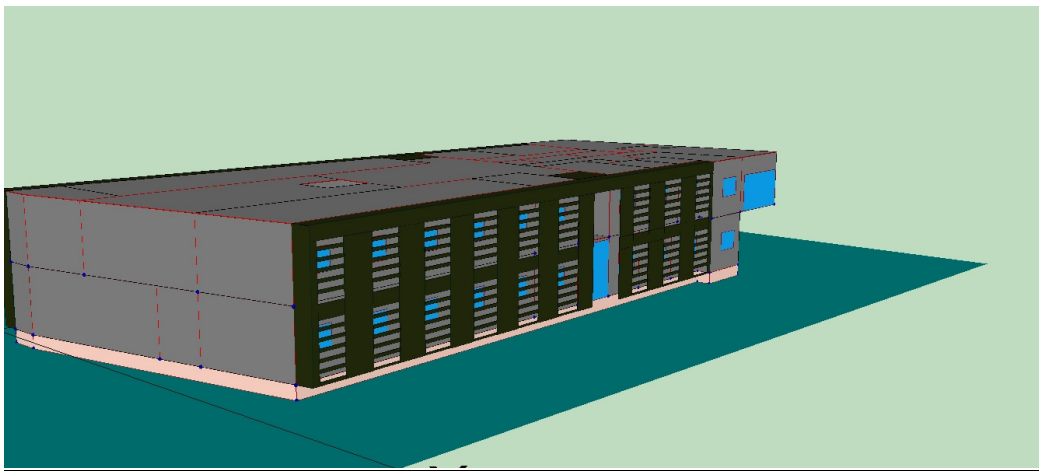


# Sistema de doble fachada. Análisis de las mejoras en las prestaciones térmicas y acústicas de un edificio destinado a centro de salud.



---

Alumno: Javier Olmedilla Jiménez.  
Tutores: Antonio García Laespada.  
Ignacio Enrique Guillen Guillamón.

*Curso 2011/12. Especialidad Tecnología*

---

**INDICE**

1.	RESUMEN. ....	pag. 4
2.	INTRODUCCION. ....	pag. 6
2.1.	Cerramientos: Relación con la edificación y su entorno. ....	pag. 6
2.2.	Necesidades de las fachadas. ....	pag. 8
2.3.	Evolución en los sistemas constructivos de las fachadas.....	pag. 10
2.4.	Primeros sistemas de fachada de doble piel. ....	pag. 10
2.5.	Clasificación del sistema de fachada de doble piel.....	pag. 12
3.	DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO. ....	pag. 18
3.1	Cuadro de Superficies . ....	pag. 21
3.2	Sistema envolvente. ....	pag. 23
3.3	Sistema de compartimentación. ....	pag. 26
4.	CALCULOS DE LAS DEMANDAS ENERGETICAS DE CALEFACCION Y REFRIGERACION. ....	pag. 28
4.1.	Consideraciones previas. ....	pag. 29
4.2.	Proyecto doble fachada. Modelización en LIDER. ....	pag. 32
4.3.	Proyecto Fachada sencilla. Modelización en LIDER. ....	pag. 40
4.4.	Demandas de calefacción y refrigeración. CALENER. ....	pag. 41
4.5.	Análisis y comparación de los resultados. ....	pag. 42
5.	CALCULOS ACUSTICOS. AISLAMIENTO A RUIDO EXTERIOR. ....	pag. 45
5.1.	Conceptos previos. ....	pag. 47
5.2.	Zonificación de los espacios. ....	pag. 54
5.3.	Determinación del índice de ruido a día, Ld. ....	pag. 57
5.4.	Cálculos del aislamiento acústico a ruido aéreo en fachada Proyecto fachada sencilla. ....	pag. 58
5.5.	Cálculos del aislamiento acústico a ruido aéreo en fachada Proyecto fachada doble. ....	pag. 63
5.6.	Comparación y análisis de resultados entre solución doble fachada y fachada sencilla. ....	pag. 73
5.7.	Cálculos del aislamiento acústico a ruido aéreo en fachada Proyecto fachada sencilla con variante doble ventana. Fachada consulta tipo. ....	pag. 74
5.8.	Comparación y análisis de resultados entre solución doble fachada y variante fachada sencilla con doble ventana. ....	pag. 73

6.	ANALISIS ECONOMICO DE LA RENTABILIDAD DEL SISTEMA DE DOBLE FACHADA PLANTEADO. ....	pag. 74
7.	CONCLUSIONES FINALES. ....	pag. 79
8.	BIBLIOGRAFIA. ....	pag. 81
9.	ANEXO I. CALCULOS DE LA DEMANDA ENERGETICA. ....	pag. 82
10.	ANEXO II. CALCULOS ACUSTICOS. ....	pag. 111

## 1. RESUMEN.

Uno de los aspectos fundamentales en un edificio de uso terciario es el **confort térmico**; prueba de ello es que aproximadamente el 60% del consumo energético en este sector, se corresponde con los sistemas de climatización, según datos del IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energético) del año 2008. Por este motivo, se considera cada vez más relevante minimizar las pérdidas térmicas a través de la envolvente de las edificaciones y de sus instalaciones, garantizando un mínimo de confort a sus ocupantes. Cabe destacar también que la existencia de pérdidas térmicas supone el derroche de energía, pues se aumenta el consumo debido a la sobreutilización de los sistemas térmicos para compensar las mismas y de este modo satisfacer las necesidades de confort de los usuarios.

Sabemos que cuando la radiación solar entra en contacto con la superficie de la edificación parte de esta absorbe el calor y también la refleja. Parte de la energía que es absorbida es transmitida directamente al interior. Esta es **una de las razones por las cuales se utiliza doble fachada** en áreas de mayor exposición solar y con un clima cálido, siendo recomendable utilizarlos en las fachadas que cuentan con más incidencia solar.

Dentro de los parámetros que engloba el termino confort, no debemos olvidar el **confort acústico**, que puede definirse como el nivel de ruido que se encuentra por debajo de los niveles legales que potencialmente causan daños a la salud, y que además ha de ser aceptado como confortable por los ocupantes afectados. Hoy en día, el aislamiento acústico es en una de las exigencias más destacadas del edificio puesto que contribuye de manera importante a garantizar el nivel de confort adecuado en el interior de una edificación. Es por ello que la utilización de doble fachada en edificios situados en lugares con niveles elevados de ruido exterior o edificios en los que se desarrollen actividades que requieren de unas mejores condiciones de confort acústico, se puede considerar en principio como solución conveniente y eficiente desde el punto de vista del aislamiento acústico.

En el presente trabajo se analizará la idoneidad de la solución adoptada para una fachada de doble piel en un edificio destinado a centro de salud, desde dos puntos vista: ahorro de la demanda energética y mejora del aislamiento acústico a ruido procedente del exterior.

Los objetivos que se pretenden alcanzar en este trabajo los podemos resumir de la siguiente manera:

- A partir del Proyecto de un edificio destinado a centro de salud, calcular las condiciones acústicas y térmicas que se darán en el interior del edificio en el caso de que la envolvente vertical se solucione mediante un sistema de doble fachada definido.
- Cuantificar, de manera teórica los ahorros en el consumo energético.
- Evaluar, con los datos obtenidos, la eficiencia y ventajas que ofrece un sistema de doble fachada frente a una solución convencional.
- Analizar desde el punto de vista económico la rentabilidad del sistema de doble fachada planteado, comparando su coste de ejecución con el posible ahorro en el consumo de energía durante la vida útil estimada del edificio.

La fases a desarrollar en este trabajo serán las siguientes:

- Introducción, descripción y breve análisis de las soluciones existentes de fachadas de doble piel
- Descripción del edificio objeto del estudio así como de la solución de doble fachada utilizada en este caso.
- Calculo de las demandas energéticas.
- Cálculos acústicos: aislamiento a ruido exterior.
- Análisis y comparación de resultados. Partiendo de dos soluciones de cerramiento exterior de fachada, una convencional y otra de doble fachada, se compararán los resultados obtenidos en los cálculos térmicos y acústicos de ambos casos.
- Conclusiones finales.

La metodología a seguir se agrupa de la siguiente manera:

- Se han utilizado como fuentes principal de información: artículos de investigación en revistas técnicas, documentación y consultas a empresas comerciales del sector especializadas en la fabricación y montaje de fachadas prefabricadas, así como bibliografía relacionada con temas técnico-constructivos.
- Estudio de la legislación y normativa vigente.
- Para los cálculos térmicos se utilizará el programa Lider- Calener VyP.
- Los cálculos acústicos de aislamiento a ruido de exterior y tiempos de reverberación se realizarán siguiendo el método de la opción general establecida en el CT-DB HR Protección frente al Ruido.
- El análisis económico de la solución a estudio se realizará en base a tres parámetros principales:
  1. Los precios y rendimientos de mano de obra y materiales se tomarán tanto de la base de precios oficiales de la construcción, como de las referencias consultadas a distintos industriales en los casos más complejos.
  2. El tiempo de uso previsto para el edificio, su vida útil estimada.
  3. El coste del Kw\*h de energía eléctrica.

## 2. INTRODUCCION.

El gasto energético a nivel nacional y mundial es una preocupación para los Gobiernos. Cada año crece la demanda de energía y las compañías eléctricas no tienen capacidad para crecer a la misma velocidad que la demanda solicitada. El déficit tarifario es cada vez mayor y para solucionar el problema, todos los Gobiernos han apostado por hacer un frente común poniendo unos objetivos globales que permitan reducir el gasto global.

En el actual escenario de la construcción de edificios, la fachada forma parte de los componentes de mayor inversión inicial y se espera que cumpla más y mejores prestaciones. Como se ha señalado anteriormente, la conservación de la energía y la alta sensibilidad frente a las cuestiones medioambientales han tomado protagonismo, y el confort del usuario es considerado como primordial. Debido a la calidad de su desempeño, la fachada influye notablemente tanto en los costos operativos como en las condiciones interiores, tanto de climatización como acústicas. Como consecuencia, una fachada altamente eficiente suele ser una condición para un proyecto de edificio económicamente viable.

### 2.1. Cerramientos: Relación con la edificación y su entorno.

La envolvente del edificio, así como el resto de elementos interiores que lo conforman, influyen sobre las diferencias de clima que se producen en el interior de la edificación con respecto al clima exterior. Generalmente, el máximo confort y la conservación de la energía en el interior del edificio, depende de la resistencia térmica de los cerramientos. La envolvente térmica de un edificio, está compuesta por todos los cerramientos que limitan espacios habitables con el ambiente exterior (aire, terreno u otro edificio) y por todas las particiones interiores que limitan los espacios habitables con los espacios no habitables que a su vez estén en contacto con el ambiente exterior.

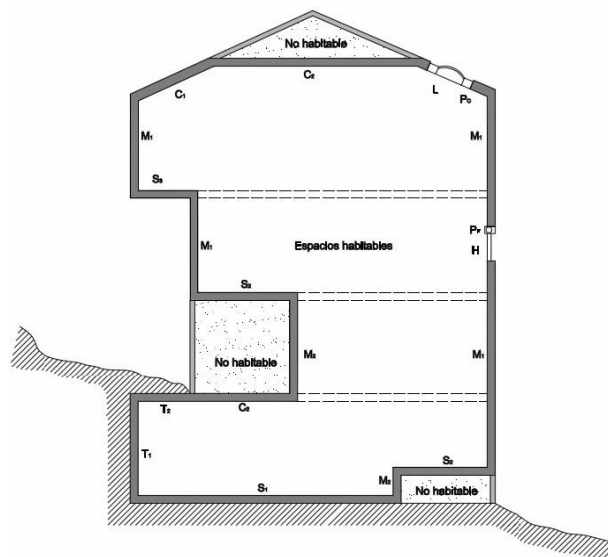


Fig. 1 Esquema de la envolvente térmica de un edificio.  
Fuente: CTE HE-1

Dado que la labor del arquitecto no es solo construir sino analizar las repercusiones de las decisiones tomadas durante el ciclo de vida de una edificación, esta condición genera especial interés y preocupación, ya que el buen funcionamiento energético y las óptimas condiciones internas de confort son factores fundamentales en la lucha a favor del ahorro energético y contra el cambio climático.

Los parámetros de ahorro de energía y aislamiento acústico de un edificio se centran fundamentalmente en el análisis de las particiones, tanto verticales como horizontales, de los espacios habitables (aquellos que están calefactados) con el exterior y con los espacios no habitables (aquellos que no están calefactados).

Los cerramientos y particiones interiores de los espacios habitables se clasifican según su situación en las siguientes categorías:

- Suelos: comprenden aquellos cerramientos inferiores horizontales o ligeramente inclinados que están en contacto con el aire, con el terreno, o con un espacio no habitable.
- Medianerías: comprenden aquellos cerramientos que lindan con otros edificios ya construidos o que se construyan a la vez y que formen una división común. Si el edificio se construye con posterioridad, el cerramiento se considerará a efectos térmicos una fachada.
- Cerramientos en contacto con el terreno: comprenden aquellos cerramientos distintos a los anteriores que están en contacto con el terreno.
- Particiones interiores: comprenden aquellos elementos constructivos horizontales o verticales que separan el interior del edificio en diferentes recintos.
- Cubiertas: comprenden aquellos cerramientos superiores en contacto con el aire cuya inclinación es inferior a 60° respecto a la horizontal.
- Fachadas: comprenden los cerramientos exteriores en contacto con el aire cuya inclinación es superior a 60° respecto a la horizontal. Se agrupan en 6 orientaciones. La orientación de una fachada se caracteriza mediante el ángulo  $\alpha$  que es el formado por el norte geográfico y la normal exterior de la fachada medido en sentido horario.

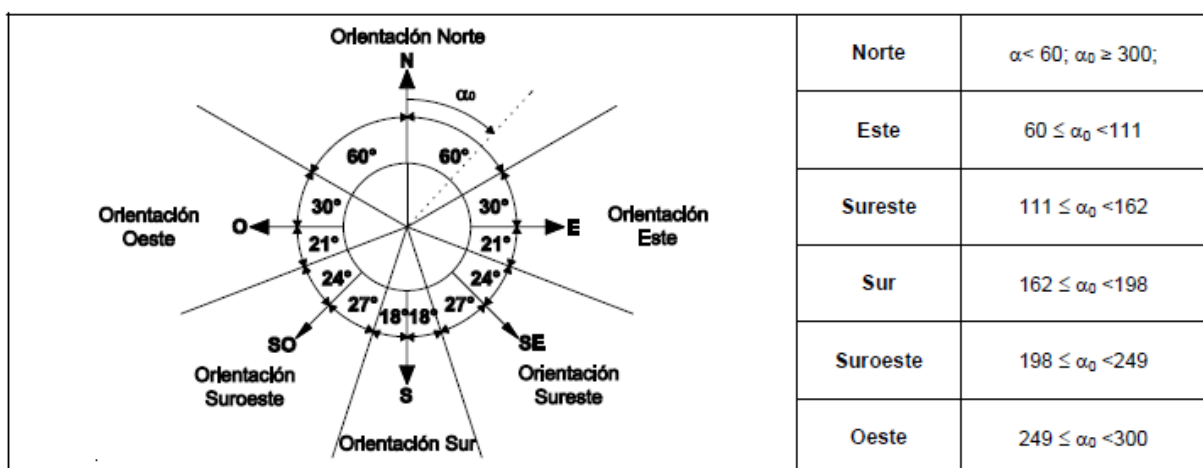


Fig. 2 Orientaciones de las fachadas  
Fuente: CTE HE-1

Estas últimas, centran el objeto de estudio del presente documento.

## 2.2. Necesidades de las fachadas.

Para alcanzar un nivel de confort óptimo la fachada debe cumplir unos requisitos técnicos como son la estanqueidad, el control de la permeabilidad, el aislamiento acústico y el aislamiento térmico. Pero también tiene que cumplir los objetivos de uso como son la privacidad o la defensa frente a la intrusión, que afectan directamente al nivel de confort del usuario.

No cabe olvidar la relación de los espacios interiores con el exterior, la visión periférica o la entrada de luz. Las vistas que se logran desde la edificación son un valor añadido, lo cual refleja claramente la relevancia que se le confiere desde el punto de vista del usuario.

Las fachadas como elemento principal de un edificio tienen que cumplir una serie de requisitos que marca el CTE para garantizar las exigencias básicas de seguridad, salubridad, ahorro energético y confort.

### SEGURIDAD ESTRUCTURAL

En edificios en altura las fachadas no asumen ninguna función estructural, al tratarse por lo general de estructuras de hormigón armado o estructuras metálicas. Aún así las fachadas reciben cargas, siendo la carga de viento la más importante. Una de las principales funciones de la fachada es la de absorber y transmitir esta carga a la estructura, por lo que debe tener una resistencia suficiente (resistencia a la flexión bidimensional) y disponer de las fijaciones necesarias para ello. Los parámetros a tener en cuenta en la verificación de los muros de fachada son la carga de viento, que depende de la altura y del entorno del edificio, las dimensiones de los paños entre elementos de sustentación o arriostramiento, y la resistencia a la flexión del muro.

### AISLAMIENTO TERMICO

Para limitar los consumos energéticos para la climatización en un edificio es necesario que la envolvente térmica se ejecute con soluciones que aporten un elevado aislamiento térmico. El Documento Básico de Ahorro de Energía (DB HE 1) determina las transmitancias térmicas límite en función del tipo de elemento constructivo (suelo, fachada, cubierta, etc.) y de la zona climática. En el gráfico adjunto se muestran los valores correspondientes solo para fachadas.

<i>Cerramientos y particiones interiores</i>	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Muros de fachada, <i>particiones interiores</i> en contacto con espacios no habitables, primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno <sup>(1)</sup> y primer metro de muros en contacto con el terreno	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74

Fig. 3 Transmitancia térmica máxima U en W/m<sup>2</sup>K

Fuente: CTE HE-1



En la comprobación de los límites que marca el CTE hay que tener en cuenta los puentes térmicos, siendo puntos débiles en la envolvente térmica que permiten un escape de calor elevado en comparación con el resto de la fachada. Entre otros, hay que destacar los puentes térmicos que suponen los elementos estructurales como pilares y cantos de forjado. Para evitar patologías asociadas a los puentes térmicos (condensaciones, moho), es necesario reducirlos lo máximo posible.

### AISLAMIENTO ACUSTICO

Con la entrada en vigor de la Ley del Ruido y del DB HR del CTE, los elementos constructivos deben garantizar unos niveles de protección acústica determinados para el usuario final. Este criterio requiere el cumplimiento acústico de las soluciones una vez construidas (cumplimiento "in situ").

$L_d$ dBA	Uso del edificio			
	Residencial y hospitalario		Cultural, sanitario <sup>(1)</sup> , docente y administrativo	
	Dormitorios	Estancias	Estancias	Aulas
$L_d \leq 60$	30	30	30	30
$60 < L_d \leq 65$	32	30	32	30
$65 < L_d \leq 70$	37	32	37	32
$70 < L_d \leq 75$	42	37	42	37
$L_d > 75$	47	42	47	42

<sup>(1)</sup> En edificios de uso no hospitalario, es decir, edificios de asistencia sanitaria de carácter ambulatorio, como despachos médicos, consultas, áreas destinadas al diagnóstico y tratamiento, etc.

Fig. 4 Valores de aislamiento acústico a ruido aéreo en dBA, entre un recinto protegido y el exterior, en función del índice de ruido día,  $L_d$   
Fuente: CTE DB-HR

La exigencia de aislamiento para fachadas varía en función del nivel de ruido al que está expuesto el edificio. El requerimiento es mayor para un edificio construido en la cercanía de una autopista que para un edificio construido en un ambiente rural.

### PROTECCION FRENTE AL AGUA

Al estar las fachadas expuestas a la intemperie es necesario que tengan un elevado grado de impermeabilidad para garantizar la protección de los materiales y los espacios interiores del edificio. El DB HS 1 del CTE define 5 grados de impermeabilidad, en función de las características del edificio (altura y entorno) y de la climatología de la zona en la que está ubicado (pluviometría y viento). Para cada grado de impermeabilidad los elementos que componen la fachada tienen que cumplir una serie de requisitos, detallados en la normativa.

### 2.3. Evolución en los sistemas constructivos de las fachadas.

Los estudios que se hacen centrados en las fachadas, en aras a lograr una mayor eficiencia y mejorar la sostenibilidad de la edificación, podemos separarlos en grupos:

1. Combinaciones de distintas capas con diversos materiales. Es decir intercalar un aislamiento u otro, usar un material de cerramiento u otro, dimensionar el tamaño de las cámaras de aire, estudiar distintos espesores de aislamiento, la supresión de puentes térmicos, etc...Mientras en España se usan espesores de aislamiento de 3 a 5 cm. en otros países europeos se están usando 18 o 20 cm. De la misma manera en España se usan materiales cerámicos fundamentalmente y en otros países se imponen las tabiquerías secas. Se prevé que para el año 2020 sea obligatorio en Europa llegar al estándar passivhaus desarrollado en Alemania. Esto supondría reducir los consumos energéticos de las edificaciones un 80%. Habría por tanto que modificar todos los hábitos constructivos en materiales, sistemas, espesores y en general en optimizar los recursos y conocimientos.
2. Las fachadas ventiladas y los distintos materiales y sistemas a emplear. Son una solución comprobada y que si no está más extendido su uso es por no haber alcanzado una equiparación en coste a las soluciones tradicionales
3. La doble piel: generar una envolvente sobre la primera fachada que funcione estéticamente y técnicamente con independencia y autonomía pero complementaria. La doble piel surge a partir de la preocupación ambiental del ahorro energético y motivada por:
  - La minimización de uso de energía durante el uso del edificio.
  - La necesidad práctica de mejorar el ambiente interno.
  - La ambición de mejorar las condiciones acústicas en edificios ubicados en áreas de alto nivel de ruido.

### 2.4. Primeros sistemas de fachadas doble piel.

Según Arons : “Una fachada de doble piel (Double Skin Façade) se compone de dos capas que permiten el movimiento de aire exterior o interior en él. En algunas ocasiones también se hace referencia a las dobles pieles (twin skins)”. Sin embargo, para otros autores, una fachada de doble piel (Double Skin Façade) está constituida necesariamente por superficies transparentes. En general, apenas se hace mención a superficies opacas.

Algunos autores atribuyen la primera instancia de doble piel de vidrio al Steiff Factory en Giengen, Alemania (1903). Las prioridades eran maximizar las horas de luz natural mientras que se tenía en cuenta el clima frío y los vientos fuertes de la región. La solución era una estructura de tres niveles, con un nivel de planta baja propuesto para zona de depósito y dos niveles superiores destinados a espacio de trabajo. El edificio fue un éxito y se sumaron dos niveles construidos en 1904 y 1908 con el mismo sistema de doble piel, pero usando estructura de madera en lugar de acero, por razones de presupuesto.

El concepto de un edificio que se puede adaptar a las condiciones climáticas externas no es nueva. En parte viene de la vieja tradición de crear una barrera térmica con una piel de vidrio removible, como por ejemplo el box window y las barandas de vidrio.

El primer sistema moderno norteamericano de doble fachada fue diseñado por los arquitectos Helmut, Obata y Kassabaum en 1980 para el Occidental Chemical Centre en las cataratas del Niágara (Canadá). El edificio cuenta con una fachada ventilada mediante un sistema motorizado que permite un flujo de aire ascendente desde la parte inferior de la fachada hasta la superior.

La doble piel de vidrio toma protagonismo en fachadas, estableciendo al medio ambiente como argumento principal. De esta forma, se yuxtapone la preocupación ambiental con la búsqueda del efecto estético de las múltiples capas de vidrio; ensayando las diferentes posibilidades de transparencias y reflejos mediante la combinación de diversos cristales.

En los años 90 se comienzan a difundir las fachadas de doble piel. La preocupación del medio ambiente comienza a intervenir en el diseño arquitectónico tanto a nivel técnico como político, el cual promueve a los “edificios verdes” como una buena imagen para la arquitectura corporativa. De esta manera, nacen normativas para promover el ahorro energético en el campo de la construcción.

*Fig. 5 Interior de la cámara entre las dos pieles de fachada en el Occidental Chemical Centre en las cataratas del Niágara.  
Fuente Internet*



Probablemente el primer ejemplo de doble piel de vidrio con cámara de aire ventilada sea la del Business Promotion Centre en Duisburg (Alemania), construido en 1993 por Foster and Partners. En este sistema el aire es introducido por la base de la fachada, sube por efecto chimenea removiendo el calor de los parasoles y se expulsa por la parte superior del edificio.



*Fig. 6 Business Promotion Centre en Duisburg (Alemania)  
Fuente Internet*

En las Galerías Lafayette en Berlín (Alemania), construidas por Jean Nouvel en 1995, el aire entra en la cámara de aire y sale de la misma por aberturas ubicadas en cada piso que se encuentran abiertas permanentemente. La fachada está ventilada durante la mayoría del año, pero si la temperatura externa es muy elevada o demasiado baja, se activa un sistema de ventilación mecánica.

Sabemos que cuando la radiación solar entra en contacto con la superficie de la edificación parte de esta absorbe el calor y también la refleja. Parte de la energía que es absorbida es transmitida directamente al interior. Esta es una de las razones por las cuales se utiliza doble fachada en áreas de mayor exposición solar y con un clima cálido, siendo recomendable utilizarlos en las fachadas sur y sur-orientes que son las que cuentan con más incidencia solar.

### **2.5. Clasificación del sistema de fachada de doble piel.**

Las soluciones de doble envoltorio son climáticamente adaptativas en el sentido de que sus prestaciones y modo de funcionamiento cambian dependiendo del clima exterior y de las necesidades de calefacción o refrigeración del edificio.

El uso de la doble fachada ha ido creciendo rápidamente y en consecuencia, las posibles soluciones a utilizar. “Fachada de doble piel” se refiere a un grupo variado de sistemas que son aparentemente similares, pero totalmente diferentes si consideramos el funcionamiento y rendimiento:

-Sistemas donde el espacio intermedio está cerrado y funciona sólo como una barrera térmica y sonora.

-Sistemas con ventilación mecánica entre las pieles que actúa como aislamiento acústico para controlar el rendimiento térmico de la fachada.

-Sistemas con una ventilación natural de la cámara de aire, donde el rendimiento acústico y térmico son variables y el flujo de aire puede también ser utilizado como ventilación del espacio interno del local.

Para clasificar las fachadas de doble piel podemos atender a los siguientes criterios:

- Según el tipo de sistema ventilación, lo cual define si es una fachada activa o pasiva  
Nos referimos al espacio entre pieles y a los medios que originan esta ventilación. Se deben distinguir tres:
  1. Ventilación natural, la cual se basa en las diferencias de presión del aire sin el apoyo de elementos eléctricos. Este caso se trata de una fachada pasiva.
  2. Ventilación mecánica, donde existen componentes eléctricos que ayudan al movimiento del aire.
  3. Ventilación híbrida, la cual es la sumatoria de sistemas de ventilación natural y mecánica. En este sistema se usa generalmente la ventilación natural, la ventilación mecánica se activa en caso de que no se alcancen los objetivos deseados con la ventilación natural. Muy pocas fachadas utilizan este tipo de ventilación.
- Según el material que forma la piel exterior del cerramiento, siendo las más generalizadas las de doble piel de vidrio.

La gama de opciones que pudieran existir va depender de la necesidad específica del lugar, pues las condiciones pueden variar y el material específico reacciona diferente en cada ambiente y clima, para determinar cual es mas apropiado hay que tomar en cuenta las condiciones en que este se encuentra y la seguridad ante siniestros también es importante a tomar en consideración.



*Fig. 7 Colegio Arquitectos de Gijón. El perímetro de la fachada posterior se ha definido por una doble hoja de vidrio. La exterior es de vidrio laminar decorado en madera de castaño.*

*Fuente. Web Gubia Sevilla*

- Hormigón: Tiene gran capacidad de absorción de calor.
  - Madera: La alta resistencia que posee al paso del calor lo convierte en un buen aislante térmico.
  - Fibrocemento: poder aislante elevado.
  - Aluminio: no es apto para aislamiento térmico, debido a su alto coeficiente de conductividad.
  - Acero: es un material altamente dúctil y suele absorber rápidamente el calor.
  - Cobre: conductividad 56, buen conductor de calor.
  - Fibra de madera: Aislante natural.
- Según las particiones o divisiones en fachada, lo cual determina el espacio entre pieles. Nos referimos a las particiones del espacio intermedio entre las diferentes pieles de vidrio y a cómo esté diseñado este espacio. Pueden estar clasificadas en cuatro clases:
    - 1-Fachada tipo múltiples pisos: el espacio intermedio no está dividido entre los diferentes pisos y presenta aberturas de ventilación sólo en la base y en la culminación de la fachada. Normalmente las aberturas de la fachada interna son utilizadas sólo para mantenimiento y limpieza.
    - 2- Fachada corredor: el espacio intermedio está dividido por pasarelas transitables para mantenimiento lo que facilita una buena ventilación natural.
    - 3- Fachada tipo box-window: consiste en un marco con entradas de aire de forma que el espacio intermedio está cerrado horizontal y verticalmente evitando la transmisión de olores y sonidos.
    - 4- Fachada tipo shaft-box: se suele instalar junto con el sistema box-window pero conectado a un eje vertical que permite un flujo mayor de aire, mejorando así la ventilación de la fachada. Se reduce la cantidad de aberturas en la piel exterior de la fachada y se mejora así el aislamiento acústico. Este tipo de fachadas se utiliza en el caso de ventilación natural.
  - Según las formas de ventilación del espacio intermedio.

La forma de ventilación es independiente al tipo de sistema aplicado (natural, mecánico o híbrido). Existen cuatro formas de ventilación dependiendo del origen y destino del aire que circula.

    - Cortina de aire externa (fachada ventilada): el aire introducido al espacio intermedio proviene del exterior y es inmediatamente expulsado hacia el exterior. La ventilación de la cámara de aire forma una cortina de aire que envuelve la fachada externa.

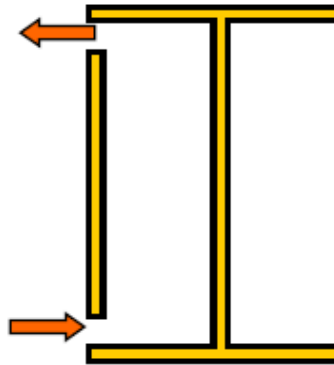


Fig. 8 Esquema de fachada ventilada.

-Escape de aire: el aire proviene del interior de la habitación y es expulsado hacia el exterior, por tanto la ventilación de la fachada permite extraer el aire del edificio.

-Cortina de aire interno (muro Trombe): el aire proviene del interior del local y vuelve al interior del mismo. La ventilación de la cámara de aire forma una cortina que envuelve la fachada interna.

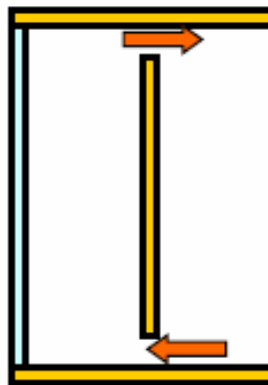


Fig. 9 Esquema de muro trombe

-Suministro de aire (muro parietodinámico): la ventilación de la fachada se crea con aire del exterior, el cual ingresa al interior del local o dentro de un sistema de ventilación.

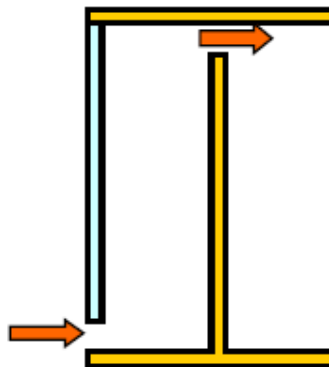


Fig. 10 Esquema de muro parietodinámico

- Sin recirculación de aire. Muro solar. Es decir, es una cámara cerrada. El aire se calienta en su interior debido a la radiación que recibe a través la pared.

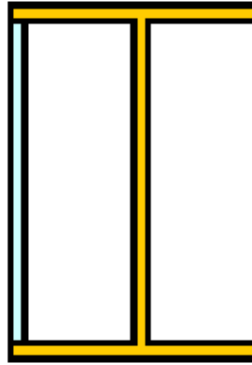


Fig.11 Esquema de muro solar

- Según el espacio entre pieles.

El ancho puede variar de los 20cm hasta los 2 metros. El ancho influye en las propiedades físicas de la fachada y la forma en que ésta será mantenida. Cuanto mayor es la complejidad del edificio mayor suele ser el ancho de dicho espacio.

Clase	Descripción
<50mm	Estos anchos raramente se encuentran en la práctica.
50-200mm	Para dobles fachadas ventiladas mecánicamente..
200- 500mm	Es el ancho mínimo para evitar el sobre calentamiento. El espacio intermedio no es accesible.
500-2000mm	Fachadas con espacio intermedio accesible. Ej: Centro salud objeto de este trabajo.
>2000mm	El espacio intermedio se transforma en atrio. Ej: Edificio Commerzbank en Frankfort, Alemania

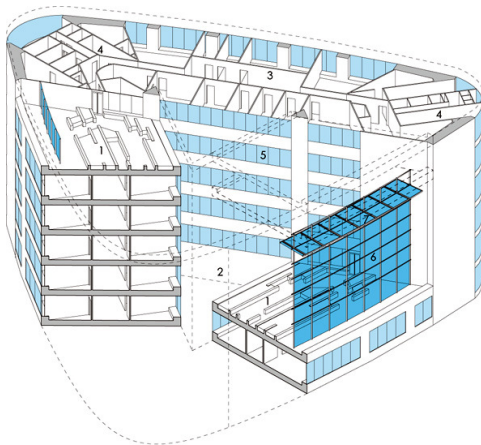


Fig 11 Sección edificio Commerzbank. Norman Foster, 1998



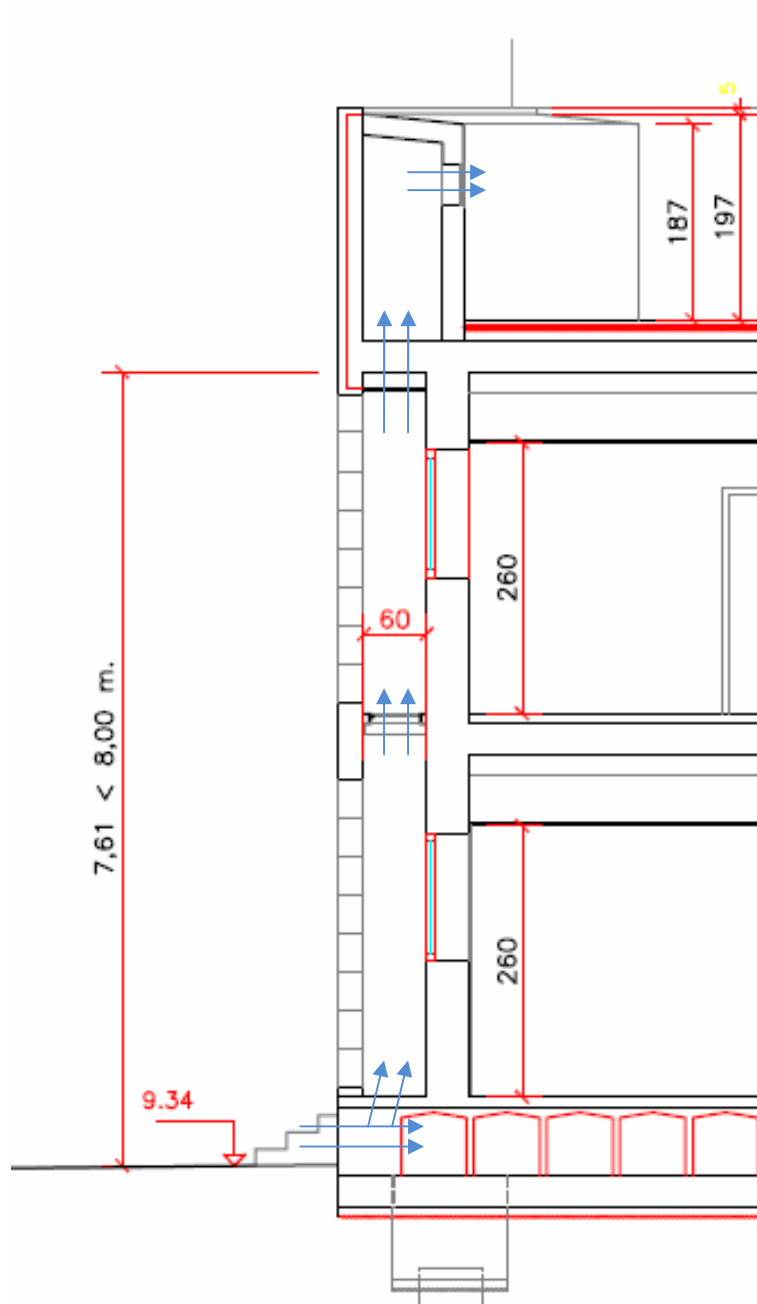


Fig. 12 Sección edificio Centro de Salud Proyecto final Master. Ejemplo fachada ventilada con espacio intermedio accesibles.

### 3. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO.

El Centro de Salud objeto del presente Proyecto se estructura en base a dos ejes ortogonales:

- transversal Este-Oeste y alineado con los accesos y
- longitudinal Norte-Sur y que determina las comunicaciones verticales y horizontales interiores.

Longitudinalmente el edificio se organiza en tres bandas: las exteriores (de anchura variable y con huecos a las fachadas Este y Oeste) se destinan a las dependencias principales compartimentadas (consultas, despachos, almacenes, etc.), mientras que la central alberga fundamentalmente las zonas de espera y pasillos de distribución

Ambos ejes determinan la división de cada planta en cuatro zonas (tres en la planta alta) coincidentes con cada una de las áreas funcionales del programa de necesidades; es decir,

Planta baja:	Recepción, control y archivo
	Pediatría
	Extracciones periféricas
	Salud sexual y reproductiva
Planta alta:	Medicina general
	Maternal
	Administración

Las dependencias de instalaciones no susceptibles de situar en la cubierta (centro de transformación y grupo electrógeno), se disponen adosadas al pasaje y con acceso independiente desde el mismo

Las circulaciones verticales se resuelven mediante un ascensor y una escalera principal, complementada con otra para alternativa de evacuación. El acceso a cubierta se produce mediante una escalera específica de mantenimiento y una parada adicional del ascensor (igualmente de acceso restringido) para facilitar la accesibilidad de material y repuestos de mantenimiento de las instalaciones.

Las instalaciones específicas, como las máquinas exteriores de climatización, acumuladores de solar, etc., se encuentran en la planta cubierta, de uso exclusivo de mantenimiento e instalaciones.

#### ACTIVIDAD A LA QUE SE DESTINA

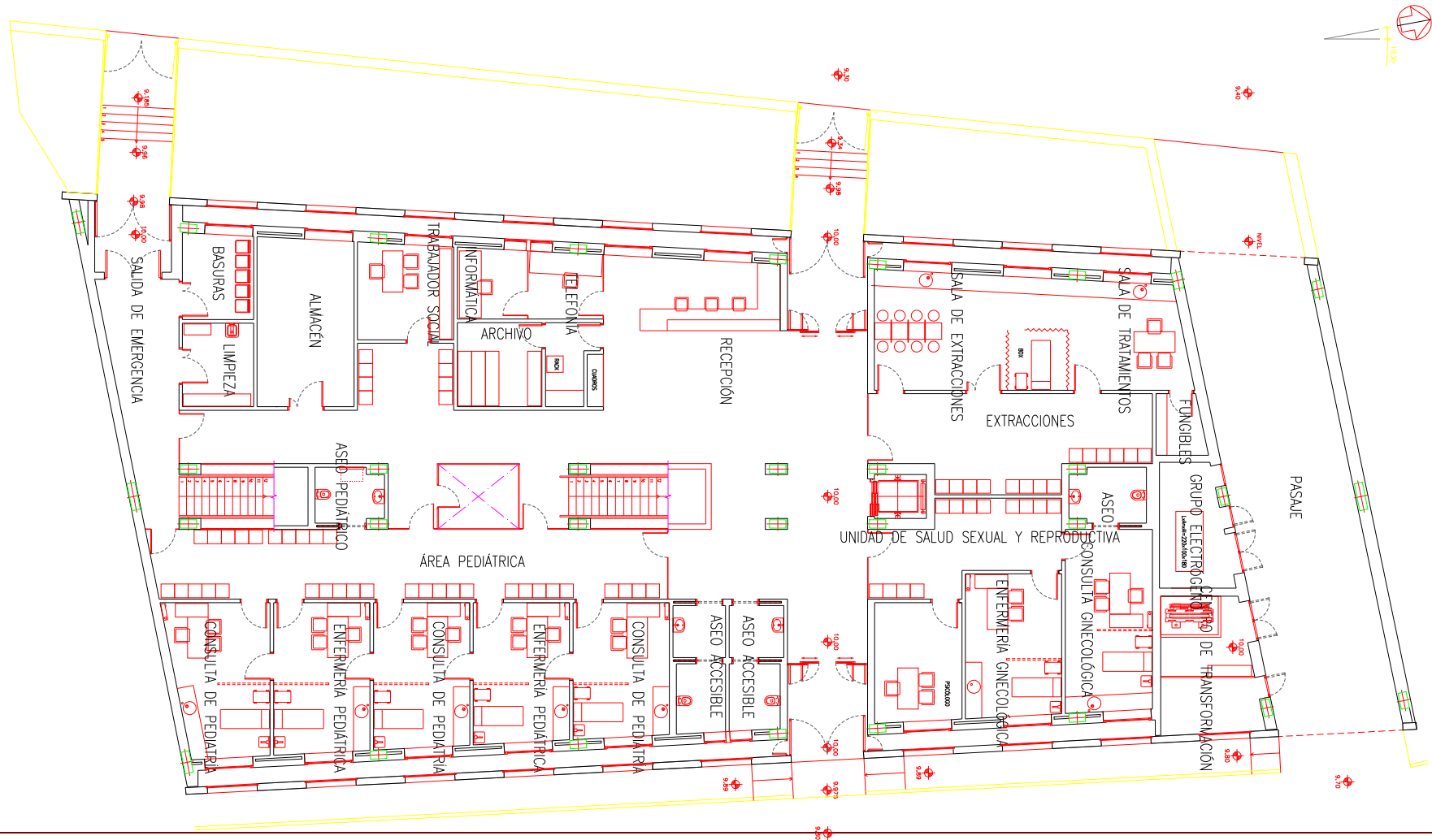
El local objeto del Proyecto será utilizado como Centro de Salud. En el que existirá una zona general que será utilizada por el día, normalmente en horario de 8:00 a 20:00 horas.

#### EDIFICACIONES COLINDANTES

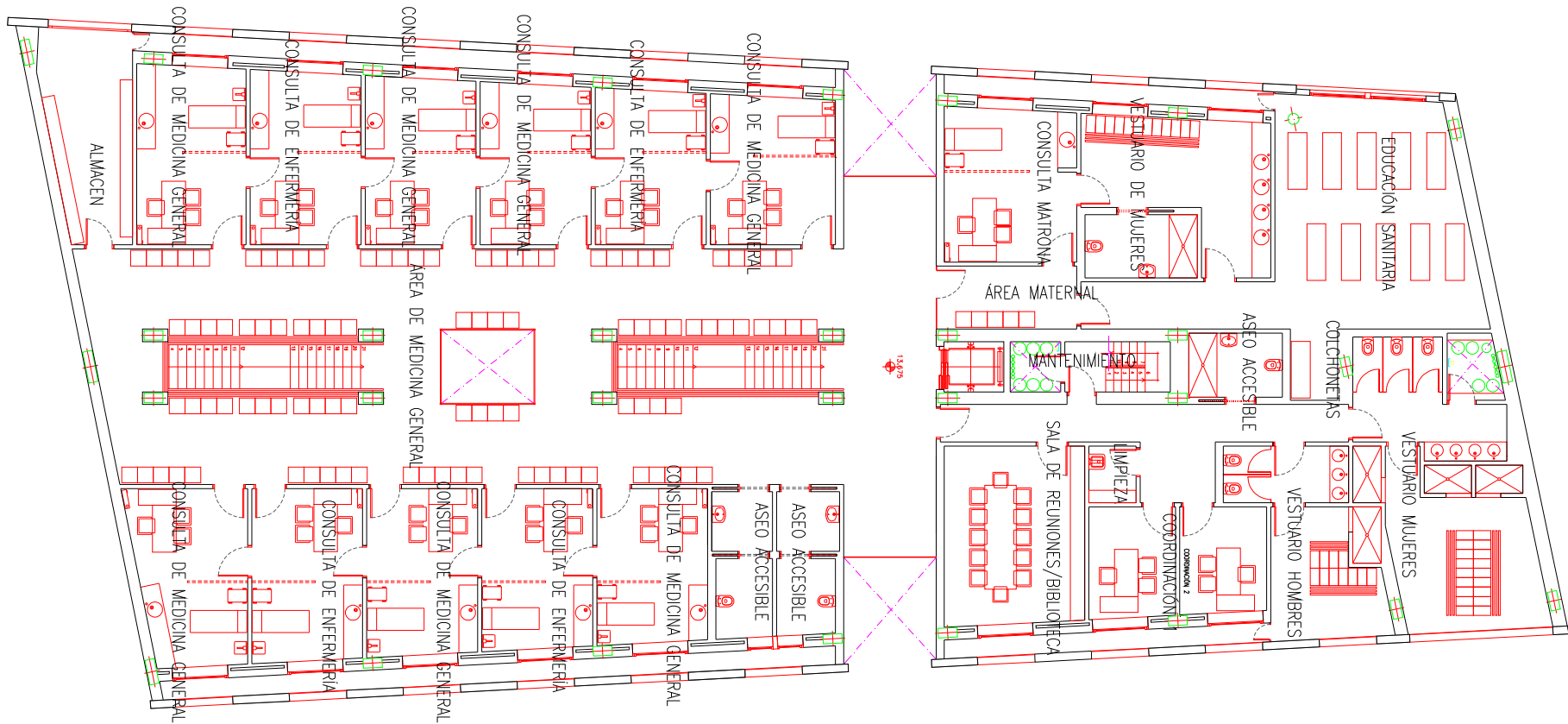
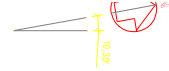
El centro de salud se ha considerado como edificio exento, sin que existan edificios que compartan medianera con ninguna de sus cerramientos verticales.

Se adjuntan a continuación planos de distribución de planta baja y planta primera.

PLANO DISTRIBUCION PLANTA BAJA



PLANO DISTRIBUCION PLANTA PRIMERA



### 3.1. Cuadro de Superficies.

A continuación se adjunta Cuadro de superficies útiles, por plantas y usos, que definen por completo el edificio objeto del Proyecto.

Planta	Area	Dependencia	Superf. (m2)	TOTALES (m2)
Cubierta	Servicios generales	Vestíbulo de ascensor	5,26	
		Escalera mantenimiento	3,61	
		Patinillo de instalaciones 2	2,56	
		Cuarto de acumulador A.C.S.	9,07	20,50
		<b>TOTAL CUBIERTA</b>		
Planta Alta	Medicina General	Consulta de Medicina General 1	18,70	
		Consulta de Enfermería 1	17,28	
		Consulta de Medicina General 2	17,96	
		Consulta de Medicina General 3	18,64	
		Consulta de Enfermería 2	19,31	
		Consulta de Medicina General 4	19,70	
		Consulta de Medicina General 5	17,28	
		Consulta de Enfermería 3	17,95	
		Consulta de Medicina General 6	18,63	
		Consulta de Enfermería 4	19,31	
		Consulta de Medicina General 7	19,59	
		Esperas de Medicina General	145,71	
		Almacén	17,84	
		Aseos para adultos	17,26	385,16
	Maternal	Consulta Matrona	20,39	
		Educación sanitaria	57,27	
		Vestuario mujeres	29,23	
		Esperas/Distribuidor	8,88	115,77
	Administración	Despacho de coordinación 1	9,72	
		Despacho de coordinación 2	9,30	
		Sala de reuniones/biblioteca	25,16	
		Vestuario de personal femenino	39,47	
		Vestuario de personal masculino	22,05	
		Aseo accesible para ambos sexos	6,06	111,76
	Servicios generales	Vestíbulo de planta alta	35,51	
		Pasillo de Área Administrativa	20,40	
		Escalera 1	12,52	
		Escalera 2	10,96	
		Cuarto de limpieza	2,71	
		Escalera de mantenimiento	5,36	
		Patinillo de instalaciones 1	3,48	
		Patinillo de instalaciones 2	2,56	
		Paso de mantenimiento 1	6,28	

		Paso de mantenimiento 2	6,20	
		Paso de mantenimiento 3	13,38	
		Paso de mantenimiento 4	12,99	132,35
		<b>TOTAL PLANTA ALTA</b>		<b>745,04</b>
<b>Planta Baja</b>	<b>Recepción, control y archivo</b>	Recepción y control	16,81	
		Esperas	20,63	
		Archivo	9,49	
		Recinto del rack	4,92	
		Almacén	21,66	
		Despacho de telefonía	6,62	
		Despacho de informática	6,57	
		Despacho de Trabajador Social	12,24	
		Esperas Trabajador Social	8,60	
		Aseos para adultos	16,93	124,47
	<b>Extracciones periféricas</b>	Sala de extracciones, box y tratamientos	46,62	
		Almacén de fungibles	3,79	
		Esperas	31,80	82,21
	<b>Unidad de salud sexual y reproductiva</b>	Consulta ginecológica con aseo	21,20	
		Aseo ginecológico	5,51	
		Enfermería ginecológica	18,23	
		Psicólogo	13,83	
		Esperas	19,50	78,27
	<b>Pediatría</b>	Consulta de Pediatría 1	17,28	
		Consulta de Enfermería Pediátrica 1	17,95	
		Consulta de Pediatría 2	18,64	
		Consulta de Enfermería Pediátrica 2	19,31	
		Consulta de Pediatría 3	19,59	
		Esperas	48,08	
		Aseo pediátrico	4,94	145,79
	<b>Servicios generales</b>	Umbral de acceso en fachada Este	9,51	
		Umbral de acceso en fachada Oeste	9,65	
		Vestíbulo de accesos principales	35,66	
		Vestíbulo en recepción	34,06	
		Accesos a escalera, Pediatría y Trabajador Social	40,05	
		Vestíbulo de la salida de emergencia	7,13	
		Distribuidor de la salida de emergencia	20,94	
		Cuarto de basuras	8,08	
		Cuarto de limpieza	7,93	
		Centro de Transformación	17,36	
		Sala de Grupo electrógeno	11,80	

	Paso de mantenimiento 1	6,61	
	Paso de mantenimiento 2	6,28	
	Paso de mantenimiento 3	13,37	
	Paso de mantenimiento 4	13,12	241,55
TOTAL PLANTA BAJA			672,29
<b>TOTAL CENTRO DE SALUD</b>			<b>1437,83</b>

### 3.2. Sistema envolvente.

- Fachadas exteriores.

Se resuelven mediante paneles prefabricados verticales de hormigón de 15-16 cm de grosor. Se montarán apoyados (con encastre machihembrado) sobre una viga situada en el contorno de la solera y con placas de anclaje a la losa de suelo de la cubierta. Los elementos adintelados se sustentan en los paneles colindantes mediante placas de anclaje en ángulo dispuestas en los cuatro diedros. Las placas contarán con perforaciones rasgadas (colisos) y placas o arandelas de nylon o polímeros, con elevada resistencia y reducido coeficiente fricción, que permitan movimientos no inferiores a  $\pm 1$  cm por panel en sentido horizontal y contenido en el plano de la fachada.

Las líneas de apoyo de la viga contarán con bandas de neopreno de 45x5 mm, encoladas al soporte. Así mismo, con anterioridad al revestimiento de los paramentos interiores y exteriores, se procederá al sellado por ambas caras de las juntas verticales entre paneles, a cuyos efectos se dispondrán perfiles cilíndricos de polietileno reticulado, formando el fondo de junta, y posteriormente se sellaran con masilla elástica

- Fachadas interiores y paredes de cierre en el linde Sur.

Se proyectan mediante un cierre multihoja. La hoja exterior estará formada por fábrica de bloques de termoarcilla de 19 cm con emparchado de cantos de forjado y frentes de pilares (acabado exterior con enfoscado monocapa). Por su parte el cierre interior lo constituye un trasdosado autoportante con perfilera de 70 mm, paneles semirrígidos de 40 mm de fibra de vidrio dispuesta entre montantes y acabado con dos placas de yeso laminado de 15 mm atornilladas a los montantes.

- Paredes del pasaje.

Se resuelven con fábrica de bloques de termoarcilla de 19 cm de grueso.

- Cierres de casetones y linternas.

En los casetones se contempla realizar cierres formados por una hoja de bloques de termoarcilla y otra de ladrillo perforado de 9 cm de grosor. En las linternas se dispondrá una solución análoga a la descrita en el punto b) anterior.

- **Frentes acristalados.**

En el patio interior y los cierres de fachada del vestíbulo de planta primera se dispondrán frentes íntegramente vidriados en toda la altura libre. Estarán enmarcados con perfiles de acero inoxidable pulido y contarán con y acristalamientos aislantes formados por un laminar 4+4 interior, cámara de 12 mm y una luna templada de 8 mm al exterior. Para el acceso de mantenimiento al patio se dispondrá una puerta de una hoja de vidrio templado de 10 mm con cerradura, tiradores y demás herrajes de acero inoxidable pulido.

- **Carpintería de aluminio y acristalamientos.**

Todos los huecos acristalados se resuelven utilizando carpintería de aluminio con rotura de puente térmico y precercos de tubo de acero galvanizado o aluminio. Los perfiles de la carpintería serán anodizados con acabado tipo inoxidable brillo, con las uniones selladas en taller con siliconas no ácidas y se montarán atornillados a los precercos, sellando las uniones. Se dispondrán los siguientes tipos:

- **Fijos.** Situados en el haz interior de las fachadas exteriores y de forma que quede la perfiles prácticamente oculta, a fin de evitar la disonancia del material en un entorno histórico. Los acristalamientos serán de tipo simple (6+6) o aislante (4/6/3+3), contando siempre con un elemento laminar al exterior, excepto los correspondientes a la zona de gimnasio y los vestuarios, en los que se dispondrá el laminar al interior. Según las necesidades de las dependencias a las que recaigan, las láminas de Butiral de polivinilo de los laminares serán transparentes o traslúcidas.
- **Ventanas.** De características análogas a los anteriores pero de tipo abatible hacia el interior y abisagradas en el lado inferior. Así mismo se dispondrán en el haz exterior de los cierres de fachada interiores. Contarán con acristalamientos aislantes 4/6/3+3 y con láminas traslúcidas los recayentes a consultas y aseos. Por el contrario, las ventanas de las linternas se dispondrán en los haces interiores, su abatimiento tendrá lugar hacia el exterior y las láminas serán siempre transparentes. Permeabilidad al aire clase 3 ( $\leq 9 \text{ m}^3 / \text{hm}^2 \text{ a } 100 \text{ Pa}$ ).



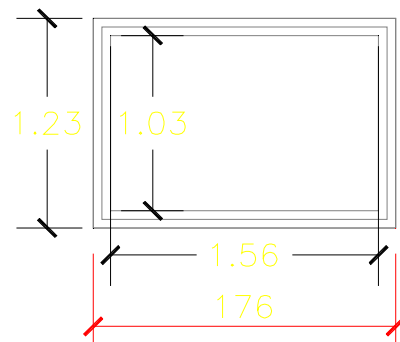


FIG 13. Detalle de ventana en hoja interior de fachada

- Puertas automáticas. Cada uno de los dos accesos principales contará con una puerta con cuatro hojas correderas automáticas. El accionamiento será mediante detector de infrarrojos y dispondrán de herrajes que permitan el abatimiento al exterior de las hojas en caso de fallo del sistema de funcionamiento o del suministro de energía. La perfilaría será de aluminio anodizado similar al resto y contarán con acristalamiento laminar 3+3 con impresión de color contrastado en la lámina de Butiral, de forma que permita tanto la visión como la identificación de la hoja.
- Carpintería de acero y cerrajería.
  - Puertas y rejillas de chapa de acero. La salida de emergencia, los cuartos de instalaciones y los portillos de mantenimiento se resolverán con elementos de carpintería de chapa de acero, formados por hojas con alma interior de espuma de poliuretano forrada con chapa por ambas caras y con marcos directos de chapa plegada de acero.
  - Rejillas de aluminio. El sistema de ventilación de las cámaras de aire de la solera y las parejas de fachadas, contará con rejillas compuestas por un enmarcado y lamas, todos ellos de aluminio. Todas ellas dispondrán de mallas anti-insectos de hilos de acero inoxidable.
- Descripción de los cerramientos horizontales.
  - a) Soleras.
 

Se contempla la realización de los siguientes tipos de soleras.

    - Sanitarias ventiladas, utilizando moldes perdidos de PET reciclado para alturas netas de 60 (general en planta baja del edificio) y 40 cm (patio interior) de cámara de aire. Contarán con relleno de senos y losa superior de 5 cm de hormigón armado con mallazo electrosoldado.

Comprende la formación de cajeados con bloques de poliestireno expandido y los elementos de cierre de módulos y macizado de contornos.

- Convencionales, macizas con hormigón armado con mallazo electrosoldado. Realmente son elementos no integrados en la envolvente exterior del edificio, en tanto que su utilización se circunscribe a elementos exteriores al edificio. Se utilizarán en suelos de pasaje, pasos de acceso exterior y aceras.

b) Forjados.

Se proyectan con losas macizas de hormigón armado, de 30 cm de canto en los forjados de suelo de planta alta y cubierta, y de 20 cm en la cubierta de los casetones y linternas.

c) Cubiertas.

Se resuelven mediante un sistema de tipo invertido. Se parte de la disposición de una capa de formación de pendientes y aislamiento realizada con áridos de arcilla expandida ligados con lechada de cemento, capa superior de regularización con mortero de cemento, capa separadora y antipunzonante de geotextil, lámina impermeabilizante no adherida, capa separadora de geotextil, capa de aislamiento con planchas de 40 mm de poliestireno extruido, capa separadora, antipunzonante y drenante y protección pesada con grava o baldosas de composite en los pasos de mantenimiento.

d) Otros.

El cierre horizontal superior de los espacios situados entre parejas de fachadas se proyecta mediante tablero pendienteado de machihembrados cerámicos apoyados sobre perfilera de acero y rematado superiormente con una capa de mortero.

### 3.3. Sistema de compartimentación.

- Tabiquería.

Se resuelve mediante perfilera específica de 70 mm., canales inferior y superior con bandas adhesivas de neopreno y atornilladas a suelo/techo, montantes dispuestos a intervalos de 60 cm, paneles semirrígidos de 40 mm de fibra de vidrio (cuando así se determina en los correspondientes planos de albañilería) dispuestos entre montantes y placas de yeso laminado de 15 mm atornilladas en ambas caras.

Las caras recayentes a locales normales contarán con dos placas de 15 mm de yeso laminado convencional, sobrepuestas de modo contrapeado.

Por el contrario, en las recayentes a locales húmedos se dispondrá una única placa de 15 mm de tipo antihumedad, que servirá de base para el alicatado posterior.

- **Trasdosados.**

Se proyecta la disposición de dos tipos de trasdosados:

a) Autoportantes, utilizando perfilera de 70 o de 46 mm, con o sin paneles de fibra de vidrio, y acabado de la cara vista con dos placas convencionales de 15 mm o con una única placa antihumedad de 15 mm, de forma análoga a los tabiques.

b) No autoportantes, utilizando perfiles tipo maestra de 30 ó 16 mm y, al igual que los anteriores, revestidos con dos placas convencionales de 15 mm o una única placa antihumedad de 15 mm.

- **Fábricas de termoarcilla.**

Se utilizarán paredes de bloques de termoarcilla de 14 cm en la formación de los cierres del recinto del ascensor así como en los patinillos de instalaciones, recinto de la escalera de mantenimiento, los aseos situados en la franja central común con los anteriores y las paredes de cubierta que cierran interiormente las cámaras entre fachadas.

- **Fábricas de ladrillo perforado.**

Se realizarán fábricas de 9 cm de grosor con ladrillos cerámicos perforados para completar los cierres de patinillos de instalaciones.

#### 4. CALCULOS DE LAS DEMANDAS ENERGETICAS DE CALEFACCION Y REFRIGERACION.

Muchos autores aseguran que el sistema de doble piel mejora el aislamiento térmico gracias a la piel exterior tanto en invierno como en verano. Si tomamos como ejemplo una fachada de doble piel de vidrio;

- Durante el invierno, la piel exterior mejora el aislamiento ya que aumenta la resistencia de la transmisión de calor externo. A pesar de que el valor de transmisión de calor - Valor U – para una fachada permanentemente ventilada será menor que en una fachada simple, el resultado mejora si el espacio intermedio está cerrado parcial o completamente durante el período de calentamiento (invierno). La baja velocidad del flujo de aire y las elevadas temperaturas en el interior del espacio intermedio reducen las pérdidas de calor. Entonces habrá una temperatura alta en la superficie interna de la piel. Algunos estudios demuestran que cuando el espacio intermedio es más pequeño, los valores de recupero de calor serán más altos. Esto se debe a que la velocidad del aire es mayor dentro del espacio intermedio y por lo tanto habrá un mayor coeficiente de transmisión de calor.

- Durante el verano, el aire caliente dentro del espacio intermedio puede ser extraído por medio de la ventilación natural o mecánica. Para una buena ventilación del espacio intermedio es sumamente importante estudiar la combinación de vidrios y parasoles para no sobrecalentar este espacio y por ende el interior del edificio. El alto, el ancho del espacio intermedio y el tamaño de las aberturas son cruciales para las temperaturas intermedias y para el flujo de aire. Otro parámetro importante que debe ser considerado es la posición de los parasoles. Estos deben ser ubicados en la mitad más externa del espacio intermedio. De esta forma, la mitad interna será ventilada constantemente sin obstáculos que se interpongan.

Por el contrario si la fachada no está correctamente diseñada es posible que la temperatura del aire del espacio intermedio se eleve paulatinamente, sobre calentando los locales del edificio. La clave está en el ancho del espacio intermedio y el criterio de las aberturas de ventilación.

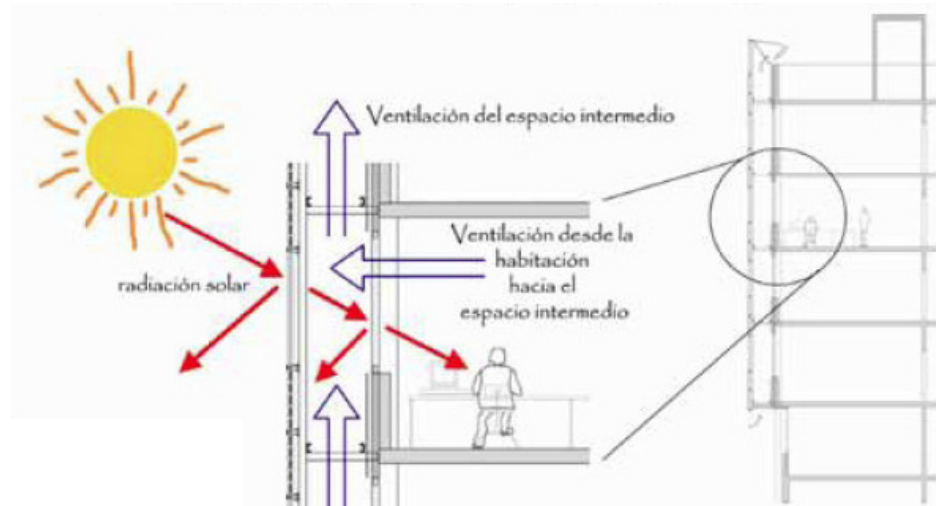


Fig 14 Comportamiento de doble fachada frente a la radiación solar y ventilación.

Para comprobar, desde la perspectiva de la eficiencia energética, la idoneidad en el edificio objeto de este trabajo del sistema de doble fachada diseñado en Proyecto , procederemos siguiendo los siguientes pasos:

1. Modelización mediante el programa LIDER del Centro de Salud. A este primer modelo le llamaremos *Proyecto doble fachada*.
2. Modificación en el modelo anterior de la fachada de Proyecto, eliminando su "piel exterior". A este segundo modelo le llamaremos *Proyecto fachada sencilla*.
3. Cálculo de las demandas de calefacción y refrigeración en ambos modelos. Dichos cálculos se realizarán mediante el programa de calificación energética CALENER Vyp.
4. Comparación y análisis de los resultados.

#### 4.1. Consideraciones previas.

Antes de proceder a realizar el modelo que permita calcular la demanda energética del edificio es conveniente recordar algunas definiciones que vienen recogidas en el CTE-DBHE1.

**Absortividad:** *Fracción de la radiación solar incidente a una superficie que es absorbida por la misma. La absortividad va de 0,0 (0%) hasta 1,0 (100%).*

**Bienestar térmico:** *Condiciones interiores de temperatura, humedad y velocidad del aire establecidas reglamentariamente que se considera que producen una sensación de bienestar adecuada y suficiente a sus ocupantes.*

**Cerramiento:** *Elemento constructivo del edificio que lo separa del exterior, ya sea aire, terreno u otros edificios.*

**Componentes del edificio:** *Se entienden por componentes del edificio los que aparecen en su envolvente edificatoria: cerramientos, huecos y puentes térmicos.*

**Condiciones higrotérmicas:** *Son las condiciones de temperatura seca y humedad relativa que prevalecen en los ambientes exterior e interior para el cálculo de las condensaciones intersticiales.*

**Demanda energética:** *Es la energía necesaria para mantener en el interior del edificio unas condiciones de confort definidas reglamentariamente en función del uso del edificio y de la zona climática en la que se ubique. Se compone de la demanda energética de calefacción, correspondientes a los meses de la temporada de calefacción y de refrigeración respectivamente.*

**Emisividad:** *Capacidad relativa de una superficie para radiar calor. Los factores de emisividad van de 0,0 (0%) hasta 1,0 (100%).*

**Envolvente edificatoria:** *Se compone de todos los cerramientos del edificio.*

**Envolvente térmica:** *Se compone de los cerramientos del edificio que separan los recintos habitables del ambiente exterior y las particiones interiores que separan los recintos habitables de los no habitables que a su vez estén en contacto con el ambiente exterior.*

**Espacio habitable:** Espacio formado por uno o varios recintos habitables contiguos con el mismo uso y condiciones térmicas equivalentes agrupados a efectos de cálculo de demanda energética.

**Espacio habitable de baja carga interna:** Espacio donde se disipa poco calor. Comprende principalmente los recintos destinados a residir en ellos, con carácter eventual o permanente. En esta categoría se incluyen todos los espacios de edificios de viviendas y aquellas zonas o espacios de edificios asimilables a éstos en uso y dimensión, tales como habitaciones de hotel, habitaciones de hospitales y salas de estar, así como sus zonas de circulación vinculadas. En el caso de espacios no destinados a viviendas, el proyectista estimará si el calor disipado por las fuentes internas en el interior del espacio se puede asimilar a la que se podría producir si fuera un espacio de vivienda, por ejemplo, una pequeña sala de estar de una residencia de ancianos podría tener las mismas fuentes internas que un salón de una vivienda.

**Espacio no habitable:** Espacio formado por uno o varios recintos no habitables contiguos con el mismo uso y condiciones térmicas equivalentes agrupados a efectos de cálculo de demanda energética.

**Factor de sombra:** Es la fracción de la radiación incidente en un hueco que no es bloqueada por la presencia de obstáculos de fachada tales como retranqueos, voladizos, toldos, salientes laterales u otros.

**Factor de temperatura de la superficie interior:** Es el cociente entre la diferencia de temperatura superficial interior y la del ambiente exterior y la diferencia de temperatura del ambiente interior y exterior.

**Factor solar:** Es el cociente entre la radiación solar a incidencia normal que se introduce en el edificio a través del acristalamiento y la que se introduciría si el acristalamiento se sustituyese por un hueco perfectamente transparente.

**Factor solar modificado:** Producto del factor solar por el factor de sombra.

**Permeabilidad al aire:** Es la propiedad de una ventana o puerta de dejar pasar el aire cuando se encuentra sometida a una presión diferencial. La permeabilidad al aire se caracteriza por la capacidad de paso del aire, expresada en m<sup>3</sup>/h, en función de la diferencia de presiones.

**Puente térmico:** Se consideran puentes térmicos las zonas de la envolvente del edificio en las que se evidencia una variación de la uniformidad de la construcción, ya sea por un cambio del espesor del cerramiento, de los materiales empleados, por penetración de elementos constructivos con diferente conductividad, etc., lo que conlleva necesariamente una minoración de la resistencia térmica respecto al resto de los cerramientos. Los puentes térmicos son partes sensibles de los edificios donde aumenta la posibilidad de producción de condensaciones superficiales, en la situación de invierno o épocas frías.

**Recinto habitable:** Recinto interior destinado al uso de personas cuya densidad de ocupación y tiempo de estancia exigen unas condiciones acústicas, térmicas y de salubridad adecuadas. Se consideran recintos habitables los siguientes:

- a) habitaciones y estancias (dormitorios, comedores, bibliotecas, salones, etc.) en edificios residenciales;
- b) aulas, bibliotecas, despachos, en edificios de uso docente;
- c) quirófanos, habitaciones, salas de espera, en edificios de uso sanitario;
- d) oficinas, despachos; salas de reunión, en edificios de uso administrativo;
- e) cocinas, baños, aseos, pasillos y distribuidores, en edificios de cualquier uso;
- f) zonas comunes de circulación en el interior de los edificios;

g) cualquier otro con un uso asimilable a los anteriores.

**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, sólo exige unas condiciones de salubridad adecuadas. En esta categoría se incluyen explícitamente como no habitables los garajes, trasteros, las cámaras técnicas y desvanes no acondicionados, y sus zonas comunes.

**Régimen de invierno:** Condiciones de uso del edificio que prevalecen durante la temporada de calefacción.

**Régimen de verano:** Condiciones de uso del edificio que prevalecen durante la temporada de refrigeración.

**Severidad climática:** La severidad climática de una localidad es el cociente entre la demanda energética de un edificio cualquiera en dicha localidad y la correspondiente al mismo edificio en una localidad de referencia. En la presente reglamentación se ha tomado Madrid como localidad de referencia, siendo, por tanto, su severidad climática la unidad. Se define una severidad climática para verano y una para invierno.

**Temporada de calefacción:** En la presente Sección se extiende de diciembre a febrero.

**Temporada de refrigeración:** En la presente Sección se extiende de junio a septiembre.

**Transmitancia térmica:** Es el flujo de calor, en régimen estacionario, dividido por el área y por la diferencia de temperaturas de los medios situados a cada lado del elemento que se considera.

**Unidad de uso:** Edificio o parte de él destinada a un uso específico, en la que sus usuarios están vinculados entre sí bien por pertenecer a una misma unidad familiar, empresa, corporación; o bien por formar parte de un grupo o colectivo que realiza la misma actividad. Se consideran unidades de uso diferentes entre otras, las siguientes:

En edificios de vivienda, cada una de las viviendas.

En hospitales, hoteles, residencias, etc., cada habitación incluidos sus anexos.

En edificios docentes, cada aula, laboratorio, etc.

**Zona climática:** En esta Sección se definen 12 zonas climáticas en función de las severidades climáticas de invierno (A, B, C, D, E) y verano (1, 2, 3, 4) de la localidad en cuestión. Se excluyen las combinaciones imposibles para la climatología española.

Las pérdidas y las ganancias de calor a través de las fachadas tienen una gran influencia en los consumos anuales de calefacción y refrigeración de los edificios, especialmente significativa en edificios aislados y de gran altura, característicos de las nuevas zonas de actuación urbanística. **Las fachadas dobles ventiladas son sistemas que aún están siendo caracterizados**, que permiten múltiples configuraciones, y que ya están siendo incluidas en el diseño de edificios de nuevas construcción, como en rehabilitaciones, gracias a una de las ventajas más atribuidas a la fachada ventilada, que es la reducción de la carga térmica de climatización del edificio gracias al efecto chimenea inducido por la radiación solar en la cámara ventilada.

En concreto, en las fachadas ventiladas es muy difícil prever su comportamiento y su funcionamiento.

Y, a nivel normativo, todavía no se ha establecido como poder introducir su comportamiento el CTE, dado que no se dispone de herramienta de cálculo y dimensionado completa y fiables. Los programas promovidos por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y por el Ministerio de Vivienda que permiten verificar la demanda de energía de los edificios así como la eficiencia energética de los mismos son: el **programa LIDER** que

verifica el cumplimiento del DB-HE1 por la Opción General del edificio; y el **CALENER** que determina el nivel de eficiencia energética del edificio. Ninguno de los dos prevé la introducción de manera directa de elementos singulares como puede ser una fachada de doble piel ventilada. No obstante existen algunas soluciones y procesos de simplificación que permiten modelizar dichos elementos singulares, de manera que los resultados obtenidos pueden tomarse como referencia en la comparación del comportamiento de un mismo modelo con soluciones constructivas diferentes.

#### 4.2. Proyecto doble fachada. Modelización en LIDER.

La simulación para el cálculo de la demanda del edificio se realiza mediante la aplicación LIDER. Para ello, se realiza el levantamiento del edificio con este programa definiendo sus espacios y sistemas constructivos.

La definición de los espacios, así como la composición de los cerramientos se ha indicado el punto 3 del presente trabajo, quedando además reflejada en el ANEXO 1. CALCULO DE LA DEMANDA ENERGETICA.

The screenshot displays the LIDER software interface with the following sections and data:

- Zonificación climática:**
  - Zona: B3
  - Localidad: Valencia
  - Latitud: 39,48
  - Altitud: 11,00
- Orientación del edificio:**
  - Ángulo: 0,00 °
  - Diagrama de orientación con ejes X, Y y ángulo  $\alpha$ .
- Tipo edificio:**
  - Vivienda unifamiliar
  - Vivienda en bloque
  - Edificio sector terciario, pequeño o mediano
- Clase por defecto de los espacios habitables:**
  - Tipo de Uso: Intensidad Media - 12h
  - Condiciones higrometría:
    - Clase 3 o inferior
    - Clase 4
    - Clase 5
  - Número de renovaciones hora requerido: 1,0
- Datos del Proyecto:**
  - Nombre del proyecto: Trabajo Final Master Edificación. Centro Salud.
  - Comunidad: Comunidad Valenciana
  - Localidad: Valencia
  - Dirección: Escuela Universitaria Ingeniería Edificación. UP
- Datos del Autor:**
  - Nombre: Javier Olmedilla Jiménez
  - Empresa o Institución: Escuela Universitaria Ingeniería Edificación.
  - E-mail: [empty]
  - Teléfono: (null)

An "Aceptar" button is located at the bottom right of the form.

Fig 15 Pantalla de datos generales del edificio.



El principal problema que nos encontramos a la hora de realizar la simulación del edificio, es la **modelización de la fachada de doble piel**. La fachada del Centro de Salud es una fachada de doble piel ventilada y cuya hoja exterior está constituida por paneles de hormigón prefabricado y vidrio. Como hemos señalado anteriormente LIDER-CALENER no prevén la introducción de manera directa de elementos singulares como puede ser una fachada de doble piel ventilada. Hemos pues de acudir a procedimientos que son aproximaciones a los resultados que se obtendrían con programas y procedimientos más exactos y mucho más complejos.

Primero crearemos un material al que denominaremos “Efecto térmico cámara de aire ventilada”, y lo definiremos como una resistencia térmica cuyo valor sea la diferencia entre el valor de la resistencia térmica superficial incluido por LIDER (0,04 m<sup>2</sup>·K/W) y el que corresponde a una situación de cámara ventilada (0,13 m<sup>2</sup>·K/W). Es decir debemos introducir R= 0,09 m<sup>2</sup>·K/W.

En segundo término, creamos un cerramiento exterior cuya última capa sea el material creado anteriormente. No se deben considerar las capas comprendidas entre la cámara ventilada y el exterior.

Materiales y productos Cerramientos y particiones interiores

Grupo cerramientos exteriores

Nombre Fachada principal

Composición del Cerramiento:  
Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).  
Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Efecto term camara de aire vent					0,090
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020	0,550	1125	1000	
3	BC con mortero convencional espesor 190 mm	0,190	0,433	1080	1000	
4	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,010	0,550	1125	1000	
5	MW Lana mineral [0.04 W/(mK)]	0,040	0,041	40	1000	
6	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015	0,250	825	1000	
7	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015	0,250	825	1000	
8						

Grupo Material Aislantes

Material Arcilla Expandida [árido suelto] 0,020 Espesor (m)

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U 0,54 W/(m<sup>2</sup>K)

Aceptar

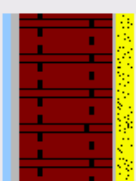


Fig. 16 Creación fachada doble con cámara aire ventilada en LIDER

Este proceso se realiza en base a lo señalado en el CTE, Apéndice E del DB HE donde se especifica que “Para cámaras de aire muy ventiladas, la resistencia total del cerramiento se obtendrá despreciando la resistencia térmica de la cámara y de las demás capas entre la cámara de aire y el ambiente exterior, e incluyendo una resistencia superficial exterior correspondiente al aire en calma, igual a la resistencia superficial interior del mismo elemento.”

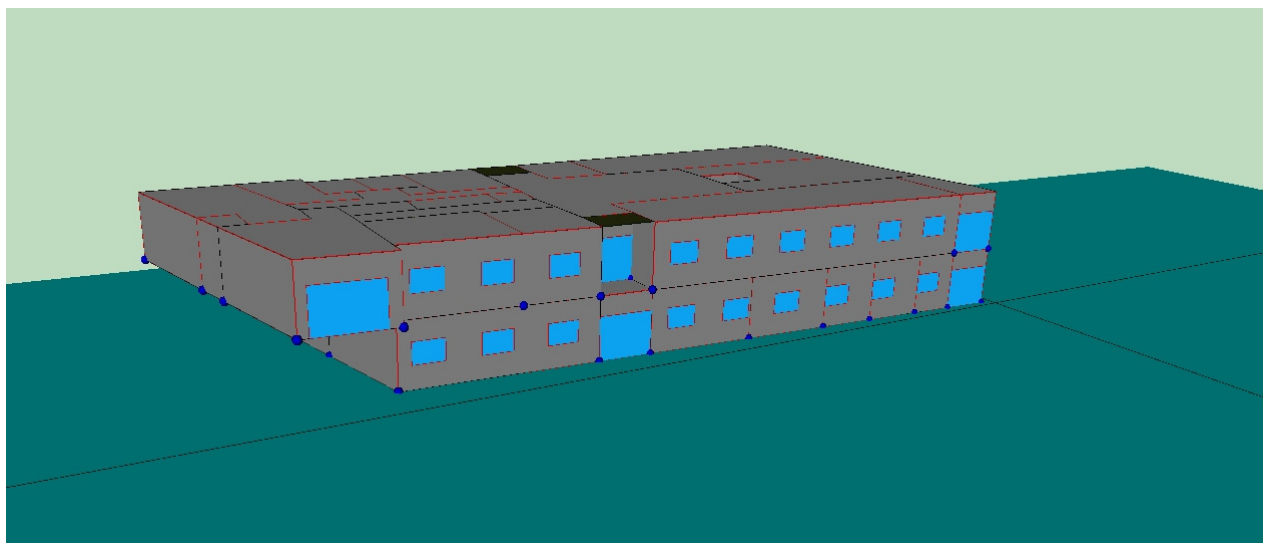
Tabla E.1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en  $m^2K/W$

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	Rse	Rsi
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente	0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente	0,04	0,17

Fig. 17 Fuente CTE

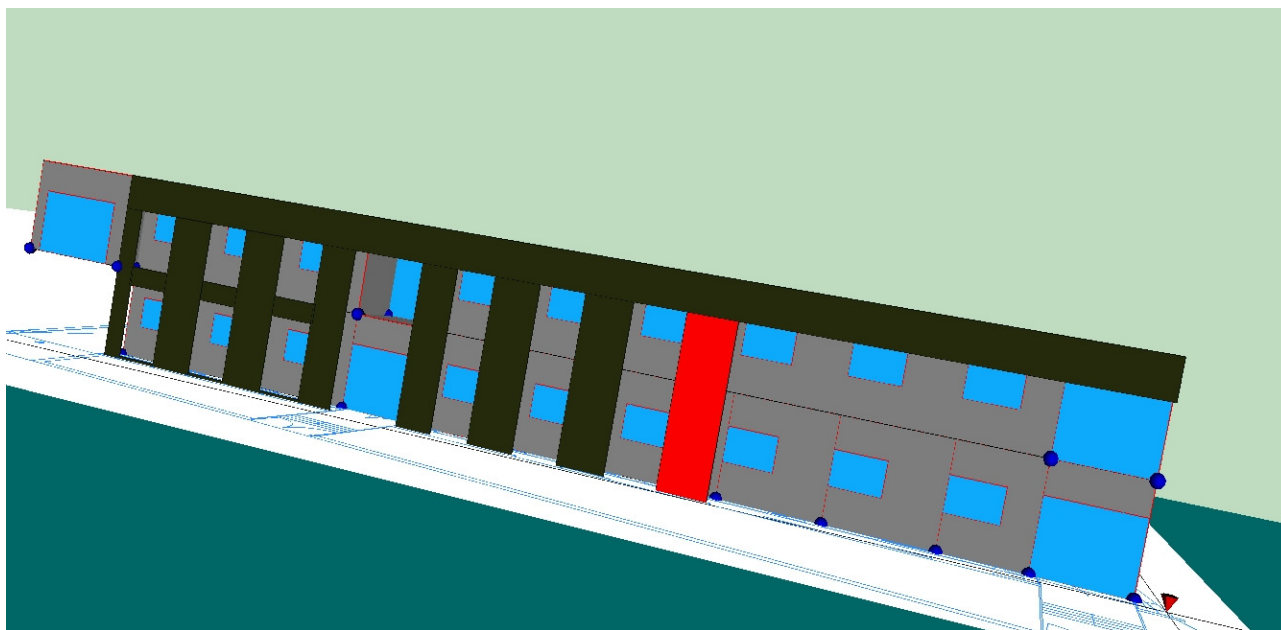
Utilizaremos el cerramiento creado para definir la fachada del edificio.

Solo falta incorporar el “efecto sombra” de la “piel exterior” de la fachada ventilada para ello crearemos una sombra utilizando la opción “elemento de sombra” en la creación de cerramientos singulares. Deben tenerse en cuenta que para ello será preciso dibujar las líneas auxiliares 3D que sean precisas.



*Fig. 19 Edificio Centro de Salud modelado en LIDER*

El proceso es algo laborioso al tener que generar las sombras alrededor de los huecos de ventanas.



*Fig. 20 Proceso creación efecto sombra doble fachada*

De esta forma se habrá creado una fachada que contiene simultáneamente el efecto sombra y el efecto térmico de una fachada ventilada.

El proceso se convierte en mucho más complejo a la hora de simular el efecto producido por los vidrios situados en la hoja exterior de la fachada. Debemos de calcular el porcentaje de radiación solar que atraviesa o se introduce en la cámara entre pieles a través de los vidrios. Dicho de otra manera, el problema se reduce a calcular el **factor solar modificado** de los huecos. Una vez obtenido éste, crearemos en el modelo de LIDER

en 3D las sombras necesarias en la superficie supuestamente ocupada por los vidrios, de manera que la superficie libre simulará el porcentaje de radiación que penetra en el espacio entre las dos hojas de la fachada.

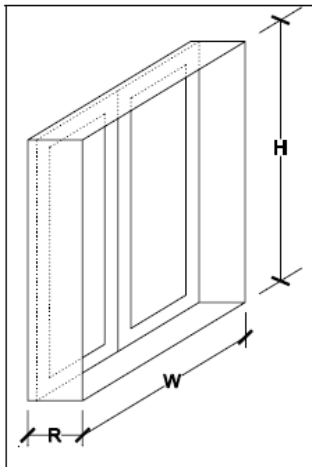
Según el apéndice E punto E2 del DB HE el factor **solar modificado en el hueco**  $F_H$  o en el lucernario  $F_L$  se determinará utilizando la siguiente expresión:

$$F = F_S * [ (1-F_M) * g_{\perp} + F_M * 0,04 * U_m * \alpha ]$$

siendo

- $F_S$  el factor de sombra del hueco o lucernario obtenido de las tablas E.11 a E.15 en función del dispositivo de sombra o mediante simulación. En caso de que no se justifique adecuadamente el valor de  $F_S$  se debe considerar igual a la unidad;
- $F_M$  la fracción del hueco ocupada por el marco en el caso de ventanas o la fracción de parte maciza en el caso de puertas;
- $g_{\perp}$  el factor solar de la parte semitransparente del hueco o lucernario a incidencia normal. El factor solar puede ser obtenido por el método descrito en la norma UNE EN 410:1998;
- $U_m$  la transmitancia térmica del marco del hueco o lucernario [ $W/m^2 K$ ];
- $\alpha$  la absorptividad del marco obtenida de la tabla E.10 en función de su color.

Tabla E.12: Factor de sombra para obstáculos de fachada: Retranqueo



		$0,05 < R/W \leq 0,1$	$0,1 < R/W \leq 0,2$	$0,2 < R/W \leq 0,5$	$R/W > 0,5$	
ORIENTACIONES DE FACHADAS	S	$0,05 < R/H \leq 0,1$	0,82	0,74	0,62	0,39
		$0,1 < R/H \leq 0,2$	0,76	0,67	0,56	0,35
		$0,2 < R/H \leq 0,5$	0,56	0,51	0,39	0,27
		$R/H > 0,5$	0,35	0,32	0,27	0,17
	SE/SO	$0,05 < R/H \leq 0,1$	0,86	0,81	0,72	0,51
		$0,1 < R/H \leq 0,2$	0,79	0,74	0,66	0,47
		$0,2 < R/H \leq 0,5$	0,59	0,56	0,47	0,36
		$R/H > 0,5$	0,38	0,36	0,32	0,23
	E/O	$0,05 < R/H \leq 0,1$	0,91	0,87	0,81	0,65
		$0,1 < R/H \leq 0,2$	0,86	0,82	0,76	0,61
		$0,2 < R/H \leq 0,5$	0,71	0,68	0,61	0,51
		$R/H > 0,5$	0,53	0,51	0,48	0,39

Fuente CTE DB HE

Tabla E.10 Absortividad del marco para radiación solar  $\alpha$ 

Color	Claro	Medio	Oscuro
Blanco	0,20	0,30	---
Amarillo	0,30	0,50	0,70
Beige	0,35	0,55	0,75
Marrón	0,50	0,75	0,92
Rojo	0,65	0,80	0,90
Verde	0,40	0,70	0,88
Azul	0,50	0,80	0,95
Gris	0,40	0,65	---
Negro	---	0,96	---

Fuente CTE DB HE

Acristalamientos incoloros											
Composición		Vidrios normales			1 Vidrio normal + 1 vidrio de baja emisividad <sup>(3)</sup>						
Tipo	Espesor (mm)	g <sub>L</sub>	$\epsilon = 0,89$		g <sub>L</sub>	$0,2 \geq \epsilon > 0,1$		$0,1 \geq \epsilon > 0,03$		$\epsilon \leq 0,03$	
			U <sub>R,L,V</sub> Horiz (1) (4)	U <sub>R,L,V</sub> Vert (2) (4)		U <sub>R,L,V</sub> Horiz (1) (4)	U <sub>R,L,V</sub> Vert (2) (4)	U <sub>R,L,V</sub> Horiz (1) (4)	U <sub>R,L,V</sub> Vert (2) (4)	U <sub>R,L,V</sub> Horiz (1) (4)	U <sub>R,L,V</sub> Vert (2) (4)
			W/m <sup>2</sup> ·K	W/m <sup>2</sup> ·K		W/m <sup>2</sup> ·K	W/m <sup>2</sup> ·K	W/m <sup>2</sup> ·K	W/m <sup>2</sup> ·K	W/m <sup>2</sup> ·K	W/m <sup>2</sup> ·K
Vidrio sencillo	4	0,85	6,9	5,7	-	-	-	-	-	-	-
	6	0,83	6,8	5,7	-	-	-	-	-	-	-
	8	0,80	6,6	5,6	-	-	-	-	-	-	-
	10	0,78	6,7	5,6	-	-	-	-	-	-	-
	12	0,76	6,6	5,5	-	-	-	-	-	-	-
Vidrio Laminar <sup>(6)</sup>	3+3	0,80	6,8	5,6	-	-	-	-	-	-	-
	4+4	0,77	6,7	5,6	-	-	-	-	-	-	-
	5+5	0,75	6,6	5,5	-	-	-	-	-	-	-
	6+6	0,74	6,5	5,4	-	-	-	-	-	-	-
	8+8	0,70	6,3	5,3	-	-	-	-	-	-	-
	10+10	0,70	6,2	5,2	-	-	-	-	-	-	-
Unidades de vidrio aislante <sup>(6)</sup>	4-6-(4...10)	0,76	3,6	3,3	0,63	3,0	2,7	2,6	2,6	2,6	2,4
	4-9-(4...10)		3,4	3,0		2,7	2,3	2,5	2,1	2,3	1,9
	4-12-(4...10)		3,4	2,8		2,6	2,0	2,4	1,8	2,2	1,6
	4-15-(4...10)		3,4	2,7		2,6	1,8	2,4	1,6	2,2	1,4
	4-20-(4...10)		3,3	2,7		2,5	1,8	2,3	1,6	2,1	1,4
Unidades de vidrio aislante con vidrio laminar <sup>(6)(8)</sup>	4-6-(3+3...10+10)	0,73	3,6	3,2	0,55	2,9	2,7	2,6	2,5	2,6	2,4
	4-9-(3+3...10+10)		3,4	3,0		2,6	2,3	2,4	2,1	2,3	1,9
	4-12-(3+3...10+10)		3,4	2,8		2,6	2,0	2,4	1,8	2,2	1,6
	4-15-(3+3...10+10)		3,3	2,7		2,5	1,8	2,3	1,6	2,2	1,4
	4-20-(3+3...10+10)		3,3	2,7		2,5	1,8	2,3	1,6	2,1	1,4

Fuente Catálogo Elementos Constructivos CTE

En nuestro caso

$$FH = 0,91 [(1-0) * 0,73 + 0 * 0,04 * 5,6 * 0,4]$$

por tanto **FH=0,71**

Si el factor solar modificado es **0.71**, significa que aproximadamente el 30% de la superficie del hueco debe estar afectada por un “efecto de sombreado”. Con las dimensiones de hueco existente, esto equivale a “dibujar” 5 franjas de 0.17 cm de altura de lado a lado del hueco (Figuras 21 y 22). Esta operación se ha de repetir en todos los huecos, siendo muy importante para facilitar esta labor, tener referenciados por coordenadas todos los huecos de la fachada.

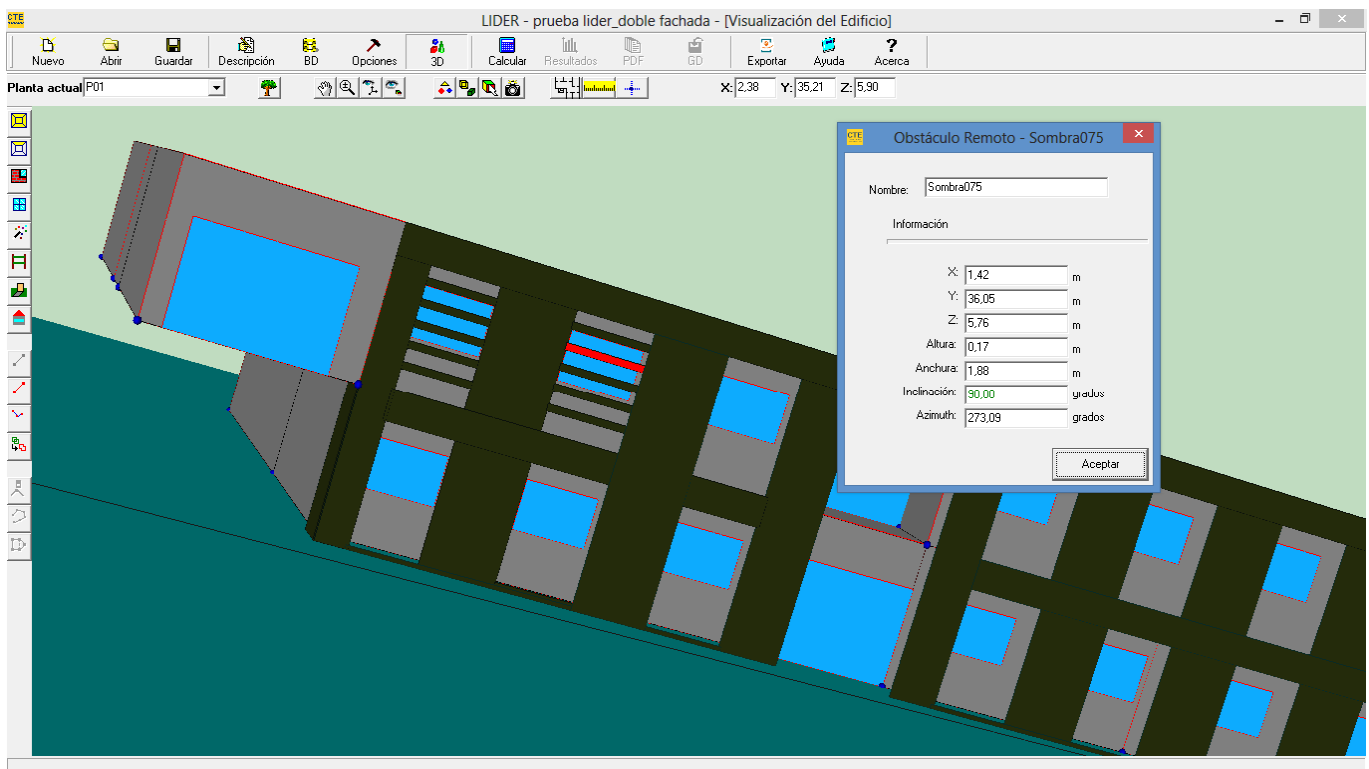


Fig 21

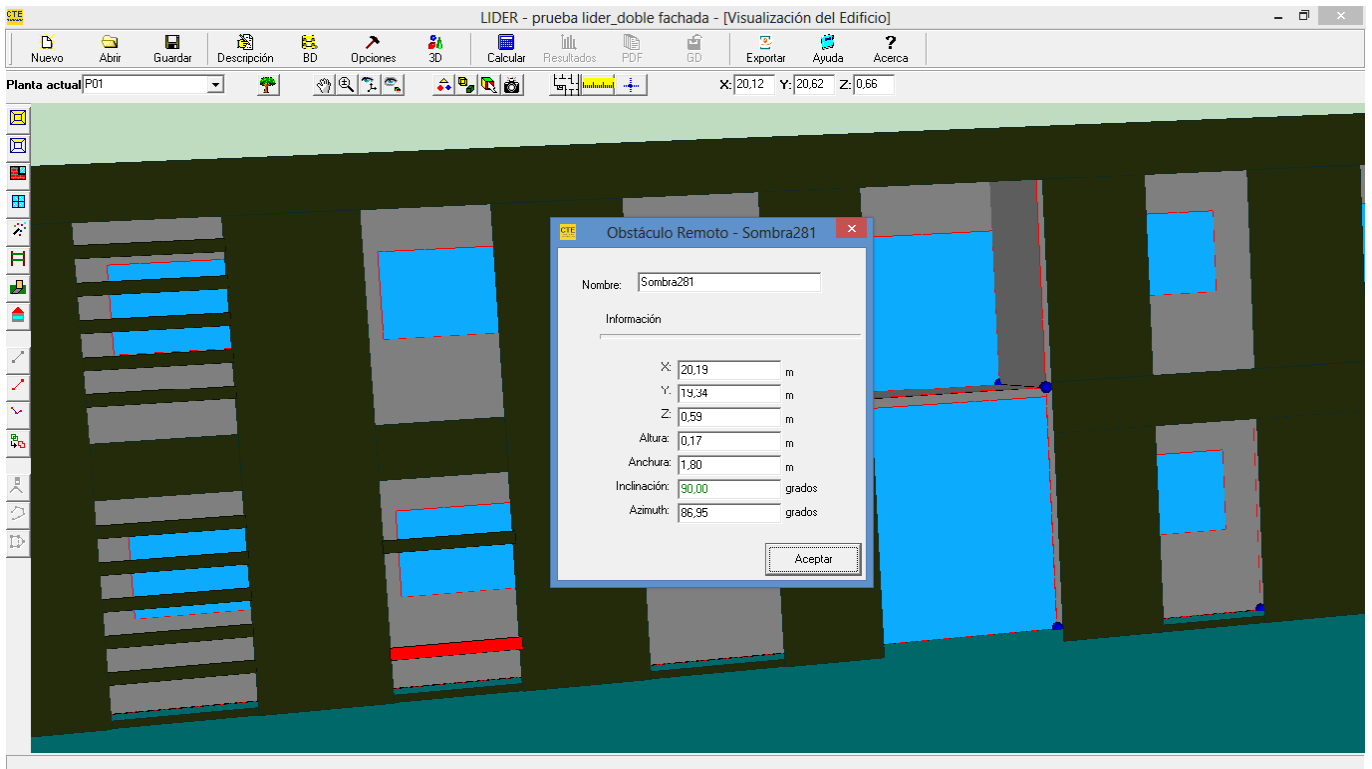


Fig. 22

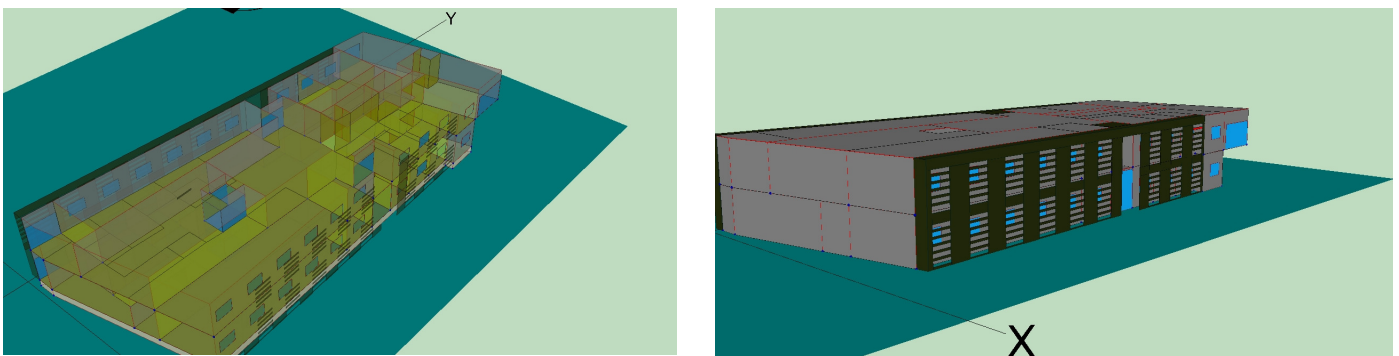


Fig 23 Imágenes del proceso de modelización en LIDER

#### 4.3. Proyecto Fachada sencilla. Modelización en LIDER.

Una vez creado y validado el modelo de acuerdo a las características propias del Proyecto, se procede a crear un segundo modelo en el cual desaparece la piel exterior de la fachada. En el proceso de creación de este modelo, no solo debemos de eliminar las sombras alrededor de la fachada que simulaban el efecto sombra de la doble piel, sino que debemos de modificar la composición del cerramiento de fachada, quedando como se aprecia en la figura inferior.

Opacos Semitransparentes

Materiales y productos Cerramientos y particiones interiores

Grupo cerramientos exteriores

Nombre Fachada principal

Composición del Cerramiento:

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).  
Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020	0,550	1125	1000	
2	BC con mortero convencional espesor 190 mm	0,190	0,433	1080	1000	
3	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,010	0,550	1125	1000	
4	MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,040	0,041	40	1000	
5	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015	0,250	825	1000	
6	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015	0,250	825	1000	
7						

Grupo Material Aislantes

Material Arcilla Expandida [árido suelto] 0,020 Espesor (m)

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U 0,57 W/(m²K)

Aceptar

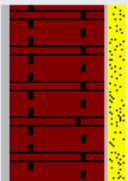


Fig. 23 Composición de la fachada principal en el modelo de fachada sencilla.



#### 4.4. Demandas de calefacción y refrigeración. CALENER

Una vez simulados ambos modelos en LIDER, insertamos la simulación en la aplicación CALENER VyP . El resultado que buscamos es **la demanda energética del edificio**, no su calificación energética. En el caso que quisiésemos calcular dicha calificación deberíamos introducir las instalaciones propias del Proyecto de acuerdo a los parámetros solicitados por CALENER, siendo en este caso necesario acudir a la versión CALENER GT (para edificios de gran terciario). Por tanto el programa CALENER VyP se puede considerar válido para nuestro propósito, siendo únicamente válidos los resultados correspondientes a las demandas de calefacción y refrigeración, debiéndose despreciar el resto de resultados.

Para que el programa pueda realizar los cálculos, deberemos introducir al menos una demanda de ACS (la que salga por defecto en el programa), así como un equipo sencillo que asociaremos a esa demanda para crear así un sistema básico.

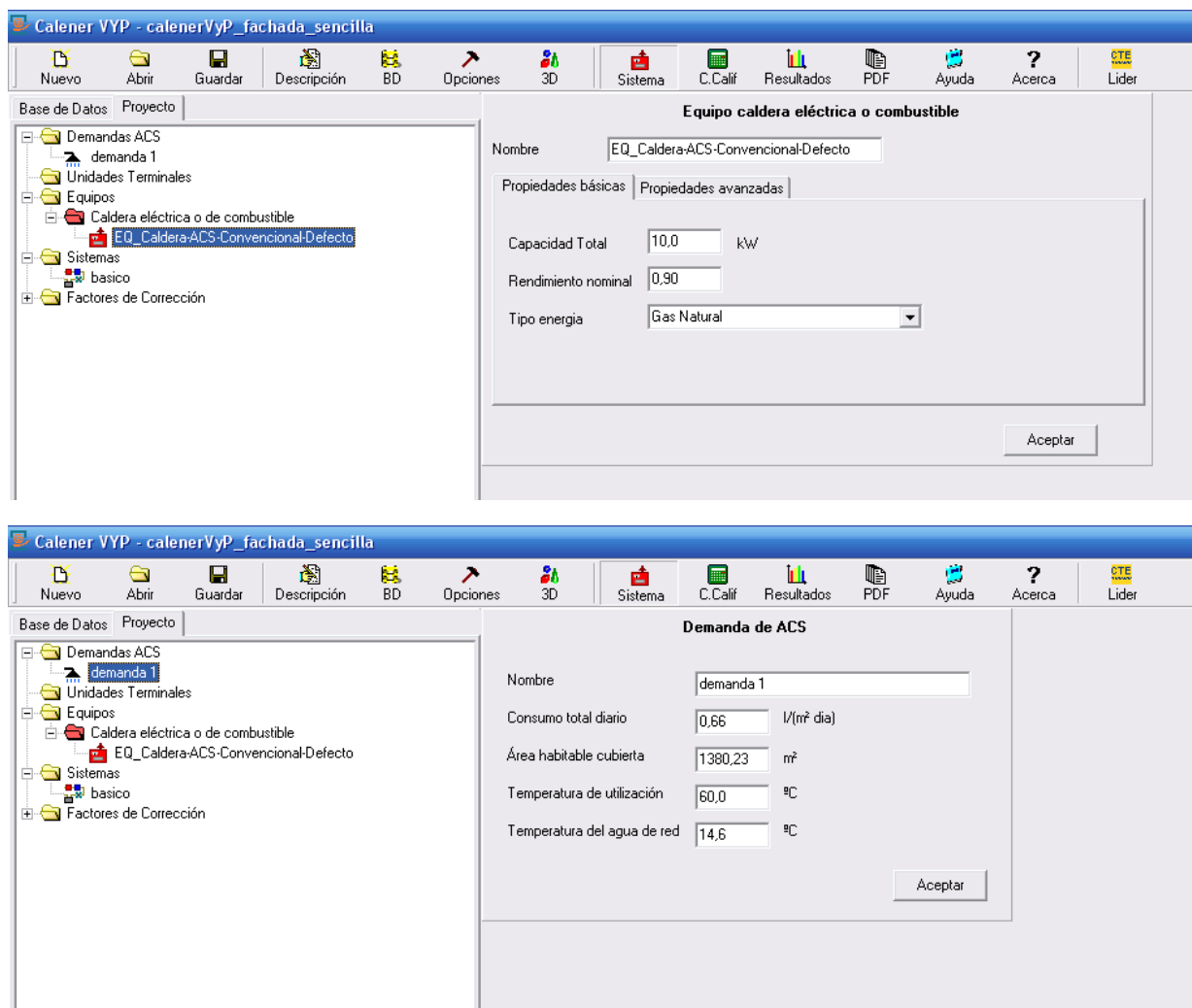


Fig. 24. Creación de sistema en Calener VyP

El programa calcula las demandas resultantes obteniendo los siguientes resultados, para cada uno de los casos considerados (Fachada doble y Fachada sencilla).

Demanda energética para el modelo de Fachada sencilla.

	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Demanda calefacción	B	13,2	18219,0
Demanda refrigeración	C	37,7	52034,6

Demanda energética para el modelo de Fachada doble

	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Demanda calefacción	B	14,2	19599,2
Demanda refrigeración	D	35,9	49550,1

#### 4.5. Análisis y comparación de los resultados.

COMPARACION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS CALCULOS DE DEMANDA ENERGETICA			
	Demanda Calefacción Kwh/año	Demanda refrigeración Kwh/año	Total kwh/año
FACHADA DOBLE PIEL	19.599	49.550	69.149
FACHADA SENCILLA	18.219	52.035	70.254
<b>DIFERENCIA</b>	<b>+ 1.380</b>	<b>- 2.485</b>	<b>- 1.105</b>
	<b>+ 1.07%</b>	<b>- 4.8%</b>	<b>- 1.6 %</b>

A la vista de estos resultados no parece que la contribución de la fachada de doble piel consiga reducir de manera significativa la demanda energética. Aunque contribuye a reducir la demanda de refrigeración, el ahorro resultante no llega al 5%. Por el contrario, la demanda de calefacción, aumenta aunque eso sí en una cuantía muy pequeña.

Por lo tanto y teniendo en cuenta las limitaciones ya mencionadas en el procedimiento de cálculo seguido, se puede afirmar que en este caso, el diseño del cerramiento de fachada no ha sido el más idóneo, ya

que la superposición de la segunda piel no ofrece mejoras significativas desde el punto de vista del ahorro energético.

Estos resultados parecen contradecir algunos de los trabajos realizados hasta el momento en el cálculo de fachadas ventiladas ( Ver art. *Fachadas ventiladas activas para reducir la demanda de calefacción en los edificios de oficinas. El caso de España*). No obstante hay que tener en cuenta algunos aspectos del diseño de esta fachada que más que seguro deben de ser modificados de manera que su ejecución permita reducir de manera notable la demanda energética y por tanto el consumo de energía.

Como aspectos a considerar en el nuevo diseño de la fachada podríamos destacar los siguientes:

### **Chequear las restricciones**

Se deben estudiar las limitaciones de los respectivos sistemas, así como las propiedades requeridas de la doble piel para nuestro edificio. Al mismo tiempo, este análisis proveerá una idea de la viabilidad económica de la forma de construcción propuesta comparándola con la construcción de una fachada simple. Las restricciones se refieren a:

- Clima (radiación solar, temperatura exterior, etc)
- Ubicación y las obstrucciones del edificio (latitud, luz natural disponible, etc)
- Regulaciones de diseño del edificio.

### **Determinar el tipo de construcción**

Se deben direccionar los conceptos de arquitectura y de sistemas de enfriamiento. De esta manera, se establecen los requerimientos que guiarán la forma de construcción de la doble piel. Es necesario tener presente el uso del edificio, las actividades. Esta etapa es sumamente importante ya que se determinan las bases para el dimensionamiento, y si posteriormente se debe cambiar alguna necesidad, se deberá comenzar de nuevo con el proceso de selección de fachada y sistema de enfriamiento.

### **Asegurar un buen suministro de aire**

Una vez determinado el tipo de fachada de doble piel, se pueden planear las dimensiones de las aberturas y flujos de aire hacia las habitaciones. No debe olvidarse lo que se debe esperar de la ventilación natural: cuando las ventanas internas están totalmente abiertas, ocurrirá lo que se llama ventilación repentina con un cambio de aire perceptible. Si no se percibe ese cambio de aire, los usuarios sentirán una sensación de disconfort. La impresión de que no cambia el aire se llama "efecto acuario" y puede ser crítico en cuanto a lo sensitivo.

### **Evitar el sobre calentamiento del espacio intermedio de la fachada**

Cuando se deciden las dimensiones de las aberturas, se debe prestar atención a las ganancias de calor en verano dentro del espacio intermedio, para asegurar un confort térmico en las habitaciones. El flujo de aire debe estar diseñado de manera que no aumenten las ganancias de calor de piso a piso. Con fachadas de múltiples pisos, la temperatura será mayor en los pisos más altos.

### **Optimizar el flujo de aire**

Los siguientes parámetros determinan como puede ser optimizado el flujo de aire y limitar el exceso de temperatura: tamaño y posición de las aberturas; diseño adecuado de las secciones por donde pasa el flujo de aire; propulsión adicional donde se requiera. Las fuerzas del viento ayudan al flujo de aire. Pero en el centro y

norte de Europa no es confiable la sola utilización del viento debido a las condiciones extremas del verano. Se utilizan ventiladores mecánicos para mover grandes cantidades de aire y lograr una contribución significativa.

### **Planear las condiciones de operación**

Para proveer de aislamiento acústico y térmico en invierno, las aberturas de la fachada deberían ser pequeñas, todo lo contrario a lo requerido para una buena ventilación y bajas ganancias de calor en verano. Ambos requerimientos pueden ser instalados con aberturas que varíen en tamaño y que puedan cerrarse. Pero eso eleva la cuestión de operación, activación y control. Los ejemplos varían desde aberturas que se ajustan dependiendo de la estación a solapas que responden con las variaciones del viento.

## 5. CALCULOS ACUSTICOS. AISLAMIENTO A RUIDO EXTERIOR.

El **CTE DB HR** exige requisitos de aislamiento acústico **in situ**. Cuando los elementos constructivos se ejecutan in situ, en los edificios, cada elemento constructivo interacciona con el resto y la transmisión de ruido entre recintos no sólo se realiza a través del elemento separador sino también por el resto de los elementos.

Para garantizar el cumplimiento de los requisitos in situ en fase de proyecto, es necesario un **diseño previo** mediante la utilización de algoritmos de **predicción** de la transmisión del ruido en edificios, los cuales emplean como datos de entrada tanto los ensayos acústicos en laboratorio de soluciones constructivas como los datos sobre la atenuación del ruido en las juntas de unión entre elementos.

La Norma **EN 12354 – Partes 1 y 2**, recoge un modelo de cálculo simplificado que busca predecir el comportamiento acústico del edificio a partir de datos en laboratorio de los elementos que lo componen, y su modo de unión.

En general, existen documentos (Catálogo de Elementos Constructivos del CTE, catálogos de fabricantes, informes de ensayo en laboratorio, etc.) que aportan la información relativa a las prestaciones acústicas de los elementos constructivos habituales en laboratorio. Por otro lado, existen herramientas en el mercado (software comercial, catálogos de soluciones aceptadas, etc.) que permiten predecir el comportamiento acústico de los elementos constructivos habituales en el edificio.

En el caso de **elementos constructivos novedosos** (composites, sistemas multicapas, sistemas industrializados...), existe una carencia de información tanto con respecto a sus prestaciones acústicas en laboratorio, como a su comportamiento in situ cuando se unen con otros elementos. Dado que existen múltiples sistemas de montaje (sujeciones mediante anclajes metálicos, mediante perfiles, incorporación de elementos pegados, etc.), muchos de ellos no se encuentran dentro de los tipos de unión contemplados en la norma EN 12354-1.

Por lo tanto se desconoce el comportamiento acústico de estos sistemas, y si resultan ser adecuados para el cumplimiento del DB HR. Además, las herramientas de diseño que se encuentran actualmente en el mercado (software comercial, catálogos de soluciones aceptadas, etc.), no disponen de métodos de cálculo que permitan ofrecer soluciones que cumplan los requisitos establecidos en el DB HR cuando se construye con este tipo de sistemas novedosos. **Es por ello que se hace imprescindible, la realización de mediciones in situ, tanto una vez finalizado el edificio, como a lo largo de las fases de desarrollo de las obras.**

El cambio generado por el CTE DB HR con respecto a la normativa anteriormente aplicable en acústica de edificación (NBE-CA-88) es importante. La filosofía que subyace en el CTE DB HR es la de considerar al **edificio terminado como un producto**, no sólo hay que tener en cuenta las características acústicas de cada elemento constructivo (como era el caso de la antigua normativa NBE-CA 88), sino que influyen también otros factores entre los que se encuentran la geometría de los recintos, la combinación de los distintos elementos constructivos (fachadas, forjados, medianeras, tabiques...), el tipo de unión entre ellos y la ejecución de la solución constructiva en obra.

Las fachadas se consideran elementos constructivos mixtos, que son aquellos que están formados por partes diferentes, cada una con valores de aislamiento acústico diferentes. De entre todos los elementos que pueden considerarse mixtos, el más representativo es la fachada, ya que las ventanas suelen ser los elementos de menor aislamiento acústico o más débiles y suelen limitar el aislamiento acústico frente al ruido exterior del conjunto. En estos casos, el aislamiento acústico máximo del conjunto (ventana + parte ciega) que puede obtenerse es aproximadamente 10 dB superior al aislamiento del elemento más débil (normalmente la ventana o la caja de persiana). Por ello, **para mejorar el aislamiento acústico de fachadas, el esfuerzo hay que centrarlo en mejorar el aislamiento acústico de la ventana**, empleando ventanas de mejor calidad.

Las fachadas de un edificio, desde el punto de vista acústico intervienen en el aislamiento frente al exterior y también como camino indirecto en el aislamiento entre recintos del edificio.

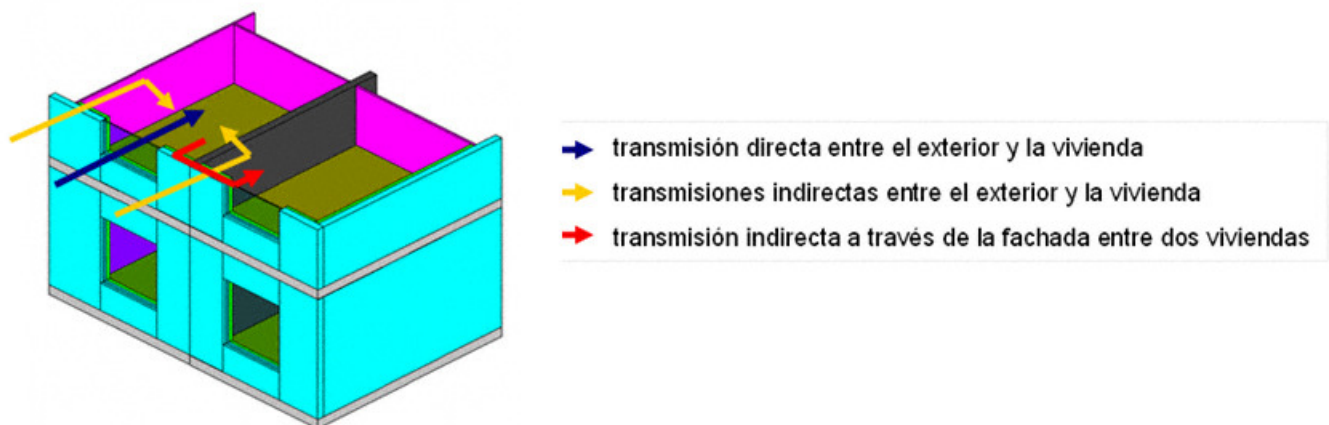


Fig. 25 Transmisiones de ruido en un edificio.

Fuente Pagina web Tecnia

En el edificio que estamos estudiando, parece razonable pensar que la incorporación de una piel exterior, doblando la fachada considerada como “base”, es una solución que supondrá un aumento del aislamiento acústico disminuyendo los niveles de ruido procedentes del exterior. Para confirmar tal extremo procederemos a realizar los cálculos de aislamiento a ruido aéreo en fachadas de acuerdo a la Opción General indicada en el CTE-DB HR, utilizando la **herramienta de cálculo del CTE V2.0 de diciembre de 2009**.

En este punto desarrollaremos los siguientes apartados:

- Zonificación de los espacios
- Cálculos del aislamiento acústico a ruido aéreo en fachada Proyecto fachada sencilla.
  - en fachada en consulta tipo.
  - en fachada en esquina.
- Cálculos del aislamiento acústico a ruido aéreo en fachada Proyecto fachada doble.
  - en fachada en consulta tipo.
  - en fachada en esquina.

- Cálculos del aislamiento acústico a ruido aéreo en fachada Proyecto fachada sencilla con variante doble ventana en fachada consulta tipo.

### 5.1. Conceptos previos.

**Recinto de actividad:** Aquellos recintos, en los edificios de uso residencial (público y privado), hospitalario o administrativo, en los que se realiza una actividad distinta a la realizada en el resto de los *recintos* del edificio en el que se encuentra integrado, siempre que el nivel medio de presión sonora estandarizado, ponderado A, del *recinto* sea mayor que 70 dBA. Por ejemplo, actividad comercial, de pública concurrencia, etc.

A partir de 80dBA se considera *recinto ruidoso*.

Todos los aparcamientos se consideran recintos de actividad respecto a cualquier uso salvo los de uso privativo en vivienda unifamiliar.

**Recinto de instalaciones:** *Recinto* que contiene equipos de instalaciones colectivas del edificio, entendiendo como tales, todo equipamiento o instalación susceptible de alterar las condiciones ambientales de dicho *recinto*. A efectos de este DB, el recinto del ascensor no se considera un recinto de instalaciones a menos que la maquinaria esté dentro del mismo.

**Recinto habitable:** *Recinto* interior destinado al uso de personas cuya densidad de ocupación y tiempo de estancia exigen unas condiciones acústicas, térmicas y de salubridad adecuadas. Se consideran *recintos habitables* los siguientes:

- a) habitaciones y estancias (dormitorios, comedores, bibliotecas, salones, etc.) en edificios residenciales;
- b) aulas, salas de conferencias, bibliotecas, despachos, en edificios de uso docente;
- c) quirófanos, habitaciones, salas de espera, en edificios de uso sanitario u hospitalario;
- d) oficinas, despachos; salas de reunión, en edificios de uso administrativo;
- e) cocinas, baños, aseos, pasillos, distribuidores y escaleras, en edificios de cualquier uso;
- f) cualquier otro con un uso asimilable a los anteriores.

En el caso en el que en un *recinto* se combinen varios usos de los anteriores siempre que uno de ellos sea protegido, a los efectos de este DB se considerará *recinto protegido*.

Se consideran *recintos no habitables* aquellos no destinados al uso permanente de personas o cuya ocupación, por ser ocasional o excepcional y por ser bajo el tiempo de estancia, sólo exige unas condiciones de salubridad adecuadas. En esta categoría se incluyen explícitamente como no habitables los trasteros, las cámaras técnicas y desvanes no acondicionados, y sus zonas comunes.

**Recinto protegido:** *Recinto habitable* con mejores características acústicas. Se consideran *recintos protegidos* los *recintos habitables* de los casos a), b), c), d).

**Recinto ruidoso:** *Recinto*, de uso generalmente industrial, cuyas actividades producen un nivel medio de presión sonora estandarizado, ponderado A, en el interior del recinto, mayor que 80 dBA.

**Unidad de uso:** Edificio o parte de un edificio que se destina a un uso específico, y cuyos usuarios están vinculados entre, sí bien por pertenecer a una misma unidad familiar, empresa, corporación, bien por formar

parte de un grupo o colectivo que realiza la misma actividad. En cualquier caso, se consideran *unidades de uso*, las siguientes:

- a) en edificios de vivienda, cada una de las viviendas;
- b) en edificios de uso hospitalario, y residencial público, cada habitación incluidos sus anexos;
- c) en edificios docentes, cada aula o sala de conferencias incluyendo sus anexos;

**Zona común:** Zona o zonas que dan servicio a varias *unidades de uso*.

### **Onda acústica aérea**

Es una vibración del aire caracterizada por una sucesión periódica en el tiempo y en el espacio de expansiones y compresiones.

#### **Presión acústica**

Símbolo: P

Unidad: Pascal Pa ( $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ )

Es la diferencia entre la presión total instantánea en un punto determinado, en presencia de una onda acústica, y la presión estática en el mismo punto.

#### **Frecuencia**

Símbolo: f

Unidad: herzio Hz

Es el número de pulsaciones de una onda acústica senoidal ocurridas en un tiempo de un segundo. Es equivalente al inverso del periodo.

#### **Frecuencias preferentes**

Son las indicadas en la Norma UNE 74.002-78, entre 100 Hz y 5.000 Hz. Para bandas de octava son: 125, 250, 500, 1000, 2000 y 4000 Hz. Para tercios de octava son: 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000 y 5000 Hz.

#### **Frecuencia fundamental**

Es la frecuencia de la onda senoidal, componente de una onda acústica compleja, cuya presión acústica, frente a las restantes ondas componentes, es máxima.

#### **Sonido**

Es la sensación auditiva producida por una onda acústica. Cualquier sonido complejo puede considerarse como resultado de la adición de varios sonidos producidos por ondas senoidales simultáneas.

#### **Armónico**

Recibe el nombre de sonido armónico, de otro dado, el que tiene una frecuencia múltiplo de la frecuencia de éste. Todo sonido complejo puede considerarse como adición de un sonido fundamental, caracterizado por la frecuencia fundamental, y diversos sonidos armónicos.

#### **Octava**

Es el intervalo de frecuencias comprendido entre una frecuencia determinada y otra igual al doble de la anterior.



**Ruido**

Es una mezcla compleja de sonidos con frecuencias fundamentales diferentes. En un sentido amplio, puede considerarse ruido cualquier sonido que interfiere en alguna actividad humana.

**Espectro de frecuencias**

Es una representación de la distribución de energía de un ruido en función de sus frecuencias componentes.

**Potencia acústica**

Símbolo: W

Unidad: vatio W

Es la energía emitida en la unidad de tiempo por una fuente determinada.

**Intensidad acústica**

Símbolo: I

Unidad: vatio por metro cuadrado  $W/m^2$

Es la energía que atraviesa, en la unidad de tiempo, la unidad de superficie perpendicular a la dirección de propagación de las ondas.

**Nivel de presión acústica**

Símbolo:  $L_p$

Unidad: decibelio dB

Se define mediante la expresión siguiente:

$$L_p = 20 \log P / P_0$$

donde: P es la presión acústica considerada, en Pa.

$P_0$  es la presión acústica de referencia que se establece en  $2 \cdot 10^{-5}$  Pa.

**Nivel de intensidad acústica**

Símbolo:  $L_i$

Unidad: decibelio dB

Se define mediante la expresión siguiente:

$$L_i = 10 \log I / I_0$$

donde:

I es la intensidad acústica considerada, en  $W/m^2$

$I_0$  es la intensidad acústica de referencia, que se establece en  $10^{-12}$   $W/m^2$

**Nivel de potencia acústica**

Símbolo  $L_w$

Unidad: decibelio dB

Se define mediante la expresión siguiente:

$$L_w = 10 \log W / W_0$$

donde:

W es la potencia acústica considerada, en W

$W_0$  es la potencia acústica de referencia, que se establece en  $10^{-12}$  W.

### Composición de niveles

Cuando los distintos niveles  $L_i$  a componer proceden de fuentes no coherentes, caso habitual en los ruidos complejos, el nivel resultante viene dado por la siguiente expresión:

$$L = 10 \log (\sum_i 10^{(L_i/10)})$$

donde:

$L_i$  es el nivel de intensidad o presión acústica del componente  $i$  en dB.

### Sonoridad

Es una caracterización subjetiva del sonido que representa la sensación sonora producida por el mismo a un oyente. Depende fundamentalmente de la intensidad y frecuencia de sonido.

### Nivel de sonoridad

Se dice que el nivel de sonoridad de un sonido o de un ruido es de  $n$  fonios cuando, a juicio de un oyente normal, la sonoridad, en escucha binaural, producida por el sonido o ruido es equivalente a la de un sonido puro de 1000 Hz continuo, que incide frente al oyente en forma de onda plana libre, progresiva y cuyo nivel de presión acústica es  $n$  dB superior a la presión de referencia  $P_0$ .

### Escala ponderada A de niveles, decibelio A

Escala de medida de niveles que se establece mediante el empleo de la curva de ponderación A, incluida en la Norma UNE 21-314-75, para compensar las diferencias de sensibilidad que el oído humano tiene para las distintas frecuencias dentro del campo auditivo.

Se utiliza como unidad el decibelio A, dBA.

En el margen de frecuencias de aplicación de esta Norma, la curva de ponderación A viene definida por los siguientes valores:

Frecuencia ( Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
Ponderación (dBA)	19,1	16,1	13,4	10,9	8,6	6,6	4,8	3,2	1,0	0,8	0	0,6	1,0	1,2	1,3	1,2	1,0	0,5

### Coefficiente de absorción

Símbolo:  $\alpha$

Es la relación entre la energía acústica absorbida por un material y la energía acústica incidente sobre dicho material, por unidad de superficie.

### Absorción acústica

Símbolo:  $A$

Unidad: metro cuadrado,  $m^2$ .

Es la magnitud que cuantifica la energía extraída del campo acústico cuando la onda sonora atraviesa un medio determinado o en el choque de la misma con las superficies límites del recinto.

Puede calcularse mediante las siguientes expresiones:

$$A_f = \alpha_f \cdot S$$

$$A = \alpha_m \cdot S$$

donde:

$A_f$  es la absorción para la frecuencia  $f$  en  $m^2$ .

A es la absorción media en  $m^2$ .

$\alpha_f$  es el coeficiente de absorción del material para la frecuencia f.

$\alpha_m$  es el coeficiente medio de absorción del material.

S es la superficie del material, en  $m^2$ .

### **Reverberación**

Es el fenómeno de persistencia del sonido en un punto determinado del interior de un recinto, debido a reflexiones sucesivas en los cerramientos del mismo.

### **Tiempo de reverberación**

Símbolo: T

Unidad: segundo s

Es el tiempo en el que la presión acústica se reduce a la milésima parte de su valor inicial (tiempo que tarda en reducirse el nivel de presión en 60 dB) una vez cesada la emisión de la fuente sonora. En general es función de la frecuencia. Puede calcularse con cierta aproximación, mediante la siguiente expresión:

$$T = 0,163 V/A$$

donde:

V es el volumen del local, en  $m^3$ .

A es la absorción del local. en  $m^2$ .

### **Aislamiento acústico específico de un elemento constructivo**

Símbolo: a

Unidad: decibelio, dB

En general es función de la frecuencia.

Se define mediante la siguiente expresión:

$$a = 10 \log I_i / I_T = L_{Ii} - L_{IT}, \text{ en dB}$$

donde:

$I_i$  es la intensidad acústica incidente.

$I_T$  es la intensidad acústica transmitida.

$L_{Ii}$  es el nivel de intensidad acústica incidente.

$L_{IT}$  es el nivel de intensidad acústica transmitida.

### **Aislamiento acústico bruto de un local respecto a otro.**

Símbolo: D

Unidad: decibelio dB

Es equivalente al aislamiento acústico específico del elemento separador de los dos locales. Se define mediante la siguiente expresión:

$$D = L_{I1} - L_{I2}, \text{ en dB}$$

donde:

$L_{I1}$  es el nivel de intensidad acústica en el local emisor.

$L_{I2}$  es el nivel de intensidad acústica en el local receptor.

**Aislamiento acústico normalizado a ruido aéreo**

Símbolo: R

Unidad: decibelio dB

Aislamiento de un elemento constructivo medido en laboratorio en condiciones señaladas en la Norma UNE 74-040-84 (3). Se define mediante la siguiente expresión:

$$R = D + 10 \log (S/A) = LI1 - LI2 + 10 \log (S/A), \text{ en dB}$$

donde:

S es la superficie del elemento separador, en  $m^2$

A es la absorción del recinto receptor, en  $m^2$

**Aislamiento acústico en dBA**

Es la expresión global, en dBA, del aislamiento acústico normalizado R.

**Aislamiento de un elemento constructivo simple**

El aislamiento específico de un elemento constructivo es función de sus propiedades mecánicas, y puede calcularse aproximadamente por la ley de masa, que establece que la reducción de intensidad acústica a través de un determinado elemento es función del cuadrado del producto de la masa unitaria  $m$  por la frecuencia considerada  $f$ .

$a \approx (f \cdot m)^2$  ecuación que expresada en decibelios se transforma en:  $a \approx 10 \log (f \cdot m)^2$

De donde se deduce que para una frecuencia fija, el aislamiento aumenta en 6 dB cuando se duplica la masa. Análogamente, para una masa dada, el aislamiento crece 6 dB al duplicar la frecuencia.

**Aislamiento de elementos constructivos múltiples**

La dependencia entre el aislamiento y la masa y la necesidad de obtener valores de aislamiento cada vez más exigentes, hacen preciso utilizar sistemas y medios apropiados, que garanticen el aislamiento exigido sin que la masa crezca desproporcionadamente al aislamiento. La solución más usual es la de fraccionar el elemento en dos o más hojas separadas entre sí, aunque prácticamente no se puede conseguir totalmente la separación, por lo que la vibración de una de las hojas se transmite a las otras en mayor o menor grado. El comportamiento de los elementos múltiples depende de diversos factores que se estudian a continuación.

35.1 Influencia de la ligazón elástica entre las hojas componentes.

35.2 Influencia de la ligazón rígida entre las hojas componentes.

35.3 Influencia de los elementos constructivos adyacentes. Transmisiones indirectas.

35.4 Influencia de la estructura.

**Aislamiento global de elementos constructivos mixtos.**

En el campo de la edificación es normal la presencia de elementos formados por elementos constructivos distintos, caracterizados por aislamientos específicos muy diferentes entre sí. El aislamiento acústico del elemento debe ser estudiado, en este caso, desde un punto de vista global, contemplando las áreas de los distintos elementos y sus aislamientos específicos. El aislamiento acústico global  $a_g$  de un elemento mixto puede calcularse mediante la siguiente expresión:

$$\alpha_g = 10 \cdot \lg \frac{\sum S_i}{\sum \frac{S_i}{10^{a_i/10}}}$$

donde:

$S_i$  es el área del elemento constructivo  $i$ , en  $m^2$ .

$a_i$  es el aislamiento específico del elemento constructivo de área  $S_i$  en dB.

En el caso más sencillo de un cerramiento con ventana, de áreas  $S_c$  Y  $S_v$  Y de aislamientos  $a_c$  y  $a_v$  correspondientes respectivamente a las partes ciegas y de ventana, aplicando la expresión anterior se obtiene:

$$\alpha_g = 10 \cdot \log \frac{S_c + S_v}{\frac{S_c}{10^{a_c/10}} + \frac{S_v}{10^{a_v/10}}}$$

Según esto el aislamiento global de un elemento constructivo mixto es como máximo 10 dB mayor que el del elemento constructivo más débil desde el punto de vista acústico, por lo que en el caso de fachadas será preciso, para mejorar el aislamiento acústico, mejorar el aislamiento de las ventanas frente al de las partes ciegas.

En cualquier caso, es de resaltar como problema específico de los paramentos, el problema que generan las holguras y las rendijas de las carpinterías, ya que pueden causar disminuciones de aislamiento del orden de 3 a 5 dB y cuyo único tratamiento son las bandas de estanquidad y los resaltos. Igualmente importante es la disminución de aislamiento que se produce por causa de las rendijas que aparecen en cerramientos con persianas enrollables exteriores, que se cifra en 5 dB, y cuyo refuerzo debe hacerse minimizando estas rendijas, colocando bandas de estanquidad, reforzando la estructura de la caja, y añadiendo un tratamiento absorbente en el interior.

#### **Nivel de ruido de impacto normalizado $L_n$**

Es el nivel de ruido producido por la máquina de impactos que se describe en la Norma UNE 74-040 84 (6), en el recinto subyacente.

Se define mediante la siguiente expresión:

$$L_n = L + 10 \log (A/10)$$

donde:

$L$  es el nivel directamente medido en dB.

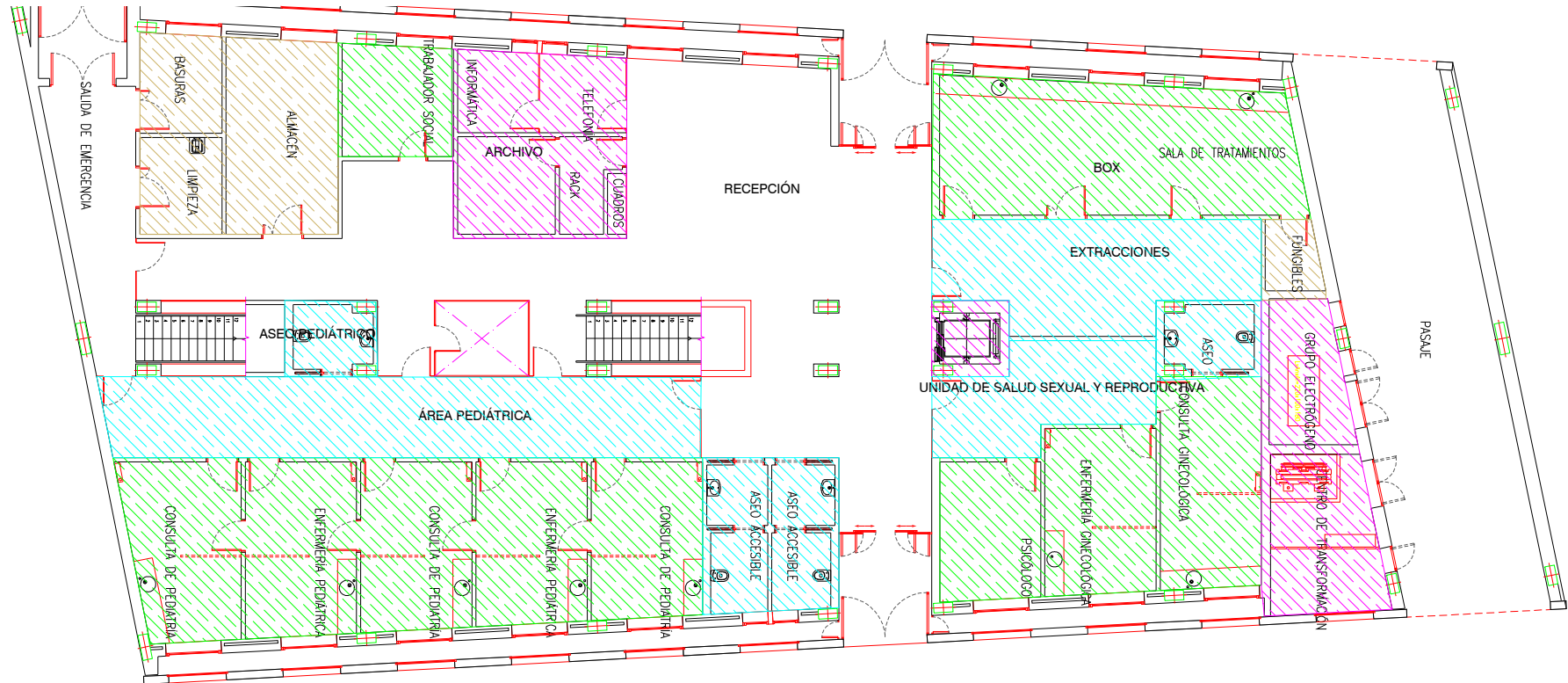
$A$  es la absorción del recinto en  $m^2$ .

## 5.2. Zonificación de los espacios

A continuación se incluyen los planos de planta baja y planta alta con la zonificación de los distintos elementos según sean:

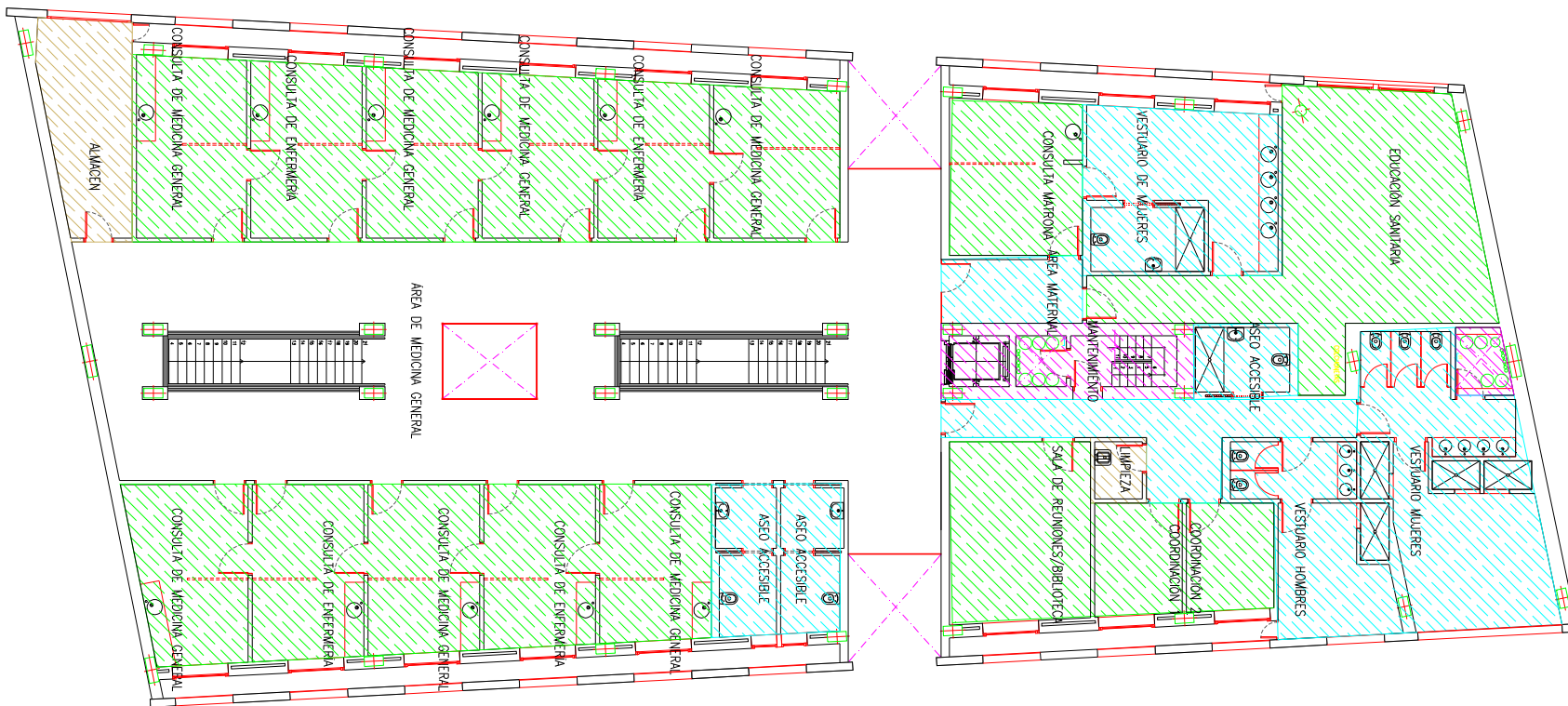
- Recintos protegidos; consultas y despachos. Cada consulta o despacho se considera como una unidad de uso diferenciada.
- Recinto de instalaciones; cuartos de instalaciones y caja de ascensor.
- Recintos habitables. Aseos, zonas de espera
- Recintos no habitables
- Zonas comunes.

ZONIFICACION PLANTA BAJA



- recinto protegido
- recinto habitable
- recinto de instalaciones
- recinto no habitable

ZONIFICACION PLANTA PRIMERA



- recinto protegido
- recinto habitable
- recinto de instalaciones
- recinto no habitable



### 5.3. Determinación del índice de ruido a día, $L_d$ .

Las exigencias de aislamiento acústico a ruido exterior se fijan en el DB HR en función del nivel de ruido de la zona donde se ubica el edificio, es decir, en función del índice de ruido día,  $L_{d1}$ , que es el índice de ruido asociado a la molestia durante el periodo día y definido como el nivel sonoro medio a largo plazo, ponderado A, determinado a lo largo de todos los periodos día de un año. Se expresa en dBA. El valor del índice de ruido día,  $L_d$ , puede obtenerse mediante consulta en las administraciones competentes, que son las que han elaborado los **mapas estratégicos de ruido**.

No obstante si no se dispone de datos oficiales el CTE DB HR en su punto 2.1.1 señala que “Cuando no se disponga de datos oficiales del valor del índice de ruido día,  $L_d$ , se aplicará el valor de **60 dBA** para el tipo de área acústica relativo a **sectores de territorio con predominio de suelo de uso residencial**. Para el resto de áreas acústicas, se aplicará lo dispuesto en las normas reglamentarias de desarrollo de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.”

Tabla 2.1 Valores de aislamiento acústico a ruido aéreo,  $D_{2m,nT,Abr}$ , en dBA, entre un recinto protegido y el exterior, en función del índice de ruido día,  $L_d$ .

$L_d$ dBA	Uso del edificio			
	Residencial y hospitalario		Cultural, sanitario <sup>(1)</sup> , docente y administrativo	
	Dormitorios	Estancias	Estancias	Aulas
$L_d \leq 60$	30	30	30	30
$60 < L_d \leq 65$	32	30	32	30
$65 < L_d \leq 70$	37	32	37	32
$70 < L_d \leq 75$	42	37	42	37
$L_d > 75$	47	42	47	42

<sup>(1)</sup> En edificios de uso no hospitalario, es decir, edificios de asistencia sanitaria de carácter ambulatorio, como despachos médicos, consultas, áreas destinadas al diagnóstico y tratamiento, etc.

Fig. 26 Fuente CTE DB HR

#### 5.4. Cálculos del aislamiento acústico a ruido aéreo en fachada Proyecto fachada sencilla.

La modelización en este caso resulta sencilla dado que la composición de la fachada se corresponde con las soluciones definidas en el Catálogo de Elementos Constructivos del CTE

Se han estudiado dos casos:

- en fachada de consulta tipo.
- en fachada en esquina.

Se presentan seguidamente las fichas justificativas de cálculo. Las fichas de entrada de datos del programa de cálculo se pueden consultar en el ANEXO 2. CALCULOS ACUSTICOS.

La definición de los espacios, así como la composición de los cerramientos se ha indicado el punto 3 del presente trabajo, quedando además reflejada en el ANEXO 2. CALCULOS ACUSTICOS.



## Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo en fachadas.

Proyecto	PROYECTO FINAL DE MASTER	
Autor	JAVIER OLMEDILLA JIMENEZ	
Fecha	jul-03	
Referencia	CONSULTA TIPO_FACHADA SENCILLA	

Características técnicas de la fachada y edificio							
Tipo de Ruido Exterior	Automóviles			$L_d$ (dBA)	60		
Forma de fachada	Plano de Fachada			$\Delta L_{fs}$ (dB)	0		
Soluciones Constructivas							
Sección Separador	enf+BC19+enf						
Sección Flanco F1	enf+BC19+enf						
Sección Flanco F2	enf+BC19+enf						
Sección Flanco F3	enf+BC19+enf						
Sección Flanco F4	enf+BC19+enf						
Parámetros Acústicos							
	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$l_i$ (m)	$m'_i$ (kg/m <sup>2</sup> )	$R_{A,tr}$ (dBA)	$R_A$ (dBA)		
Sección Separador	11,616	-	198	45	48	-	-
Sección Flanco F1	1	3,52	198	45	48	-	-
Sección Flanco F2	20,24	2,1	198	45	48	-	-
Sección Flanco F3	11,616	2,55	198	45	48	-	-
Sección Flanco F4	11,616	2,55	198	45	48	-	-

Características técnicas del recinto receptor							
Tipo de Recinto	Residencial y hospitalario Dormitorios			Volumen	48,36 m <sup>3</sup>		
Soluciones Constructivas							
Sección Separador	enf+BC19+enf						
Suelo f1	LM AL 300 mm						
Techo f2	LM AL 300 mm						
Pared f3	YL 2x12,5 + AT MW 48 + YL 2x12,5						
Pared f4	YL 2x12,5 + AT MW 48 + YL 2x12,5						
Parámetros Acústicos							
	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$l_i$ (m)	$m'_i$ (kg/m <sup>2</sup> )	$R_A$ (dBA)	$R_{A,tr}$ (dBA)	$\Delta R_A$ (dBA)	
Sección Separador	11,616	-	198	48	45	0	-
Suelo f1	18,6	3,52	600	63	-	3	-
Techo f2	18,6	2,1	600	63	-	7	-
Pared f3	13,52	2,55	44	52	-	0	-
Pared f4	13,52	2,55	44	52	-	0	-

Huecos en el separador					
Ventanas, puertas y lucernarios		$S$ (m <sup>2</sup> )	$R_{A,tr}$ (dBA)	$R_A$ (dBA)	$\Delta R$ (dB)
	Hueco 1	2,16	30	33	0
	Hueco 2	0	0	0	0
	Hueco 3	0	0	0	0
	Hueco 4	0	0	0	0



## Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo en fachadas.

Vías de transmisión aérea directa o indirecta			
Vías de transmisión aérea	transmisión directa I	$D_{n,e1,A}$ (dBA)	-
	transmisión directa II	$D_{n,e2,A}$ (dBA)	-
	transmisión indirecta	$D_{n,s,A}$ (dBA)	-

Tipos de uniones e índices de reducción vibracional				
Encuentro	Tipo de unión	$K_{Ff}$	$K_{Fd}$	$K_{Df}$
fachada - suelo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	7,02	13,81	7,02
fachada - techo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	7,02	13,81	7,02
fachada - pared	Unión en T de elemento de entramado autoportante y elemento homogéneo (orientación 2)	16,53	-3,57	16,53
fachada - pared	Unión en T de elemento de entramado autoportante y elemento homogéneo (orientación 2)	16,53	-3,57	16,53

Transmisión de ruido del exterior				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{2m,nT,Atr}$ (dBA)	39	30	CUMPLE



## Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo en fachadas.

Caso: Fachadas en esquina

Proyecto	TRABAJO FINAL MASTER EDIFICACION	
Autor	JAVIER OLMEDILLA JIMENEZ	
Fecha	jul-13	
Referencia	SALA REUNIONES P1_ FACHADA SENCILLA	

Características técnicas de la fachada y edificio							
Tipo de Ruido Exterior	Automóviles			$L_d$ (dBA)	60		
Forma de fachada a	Plano de Fachada			$\Delta L_{fs}$ (dB)	0		
Forma de fachada b	Plano de Fachada			$\Delta L_{fs}$ (dB)	0		
Soluciones Constructivas							
Sección Separador 1	enf+BC19+enf						
Sección Separador 2	enf+BC19+enf						
Sección Flanco F1a	enf+BC19+enf						
Sección Flanco F1b	enf+BC19+enf						
Sección Flanco F2a	enf+BC19+enf						
Sección Flanco F2b	enf+BC19+enf						
Sección Flanco F3	enf+BC19+enf						
Sección Flanco F4	enf+BC19+enf						
Parámetros Acústicos							
	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$l_i$ (m)	$m'_i$ (kg/m <sup>2</sup> )	$R_{A,tr}$ (dBA)	$R_A$ (dB)		
Sección Separador 1	14,85	-	198	45	48	-	-
Sección Separador 2	7,425	-	198	45	48	-	-
Sección Flanco F1a	14,85	4,5	198	45	48	-	-
Sección Flanco F1b	7,425	2,25	198	45	48	-	-
Sección Flanco F2a	10,125	4,5	198	45	48	-	-
Sección Flanco F2b	5,0625	2,25	198	45	48	-	-
Sección Flanco F3	0,05	3,3	198	45	48	-	-
Sección Flanco F4	9,24	3,3	198	45	48	-	-

Características técnicas del recinto receptor							
Tipo de Recinto	Cultural, sanitario, docente y administrativo Aulas			Volumen	65,416 m <sup>3</sup>		
Soluciones Constructivas							
Sección Separador 1	enf+BC19+enf						
Sección Separador 2	enf+BC19+enf						
Suelo f1	LM AL 300 mm						
Techo f2	LM AL 300 mm						
Pared f3	YL 2x12,5 + AT MW 48 + YL 2x12,5						
Pared f4	YL 2x12,5 + AT MW 48 + YL 2x12,5						
Parámetros Acústicos							
	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$l_{i,a}$ (m)	$l_{i,a}$ (m)	$m'_i$ (kg/m <sup>2</sup> )	$R_A$ (dBA)	$R_{A,tr}$ (dBA)	$\Delta R_A$ (dBA)
Sección Separador 1	14,85	-	-	198	48	45	10
Sección Separador 2	7,425	-	-	198	48	45	10
Suelo f1	25,16	4,5	2,25	600	63	-	3
Techo f2	25,16	4,5	2,25	600	63	-	7
Pared f3	18,249	3,3	-	44	52	-	0
Pared f4	14,685	3,3	-	44	52	-	0



## Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos interiores.  
Caso: Fachadas en esquina

Huecos en el separador					
		S (m <sup>2</sup> )	R <sub>A,tr</sub> (dBA)	R <sub>A</sub> (dBA)	ΔR (dB)
Ventanas, puertas y lucernarios Fachada a	Hueco 1	2,16	30	33	0
	Hueco 2	0	0	0	0
	Hueco 3	0	0	0	0
	Hueco 4	0	0	0	0
Ventanas, puertas y lucernarios Fachada b		S (m <sup>2</sup> )	R <sub>A,tr</sub> (dBA)	R <sub>A</sub> (dBA)	ΔR (dB)
	Hueco 1	0	0	0	0
	Hueco 2	0	0	0	0
	Hueco 3	0	0	0	0
	Hueco 4	0	0	0	0

Vías de transmisión aérea directa o indirecta			
Vías de transmisión aérea Fachada a	transmisión directa I	D <sub>n,e1,Atr</sub> (dBA)	-
	transmisión directa II	D <sub>n,e2,Atr</sub> (dBA)	-
	transmisión indirecta	D <sub>n,s,Atr</sub> (dBA)	-
Vías de transmisión aérea Fachada b	transmisión directa I	D <sub>n,e1,Atr</sub> (dBA)	-
	transmisión directa II	D <sub>n,e2,Atr</sub> (dBA)	-
	transmisión indirecta	D <sub>n,s,Atr</sub> (dBA)	-

Tipos de uniones e índices de reducción vibracional				
Encuentro	Tipo de unión	K <sub>Ft</sub>	K <sub>Fd</sub>	K <sub>Df</sub>
Fachada a - suelo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	7,02	13,81	7,02
Fachada b - suelo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 4)	7,02	13,81	7,02
Fachada a - techo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	7,02	13,81	7,02
Fachada b - techo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 4)	5,70	5,70	5,70
Fachada a - pared	Unión en T de elemento de entramado autoportante y elemento homogéneo (orientación 3)	16,53	0,01	16,53
Fachada b - pared	Unión en T de elemento de entramado autoportante y elemento homogéneo (orientación 2)	16,53	3,51	16,53

Transmisión de ruido del exterior				
	Cálculo	Requisito		
Aislamiento acústico a ruido aéreo	D <sub>2m,nT,Atr</sub> (dBA)	40	30	CUMPLE

**5.5. Cálculos del aislamiento acústico a ruido aéreo en fachada Proyecto fachada doble.**

Tal y como indica el CTE DB HR, los índices de reducción acústica,  $R_A$ , de *elementos constructivos homogéneos* pueden calcularse según **la ley de masa, expresiones A.16 y A.17** del Anejo A, aunque es preferible usar valores determinados en laboratorio.

Índice global de reducción acústica, ponderado A, de un elemento constructivo,  $R_A$ : Valoración global, en dBA, del índice de reducción acústica, R, para un ruido incidente rosa normalizado, ponderado A.

Los índices de reducción acústica se determinarán mediante ensayo en laboratorio. No obstante, y en ausencia de ensayo, puede decirse que el índice de reducción acústica proporcionado por un elemento constructivo de una hoja de materiales homogéneos, es función casi exclusiva de su masa y son aplicables las siguientes expresiones (ley de masa) que determinan el aislamiento  $R_A$ , en función de la masa por unidad de superficie, m, expresada en  $kg/m^2$ :

$$m \leq 150kg/m^2 \quad R_A = 16,6 \cdot \lg m + 5 \quad [dBA] \quad (A.16)$$

$$m \geq 150kg/m^2 \quad R_A = 38,5 \cdot \lg m - 38,5 \quad [dBA] \quad (A.17)$$

Basándonos en ese punto de la norma simplificaremos el complejo problema que supondría calcular el índice global de reducción acústica aparente  $RA'$  mediante complejas formulas matemáticas, ya que para la solución de doble fachada ventilada, por ser esta una tipología constructiva “poco común”, las herramientas de diseño que se encuentran actualmente en el mercado (software comercial, catálogos de soluciones aceptadas, etc.), no disponen de métodos de cálculo que permitan ofrecer soluciones que cumplan los requisitos establecidos en el DB HR.

Consideraremos por tanto la doble fachada como un elemento homogéneo formado por la suma de masas de un panel **prefabricado de hormigón de 15 cm de espesor y una fábrica de termoarcilla de 19 cm.**

Otro de los parámetros que modificaremos en la introducción de datos, respecto de la solución de fachada sencilla, será la tipología de la ventana, ya que en este caso nos encontramos ante una solución de **doble**

**ventana**, tomando como superficie la más desfavorable; en este caso la exterior de mayor superficie

Cálculo de Aislamiento Acústico a ruido aéreo en fachadas					
Datos de Entrada					
Sección de Fachada Directa					
Superficie $S_s$ (m <sup>2</sup> )		11,616			
REF	Elemento constructivo base	$m'$ (kg/m <sup>2</sup> )	$R_{Atr}$	$R_A$	REF
F.V.3	F_H Alig_16+BC19	486,0	56,0	59,0	FF 1
REF	S (m <sup>2</sup> )	Ventanas/Capialzados	$R_{Atr}$	$R_A$	$\Delta R$
V.37	5,36	Doble ventana. DES - OSC Ext 4/ Int 4-6-4	44	46	-3
V.00		Sin Ventana	0	0	0
V.00		Sin Ventana	0	0	0
V.00		Sin Ventana	0	0	0

Fábrica de bloque cerámico aligerado BC					
Descripción		HE			
Fábrica	Espesor de la fábrica E mm	$\rho$ kg / m <sup>3</sup>	R m <sup>2</sup> ·K/ W	C <sub>p</sub> J / kg·K	$\mu$
BC con mortero convencional <sup>(1)</sup>	140	1170	0,32	1000	10
	190	1080	0,44	1000	10
	240	1090	0,57	1000	10
	290	1080	0,68	1000	10
BC con mortero aislante <sup>(2)</sup>	140	1020	0,44	1000	10
	190	910	0,63	1000	10
	240	920	0,81	1000	10
	290	910	0,98	1000	10

<sup>(1)</sup> Valores obtenidos con un mortero convencional de densidad,  $\rho$ , igual a 1900 kg/m<sup>3</sup>

<sup>(2)</sup> Valores obtenidos con un mortero aislante de densidad,  $\rho$ , igual a 1000 kg/m<sup>3</sup>

Hormigones para piezas prefabricadas				
Material	HE			
	$\rho$ kg / m <sup>3</sup>	$\lambda$ W / m·K	C <sub>p</sub> J / kg·K	$\mu$
Hormigón con arcilla expandida como árido principal	1700	0,76	1000	6
	1600	0,68	1000	6
	1500	0,61	1000	6
	1400	0,55	1000	6
	1300	0,50	1000	6
	1200	0,44	1000	6
	1100	0,39	1000	6
	1000	0,35	1000	6
	900	0,30	1000	6
	800	0,27	1000	6
Hormigón con otros áridos ligeros	2000	1,50	1000	10
	1800	1,22	1000	10
	1600	0,59	1000	10
	1500	0,52	1000	10
	1400	0,46	1000	10
	1300	0,42	1000	10
	1200	0,37	1000	10
	1100	0,34	1000	10
	1000	0,30	1000	10
	900	0,27	1000	10
	800	0,65	1000	10
	700	0,74	1000	10
	600	0,83	1000	10
500	0,94	1000	10	

Fig. 27 Valores característicos de densidad seleccionados. Fuente Catálogo Elementos Constructivos CTE



Por tanto con los datos de densidad contemplados establecemos los siguientes valores de masa:

Panel prefabricado de hormigón de 15 cm de esp.....198 Kg/m<sup>2</sup>

Fábrica de bloque de termoarcilla de 19 cm enlucida dos caras.....288 Kg/m<sup>2</sup>

---

Masa resultante del elemento base.....486 Kg/m<sup>2</sup>

Aplicando formula A17 (ley de masas)  $RA' = 36,5 \cdot \lg 486 - 38,5$

$$RA' = 59 \text{ dBA}$$

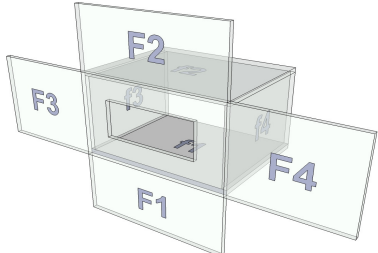
Igual que en el punto anterior se procede a realizar los cálculos en dos casos:

- en fachada en consulta tipo.
- en fachada en esquina

Se presentan seguidamente las fichas justificativas de cálculo. Las fichas de entrada de datos del programa de cálculo se pueden consultar en el ANEXO 2. CALCULOS ACUSTICOS.

## Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo en fachadas.

Proyecto	PROYECTO FINAL DE MASTER	
Autor	JAVIER OLMEDILLA JIMENEZ	
Fecha	jul-03	
Referencia	CONSULTA TIPO_FACHADA DOBLE	

Características técnicas de la fachada y edificio							
Tipo de Ruido Exterior	Automóviles			$L_d$ (dBA)	60		
Forma de fachada	Plano de Fachada			$\Delta L_{fs}$ (dB)	0		
<b>Soluciones Constructivas</b>							
Sección Separador	F_H Alig_16+BC19						
Sección Flanco F1	F_H Alig_16+BC19						
Sección Flanco F2	F_H Alig_16+BC19						
Sección Flanco F3	F_H Alig_16+BC19						
Sección Flanco F4	F_H Alig_16+BC19						
<b>Parámetros Acústicos</b>							
	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$l_i$ (m)	$m'_i$ (kg/m <sup>2</sup> )	$R_{A,tr}$ (dBA)	$R_A$ (dBA)		
Sección Separador	11,616	-	486	56	59	-	-
Sección Flanco F1	1	3,52	486	56	59	-	-
Sección Flanco F2	20,24	2,1	486	56	59	-	-
Sección Flanco F3	11,616	2,55	486	56	59	-	-
Sección Flanco F4	11,616	2,55	486	56	59	-	-

Características técnicas del recinto receptor							
Tipo de Recinto	Residencial y hospitalario Dormitorios			Volumen	48,36 m <sup>3</sup>		
<b>Soluciones Constructivas</b>							
Sección Separador	F_H Alig_16+BC19						
Suelo f1	LM AL 300 mm						
Techo f2	LM AL 300 mm						
Pared f3	YL 2x12,5 + AT MW 48 + YL 2x12,5						
Pared f4	YL 2x12,5 + AT MW 48 + YL 2x12,5						
<b>Parámetros Acústicos</b>							
	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$l_i$ (m)	$m'_i$ (kg/m <sup>2</sup> )	$R_A$ (dBA)	$R_{A,tr}$ (dBA)	$\Delta R_A$ (dBA)	
Sección Separador	11,616	-	486	59	56	0	-
Suelo f1	18,6	3,52	600	63	-	3	-
Techo f2	18,6	2,1	600	63	-	7	-
Pared f3	13,52	2,55	44	52	-	0	-
Pared f4	13,52	2,55	44	52	-	0	-

Huecos en el separador					
		$S$ (m <sup>2</sup> )	$R_{A,tr}$ (dBA)	$R_A$ (dBA)	$\Delta R$ (dB)
Ventanas, puertas y lucernarios	Hueco 1	5,36	44	46	-3
	Hueco 2	0	0	0	0
	Hueco 3	0	0	0	0
	Hueco 4	0	0	0	0



## Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo en fachadas.

Vías de transmisión aérea directa o indirecta			
Vías de transmisión aérea	transmisión directa I	$D_{n,e1,A}$ (dBA)	-
	transmisión directa II	$D_{n,e2,A}$ (dBA)	-
	transmisión indirecta	$D_{n,s,A}$ (dBA)	-

Tipos de uniones e índices de reducción vibracional				
Encuentro	Tipo de unión	$K_{Ff}$	$K_{Fd}$	$K_{Df}$
fachada - suelo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	5,75	7,04	5,75
fachada - techo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	5,75	7,04	5,75
fachada - pared	Unión en T de elemento de entramado autoportante y elemento homogéneo (orientación 2)	20,43	-3,57	20,43
fachada - pared	Unión en T de elemento de entramado autoportante y elemento homogéneo (orientación 2)	20,43	-3,57	20,43

Transmisión de ruido del exterior				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{2m,nT,Atr}$ (dBA)	49	30	CUMPLE



## Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo en fachadas.  
Caso: Fachadas en esquina

Proyecto	TRABAJO FINAL MASTER EDIFICACION	
Autor	JAVIER OLMEDILLA JIMENEZ	
Fecha	jul-13	
Referencia	SALA REUNIONES P1_FACHADA DOBLE PIEL	

Características técnicas de la fachada y edificio							
Tipo de Ruido Exterior	Automóviles		$L_d$ (dBA)	60			
Forma de fachada a	Plano de Fachada		$\Delta L_{fs}$ (dB)	0			
Forma de fachada b	Plano de Fachada		$\Delta L_{fs}$ (dB)	0			
Soluciones Constructivas							
Sección Separador 1	F_H Alig_16+BC19						
Sección Separador 2	F_H Alig_16+BC19						
Sección Flanco F1a	F_H Alig_16+BC19						
Sección Flanco F1b	F_H Alig_16+BC19						
Sección Flanco F2a	F_H Alig_16+BC19						
Sección Flanco F2b	F_H Alig_16+BC19						
Sección Flanco F3	F_H Alig_16+BC19						
Sección Flanco F4	F_H Alig_16+BC19						
Parámetros Acústicos							
	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$l_i$ (m)	$m'_i$ (kg/m <sup>2</sup> )	$R_{A,tr}$ (dBA)	$R_A$ (dB)		
Sección Separador 1	14,85	-	486	56	59	-	-
Sección Separador 2	7,425	-	486	56	59	-	-
Sección Flanco F1a	14,85	4,5	486	56	59	-	-
Sección Flanco F1b	7,425	2,25	486	56	59	-	-
Sección Flanco F2a	10,125	4,5	486	56	59	-	-
Sección Flanco F2b	5,0625	2,25	486	56	59	-	-
Sección Flanco F3	0,05	3,3	486	56	59	-	-
Sección Flanco F4	9,24	3,3	486	56	59	-	-

Características técnicas del recinto receptor							
Tipo de Recinto	Cultural, sanitario, docente y administrativo Aulas			Volumen	65,416 m <sup>3</sup>		
Soluciones Constructivas							
Sección Separador 1	F_H Alig_16+BC19						
Sección Separador 2	F_H Alig_16+BC19						
Suelo f1	LM AL 300 mm						
Techo f2	LM AL 300 mm						
Pared f3	YL 2x12,5 + AT MW 48 + YL 2x12,5						
Pared f4	YL 2x12,5 + AT MW 48 + YL 2x12,5						
Parámetros Acústicos							
	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$l_{i,a}$ (m)	$l_{i,r}$ (m)	$m'_i$ (kg/m <sup>2</sup> )	$R_A$ (dBA)	$R_{A,tr}$ (dBA)	$\Delta R_A$ (dBA)
Sección Separador 1	14,85	-	-	486	59	56	10
Sección Separador 2	7,425	-	-	486	59	56	10
Suelo f1	25,16	4,5	2,25	600	63	-	3
Techo f2	25,16	4,5	2,25	600	63	-	7
Pared f3	18,249	3,3	-	44	52	-	0
Pared f4	14,685	3,3	-	44	52	-	0



## Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos interiores.

Caso: Fachadas en esquina

Huecos en el separador					
Ventanas, puertas y lucernarios Fachada a		S (m <sup>2</sup> )	R <sub>A,tr</sub> (dBA)	R <sub>A</sub> (dBA)	ΔR (dB)
	Hueco 1	5,369	44	46	-3
	Hueco 2	0	0	0	0
	Hueco 3	0	0	0	0
	Hueco 4	0	0	0	0
Ventanas, puertas y lucernarios Fachada b		S (m <sup>2</sup> )	R <sub>A,tr</sub> (dBA)	R <sub>A</sub> (dBA)	ΔR (dB)
	Hueco 1	0	0	0	0
	Hueco 2	0	0	0	0
	Hueco 3	0	0	0	0
	Hueco 4	0	0	0	0

Vías de transmisión aérea directa o indirecta			
Vías de transmisión aérea Fachada a	transmisión directa I	D <sub>n,e1,Atr</sub> (dBA)	-
	transmisión directa II	D <sub>n,e2,Atr</sub> (dBA)	-
	transmisión indirecta	D <sub>n,s,Atr</sub> (dBA)	-
Vías de transmisión aérea Fachada b	transmisión directa I	D <sub>n,e1,Atr</sub> (dBA)	-
	transmisión directa II	D <sub>n,e2,Atr</sub> (dBA)	-
	transmisión indirecta	D <sub>n,s,Atr</sub> (dBA)	-

Tipos de uniones e índices de reducción vibracional				
Encuentro	Tipo de unión	K <sub>Ff</sub>	K <sub>Fd</sub>	K <sub>Df</sub>
Fachada a - suelo	Unión en T de doble hoja y elementos homogéneos (orientación 8)	5,75	7,04	5,75
Fachada b - suelo	Unión en T de doble hoja y elementos homogéneos (orientación 9)	5,75	7,04	5,75
Fachada a - techo	Unión en T de doble hoja y elementos homogéneos (orientación 8)	5,75	7,04	5,75
Fachada b - techo	Unión en T de doble hoja y elementos homogéneos (orientación 9)	5,70	5,70	5,70
Fachada a - pared	Unión en T de elemento de entramado autoportante y elemento homogéneo (orientación 3)	20,43	0,01	20,43
Fachada b - pared	Unión en T de elemento de entramado autoportante y elemento homogéneo (orientación 2)	20,43	3,51	20,43

Transmisión de ruido del exterior				
	Cálculo	Requisito		
Aislamiento acústico a ruido aéreo	D <sub>2m,nT,Atr</sub> (dBA)	50	30	CUMPLE

### 5.6. Comparación y análisis de resultados entre solución doble fachada y fachada sencilla

Comparación de resultados aislamiento acústico a ruido aéreo/ D2m, nT,Atr (dBA)			
Consulta tipo		Fachada en esquina (sala reuniones p1ª)	
Doble fachada	Fachada sencilla	Doble fachada	Fachada sencilla
49	39	50	40

Como se aprecia en los resultados obtenidos, parece clara la mejora de aislamiento acústico a ruido aéreo que proporciona la solución de doble fachada frente a la solución de fachada tradicional. Pero, teniendo en cuenta que esta es una solución que se prevé de elevado coste económico, y que la solución de fachada sencilla cumple de sobra los requisitos establecidos en el CTE DB HR, se antoja preciso buscar **soluciones alternativas** que mejoren las prestaciones de aislamiento acústico y que en principio económicamente pudiesen suponer un **menor coste**.

En este caso vamos a comprobar cuál sería el resultado al ejecutar la solución de fachada sencilla (fábrica de termoarcilla 19 cm + aisl+trasdosado de yeso laminado), colocando una doble ventana.

### 5.7. Cálculos del aislamiento acústico a ruido aéreo en fachada Proyecto fachada sencilla con variante doble ventana. Fachada consulta tipo.

Cálculo de Aislamiento Acústico a ruido aéreo en fachadas						
Datos de Entrada						
Sección de Fachada Directa						
Superficie $S_s$ (m <sup>2</sup> )		11,616				
REF	Elemento constructivo base		$m'_i$ (kg/m <sup>2</sup> )	$R_{Atr}$	$R_A$	REF
F.V2	enf+BC19+enf		198,0	45,0	48,0	FF 1
REF	S (m <sup>2</sup> )	Ventanas/Capialzados		$R_{Atr}$	$R_A$	$\Delta R$
V.37	2,16	Doble ventana. DES - OSC Ext 4/ Int 4-6-4		44	46	0



## Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo en fachadas.

Proyecto	PROYECTO FINAL DE MASTER	
Autor	JAVIER OLMEDILLA JIMENEZ	
Fecha	jul-03	
Referencia	CONSULTA TIPO_FACHADA SENCILLA +DOBLE VENTANA	

Características técnicas de la fachada y edificio							
Tipo de Ruido Exterior	Automóviles			$L_d$ (dBA)	60		
Forma de fachada	Plano de Fachada			$\Delta L_{fs}$ (dB)	0		
<b>Soluciones Constructivas</b>							
Sección Separador	enf+BC19+enf						
Sección Flanco F1	enf+BC19+enf						
Sección Flanco F2	enf+BC19+enf						
Sección Flanco F3	enf+BC19+enf						
Sección Flanco F4	enf+BC19+enf						
<b>Parámetros Acústicos</b>							
	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$l_i$ (m)	$m'_i$ (kg/m <sup>2</sup> )	$R_{A,tr}$ (dBA)	$R_A$ (dBA)		
Sección Separador	11,616	-	198	45	48	-	-
Sección Flanco F1	1	3,52	198	45	48	-	-
Sección Flanco F2	20,24	2,1	198	45	48	-	-
Sección Flanco F3	11,616	2,55	198	45	48	-	-
Sección Flanco F4	11,616	2,55	198	45	48	-	-

Características técnicas del recinto receptor							
Tipo de Recinto	Residencial y hospitalario Dormitorios			Volumen	48,36 m <sup>3</sup>		
<b>Soluciones Constructivas</b>							
Sección Separador	enf+BC19+enf						
Suelo f1	LM AL 300 mm						
Techo f2	LM AL 300 mm						
Pared f3	YL 2x12,5 + AT MW 48 + YL 2x12,5						
Pared f4	YL 2x12,5 + AT MW 48 + YL 2x12,5						
<b>Parámetros Acústicos</b>							
	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$l_i$ (m)	$m'_i$ (kg/m <sup>2</sup> )	$R_A$ (dBA)	$R_{A,tr}$ (dBA)	$\Delta R_A$ (dBA)	
Sección Separador	11,616	-	198	48	45	0	-
Suelo f1	18,6	3,52	600	63	-	3	-
Techo f2	18,6	2,1	600	63	-	7	-
Pared f3	13,52	2,55	44	52	-	0	-
Pared f4	13,52	2,55	44	52	-	0	-

Huecos en el separador						
		$S$ (m <sup>2</sup> )	$R_{A,tr}$ (dBA)	$R_A$ (dBA)	$\Delta R$ (dB)	
Ventanas, puertas y lucernarios		Hueco 1	2,16	44	46	0
		Hueco 2	0	0	0	0
		Hueco 3	0	0	0	0
		Hueco 4	0	0	0	0



## Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo en fachadas.

Vías de transmisión aérea directa o indirecta			
Vías de transmisión aérea	transmisión directa I	$D_{n,e1,A}$ (dBA)	-
	transmisión directa II	$D_{n,e2,A}$ (dBA)	-
	transmisión indirecta	$D_{n,s,A}$ (dBA)	-

Tipos de uniones e índices de reducción vibracional				
Encuentro	Tipo de unión	$K_{Ff}$	$K_{Fd}$	$K_{Df}$
fachada - suelo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	7,02	13,81	7,02
fachada - techo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	7,02	13,81	7,02
fachada - pared	Unión en T de elemento de entramado autoportante y elemento homogéneo (orientación 2)	16,53	-3,57	16,53
fachada - pared	Unión en T de elemento de entramado autoportante y elemento homogéneo (orientación 2)	16,53	-3,57	16,53

Transmisión de ruido del exterior				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{2m,nT,Atr}$ (dBA)	50	30	CUMPLE



**5.8. Comparación y análisis de resultados entre solución doble fachada y variante fachada sencilla con doble ventana.**

Comparación de resultados aislamiento acústico a ruido aéreo/ D2m, nT,Atr (dBA)	
Consulta tipo	
Doble fachada	Fachada sencilla + doble ventana
49	50

Como se puede apreciar los resultados se pueden considerar similares.

Como ya hemos indicado al principio de este capítulo, las ventanas suelen ser los elementos de menor aislamiento acústico o más débiles y suelen limitar el aislamiento acústico frente al ruido exterior del conjunto. En estos casos, el aislamiento acústico máximo del conjunto (ventana + parte ciega) que puede obtenerse es aproximadamente 10 dB superior al aislamiento del elemento más débil (normalmente la ventana o la caja de persiana). Por ello, **para mejorar el aislamiento acústico de fachadas, el esfuerzo hay que centrarlo en mejorar el aislamiento acústico de la ventana**, empleando ventanas de mejor calidad.

## 6. ANALISIS ECONOMICO DE LA RENTABILIDAD DEL SISTEMA DE DOBLE FACHADA PLANTEADO.

Encontrar la solución al problema de la rentabilidad de las inversiones supone resolver mediante un análisis técnico-económico, la relación óptima entre el ahorro energético y la inversión realizada para mejorar la demanda y el consumo.

**Algunos beneficios pueden ser cuantificables** (ahorro de combustibles menor contaminación del medioambiente, etc.) y **otros difícilmente ponderables** (mejor calidad de vida, vivir en ambientes más confortables en invierno y en verano, ambientes más confortables acústicamente, situaciones que tienen que ver indirectamente con la mayor productividad). Se trata de determinar frente a las condiciones impuestas y conociendo su factibilidad técnica y su comportamiento térmico, la solución más rentable desde el punto de vista técnico-económico.

El análisis de las decisiones de inversión exige en primer lugar examinar las relaciones de equilibrio y criterios para la asignación de recursos en el tiempo. Esto implica determinar la relación entre consumo e inversión, al mismo tiempo que requiere conocer los criterios que permiten la comparación de cantidades de dinero recibidas o consumidas en momentos de distinto tiempo.

Para poder valorar el coste del ahorro actual frente al futuro es preciso establecer una tasa de intercambio entre valores actuales y futuros; el valor de esta tasa lo determinan los mercados financieros. A esta acción se le denomina capitalización. Capitalizar es obtener el equivalente futuro de una cantidad disponible en el momento actual.

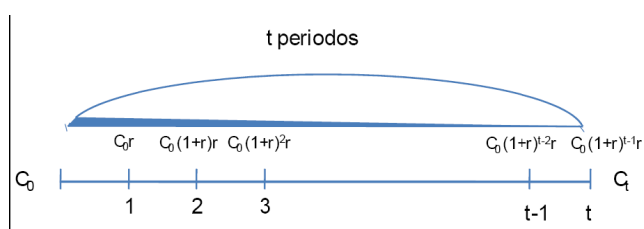


Fig. 28

La operación inversa es determinar la cantidad de dinero actual a que equivale una cantidad disponible con certeza en el futuro. A esta operación se le denomina descuento o actualización.

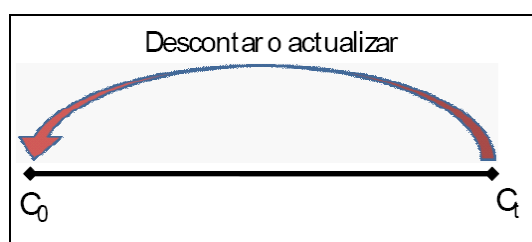


Fig. 29

Por lo tanto, a los precios actuales de ahorro energético, mantenimiento y subvenciones deberemos capitalizar y descontar año a año su valor mediante la siguiente expresión:

$$A = \frac{(1+a)^t}{(1+n)^t}$$

donde

$A$  = Coste de Ahorro energético

$a$  = incremento anual de combustible

$n$  = Interés de descuento o interés entre valores actuales y futuros

$t$  = periodo de tiempo

De esta manera, una vez definidos los coeficientes de capitalización y descuento de un año dado “n” y aplicados sobre un valor, será comparable a sumar dinero disponible en el año 0.

Esta teoría de la elección entre consumo actual y futuro proporciona las bases para el análisis de la decisión de invertir en función del criterio del valor actual.

Para evaluar si una inversión es rentable, se deben evaluar todos los costes y beneficios actuales y futuros, y combinarlos en una medida individual del valor. Este objetivo se traduce en la evaluación de las inversiones en función de su rentabilidad y riesgo asociado.

Para evaluar la rentabilidad de una propuesta deberemos analizar varias variables económicas como son el tiempo de retorno del capital, la tasa de rentabilidad interna (T.I.R.) o el **valor actual neto (V.A.N.)**.

El VAN se define como la suma algebraica de los valores capitalizados y descontados en cada periodo de tiempo menos el desembolso inicial de la inversión.

$$VAN = A \cdot \sum \left[ \frac{(1+a)}{(1+n)} \right]^t - M \cdot \sum \left[ \frac{(1+i)}{(1+n)} \right]^t - C$$

Para poder realizar los cálculos correctamente debemos cuantificar los costes:

- El coste de la inversión, que lo llamaremos “C”.
- El coste de mantenimiento de la instalación “M”.
- El ahorro energético anual producido al introducir la mejora “A”, y que es el responsable de que, con el paso de los años se recupera la inversión realizada. Los valores de demanda energética obtenidos en el apartado 4.4 serán meramente orientativos, ya que estos valores no significan el consumo real del edificio, ya que habría que aplicar factores de corrección en función de los rendimientos de los sistemas de climatización que se emplearan. No obstante estos valores nos pueden servir dado que lo que se pretende es comparar frente a un mismo elemento considerado como “contenido”, el elemento que lo envuelve.

A estos valores fijos y conocidos de antemano hay que añadir otros que, si bien con el paso del tiempo fluctúan, deberemos suponerlos constantes para realizar el análisis de rentabilidad. Estos son:

- El incremento del coste energético “a”.

Para poder valorar el ahorro energético debemos plantearnos primero el coste de la energía y la posible tendencia de crecimiento durante los próximos años sobre los que vamos a estudiar la amortización.

Lógicamente, contra más años comprenda la viabilidad del estudio mayor incertidumbre tendremos sobre la línea de crecimiento energético.

En la base de datos del Eurostat, podemos encontrar los precios de la energía en los últimos años.

**Electricity prices for household consumers**  
EUR per kWh

This indicator presents electricity prices charged to final consumers. Electricity prices ... [more](#)

Code: ten0011

Flags  Codes  Labels  Codes &

geo	time	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Germany		0.1200	0.1200	0.1200	0.1200	0.1200	0.1200	0.1200	0.1200	0.1200
Estonia		0.0550	0.0576	0.0620	0.0635	0.0639	0.0712	0.0695	0.0704	0.0771
Ireland		0.1055	0.1197	0.1285	0.1465	0.1559	0.1789	0.1589	0.1584	0.1845
Greece		0.0621	0.0637	0.0643	0.0661	0.0957	0.1055	0.0975	0.1025	0.1065
Spain		0.0885	0.0900	0.0940	0.1004	0.1124	0.1294	0.1417	0.1597	0.1469P
France		0.0905	0.0905	0.0905	0.0921	0.0914	0.0908	0.0940	0.0994	0.0986
Italy		0.1434	0.1440	0.1548	0.1658	:	:	:	0.1397	0.1485P

FIG. 30 Tabla de evolución de precios de la electricidad del Eurostat

Observamos que la subida del precio de la electricidad desde el 2004 hasta el 2012 ha sido de 0.0885 a 0,1469 €/kw, como el crecimiento en cada año es distinto calculamos un porcentaje mediante el cual aplicado a cada año nos da una tendencia de crecimiento.

Calculamos el porcentaje de crecimiento medio anual de la electricidad desde el 2004 hasta el 2012::

$$C_{2012} = C_{2004} \cdot (1 + a_{elect})^t \text{ con lo que } a_{elect} = (C_{2012} / C_{2004})^{1/8} - 1$$

$$a_{elect}\% = (0.1469 / 0.0885)^{1/8} - 1 = \mathbf{7,08\%}$$

Este porcentaje de aumento del coste de electricidad resultante será el que aplicaremos como aumento del coste anual de la electricidad.

- Periodo de años, "t" (en función de la vida útil). En nuestro caso y dado el tipo de edificio se considera una vida útil de **50 años**.
- El incremento del coste del mantenimiento, valorado por el índice de inflación anual "i"  
El actual índice de inflación en España según el Banco Central Europeo se encuentra en un 3 %
- El interés tasa de descuento "n": Tipo de interés del Bono a 10 años del mercado secundario de valores (público y privado) facilitado diariamente por el Banco de España. Tasa de descuento aplicable para calcular el VAN en el momento de la redacción del este trabajo: **5,03%**

Este criterio seleccionado para el estudio de la viabilidad de facilita la toma de decisiones de la inversión en tanto que;

VAN>0 Se acepta el proyecto

VAN=0 Se rechaza el proyecto

VAN<0 Se rechaza el proyecto

Como hemos señalado anteriormente lo que debemos saber inicialmente es el coste de la inversión. En nuestro caso se han realizado consultas con distintos industriales, para considerar y estimar los precios de ejecución material que intervienen en la solución de doble fachada. Tras realizar las mediciones de las partidas correspondientes y aplicar un porcentaje de beneficio industrial y gastos generales el coste estimado de la solución de doble fachada queda desglosado de la siguiente manera:

ud	Descripción Unidad de obra	medición	Precio €	Importe €
m2	Suministro y montaje de hoja exterior en fachada doble formada por paneles prefabricados de hormigón visto de 15 cm de espesor , incluyendo sellado de juntas entre paneles, montaje de los paneles con grua móvil, elementos de anclaje y unión a estructura portante (no incluida en esta unidad).	571,38	61,00	34.854,18
Kg	Acero laminado S275JR para pilares, placas, vigas, riostras, con perfiles IPE, IPN, UPN, HE, L, T, tubos cuadrados, rectangulares, en estructura para anclaje y sujeción de paneles prefabricados de hormigón, mano de pintura de imprimación ignífuga. Suministro y montaje.	12.000	2,5	30.000
M2	Pasarela metálica tipo tramex de acero galvanizado de 2 mm de espesor, incluso perfiles de apoyo entre tramos.	37,2	60,00	2.234,00
M2	Suministro y montaje de carpintería metálica para ventanas fijas en hoja exterior de fachada a base de perfiles de aluminio anodizado.	107,38	80	8.590,4
M2	Suministro y colocación de vidrios tipo climalit 4/6/3+3 en carpinterías fijas exteriores, incluso sellado perimetral con carpintería de aluminio.	108,00	65	7.020
	<b>TOTAL COSTE EJECUCION MATERIAL</b>			<b>82.698,58</b>
	G.G. + B.I.	82.698,58	0,16	13.231,77
	<b>COSTE TOTAL EJECUCION DOBLE FACHADA</b>			<b>95.930,65</b>

Una vez obtenidos los datos necesarios, procederemos a introducirlos en una hoja Excel de manera que podamos calcular el VAN de manera ágil, y así poder comprobar la viabilidad económica de la solución planteada.

**Datos iniciales:**

% Financiación con recursos propios	100%
% Evolución precio electricidad	7,08%
% Evolución precio gas	
% Evolución inflación	3,00%
% Tasa de descuento aplicable para calcular el VAN	5,03%
% Subvenciones	0,00%

<b>Coste de la inversión</b>	<b>95.930,00</b>	€
Sobrecoste electricidad	0,00	€/año
Sobrecoste gas	0,00	€/año
Ahorro electricidad	162,44	€/año
Ahorro gas		€/año
Coste mantenimiento	0,00	€/año

$$\text{VAN} = A \cdot \sum [ (1+a) / (1+n) ]^t - M \cdot \sum [ (1+i) / (1+n) ]^t - C$$

<b>VAN</b>	<b>- 89.703</b>
------------	-----------------

El resultado obtenido, de acuerdo a los ahorros de demanda energética que se habían anteriormente calculados, era a todas luces el esperado. La solución de doble fachada diseñada para el edificio objeto de este Proyecto no puede considerarse económicamente rentable, todo lo contrario. **El dato del VAN obtenido, confirman que desde el punto de vista económico, esta solución debe ser rechazada.**

## 7. CONCLUSIONES FINALES

Con los resultados obtenidos tanto en los cálculos de demanda energética como en los acústicos, y la interpretación y análisis de los mismos, podemos llegar a la afirmación de que el diseño del **sistema de doble piel empleado en el edificio objeto de este estudio, no es el más adecuado**. Esta afirmación queda todavía mucho más reforzada si entramos a analizar los costes de ejecución de dicha solución y la nula repercusión desde el punto de vista del retorno de la inversión, debido fundamentalmente al **escaso ahorro que desde el punto de vista energético** proporciona.

**Desde la perspectiva de la eficiencia energética**, el sistema de doble piel depende mucho de las condiciones exteriores de temperatura, radiación solar, ya que influyen en el ambiente interior. Es obvio que la fachada debe ser diseñada para ciertos tipos de lugares y la orientación de la misma es muy importante para que el sistema sea satisfactorio. Por otro lado, el diseño requiere conceptos integrados de energía, que permiten una interacción entre el medio ambiente y los servicios del edificio.

En algunos documentos, el sistema de doble piel es denominado “fachada de ahorro de energía”. En otros, la energía que se consume durante el uso del edificio y por ende el costo, son señalados como la mayor desventaja. En principio, la construcción y el mantenimiento de la fachada de doble piel debería ser mayor a una fachada simple (de una sola piel). De todos modos, si la fachada está diseñada correctamente, es posible reducir el consumo de energía, acondicionamiento y ventilación del edificio.

La doble piel es un sistema tecnológico relativamente nuevo y por lo tanto representa un campo de investigación que influye a todos en el proceso de construcción del edificio. Sin embargo las últimas experiencias llevadas a cabo en los países desarrollados han demostrado que los sistemas de doble piel permiten ahorros de hasta 30% en el consumo energético de un edificio. De todos modos, actualmente, la variedad de ejemplos de doble piel, y este es un caso concreto, demuestra que no existe un sistema “ideal” y que **para cada proyecto se necesitan verificar los parámetros de manera de encontrar una solución apropiada**.

Si recordamos los resultados obtenidos en los cálculos de demanda energética. La solución de doble piel diseñada produce un ligero ahorro en la demanda de refrigeración, debido al efecto de sombreado producido por los paneles de hormigón de la piel exterior. Por el contrario la demanda de calefacción aumenta, ya que en los periodos de menor radiación solar, este efecto de sombras es perjudicial.

COMPARACION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS CALCULOS DE DEMANDA ENERGETICA			
	Demanda Calefacción Kwh/año	Demanda refrigeración Kwh/año	Total kwh/año
FACHADA DOBLE PIEL	19.599	49.550	69.149
FACHADA SENCILLA	18.219	52.035	70.254
<b>DIFERENCIA</b>	<b>+ 1.380</b>	<b>- 2.485</b>	<b>- 1.105</b>
	<b>+ 1.07%</b>	<b>- 4.8%</b>	<b>- 1.6 %</b>

Por tanto en el proyecto analizado de este Centro de Salud, la doble piel podría haber sido diseñada de otra forma. Una posibilidad a tenor de los datos obtenidos, sería un diseño “adaptable”, que permitiese la entrada de radiación solar en invierno -de manera que se redujese la demanda de calefacción- y que en verano proporcionase suficiente protección frente a la radiación solar, reduciendo de este modo la demanda de refrigeración. Un ejemplo sería una fachada de doble piel de vidrio con protecciones solares orientables.

La geometría de la fachada, la elección de los paños de vidrio y parasoles, el tamaño y posición de las aberturas determinan el uso de la fachada de doble piel y la estrategia de climatización y ventilación para mejorar el ambiente interno reduciendo el uso de energía. **El diseño individual de la fachada y una buena integración es la clave para un buen rendimiento.**

Por otro lado **desde el punto de vista acústico**, los resultados obtenidos sí que justificarían la elección de este diseño, ya que la reducción del nivel de ruido procedente del exterior es bastante significativa. Sin embargo, hemos comprobado que se pueden emplear soluciones con prestaciones acústicas muy parejas y con un coste en principio mucho menor. Como hemos señalado en el apartado 5, las ventanas suelen ser los elementos de menor aislamiento acústico o más débiles y suelen limitar el aislamiento acústico frente al ruido exterior del conjunto. En estos casos, el aislamiento acústico máximo del conjunto (ventana + parte ciega) que puede obtenerse es aproximadamente 10 dB superior al aislamiento del elemento más débil (normalmente la ventana o la caja de persiana). Por ello, **para mejorar el aislamiento acústico de fachadas, el esfuerzo hay que centrarlo en mejorar el aislamiento acústico de la ventana**, empleando ventanas de mejor calidad o soluciones de **doble ventana**.



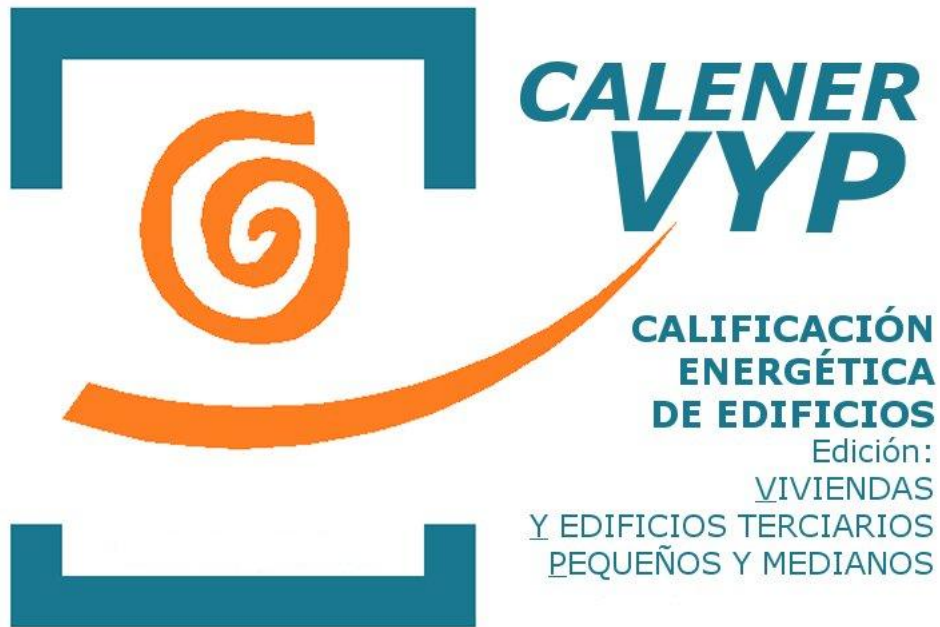
## 8. BIBLIOGRAFIA

- Solé Bonet, Josep. "Aislamiento térmico en la edificación: limitación de la demanda energética DB HE1 e Iniciación". 2007.
- O. Irulegi, A. Serra, R. Hernández, A. Ruiz-Pardo, L. Torres. "Fachadas ventiladas activas para reducir la demanda de calefacción en los edificios de oficinas. El caso de España. - Informes de la Construcción Vol. 64, 528, 575-585, octubre-diciembre 2012
- Oesterle, Lieb y Lutz, Heusler: "Double skin facades – Integrated Planning" - Editorial Prestel.
- Carlos J. Vial: "Un Vitruvio Ecologico: Principios y practica del proyecto arquitectonico sostenible" - Editorial CSCAE
- Leandro G. Heine, Guillermo D. Marshall. "Doble fachada en edificios: Concepto y Aplicación para Argentina" - Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 6, Nº 1, 2002.
- Síntesis de la legislación de la UE. "Eficiencia energética: rendimiento energetico de los edificios". [En línea] Disponible en: [http://europa.eu/legislation\\_summaries/energy/energy\\_efficiency/127042\\_es.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/energy/energy_efficiency/127042_es.htm)
- CTE. Código Técnico de la Edificación. "Documento Básico HE. Ahorro de energía. HE 1 Limitación de demanda energética."
- CTE. Código Técnico de la Edificación. "Documento Básico HR. Protección frente al ruido."
- GBC España –Verde. "Certificación medioambiental de edificios". [En línea] Disponible en: <http://www.gbce.es/certificacion/informacion-general>
- WWF. "Propuestas de WWF para reducir un 30% las emisiones de CO2 de sectores difusos en España". [En línea] Disponible en: [http://assets.wwfspania.panda.org/downloads/espana\\_hacia\\_copenhague.pdf](http://assets.wwfspania.panda.org/downloads/espana_hacia_copenhague.pdf)
- "Guía técnica de procedimientos y aspectos de la simulación de instalaciones térmicas en edificios" - Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR) para el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)
- "Guía del estándar Passivhaus. Edificios de consumo energético casi nulo". - Consejería de economía y Hacienda Comunidad de Madrid. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid
- "Entrada de datos a los programas Lider y Calener VyP". - Asociación Española de Climatización y Refrigeración. (ATECYR). "DTIE 7.03.
- "Lider v1.0. Manual de usuario." Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)
- "Calener VyP. Manual de usuario". - Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).
- "Guía de aplicación del DB HR Protección frente al ruido". - Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. IETcc- CSIC. Ministerio de la Vivienda. Ministerio Ciencia e Innovación.
- "Catálogo de Elementos Constructivos del CTE." - Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. IETcc- CSIC. Ministerio de la Vivienda.

## 9. ANEXO I. CALCULOS DE LA DEMANDA ENERGETICA.

# Calificación Energética

---



**IDAE** Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía




DIRECCIÓN GENERAL DE ARQUITECTURA Y POLÍTICA DE VIVIENDA

**Proyecto: Trabajo Final Master. Centro Salud. Fachada sencilla**


**Fecha: 18/06/2013**

---

 Calificación Energética	Proyecto Trabajo Final Master. Centro Salud. Fachada sencilla	
	Localidad Valencia	Comunidad Comunidad Valenciana

## 1. DATOS GENERALES

<b>Nombre del Proyecto</b> Trabajo Final Master. Centro Salud. Fachada sencilla	
<b>Localidad</b> Valencia	<b>Comunidad Autónoma</b> Comunidad Valenciana
<b>Dirección del Proyecto</b> Escuela Universitaria Ingeniería Edificación UPV	
<b>Autor del Proyecto</b> Javier Olmedilla Jiménez	
<b>Autor de la Calificación</b> Master edif. Escuela Ingeniería Edificación UPV	
<b>E-mail de contacto</b>	<b>Teléfono de contacto</b> (null)
<b>Tipo de edificio</b> Terciario	

 <b>Calificación Energética</b>	<b>Proyecto</b> Trabajo Final Master. Centro Salud. Fachada sencilla	
	<b>Localidad</b> Valencia	<b>Comunidad</b> Comunidad Valenciana

## 2. DESCRIPCIÓN GEOMÉTRICA Y CONSTRUCTIVA

### 2.1. Espacios

Nombre	Planta	Uso	Clase higrometria	Área (m²)	Altura (m)
P01_E01	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	687,93	0,75
P01_E02	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	7,23	0,75
P02_E02	P02	Intensidad Baja - 8h	3	5,28	3,68
P02_E03	P02	Intensidad Baja - 8h	3	8,90	3,68
P02_E04	P02	Intensidad Baja - 8h	3	8,76	3,68
P02_E05	P02	Intensidad Baja - 8h	3	22,53	3,68
P02_E06	P02	Intensidad Media - 12h	3	12,78	3,68
P02_E07	P02	Intensidad Media - 12h	3	10,34	3,68
P02_E09	P02	Intensidad Media - 12h	3	96,73	3,68
P02_E10	P02	Intensidad Baja - 8h	3	5,79	3,68
P02_E11	P02	Intensidad Media - 12h	3	30,42	3,68
P02_E01	P02	Intensidad Media - 12h	3	50,97	3,68
P02_E12	P02	Intensidad Baja - 8h	3	19,65	3,68
P02_E13	P02	Intensidad Baja - 8h	3	7,60	3,68
P02_E14	P02	Intensidad Baja - 8h	3	7,18	3,68
P02_E08	P02	Intensidad Alta - 12h	3	20,46	3,68
P02_E15	P02	Intensidad Media - 12h	3	168,93	3,68
P02_E16	P02	Intensidad Media - 12h	3	14,77	3,68
P02_E17	P02	Intensidad Media - 12h	3	19,70	3,68
P02_E19	P02	Intensidad Media - 12h	3	23,50	3,68
P02_E18	P02	Nivel de estanqueidad 1	3	36,36	3,68



Calificación  
Energética

Proyecto

Trabajo Final Master. Centro Salud. Fachada sencilla


Localidad

Valencia

Comunidad

Comunidad Valenciana

Nombre	Planta	Uso	Clase higrometria	Área (m <sup>2</sup> )	Altura (m)
P02_E20	P02	Intensidad Media - 12h	3	52,31	3,68
P02_E21	P02	Intensidad Media - 12h	3	32,81	3,68
P02_E22	P02	Intensidad Media - 12h	3	20,40	3,68
P02_E23	P02	Nivel de estanqueidad 1	3	4,51	3,68
P02_E24	P02	Intensidad Baja - 8h	3	7,49	3,68
P03_E02	P03	Intensidad Baja - 8h	3	16,38	3,77
P03_E03	P03	Intensidad Media - 12h	3	115,78	3,77
P03_E04	P03	Intensidad Media - 12h	3	96,73	3,77
P03_E05	P03	Intensidad Baja - 8h	3	19,65	3,77
P03_E06	P03	Intensidad Media - 12h	3	26,48	3,77
P03_E07	P03	Intensidad Baja - 8h	3	3,20	3,77
P03_E08	P03	Intensidad Media - 12h	3	11,18	3,77
P03_E09	P03	Intensidad Media - 12h	3	9,74	3,77
P03_E13	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	3,90	3,77
P03_E10	P03	Intensidad Media - 12h	3	23,11	3,77
P03_E11	P03	Intensidad Media - 12h	3	43,86	3,77
P03_E15	P03	Intensidad Media - 12h	3	46,56	3,77
P03_E16	P03	Intensidad Media - 12h	3	21,76	3,77
P03_E17	P03	Intensidad Media - 12h	3	34,14	3,77
P03_E19	P03	Intensidad Media - 12h	3	19,15	3,77
P03_E20	P03	Intensidad Media - 12h	3	113,44	3,77
P03_E21	P03	Intensidad Media - 12h	3	99,65	3,77
P03_E01	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	4,51	3,77
P03_E12	P03	Intensidad Baja - 8h	3	8,44	3,77
P03_E14	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	10,46	3,77


 <b>Calificación Energética</b>	<b>Proyecto</b> Trabajo Final Master. Centro Salud. Fachada sencilla	
	<b>Localidad</b> Valencia	<b>Comunidad</b> Comunidad Valenciana

Nombre	Planta	Uso	Clase higrometria	Área (m <sup>2</sup> )	Altura (m)
P03_E18	P03	Intensidad Media - 12h	3	23,64	3,77

## 2.2. Cerramientos opacos

### 2.2.1 Materiales


Nombre	K (W/mK)	e (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (J/kgK)	R (m <sup>2</sup> K/W)	Z (m <sup>2</sup> sPa/kg)
Mortero de cemento o cal para albañilería y	0,550	1125,00	1000,00	-	10
BC con mortero convencional espesor 190	0,433	1080,00	1000,00	-	10
MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,041	40,00	1000,00	-	1
Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,250	825,00	1000,00	-	4
Arena y grava [1700 < d < 2200]	2,000	1450,00	1050,00	-	50
Subcapa fieltro	0,050	120,00	1300,00	-	15
XPS Expandido con hidrofluorcarbonos HFC	0,039	37,50	1000,00	-	100
Betún fieltro o lámina	0,230	1100,00	1000,00	-	50000
Arcilla Expandida [árido suelto]	0,148	537,50	1000,00	-	1
Hormigón armado 2300 < d < 2500	2,300	2400,00	1000,00	-	80
Hormigón en masa 2000 < d < 2300	1,650	2150,00	1000,00	-	70
Piedra artificial	1,300	1700,00	1000,00	-	40
FR Entrevigado de EPS mecanizado enrasa	0,741	1390,00	1000,00	-	60
BC con mortero convencional espesor 140	0,443	1170,00	1000,00	-	10
Plaqueta o baldosa de gres	2,300	2500,00	1000,00	-	30
BH convencional espesor 200 mm	0,923	860,00	1000,00	-	10

 <b>Calificación Energética</b>	<b>Proyecto</b> Trabajo Final Master. Centro Salud. Fachada sencilla	
	<b>Localidad</b> Valencia	<b>Comunidad</b> Comunidad Valenciana

## 2.2.2 Composición de Cerramientos

Nombre	U (W/m <sup>2</sup> K)	Material	Espesor (m)
Fachada principal	0,56	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
		BC con mortero convencional espesor 190 mm	0,190
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,010
		MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,040
		Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015
		Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015
Cubierta	0,45	Arena y grava [1700 < d < 2200]	0,040
		Subcapa fieltro	0,002
		XPS Expandido con hidrofluorcarbonos HFC [ 0.	0,040
		Betún fieltro o lámina	0,005
		Subcapa fieltro	0,002
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
		Arcilla Expandida [árido suelto]	0,100
		Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,300
		Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015
		Solera sanitario	5,15
forjado sanitario	1,21	Piedra artificial	0,040
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,040
		Arena y grava [1700 < d < 2200]	0,020
		FR Entrevigado de EPS mecanizado enrasado -	0,400
particion general	0,78	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015
		MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,040




 <b>Calificación Energética</b>	<b>Proyecto</b> Trabajo Final Master. Centro Salud. Fachada sencilla	
	<b>Localidad</b> Valencia	<b>Comunidad</b> Comunidad Valenciana

Nombre	U (W/m²K)	Material	Espesor (m)
particion general	0,78	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015
particion pesada	1,60	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015
		BC con mortero convencional espesor 140 mm	0,140
		Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,020
forjado tipo	2,02	Piedra artificial	0,040
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,040
		Arena y grava [1700 < d < 2200]	0,020
		Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,300
		Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,020
forjado acabado gres	1,59	Plaqueta o baldosa de gres	0,020
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,050
		Arena y grava [1700 < d < 2200]	0,300
		Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,300
		Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,020
cerramiento con terreno	2,59	BH convencional espesor 200 mm	0,200
forjado exterior	0,67	Piedra artificial	0,040
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,040
		Arena y grava [1700 < d < 2200]	0,020
		Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,300
		MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,040
		Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,020

## 2.3. Cerramientos semitransparentes

### 2.3.1 Vidrios

Nombre	U (W/m²K)	Factor solar
--------	--------------	--------------

 <b>Calificación Energética</b>	<b>Proyecto</b> Trabajo Final Master. Centro Salud. Fachada sencilla	
	<b>Localidad</b> Valencia	<b>Comunidad</b> Comunidad Valenciana

Nombre	U (W/m <sup>2</sup> K)	Factor solar
VER_DC_4-6-331	3,20	0,73
VER_ML_331a	5,60	0,85
Vidrio	2,70	0,73


### 2.3.2 Marcos

Nombre	U (W/m <sup>2</sup> K)
VER_Con rotura de puente térmico entre 4 y 12 mm	4,00
VER_Normal sin rotura de puente térmico	5,70

### 2.3.3 Huecos


<b>Nombre</b>	V ext
<b>Acristalamiento</b>	VER_DC_4-6-331
<b>Marco</b>	VER_Con rotura de puente térmico entre 4 y 12 mm
<b>% Hueco</b>	23,00
<b>Permeabilidad m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> a 100Pa</b>	9,00
<b>U (W/m<sup>2</sup>K)</b>	3,38
<b>Factor solar</b>	0,59

<b>Nombre</b>	puertas
<b>Acristalamiento</b>	VER_ML_331a
<b>Marco</b>	VER_Normal sin rotura de puente térmico
<b>% Hueco</b>	30,00
<b>Permeabilidad m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> a 100Pa</b>	60,00

 <b>Calificación Energética</b>	<b>Proyecto</b> Trabajo Final Master. Centro Salud. Fachada sencilla	
	<b>Localidad</b> Valencia	<b>Comunidad</b> Comunidad Valenciana

<b>U (W/m²K)</b>	5,63
<b>Factor solar</b>	0,64

<b>Nombre</b>	ventanal patio
<b>Acristalamiento</b>	Vidrio
<b>Marco</b>	VER_Con rotura de puente térmico entre 4 y 12 mm
<b>% Hueco</b>	10,00
<b>Permeabilidad m³/hm² a 100Pa</b>	9,00
<b>U (W/m²K)</b>	2,83
<b>Factor solar</b>	0,67


 <b>Calificación Energética</b>	<b>Proyecto</b> Trabajo Final Master. Centro Salud. Fachada sencilla	
	<b>Localidad</b> Valencia	<b>Comunidad</b> Comunidad Valenciana

### 3. Sistemas


<b>Nombre</b>	basico
<b>Tipo</b>	agua caliente sanitaria
<b>Nombre Equipo</b>	EQ_Caldera-ACS-Convencional-Defecto
<b>Tipo Equipo</b>	Caldera eléctrica o de combustible
<b>Nombre demanda ACS</b>	demanda 1
<b>Nombre equipo acumulador</b>	ninguno
<b>Porcentaje abastecido con energia solar</b>	0,00
<b>Temperatura impulsión (°C)</b>	60,0
<b>Multiplicador</b>	1

### 4. Iluminación

Nombre	Pot. Iluminación	VEEIObj	VEEIRef
P01_E01	4,40000009536743	7	10
P01_E02	4,40000009536743	7	10
P02_E02	15	3,5	4,5
P02_E03	15	3,5	4,5
P02_E04	10	3,5	4,5
P02_E05	15	3,5	4,5
P02_E06	15	2,5	3,5
P02_E07	10	3,5	4,5
P02_E09	15	2	3,5

 Calificación Energética	Proyecto	
	Trabajo Final Master. Centro Salud. Fachada sencilla	
	Localidad	Comunidad
	Valencia	Comunidad Valenciana


P02_E10	10	3,5	4,5
P02_E11	15	3,5	4,5
P02_E01	20	3,5	4,5
P02_E12	10	3,5	4,5
P02_E13	10	3,5	4,5
P02_E14	10	3,5	4,5
P02_E08	15	2,5	3,5
P02_E15	20	3,5	4,5
P02_E16	15	2,5	3,5
P02_E17	15	2,5	3,5
P02_E19	15	2	3,5
P02_E18	4,40000009536743	7	10
P02_E20	15	2,5	3,5
P02_E21	15	3,5	4,5
P02_E22	10	3,5	4,5
P02_E23	4,40000009536743	7	10
P02_E24	10	3,5	4,5
P03_E02	10	3,5	4,5
P03_E03	15	2,5	3,5
P03_E04	15	2	3,5
P03_E05	10	3,5	4,5
P03_E06	15	2,5	3,5
P03_E07	10	3,5	4,5
P03_E08	15	2,5	3,5
P03_E09	20	3,5	4,5

 <b>Calificación Energética</b>	<b>Proyecto</b> Trabajo Final Master. Centro Salud. Fachada sencilla	
	<b>Localidad</b> Valencia	<b>Comunidad</b> Comunidad Valenciana

P03_E13	4,40000009536743	7	10
P03_E10	15	3,5	4,5
P03_E11	15	3,5	4,5
P03_E15	15	3,5	4,5
P03_E16	20	2,5	3,5
P03_E17	20	2,5	3,5
P03_E19	15	3,5	4,5
P03_E20	20	3,5	4,5
P03_E21	20	3,5	4,5
P03_E01	4,40000009536743	7	10
P03_E12	15	3,5	4,5
P03_E14	4,40000009536743	7	10
P03_E18	15	3,5	4,5

## 5. Equipos

<b>Nombre</b>	EQ_Caldera-ACS-Convencional-Defecto
<b>Tipo</b>	Caldera eléctrica o de combustible
<b>Capacidad nominal (kW)</b>	10,00
<b>Rendimiento nominal</b>	0,90
<b>Capacidad en función de la temperatura de impulsión</b>	cap_T-EQ_Caldera-unidad
<b>Rendimiento nominal en función de la temperatura de impulsión</b>	ren_T-EQ_Caldera-unidad
<b>Rendimiento en función de la carga parcial en términos de potencia</b>	ren_FCP_Potencia-EQ_Caldera-unidad

 <b>Calificación Energética</b>	<b>Proyecto</b>	
	Trabajo Final Master. Centro Salud. Fachada sencilla	
	<b>Localidad</b>	<b>Comunidad</b>
	Valencia	Comunidad Valenciana

<b>Rendimiento en función de la carga parcial en términos de tiempo</b>	ren_FCP_Tiempo-EQ_Caldera-ACS-Convencional-Defecto
<b>Tipo energía</b>	Gas Natural


## 6. Justificación

---

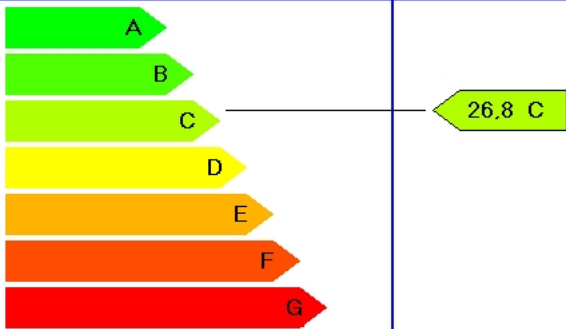
### 6.1. Contribución solar

---

Nombre	Contribución Solar	Contribución Solar Mínima HE-4
basico	0,0	60,0

 <b>Calificación Energética</b>	<b>Proyecto</b> Trabajo Final Master. Centro Salud. Fachada sencilla	
	<b>Localidad</b> Valencia	<b>Comunidad</b> Comunidad Valenciana

## 7. Resultados

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	Edificio Objeto		
			
	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Demanda calefacción	B	13.2	18219.0
Demanda refrigeración	C	37.7	52034.6
	Clase	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO <sub>2</sub> calefacción	A	0.0	0.0
Emisiones CO <sub>2</sub> refrigeración	A	0.0	0.0
Emisiones CO <sub>2</sub> ACS	C	3.0	4140.7
Emisiones CO <sub>2</sub> Iluminación	C	23.8	32849.4
Emisiones CO <sub>2</sub> Totales			36990.1

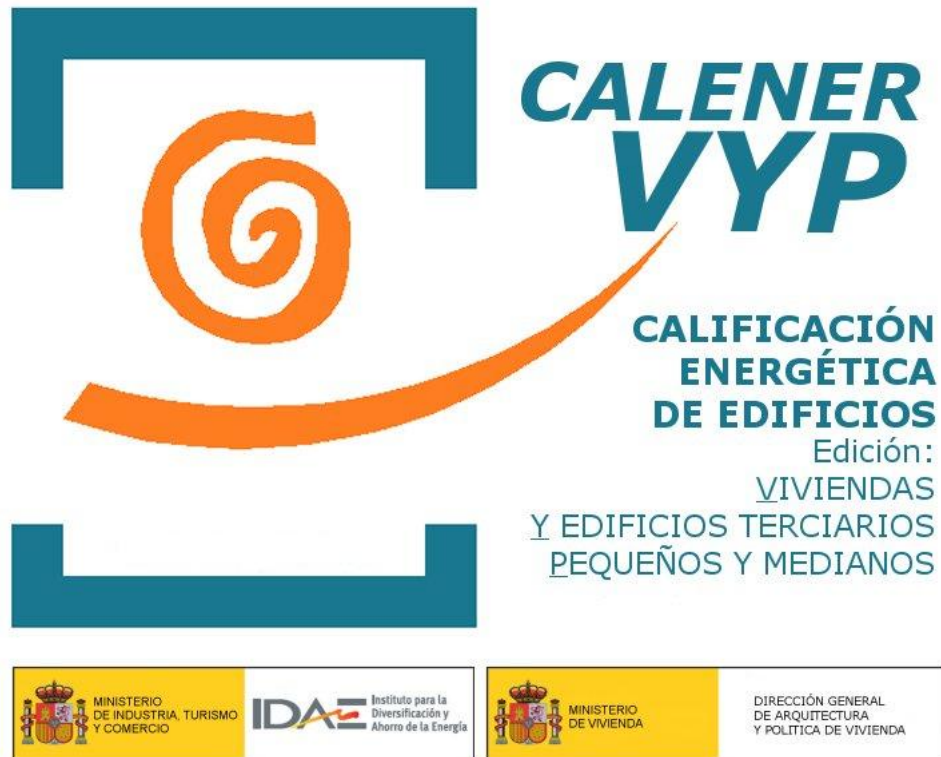
Datos para la etiqueta de eficiencia energética

	Edificio Objeto	
	por metro cuadrado	anual
<b>Consumo energía final (kWh)</b>	51,6	71182,9
<b>Consumo energía primaria (kWh)</b>	110,6	152600,5
<b>Emisiones CO<sub>2</sub> (kgCO<sub>2</sub>)</b>	26,8	37012,4



# Calificación Energética


---



**Proyecto: Trabajo Final Master Edificación. Centro Salud. Doble fachada**


**Fecha: 25/07/2013**

---

 Calificación Energética	Proyecto Trabajo Final Master Edificación. Centro Salud. Doble fachada	
	<table border="1"> <tr> <td>           Localidad Valencia         </td> <td>           Comunidad Comunidad Valenciana         </td> </tr> </table>	Localidad Valencia
Localidad Valencia	Comunidad Comunidad Valenciana	

## 1. DATOS GENERALES

<b>Nombre del Proyecto</b> Trabajo Final Master Edificación. Centro Salud. Doble fachada	
<b>Localidad</b> Valencia	<b>Comunidad Autónoma</b> Comunidad Valenciana
<b>Dirección del Proyecto</b> Escuela Universitaria Ingeniería Edificación. UPV	
<b>Autor del Proyecto</b> Javier Olmedilla Jiménez	
<b>Autor de la Calificación</b> Escuela Universitaria Ingeniería Edificación. UPV	
<b>E-mail de contacto</b>	<b>Teléfono de contacto</b> (null)
<b>Tipo de edificio</b> Terciario	

 <b>Calificación Energética</b>	<b>Proyecto</b> Trabajo Final Master Edificación. Centro Salud. Doble fachada	
	<b>Localidad</b> Valencia	<b>Comunidad</b> Comunidad Valenciana

## 2. DESCRIPCIÓN GEOMÉTRICA Y CONSTRUCTIVA

### 2.1. Espacios

Nombre	Planta	Uso	Clase higrometria	Área (m²)	Altura (m)
P01_E01	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	687,93	0,75
P01_E02	P01	Nivel de estanqueidad 1	3	7,23	0,75
P02_E02	P02	Intensidad Baja - 8h	3	5,28	3,68
P02_E03	P02	Intensidad Baja - 8h	3	8,90	3,68
P02_E04	P02	Intensidad Baja - 8h	3	8,76	3,68
P02_E05	P02	Intensidad Baja - 8h	3	22,53	3,68
P02_E06	P02	Intensidad Media - 12h	3	12,78	3,68
P02_E07	P02	Intensidad Media - 12h	3	10,34	3,68
P02_E09	P02	Intensidad Media - 12h	3	96,73	3,68
P02_E10	P02	Intensidad Baja - 8h	3	5,79	3,68
P02_E11	P02	Intensidad Media - 12h	3	30,42	3,68
P02_E01	P02	Intensidad Media - 12h	3	50,97	3,68
P02_E12	P02	Intensidad Baja - 8h	3	19,65	3,68
P02_E13	P02	Intensidad Baja - 8h	3	7,60	3,68
P02_E14	P02	Intensidad Baja - 8h	3	7,18	3,68
P02_E08	P02	Intensidad Alta - 12h	3	20,46	3,68
P02_E15	P02	Intensidad Media - 12h	3	168,93	3,68
P02_E16	P02	Intensidad Media - 12h	3	14,77	3,68
P02_E17	P02	Intensidad Media - 12h	3	19,70	3,68
P02_E19	P02	Intensidad Media - 12h	3	23,50	3,68
P02_E18	P02	Nivel de estanqueidad 1	3	36,36	3,68



Calificación  
Energética

Proyecto

Trabajo Final Master Edificación. Centro Salud. Doble fachada


Localidad

Valencia

Comunidad

Comunidad Valenciana

Nombre	Planta	Uso	Clase higrometria	Área (m <sup>2</sup> )	Altura (m)
P02_E20	P02	Intensidad Media - 12h	3	52,31	3,68
P02_E21	P02	Intensidad Media - 12h	3	32,81	3,68
P02_E22	P02	Intensidad Media - 12h	3	20,40	3,68
P02_E23	P02	Nivel de estanqueidad 1	3	4,51	3,68
P02_E24	P02	Intensidad Baja - 8h	3	7,49	3,68
P03_E02	P03	Intensidad Baja - 8h	3	16,38	3,77
P03_E03	P03	Intensidad Media - 12h	3	115,78	3,77
P03_E04	P03	Intensidad Media - 12h	3	96,73	3,77
P03_E05	P03	Intensidad Baja - 8h	3	19,65	3,77
P03_E06	P03	Intensidad Media - 12h	3	26,48	3,77
P03_E07	P03	Intensidad Baja - 8h	3	3,20	3,77
P03_E08	P03	Intensidad Media - 12h	3	11,18	3,77
P03_E09	P03	Intensidad Media - 12h	3	9,74	3,77
P03_E13	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	3,90	3,77
P03_E10	P03	Intensidad Media - 12h	3	23,11	3,77
P03_E11	P03	Intensidad Media - 12h	3	43,86	3,77
P03_E15	P03	Intensidad Media - 12h	3	46,56	3,77
P03_E16	P03	Intensidad Media - 12h	3	21,76	3,77
P03_E17	P03	Intensidad Media - 12h	3	34,14	3,77
P03_E19	P03	Intensidad Media - 12h	3	19,15	3,77
P03_E20	P03	Intensidad Media - 12h	3	113,44	3,77
P03_E21	P03	Intensidad Media - 12h	3	99,65	3,77
P03_E01	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	4,51	3,77
P03_E12	P03	Intensidad Baja - 8h	3	8,44	3,77
P03_E14	P03	Nivel de estanqueidad 1	3	10,46	3,77


 <b>Calificación Energética</b>	<b>Proyecto</b> Trabajo Final Master Edificación. Centro Salud. Doble fachada	
	<b>Localidad</b> Valencia	<b>Comunidad</b> Comunidad Valenciana

Nombre	Planta	Uso	Clase higrometria	Área (m <sup>2</sup> )	Altura (m)
P03_E18	P03	Intensidad Media - 12h	3	23,64	3,77

## 2.2. Cerramientos opacos


### 2.2.1 Materiales

Nombre	K (W/mK)	e (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (J/kgK)	R (m <sup>2</sup> K/W)	Z (m <sup>2</sup> sPa/kg)
Efecto term camara de aire vent	-	-	-	0,09	-
Mortero de cemento o cal para albañilería y	0,550	1125,00	1000,00	-	10
BC con mortero convencional espesor 190	0,433	1080,00	1000,00	-	10
MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,041	40,00	1000,00	-	1
Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,250	825,00	1000,00	-	4
Arena y grava [1700 < d < 2200]	2,000	1450,00	1050,00	-	50
Subcapa fieltro	0,050	120,00	1300,00	-	15
XPS Expandido con hidrofluorcarbonos HFC	0,039	37,50	1000,00	-	100
Betún fieltro o lámina	0,230	1100,00	1000,00	-	50000
Arcilla Expandida [árido suelto]	0,148	537,50	1000,00	-	1
Hormigón armado 2300 < d < 2500	2,300	2400,00	1000,00	-	80
Hormigón en masa 2000 < d < 2300	1,650	2150,00	1000,00	-	70
Piedra artificial	1,300	1700,00	1000,00	-	40
FR Entrevigado de EPS mecanizado enrasa	0,741	1390,00	1000,00	-	60
BC con mortero convencional espesor 140	0,443	1170,00	1000,00	-	10
Plaqueta o baldosa de gres	2,300	2500,00	1000,00	-	30
BH convencional espesor 200 mm	0,923	860,00	1000,00	-	10


 <b>Calificación Energética</b>	<b>Proyecto</b> Trabajo Final Master Edificación. Centro Salud. Doble fachada	
	<b>Localidad</b> Valencia	<b>Comunidad</b> Comunidad Valenciana

## 2.2.2 Composición de Cerramientos

Nombre	U (W/m²K)	Material	Espesor (m)
Fachada principal	0,54	Efecto term camara de aire vent	0,000
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
		BC con mortero convencional espesor 190 mm	0,190
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,010
		MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,040
		Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015
		Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015
Cubierta	0,45	Arena y grava [1700 < d < 2200]	0,040
		Subcapa fieltro	0,002
		XPS Expandido con hidrofluorcarbonos HFC [ 0.	0,040
		Betún fieltro o lámina	0,005
		Subcapa fieltro	0,002
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
		Arcilla Expandida [árido suelto]	0,100
		Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,300
		Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015
Solera sanitario	5,15	Hormigón en masa 2000 < d < 2300	0,040
forjado sanitario	1,21	Piedra artificial	0,040
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,040
		Arena y grava [1700 < d < 2200]	0,020
		FR Entrevigado de EPS mecanizado enrasado -	0,400
particion general	0,78	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015

 <b>Calificación Energética</b>	<b>Proyecto</b> Trabajo Final Master Edificación. Centro Salud. Doble fachada	
	<b>Localidad</b> Valencia	<b>Comunidad</b> Comunidad Valenciana

Nombre	U (W/m²K)	Material	Espesor (m)
particion general	0,78	MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,040
		Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015
particion pesada	1,60	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015
		BC con mortero convencional espesor 140 mm	0,140
		Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,020
forjado tipo	2,02	Piedra artificial	0,040
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,040
		Arena y grava [1700 < d < 2200]	0,020
		Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,300
		Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,020
forjado acabado gres	1,59	Plaqueta o baldosa de gres	0,020
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,050
		Arena y grava [1700 < d < 2200]	0,300
		Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,300
		Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,020
cerramiento con terreno	2,59	BH convencional espesor 200 mm	0,200
forjado exterior	0,67	Piedra artificial	0,040
		Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,040
		Arena y grava [1700 < d < 2200]	0,020
		Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,300
		MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,040
		Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,020
Fachadas 02	0,56	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,020
		BC con mortero convencional espesor 190 mm	0,190

 <b>Calificación Energética</b>	<b>Proyecto</b> Trabajo Final Master Edificación. Centro Salud. Doble fachada	
	<b>Localidad</b> Valencia	<b>Comunidad</b> Comunidad Valenciana

Nombre	U (W/m <sup>2</sup> K)	Material	Espesor (m)
Fachadas 02	0,56	Mortero de cemento o cal para albañilería y para	0,010
		MW Lana mineral [0.04 W/[mK]]	0,040
		Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015
		Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,015

## 2.3. Cerramientos semitransparentes

### 2.3.1 Vidrios

Nombre	U (W/m <sup>2</sup> K)	Factor solar
VER_DC_4-6-331	3,20	0,73
VER_ML_331a	5,60	0,85
Vidrio	2,70	0,73


### 2.3.2 Marcos

Nombre	U (W/m <sup>2</sup> K)
VER_Con rotura de puente térmico entre 4 y 12 mm	4,00
VER_Normal sin rotura de puente térmico	5,70

### 2.3.3 Huecos

<b>Nombre</b>	V ext
<b>Acrilamiento</b>	VER_DC_4-6-331
<b>Marco</b>	VER_Con rotura de puente térmico entre 4 y 12 mm
<b>% Hueco</b>	23,00




 <b>Calificación Energética</b>	<b>Proyecto</b> Trabajo Final Master Edificación. Centro Salud. Doble fachada	
	<b>Localidad</b> Valencia	<b>Comunidad</b> Comunidad Valenciana

<b>Permeabilidad m³/hm² a 100Pa</b>	9,00
<b>U (W/m²K)</b>	3,38
<b>Factor solar</b>	0,59

<b>Nombre</b>	puertas
<b>Acristalamiento</b>	VER_ML_331a
<b>Marco</b>	VER_Normal sin rotura de puente térmico
<b>% Hueco</b>	30,00
<b>Permeabilidad m³/hm² a 100Pa</b>	60,00
<b>U (W/m²K)</b>	5,63
<b>Factor solar</b>	0,64

<b>Nombre</b>	ventanal patio
<b>Acristalamiento</b>	Vidrio
<b>Marco</b>	VER_Con rotura de puente térmico entre 4 y 12 mm
<b>% Hueco</b>	10,00
<b>Permeabilidad m³/hm² a 100Pa</b>	9,00
<b>U (W/m²K)</b>	2,83
<b>Factor solar</b>	0,67


 <b>Calificación Energética</b>	<b>Proyecto</b> Trabajo Final Master Edificación. Centro Salud. Doble fachada	
	<b>Localidad</b> Valencia	<b>Comunidad</b> Comunidad Valenciana

### 3. Sistemas


<b>Nombre</b>	basico
<b>Tipo</b>	agua caliente sanitaria
<b>Nombre Equipo</b>	EQ_Caldera-ACS-Convencional-Defecto
<b>Tipo Equipo</b>	Caldera eléctrica o de combustible
<b>Nombre demanda ACS</b>	demanda1
<b>Nombre equipo acumulador</b>	ninguno
<b>Porcentaje abastecido con energia solar</b>	0,00
<b>Temperatura impulsión (°C)</b>	60,0
<b>Multiplicador</b>	1

### 4. Iluminación

Nombre	Pot. Iluminación	VEEIObj	VEEIRef
P01_E01	4,40000009536743	7	10
P01_E02	4,40000009536743	7	10
P02_E02	15	3,5	4,5
P02_E03	15	3,5	4,5
P02_E04	10	3,5	4,5
P02_E05	15	3,5	4,5
P02_E06	15	2,5	3,5
P02_E07	10	3,5	4,5
P02_E09	15	2	3,5

 Calificación Energética	Proyecto	
	Trabajo Final Master Edificación. Centro Salud. Doble fachada	
	Localidad	Comunidad
	Valencia	Comunidad Valenciana


P02_E10	10	3,5	4,5
P02_E11	15	3,5	4,5
P02_E01	20	3,5	4,5
P02_E12	10	3,5	4,5
P02_E13	10	3,5	4,5
P02_E14	10	3,5	4,5
P02_E08	15	2,5	3,5
P02_E15	20	3,5	4,5
P02_E16	15	2,5	3,5
P02_E17	15	2,5	3,5
P02_E19	15	2	3,5
P02_E18	4,40000009536743	7	10
P02_E20	15	2,5	3,5
P02_E21	15	3,5	4,5
P02_E22	10	3,5	4,5
P02_E23	4,40000009536743	7	10
P02_E24	10	3,5	4,5
P03_E02	10	3,5	4,5
P03_E03	15	2,5	3,5
P03_E04	15	2	3,5
P03_E05	10	3,5	4,5
P03_E06	15	2,5	3,5
P03_E07	10	3,5	4,5
P03_E08	15	2,5	3,5
P03_E09	20	3,5	4,5

 <b>Calificación Energética</b>	<b>Proyecto</b> Trabajo Final Master Edificación. Centro Salud. Doble fachada	
	<b>Localidad</b> Valencia	<b>Comunidad</b> Comunidad Valenciana

P03_E13	4,40000009536743	7	10
P03_E10	15	3,5	4,5
P03_E11	15	3,5	4,5
P03_E15	15	3,5	4,5
P03_E16	20	2,5	3,5
P03_E17	20	2,5	3,5
P03_E19	15	3,5	4,5
P03_E20	20	3,5	4,5
P03_E21	20	3,5	4,5
P03_E01	4,40000009536743	7	10
P03_E12	15	3,5	4,5
P03_E14	4,40000009536743	7	10
P03_E18	15	3,5	4,5

## 5. Equipos

<b>Nombre</b>	EQ_Caldera-ACS-Convencional-Defecto
<b>Tipo</b>	Caldera eléctrica o de combustible
<b>Capacidad nominal (kW)</b>	10,00
<b>Rendimiento nominal</b>	0,90
<b>Capacidad en función de la temperatura de impulsión</b>	cap_T-EQ_Caldera-unidad
<b>Rendimiento nominal en función de la temperatura de impulsión</b>	ren_T-EQ_Caldera-unidad
<b>Rendimiento en función de la carga parcial en términos de potencia</b>	ren_FCP_Potencia-EQ_Caldera-unidad

 <b>Calificación Energética</b>	<b>Proyecto</b>	
	Trabajo Final Master Edificación. Centro Salud. Doble fachada	
	<b>Localidad</b>	<b>Comunidad</b>
	Valencia	Comunidad Valenciana

<b>Rendimiento en función de la carga parcial en términos de tiempo</b>	ren_FCP_Tiempo-EQ_Caldera-ACS-Convencional-Defecto
<b>Tipo energía</b>	Gas Natural


## 6. Justificación

---

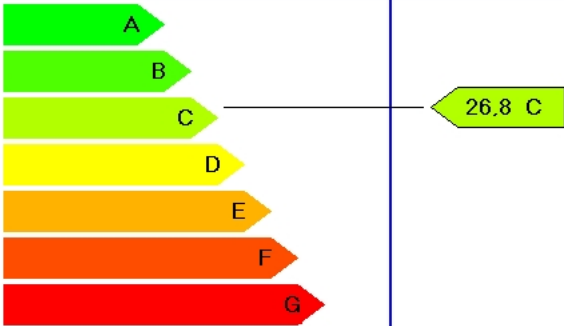
### 6.1. Contribución solar

---

Nombre	Contribución Solar	Contribución Solar Mínima HE-4
basico	0,0	60,0

 Calificación Energética	Proyecto	
	Trabajo Final Master Edificación. Centro Salud. Doble fachada	
	Localidad	Comunidad
	Valencia	Comunidad Valenciana

## 7. Resultados

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	Edificio Objeto		
			
	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Demanda calefacción	B	14,2	19599,2
Demanda refrigeración	D	35,9	49550,1
	Clase	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO <sub>2</sub> calefacción	A	0,0	0,0
Emisiones CO <sub>2</sub> refrigeración	A	0,0	0,0
Emisiones CO <sub>2</sub> ACS	C	3,0	4140,7
Emisiones CO <sub>2</sub> Iluminación	C	23,8	32849,4
Emisiones CO <sub>2</sub> Totales			36990,1

Datos para la etiqueta de eficiencia energética

	Edificio Objeto	
	por metro cuadrado	anual
Consumo energía final (kWh)	51,6	71182,9
Consumo energía primaria (kWh)	110,6	152600,5
Emisiones CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> )	26,8	37012,4

## 10. ANEXO II. CALCULOS ACUSTICOS.



**Cálculo de Aislamiento Acústico a ruido aéreo en fachadas en esquina**  
Datos de Entrada FACHADA SIMPLE\_SALA DE REUNIONES

**Sección de Fachada Directa a**

Superficie $S_s$ (m <sup>2</sup> )		14,85										
REF	Elemento constructivo base	m' <sup>2</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	R <sub>Atr</sub>	R <sub>A</sub>	REF	Forma de la fachada	$\alpha_w$	$h_{fm}$	$\Delta L_{fs}$	REF	Revestimiento Interior	$\Delta R_{d,A}$
F.V2	enf+BC19+enf	198,0	45,0	48,0	FF 1	Plano de Fachada	0	0	0	TR.1.q	YL 2x12,5 + MW 48 + SP (200<ms250kg/m2)	10
REF	S (m <sup>2</sup> )	Ventanas/Capialzados	R <sub>Atr</sub>	R <sub>A</sub>	$\Delta R$	S <sub>0</sub> (m <sup>2</sup> )		D <sub>n,el,Atr</sub> (dBA)				
V.32	2,16	Ventana sencilla OSC:NP 6-(6...16)-6+6	30	33	0	0		0		(aireadores con tratamiento acústico...)		
V.00		Sin Ventana	0	0	0	0		0		(aireadores sin tratamiento acústico)		
V.00		Sin Ventana	0	0	0	0		0		(techos suspendidos, conductos, pasillos...)		
V.00		Sin Ventana	0	0	0	0		0				
						L <sub>0</sub> (dBA)	Tipo de Ruido		D <sub>2m,n,T,Atr</sub>		Requisito CTE	
						60	Automóviles		40		30 CUMPLE	

**Sección de Fachada Directa b**

Superficie $S_s$ (m <sup>2</sup> )		7,425										
REF	Elemento constructivo base	m' <sup>2</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	R <sub>Atr</sub>	R <sub>A</sub>	REF	Forma de la fachada	$\alpha_w$	$h_{fm}$	$\Delta L_{fs}$	REF	Revestimiento Interior	$\Delta R_{d,A}$
F.V2	enf+BC19+enf	198,0	45,0	48,0	FF 1	Plano de Fachada	0	0	0	TR.1.q	YL 2x12,5 + MW 48 + SP (200<ms250kg/m2)	10
REF	S (m <sup>2</sup> )	Ventanas/Capialzados	R <sub>Atr</sub>	R <sub>A</sub>	$\Delta R$	S <sub>0</sub> (m <sup>2</sup> )		D <sub>n,el,Atr</sub> (dBA)				
V.00	0	Sin Ventana	0	0	0	0		0		(aireadores con tratamiento acústico...)		
V.00	0	Sin Ventana	0	0	0	0		0		(aireadores sin tratamiento acústico)		
V.00	0	Sin Ventana	0	0	0	0		0		(techos suspendidos, conductos, pasillos...)		
V.00	0	Sin Ventana	0	0	0	0		0				

**Secciones de Fachada de Flanco**

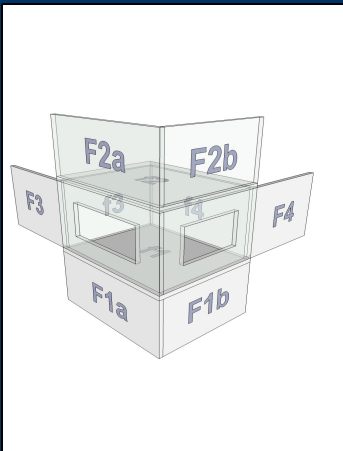
REF	Elemento constructivo base	m' <sup>2</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	R <sub>Atr</sub>	S <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> )	l <sub>i</sub> (m <sup>3</sup> )
Elemento F1a (Fachada)	F.V2 enf+BC19+enf	198,0	45,0	14,85	4,5
Elemento F1b (Fachada)	F.V2 enf+BC19+enf	198,0	45,0	7,425	2,25
Elemento F2a (Fachada)	F.V2 enf+BC19+enf	198,0	45,0	10,125	4,5
Elemento F2b (Fachada)	F.V2 enf+BC19+enf	198,0	45,0	5,0625	2,3
Elemento F3 (Fachada)	F.V2 enf+BC19+enf	198,0	45,0	0,05	3,3
Elemento F4 (Fachada)	F.V2 enf+BC19+enf	198,0	45,0	9,24	3,3

**Recinto Receptor**

Tipo de Recinto		Cultural, sanitario, docente y administrativo Aulas		Volumen V <sub>r</sub> (m <sup>3</sup> )		65,416	
REF	Elemento constructivo base	m' <sup>2</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	R <sub>Atr</sub>	S <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> )	REF	Revestimiento	$\Delta R_{f,A}$
Elemento f1 (Suelo)	Fo.LM.9 LM AL 300 mm	600,0	63,0	25,16	S1.d.9	AC + M 50 + AR PE-E 3	3
Elemento f2 (Techo)	Fo.LM.9 LM AL 300 mm	600,0	63,0	25,16	T.1.e	YL 15 + AT MW 50 + C [≥ 150] (forjado de m > 350 kg/m2)	7
Elemento f3 (Pared)	P.4.2 YL 2x12,5 + AT MW 48 + YL 2x12,5	44,0	52,0	18,249	R.0.0	Sin Revestimiento	0
Elemento f4 (Pared)	P.4.2 YL 2x12,5 + AT MW 48 + YL 2x12,5	44,0	52,0	14,685	R.0.0	Sin Revestimiento	0

**Uniones de los Elementos Constructivos**

REF	Tipo de unión	K <sub>Ft</sub>	K <sub>Fd</sub>	K <sub>Dt</sub>	Vista en sección	
Arista 1a (Unión Fachada-Suelo)	T 0.3 Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	7,0	13,8	7,0		Vista en sección
Arista 1b (Unión Fachada-Suelo)	T 0.4 Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 4)	7,0	13,8	7,0		Vista en sección
Arista 2a (Unión Fachada-Techo)	T 0.3 Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	7,0	13,8	7,0		Vista en sección
Arista 2b (Unión Fachada-Techo)	T 0.4 Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 4)	5,7	5,7	5,7		Vista en sección
Arista 3 (Unión Fachada-Pared)	T 0.27 Unión en T de elemento de entramado autoportante y elemento homogéneo (orientación 3)	16,5	0,0	16,5		Vista en planta
Arista 4 (Unión Fachada-Pared)	T 0.26 Unión en T de elemento de entramado autoportante y elemento homogéneo (orientación 2)	16,5	3,5	16,5		Vista en planta
Arista 5 (Esquina) (Unión Separador-Separador)	E 0.3 Esquina inferior izquierda	-	-2,0	-2,0		Vista en planta







**Cálculo de Aislamiento Acústico a ruido aéreo en fachadas en esquina**  
Datos de Entrada FACHADA DOBLE PIEL SALA REUNIONES

**Sección de Fachada Directa a**

Superficie  $S_e$  (m<sup>2</sup>) 14,85

REF	Elemento constructivo base	m' <sup>2</sup> (kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>Atr</sub>	R <sub>A</sub>	REF	Forma de la fachada	$\alpha_w$	h <sub>em</sub>	$\Delta L_{f,b}$	REF	Revestimiento Interior	$\Delta R_{e,A}$
F.V.3	F_H Alig_16+BC19	486,0	56,0	59,0	FF 1	Plano de Fachada	0	0	0	TR.1.q	YL 2x12,5 + MW 48 + SP (200<m≤250kg/m2)	10

REF	S (m <sup>2</sup> )	Ventanas/Capialzados	R <sub>Atr</sub>	R <sub>A</sub>	$\Delta R$	S <sub>0</sub> (m <sup>2</sup> )	D <sub>n,aj,Atr</sub> (dBA)
V.37	5,369	Doble ventana. DES - OSC Ext 4/ Int 4-6-4	44	46	-3	0	0 (aireadores con tratamiento acústico...)
V.00		Sin Ventana	0	0	0	0	0 (aireadores sin tratamiento acústico)
V.00		Sin Ventana	0	0	0	0	0 (techos suspendidos, conductos, pasillos...)
V.00		Sin Ventana	0	0	0		

L <sub>d</sub> (dBA)	Tipo de Ruido	D <sub>2m,r1,Atr</sub>	Requisito CTE
60	Automóviles	50	30 CUMPLE

**Sección de Fachada Directa b**

Superficie  $S_e$  (m<sup>2</sup>) 7,425

REF	Elemento constructivo base	m' <sup>2</sup> (kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>Atr</sub>	R <sub>A</sub>	REF	Forma de la fachada	$\alpha_w$	h <sub>em</sub>	$\Delta L_{f,b}$	REF	Revestimiento Interior	$\Delta R_{e,A}$
F.V.3	F_H Alig_16+BC19	486,0	56,0	59,0	FF 1	Plano de Fachada	0	0	0	TR.1.q	YL 2x12,5 + MW 48 + SP (200<m≤250kg/m2)	10

REF	S (m <sup>2</sup> )	Ventanas/Capialzados	R <sub>Atr</sub>	R <sub>A</sub>	$\Delta R$	S <sub>0</sub> (m <sup>2</sup> )	D <sub>n,aj,Atr</sub> (dBA)
V.00	0	Sin Ventana	0	0	0	0	0 (aireadores con tratamiento acústico...)
V.00	0	Sin Ventana	0	0	0	0	0 (aireadores sin tratamiento acústico)
V.00	0	Sin Ventana	0	0	0	0	0 (techos suspendidos, conductos, pasillos...)
V.00	0	Sin Ventana	0	0	0		

**Secciones de Fachada de Flanco**

REF	Elemento constructivo base	m' <sup>2</sup> (kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>Atr</sub>	S <sub>e</sub> (m <sup>2</sup> )	l <sub>e</sub> (m <sup>2</sup> )
Elemento F1a (Fachada)	F.V.3 F_H Alig_16+BC19	486,0	56,0	14,85	4,5
Elemento F1b (Fachada)	F.V.3 F_H Alig_16+BC19	486,0	56,0	7,425	2,25
Elemento F2a (Fachada)	F.V.3 F_H Alig_16+BC19	486,0	56,0	10,125	4,5
Elemento F2b (Fachada)	F.V.3 F_H Alig_16+BC19	486,0	56,0	5,0625	2,3
Elemento F3 (Fachada)	F.V.3 F_H Alig_16+BC19	486,0	56,0	0,05	3,3
Elemento F4 (Fachada)	F.V.3 F_H Alig_16+BC19	486,0	56,0	9,24	3,3

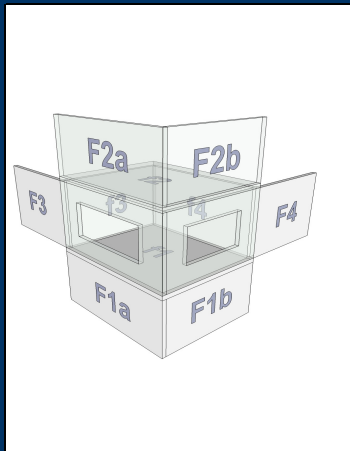
**Hecinto Receptor**

Tipo de Recinto Cultural, sanitario, docente y administrativo Aulas  
Volumen V<sub>r</sub> (m<sup>3</sup>) 65,416

REF	Elemento constructivo base	m' <sup>2</sup> (kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>e,A</sub>	S <sub>e</sub> (m <sup>2</sup> )	REF	Revestimiento	$\Delta R_{e,A}$
Elemento f1 (Suelo)	Fo.LM.9 LM AL 300 mm	600,0	63,0	25,16	S1.d.9	AC + M 50 + AR PE-E 3	3
Elemento f2 (Techo)	Fo.LM.9 LM AL 300 mm	600,0	63,0	25,16	T.1.e	YL 15 + AT MW 50 + C [≥ 150] (forjado de m > 350 kg/m2)	7
Elemento f3 (Pared)	P.4.2 YL 2x12,5 + AT MW 48 + YL 2x12,5	44,0	52,0	18,249	R.0.0	Sin Revestimiento	0
Elemento f4 (Pared)	P.4.2 YL 2x12,5 + AT MW 48 + YL 2x12,5	44,0	52,0	14,685	R.0.0	Sin Revestimiento	0

**Uniones de los Elementos Constructivos**

REF	Tipo de unión	K <sub>F1</sub>	K <sub>F2</sub>	K <sub>D1</sub>	Vista en sección	Vista en planta
Arista 1a (Unión Fachada-Suelo)	T 0.39 Unión en T de doble hoja y elementos homogéneos (orientación 8)	5,7	7,0	5,7		
Arista 1b (Unión Fachada-Suelo)	T 0.40 Unión en T de doble hoja y elementos homogéneos (orientación 9)	5,7	7,0	5,7		
Arista 2a (Unión Fachada-Techo)	T 0.39 Unión en T de doble hoja y elementos homogéneos (orientación 8)	5,7	7,0	5,7		
Arista 2b (Unión Fachada-Techo)	T 0.40 Unión en T de doble hoja y elementos homogéneos (orientación 9)	5,7	5,7	5,7		
Arista 3 (Unión Fachada-Pared)	T 0.27 Unión en T de elemento de entramado autoportante y elemento homogéneo (orientación 3)	20,4	0,0	20,4		
Arista 4 (Unión Fachada-Pared)	T 0.26 Unión en T de elemento de entramado autoportante y elemento homogéneo (orientación 2)	20,4	3,5	20,4		
Arista 5 (Esquina) (Unión Separador-Separador)	E 0.3 Esquina inferior izquierda	-	-2,0	-2,0		





**Cálculo de Aislamiento Acústico a ruido aéreo en fachadas en esquina**

Datos de Entrada FACHADA SENCILLA+DOBLE VENTANA, SALA REUNIONES

**Sección de Fachada Directa a**

Superficie  $S_e$  (m<sup>2</sup>) 14,85

REF	Elemento constructivo base	m' <sub>i</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>AT</sub>	R <sub>A</sub>	REF	Forma de la fachada	α <sub>w</sub>	h <sub>int</sub>	ΔL <sub>es</sub>	REF	Revestimiento interior	ΔR <sub>dA</sub>
F.V2	enf+BC19+enf	198,0	45,0	48,0	FF 1	Plano de Fachada	0	0	0	TR.1.q	YL 2x12,5 + MW 48 + SP (200-cmS250kg/m2)	10

REF	S (m <sup>2</sup> )	Ventanas/Capialzados	R <sub>AT</sub>	R <sub>A</sub>	ΔR	Transmisión Aérea Directa I D <sub>n,0,1,AtR</sub>	S <sub>0</sub> (m <sup>2</sup> )	D <sub>n,0,1,AtR</sub> (dBA)	(aireadores con tratamiento acústico...)
V.37	2,16	Doble ventana. DES - OSC Ext 4/ Int 4-6-4	44	46	0	0	0	0	(aireadores con tratamiento acústico...)
V.00		Sin Ventana	0	0	0	0	0	0	(aireadores sin tratamiento acústico)
V.00		Sin Ventana	0	0	0	0	0	0	(techos suspendidos, conductos, pasillos...)
V.00		Sin Ventana	0	0	0	0	0	0	

L <sub>d</sub> (dBA)	Tipo de Ruido	D <sub>2min,T,AtR</sub>	Requisito CTE
60	Automóviles	52	30 CUMPLE

**Sección de Fachada Directa b**

Superficie  $S_e$  (m<sup>2</sup>) 7,425

REF	Elemento constructivo base	m' <sub>i</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>AT</sub>	R <sub>A</sub>	REF	Forma de la fachada	α <sub>w</sub>	h <sub>int</sub>	ΔL <sub>es</sub>	REF	Revestimiento interior	ΔR <sub>dA</sub>
F.V.3	F_H Alig_16+BC19	486,0	56,0	59,0	FF 1	Plano de Fachada	0	0	0	TR.1.q	YL 2x12,5 + MW 48 + SP (200-cmS250kg/m2)	10

REF	S (m <sup>2</sup> )	Ventanas/Capialzados	R <sub>AT</sub>	R <sub>A</sub>	ΔR	Transmisión Aérea Directa I D <sub>n,0,1,AtR</sub>	S <sub>0</sub> (m <sup>2</sup> )	D <sub>n,0,1,AtR</sub> (dBA)	(aireadores con tratamiento acústico...)
V.00	0	Sin Ventana	0	0	0	0	0	0	(aireadores con tratamiento acústico...)
V.00	0	Sin Ventana	0	0	0	0	0	0	(aireadores sin tratamiento acústico)
V.00	0	Sin Ventana	0	0	0	0	0	0	(techos suspendidos, conductos, pasillos...)
V.00	0	Sin Ventana	0	0	0	0	0	0	

**Secciones de Fachada de Flanco**

REF	Elemento constructivo base	m' <sub>i</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>AT</sub>	S <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> )	l <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> )
Elemento F1a (Fachada)	F.V2 enf+BC19+enf	198,0	45,0	14,85	4,5
Elemento F1b (Fachada)	F.V.3 F_H Alig_16+BC19	486,0	56,0	7,425	2,25
Elemento F2a (Fachada)	F.V2 enf+BC19+enf	198,0	45,0	10,125	4,5
Elemento F2b (Fachada)	F.V.3 F_H Alig_16+BC19	486,0	56,0	5,0625	2,3
Elemento F3 (Fachada)	F.V2 enf+BC19+enf	198,0	45,0	0,05	3,3
Elemento F4 (Fachada)	F.V.3 F_H Alig_16+BC19	486,0	56,0	9,24	3,3

**Recinto Receptor**

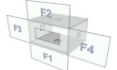
Tipo de Recinto		Volumen V <sub>r</sub> (m <sup>3</sup> )	
Cultural, sanitario, docente y administrativo Aulas		65,416	

REF	Elemento constructivo base	m' <sub>i</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>AT</sub>	S <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> )	REF	Revestimiento	ΔR <sub>fA</sub>
Elemento f1 (Suelo)	Fo.LM.9 LM AL 300 mm	600,0	63,0	25,16	S1.d.9	AC + M 50 + AR PE-E 3	3
Elemento f2 (Techo)	Fo.LM.9 LM AL 300 mm	600,0	63,0	25,16	T.1.e	YL 15 + AT MW 50 + C [≥ 150] (forjado de m > 350 kg/m2)	7
Elemento f3 (Pared)	P.4.2 YL 2x12,5 + AT MW 48 + YL 2x12,5	44,0	52,0	18,249	R.0.0	Sin Revestimiento	0
Elemento f4 (Pared)	P.4.2 YL 2x12,5 + AT MW 48 + YL 2x12,5	44,0	52,0	14,685	R.0.0	Sin Revestimiento	0

**Uniones de los Elementos Constructivos**

REF	Tipo de unión	K <sub>F1</sub>	K <sub>Fd</sub>	K <sub>01</sub>	Vista en sección	Vista en planta
Arista 1a (Unión Fachada-Suelo)	Unión en T de doble hoja y elementos homogéneos (orientación 8)	7,0	13,8	7,0		
Arista 1b (Unión Fachada-Suelo)	Unión en T de doble hoja y elementos homogéneos (orientación 9)	7,0	13,8	7,0		
Arista 2a (Unión Fachada-Techo)	Unión en T de doble hoja y elementos homogéneos (orientación 8)	7,0	13,8	7,0		
Arista 2b (Unión Fachada-Techo)	Unión en T de doble hoja y elementos homogéneos (orientación 9)	5,7	5,7	5,7		
Arista 3 (Unión Fachada-Pared)	Unión en T de elemento de entramado autoportante y elemento homogéneo (orientación 3)	16,5	0,0	16,5		
Arista 4 (Unión Fachada-Pared)	Unión en T de elemento de entramado autoportante y elemento homogéneo (orientación 2)	20,4	3,5	20,4		
Arista 5 (Esquina) (Unión Separador-Separador)	Esquina inferior izquierda	-	2,8	2,8		



## Cálculo de Aislamiento Acústico a ruido aéreo en fachadas

Datos de Entrada **FACHADA SIMPLE CONSULTA TIPO**

### Sección de Fachada Directa

Superficie  $S_e$  (m<sup>2</sup>) **11,616**

REF	Elemento constructivo base	m <sub>1</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>Atr</sub>	R <sub>A</sub>	REF	Forma de la fachada	α <sub>w</sub>	h <sub>lm</sub>	ΔL <sub>fs</sub>	REF	Revestimiento Interior	ΔR <sub>d,A</sub>
F.V2	enf+BC19+enf	198,0	45,0	48,0	FF 1	Plano de Fachada	0	0	0	TR.1.q	YL 2x12,5 + MW 48 + SP (200<m≤250kg/m2)	10

REF	S (m <sup>2</sup> )	Ventanas/Capialzados	R <sub>Atr</sub>	R <sub>A</sub>	ΔR	S <sub>0</sub> (m <sup>2</sup> )	D <sub>n,si,Atr</sub> (dBA)
V.32	2,16	Ventana sencilla OSC/NP 6–(6...16)–6+6	30	33	0	0	0 (aireadores con tratamiento acústico...)
V.00		Sin Ventana	0	0	0	0	0 (aireadores sin tratamiento acústico)
V.00		Sin Ventana	0	0	0	0	0 (techos suspendidos, conductos, pasillos...)
V.00		Sin Ventana	0	0	0	0	0

L <sub>d</sub> (dBA)	Tipo de Ruido	D <sub>2m,T,Atr</sub>	Requisito CTE
60	Automóviles	39	30 <b>CUMPLE</b>

### Secciones de Fachada de Flanco

Elemento	REF	Elemento constructivo base	m <sub>1</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>Atr</sub>	S <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> )	I <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> )
Elemento F1 (Fachada)	F.V2	enf+BC19+enf	198,0	45,0	1	3,52
Elemento F2 (Fachada)	F.V2	enf+BC19+enf	198,0	45,0	20,24	2,1
Elemento F3 (Fachada)	F.V2	enf+BC19+enf	198,0	45,0	11,616	2,55
Elemento F4 (Fachada)	F.V2	enf+BC19+enf	198,0	45,0	11,616	2,55

### Recinto Receptor

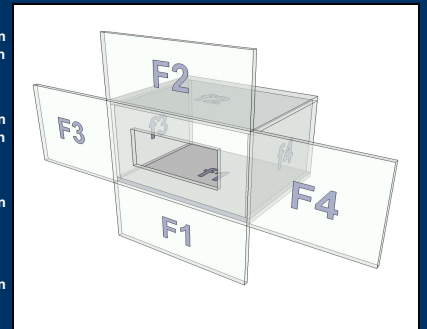
Tipo de Recinto
Residencial y hospitalario Dormitorios

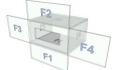
Volumen V<sub>r</sub> (m<sup>3</sup>) **48,36**

Elemento	REF	Elemento constructivo base	m <sub>1</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>A</sub>	S <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> )	I <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> )	REF	Revestimiento	ΔR <sub>f,A</sub>
Elemento f1 (Suelo)	Fo.LM.9	LM AL 300 mm	600,0	63,0	18,6	3,5	S1.d.9	AC + M 50 + AR PE-E 3	3
Elemento f2 (Techo)	Fo.LM.9	LM AL 300 mm	600,0	63,0	18,6	2,1	T.1.e	YL 15 + AT MW 50 + C [≥ 150] (forjado de m > 350 kg/m2)	7
Elemento f3 (Pared)	P.4.2	YL 2x12,5 + AT MW 48 + YL 2x12,5	44,0	52,0	13,52	2,6	R.0.0	Sin Revestimiento	0
Elemento f4 (Pared)	P.4.2	YL 2x12,5 + AT MW 48 + YL 2x12,5	44,0	52,0	13,52	2,6	R.0.0	Sin Revestimiento	0

### Uniones de los Elementos Constructivos

REF	Tipo de unión	K <sub>Ff</sub>	K <sub>Fd</sub>	K <sub>Df</sub>	Vista
Arista 1 (Unión Fachada-Suelo)	T 0.3 Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	7,0	13,8	7,0	Vista en sección
Arista 2 (Unión Fachada-Techo)	T 0.3 Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	7,0	13,8	7,0	Vista en sección
Arista 3 (Unión Fachada-Pared)	T 0.26 Unión en T de elemento de entramado autoportante y elemento homogéneo (orientación 2)	16,5	-3,6	16,5	Vista en planta
Arista 4 (Unión Fachada-Pared)	T 0.26 Unión en T de elemento de entramado autoportante y elemento homogéneo (orientación 2)	16,5	-3,6	16,5	Vista en planta





## Cálculo de Aislamiento Acústico a ruido aéreo en fachadas

Datos de Entrada FACHADA DOBLE PIEL CONSULTA TIPO

### Sección de Fachada Directa

Superficie  $S_e$  (m<sup>2</sup>) **11,616**

REF	Elemento constructivo base	m <sub>1</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>Atr</sub>	R <sub>A</sub>	REF	Forma de la fachada	α <sub>w</sub>	h <sub>lm</sub>	ΔL <sub>fs</sub>	REF	Revestimiento Interior	ΔR <sub>d,A</sub>
F.V.3	F_H Alig_16+BC19	486,0	56,0	59,0	FF 1	Plano de Fachada	0	0	0	TR.1.q	YL 2x12,5 + MW 48 + SP (200<m≤250kg/m2)	10

REF	S (m <sup>2</sup> )	Ventanas/Capialzados	R <sub>Atr</sub>	R <sub>A</sub>	ΔR	S <sub>0</sub> (m <sup>2</sup> )	D <sub>n,si,Atr</sub> (dBA)
V.37	5,36	Doble ventana. DES - OSC Ext 4/ Int 4-6-4	44	46	-3	0	0 (aireadores con tratamiento acústico...)
V.00		Sin Ventana	0	0	0	0	0 (aireadores sin tratamiento acústico)
V.00		Sin Ventana	0	0	0	0	0 (techos suspendidos, conductos, pasillos...)

L <sub>d</sub> (dBA)	Tipo de Ruido	D <sub>2m,nT,Atr</sub>	Requisito CTE
60	Automóviles	49	30 <b>CUMPLE</b>

### Secciones de Fachada de Flanco

REF	Elemento constructivo base	m <sub>1</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>Atr</sub>	S <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> )	I <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> )
Elemento F1 (Fachada)	F.V.3 F_H Alig_16+BC19	486,0	56,0	1	3,52
Elemento F2 (Fachada)	F.V.3 F_H Alig_16+BC19	486,0	56,0	20,24	2,1
Elemento F3 (Fachada)	F.V.3 F_H Alig_16+BC19	486,0	56,0	11,616	2,55
Elemento F4 (Fachada)	F.V.3 F_H Alig_16+BC19	486,0	56,0	11,616	2,55

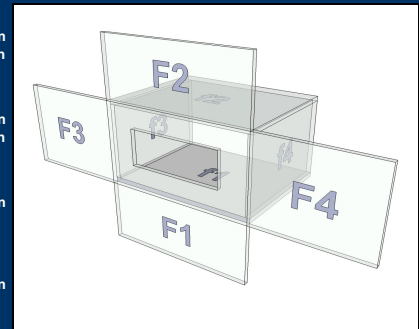
### Recinto Receptor

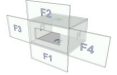
Tipo de Recinto	Volumen V <sub>r</sub> (m <sup>3</sup> )
Residencial y hospitalario Dormitorios	48,36

REF	Elemento constructivo base	m <sub>1</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>A</sub>	S <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> )	I <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> )	REF	Revestimiento	ΔR <sub>f,A</sub>
Elemento f1 (Suelo)	Fo.LM.9 LM AL 300 mm	600,0	63,0	18,6	3,5	S1.d.9	AC + M 50 + AR PE-E 3	3
Elemento f2 (Techo)	Fo.LM.9 LM AL 300 mm	600,0	63,0	18,6	2,1	T.1.e	YL 15 + AT MW 50 + C [≥ 150] (forjado de m > 350 kg/m2)	7
Elemento f3 (Pared)	P.4.2 YL 2x12,5 + AT MW 48 + YL 2x12,5	44,0	52,0	13,52	2,6	R.0.0	Sin Revestimiento	0
Elemento f4 (Pared)	P.4.2 YL 2x12,5 + AT MW 48 + YL 2x12,5	44,0	52,0	13,52	2,6	R.0.0	Sin Revestimiento	0

### Uniones de los Elementos Constructivos

REF	Tipo de unión	K <sub>Ff</sub>	K <sub>Fd</sub>	K <sub>Df</sub>	Vista
Arista 1 (Unión Fachada-Suelo)	T 0.3 Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	5,7	7,0	5,7	Vista en sección
Arista 2 (Unión Fachada-Techo)	T 0.3 Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	5,7	7,0	5,7	Vista en sección
Arista 3 (Unión Fachada-Pared)	T 0.26 Unión en T de elemento de entramado autoportante y elemento homogéneo (orientación 2)	20,4	-3,6	20,4	Vista en planta
Arista 4 (Unión Fachada-Pared)	T 0.26 Unión en T de elemento de entramado autoportante y elemento homogéneo (orientación 2)	20,4	-3,6	20,4	Vista en planta





**Cálculo de Aislamiento Acústico a ruido aéreo en fachadas**

Datos de Entrada FACHADA SENCILLA +DOBLE VENTANA CONSULTA TIPO

**Sección de Fachada Directa**

Superficie  $S_e$  (m<sup>2</sup>) 11,616

REF	Elemento constructivo base	m <sub>1</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>Atr</sub>	R <sub>A</sub>	REF	Forma de la fachada	α <sub>w</sub>	h <sub>lm</sub>	ΔL <sub>fa</sub>	REF	Revestimiento Interior	ΔR <sub>d,A</sub>
F.V2	enf+BC19+enf	198,0	45,0	48,0	FF 1	Plano de Fachada	0	0	0	TR.1.q	YL 2x12,5 + MW 48 + SP (200<m≤250kg/m2)	10

REF	S (m <sup>2</sup> )	Ventanas/Capialzados	R <sub>Atr</sub>	R <sub>A</sub>	ΔR	S <sub>0</sub> (m <sup>2</sup> )	D <sub>n,si,Atr</sub> (dBA)
V.37	2,16	Doble ventana. DES - OSC Ext 4/ Int 4-6-4	44	46	0	0	0
V.00		Sin Ventana	0	0	0	0	0
V.00		Sin Ventana	0	0	0	0	0
V.00		Sin Ventana	0	0	0	0	0

L <sub>d</sub> (dBA)	Tipo de Ruido	D <sub>2m,T,Atr</sub>	Requisito CTE
60	Automóviles	50	30 CUMPLE

**Secciones de Fachada de Flanco**

REF	Elemento constructivo base	m <sub>1</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>Atr</sub>	S <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> )	I <sub>r</sub> (m <sup>2</sup> )
Elemento F1 (Fachada)	F.V2 enf+BC19+enf	198,0	45,0	1	3,52
Elemento F2 (Fachada)	F.V2 enf+BC19+enf	198,0	45,0	20,24	2,1
Elemento F3 (Fachada)	F.V2 enf+BC19+enf	198,0	45,0	11,616	2,55
Elemento F4 (Fachada)	F.V2 enf+BC19+enf	198,0	45,0	11,616	2,55

**Recinto Receptor**

Tipo de Recinto Residencial y hospitalario Dormitorios Volumen V<sub>r</sub> (m<sup>3</sup>) 48,36

REF	Elemento constructivo base	m <sub>1</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	R <sub>A</sub>	S <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> )	I <sub>r</sub> (m <sup>2</sup> )	REF	Revestimiento	ΔR <sub>f,A</sub>
Elemento f1 (Suelo)	Fo.LM.9 LM AL 300 mm	600,0	63,0	18,6	3,5	S1.d.9	AC + M 50 + AR PE-E 3	3
Elemento f2 (Techo)	Fo.LM.9 LM AL 300 mm	600,0	63,0	18,6	2,1	T.1.e	YL 15 + AT MW 50 + C [≥ 150] (forjado de m > 350 kg/m2)	7
Elemento f3 (Pared)	P.4.2 YL 2x12,5 + AT MW 48 + YL 2x12,5	44,0	52,0	13,52	2,6	R.0.0	Sin Revestimiento	0
Elemento f4 (Pared)	P.4.2 YL 2x12,5 + AT MW 48 + YL 2x12,5	44,0	52,0	13,52	2,6	R.0.0	Sin Revestimiento	0

**Uniones de los Elementos Constructivos**

REF	Tipo de unión	K <sub>Ff</sub>	K <sub>Fd</sub>	K <sub>Df</sub>	Vista en sección	Vista en planta
Arista 1 (Unión Fachada-Suelo)	T 0.3 Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	7,0	13,8	7,0		
Arista 2 (Unión Fachada-Techo)	T 0.3 Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	7,0	13,8	7,0		
Arista 3 (Unión Fachada-Pared)	T 0.26 Unión en T de elemento de entramado autoportante y elemento homogéneo (orientación 2)	16,5	-3,6	16,5		
Arista 4 (Unión Fachada-Pared)	T 0.26 Unión en T de elemento de entramado autoportante y elemento homogéneo (orientación 2)	16,5	-3,6	16,5		