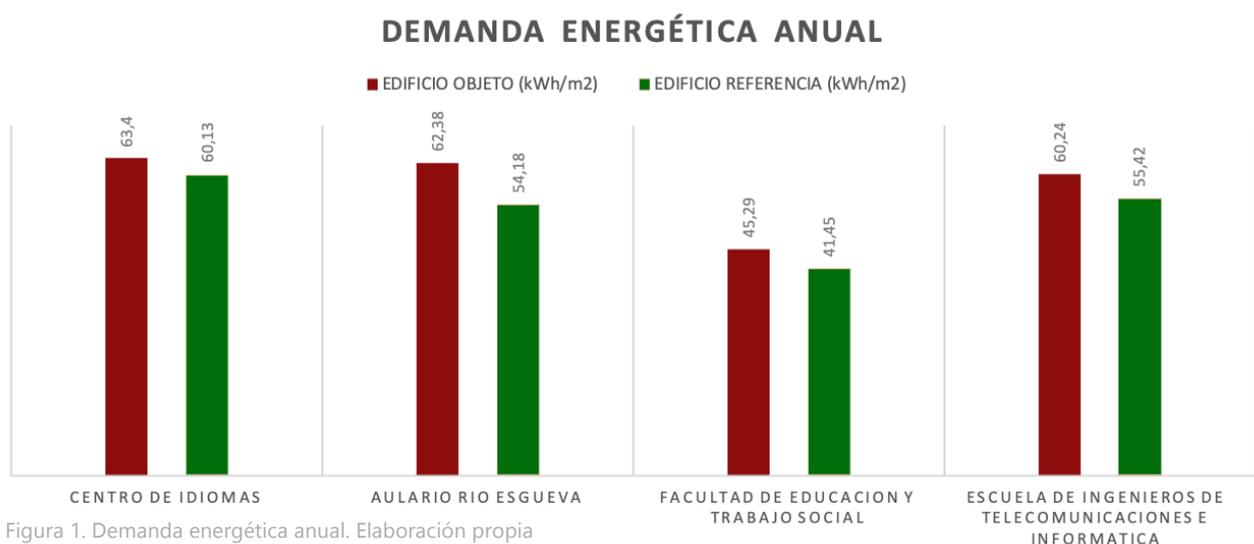


Figura 1. Demanda energética anual. Elaboración propia

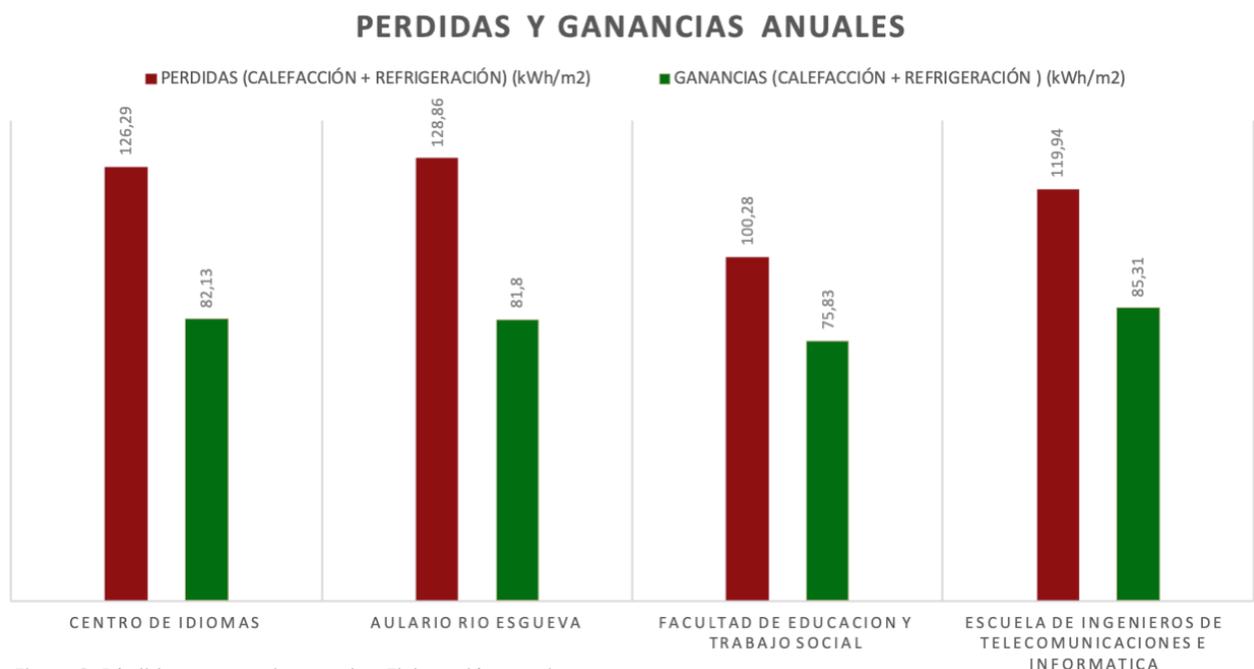


Figura 2. Pérdidas y ganancias anuales. Elaboración propia

### PERDIDAS ANUALES

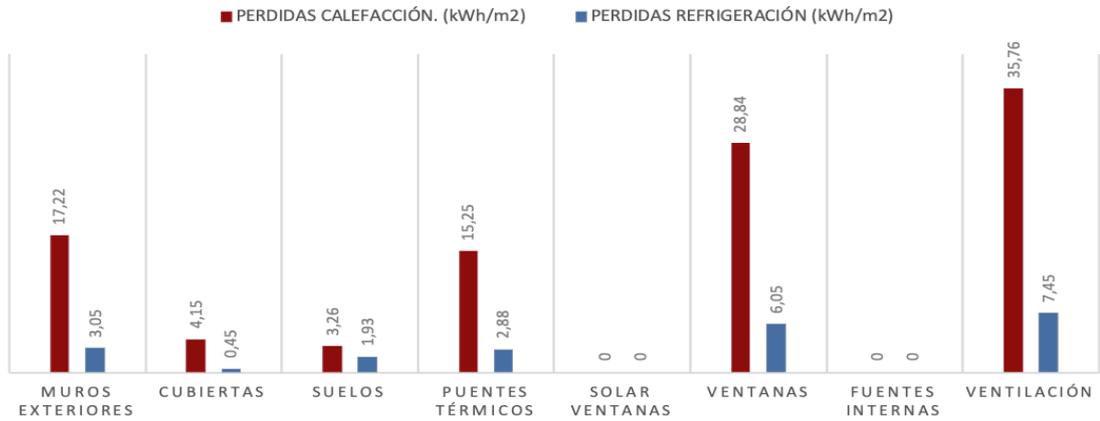


Figura 3. Pérdidas anuales del Centro de Idiomas. Elaboración propia

### GANANCIAS ANUALES

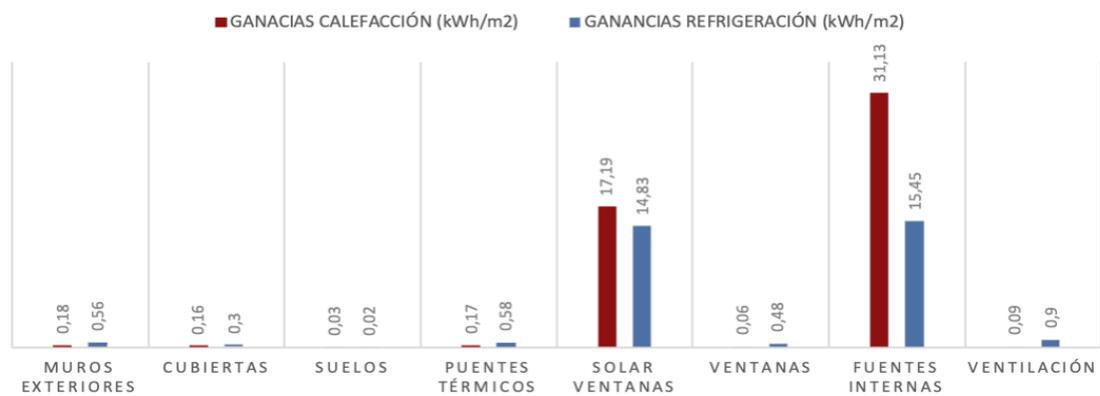
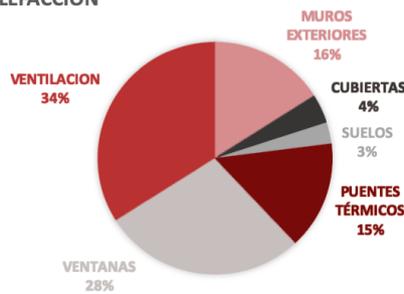


Figura 4. Ganancias anuales del Centro de Idiomas. Elaboración propia

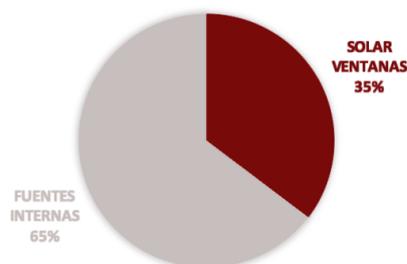
#### PERDIDAS ANUALES DE CALEFACCIÓN



#### PERDIDAS ANUALES DE REFRIGERACIÓN



#### GANANCIAS ANUALES DE CALEFACCIÓN



#### GANANCIAS ANUALES DE REFRIGERACIÓN



Figura 5. Pérdidas y ganancias de calefacción y refrigeración. Elaboración propia

### PERDIDAS ANUALES

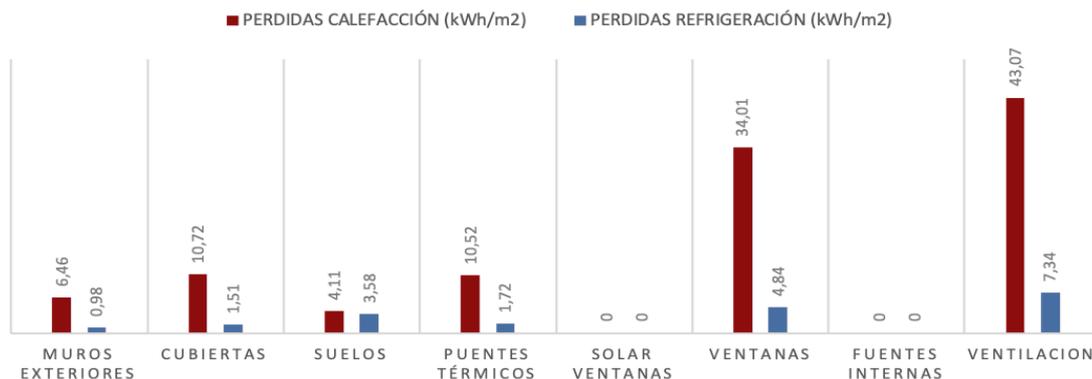


Figura 6. Pérdidas anuales del Aulario Río Esgueva. Elaboración propia

### GANANCIAS ANUALES

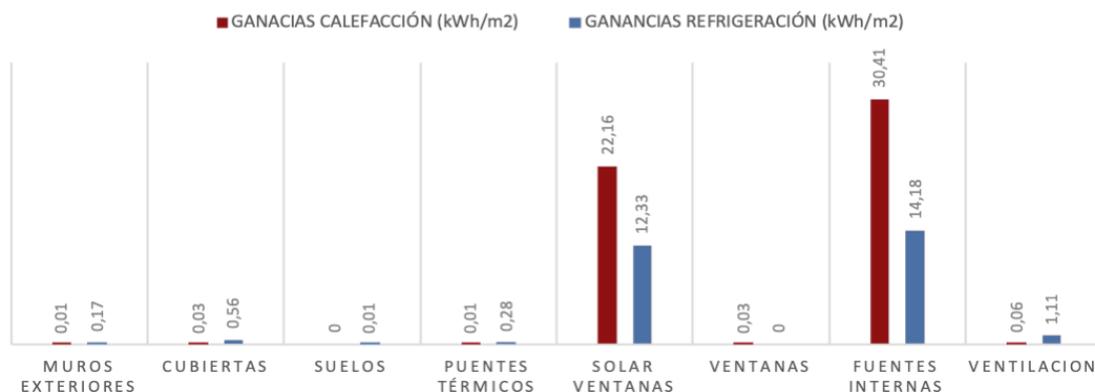
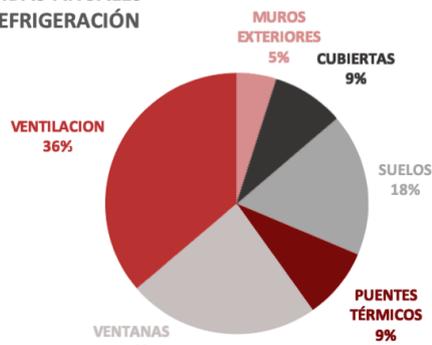


Figura 7. Ganancias anuales del Aulario Río Esgueva. Elaboración propia

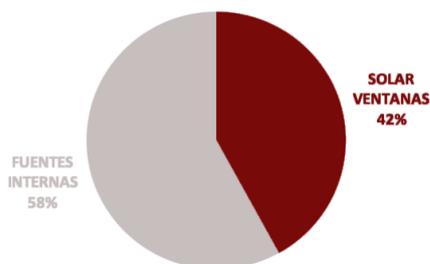
#### PERDIDAS ANUALES DE CALEFACCIÓN



#### PERDIDAS ANUALES DE REFRIGERACIÓN



#### GANANCIAS ANUALES DE CALEFACCIÓN



#### GANANCIAS ANUALES DE REFRIGERACIÓN

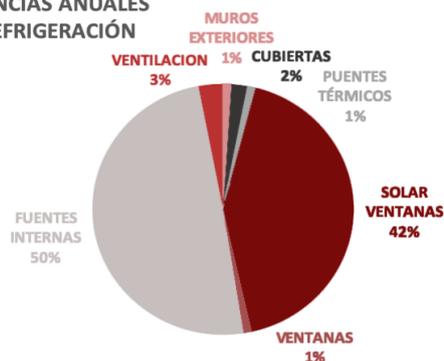


Figura 8. Pérdidas y ganancias de calefacción y refrigeración. Elaboración propia

### PERDIDAS ANUALES

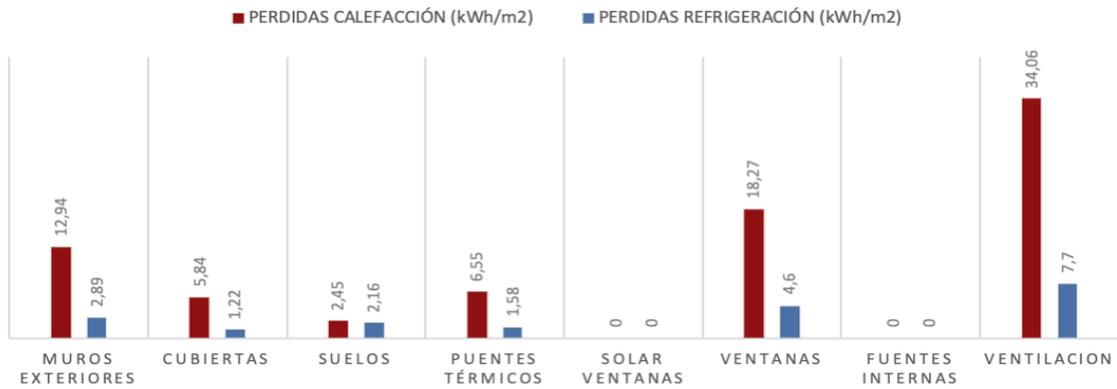


Figura 9. Pérdidas anuales de la Facultad de Educación. Elaboración propia

### GANANCIAS ANUALES

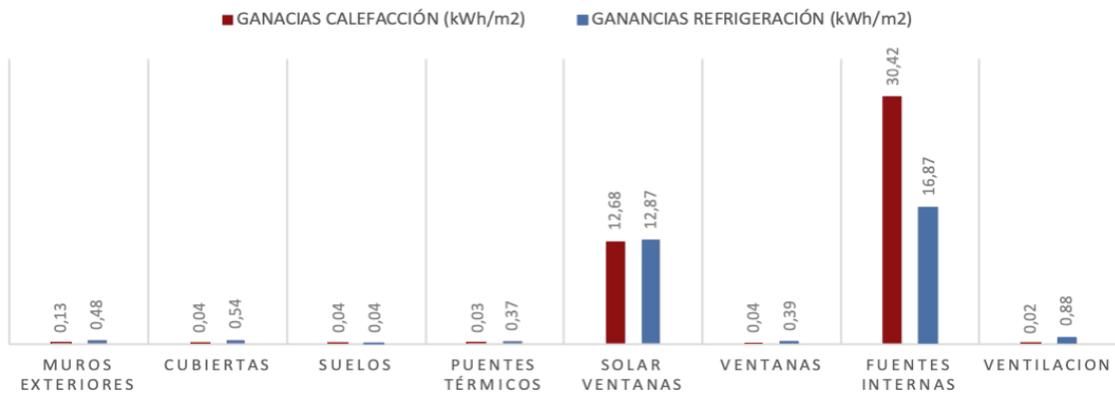


Figura 10. Ganancias anuales de la Facultad de Educación. Elaboración propia

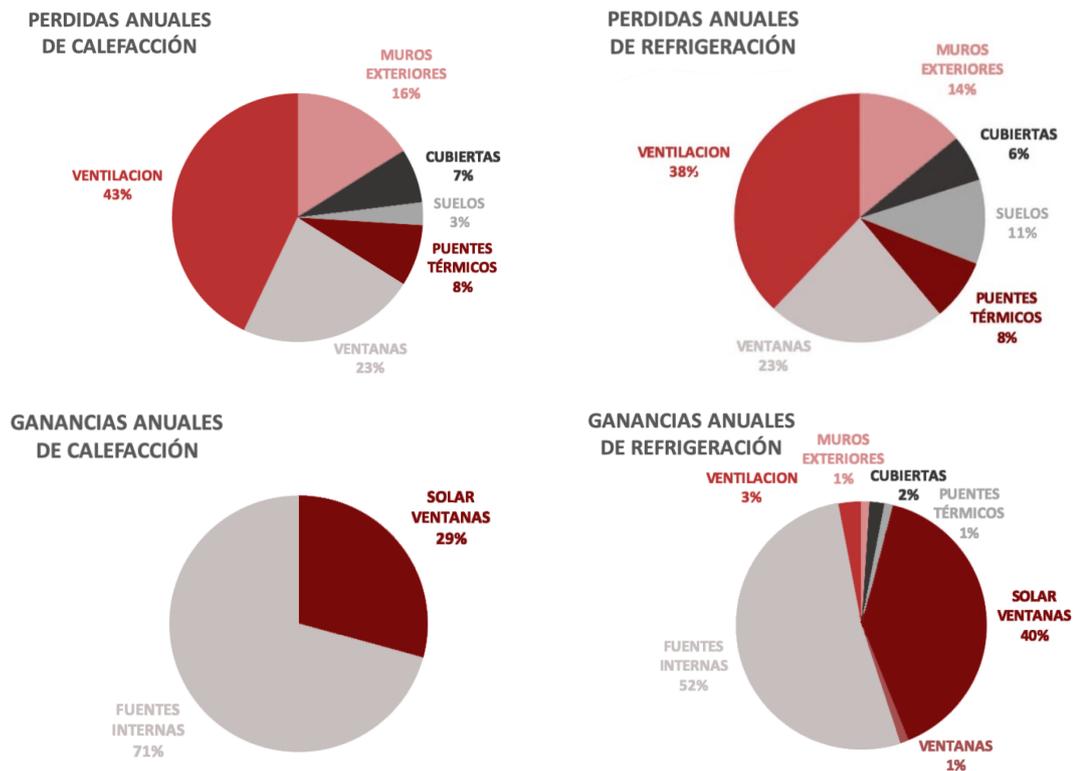


Figura 11. Pérdidas y ganancias de refrigeración y calefacción. Elaboración propia

ESCUELA DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIONES E INFORMÁTICA

PERDIDAS ANUALES

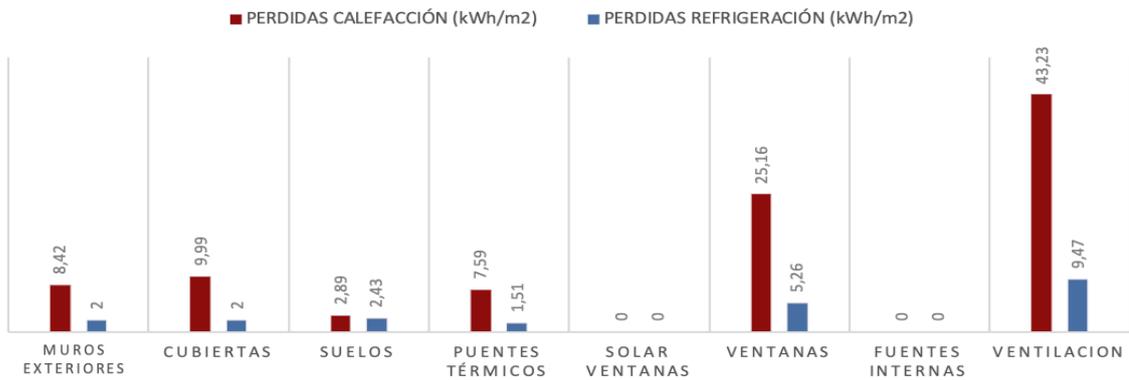


Figura 12. Pérdidas anuales de la Escuela de Telecomunicaciones. Elaboración propia

GANANCIAS ANUALES

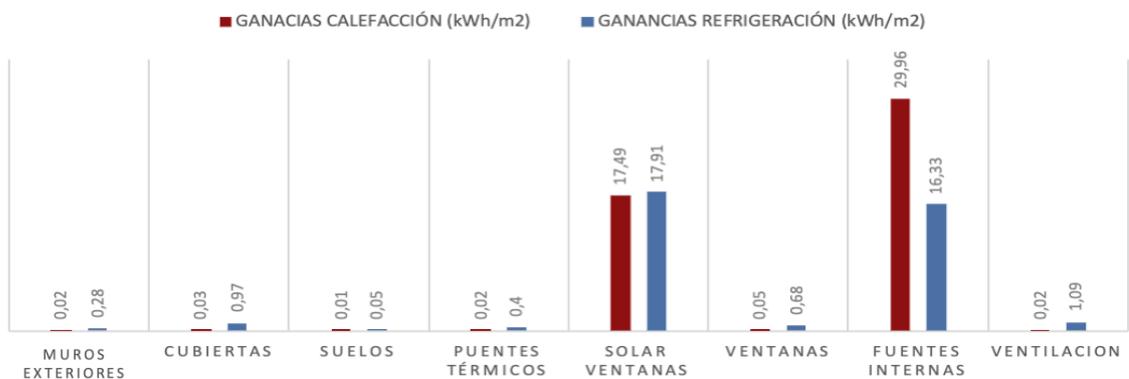
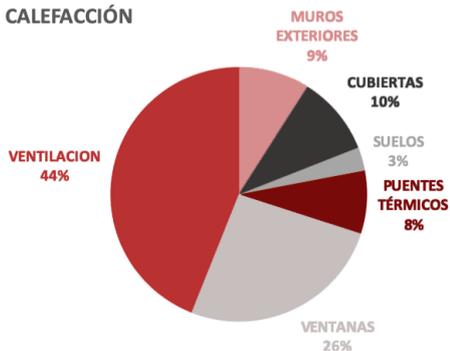
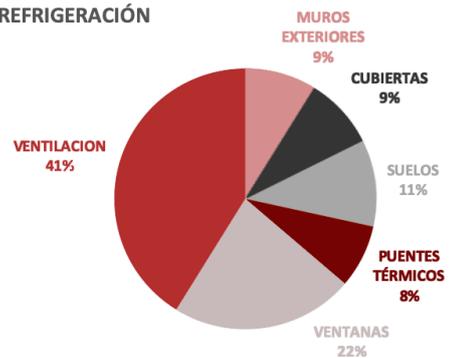


Figura 13. Ganancias anuales de la Escuela de Telecomunicaciones. Elaboración propia

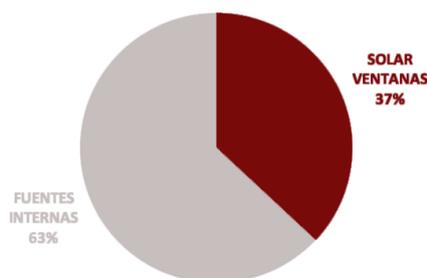
PERDIDAS ANUALES DE CALEFACCIÓN



PERDIDAS ANUALES DE REFRIGERACIÓN



GANANCIAS ANUALES DE CALEFACCIÓN



GANANCIAS ANUALES DE REFRIGERACIÓN

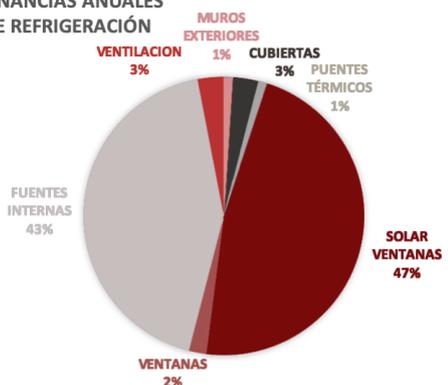


Figura 14. Pérdidas y ganancias de calefacción y refrigeración. Elaboración propia

## 6. CONCLUSIONES PARCIALES

La primera conclusión obvia que podemos sacar de estos edificios es que, pese a que en los años que fueron construidos cumplieran con las exigencias establecidas, hoy en día, sus soluciones constructivas se han quedado obsoletas, por lo que es necesario realizar rehabilitaciones para poder mejorar su demanda energética.

De las gráficas obtenidas de las demandas energéticas podemos destacar:

- El mayor porcentaje de pérdidas de calefacción se produce por la ventilación y las ventanas en todos los casos.
- El Centro de Idiomas también presenta grandes pérdidas por los muros exteriores y puentes térmicos. En el resto de los casos es menos llamativo.
- Las pérdidas de refrigeración también se deben a la ventilación, pero los valores son menores que en calefacción por ello en la gráfica es menos notable.
- El mayor porcentaje de ganancias energéticas se produce por la carga solar a través de las ventanas, lo que puede ser adverso, ya que aumenta la necesidad de refrigeración y con ello su demanda energética anual.
- Las ventanas son puntos débiles donde se pierde la mayor parte de la calefacción debido a la alta transmitancia que tienen.  $U = 5,7 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Las fuentes internas presentan los valores más elevados de ganancia de calefacción y refrigeración. Este parámetro está vinculado al uso de los espacios, debido a que son espacios de enseñanza, cuya intensidad de uso es elevada.
- Los muros exteriores y cubiertas también representan un tanto por ciento de las pérdidas de calefacción, este hecho puede asociarse a un escaso espesor de aislamiento térmico

Finalmente, debemos proponer una rehabilitación energética en la que se establezca una demanda de calefacción y refrigeración equilibrada, ya que los edificios de nuestro estudio son de enseñanza universitaria y por tanto, los meses de uso son tanto invernales como estivales, por ello se busca una situación en la que se disminuya la necesidad de calefacción, pero que no condicione a la refrigeración.

## 7. PROPUESTAS DE REHABILITACIÓN

### 7.1. PROPUESTA DE REHABILITACIÓN DE FACHADA.

#### SISTEMA TERMOKLINKER.

Se ha optado por técnicas de rehabilitación ligadas a la actualidad, ya que estos métodos son los realmente usados en nuestros días.

El sistema Termoklinkler es un método de rehabilitación exterior de fachadas. Este sistema es un combinado de paneles aislantes de poliestireno extruido y acabado de plaqueta cerámica. Lo que buscamos con este acabado es la rehabilitación de los edificios conservando su imagen actual, como ya habíamos mencionado.

Este sistema nos proporciona altas prestaciones de aislamiento tanto en estaciones frías como cálidas, mejorando así la demanda energética, contribuyendo a la reducción del consumo energético de la vivienda.

La eficiencia térmica de un edificio tiene como punto de origen la fachada; se trata de uno de los puntos clave a tener en cuenta, siendo la superficie por la que más transmisión de calor o frío se produce.

Un adecuado diseño de la fachada será fundamental para conseguir una demanda energética que sea lo más reducida posible y además permita a los usuarios tener confort en el interior.

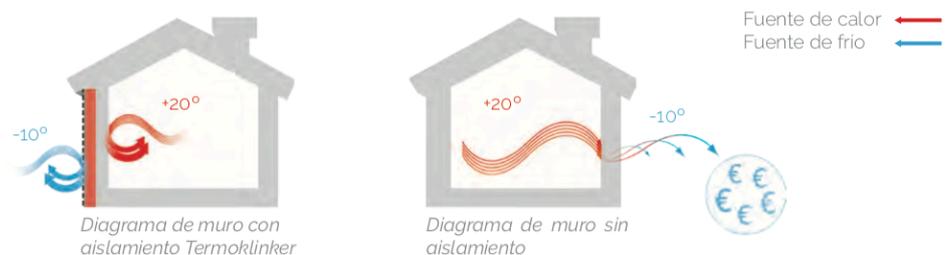


Figura 1. Diagramas. Fuente: Cerámicas la Paloma

Debido a las dimensiones exteriores del edificio los coeficientes de transferencia lineal pueden ser negativos. Por ello, las pequeñas pérdidas en los encuentros deben estar compensadas por la eficiencia térmica de la envolvente<sup>19</sup>.

19. Prestaciones del sistema termoklinker. Fuente: Cerámicas la Paloma

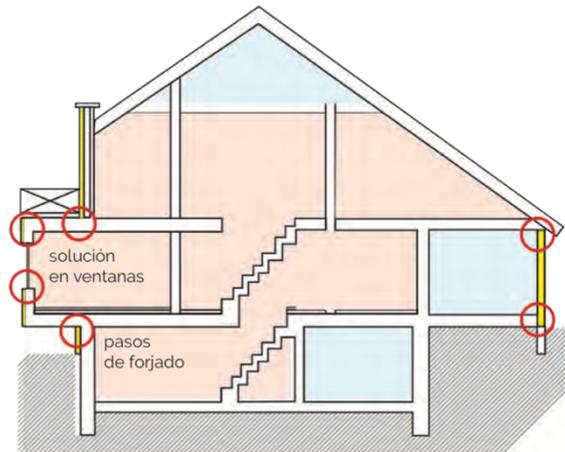


Figura 2. Esquema. Fuente: Cerámicas la Paloma

Con este sistema, rehabilitaremos las fachadas de nuestros edificios y solucionaremos los puentes térmicos generados en los frentes de forjado y en los pilares.

Para nuestras rehabilitaciones, proponemos usar la hoja exterior de las fachadas como soporte para nuestra rehabilitación, donde colocaremos 12 cm de aislante térmico continuo de poliestireno extruido ( $\lambda = 0,034 \text{ W/mK}$ ) con lo que romperemos los puentes térmicos, y sobre el aislante, se colocarán las plaquetas cerámicas 18 cm de espesor.

La instalación de este tipo de rehabilitación se realiza de la siguiente manera:

Inicialmente se limpia la superficie de soporte, dejándola sin impurezas que puedan influir negativamente en la instalación. Tras esto, se hace un replanteo de los paneles, formando un revestimiento uniforme.

Se anclan dichos paneles al soporte mediante tacos, estos paneles tienen integrados unos orificios para hacer más sencilla su instalación.

Una vez colocados todos los paneles, se realiza un sellado con masilla entre ellos, para garantizar la estanqueidad del sistema.

Finalmente se completa la instalación colocando las cinco plaquetas individuales entre paneles, para ocultar las juntas, conseguir la unión entre todos los paneles y dar imagen de continuidad en el aparejo. Estas plaquetas son selladas y pegadas a la superficie mediante adhesivo.

## 7.2. PROPUESTA DE REHABILITACIÓN DE CUBIERTA.

### CUBIERTA VENTILADA.

La solución optada en todas las cubiertas de nuestros edificios se basaba en cubiertas inclinadas sobre tabiques palomeros con acabado de teja cerámica y cubiertas planas invertidas no transitables con acabado de canto rodado.

Hoy en día una de las mejores soluciones frente al ahorro energético y a la mejora de la demanda energética de los edificios, es la cubierta ventilada.

Este tipo de cubierta aporta soluciones tanto en verano como en invierno, evita que el calor se pierda en los meses fríos y frena el aumento de temperaturas en los meses cálidos.

Se genera un proceso de micro-ventilación en la cámara de aire que se crea en ella.

El problema del recalentamiento de la cubierta y el sobrecalentamiento de la planta bajo ella era debido a la radicación solar, por ello, si la cubierta ventilara lo suficiente, el calor de la radiación solar se diluiría en la cámara de aire, junto con el aire exterior, y se alcanzaría una temperatura similar a la encontrada en el ambiente exterior. Añadiendo el aislante térmico se consigue evitar la pérdida del efecto aislante y que la radiación solar incida directamente sobre los cerramientos.

En nuestros edificios poseemos dos tipos de cubiertas:

- **Cubiertas planas invertidas no transitables con acabado de grava o pavimento de granito.**

Todas las cubiertas planas de los edificios de estudio están construidas con la misma solución constructiva. Además, todas ellas tienen un espesor de aislante térmico insuficiente y solo en una de ellas encontramos cámara de aire (la cual, es ligeramente ventilada y esto no es suficiente). Por ello, como solución proponemos retirar la capa superior de acabado de grava o canto rodado, el aislante térmico y láminas asfálticas (en cada edificio encontramos el aislante térmico de cubierta de un tipo diferente), para posteriormente, colocar sobre la formación de pendiente, una lámina impermeable, sobre esta, aislante térmico de poliestireno extruido de 15 cm de espesor, encima del aislante se colocará una lámina geotextil y finalmente, el acabado de conseguirá mediante baldosas aislantes de 25 cm de espesor colocadas sobre soportes de alta resistencia (plots).

Las baldosas están formadas por 10 cm de poliestireno extruido y 15 cm de mortero, el cual proporciona el acabado final.

Se debe aclarar, que esta solución constructiva está, generalmente indicada, para sistemas de cubierta plana transitables. En nuestro caso, nuestras cubiertas planas no son transitables debido a su construcción inicial.

Nosotros no hemos cambiado esta característica ya que ningún edificio tiene salida a cubierta y generarlas supondría una modificación, lo que anteriormente hemos remarcado que no buscábamos, sino que solo propondríamos rehabilitaciones de los sistemas.

Se ha elegido este tipo de rehabilitación por la generación de la cámara ventilada, la cual consideramos muy importante para la mejora de la demanda energética.

Esta solución constructiva puede ser una de las más adecuadas para la generación de una cámara ventilada aceptada por el Código Técnico de la Edificación.

#### **- Cubiertas inclinadas con acabado de teja cerámica**

La teja cerámica antiguamente era colocada sobre adhesivo, lo que generaba una isla de calor debajo de ellas que se transmitía al interior del edificio.

Como anteriormente ya hemos mencionado, en nuestras rehabilitaciones queremos buscar la conservación de la imagen inicial de los edificios, por ello, en la rehabilitación de este tipo de cubiertas el acabado final será el mismo, teja cerámica, pero colocado de manera diferente.

Estas cubiertas están colocadas sobre tabiques palomeros, generando una cámara de aire ligeramente ventilada, según la definición del Código Técnico de la Edificación. Además, tienen no tienen un espesor suficiente de aislante térmico para cumplir las exigencias que marca la normativa actual.

Por ello, en nuestra rehabilitación proponemos eliminar el acabado de teja cerámica y sobre el tablero cerámico de rasillas colocado encima de los tabiques palomeros, disponer una lámina impermeable, sobre esta, aislante térmico de poliestireno extruido de 15 cm y finalmente, colocar rastreles de 7 cm de lado, en las dos direcciones para clavar sobre ellos el acabado de teja cerámica.

Colocar las tejas sobre rastreles, permite que la cámara de aire sea considerada ventilada.

Un aspecto importante que debemos mencionar es la solución de los puentes térmicos creados en los petos de cubierta.

Los petos se levantarán 25 cm y serán forrados con material aislante en todo su contorno. Debajo de la albardilla también se colocará material aislante para no perder continuidad y evitar la generación del puente térmico.

### 7.3. PROPUESTA DE CAMBIO DE CARPINTERÍAS Y VIDRIOS.

Una de las zonas más débiles de la envolvente son los huecos, por ello es fundamental para conseguir la mejor eficiencia energética posible el tratamiento de estos, no solo en cuanto a la calidad y prestaciones de sus elementos, vidrios y carpinterías, sino también, tratando de evitar las posibles infiltraciones que se puedan producir.

Los puentes térmicos se producen cuando existe una discontinuidad en el aislante, en fachada, este caso, o en una interrupción de la continuidad de esta, por ello, podemos determinar los puentes térmicos producidos en los huecos, como los más frecuentes y lo más evidentes.

El marco representa habitualmente entre el 25% y el 35% de la superficie del hueco. Sus principales propiedades, desde el punto de vista del aislamiento térmico, son la transmitancia y la absorptividad.

El vidrio es el elemento fundamental en el cerramiento. Su principal propiedad es la transparencia permitiendo aportes de luz natural al interior, que contribuyen en el confort de la vivienda sin comprometer al aislamiento térmico. (IDAE 2007)

En nuestros edificios los materiales colocados en los huecos son de prestaciones medias, los cuales fueron suficientes para cumplir la normativa que se encontraba en vigor el año que estos se construyeron, pero actualmente no son suficientes para conseguir las exigencias marcadas por la norma que se encuentra en vigor.

Todos los vidrios que encontramos en estos edificios son simples y sus carpinterías son de aluminio sin rotura de puente térmico, de colores oscuros, lo que implica una gran absorptividad.

En nuestra propuesta lo que principalmente buscamos es la solución de los puentes térmicos, llevando el material aislante hasta el precerco y seguidamente colocando un precerco aislado en su interior que siga con esa continuidad y evite el puente térmico que se puede producir.

Esto hace que todos los huecos disminuyan 10 cm en altura debido al aislante y al precerco añadido en sus extremos (5cm arriba y 5cm abajo), por ello, al cambiar las dimensiones debemos cambiar las carpinterías y los vidrios, optando por soluciones con grandes prestaciones.

Optamos por un vidrio doble bajo emisivo con una luna de 4 mm cámara de 12 mm y vidrio laminar de 3+3mm

Cuando se coloca un vidrio de baja emisividad, se debe trabajar sobre el marco para conseguir una transmitancia óptima gracias al conjunto, ya que solo con el vidrio bajo emisivo, se pueden alcanzar niveles muy favorables.

La carpintería por la que hemos optado será de aluminio lacado en color gris claro, con rotura de puente térmico, con un valor de transmitancia inferior a  $0,66 \text{ W/m}^2\text{K}$ , lo que la convierte en una solución ideal para edificios de bajo consumo. Posee una rotura de puente térmico de 45 mm y una absorptividad de 0,63. Su sistema de apertura será oscilobatiente.

Este conjunto responde a una tipología de ventanas de alta gama, donde se pueden ahorrar hasta un 20% de las pérdidas producidas por el cerramiento (IDAE 2007)

Se propone también la incorporación de lamas orientables, horizontales en la fachada sur y verticales en las fachadas este y oeste.<sup>20</sup>

Se ha realizado un estudio previo para poder determinar el ángulo de inclinación de las lamas y su longitud. (Tabla 1 y 2)

Para este estudio hemos creado una tabla con la que podemos saber la elevación más alta del sol en los días de los solsticios y los equinoccios, llegando a saber:

- 21 de marzo a las 13h 26' la posición del sol es  $48,58^\circ$
- 21 junio a las 14h 20' la posición del sol es  $71,40^\circ$
- 21 de septiembre a las 14h 11' la posición del sol es  $49,04^\circ$
- 21 de diciembre a las 13h 16' la posición del sol es  $24,90^\circ$

Teniendo en cuenta estos datos podemos saber el ángulo máximo y mínimo que deben tomar las lamas para que entre el sol.

Podemos decir que el ángulo de inclinación máximo de las lamas debe coincidir con los grados de la elevación máxima del sol en los solsticios y los equinoccios.

---

20. En la fachada norte no se incorporan lamas orientables, ya que en el estudio previo que hemos realizado sobre el sombreado, justificamos la poca carga solar que recibe esta fachada.

EQUINOCCIOS			
21 MARZO		21 SEPTIEMBRE	
HORAS	ELEVACIÓN	HORAS	ELEVACIÓN
7:20 h	-0,833°	8:05	-0,833°
8:00 h	6,41°	9:00 h	9,45°
9:00 h	17,42°	10:00 h	20,35°
10:00 h	27,83°	11:00 h	30,56°
11:00 h	37,03°	12:00 h	39,42°
12:00 h	44,22°	13:00 h	45,95°
13:00 h	48,15°	14:00 h	48,95°
14:00 h	47,89°	15:00 h	47,62°
15:00 h	43,5°	16:00 h	42,33°
16:00 h	36,02°	17:00 h	34,24°
17:00 h	26,62°	18:00 h	24,47°
18:00 h	16,12°	19:00 h	13,76°
19:00 h	5,08°	20:00 h	2,63°
19:33 h	-0,833°	20:19 h	-0,833°

Tabla 1. Elevación del sol. Fuente: Sunearthtools.com.  
Elaboración propia

SOLSTICIOS			
21 DICIEMBRE		21 JUNIO	
HORAS	ELEVACIÓN	HORAS	ELEVACIÓN
8:42 h	-0,833°	6:45	-0,833°
9:00 h	1,96°	7:00	1,63°
10:00 h	10,59°	8:00 h	11,71°
11:00 h	17,62°	9:00 h	22,44°
12:00 h	22,52°	10:00 h	33,54°
13:00 h	24,79°	11:00 h	44,72°
14:00 h	24,14°	12:00 h	55,58°
15:00 h	20,66°	13:00 h	65,22°
16:00 h	14,75°	14:00 h	71,28°
17:00 h	6,95°	15:00 h	70,01°
18:00 h	-0,833°	16:00 h	62,42°
		17:00 h	52,25°
		18:00 h	41,23°
		19:00 h	30,04°
		20:00 h	19,03°
		21:00 h	8,47°
		21:57 h	-0,833°

Tabla 2. Elevación del sol. Fuente: Sunearthtools.com.  
Elaboración propia

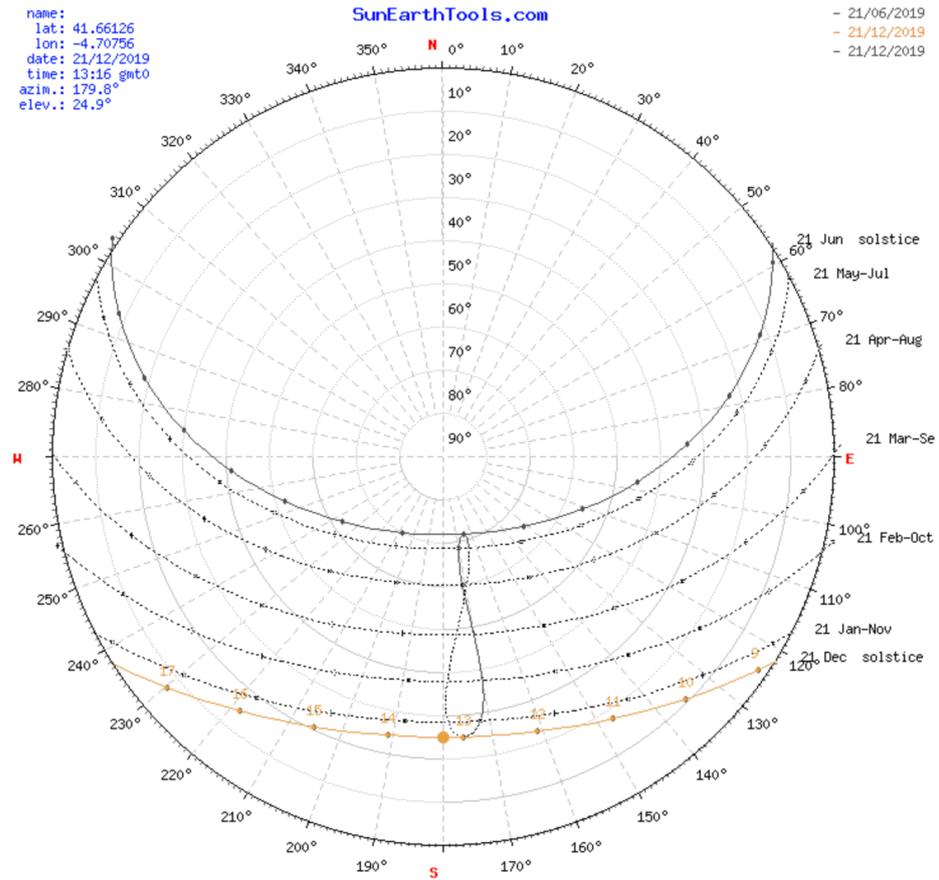


Figura 1. Diagrama solar. Fuente: Sunearthtools.com.

Este tipo de diagrama de coordenadas solares expresa la posición del sol en los solsticios y equinoccios, y, en consecuencia, cuando alcanza su posición más elevada. (Figura 1)

Otra forma de expresar la posición del sol es mediante coordenadas cartesianas.

El conocimiento de la posición y de las horas de luz permiten conocer la energía desprendida por el sol en un punto determinado. Esto permite calcular la inclinación de las lamas en los huecos para que no permitan la entrada del sol.

Se considera, como vemos en la imagen, lamas de longitud  $L$  separadas una altura  $L$ , de manera que puedan cerrar evitando por completo la entrada de luz. (Figura 2)

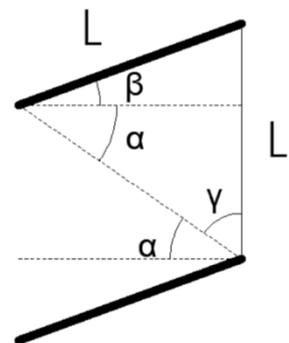


Figura 2. Geometría de las lamas. Fuente: Google Imágenes

Por trigonometría se establece una ecuación cuyo resultado expresa que si el sol está más elevado de  $45^\circ$ , de la horizontal (laminas perpendiculares a la ventana), para abajo nunca entra el sol. Si se levanta más la lamma, con una inclinación superior a  $90^\circ$ , si permite la entrada de rayos de sol.

Como consecuencia, se establecen laminas horizontales que puede ser orientadas manualmente, con una inclinación determinada por la elevación del sol, como hemos puntualizado anteriormente, teniendo en cuenta que el sol nunca entrará siempre que la lamma este horizontal o con un ángulo menor a  $90^\circ$ .

La longitud establecida para las laminas será de 10 cm de ancho separadas 10 cm entre sí con el fin de que se pueda producir el cierre completo del hueco para poder eliminar el posible acceso total de radiación solar al interior.

## 8. RESULTADOS

Tras proponer las rehabilitaciones para los edificios hemos estudiado de nuevo la demanda energética de cada uno de ellos, mostrando así, si las soluciones propuestas son o no viables.

Hemos estudiado la mejora, en tanto por ciento, que supone cada tipo de propuesta de rehabilitación.

Hemos combinado las rehabilitaciones propuestas, ya que, estudiando cada una de ellas por separado generaba pequeñas mejoras sobre la demanda inicial.

Estos son los resultados obtenidos:

### PROPUESTA 1. REHABILITACIÓN DE LA FACHADA

Se ha colocado sobre la hoja exterior de ladrillo perforado 12 cm de aislamiento térmico de poliestireno extruido y sobre este el acabado exterior de plaquetas cerámica, consiguiendo así el mismo acabado que tenía el edificio original.<sup>21</sup>

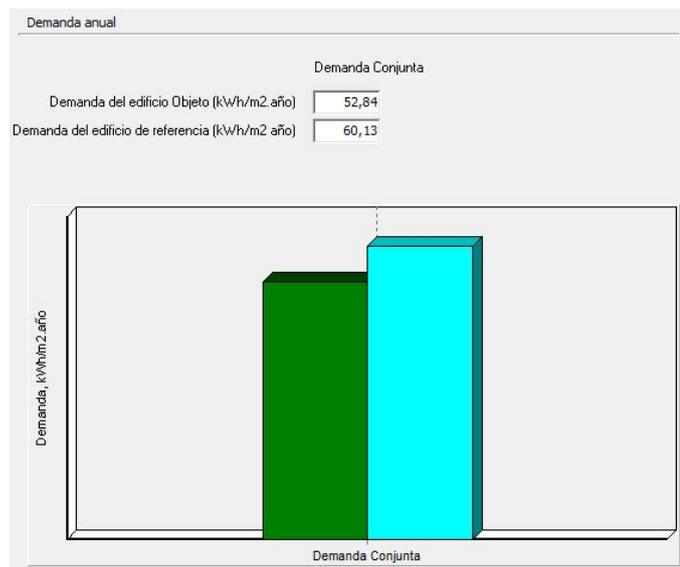


Figura 1. Demanda energética de la rehabilitación de la fachada

Fuente: Herramienta Unificada Lider-Calener

La demanda energética disminuye un 12,13% respecto a la demanda energética anual en el estado inicial.

Es una modificación significativa ya que con ella eliminamos los puentes térmicos producidos en los frentes de los forjados y los pilares.

### PROPUESTA 2: REHABILITACIÓN DE CUBIERTAS.

Han sido rehabilitadas los dos tipos de cubierta.

En la cubierta plana se retira el acabado de grava y el aislante térmico, y como se ha especificado, y sobre la formación de pendiente, se coloca la lámina impermeable, el nuevo aislante térmico de 15cm de poliestireno extruido, la lámina geotextil.

21. No se añade más información específica por considerarse repetitiva.

Finalmente se coloca el acabado de baldosas de mortero aislantes colocadas sobre plots.

En la cubierta inclinada se retira el acabado de tejas cerámicas y sobre la capa de compresión colocada sobre las rasillas se coloca una lámina impermeable, aislamiento térmico de poliestireno extruido y sobre este, rastreles de 6cm en las dos direcciones para clavar las nuevas tejas cerámicas.<sup>21</sup>

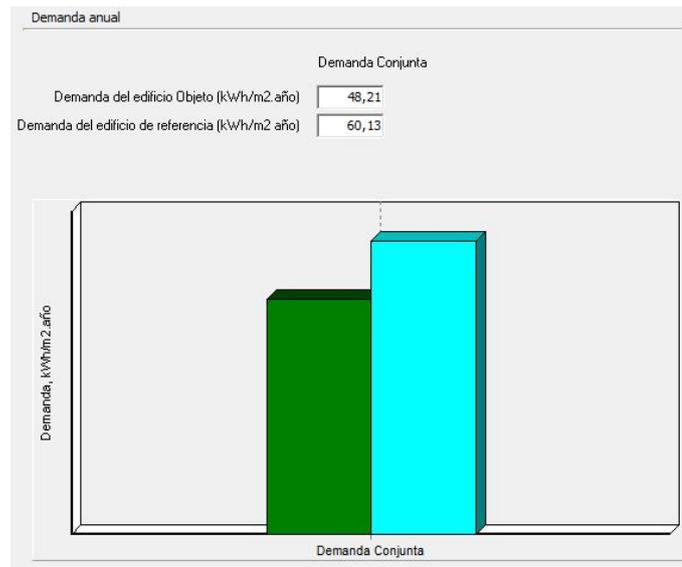


Figura 2. Demanda energética de la rehabilitación de la fachada y cubierta  
Fuente: Herramienta Unificada Lider-Calener

La combinación entre la rehabilitación de fachada y la rehabilitación de cubierta hace que la demanda energética mejore un 19,8%.

De esto podemos interpretar que la rehabilitación de la cubierta implica un 7.7% más de mejora en la demanda total.

Esta rehabilitación implica un menor porcentaje de mejora debido a que las cubiertas inclinadas ya poseían ventilación, pero no era suficiente.

### PROPUESTA 3: CAMBIO DE VIDRIOS Y CARPINTERÍAS Y COLOCACIÓN DE LAMAS ORIENTABLES

Todos los vidrios y carpinterías se cambian por los especificados anteriormente.<sup>21</sup>

La combinación de esta propuesta con las dos anteriores supone una mejora de la demanda energética del 40,47%.

El cambio de vidrios responde a la mejor cifra, en tanto por ciento, de mejora obtenida, se consigue una mejora del 20.7%

El cambio de estos también supone la solución de los puentes térmicos, los cuales son muy importantes para mejorar la cifra.

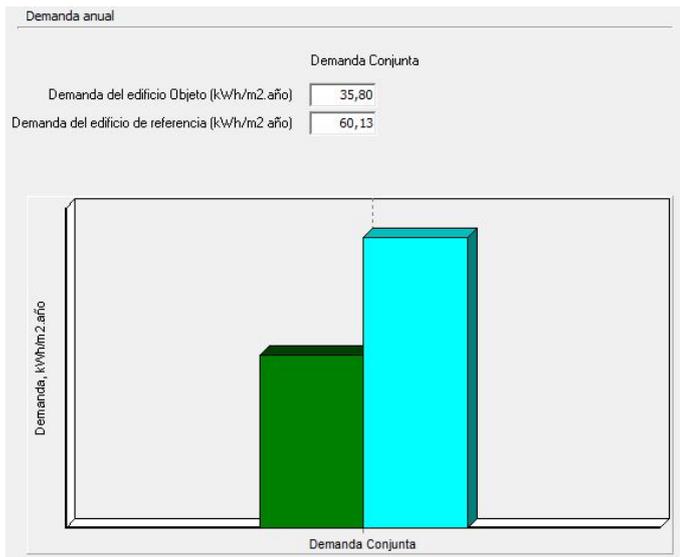


Figura 3. Demanda energética de la rehabilitación de la fachada, cubierta y vidrios  
Fuente: Herramienta Unificada Lider-Calener

La colocación de las lamas en las fachadas sur, este y oeste genera la siguiente demanda:

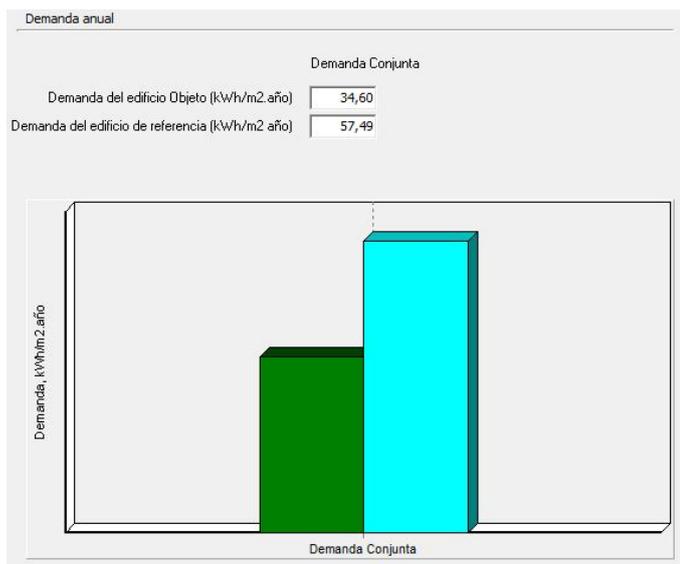


Figura 4. Demanda energética de la rehabilitación de la fachada, cubierta y vidrios con lamas orientables. Fuente: Herramienta Unificada Lider-Calener

La disminución de la demanda energética respecto a la anterior es muy pequeña, se debe puntualizar que la demanda del edificio de referencia ha disminuido.

Esta pequeña disminución puede ser debida a las grandes rehabilitaciones realizadas anteriormente. Finalmente, con la combinación de todas las demandas propuestas se consigue una mejora del 42,49%

### GRÁFICO COMPARATIVO

En el siguiente gráfico se muestran como disminuye la demanda gradualmente respecto a la inicial. También se muestra el tanto por ciento que representa la mejora de la demanda energética en cada caso.

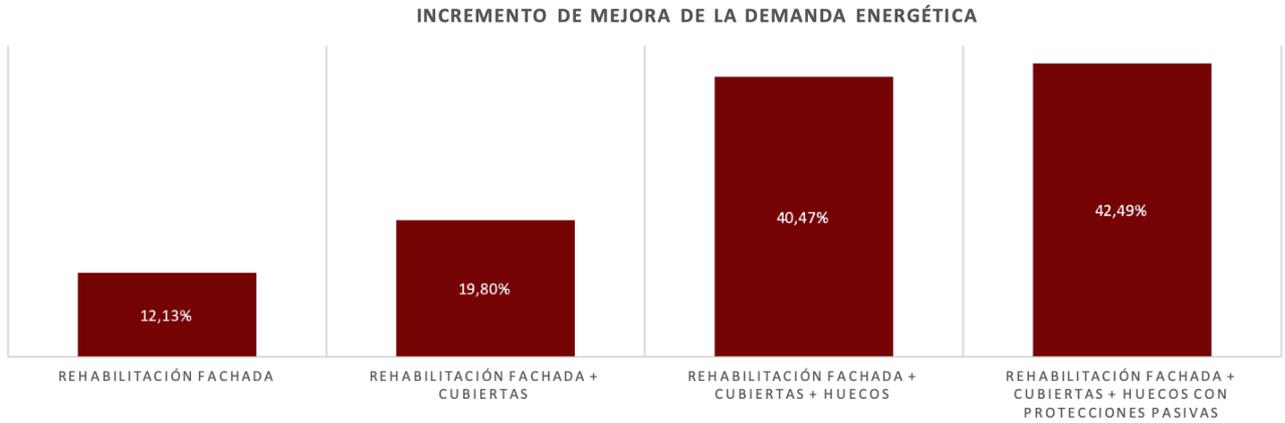


Figura 5. Incremento de la mejora de las rehabilitaciones. Elaboración propia

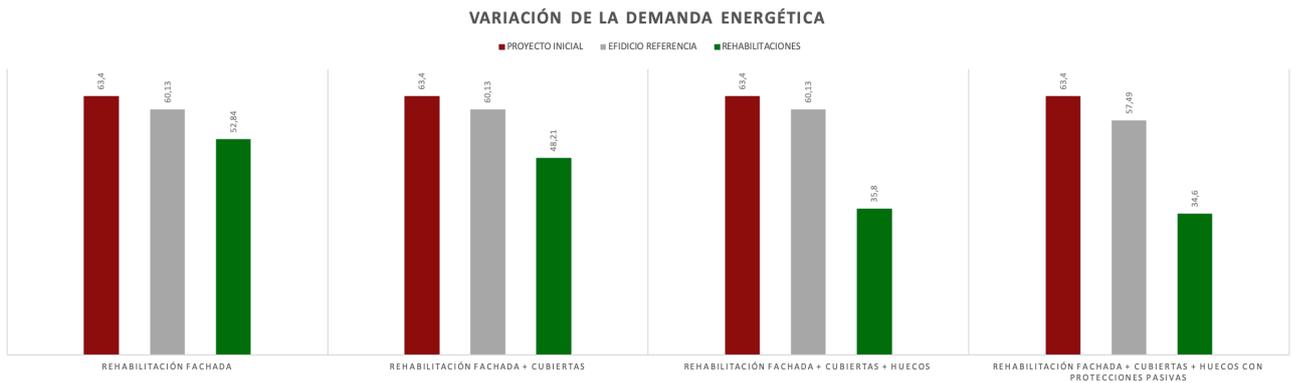


Figura 6. Comparación de las demandas energéticas obtenidas. Elaboración propia

### PROPUESTA 1. REHABILITACIÓN DE LA FACHADA

Se ha colocado sobre la hoja exterior de ladrillo macizo 12 cm de aislamiento térmico de poliestireno extruido y sobre este el acabado exterior de plaquetas cerámica, consiguiendo así el mismo acabado que tenía el edificio original.<sup>22</sup>

Figura 1. Demanda energética de la rehabilitación de la fachada  
Fuente: Herramienta Unificada Lider-Calener

La rehabilitación de la fachada implica una mejora del 7% respecto a la situación inicial, pero esta no es suficiente para conseguir una demanda positiva.

### PROPUESTA 2: REHABILITACIÓN DE CUBIERTAS.

Han sido rehabilitadas los dos tipos de cubierta.

En la cubierta plana se retiran las baldosas de granito y el aislante térmico, y como se ha especificado, y sobre la formación de pendiente, se coloca la lámina impermeable, el nuevo aislante térmico de 15cm de poliestireno extruido, la lámina geotextil y finalmente el acabado de baldosas de mortero aislantes colocadas sobre plots.

---

22. No se añade más información específica por considerarse repetitiva.

En la cubierta inclinada se retira el acabado de tejas cerámicas y sobre la capa de compresión colocada sobre las rasillas se coloca una lámina impermeable, aislamiento térmico de poliestireno extruido y sobre este, rastreles de 6cm en las dos direcciones para clavar las nuevas tejas cerámicas.<sup>22</sup>

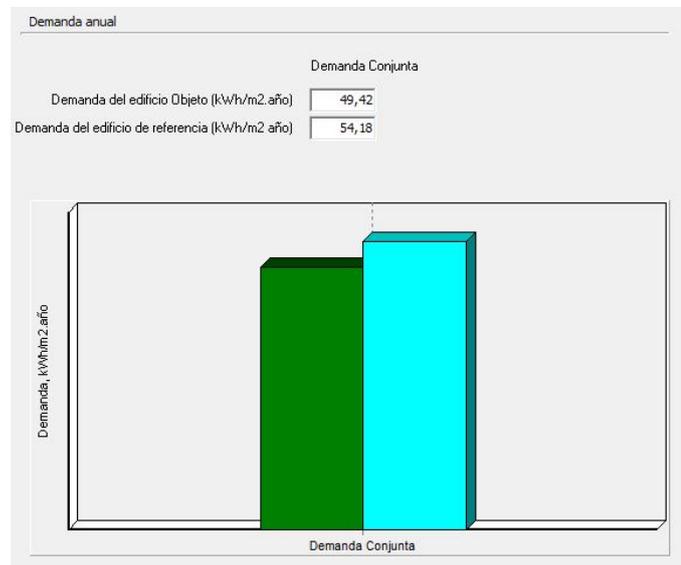


Figura 2. Demanda energética de la rehabilitación de la fachada y cubierta  
Fuente: Herramienta Unificada Lider-Calener

La combinación de la rehabilitación de mejora de la fachada y la cubierta implica una mejora del 15,8 %

Ambas cubiertas inicialmente se conformaban como ligeramente ventiladas, con la rehabilitación propuesta se ha mejorado la ventilación de ambas y con ellas, la demanda energética de todo el edificio.

### PROPUESTA 3: CAMBIO DE VIDRIOS Y CARPINTERÍAS Y COLOCACIÓN DE LAMAS ORIENTABLES

Todos los vidrios y las carpinterías colocadas son las especificadas anteriormente.<sup>22</sup>

El cambio de carpinterías y vidrios sin la incorporación de lamas supone una mejora del 38.6% sobre la demanda del edificio inicial, lo que quiere decir que este cambio implica una mejora del 22,8%

La incorporación de las lamas orientables hace que mejore la demanda un 3% más. La demanda del edificio objeto nos da mayor incorporando lamas que sin ellas, pero debemos puntualizar que la demanda del edificio de referencia (con la incorporación de lamas) disminuye.

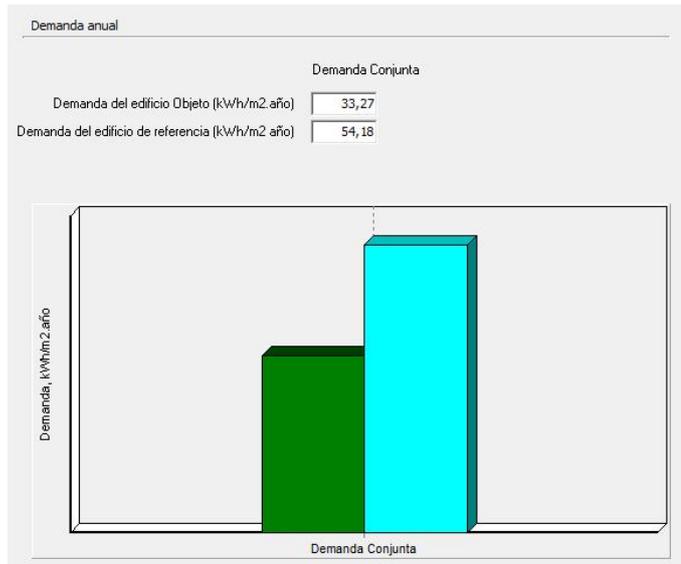


Figura 3. Demanda energética de la rehabilitación de la fachada, cubierta y vidrios  
Fuente: Herramienta Unificada Lider-Calener

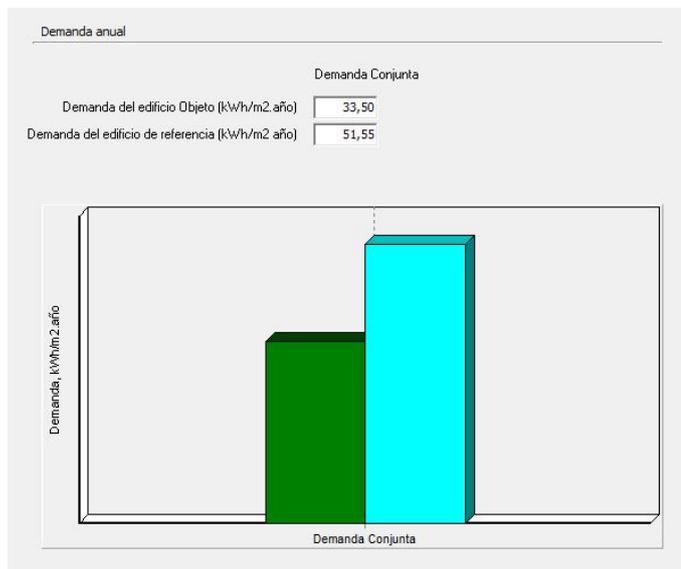


Figura 4. Demanda energética de la rehabilitación de la fachada, cubierta y vidrios con lamas orientables. Fuente: Herramienta Unificada Lider-Calener

### GRÁFICO COMPARATIVO

Mostraremos como se modifica la demanda con las rehabilitaciones propuestas, así como las pérdidas y ganancias que se producen en el edificio rehabilitado

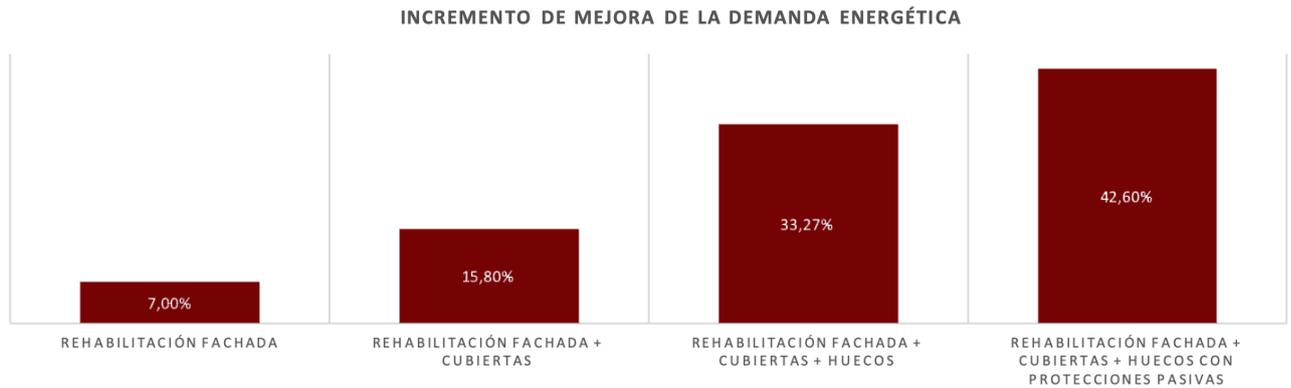


Figura 5. Incremento de la mejora de las rehabilitaciones. Elaboración propia

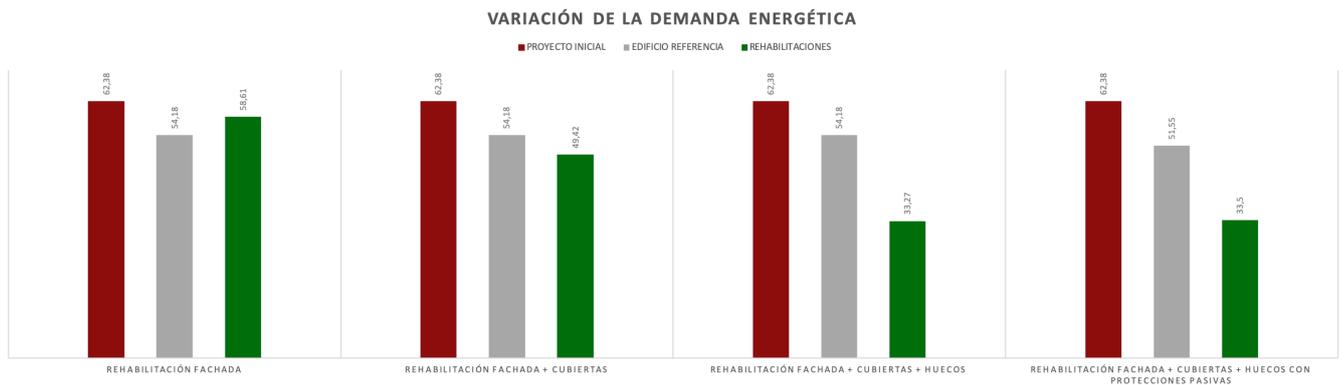


Figura 6. Comparación de las demandas energéticas obtenidas. Elaboración propia

### PROPUESTA 1. REHABILITACIÓN DE LA FACHADA

Se ha colocado sobre la hoja exterior de ladrillo perforado 12 cm de aislamiento térmico de poliestireno extruido y sobre este el acabado exterior de plaquetas cerámica, consiguiendo así el mismo acabado que tenía el edificio original.<sup>23</sup>

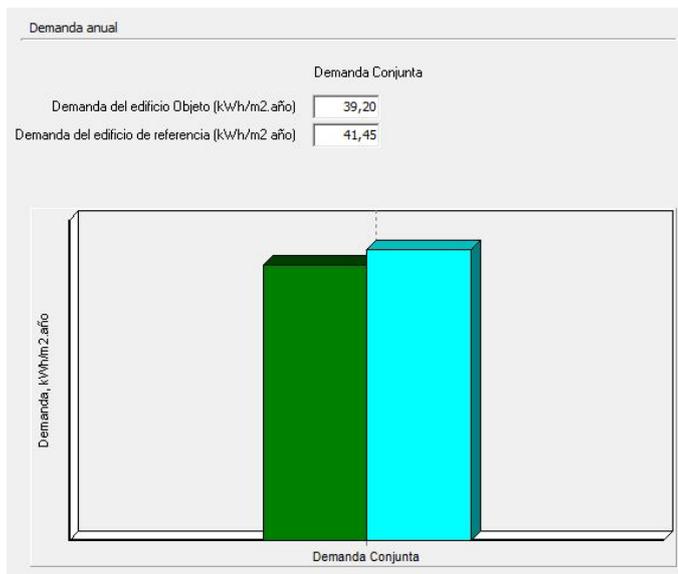


Figura 1. Demanda energética de la rehabilitación de la fachada

Fuente: Herramienta Unificada Lider-Calener

La rehabilitación de la fachada implica una mejora del 5,43%. La reducción de la demanda energética es poco notable, este hecho puede ser debido al año de construcción de este edificio ya que está construido en 1999 (de todos los estudiados es el más reciente) y el aislante térmico empleado en su construcción proporciona mejores resultados respecto al de los edificios restantes.

### PROPUESTA 2: REHABILITACIÓN DE CUBIERTAS.

Han sido rehabilitadas todas las cubiertas planas que encontramos en el edificio. Se ha retirado la capa de grava y el aislante térmico y sobre la formación de pendiente se coloca la lámina impermeable, el nuevo aislante térmico de 15 cm de poliestireno extruido, la lámina geotextil

23. No se añade más información específica por considerarse repetitiva.

y finalmente el acabado de baldosas de mortero aislantes colocadas sobre plots.<sup>23</sup>

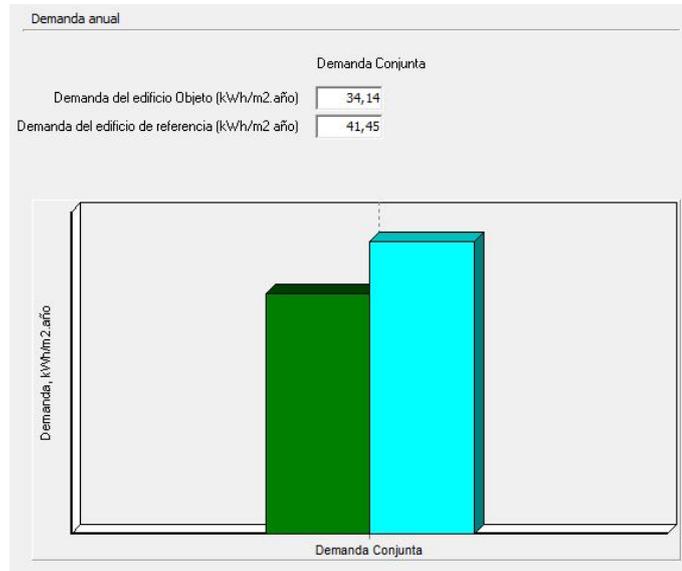


Figura 2. Demanda energética de la rehabilitación de la fachada y cubierta  
Fuente: Herramienta Unificada Lider-Calener

La combinación de la rehabilitación de la cubierta con la rehabilitación de la fachada implica una mejora del 17,64%, es decir, un 12,21% se debe a la rehabilitación de las fachadas.

### PROPUESTA 3: CAMBIO DE VIDRIOS Y CARPINTERÍAS Y COLOCACIÓN DE LAMAS ORIENTABLES

Todos los vidrios y las carpinterías colocadas son las especificadas anteriormente.<sup>23</sup>

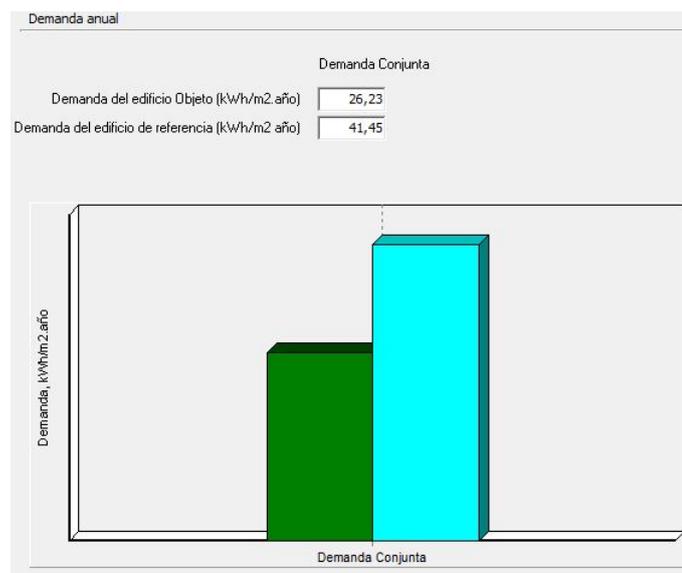


Figura 3. Demanda energética de la rehabilitación de la fachada, cubierta y vidrios  
Fuente: Herramienta Unificada Lider-Calener

El cambio de vidrios y carpinterías implica una mejora del 36,72 % es decir, un 19,08 % de la mejora es debida solo al cambio de los vidrios.

La colocación de lamas en sus fachadas genera la siguiente demanda:

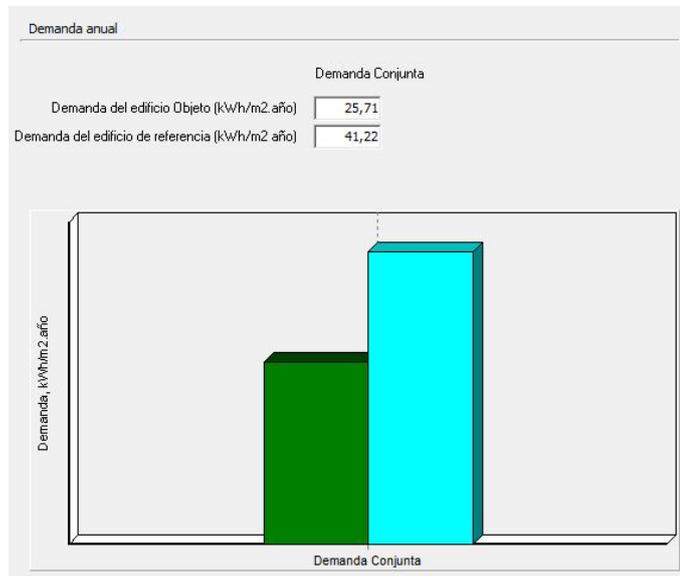


Figura 4. Demanda energética de la rehabilitación de la fachada, cubierta y vidrios con lamas orientables. Fuente: Herramienta Unificada Lider-Calener

La colocación de las lamas implica una mejora total del 47,31%. En este edificio la incorporación de lamas orientables en sus fachadas genera una mejora significativa de la demanda.

### GRÁFICO COMPARATIVO

Estudiaremos como mejora la demanda del edificio con las rehabilitaciones propuestas. Estudiaremos también, como mejora la calefacción y la refrigeración respecto a la situación inicial.

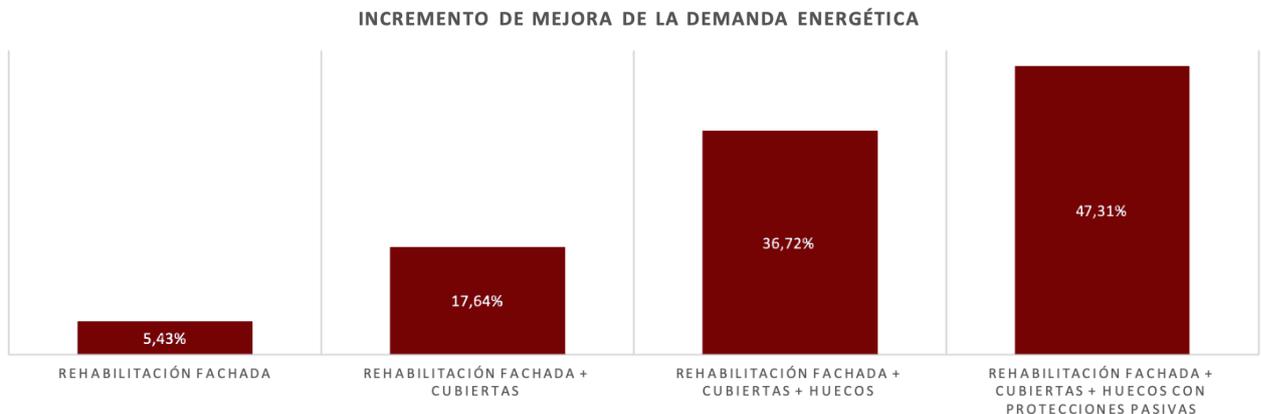


Figura 5. Incremento de la mejora de las rehabilitaciones. Elaboración propia

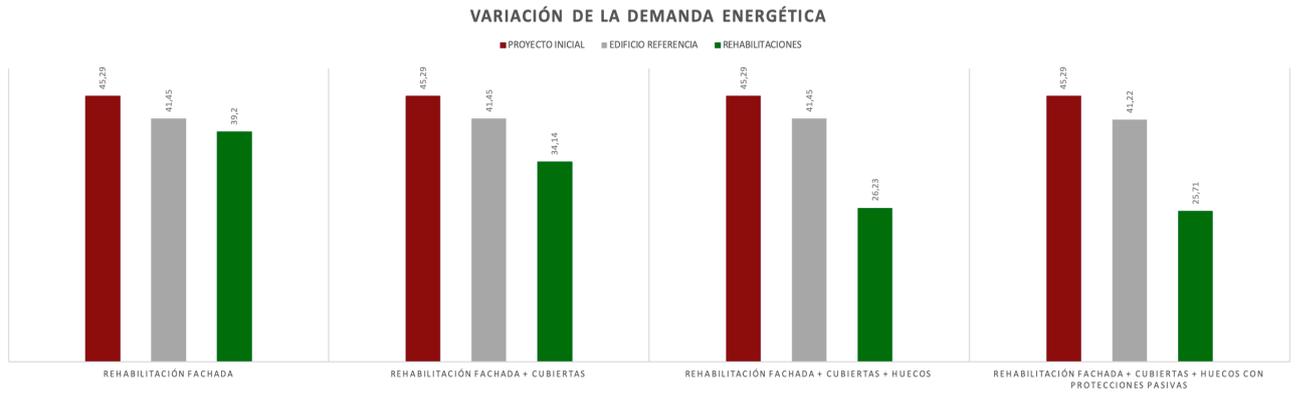


Figura 6. Comparación de las demandas energéticas obtenidas. Elaboración propia

## ESCUELA DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIONES E INFORMÁTICA

### PROPUESTA 1. REHABILITACIÓN DE LA FACHADA

Se ha colocado sobre la hoja exterior de ladrillo perforado 12 cm de aislamiento térmico de poliestireno extruido y sobre este el acabado exterior de plaquetas cerámica, consiguiendo así el mismo acabado que tenía el edificio original.<sup>24</sup>

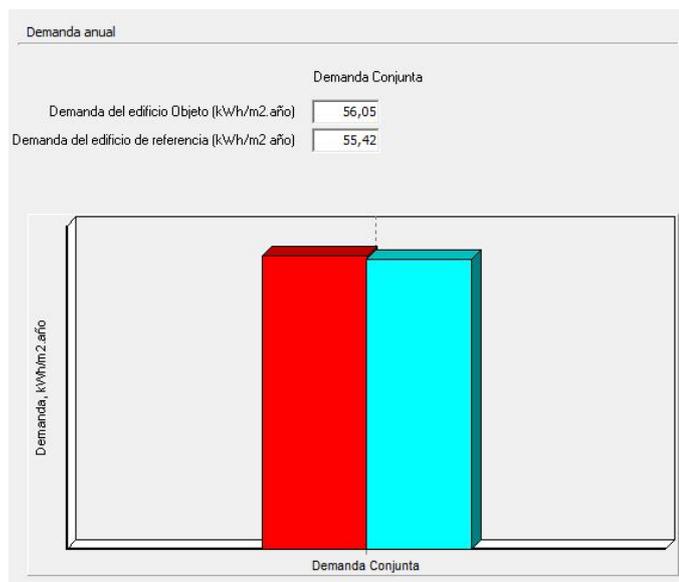


Figura 1. Demanda energética de la rehabilitación de la fachada  
Fuente: Herramienta Unificada Lider-Calener

La demanda energética de este edificio tras la rehabilitación de la fachada sigue generando una demanda energética negativa, es decir, no cumple con las exigencias marcadas por el CTE. Con respecto a la demanda inicial, esta mejora un 7,56%

### PROPUESTA 2. REHABILITACIÓN DE LAS CUBIERTAS

Han sido rehabilitadas los dos tipos de cubierta.

En la cubierta plana se retira el acabado final de grava y el aislante térmico, y como se ha especificado, sobre la formación de pendiente se coloca la lámina impermeable, el nuevo aislante térmico de 15 cm

24. No se añade más información específica por considerarse repetitiva.

de poliestireno extruido, la lámina geotextil y finalmente el acabado de baldosas de mortero aislantes colocadas sobre plots.

En la cubierta inclinada se retira el acabado de tejas cerámicas y sobre la capa de compresión colocada sobre las rasillas se coloca una lámina impermeable, aislamiento térmico de poliestireno extruido y sobre este, rastreles de 6cm en las dos direcciones para clavar las nuevas tejas cerámicas.<sup>24</sup>

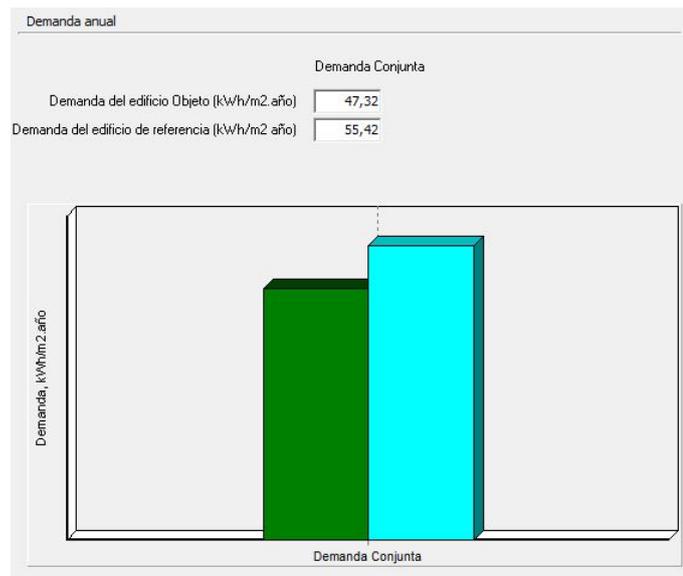


Figura 2. Demanda energética de la rehabilitación de la fachada y cubierta  
Fuente: Herramienta Unificada Lider-Calener

La combinación de estas dos propuestas proporciona una mejora del 22,36%. De esto podemos interpretar que la rehabilitación de las cubiertas hace que su demanda energética mejore un 14,8%

### PROPUESTA 3: CAMBIO DE VIDRIOS Y CARPINTERÍAS Y COLOCACIÓN DE LAMAS ORIENTABLES

Todos los vidrios y las carpinterías colocadas son las especificadas anteriormente.<sup>24</sup>

El cambio de ventanas y carpinterías implica una mejora del 35% sobre la demanda final.

La incorporación de lamas hace que la demanda energética mejore un 3,15% más, consiguiendo una mejora en la demanda energética final del 38,15%

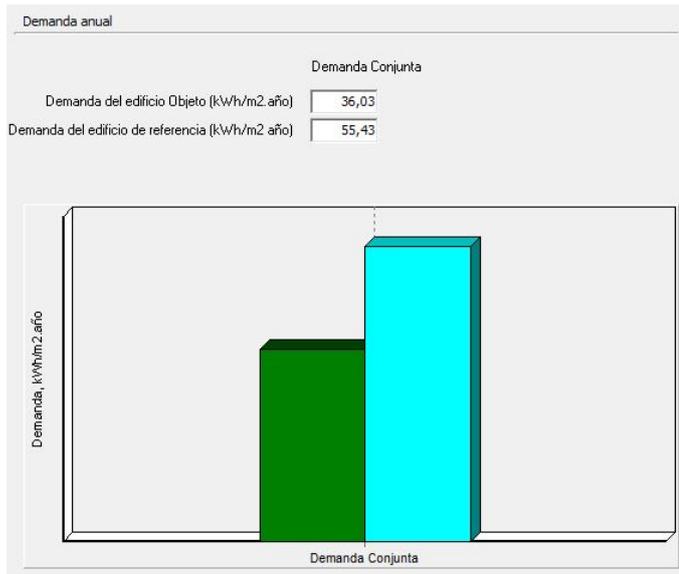


Figura 3. Demanda energética de la rehabilitación de la fachada, cubierta y vidrios  
Fuente: Herramienta Unificada Lider-Calener

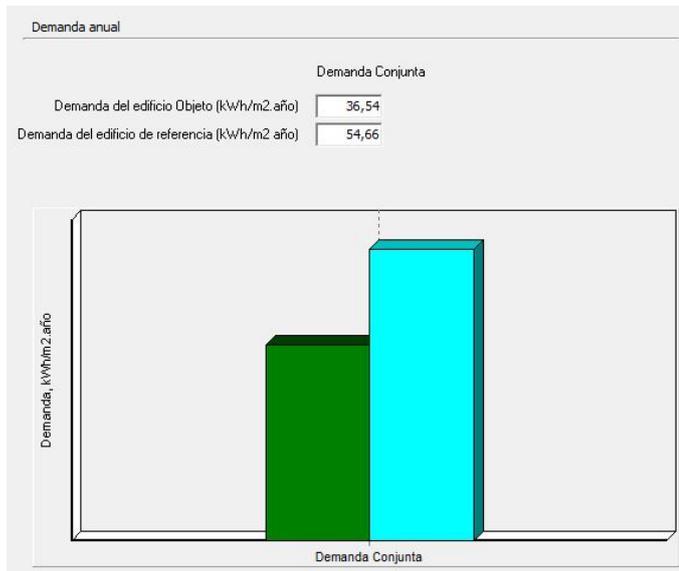


Figura 4. Demanda energética de la rehabilitación de la fachada, cubierta y vidrios con lamas orientables. Fuente: Herramienta Unificada Lider-Calener

### GRÁFICO COMPARATIVO

En estos gráficos se muestra como varia la demanda con las rehabilitaciones propuestas. Se muestra también, el tanto por ciento que representa cada modificación.

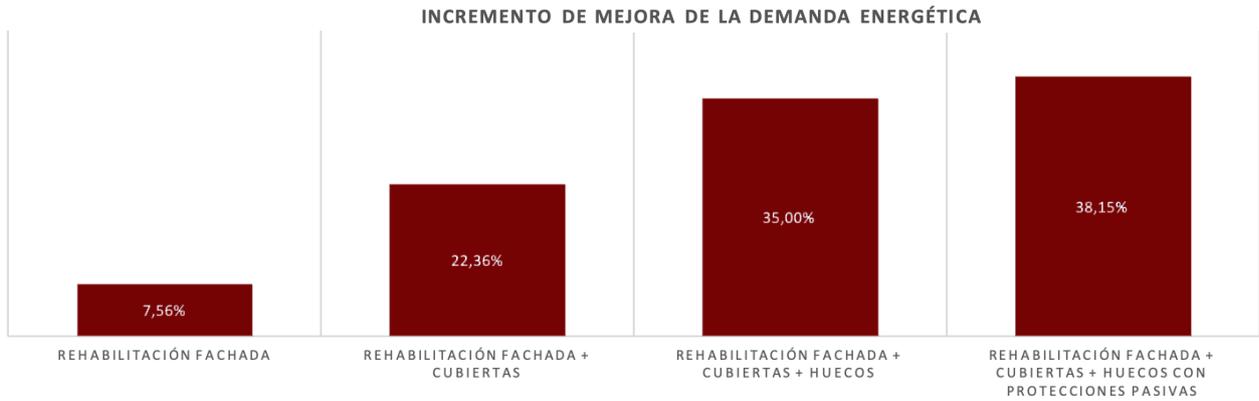


Figura 5. Incremento de la mejora de las rehabilitaciones. Elaboración propia

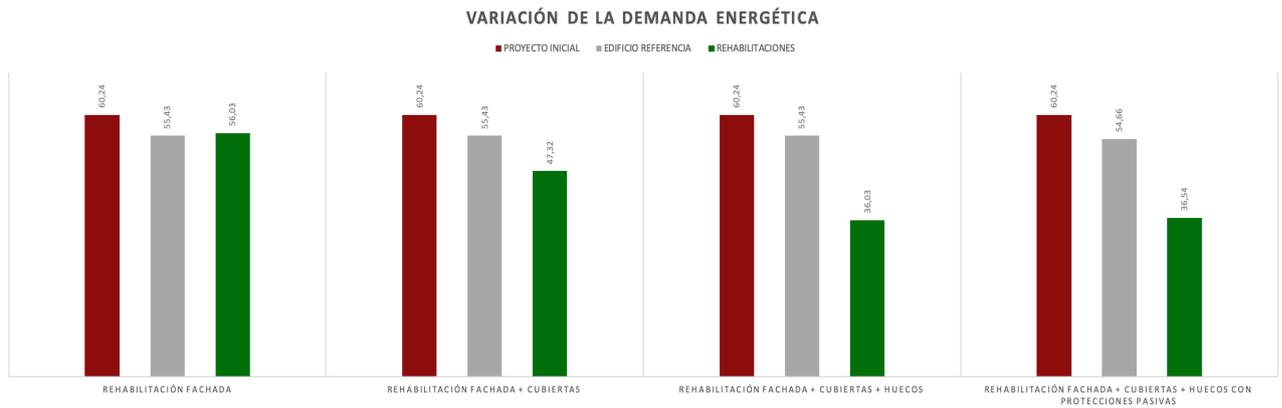


Figura 6. Comparación de las demandas energéticas obtenidas. Elaboración propia

## 9. CONCLUSIONES

En forma de síntesis, hemos creado un gráfico que recoge todas las demandas energéticas obtenidas de todos los edificios estudiados, tanto de su proyecto inicial como de las rehabilitaciones.

Es una manera de expresar las conclusiones para poder abordarlos en un solo golpe de vista.

Como podemos observar, en todos los edificios se consigue un ahorro de energía de prácticamente la mitad de su demanda energética actual.

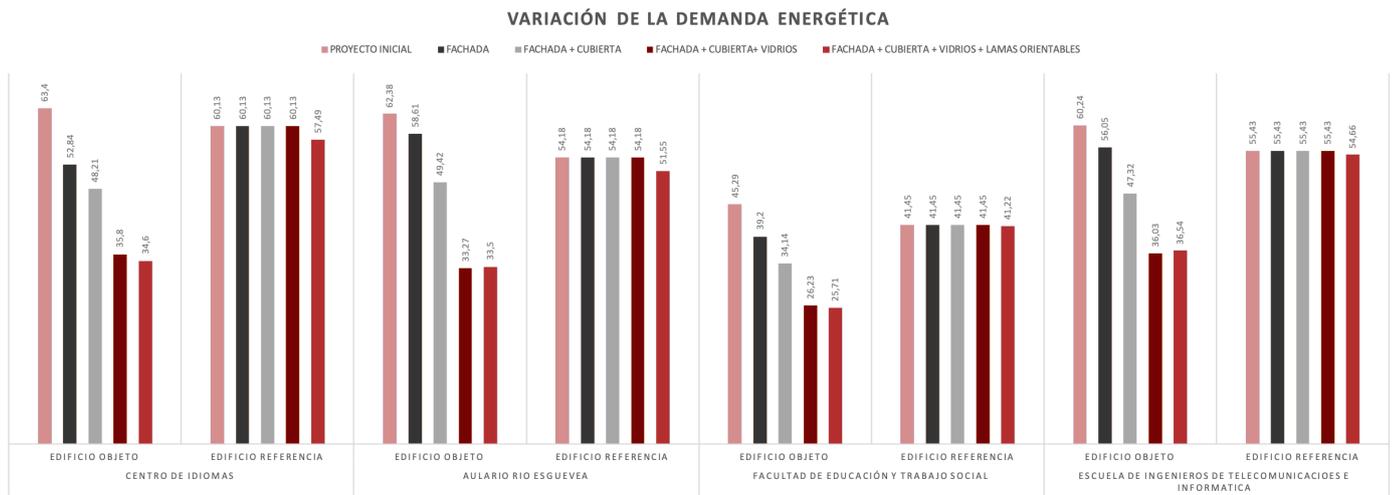


Figura 1. Variación de la demanda energética de los edificios de estudio. Elaboración propia

La demanda de refrigeración y calefacción disminuye notablemente con la propuesta final, consiguiendo así llegar a una propuesta de ahorro de energía óptima.

Los edificios estudiados pertenecen al grupo de edificios docentes, es decir, son edificios que tienen una gran ocupación diaria y por ello son necesarios mayores niveles de ventilación y refrigeración, ya que como hemos visto en las gráficas por componente de los proyectos iniciales, las fuentes internas aumentan considerablemente las ganancias de calefacción.

En nuestra propuesta de rehabilitación esto podría condicionar la refrigeración ya que el aumento de aislamiento de la fachada puede crear una barrera que impida la disipación de calor en condiciones de verano. A esto debemos sumarle el uso de los propios edificios, los cuales llevan implícita una gran carga interna que incide en el aumento de la calefacción y condiciona a la refrigeración.

Ante este hecho, se debe destacar, que la propuesta de rehabilitación de la fachada, en todos los casos, es la que menos ha mejorado la demanda energética en todos los casos, a pesar de solucionar gran parte de las infiltraciones producidas en la fachada. Esto lo podemos relacionar con la orientación de los edificios, ya que no solo es suficiente generar un cerramiento exterior que cumpla con las exigencias marcadas por el Código Técnico de la Edificación, tanto en paramentos ciegos como en huecos, sino que se debe controlar la radiación solar que incide en las fachadas, como hemos estudiado previamente.

La creación de cubiertas ventiladas implica que el aumento de las ganancias de calefacción en el interior se pueda disipar en la cámara ventilada creada en las cubiertas, favoreciendo así a la refrigeración de estos.

Tras todo esto, debemos destacar, que la rehabilitación más notable en todos los edificios se produce gracias al cambio de carpinterías y vidrios y como consecuencia a la eliminación de los puentes térmicos que estos pueden producir. Esta rehabilitación implica una mejoría de aproximadamente el 25% en todos los casos, ya que disminuimos las pérdidas de calefacción y mejoramos la refrigeración notablemente gracias a este cambio.

La disposición de las lamas, tanto horizontales al sur como verticales al este y oeste, evita la entrada de la radiación solar en los espacios y esto permite controlar la situación de excesiva necesidad de refrigeración o calefacción en meses determinados, este hecho se suma a las prestaciones que la rehabilitación aporta, generando así, un aumento de la mejora.

Como conclusión, las prestaciones encontradas hoy en día en el mercado nos permiten conseguir soluciones constructivas con las que poder llegar a cumplir las exigencias marcadas por el Código Técnico de la Edificación, con un estudio previo de las necesidades de cada edificio. Además, el aplicar una misma solución a cuatro edificios diferentes nos permite afirmar que la demanda energética no depende del edificio en sí mismo, sino de todas las características que le rodean.

## 10. BIBLIOGRAFIA

### ARTÍCULOS

1. Diefenenbach, Nikolas., Loga, Tobias.; Stein, Britta;. (2016). Monitor progress towards climate target in European housing stock. EPISCOPE. P01-IWV.
2. Aja Hernández, Agustín. (Ed.). 2006. La sostenibilidad en el proyecto arquitectónico y urbanístico. Madrid, España. Editorial: IAU+S.
3. Ruiz Prieto-García, Alejandra; Ortega Madrigal, Leticia; Lanzarote Serrano, Begoña; Soto Francés, Laura,. (2015). Potencial de ahorro energético y reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>. EPISCOPE. Comunidad Europea.
4. Camino Olea, Soledad; Martin, Gonzalo. (2016). Los edificios de viviendas de los años 70. Propuesta de rehabilitación de fachadas de ladrillo. Construable.

### LIBROS

1. Neila González, Francisco Javier. (2004). *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*. Madrid, España. Munilla-Lería.

### PAGINAS WEBS

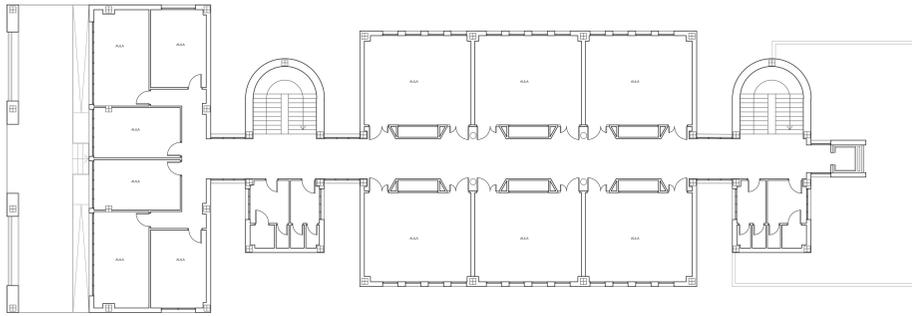
1. LOZANO, José. (2018). Estadísticas. La energía en España. APPA, Asociación de empresas de energías renovables. <https://www.appa.es/la-energia-en-espana/>
2. Breve historia sobre la eficiencia energética (2017). Especial eficiencia energética. Econoticias, El periódico verde. <https://www.ecoticias.com/especial-eficiencia-energetica-2016/129822/Breve-historia-eficiencia-energetica>
3. VICENTE, Juan;. (2014). Eficiencia energética. Parte I: Antecedentes históricos. Espacio más abierto. <https://www.espaciomasabierto.com/eficiencia-energetica-parte-i-antecedentes-historicos/>
4. López Cabia, David;. (2013). Crisis del petróleo de 1973. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/crisis-del-petroleo-1973.html>

5. Invertir en un futuro energético sostenible para Europa. (2019). UNIÓN EUROPEA. [https://europa.eu/european-union/topics/energy\\_es](https://europa.eu/european-union/topics/energy_es)
6. Arkins, Keith;. (2017). La energía en Europa: Situación actual. Agencia Europea del Medio Ambiente.   
<https://www.eea.europa.eu/es/senales/senales-2017-configuracion-del-futuro/articulos/la-energia-en-europa-situacion-actual>
7. La envolvente térmica. EFIDISTRIC.   
<https://www.efidistrict.eu/edificios/envolvente-termica/>
8. ¿Qué es la envolvente térmica de un edificio?. (2015). Certificados Energéticos.   
<https://www.certificadosenergeticos.com/sabemos-definir-envolvente-termica-edificios-eficiencia-energetica>
9. MARTINEZ ESTUDIO, Juan;. (2012). Manual de usuario para la calificación energética de los edificios. IDAE.   
[http://www6.mityc.es/aplicaciones/CE3X/Manual\\_usuario%20CE3X\\_05.pdf](http://www6.mityc.es/aplicaciones/CE3X/Manual_usuario%20CE3X_05.pdf)
10. Herramienta Unificada Lider-Calener. (2017). Código Técnico de la Edificación.   
<https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-recursos/menu-aplicaciones/282-herramienta-unificada-lider-calener.html>
11. Evolución de la normativa en materia de la edificación. De las NBE al CTE. (2016). SIBER.   
<https://www.siberzone.es/blog-sistemas-ventilacion/evolucion-del-marco-normativo-en-materia-de-edificacion-de-las-n-b-e-al-c-t-e/>

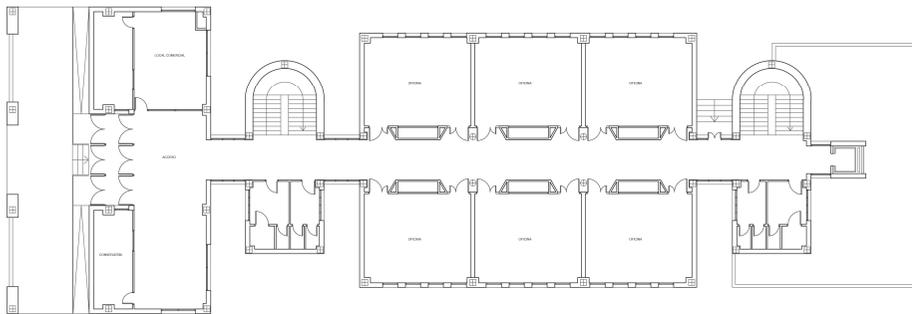
## 11. ANEXO 1

DOCUMENTACIÓN GRÁFICA DEL CENTRO DE IDIOMAS

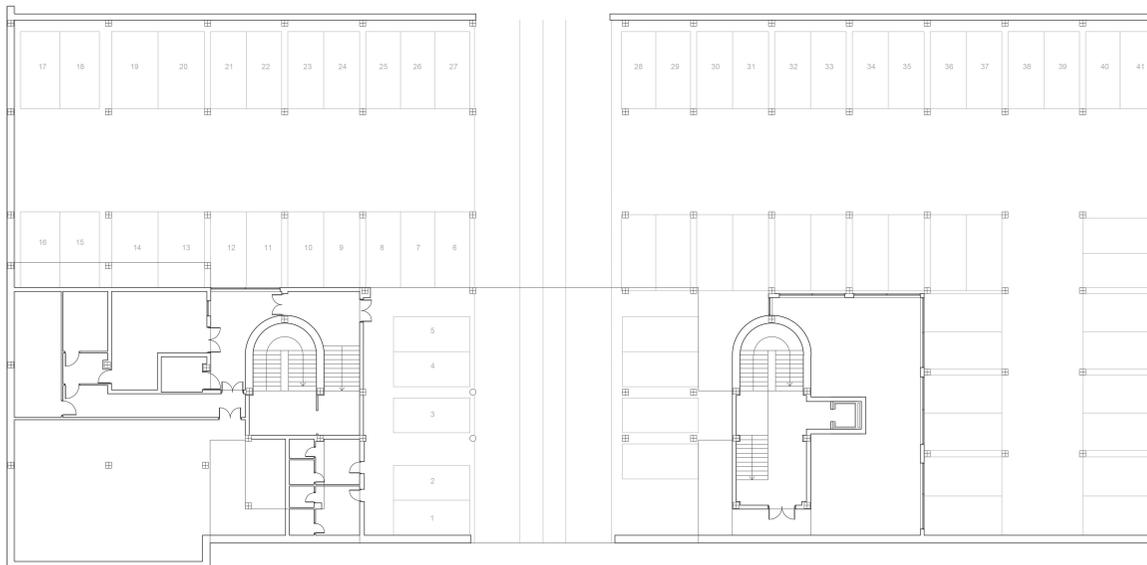
---



PLANTA PRIMERA



PLANTA BAJA



PLANTA SÓTANO



**Universidad de Valladolid**

**ANEXO 1**

**DOCUMENTACIÓN GRÁFICA  
CENTRO DE IDIOMAS**

ESCALA: 1/350

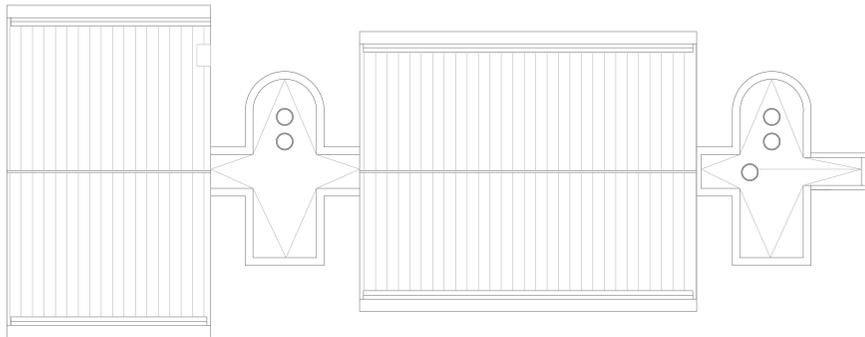
**PROPUESTA DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA**

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

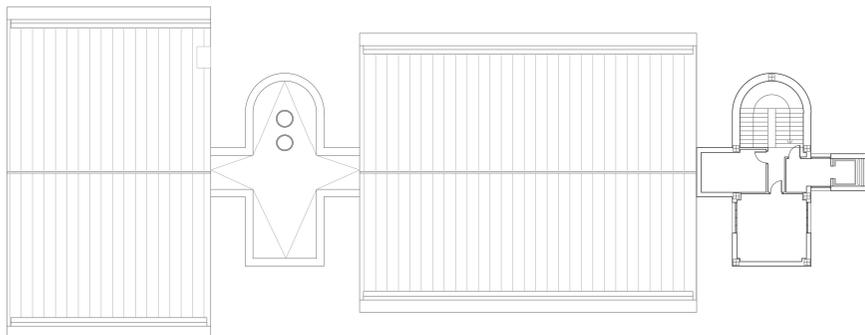
**PAULA CORRAL ALAEJOS**



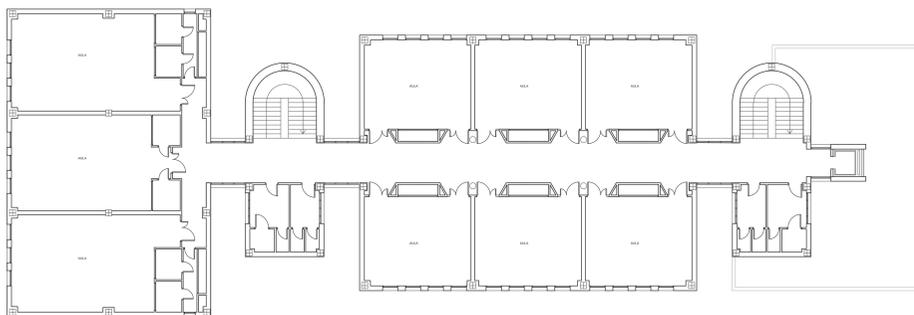
**ETSAVA**  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA  
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID



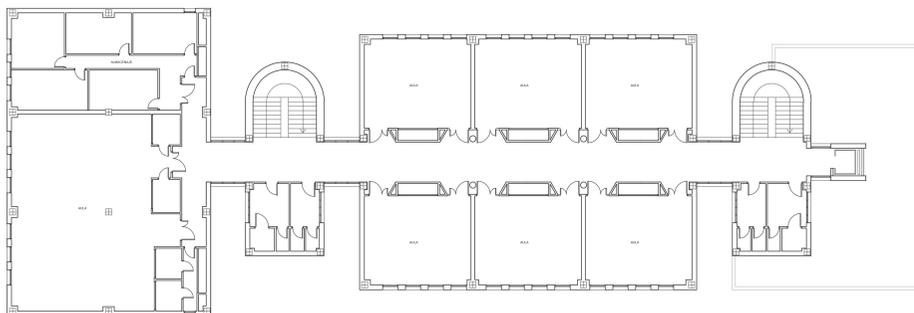
PLANTA DE CUBIERTA



PLANTA CUARTA



PLANTA TERCERA



PLANTA SEGUNDA



**Universidad de Valladolid**

**ANEXO 1**

**DOCUMENTACIÓN GRÁFICA  
CENTRO DE IDIOMAS**

ESCALA: 1/350

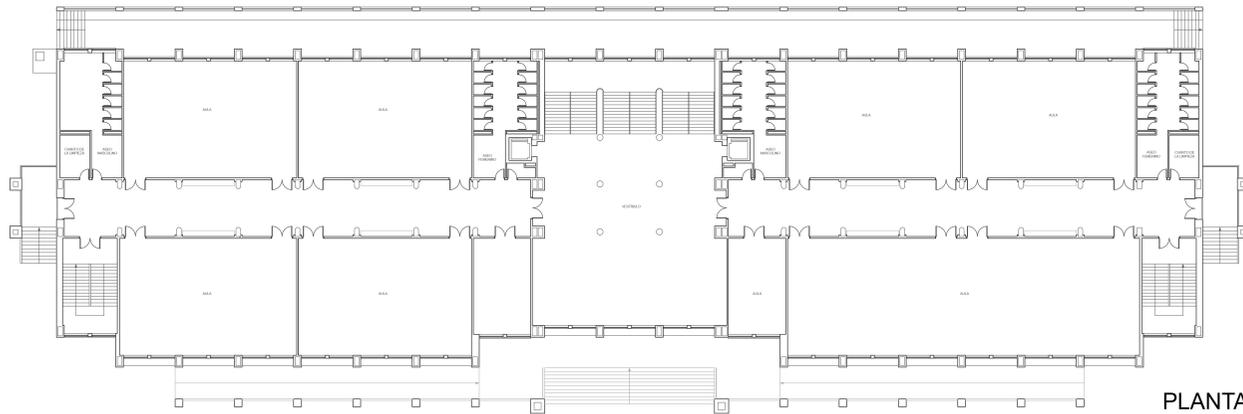
**PROPUESTA DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA  
TRABAJO DE FIN DE GRADO  
PAULA CORRAL ALAEJOS**



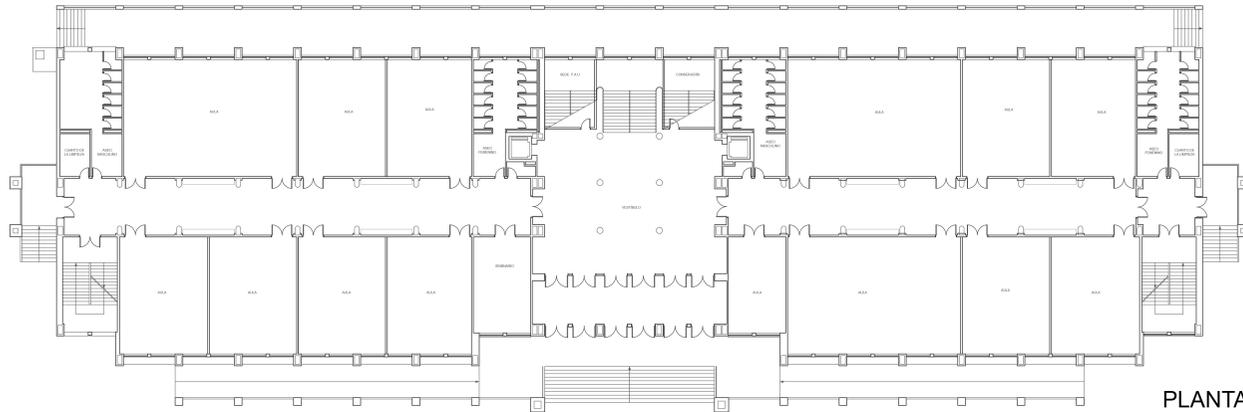
## 11. ANEXO 2

---

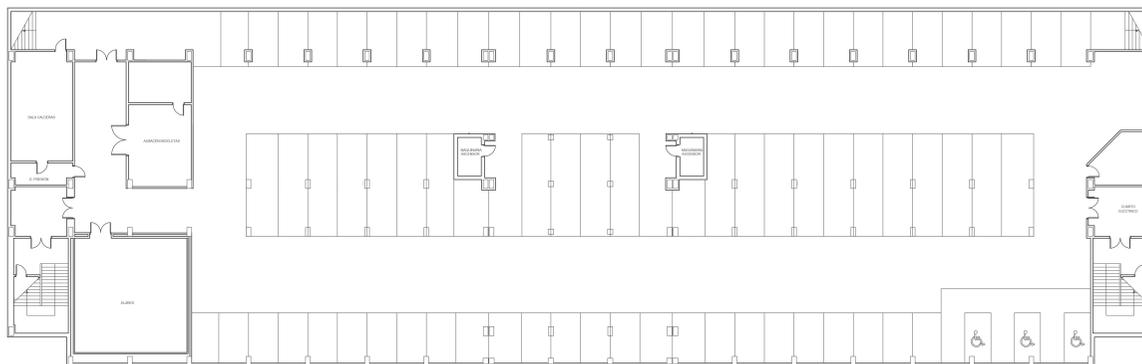
### DOCUMENTACIÓN GRÁFICA DEL AULARIO RIO ESGUEVA



PLANTA PRIMERA



PLANTA BAJA



PLANTA SÓTANO



**Universidad de Valladolid**

ANEXO 2

DOCUMENTACIÓN GRÁFICA  
AULARIO RIO ESGUEVA.

ESCALA: 1/450

PROPUESTA DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA  
TRABAJO DE FIN DE GRADO  
PAULA CORRAL ALAEJOS



**ETSAVA**  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA  
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

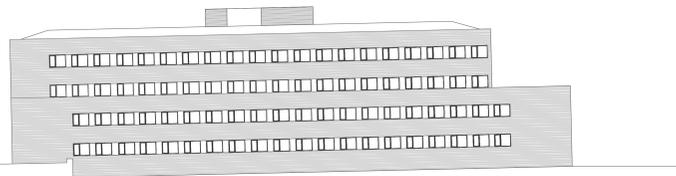
## 11. ANEXO 3

---

### DOCUMENTACIÓN GRÁFICA DE LA FACULTAD DE EDUCACIÓN Y TRABAJO SOCIAL



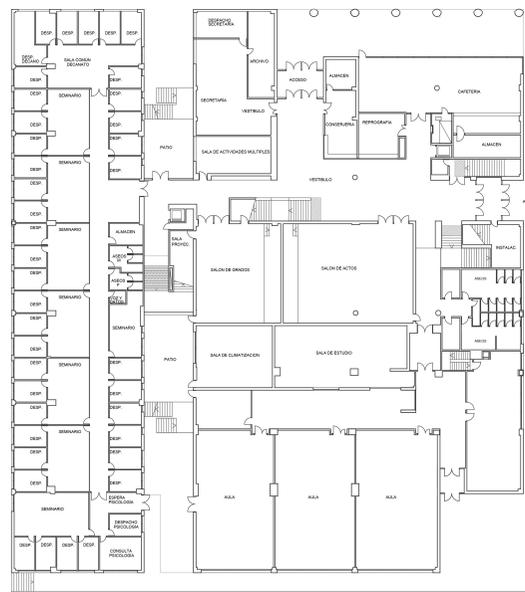
ALZADO SUR



ALZADO OESTE



PLANTA SÓTANO



PLANTA BAJA



**Universidad de Valladolid**

**ANEXO 3**

**DOCUMENTACIÓN GRÁFICA  
FACULTAD DE EDUCACIÓN Y TRABAJO  
SOCIAL**

ESCALA: 1/450

PROPUESTA DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

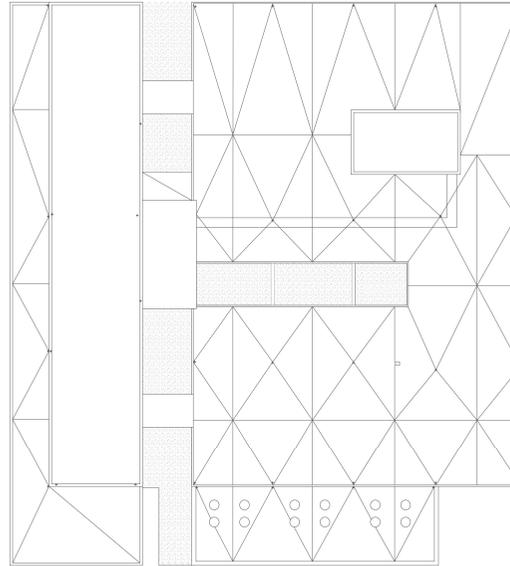
PAULA CORRAL ALAEJOS



**ETSAVA**  
ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA  
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID



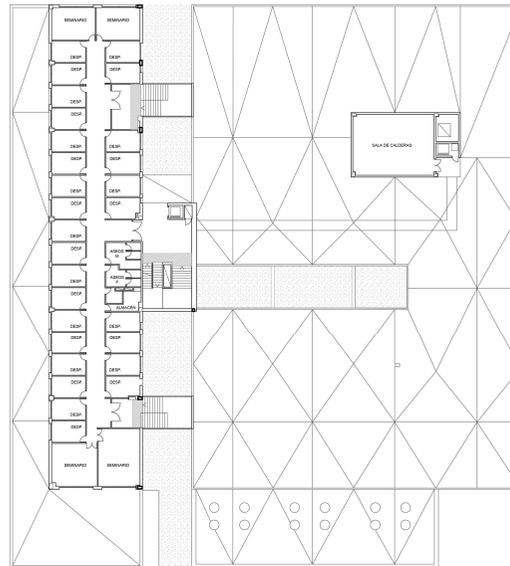
PLANTA SEGUNDA



PLANTA DE CUBIERTA



PLANTA PRIMERA



PLANTA TERCERA



**Universidad de Valladolid**

**ANEXO 3**

DOCUMENTACIÓN GRÁFICA  
FACULTAD DE EDUCACIÓN Y TRABAJO  
SOCIAL

ESCALA: 1/450

PROPUESTA DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

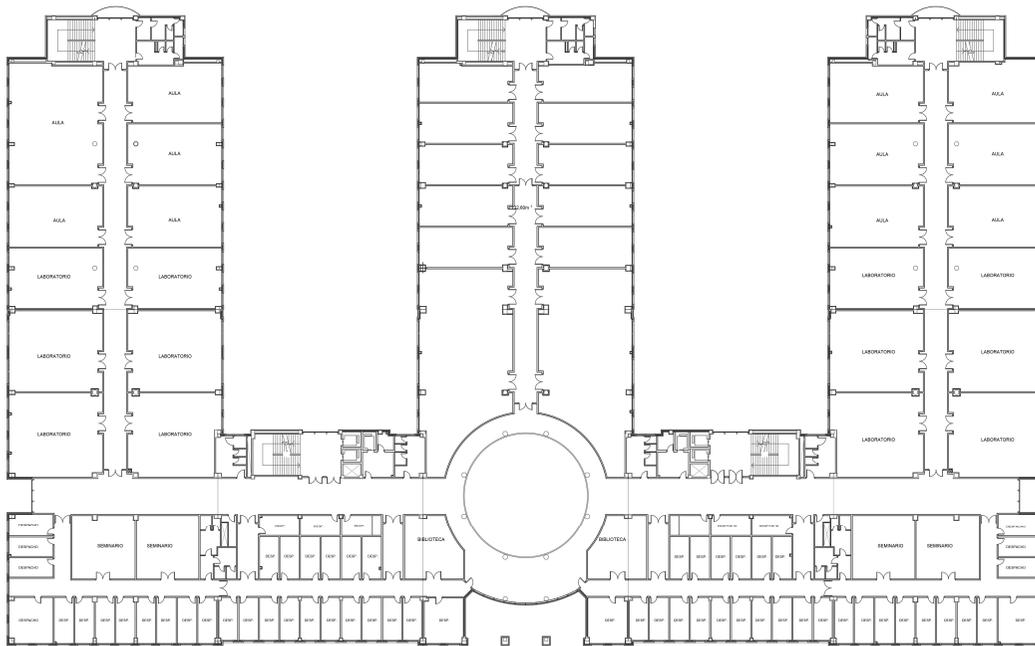
PAULA CORRAL ALAEJOS



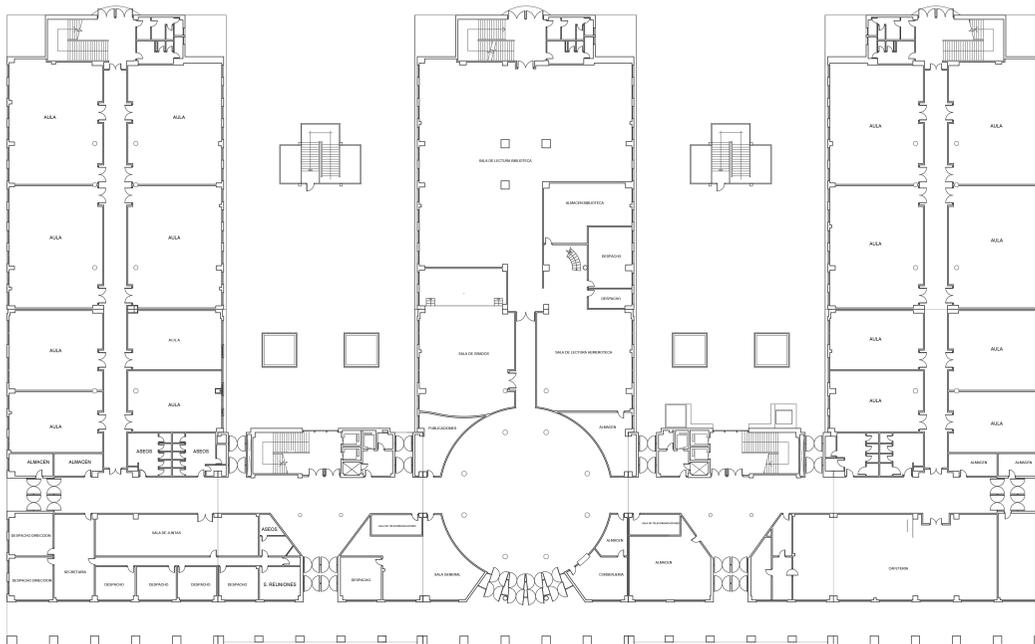
**ETSAVA**  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA  
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

## 11. ANEXO 4

### DOCUMENTACIÓN GRÁFICA DE LA ESCUELA DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACIONES E INFORMÁTICA.



PLANTA PRIMERA



PLANTA BAJA



**Universidad de Valladolid**

**ANEXO 4**

**DOCUMENTACIÓN GRÁFICA  
ESCUELA DE INGENIEROS DE  
TELECOMUNICACIONES E INFORMÁTICA**

ESCALA: 1/650

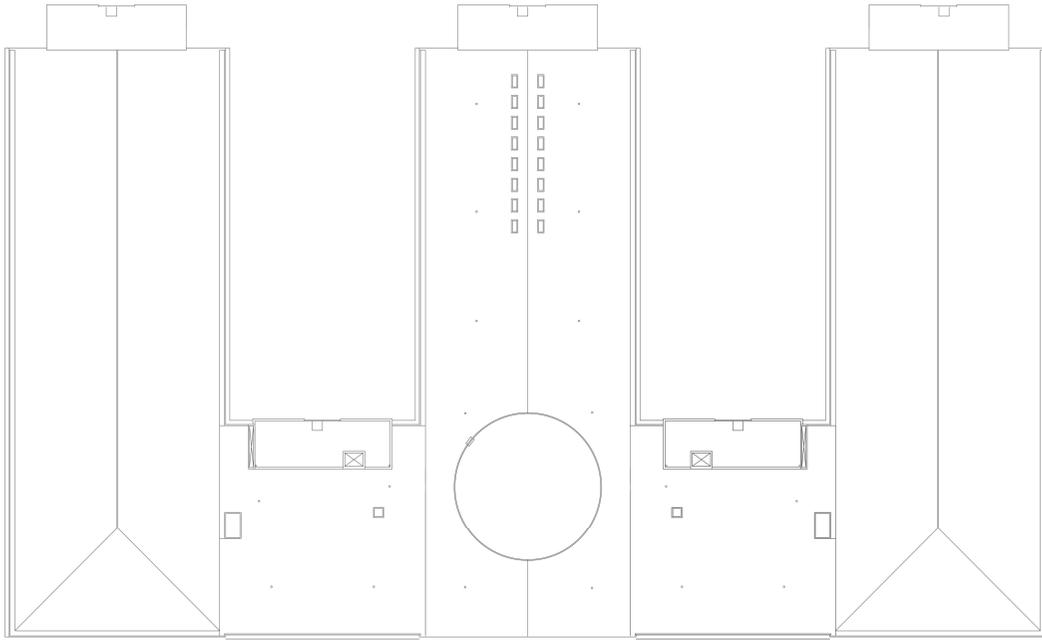
**PROPUESTA DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA**

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

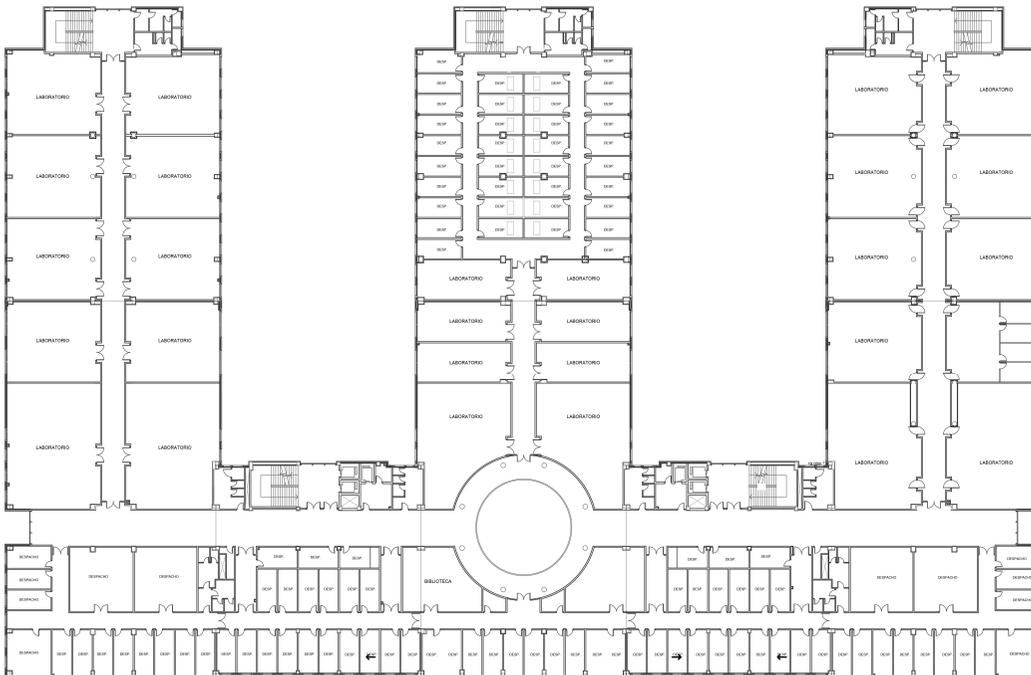
**PAULA CORRAL ALAEJOS**



**ETSAVA**  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA  
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID



PLANTA DE CUBIERTA



PLANTA TERCERA



**Universidad de Valladolid**

**ANEXO 4**

DOCUMENTACIÓN GRÁFICA  
 ESCUELA DE INGENIEROS DE  
 TELECOMUNICACIONES E INFORMÁTICA

ESCALA: 1/650

PROPUESTA DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA

TRABAJO DE FIN DE GRADO

PAULA CORRAL ALAEJOS



**ETSAVA**  
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA  
 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

## 11. ANEXO 5

---

FICHAS JUSTIFICATIVAS DE KG. NBE CT-79

FICHA JUSTIFICATIVA DEL CALCULO DEL KG DEL EDIFICIO

El presente cuadro expresa que los valores de k especificados para los distintos elementos constructivos del edificio cumplen los requisitos exigidos en los artículos 4º y 5º de la Norma Básica de la Edificación NBE-CI-79 Condiciones térmicas en los edificios

ELEMENTO CONSTRUCTIVO			Superf. S m <sup>2</sup>	Coeficiente k (Kcal/h °C) (1)	S · k (W/C) °C	Coef. correc. n	n · S · k (W/C) °C		
<b>APARTADO E</b>			Se	Ke	SeKe	1	1SeKe		
Cerramientos en contacto con el ambiente exterior	Huecos exteriores verticales puertas, ventanas	Ventana A	393.35	3.4000	1337.39	1	1418.39		
		Ventana B							
		Ventana C							
	Cerramientos verticales o inclinados más de 60º con la horizontal	Puerta	16.20	5.0000	81.00				
		Fachada A	1300.91	0.3781	491.93				
		Fachada B							
		Fachada C							
	Forjados sobre espacios exteriores	Forjado A	94.50	0.3504	33.11				491.93
		Forjado B							
		Forjado C							33.11
<b>APARTADO N</b>			Sn	Kn	SnKn	0.5	0.5 SnKn		
Cerramientos de separación con otros edificios o con locales no calefactados.	Cerramientos verticales de separación con locales no calefactados o medianerías	Pared A				0.5	130.71		
		Pared B							
		Pared C							
		Pared D							
	Forjados sobre espacios cerrados no calefactados de altura > 1 m.	Forjado A	606.12	0.4313	261.43				
		Forjado B							
		Forjado C							
	Huecos, puertas, ventanas	Ventana A							
		Puerta A							
		Puerta B							
<b>APARTADO O</b>			Sq	Kq	SqKq	0.8	0.8 SqKq		
Cerramientos de techo o cubierta	Huecos, lucernarios, claraboyas	Lucernario				0.8	100.90		
	Azoteas (3)	Azotea	45.36	0.4203	19.06				
	Cubiertas inclinadas menos de 60º con la horizontal	Cubierta	447.82	0.2816	126.13				
<b>APARTADO S</b>			Ss	Ks	SsKs	0.5	0.5 SsKs		
Cerramientos de separación con el terreno (2)	Soleras	Solera				0.5			
	Forjados sobre cámara de aire de altura <= 1 m.	Forjado							
	Muros enterrados o semienterrados	Muro							

I Total

I Total

Factor de forma f en m<sup>-1</sup> =  $\frac{\text{Superficie total } S}{\text{Volumen total } V} = \frac{2904.27}{6282.25} \cdot \frac{(1)}{(2)} = 0.46 \quad (3)$

Exigencia de la Norma (Art 4º)

Cumplimiento de la exigencia de la Norma

Tipo de energía	Factor de forma	Zona climática . D	KG (=)
I II	0.46 (3)		0.92936 (5)

KG del edificio =  $\frac{2190.31}{2904.27} \cdot \frac{(4)}{(1)} = 0.75 \quad (=) \quad 0.93 \quad (5)$

- Estos coeficientes deben cumplir los requisitos exigidos en el artículo 5º de la Norma. Para los edificios situados en las Islas Canarias será suficiente cumplimentar esta columna.
- Como se indica en 3.2, pueden emplearse coeficientes lineales de transmisión de calor Ks en vez de Ks siempre que se cumpla la condición de que Ks.Ls = Ks.Ss, en Kcal/h °C (W/°C).
- Se pueden incluir en este apartado las azoteas ajardinadas y forjados enterrados.



### Ficha justificativa del cálculo del KG del edificio

El presente cuadro expresa que los valores de K especificados para los distintos elementos constructivos del edificio cumplen los requisitos exigidos en los artículos 4º y 5º de la Norma Básica de la Edificación NBE-CT-79 «Condiciones Térmicas en los Edificios».

Elemento constructivo		Superf. S m <sup>2</sup>	Coefficiente K kcal/h m <sup>2</sup> °C (W/m <sup>2</sup> °C) (1)	S · K kcal/h °C (W·°C)	Coef. correct. n	n · S · K kcal/h °C (W·°C)
<b>Apartado E</b>		<b>Se</b>	<b>Ke</b>	<b>SeKe</b>	<b>1</b>	<b>ΣSeKe</b>
Cerramientos en contacto con el ambiente exterior	Huecos exteriores verticales, puertas, ventanas	1.800	1,32	2.376		
	Cerramientos verticales o inclinados mas de 60º con la horizontal	2.500	0,50	1.250		
	Forjados sobre espacios exteriores	700	0,50	350		
<b>Apartado N</b>		<b>Sn</b>	<b>Kn</b>	<b>SnKn</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5ΣSnKn</b>
Cerramientos de separación con otros edificios o con locales no calefactados	Cerramientos verticales de separación con locales no calefactados, o medianerías				0,5	
	Forjados sobre espacios cerrados no calefactados de altura > 1 m	5.504	0,50	2.752		
	Huecos, puertas, ventanas					
<b>Apartado O</b>		<b>So</b>	<b>Ko</b>	<b>SoKo</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8ΣSoKo</b>
Cerramientos de techo o cubierta	Huecos, lucernarios, claraboyas	1.800	1,32	2.376	0,8	2.400
	Azoteas (3)	5.933	0,40	2.373		
	Cubiertas inclinadas menos de 60º con la horizontal					
<b>Apartado S</b>		<b>Ss</b>	<b>Ks</b>	<b>SsKs</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5ΣSsKs</b>
Cerramientos de separación con el terreno (2)	Soleras				0,5	
	Forjados sobre cámara de aire de altura ≤ 1 m					
	Muros enterrados o semienterrados					
Σ Total						43.602

Factor de forma f en m<sup>-1</sup> =  $\frac{\text{Superficie total S}}{\text{Volumen total V}} = \frac{21.200}{31.920} = 0,664$

**Exigencia de la Norma (Art. 4.º)**

Tipo de energía I - II	Factor de forma	Zona climática	KG ≤
	0,27	3	1,32

**Cumplimiento de la exigencia de la Norma**

K<sub>ed</sub> del edificio =  $\frac{43.602}{21.200} = 2,06 < 1,32$

(1) Estos coeficientes deben cumplir los requisitos exigidos en el artículo 5º de la Norma. Para los edificios situados en las Islas Canarias será suficiente cumplimentar esta columna.  
 (2) Como se indica en 3.2 pueden emplearse coeficientes lineales de transmisión de calor K<sub>S</sub> en vez de K<sub>S</sub> siempre que se cumpla la condición de que K<sub>S</sub> · S = K<sub>S</sub> · S<sub>S</sub> en kcal/h °C (W·°C).  
 (3) Se pueden incluir en este apartado las azoteas aisladas y forjados enterrados.

**Facultad de educación. Ficha justificativa del cumplimiento de la NBE-CT/79**

Ficha justificativa del cálculo del Kg del edificio

Elemento constructivo		Superf. S m <sup>2</sup>	Coef. K kcal/hm <sup>2</sup> C	SxK kcal/h°C	Coef. Correc. N	NxSUMSx K kcal/h°C	
<b>Apartado E</b>		<b>TIPO</b>	<b>S<sub>E</sub></b>	<b>K<sub>E</sub></b>	<b>S<sub>E</sub>K<sub>E</sub></b>	<b>N</b>	<b>SUMA(S<sub>E</sub>K<sub>E</sub>)</b>
Cerramientos en contacto con el ambiente exterior	Huecos exteriores verticales, puertas, ventanas	Ventanas	692	3,4	2352,8	1	
		Vent Patios	528	3,4	1795,2	1	
	Cerramientos verticales o inclinados mas de 60° con la horizontal	Puertas	20	3,4	68	1	4216
		P. Exterior	1930	0,9	1737	1	
	Forjados sobre espacios exteriores	P. Interior	660	0,9	594	1	
		Forj p.baja	2976	0,64	1904,64	1	
				0	1	2331	1904,64

<b>Apartado N</b>		<b>TIPO</b>	<b>S<sub>E</sub></b>	<b>K<sub>E</sub></b>	<b>S<sub>E</sub>K<sub>E</sub></b>	<b>N</b>	<b>SUMA(S<sub>E</sub>K<sub>E</sub>)</b>
Cerramientos de separación con otros edificios o con locales no calefactados	Forjados sobre espacios cerrados no calefactados de altura > 1 m				0	0,5	
					0	0,5	
					0	0,5	
					0	0,5	
					0	0,5	0
	Huecos, puertas, ventanas				0	0,5	
				0	0,5		
				0	0,5	0	

<b>Apartado Q</b>		<b>TIPO</b>	<b>S<sub>E</sub></b>	<b>K<sub>E</sub></b>	<b>S<sub>E</sub>K<sub>E</sub></b>	<b>N</b>	<b>SUMA(S<sub>E</sub>K<sub>E</sub>)</b>
Cerramientos de techo o cubierta	Huecos, lucernarios, claraboyas				0	0,8	
					0	0,8	0
	Azoteas				0	0,8	
					0	0,8	0
	Cubiertas inclinadas menos de 60° con la horizontal	A dos aguas	2976	0,65	1934,4	0,8	
					0	0,8	
				0	0,8	1547,52	

<b>Apartado S</b>		<b>TIPO</b>	<b>S<sub>E</sub></b>	<b>K<sub>E</sub></b>	<b>S<sub>E</sub>K<sub>E</sub></b>	<b>N</b>	<b>SUMA(S<sub>E</sub>K<sub>E</sub>)</b>
Cerramientos de separación con el terreno	Soleras				0	0,5	
					0	0,5	0
	Forjados sobre cámara de aire de altura < 1m				0	0,5	
					0	0,5	0
	Muros enterrados o semienterrados				0	0,5	
					0	0,5	0

SUMA TOTAL VOLUMEN TOTAL 9782  
43271

9999,16

factor de forma f en m-1 =

Superficie total/ Volumen. Total =

0,23

Exigencia de la norma (Art. 4.º)

Cumplimiento de la exigencia de la Norma

Tipo de energía I, II	FaClor de forma 0,23	Zona climática Kg <	1,26	Kg edificio =	1,02	<	1,26
-----------------------	----------------------	---------------------	------	---------------	------	---	------

