

EJECUCIÓN DE EDIFICIO RESIDENCIAL MEDIANTE TABIQUERÍA SECA, VENTAJAS PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y LOS PROCESOS DE EJECUCIÓN

S. Aznar Pardo, A. Bosque Giménez

KRIPIO S.L., Huesca, España

RESUMEN

En estos momentos en los que se ha ido evolucionando en la exigencia en la eficiencia energética de los edificios residenciales, con los diferentes avances en el Código Técnico de la Edificación, se hace cada vez más relevante poder disponer de sistemas que se puedan utilizar en la construcción de edificios que permitan alcanzar los mejores valores de eficiencia sin condicionar los espacios o los espesores de los distintos elementos en los que deben instalarse.

En este sentido, y para la realización de un edificio residencial que se está terminando en estos momentos, se estuvo trabajando ya desde la fase de diseño en la utilización de sistemas que permitieran aunar las necesidades y objetivos en materia de eficiencia energética, mejorando los valores de sistemas tradicionales, y que a su vez significara también un avance en el tipo de sistemas de ejecución de cerramientos y divisiones que hasta ese momento se estaban utilizando en las promociones residenciales, vinculadas preferentemente a la necesidad de mano de obra de albañilería, que a su vez es cada vez más escasa y con menor cualificación.

Por ello, se trabajó en la definición de las distintas secciones y configuraciones de las divisiones y cerramientos a partir del uso de tabiquería seca. Tanto para exterior como para interior, lo que permitió alcanzar valores de aislamiento mayores que con sistemas más habituales y basados en cerramientos de fábrica de ladrillo o similares, mejorando a su vez el funcionamiento del aislamiento general, por permitir disponer de mayores espesores de aislamiento en menor espesor de cerramiento, y a su vez permitir trabajar sobre la resolución de los puentes térmicos en los distintos puntos de la estructura.

Igualmente, se vio que esta opción permitía a su vez trabajar con materiales recuperables, y reducir al máximo el uso de materiales tradicionales y la dependencia del uso de morteros en la ejecución de fábricas y cerramientos.

Esta experiencia evidentemente no es una primicia, y se habrá utilizado en otros edificios, y desde luego está su uso extendido en otras latitudes, pero consideramos interesante poder exponer en una breve presentación que necesidades llevaron a plantear la utilización de este sistema, las mejoras comparadas que aporta respecto a otros sistemas que se usan en la edificación residencial, y poder aportar nuestra experiencia y datos comparados que consideramos pueden ser de interés.

La conclusión principal que para nosotros ha tenido todo este proceso ha sido que hemos dado un paso que permite evolucionar respecto a los sistemas más tradicionales, que mejora procesos constructivos

acercándonos a lo que podría considerarse un proceso más industrializado, que aporta una mejora clara y evidente en materia de eficiencia sin condicionar otras funciones que pueden considerarse relevantes como el espacio disponible o los elementos de diseño del edificio.

PALABRAS CLAVE: eficiencia energética, aislamiento, construcción, industrialización, tabiquería seca.

1. INTRODUCCIÓN

La finalización de una promoción de viviendas, “Edificio Internacional”, en la que para la fachada se utilizó como hoja principal del cerramiento exterior una fábrica tradicional de ladrillo perforado de hormigón, sobre la que luego se fijó el sistema de fachada ventilada al exterior, acabada con placas de fibrocemento, y con hoja interior mediante trasdosado de tabiquería seca de placas de yeso laminado, **y la problemática que la ejecución de esa hoja exterior de ladrillo había generado**, sobre todo a nivel de la disponibilidad de personal, y los rendimientos obtenidos en la ejecución de la fábrica, llevaron a **establecer una fase de estudio de posibles cambios de la configuración de la fachada de cara a la realización de la siguiente promoción “Edificio Mirador”**.



Figura 1. Imágenes de los edificios. “Edificio Internacional” (a), y visualización 3D previa de “Edificio Mirador” (b).

Por ello, estando definida la configuración de la nueva promoción, y realizado a nivel de Proyecto Básico, e **iniciándose la fase de estudio y planificación de la misma para la definición completa del proyecto**, se estableció junto con la propiedad y el equipo redactor del proyecto en el análisis de nuevas posibilidades que el mercado podía ofrecer para **modificar el sistema de ejecución de la hoja de cerramiento base de la fachada** mediante fábrica de ladrillo perforado, **estableciéndose varios parámetros que era necesario considerar:**

- El sistema **no** debía tener **dependencia** de trabajos ordinarios de **albañilería**.
- Debía **poder mantenerse el sistema de revestimiento mediante placas de fibrocemento** que se había utilizado en la última promoción, y que implicaba sistemas de fijación mediante subestructura de perfilera. Es decir, el punto de partida, por la configuración arquitectónica del edificio, era mantener la fachada ventilada ya utilizada previamente.
- El sistema que se eligiera **debía permitir cierta versatilidad con respecto a los acabados**, puesto que había varios elementos singulares en el edificio (miradores volados), así como zonas de revestimiento mediante morteros en fachadas interiores y en paramentos de terrazas.

- Debía poder mantenerse los **criterios de nivel de eficiencia** energética ya establecidos por el promotor en sus proyectos, y acordes a la normativa vigente, **sin que se viera condicionado el diseño de fachadas y huecos del edificio.**

Para realizar este análisis y evaluación **no se partió de estudios o de referencias previas**, si no que se hizo tras la **exploración de distintos sistemas constructivos, de su información técnica y a partir del análisis de varios de los sistemas de fachada**, pero descartando de entrada sistemas de módulos industrializados de fachada existentes en el mercado. Uno de los factores que se contemplaba era la exploración de soluciones técnicas que permitieran trabajar con proveedores conocidos y de los que se tenía contrastada la solvencia técnica.

Con estas premisas **se estableció la simulación de análisis de varios sistemas**, desde el tradicional (albañilería), pasando por varios sistemas mixtos, hasta el análisis del sistema de ejecución de fachada mediante la utilización de sistemas de fachada ligera con tabiquería seca.

Este trabajo, recoge esos análisis realizados, los ordena, y los presenta porque consideramos que es relevante poder **poner en valor el contraste de los datos obtenidos durante la fase de estudio, y que inciden en la importancia de un buen análisis previo de cara a la toma de decisiones que pueden condicionar toda una promoción.**

El objetivo final de este trabajo es el de **mostrar la información recabada**, que contrasta el análisis de los distintos sistemas evaluados, así como **complementar esa información de estudio previo**, para que pueda ser presentada y puesta en común junto con datos recabados durante la puesta en práctica, como la **comparación de rendimientos reales obtenidos, o un análisis de la repercusión en cuanto a transporte.**

Como señalamos en la introducción, sabemos que no se trata de la presentación de un sistema desconocido, o de explicar un sistema no puesto en práctica, pero **sí que consideramos que puede ser relevante la exposición de los datos comparados entre distintos sistemas y formatos** más tradicionales, frente al sistema finalmente elegido para la ejecución del nuevo edificio, construido entre principios de 2023 y finales de 2025.

1.1. Descripción del edificio

La promoción que fue objeto del análisis que presentamos, está formada por un conjunto de tres edificios, repartidos en un total de cinco escaleras y que suman un total de 60 viviendas.



Figura 2. Imagen 3D previa, de “Edificio Mirador”, fachada principal, norte.

El edificio se divide en planta sótano, que ocupa la totalidad de la manzana, y en la que se ubican la mayor parte de las plazas de aparcamiento; planta baja, con portales para los edificios, locales, y garajes, complementarios a los de planta sótano; y cinco plantas alzadas, donde se encuentran las viviendas.

La planta de cubierta del edificio está destinada a la disposición de los equipos de aerotermia individual de las distintas viviendas.

Las viviendas cuentan con sistema de climatización individual por aerotermia, suelo radiante para calefacción y fancoil para refrigeración en verano.

Se ha instalado sistema de ventilación individualizado con recuperador de calor.

La ejecución de la promoción se ha combinado y compaginado con la ejecución general de la Urbanización.

2. DESARROLLO/METODOLOGÍA

Para realizar el estudio partimos de la **identificación de los parámetros principales que tenemos que cumplir en materia de eficiencia energética** en un cerramiento a realizar en la ciudad de Huesca, lugar de la promoción del edificio.

Para ello tenemos en cuenta lo establecido en el Código Técnico de la Edificación, Documento Básico de Ahorro de la Energía, que en su Anejo B establece las zonas climáticas en función de la altitud y de la provincia.

Anejo B Zonas climáticas

1 Zonas climáticas

- 1 La tabla a-Anejo B permite obtener la *zona climática* (Z.C.) de un emplazamiento en función de su provincia y su altitud respecto al nivel del mar (h):

Tabla a-Anejo B. Zonas climáticas

Provincia	Altitud sobre el nivel del mar (h)																							
	≤ 50 m	51 m	101 m	111 m	201 m	251 m	301 m	351 m	401 m	451 m	501 m	551 m	601 m	651 m	701 m	751 m	801 m	851 m	901 m	951 m	1001 m	1051 m	1251 m	1301 m
Albacete	C3									D3						E1								
Alicante/Alacant	B4				C3					D3														
Almería	A4		B4		B3			C3						D3										
Araba/Álava	D1										E1													
Asturias	C1	D1								E1														
Ávila	D2								D1						E1									
Badajoz	C4							C3		D3														
Balears, Illes	B3				D2					D1						E1								
Barcelona	C2				D2					D1						E1								
Bizkaia	C1				D1					D1						E1								
Burgos	D1								E1															
Cáceres	C4								D3						E1									
Cádiz	A3		B3			C3						C2		D2										
Cantabria	C1				D1					E1														
Castellón/Castelló	B3		C3			D3		D2						E1										
Ceuta	B3								D3															
Ciudad Real	C4				C3					D3														
Córdoba	B4		C4			D3																		
Coruña, A	C1				D1					E1														
Cuenca	D3								D2		E1													
Gipuzkoa	D1								E1															
Girona	C2		D2			E1																		
Granada	A4	B4			C4		C3			D3		E1												
Guadalajara	D3								D2		E1													
Huelva	A4	B4	B3		C3						D3													
Huesca	C3				D3			D2		E1														
Jaén	B4				C4					D3						E1								

Figura 3. Extracto tabla a del DB-HE, Anejo B, Código Técnico de la Edificación.

De acuerdo a lo establecido en la Tabla, Huesca se encuentra en **Zona Climática D2**.

3.1.1 Transmitancia de la *envolvente térmica*

- 1 La *transmitancia térmica* (U) de cada elemento perteneciente a la *envolvente térmica* no superará el valor límite (U_{lim}) de la tabla 3.1.1.a-HE1:

Tabla 3.1.1.a - HE1 Valores límite de *transmitancia térmica*, U_{lim} [W/m^2K]

Elemento	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior (U_s, U_M)	0,80	0,70	0,56	0,49	0,41	0,37
Cubiertas en contacto con el aire exterior (U_c)	0,55	0,50	0,44	0,40	0,35	0,33

Figura 4. Extracto tabla 3.1.1.a del DB-HE-1, Código Técnico de la Edificación

De acuerdo a lo establecido en la Tabla, el **valor límite de la transmitancia es $0,41 W/m^2 \cdot K$** .

Para la realización del estudio se utilizó el siguiente procedimiento:

- **Definición de los distintos sistemas** de ejecución de fachada que se querían estudiar. Para ello se establecieron los croquis a partir de los cuales se elaboraron las secciones constructivas tipo para el edificio en estudio. Se partió de sistemas ya ejecutados, como la sección de fachada realizada en la última promoción ejecutada por el promotor, o secciones de corte más tradicional, puestos en práctica en otras promociones realizadas en otras construcciones en las fechas en las que se estaba iniciando el estudio. Se descartaron varias opciones de sistemas prefabricados para fachadas, o con partes industrializadas, puesto que condicionaban un diseño y configuración de los edificios que se quería mantener para la promoción, así como tener que trabajar con proveedores no contrastados en otras obras de la propiedad. Y se seleccionó como **sistema a someter a estudio y evaluar**, la realización de la **fachada ligera con sistemas de tabiquería seca**.
- **Definición de los espesores de aislamiento y las características de los mismos**, para realizar la evaluación de cada uno de los sistemas. Para ello, en sistemas de los que podemos considerar más tradicionales, se fijaron espesores tipo de aislamiento de acuerdo a actuaciones previas ya puestas en práctica y que, por lo tanto, se conocía que podían cumplir con los valores objetivo que se pretendían conseguir con el conjunto global del edificio.
- Realización del **cálculo de los valores de transmitancia para cada uno de los sistemas**. Haciendo este análisis en el punto de sección tipo, sin considerar en este punto el global del edificio.
- Estableciendo los **puntos críticos de cada sistema** en lo que respecta a la **resolución de los puentes térmicos del edificio**, en los puntos principales donde estos se producen:
 - Encuentro de fachada con forjado.
 - Encuentro de la fachada con pilares.
 - Encuentro de la fachada con huecos de la carpintería.

Para la realización de los **cálculos simples de transmitancia** de las distintas secciones a estudio se utilizó el **programa simplificado de cálculo de eficiencia energética CEXv2.3**.

Para la realización de los **valores comparados generales del edificio**, se utilizó un programa de reconocido prestigio con su aplicación térmica, para cálculo de ahorro de energía.

Además, y de cara a establecer posibles condicionantes en la elección del sistema, **se evaluó también el cumplimiento ante el DB-HR de los sistemas**, así como **posibles rendimientos en la ejecución e implicaciones en la planificación de los trabajos**, así como **los distintos condicionantes que el sistema podía tener en el proceso de ejecución de la obra**.

2.1. Definición de los distintos sistemas de configuración de fachada sometidos a estudio

Se sometieron a estudio 4 opciones de sistemas de fachada:

- **Sistema de fachada “tradicional”.**
Con hoja exterior e interior mediante fábricas de ladrillo, y aislamiento entre ambas hojas.
- **Sistema de fachada “mixta”.**
Con hoja exterior mediante fábrica de ladrillo, y con hoja interior de tabiquería seca. Y aislamiento entre ambas hojas.
- **Sistema de fachada “tradicional+ SATE”.**
Con hoja principal mediante fábrica de ladrillo, trasdosado interior mediante tabiquería seca, aislamiento en el trasdosado, y aislamiento por el exterior.
- **Sistema de fachada ligera mediante “tabiquería seca”.**
Sistema formado por elementos de tabiquería seca, tanto al exterior como al interior, y con aislamiento de manera completa entre ambas caras del sándwich formado por el cerramiento.

2.1.1. Sistema Fachada Tradicional

Este sistema corresponde a la composición de fachada mediante dos hojas de ladrillo, siendo la exterior de un formato perforado, de hormigón, de ½ pie, con revestimiento de mortero exterior e interior, doble capa de aislamiento térmico de fibra de vidrio de 65 mm de espesor, y hoja interior de ladrillo doble hueco revestido interiormente con enlucido de yeso.

Se indica a continuación la leyenda de la sección:

- 1- Revestimiento yeso 15 mm
- 2- Ladrillo machetón 50x20x7 cm
- 3- Aislamiento térmico de fibra de vidrio 65 mm
- 4- Aislamiento térmico de fibra de vidrio 65 mm
- 5- Mortero sobre ladrillo
- 6- Ladrillo perforado 1/2 pie
- 7- Revestimiento exterior 15 mm (mortero monocapa o similar)
- 8- Jamba de chapa de aluminio
- 9- Poliestireno expandido (EPS) pegado al soporte y como base para jambeado
- 10- Carpintería con guía 120 mm
- 11- Lamina multicapa reflexiva, para rotura puente térmico
- 12- Rasilla
- 13- Aislamiento

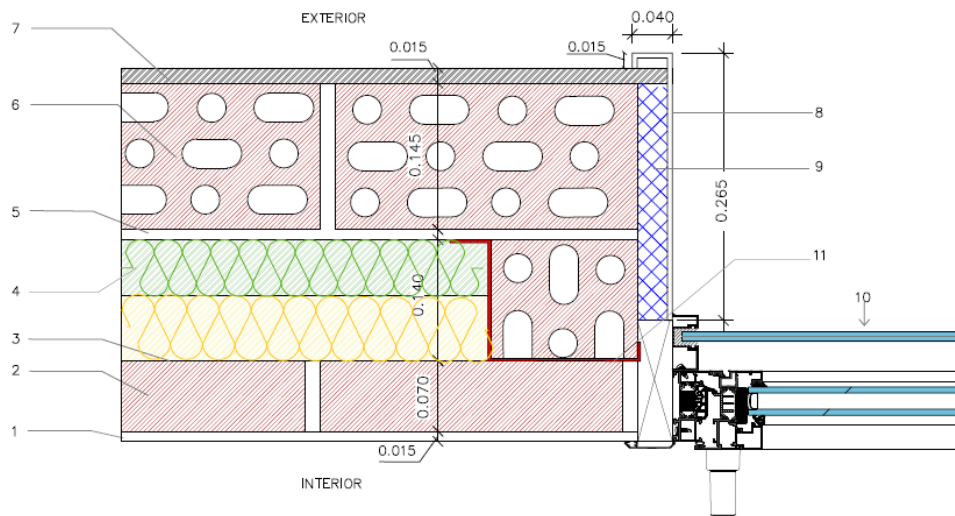


Figura 5. Sección constructiva, corte horizontal, de la propuesta de fachada tradicional a estudio.

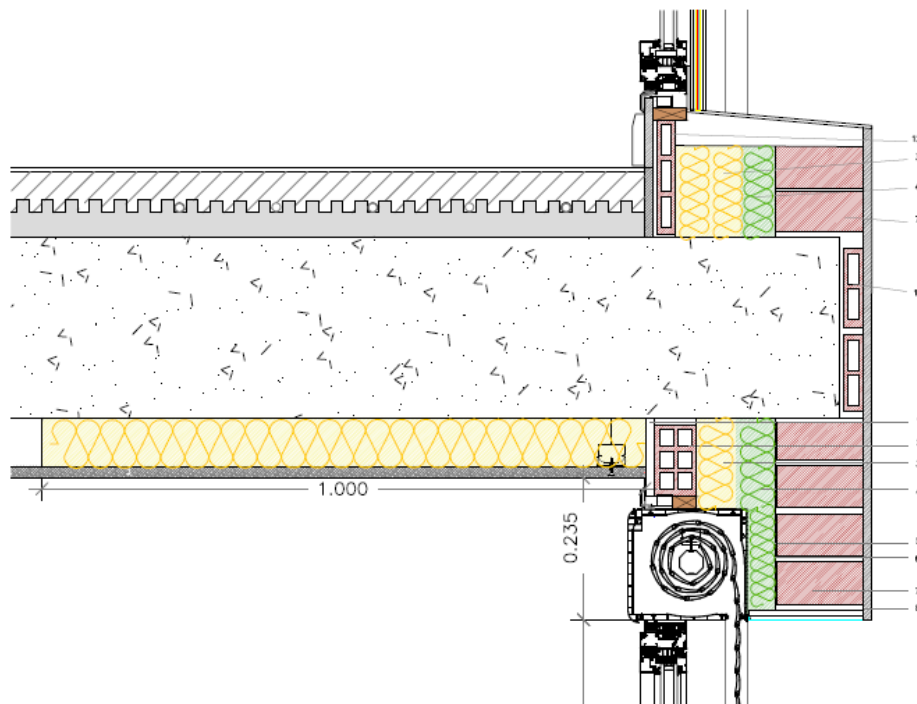


Figura 6. Sección constructiva, corte vertical, de la propuesta de fachada tradicional a estudio.

2.1.2. Sistema Fachada Mixta

Este sistema corresponde a la composición de fachada mediante hoja exterior de ladrillo perforado, de hormigón, de $\frac{1}{2}$ pie con revestimiento de mortero exterior, una capa de aislamiento térmico de lana mineral de 50 mm, mientras que la hoja interior se planteaba mediante un trasdós de tabiquería seca, formado por perfilaría metálica de 70 mm, donde interiormente se definía un aislamiento térmico de fibra de vidrio de 65 mm de espesor, para cerrar con la placa de cartón-yeso.

2.1.3. Sistema Fachada Tradicional + SATE

Este sistema corresponde a la composición de fachada mediante la formación de la hoja exterior de ladrillo perforado, de hormigón, de ½ pie con revestimiento de mortero exterior.

Complementado con sistema de aislamiento térmico exterior, con una capa de aislamiento de lana mineral de 50 mm y acabado con revestimiento de mortero.

Y la hoja interior se planteaba mediante un trasdós de tabiquería seca.

Formado por perfilería metálica de 70 mm, donde interiormente se definía un aislamiento térmico de fibra de vidrio de 65 mm, para cerrar con la placa de cartón-yeso.

Se indica a continuación la leyenda de las secciones que se representan a continuación:

- 1- Placa yeso laminado 15 mm
- 2- Aislamiento térmico de fibra de vidrio 65 mm
- 3- Ladrillo perforado, tipo gero, 1/2 pie
- 4- Mortero sobre ladrillo
- 5- Sistema SATE, aislamiento térmico de lana mineral 50 mm
- 6- Placa yeso laminado 12 mm
- 7- Jamba de chapa de aluminio
- 8- Poliestireno expandido (EPS) pegado al soporte y como base para jamba
- 9- Carpintería con guía 120 mm
- 10- Rasilla

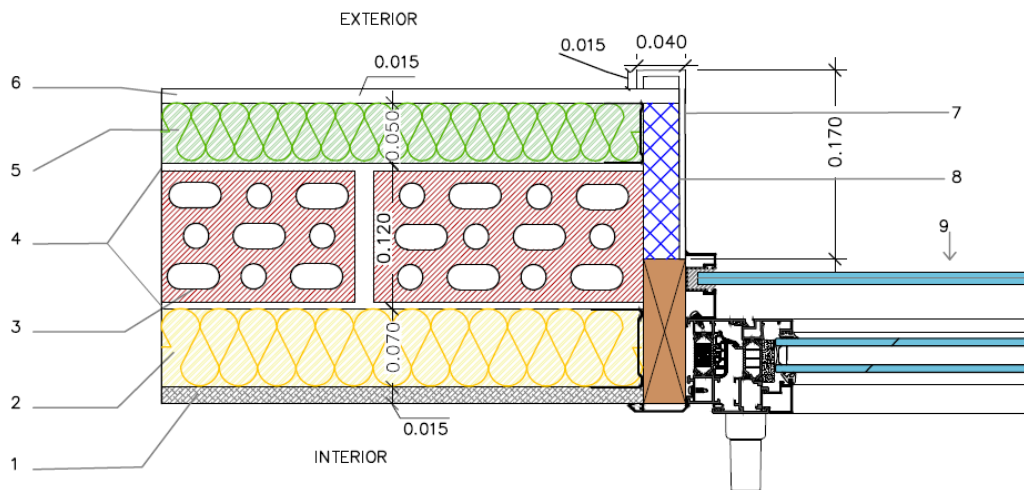


Figura 9. Sección constructiva, corte horizontal, de la propuesta de fachada tradicional + SATE a estudio.

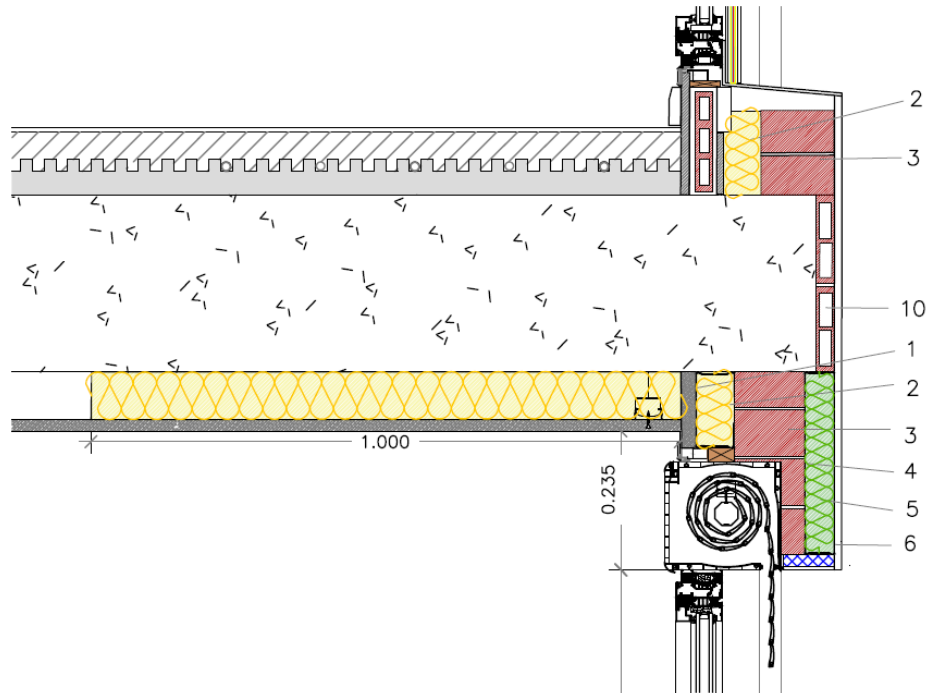


Figura 10. Sección constructiva, corte vertical, de la propuesta de fachada tradicional + SATE a estudio.

2.1.4. Sistema de fachada de tabiquería seca.

Por último, se estudia el sistema mediante fachada ligera, mediante sistemas de tabiquería seca.

Corresponde a la composición de fachada mediante dos hojas ligeras, siendo la formación de la hoja exterior mediante perfilaría de 100 mm con aislamiento interior de lana mineral de 100 mm, placa de cartón-yeso para exterior de 13 mm y revestimiento exterior de mortero.

Mientras que la hoja interior está formada por un trasdós con perfilaría de 70 mm y en su interior un aislamiento térmico de fibra de vidrio de 65 mm y cierre de doble placa de cartón-yeso de 15 mm de espesor.

Se indica a continuación la leyenda de las secciones que se representan a continuación:

- 1- Placa yeso laminado 2x15 mm
- 2- Aislamiento térmico de fibra de vidrio 65 mm. Perfilaría 70 mm
- 3- Aislamiento de lana mineral 90 mm. Perfilaría 100 mm
- 4- Placa apta para exterior 13 mm
- 5- Cámara de aire 120 mm
- 6- Placa fibrocemento
- 7- Jamba de chapa de aluminio
- 8- Poliuretano expandido (EPS) pegado al soporte y como base para jamba
- 9- Carpintería con guía 120 mm

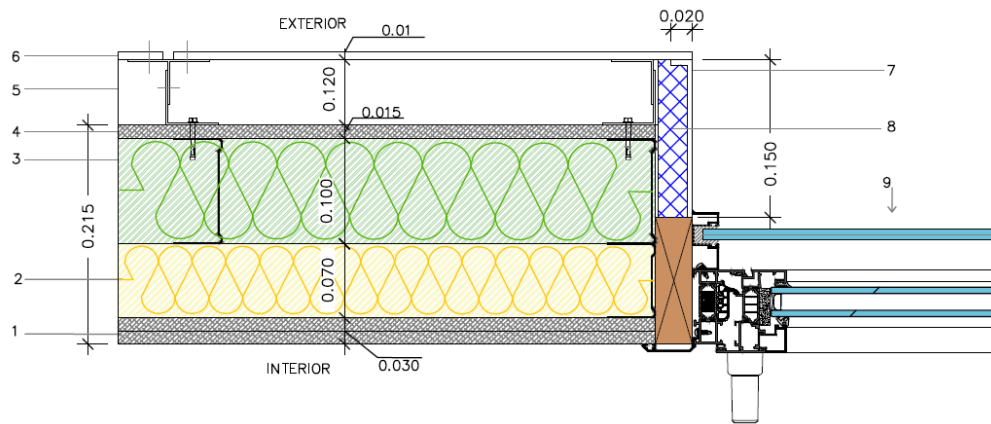


Figura 11. Sección constructiva, corte horizontal, de la propuesta de fachada ligera, tabiquería seca, a estudio.

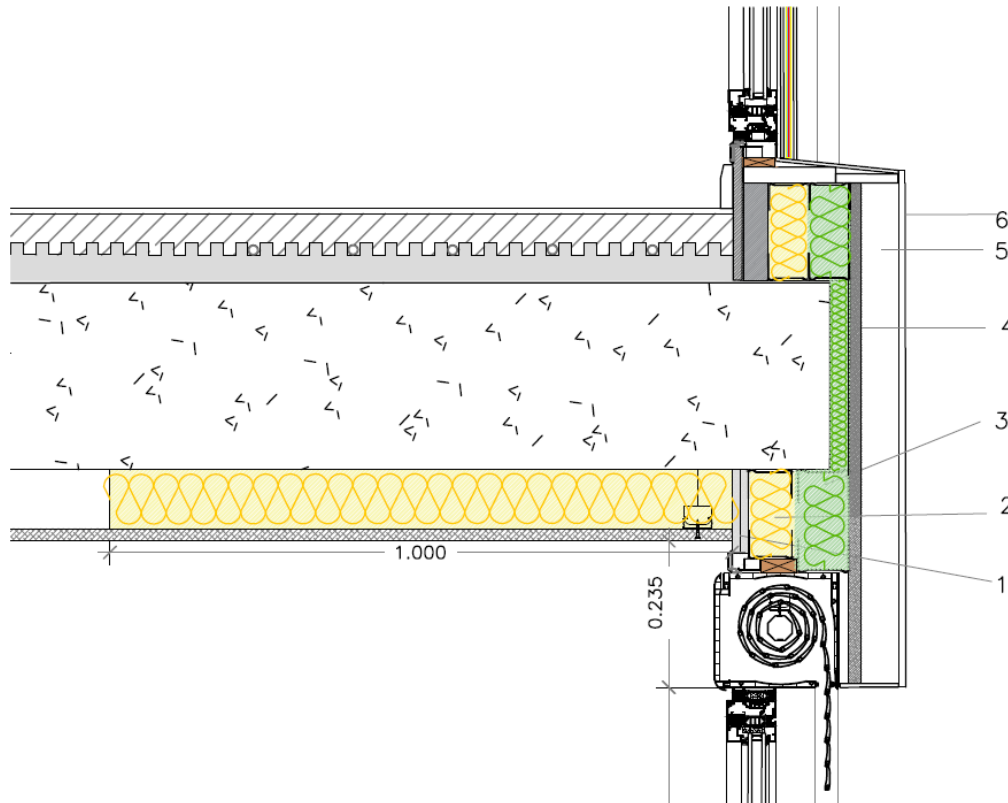


Figura 12. Sección constructiva, corte vertical, de la propuesta de fachada ligera, tabiquería seca, a estudio.

2.2. Cálculo de los valores de transmitancia de los sistemas

Para el cálculo de los **valores de transmitancia** de los distintos cerramientos se utilizó la **aplicación CEXv2.3**, introduciendo los valores y la configuración de elementos de cada uno de los sistemas.

2.2.1. Sistema de fachada tradicional

Nombre:

Características del cerramiento

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

Material	Grupo	R (m2 K...)	Espesor...	λ (W/mK)	ρ (kg/m3)	Cp (J/kgK)
REVOCO	Morteros	0.002	0.0015	0.67	1400	800
1/2 pie LP métrico o c...	Fábricas de ladrillo	0.225	0.115	0.512	900	1000
REVOCO	Morteros	0.002	0.0015	0.67	1400	800
FIBRA DE VIDRIO 0032	Aislantes	2.031	0.065	0.032	20	800
FIBRA DE VIDRIO 0032	Aislantes	2.031	0.065	0.032	20	800
Tabicón de LH doble ...	Fábricas de ladrillo	0.162	0.07	0.432	930	1000
Yeso, dureza media 6...	Yesos	0.005	0.0015	0.3	750	1000

$R1 + \dots + Rn$
4.46 m2K/W

Figura 13. Cálculo del valor de Resistencia Térmica del cerramiento.

Parámetros característicos del cerramiento

Propiedades térmicas: Conocidas W/m2K

Transmitancia térmica: W/m2K

Masa/m2: kg/m2

Librería cerramientos:

Figura 14. Cálculo del valor de Transmitancia del cerramiento.

El valor de transmitancia térmica del sistema es de **0,22 W/m²·K**

2.2.2. Sistema de fachada mixta

Nombre:

Características del cerramiento

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

Material	Grupo	R (m2 K...)	Espesor...	λ (W/mK)	ρ (kg/m3)	Cp (J/kgK)
REVOCO	Morteros	0.002	0.0015	0.67	1400	800
1/2 pie LP métrico o c...	Fábricas de ladrillo	0.225	0.115	0.512	900	1000
REVOCO	Morteros	0.002	0.0015	0.67	1400	800
MW LANA MINERAL 0...	Aislantes	1.471	0.05	0.034	20	800
FIBRA DE VIDRIO 0032	Aislantes	2.031	0.065	0.032	20	800
PLACA YESO LAMINA...	Yesos	0.06	0.015	0.25	966.67	1000

$R1 + \dots + Rn$
3.79 m2K/W

Figura 15. Cálculo del valor de Resistencia Térmica del cerramiento.

Parámetros característicos del cerramiento

Propiedades térmicas Transmitancia térmica W/m2K

Transmitancia térmica W/m2K Masa/m2 kg/m2


Librería cerramientos 

Figura 16. Cálculo del valor de Transmitancia del cerramiento.

El valor de transmitancia térmica del sistema es de **0,25 W/m²·K**

2.2.3. Sistema de fachada tradicional + SATE

Este sistema corresponde a la composición de fachada mediante la formación de la hoja exterior de ladrillo perforado, de hormigón, de ½ pie con revestimiento de mortero exterior.

Complementado con sistema de aislamiento térmico exterior, con una capa de aislamiento de lana mineral de 50 mm y acabado con revestimiento de mortero.

Y la hoja interior se planteaba mediante un trasdós de tabiquería seca.


Formado por perfilería metálica de 70 mm, donde interiormente se definía un aislamiento térmico de fibra de vidrio de 65 mm, o similar, para cerrar con la placa de cartón-yeso.

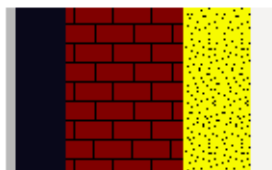
Nombre

Características del cerramiento

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

Material	Grupo	R (m2 K...)	Espesor...	λ (W/mK)	ρ (kg/m3)	Cp (J/kg)
MORTERO ACABADO ...	Morteros	0.002	0.002	1.3	1250	800
MORTERO BASE GRIS	Morteros	0.011	0.005	0.44	1400	800
MORTERO BASE BLA...	Morteros	0.011	0.005	0.44	1400	800
SATE DE LANA MINER...	Aislantes	1.429	0.05	0.035	20	800
REVOCO	Morteros	0.002	0.0015	0.67	1400	800
1/2 pie LP métrico o c...	Fábricas de ladrillo	0.225	0.115	0.512	900	1000
REVOCO	Morteros	0.002	0.0015	0.67	1400	800
FIBRA DE VIDRIO 0032	Aislantes	2.031	0.065	0.032	20	800
PLACA YESO LAMINA...	Yesos	0.06	0.015	0.25	966.67	1000



$R_1 + \dots + R_n$
3.77 m2K/W

Figura 17. Cálculo del valor de Resistencia Térmica del cerramiento.

Parámetros característicos del cerramiento

Propiedades térmicas Conocidas Transmitancia térmica 0.25 W/m2K

Transmitancia térmica W/m2K Masa/m2 kg/m2

Librería cerramientos TRADICIONAL + SATE

Figura 18. Cálculo del valor de Transmitancia del cerramiento.

El valor de transmitancia térmica del sistema es de **0,25 W/m²·K**

2.2.4. Sistema de fachada Tabiquería Seca

Por último, se estudia el sistema mediante fachada ligera, mediante sistemas de tabiquería seca.

Nombre SISTEMA TABIQUERÍA SECA

Características del cerramiento

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

Material	Grupo	R (m2 K...)	Espesor...	λ (W/mK)	ρ (kg/m3)	Cp (J/kgK)
Mortero de cemento ...	Morteros	0.014	0.01	0.7	1350	1000
Cámara de aire ligera...	Cámaras de aire	0.095	-	-	-	-
PLACA YESO ALTA D...	Yesos	0.067	0.0125	0.1865	800	1000
MW LANA MINERAL ...	Aislantes	2.941	0.10	0.034	20	800
FIBRA DE VIDRIO 0032	Aislantes	2.188	0.07	0.032	20	800
PLACA YESO LAMINA...	Yesos	0.06	0.015	0.25	966.67	1000
PLACA YESO LAMINA...	Yesos	0.06	0.015	0.25	966.67	1000

R1+...+Rn
5.42 m2K/W

Figura 19. Cálculo del valor de Resistencia Térmica del cerramiento.

Parámetros característicos del cerramiento

Propiedades térmicas Conocidas Transmitancia térmica 0.18 W/m2K

Transmitancia térmica W/m2K Masa/m2 kg/m2

Librería cerramientos SISTEMA TABIQUERÍA SECA

Figura 20. Cálculo del valor de Resistencia Térmica del cerramiento.

El valor de transmitancia térmica del sistema es de **0,18 W/m²·K**

2.3. Cálculo de los valores de protección frente al ruido de los sistemas

Para el cálculo de los **valores de protección frente al ruido** de los distintos cerramientos se utilizaron los valores obtenidos en comprobaciones y cálculos obtenidos para los proyectos en los que ya se habían utilizado los sistemas, comprobando igualmente los valores declarados de acuerdo a documentos reconocidos.

En este caso, establecemos la comparación simplificada entre dos de los sistemas, como base para el estudio y para ver la posible variación entre ellos:

- **Sistema de fachada “tradicional”.**
Valor HR de la sección de fachada:
- **Sistema de fachada “mixta”.**
Valor HR de la sección de fachada:
- **Sistema de fachada “tradicional+ SATE”.**
Valor HR de la sección de fachada:
- **Sistema de fachada ligera mediante “tabiquería seca”.**
Valor HR de la sección de fachada:

2.4. Rendimientos y condicionantes de los distintos sistemas

En la fase de estudio se realizó un **análisis de los rendimientos de cada uno de los sistemas**, así como de los **condicionantes que cada uno de ellos implicaba de cara a la planificación como en el proceso de ejecución de la obra**.

Respecto de los rendimientos, se partió de los datos reales para los sistemas de fachada más tradicionales o los sistemas mixtos, de acuerdo a la experiencia de la que ya disponíamos sobre los mismos.

Respecto de los rendimientos para el nuevo sistema de fachada a estudio comparado, se partió de un planteamiento conservador, tras el análisis de previsiones de acuerdo a la información facilitada por fabricantes y por instaladores de los que se recabó información.

Como en estos momentos disponemos ya de los datos reales de **rendimientos, para este estudio se ha utilizado la información disponible en base a la ejecución de las obras de esta promoción de viviendas**.

Para el **análisis de los rendimientos comparados entre cada sistema, se ha cogido como referencia la realización de un tramo de fachada de 100 m²**, estableciendo las jornadas a aplicar en cada caso y para cada trabajo.

En este apartado recogemos algunos de los puntos principales tenidos en cuenta de cada sistema en la fase de análisis:

- **Sistema de fachada “tradicional”.**
Para la ejecución se tiene en cuenta que se debe realizar por fases:
 - Interviene un gremio para la ejecución de la hoja exterior de cerramiento, incluyéndose la instalación de cabeceros en los huecos y de los premarcos.

Cuadrilla formada por dos oficiales y un peón.

3 jornadas para 100 m².

- Interviene un nuevo gremio para la realización del enfoscado de mortero de cemento. Trabajo que puede realizar una cuadrilla formada por dos operarios, 1 oficial y 1 peón, o dos oficiales.

1 jornada para 100 m².

- Interviene un nuevo gremio para la realización de la instalación del aislamiento. Trabajo que puede realizar una cuadrilla formada por dos operarios, 1 oficial y 1 peón, o dos oficiales.

1 jornada para 100 m².

- Interviene un nuevo gremio para la realización de la hoja interior del cerramiento, mediante ladrillo cerámico de doble hueco.

Cuadrilla formada por dos oficiales y un peón.

1,5 jornadas para 100 m².

- Interviene un nuevo gremio para la realización de las rozas de las instalaciones, o bien se pueden realizar las mismas colocadas en la parte de la cámara, antes de la realización de la hoja de ladrillo.

Cuadrilla formada por dos operarios.

0,75 jornadas para la realización de 100 m².

- Interviene un nuevo gremio para la realización del tendido de las instalaciones, que puede variar a varios gremios en función de si se trata solo de instalaciones eléctricas y de telecomunicaciones o también hay instalaciones de fontanería y saneamiento en la parte de la fachada en ejecución.

Cuadrilla formada por dos operarios.

1 jornada para la realización de 100 m².

- E interviene finalmente el gremio que realiza el revestimiento de guarnecido y enlucido de yeso por el interior.

Cuadrilla formada por dos operarios.

1 jornada para la realización de 100 m².

- Se debe tener en cuenta la realización del revestimiento por la cara exterior del cerramiento.

Cuadrilla formada por tres operarios, dos oficiales y un peón.

No se aplica rendimientos, pues el revestimiento es elemento común a los distintos sistemas.

No tenemos en cuenta la parte de la carpintería, acristalamiento y remates de huecos, puesto que es un elemento común a todos los sistemas en análisis.

La ejecución, una vez comienza cada una de las fases, se puede ir solapando teniendo en cuenta en la planificación el rendimiento de cada una de las actuaciones, que permita ir avanzando la obra, sin que se produzcan puntos de rotura de continuidad entre los trabajos.

Pero implica la coordinación de suministro de diversos materiales para diversos gremios, así como la adecuada planificación de cada uno de estos gremios para evitar posibles discontinuidades.

Y de acuerdo a los rendimientos contemplados, **tenemos que para la realización de 100 m² de fachada tradicional son necesarias:**

- 15 jornadas de oficial, de distinta categoría.
- 8 jornadas de peón.

- **Sistema de fachada “mixta”.**

Para la ejecución se tiene en cuenta que se debe realizar por fases:

- Interviene un gremio para la ejecución de la hoja exterior de cerramiento, incluyéndose la instalación de cabeceros en los huecos y de los premarcos.
Cuadrilla formada por dos oficiales y un peón.
3 jornadas para 100 m².
- Interviene un nuevo gremio para la realización del enfoscado de mortero de cemento.
Trabajo que puede realizar una cuadrilla formada por dos operarios, 1 oficial y 1 peón, o dos oficiales.
1 jornada para 100 m².
- Interviene un nuevo gremio para la realización de la instalación del aislamiento y de la perfilera del sistema de trasdosado interior mediante placas de yeso laminado.
Cuadrilla formada por tres operarios, 2 oficiales y un peón.
1,5 jornadas para la realización de 100 m².
A esto hay que añadir 1,5 jornadas del oficial que realiza los trabajos de encintado y repaso de terminación del trasdosado.
- Interviene un nuevo gremio para la realización del tendido de las instalaciones por los cerramientos de fachada. Que puede variar a varios gremios en función de si se trata solo de instalaciones eléctricas y de telecomunicaciones o también hay instalaciones de fontanería y saneamiento en la parte de la fachada en ejecución.
Cuadrilla formada por dos operarios.
1 jornada para la realización de 100 m².
- Se realiza la instalación de las placas de yeso laminado sobre la perfilera, y la colocación de las cintas de junta y enlucido de juntas y terminación del trasdosado.
Rendimiento ya incluido y considerado en el apartado que se ha explicado la instalación de la perfilera.
- Se debe tener en cuenta la realización del revestimiento por la cara exterior del cerramiento.
Cuadrilla formada por tres operarios, dos oficiales y un peón.
No se aplica rendimientos, pues el revestimiento es elemento común a los distintos sistemas.

No tenemos en cuenta la parte de la carpintería, acristalamiento y remates de huecos, puesto que es un elemento común a todos los sistemas en análisis.

La ejecución, una vez comienza cada una de las fases, se puede ir solapando teniendo en cuenta en la planificación el rendimiento de cada una de las actuaciones, que permita ir avanzando la obra, sin que se produzcan puntos de rotura de continuidad entre los trabajos.

Pero implica la coordinación de suministro de diversos materiales para diversos gremios, así como la adecuada planificación de cada uno de estos gremios para evitar posibles discontinuidades.

Y de acuerdo a los rendimientos contemplados, **tenemos que para la realización de 100 m² de fachada mixta son necesarias:**

- 13,5 jornadas de oficial, de distinta categoría.
- 5,5 jornadas de peón.

- **Sistema de fachada “tradicional+ SATE”.**

Para la ejecución se tiene en cuenta que se debe realizar por fases:

- Interviene un gremio para la ejecución de la hoja exterior de cerramiento, incluyéndose la instalación de cabeceros en los huecos y de los premarcos.
Cuadrilla formada por dos oficiales y un peón.
3 jornadas para 100 m².
- Interviene un nuevo gremio para la realización del enfoscado de mortero de cemento.
Trabajo que puede realizar una cuadrilla formada por dos operarios, 1 oficial y 1 peón, o dos oficiales.
1 jornada para 100 m².
- Interviene un nuevo gremio para la realización de la instalación del aislamiento y de la perfilera del sistema de trasdosado interior mediante placas de yeso laminado.
Cuadrilla formada por tres operarios, 2 oficiales y un peón.
1,5 jornadas para la realización de 100 m².
A esto hay que añadir 1,5 jornadas del oficial que realiza los trabajos de encintado y repaso de terminación del trasdosado.
- Interviene un nuevo gremio para la realización del tendido de las instalaciones por los cerramientos de fachada. Que puede variar a varios gremios en función de si se trata solo de instalaciones eléctricas y de telecomunicaciones o también hay instalaciones de fontanería y saneamiento en la parte de la fachada en ejecución.
Cuadrilla formada por dos operarios.
1 jornada para la realización de 100 m²
- Se realiza la instalación de las placas de yeso laminado sobre la perfilera, y la colocación de las cintas de junta y enlucido de juntas y terminación del trasdosado.
Rendimiento ya incluido y considerado en el apartado que se ha explicado la instalación de la perfilera.
- Se debe tener en cuenta la realización del sistema SATE por el exterior del cerramiento, que engloba la instalación de aislamiento y del revestimiento de terminación.
Cuadrilla formada por tres operarios, dos oficiales y un peón.
No se aplica rendimientos, pues el revestimiento es elemento común a los distintos sistemas.

No tenemos en cuenta la parte de la carpintería, acristalamiento y remates de huecos, puesto que es un elemento común a todos los sistemas en análisis.

La ejecución, una vez comienza cada una de las fases, se puede ir solapando teniendo en cuenta en la planificación el rendimiento de cada una de las actuaciones, que permita ir avanzando la obra, sin que se produzcan puntos de rotura de continuidad entre los trabajos.

Pero implica la coordinación de suministro de diversos materiales para diversos gremios, así como la adecuada planificación de cada uno de estos gremios para evitar posibles discontinuidades.

Y de acuerdo a los rendimientos contemplados, **tenemos que para la realización de 100 m² de fachada tradicional+SATE son necesarias:**

- 13,5 jornadas de oficial, de distinta categoría.
- 5,5 jornadas de peón.

• **Sistema de fachada ligera mediante “tabiquería seca”.**

Para la ejecución se tiene en cuenta que se debe realizar por fases:

- Interviene un gremio, que ejecuta todo el paquete del cerramiento de fachada del edificio, realizando primero la instalación de la perfilería exterior y preparación de la hoja exterior del cerramiento, así como la preparación de la perfilería de la hoja interior. Incluyéndose la instalación de cabeceros en los huecos y de los premarcos.
Cuadrilla formada por cuatro operarios, 2 oficiales y dos peones.
3,5 jornadas para la realización de 100 m².
A esto hay que añadir 1,5 jornadas del oficial que realiza los trabajos de encintado y repaso de terminación del trasdosado interior.
Y 1 jornada de oficial para la realización de los trabajos de encintado y de repaso de terminación de la hoja exterior de la fachada ligera
- Interviene un nuevo gremio para la realización del tendido de las instalaciones por los cerramientos de fachada. Que puede variar a varios gremios en función de si se trata solo de instalaciones eléctricas y de telecomunicaciones o también hay instalaciones de fontanería y saneamiento en la parte de la fachada en ejecución.
Cuadrilla formada por dos operarios.
1 jornada para la realización de 100 m²
- Se realiza la instalación de las placas de yeso laminado sobre la perfilería, y la colocación de las cintas de junta y enlucido de juntas y terminación del trasdosado. Este trabajo lo realiza el mismo gremio que ha dejado ya preparada la hoja exterior y la perfilería.
- Interviene otro gremio para la realización del sistema de revestimiento exterior.
Cuadrilla formada por tres operarios, dos oficiales y un peón.
No se aplica rendimientos, pues el revestimiento es elemento común a los distintos sistemas

No tenemos en cuenta la parte de la carpintería, acristalamiento y remates de huecos, puesto que es un elemento común a todos los sistemas en análisis.

Y de acuerdo a los rendimientos contemplados, **tenemos que para la realización de 100 m² de fachada ligera de tabiquería seca son necesarias:**

- 11,5 jornadas de oficial, de distinta categoría.
- 7 jornadas de peón.

La ejecución, se simplifica en cuanto a la coordinación de los gremios que intervienen y a la planificación de los materiales.

Intervienen cuatro gremios principales en la ejecución de la fachada:

- Gremio 1. Para ejecución de las distintas capas del cerramiento.
- Gremio 2. Instalador de electricidad y de telecomunicaciones.
- Gremio 3. Instalador de fontanería y de saneamiento.
- Gremio 4. Instalador del revestimiento de fachada.

De entrada, se vio claramente que había un menor riesgo de rotura en la continuidad en la ejecución de los distintos trabajos, y un mejor control sobre los materiales a utilizar, pudiendo eliminar la dependencia de suministros complementarios como puede ser el mortero para trabajos de albañilería.

Se debía trabajar con otra previsión y concepto respecto a los sistemas más tradicionales o sistemas mixtos, puesto que se debía empezar a realizar trabajos de instalaciones en fases tempranas, aun cuando no se estuviera realizando la ejecución completa de las viviendas de esa planta.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tal y como hemos indicado en los apartados anteriores, se partía de una situación en la que se buscaba un sistema de ejecución de fachadas que permitiera reducir la dependencia de sistemas tradicionales de albañilería, y a la vez ,tal y como se ha indicado previamente, para la comparación de los resultados se ha utilizado un programa simplificado de cálculo de la eficiencia energética CEXv2.3, para establecer los valores tipo de la transmitancia entre los distintos tipos de cerramiento analizados.

De cara al otro análisis de valores, como es el caso de los rendimientos, se estableció un análisis en base a datos teóricos del nuevo sistema y a datos reales de los otros sistemas, eliminando de la comparación de rendimientos los trabajos de la realización de los revestimientos, puesto que se trata de sistemas que dependen del diseño del edificio y que serían comunes a cualquiera de las decisiones adoptadas.

3.1. En relación con los valores de transmitancia

Los valores de transmitancia de los cerramientos, de acuerdo a los cuatro sistemas en estudio, han arrojado un resultado claramente satisfactorio respecto al sistema de fachada ligera analizado, lo que permite, teniendo en cuenta el global del edificio, disponer de algo más de margen de diseño para ciertos elementos, como los huecos, así como obtener una ventaja en el cómputo global de la eficiencia del edificio.

El valor de transmitancia del sistema de **fachada ligera (0,18)** es un **28% mejor** que el valor de transmitancia del sistema de **fachada mixta o el sistema tradicional + SATE (0,25)**.

El valor de transmitancia del sistema de **fachada ligera (0,18)** es un **18,18% mejor** que el valor de transmitancia del sistema de **fachada tradicional (0,22)**.

3.2. En relación con el aislamiento acústico

A pesar de ser un sistema que tiene menos masa que otros de los sistemas analizados, **el valor de aislamiento acústico es plenamente satisfactorio**, cumpliendo con los parámetros requeridos.

Además, sobre el edificio en ejecución, sobre su primera fase, se han realizado ensayos reales de aislamiento acústico global del edificio, obteniendo resultados claramente mejorados respecto al mínimo establecido por la normativa.

3.3. En relación con los rendimientos

Sí bien de los valores no se traduce una diferencia significativa en cuanto a rendimientos en cuanto a los distintos sistemas, salvo en el caso del sistema tradicional (significativamente más tiempo) respecto del sistema de fachada ligera, el hecho de que para un tramo igual de ejecución los rendimientos a obtener fueran similares, incluso ligeramente mejores en el caso de la fachada ligera, significaba una gran ventaja para la ejecución de la obra, por cuanto que **la mayor parte de los jornales a aplicar en la ejecución se hacían utilizando el mismo tipo de sistemas y al mismo personal**, siendo necesario coordinar un único proveedor y una única cuadrilla, frente a los otros sistemas en los que intervienen varios proveedores y es necesario coordinar a mucho más personal aun cuando el cómputo general de jornales no difiera significativamente.

3.4. Valores comparados de los distintos sistemas

Para una mayor claridad del análisis y del estudio que se realizó, se ha elaborado una tabla final comparada, en la que se representan los valores, de manera resumida, con espesores de aislamiento de cada uno de los sistemas, así como los espesores totales del cerramiento en cada caso.

Y cuanto sería el espesor total en cada caso para que el valor de transmitancia de todos los sistemas fuera similar.

Teniendo en cuenta estos valores, tenemos que:

- Para el sistema de **fachada ligera**, el espesor total del cerramiento es de **21,5 cm**.
- Para el mismo valor de transmitancia, en los otros sistemas, los espesores son:
 - 31,5 cm en el sistema tradicional + SATE
 - 34,5 cm en la fachada mixta
 - 42 cm en la fachada tradicional.

TIPOLOGÍA DE COMPOSICIÓN	COMBINACIÓN AISLAMIENTO ESTUDIO	RESISTENCIA Y TRANSMITANCIA GLOBAL	COMBINACIÓN AISLAMIENTO 2	RESISTENCIA Y TRANSMITANCIA GLOBAL OBJETIVO
FACHADA LIGERA TABIQUERÍA SECA	LANA MINERAL 10 cm + FIBRA VIDRIO 6,5 cm $E_{AISL}=17$ cm $E_{TOTAL}= 21.5$ cm	$U= 0.18$ W/m ² K $R= 5.42$ m ² K/W		$U= 0.18$ W/m ² K
FACHADA TRADICIONAL+SATE	(SATE) LANA MINERAL 5 cm + FIBRA VIDRIO 6,5 cm $E_{AISL}=11.5$ cm $E_{TOTAL}= 26$ cm	$U= 0.25$ W/m ² K $R= 3.77$ m ² K/W	(SATE) LANA MINERAL 5 cm + FIBRA VIDRIO 6,5 cm + FIBRA VIDRIO 6,5 cm $E_{AISL}=17$ cm $E_{TOTAL}= 31.5$ cm	$U= 0.18$ W/m ² K $R= 5.49$ m ² K/W
FACHADA MIXTA	LANA MINERAL 5 cm + FIBRA VIDRIO 6,5 cm $E_{AISL}= 11.5$ cm $E_{TOTAL}= 27$ cm	$U= 0.25$ W/m ² K $R= 3.79$ m ² K/W	LANA MINERAL 9 cm + FIBRA VIDRIO 10 cm $E_{AISL}=19$ cm $E_{TOTAL}= 34.5$ cm	$U= 0.16$ W/m ² K $R= 6.06$ m ² K/W
FACHADA TRADICIONAL	FIBRA VIDRIO 6,5 cm + FIBRA VIDRIO 6,5 cm $E_{AISL}= 13$ cm $E_{TOTAL}= 37$ cm	$U= 0.22$ W/m ² K $R= 4.46$ m ² K/W	FIBRA VIDRIO 9 cm + FIBRA VIDRIO 9 cm $E_{AISL}= 18$ cm $E_{TOTAL}= 42$ cm	$U= 0.16$ W/m ² K $R= 6.02$ m ² K/W

4. CONCLUSIONES

El análisis y estudio que se nos propuso como reto, para conseguir posibles mejoras en la ejecución del nuevo edificio a promover, sin que hubiera dependencia de sistemas tradicionales de albañilería, o que esta quedara limitada a puntos concretos de la edificación, nos llevó a poder determinar, de manera cierta que se podía realizar la ejecución de las fachadas, con sistemas que se estaban ya utilizando en otros casos, y que no solo nos permitían alcanzar los valores objetivos planteados de manera inicial, sino que además se podía conseguir mejorar los valores de eficiencia energética de la envolvente sin que se viera perjudicada dimensionalmente la concepción global del edificio.

Por ello, el estudio nos permitió concluir que:

- Se disponía de alternativa que permitía cumplir con los requisitos previos establecidos para el estudio.
- Que esta alternativa aportaba innovación en el proceso constructivo, permitiendo sistematizar ciertos procesos y reduciendo la dependencia de trabajos ordinarios de albañilería.

- A igualdad de espesores del conjunto del cerramiento, se obtenía una importante mejora en la eficiencia energética del conjunto del cerramiento.
- Se simplificaba la ejecución del cerramiento, por cuanto que intervenía un único equipo para la ejecución del paquete completo de cerramiento de la fachada, en lugar de la intervención de varios equipos según el tipo de elemento que en ese momento se estuviera ejecutando:
 - Un equipo/subcontrata para la hoja exterior tradicional.
 - Un equipo/subcontrata para la realización de los morteros de cada hoja.
 - Un equipo/subcontrata para el montaje de los aislamientos.
 - Un equipo/subcontrata para el montaje de la hoja interior.
- Siendo el espacio un elemento que ha visto incrementado su valor debido al alza en costes de construcción, conseguir dejar mayor superficie útil en la vivienda, al reducir el espesor del conjunto del cerramiento, permite conseguir una mayor eficiencia en el aprovechamiento de las superficies disponibles.
- Se consigue una reducción en producción de residuos, al verse reducida la merma de materiales tradicionales.
- Se consigue una reducción neta de emisiones en el transporte de los materiales necesarios para la ejecución de la fachada, considerada esta reducción como comparación entre los gases de combustión emitidos por los medios de transporte para los materiales según la tipología de cada fachada estudiada respecto de la fachada ligera finalmente elegida.

5. ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

Sí bien se considera que los acrónimos y abreviaturas que se han indicado en el texto son conocidos, se ha considerado incluirlos aquí a modo complementario y aclaratorio.

SATE	Sistema de Aislamiento Térmico Exterior
A.D.	Alta Densidad

6. AGRADECIMIENTOS

En este apartado, queremos hacer llegar nuestro agradecimiento a la empresa promotora por la confianza depositada en nosotros y que nos hace ser partícipes en todo el proceso constructivo, y en decisiones que son importantes para llevar a la realidad los proyectos incluso desde el momento de su concepción, pudiendo compartir nuestro conocimiento y nuestra experiencia y enriqueciéndonos a su vez de nuevos aprendizajes y de nuevas experiencias a los que llegamos a partir de los retos que nos proponen.

No citamos en estos momentos a la empresa, al tratarse de una propuesta ciega la que se presenta para evaluación.

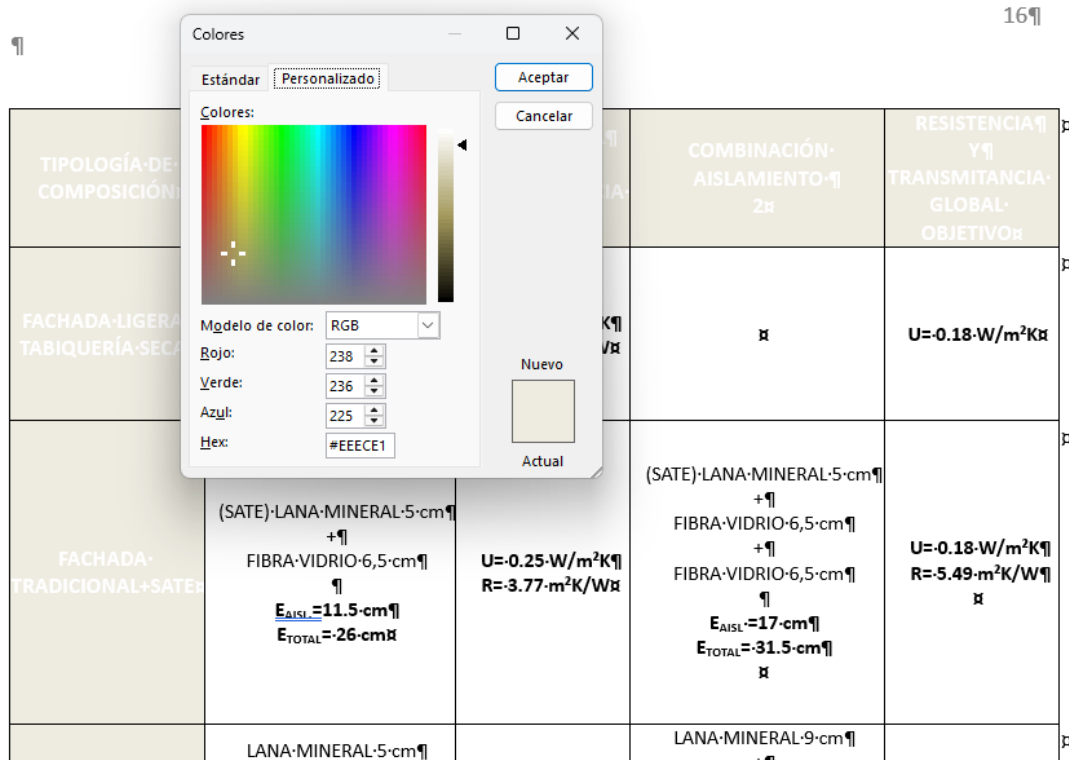
7. BIBLIOGRAFÍA

No se ha consultado bibliografía como tal, sino que se ha dispuesto de los datos existentes en las fichas técnicas de materiales utilizados en las distintas construcciones, así como los datos de referencia de los programas homologados para el cálculo de valores de eficiencia energética, y normativas vigentes, como el Código Técnico de la Edificación.

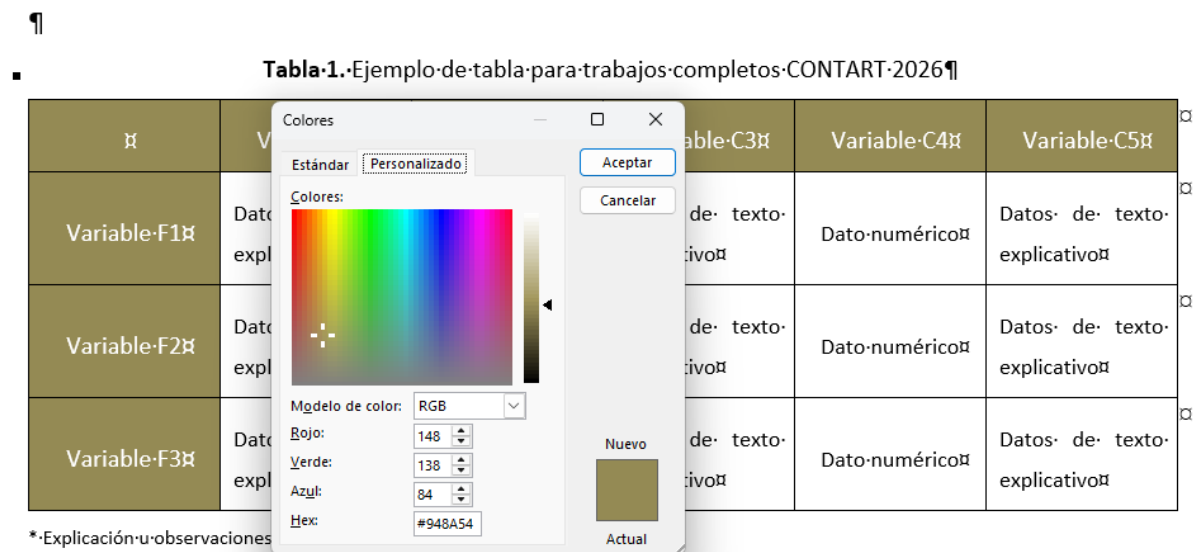
No se partió de ningún estudio previo, si no que se han realizado análisis en base a datos propios, y a los datos de referencia y fichas técnicas de materiales reconocidos y homologados.

_NOTA DE ACLARACIÓN. COLOR DE TABLA

En relación al color de la tabla, incluimos aquí para que pueda comprobarse, que hemos seguido el criterio de color para la tabla, pero que el mismo no coincide con la combinación indicada en el texto de formato.



Y hemos cogido la referencia del color de la plantilla, y que es el que corresponde con la captura siguiente, y que no corresponde con la combinación indicada en el texto del formato.:



*Explicación u observaciones