



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE VALENCIA



Escuela Técnica Superior de  
Ingeniería de Edificación

# **ESTUDIO Y ANÁLISIS DE CERRAMIENTOS DE ALTA EFICIENCIA ENERGÉTICA**

**Proyecto Final de Grado**

**Modalidad Científico-Técnico**

**AUTORA:**

**Escarlata Lucas Navalón**

**TUTORES:**

**Luis Manuel Palmero Iglesias**

**Elisa Valia Cotanda**

**CURSO 2010-2011**

# ÍNDICE

## 1. PRESENTACIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN	5
1.2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA	7

## 2. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS ACTUALES

2.1 INTRODUCCIÓN	9
2.2 FÁBRICA DE LADRILLO CERÁMICO	9
2.2.1 INTRODUCCIÓN	9
2.2.2 CARACTERÍSTICAS Y PRESTACIONES	10
2.2.2.1 Definición y aplicaciones	10
2.2.2.2 Material para su ejecución	10
2.2.2.3 Dimensiones de fábrica	11
2.2.2.4 Resistencia a compresión	11
2.2.2.5 Durabilidad	12
2.2.2.6 Conductividad Térmica	12
2.2.2.7 Peso	13
2.2.2.8 Aislamiento acústico	13
2.2.2.9 Expansión por humedad	14
2.2.2.10 Resistencia al fuego	15
2.2.2.11 Puesta en obra	15
2.2.2.12 Resumen de rendimientos y valoraciones	17
2.3 YESO LAMINADO	19
2.3.1 INTRODUCCIÓN	19
2.3.2 CARACTERÍSTICAS Y PRESTACIONES	19
2.3.2.1 Definición y aplicaciones	19
2.3.2.2 Material para su ejecución	19
2.3.2.3 Dimensiones de las placas	24
2.3.2.4 Resistencia a Flexotracción	24
2.3.2.5 Durabilidad	25
2.3.2.6 Conductividad Térmica	25
2.3.2.7 Peso	25
2.3.2.8 Aislamiento acústico	26
2.3.2.9 Resistencia al fuego	27
2.3.2.10 Puesta en obra	28
2.3.2.11 Resumen de rendimientos y valoraciones	32

### **3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA THERMAL-WALL**

3.1 INTRODUCCIÓN	35
3.2 THERMAL-WALL	35
3.2.1 INTRODUCCIÓN	35
3.2.2 CARACTERÍSTICAS Y PRESTACIONES	35
3.2.2.1 Definición y aplicaciones	35
3.2.2.2 Material para su ejecución	36
3.2.2.3 Dimensiones de las placas	45
3.2.2.4 Resistencia a compresión	46
3.2.2.5 Durabilidad	46
3.2.2.6 Conductividad Térmica	46
3.2.2.7 Peso	47
3.2.2.8 Aislamiento acústico	47
3.2.2.9 Expansión por humedad	48
3.2.2.10 Resistencia al fuego	48
3.2.2.11 Puesta en obra	48
3.2.2.12 Resumen de rendimientos y valoraciones	52
3.2.3 RESUMEN COMPARATIVO	53

### **4. REHABILITACIÓN DE VIVIENDA. EJEMPLO PRÁCTICO**

4.1 INTRODUCCIÓN	55
4.2 VIVIENDA PROPUESTA	55
4.3 EXIGENCIAS DEL CTE. DB-HE	57
4.3.1 Introducción	57
4.3.2 Objeto	57
4.3.3 Sección HE 1 Limitación de demanda energética	57
4.3.3.1 Procedimiento de verificación	57
4.3.3.2 Demanda energética	57
4.3.3.3 Permeabilidad al aire	58
4.3.3.4 Aplicabilidad de la opción simplificada	59
4.3.3.5 Cálculo de las transmitancias térmicas	59
4.4 TRANSMITANCIAS CALCULADAS PARA EL EJERCICIO PRÁCTICO	60
4.5 FICHAS TÉCNICAS PARA LA VIVIENDA SIN REHABILITAR	62
4.6 FICHAS TÉCNICAS PARA LA VIVIENDA REHABILITADA	65
4.7 RESUMEN. COMPARATIVA	68

<b>5. CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA UNIFAMILIAR. EJEMPLO PRÁCTICO</b>	
5.1 INTRODUCCIÓN	70
5.2 PROPUESTA VIVIENDA UNIFAMILIAR	70
5.3 PRESUPUESTO	72
5.3.1 Presupuesto con fábrica de ladrillo	72
5.3.2 Presupuesto con yeso laminado	76
5.3.3 Presupuesto con Thermal-wall	81
5.4 RESUMEN. CONCLUSIÓN	85
<b>6. OTRAS APLICACIONES</b>	
6.1 INTRODUCCIÓN	87
6.2 APLICACIONES	87
6.2.1 Arquitectura de emergencia	87
6.2.2 Autoconstrucción	89
6.2.3 Espacios flexibles	91
6.2.4 Revestimiento de techos	92
<b>7. CONCLUSIÓN</b>	<b>94</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS</b>	<b>97</b>
<b>9. AGRADECIMIENTOS</b>	<b>100</b>

# 1. PRESENTACIÓN

# CAPÍTULO 1

## PRESENTACIÓN

### 1.1 INTRODUCCIÓN

Desde hace ya muchos años, la tecnología de la construcción no ha avanzado tanto como las exigencias de su propio mercado. Debido a estas exigencias actuales, tanto normativas como sociales, la forma de construir de antaño no es válida hoy en día. Por ello y para modernizarla se **analizan los distintos sistemas más utilizados en la construcción tradicional**, hoy en día presentes en el mercado y la **alternativa propuesta en este estudio**. Este sistema resulta bastante nuevo y está en muchos casos en fase de primera experimentación: no obstante, el tiempo será el que decida sobre qué alternativas resultan más favorables y adecuadas.

Sin duda alguna, la construcción ha cambiado de forma imponente en los últimos años, manifestándose con cambios significativos en el modo de gestión, que incorporan calidad, seguridad, más información y otras disciplinas de gestión pero en cuanto a tecnología e industrialización todavía queda mucho camino por recorrer.

El sector de la construcción residencial debe invertir más en innovación e investigación, porque lleva demasiado tiempo cometiendo los mismos errores y trabajando de una forma absolutamente artesanal.

Ciertamente el mercado, hasta la fecha, no ha sido un estímulo para la innovación, ya que se ha estado vendiendo absolutamente todo, lo bueno, lo malo y lo desastroso, pero en el presente las cosas no son tan sencillas.

¿Y por dónde va a ir evolucionando el sector para transformarse en un sector competitivo? En los próximos años, el sector debe ir evolucionando básicamente en estas direcciones: la consecución de mayores niveles de sostenibilidad en todo el ciclo de vida de la vivienda; el diseño de edificios 100% accesibles; y sobre todo, la industrialización del sector.

Si bien hoy día, en el siglo XXI, casi todos los sectores productivos económicos se han industrializado, resulta sorprendente como el **sector de la construcción sigue siendo una industria esencialmente pobre**.

Haciendo una reflexión en cuanto a la eficiencia de la industria del sector de la construcción surge la necesidad de plantearse una serie de cuestiones, ya que esta industria muestra muchas limitaciones derivadas de la complejidad que presenta este sector.

Para la realización de cualquier trabajo, por simple que pueda ser, es necesario la incorporación de muchos gremios, lo que crea la obligación de establecer una organización pormenorizada que en muchas ocasiones es difícil de llevar a cabo.

La introducción de la cultura del “cero defectos” en todos los demás productos que adquirimos cotidianamente, está provocando que quién compra una vivienda, cada vez entienda menos (y con razón) que algo que cuesta tanto dinero, tenga tantos defectos de acabados. Sólo la industrialización de los procesos productivos puede acercarnos a los estándares normales en otros sectores.

Resulta realmente chocante e incomprensible que sea infinitamente más económico realizar cualquier trabajo a pie de obra, como por ejemplo el montaje y construcción de una viga, que realizar este mismo **trabajo de forma industrializada** con una producción en serie. Algo incomprensible en cualquier otro sector, pues se basa en la cadena de montaje, una forma de organización de la producción que delega a cada trabajador una función específica, lo que **reduce considerablemente tanto los tiempos como los costes de producción**. Además favorece el control de calidad, esto permite que se pueda detectar la presencia de errores en la producción con mayor facilidad.

En el proceso de industrialización, el trabajo en la construcción es tradicionalmente un punto de entrada al mercado laboral para los trabajadores emigrantes y migrantes del campo. La construcción es a menudo la única alternativa real frente al trabajo en la agricultura para quienes carecen de calificaciones específicas.

Los conocimientos sobre construcción se siguen adquiriendo principalmente por medio de un sistema de aprendizaje informal. Sin embargo, esta formación tiene sus limitaciones (en particular reduce las oportunidades de aprendizaje, pues se basa en el aprendizaje práctico), por tanto, la producción en serie e industrialización adquiere una importancia todavía mayor.

En estos últimos años, se ha construido de forma desmedida, esto ha provocado una repercusión de la construcción masiva de viviendas en la expansión de las ciudades y por lo tanto el elevado consumo energético que esto requiere, además de la construcción de edificaciones que, al no responder adecuadamente a las condiciones del lugar, los usuarios terminan introduciendo sistemas artificiales de calefacción y refrigeración que funcionan con energía eléctrica o gas lo que eleva los consecuentes consumos energéticos y genera una serie de inconvenientes por contaminación del medio ambiente. Añadir a todo esto la conversión de antiguas viviendas temporales en permanentes desde años recientes en zonas metropolitanas y en las zonas de costa.

De estos aspectos surge la idea de que en la actualidad la **rehabilitación, remodelación, renovación y reacondicionamiento de edificaciones ocupa un lugar importante** en el campo de la construcción y se han convertido en una necesidad real desde la perspectiva que nos permite aprovechar lo que tenemos y disminuir así el loco crecimiento de las ciudades.

En ninguna actividad productiva sería comprensible la fabricación de cualquier producto para seguidamente romperlo. Esto mismo es lo que sucede en la forma de trabajo utilizada para ubicar el paso de instalaciones en tabiques realizados con ladrillo cerámico por lo que esta forma de trabajo resulta un tanto “arcaica” para la época en la que nos encontramos.

En este estudio se **plantea una alternativa a los sistemas utilizados** y más comercializados, a un precio competitivo y que reúne todos los requisitos de eficiencia energética y confort para competir con ellos.

Pese al avance de la tecnología aplicada al mundo de la construcción en los últimos años, los métodos utilizados en este sector siguen siendo los mismos, esta situación nos lleva a plantear la necesidad de cambiar la forma de construir para adaptarla a estos nuevos productos surgidos y así aprovechar todas sus ventajas: **abaratar costes, acortar plazos y mejorar características funcionales**. Con este objetivo surge la idea de plantear un sistema constructivo alternativo al tradicional.

## 1.2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

Mediante la **comparación** en el marco de un proyecto concreto se pretende evaluar **los principales factores que influyen en la elección de una u otra tipología de construcción**.

El presente informe no pretende dar una solución constructiva moderna única que sustituya al método tradicional aplicable en todo caso, sino que pretende plantear un sistema constructivo alternativo al existente en el mercado actual. En este proceso no sólo se tiene en cuenta el coste y el plazo de construcción sino también conceptos no tan fácilmente cuantificables pero que no por ello tienen que dejar de tenerse en cuenta a la hora de elegir entre uno u otro proceso constructivo; un buen ejemplo de esto son aspectos relacionados con el medio ambiente, las molestias a los vecinos que ocasiona una obra, etc.

Para ello, una vez citados los distintos sistemas constructivos, se analizarán comparativamente con el sistema alternativo propuesto. La metodología de evaluación se aplicará dicho método a un **caso concreto y se extraerán conclusiones sobre todos los aspectos evaluables aplicados a la obra en concreto**.



## 2. DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS ACTUALES

## CAPÍTULO 2

### DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS ACTUALES

#### 2.1 INTRODUCCIÓN

Antes de comenzar a valorar cada una de las alternativas en plazo, coste y otras cualidades primero es necesario conocer las posibilidades existentes en el mercado más utilizadas y condicionantes en cada caso.

En este apartado se va a tratar los dos sistemas existentes de particiones interiores más utilizadas por el mercado actual. Estos son: la **fábrica de ladrillo cerámico** y el **yeso laminado**.

#### 2.2 FÁBRICA DE LADRILLO CERÁMICO

##### 2.2.1 INTRODUCCIÓN

La importancia del ladrillo ha venido dada por su facilidad para conseguirlo, para transportarlo y para colocarlo. Es un **material elaborado pensando en la dimensión de la mano** que lo tiene que colocar y ajeno a los grandes esfuerzos necesarios para su colocación y no exige una habilidad especial ni tampoco el rigor de otros sistemas constructivos.



FÁBRICA DE LADRILLO

La trascendencia que ha adquirido el ladrillo a través de su historia lo ha colocado como material indispensable en la industria de la construcción, y aún **dominante en cuanto a cantidades de comercialización**.

## 2.2.2 CARACTERÍSTICAS Y PRESTACIONES

### 2.2.2.1 Definición y aplicaciones

Se denomina tabique de ladrillos al conjunto, sin función estructural, fabricado con ladrillo, hueco o macizo, colocados uno junto a otros y sobre otros, ordenadamente y solapados de acuerdo a una trabazón sistemática o aparejo, pudiendo utilizar para su unión argamasa o mortero, empleado prioritariamente para separaciones fijas de interiores en las edificaciones.

### 2.2.2.2 Material para su ejecución

#### A. Ladrillo

El ladrillo se obtiene a partir de la cocción de mezclas arcillosas. La fabricación de los ladrillos consta de diferentes fases: extracción y homogeneización de las arcillas, moldeo, secado y cocción. En la fase de cocción se alcanzan temperaturas que pueden superar los 1000 °C; las arcillas experimentan reacciones físicas y químicas que hacen del ladrillo un material resistente a compresión, insoluble al agua y con porosidad limitada.

La industria ladrillera actual fabrica productos homogéneos con propiedades físicas perfectamente caracterizadas. Hoy los ladrillos vienen definidos, entre otros parámetros, por su resistencia a compresión, por su porosidad, su eflorescibilidad y su heladicidad. Poco tienen que ver con los ladrillos del pasado cuyas propiedades dependían, tanto de las mezclas arcillosas, las cuales no solían ser controladas químicamente, como de la temperatura de cocción que se alcanzaba.

El ladrillo tiene forma de ortoedro y sus caras son tabla, canto y testa. Sus dimensiones; soga, tizón y grueso, varían en cada país y región; no obstante, los condicionantes de la puesta en obra imponen un límite dimensional de tal modo que pueda ser manipulado por el albañil con una sola mano, pudiendo utilizar la otra para repartir el mortero con la paleta. El peso límite adecuado de un ladrillo para poder trabajar con él con una sola mano es de 2,5 kg.

Las dimensiones de la soga y del tizón del formato métrico, que es utilizado en buena parte de España, son 24 cm y 11,5 cm respectivamente. Para facilitar la ejecución de las fábricas sin que se requiera cortar un excesivo número de ladrillos es preciso que soga, tizón y grueso sigan una proporción, cumpliendo que:

- 1 soga = 2 tizones + 1 junta (1 cm)
- 1 tizón = 2 gruesos + 1 junta (1 cm)

También se fabrican ladrillos con formatos especiales para facilitar la construcción de determinados elementos.

Existen varios tipos de ladrillos:

- Macizo: se designa con la letra M y, en general, no presenta perforaciones y en caso de tenerlas (en la tabla), su volumen es inferior al 10% del volumen del ladrillo.
- Perforado: se designa con la letra P y el volumen de perforaciones en la tabla del ladrillo es superior al 10% del volumen del ladrillo.

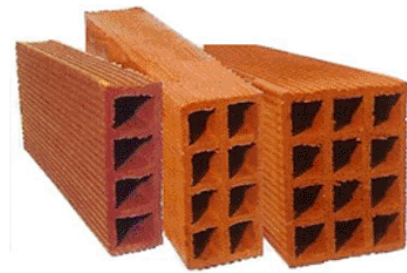
- Hueco: se designa con la letra H y las perforaciones se encuentran en el canto o en la testa.



LADRILLO MACIZO



LADRILLO PERFORADO



LADRILLO HUECO

## B. Morteros

La misión de los morteros no es únicamente resistente, sino que colaboran al conseguir inmovilizar las piezas, aumentando el rozamiento entre ellas y proporcionando una adecuación de planos de apoyo. Los morteros subsanarán las irregularidades que pueden presentar las superficies de las piezas que deben estar en contacto entre sí. Cuanto más perfecta es la superficie de apoyo entre las piezas de una fábrica, menor es el espesor que necesita la junta. Los morteros cumplen con otras funciones como, por ejemplo, obturar los huecos entre las piezas, consiguiendo así las adecuadas condiciones de estanqueidad frente a las humedades, insectos, etc.



SACO DE MORTERO

### 2.2.2.3 Dimensiones de fábrica

Las dimensiones de la fábrica de ladrillo son variables en función de la solución constructiva que se utilice (panderete, tabicón, cítara, etc) y de la dimensión de tizón del ladrillo. Los tizones más utilizados para tabiquería son: 4, 7, 9 y 11 cm.

### 2.2.2.4 Resistencia a compresión

La resistencia característica a compresión de una fábrica es inferior a la de los materiales con que está construida: ladrillos y mortero. Ello se debe a la diferente deformabilidad transversal de ambos materiales.

La optimización de la resistencia a compresión de la fábrica se alcanza cuando la resistencia del mortero ( $f_m$ ) está comprendida entre un tercio y la mitad de la resistencia del ladrillo ( $f_b$ ). Cuando la resistencia del mortero es muy inferior a la resistencia del ladrillo ( $f_m < 0,3f_b$ ), la fábrica es deformable y se generan fácilmente fisuras de cortante entre las partes de la fábrica sometidas a compresión y las que no lo están. Por el contrario, cuando la resistencia del mortero es importante en relación a la resistencia del ladrillo ( $f_m > 0,5f_b$ ), el mortero genera un

efecto de zunchado sobre el ladrillo. Si finalmente, al aumentar la carga, la junta de mortero se fisura, desaparece este efecto y se puede producir la rotura brusca de la fábrica.

### 2.2.2.5 Durabilidad

La durabilidad de los productos cerámicos es una de sus características más importantes y apreciadas, ya que existen pocos materiales como los ladrillos que puedan resistir el paso del tiempo de una forma tan favorable y sin cuidados de mantenimiento. Sin embargo existen defectos de estos materiales principalmente producidos por la retención del agua y agentes atmosféricos que pueden afectar a la vida útil del material sino se previenen utilizando ladrillos que hayan superado el control de calidad AENOR-N y disponiéndolos de manera adecuada en obra.

### 2.2.2.6 Conductividad Térmica

La fábrica de ladrillo es un material relativamente aislante. No obstante cabe hacer dos puntualizaciones.

- La fábrica no es un material homogéneo, las juntas de mortero tienen un aislamiento térmico en general inferior al del ladrillo.
- El proceso de deserción de agua de una fábrica es lento. El aislamiento térmico real es peor que el considerado teóricamente. El agua al evaporarse absorbe calor de la fábrica, ésta se enfría y favorece, si no existe un buen aislamiento, la aparición de condensaciones superficiales.

PARTICIONES SENCILLAS		
Partición de ladrillo hueco doble de <b>7cm</b> guarnecido	<b>1,57 W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>NO CUMPLE CTE</b>
Partición de ladrillo hueco doble de <b>9cm</b> enlucido	<b>1,46 W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>NO CUMPLE CTE</b>
Cítara de partición de ladrillo perforado de <b>11,5cm</b> enlucido	<b>1,34 W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>NO CUMPLE CTE</b>
PARTICIONES DOBLES		
Doble hoja de ladrillo hueco de <b>7cm</b> con cámara intermedia rellena de <b>lana mineral</b>	<b>0,55 W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>CUMPLE CTE</b>

Siendo la exigencia según la norma, para particiones interiores verticales que limitan las unidades de uso con sistema de calefacción previsto en el proyecto con las zonas comunes del edificio no calefactadas, la transmitancia térmica máxima es de 1,2 W/m<sup>2</sup>K, y para que separen espacios habitables, y estos últimos a su vez estén en contacto con el exterior la transmitancia máxima es de 1,07 W/m<sup>2</sup>K.

Como se puede observar en la tabla expuesta anteriormente, las particiones sencillas no cumplen con lo establecido en el Código Técnico de la Edificación, mientras que las particiones dobles realizadas con cámara intermedia rellena de lana mineral, sí cumplen lo establecido en la normativa.

Por lo que, con esta comparativa, se puede obtener una conclusión clara, el ladrillo como tal no es suficiente para cumplir el CTE, necesita la ayuda de un material aislante.

### 2.2.2.7 Peso

La masa mínima para ladrillos para tabiquería de grueso 5,2 cm debe ser mayor a 1350g mientras que para ladrillos de grueso 7 cm debe ser mayor de 1800g.

El ladrillo cerámico no debe de pesar más de 2,5 kg para poder ser manejado por el albañil con una sola mano.

La fábrica de ladrillo tiene un peso variable según el ladrillo y mortero utilizado. El peso propio medio de una fábrica de ladrillo es de 96 Kg/m<sup>2</sup>.

Debido al peso de los tabiques, la estructura debe estar calculada para soportarlos, además hay que tener en cuenta los acopios de ladrillo en obra en los forjados.

### 2.2.2.8 Aislamiento acústico

Gracias a los datos obtenidos en los documentos técnicos de TecniAcustica e Hispalyt, se puede obtener el aislamiento acústico de diferentes particiones.

#### PARTICIONES SENCILLAS

Partición de ladrillo hueco sencillo de <b>4cm</b> enlucido	<b>36dB</b>
Partición de ladrillo hueco doble de <b>7cm</b> enlucido	<b>38dB</b>
Partición de ladrillo hueco doble de <b>9cm</b> enlucido	<b>43dB</b>
Cítara de partición de ladrillo perforado de <b>11,5cm</b> enlucido	<b>44dB</b>

### PARTICIONES DOBLES

Doble hoja de ladrillo hueco de <b>7cm</b> enlucido por ambas caras con cámara intermedia de aire de <b>4cm</b>	<b>43dB</b>
Doble hoja de ladrillo hueco de <b>7cm</b> enlucido por ambas caras con cámara intermedia de <b>4cm</b> rellena de lana de roca	<b>46dB</b>
Doble hoja de ladrillo hueco de <b>7cm</b> enlucido por ambas caras con cámara intermedia de <b>4cm</b> rellena de fibra de vidrio	<b>46dB</b>
Doble hoja de ladrillo hueco de <b>9cm</b> enlucido por ambas caras con cámara intermedia de aire de <b>4cm</b>	<b>45dB</b>
Doble hoja de ladrillo hueco de <b>9cm</b> enlucido por ambas caras con cámara intermedia de <b>4cm</b> rellena de lana de roca	<b>47dB</b>
Doble hoja de ladrillo hueco de <b>9cm</b> enlucido por ambas caras con cámara intermedia de <b>4cm</b> rellena de fibra de vidrio	<b>47dB</b>
Partición doble formada por ladrillo hueco de <b>9cm</b> enlucido por ambas caras, cámara intermedia de <b>4cm</b> y ladrillo hueco de <b>4cm</b> enlucido	<b>46dB</b>
Partición doble formada por ladrillo hueco de <b>9cm</b> enlucido por ambas caras, cámara intermedia de <b>4cm</b> rellena de lana de roca y ladrillo hueco de <b>4cm</b> enlucido	<b>47dB</b>
Partición doble formada por ladrillo hueco de <b>9cm</b> enlucido por ambas caras, cámara intermedia de <b>4cm</b> rellena de fibra de vidrio y ladrillo hueco de <b>4cm</b> enlucido	<b>47dB</b>
Partición doble formada por ladrillo hueco de <b>9cm</b> enlucido por ambas caras, cámara intermedia de <b>4cm</b> y ladrillo hueco de <b>7cm</b> enlucido	<b>45dB</b>
Partición doble formada por ladrillo hueco de <b>9cm</b> enlucido por ambas caras, cámara intermedia de <b>4cm</b> rellena de lana de roca y ladrillo hueco de <b>7cm</b> enlucido	<b>47dB</b>
Partición doble formada por ladrillo hueco de <b>9cm</b> enlucido por ambas caras, cámara intermedia de <b>4cm</b> rellena de fibra de vidrio y ladrillo hueco de <b>7cm</b> enlucido	<b>47dB</b>
Partición doble formada por una cítara de ladrillo macizo de <b>11,5cm</b> enlucido por ambas caras, cámara intermedia de <b>4cm</b> y tabicón de ladrillo hueco de <b>9cm</b> enlucido	<b>50dB</b>

Por lo que se puede observar en esta comparativa de diferentes particiones realizadas con ladrillo cerámico, el aislamiento acústico del sistema constructivo mejora en caso de utilizar hojas de ladrillo asimétricas con cámara de aire intermedia.

Además de estos datos, está comprobado mediante otras simulaciones, que un aumento en el espesor de la cámara de aire, no produce un incremento significativo en el índice de resistencia acústica.

#### 2.2.2.9 Expansión por humedad

La expansión por humedad se puede definir como la característica que tienen los productos cerámicos de aumentar mínimamente sus dimensiones, como consecuencia de la fijación de agua procedente de la humedad ambiente. La expansión por humedad en los materiales cerámicos depende de varios factores

Las piezas cerámicas, a pesar de su rigidez dilatan o contraen por cambios térmicos o por efecto de la humedad. En obra, los ladrillos se colocan húmedos y al secar se contraen, manifestándose en grietas que normalmente se producen en las juntas de dilatación que permitan movimientos parciales de la obra.

### 2.2.2.10 Resistencia al fuego

Según la ficha técnica nº 4, *Resistencia al fuego de Mampostería realizada con ladrillos y bloques cerámicos nacionales* de Cicer, los resultados de los ensayos de mampostería realizados son los siguientes:

MUESTRA Nº	CONSTITUCIÓN MURO	REVOQUE CARA EXPUESTA AL FUEGO	REVOQUE CARA NO EXPUESTA AL FUEGO	RESISTENCIA AL FUEGO
1	Ladrillo macizo común	Grueso + fino	Grueso + fino	FR 180
2	Ladrillo cerámico no portante 12 cm espesor	Sin revocar	Sin revocar	FR 60
3	Ladrillo cerámico no portante 12 cm espesor	Grueso + fino	Grueso + fino	FR 120
4	Ladrillo cerámico no portante 12 cm espesor	Engrosado de yeso + enlucido de yeso	Engrosado de yeso + enlucido de yeso	FR 120

La resistencia al fuego de la mampostería cerámica es excelente superando a la mayoría de los materiales de construcción y a muchos materiales especiales.

Los revoques mejoran la resistencia al fuego. Según la literatura técnica internacional, el efecto de los mismos es disminuir el shock térmico inicial, al rato de iniciado los ensayos los revoques se desprenden.

### 2.2.2.11 Puesta en obra

#### A. Tareas previas

Antes de comenzar con los trabajos específicos de tabiquería, debe estar ejecutado el cerramiento de la fachada, aunque en ciertos casos, algunas divisiones interiores pueden comenzarse antes, por ejemplo: caja de escaleras y ascensores.

Comprobar que los forjados estén limpios, habiendo barrido minuciosamente antes de comenzar las tareas.

Verificar que se encuentren en obra los contracerros de madera para recibirlos a medida que se van ejecutando los tabiques de fábrica.

#### B. Replanteo

Antes de empezar la construcción del tabique, es necesario replantear sobre el suelo el diseño y las dimensiones del mismo.

Con la ayuda de la escuadra de replanteo, la cinta métrica y la bota de trazar, se marcan todas las referencias que delimitan la zona donde se va a levantar el tabique, así como la posición exacta de las puertas.



REPLANTEO



### C. Ejecución

Habiendo concluido el replanteo, se disponen las miras aplomadas, verticales guardando entre sí una distancia no mayor de 4,00 m, en las cuales se marcarán las anchuras de cada hilada.

Se colocan los premarcos cuidando que concuerden las medidas tomadas del tabique en ejecución.

Con los ladrillos previamente humedecidos, se coloca la primera hilada, que normalmente se emplea mortero de yeso.

Las hiladas sucesivas se ejecutarán de tal manera que las juntas verticales no se corresponden en dos hiladas consecutivas; para conseguir esto, la segunda hilada comenzará con medio ladrillo.

En estos tabiques de fábrica es suficiente con colocar cordeles horizontales cada tres hiladas de ladrillos. Estos cordeles se sujetan a las miras, donde ya se ha marcado la medida de las hiladas, para mantener la horizontalidad.

Extender el material de agarre (mortero o yeso) sobre toda la superficie del ladrillo y en la cabeza a unir con el ladrillo colocado anteriormente, cuidando de formar juntas de 1 cm de espesor. A medida que se colocan los ladrillos, se van limpiando las rebabas de mortero.

Para la última hilada, se deja una holgura de 2 cm antes de llegar al forjado, que se rellenará posteriormente, al menos transcurridas 24 horas, con pasta de yeso o mortero de cemento, antes de la aplicación de los yesos. De esta manera, se previene de probables fisuras en las uniones de tabique y forjado por los movimientos normales que los forjados tienen al ir cargándolos con las fábricas de ladrillos.



COLOCACIÓN PLOMADAS VERTICALES



COLOCACIÓN 1ª HILADA



REALIZACIÓN ÚLTIMA HILADA

Unión entre tabiques: se realiza mediante enjarjes o trabazones, ejecutando dos hiladas no y una sí.

Encuentros con elementos estructurales (por ejemplo pilares): forrarlos con el propio ladrillo para que el encuentro no sea solidario y evitar con ello la aparición de futuras fisuras que pueden aparecer en el yeso.

Cuando se realice el acopio de material en plantas, deben colocarse los palets pegados a los pilares, nunca en el centro de vanos para impedir la deformación del forjado.

Finalizando, comprobar que se encuentre aplomada, plana, que no se haya roto ningún ladrillo, cuidando la horizontalidad de las hiladas y libres de rebabas, no admitiendo desplomes superiores a cinco milímetros en una altura de dos metros.

Las rozas en tabiques para empotrar tubos o cajas de las instalaciones se realizarán sin degollar el tabique, tomándose para ello las precauciones necesarias.



APERTURA DE ROZAS



TAPADO DE ROZAS

### 2.2.2.12 Resumen de rendimientos y valoraciones

A continuación se presentan varios precios descompuestos de diferentes particiones realizadas con fábrica de ladrillo, según el IVE (Instituto Valenciano de la Edificación)

UNIDAD DE OBRA 1			
Partición de una hoja de ladrillo cerámico hueco de 7 cm de espesor, realizada con piezas de 24x11.5x7cm aparejadas de canto y recibidas con mortero de cemento M-5, con juntas de 1 cm de espesor, con guarnecido maestreado y enlucido de yeso de 1.5cm por ambos lados, incluso replanteo, nivelación y aplomado, parte proporcional de enjarjes, mermas y roturas, humedecido de las piezas y limpieza, considerando un 3% de pérdidas y un 30% de mermas de mortero, según DB-SE-F del CTE, NTE-PTL y NTE-RPG.			
RENDIMIENTO	DESCRIPCIÓN	PRECIO	IMPORTE
1,276 h	Oficial 1ª Construcción	21,80	27,82
0,638 h	Peón especializado construcción	21,20	13,53
33,00 u	Ladrillo hueco db 24x11.5x7	0,17	5,61
0,011 m <sup>3</sup>	Mto cto M-5 CEM ind.	71,81	0,79
0,034 m <sup>3</sup>	Pasta de yeso YG/L	149,44	5,08
25 %	Costes Directos Complementarios	52,83	1,32
<b>PRECIO POR m<sup>2</sup></b>			<b>54,15 €</b>

<b>UNIDAD DE OBRA 2</b>			
Partición de una hoja de ladrillo cerámico hueco de 9 cm de espesor, realizada con piezas de 28x13.5x9cm aparejadas de canto y recibidas con mortero de cemento M-5, con juntas de 1 cm de espesor, con guarnecido maestreado y enlucido de yeso de 1.5cm por ambos lados, incluso replanteo, nivelación y aplomado, parte proporcional de enjarjes, mermas y roturas, humedecido de las piezas y limpieza, considerando un 3% de pérdidas y un 30% de mermas de mortero, según DB-SE-F del CTE, NTE-PTL y NTE-RPG.			
RENDIMIENTO	DESCRIPCIÓN	PRECIO	IMPORTE
1,250 h	Oficial 1ª Construcción	21,80	27,25
0,625 h	Peón especializado construcción	21,20	13,25
25,00 u	Ladrillo hueco db 28x13.5x9	0,19	4,75
0,012 m <sup>3</sup>	Mto cto M-5 CEM ind.	71,81	0,86
0,034 m <sup>3</sup>	Pasta de yeso YG/L	149,44	5,08
25 %	Costes Directos Complementarios	51,19	1,28
<b>PRECIO POR m<sup>2</sup></b>			<b>52,47 €</b>

<b>UNIDAD DE OBRA 3</b>			
Partición de una hoja de ladrillo cerámico hueco de 11 cm de espesor, realizada con piezas de 40x20x11cm aparejadas de canto y recibidas con mortero de cemento M-5, con juntas de 1 cm de espesor, con guarnecido maestreado y enlucido de yeso de 1.5cm por ambos lados, incluso replanteo, nivelación y aplomado, parte proporcional de enjarjes, mermas y roturas, humedecido de las piezas y limpieza, considerando un 3% de pérdidas y un 30% de mermas de mortero, según DB-SE-F del CTE, NTE-PTL y NTE-RPG.			
RENDIMIENTO	DESCRIPCIÓN	PRECIO	IMPORTE
1,170 h	Oficial 1ª Construcción	21,80	25,51
0,585 h	Peón especializado construcción	21,20	12,40
12,00 u	Ladrillo hueco db 28x13.5x9	0,58	6,96
0,010 m <sup>3</sup>	Mto cto M-5 CEM ind.	71,81	0,72
0,034 m <sup>3</sup>	Pasta de yeso YG/L	149,44	5,08
25 %	Costes Directos Complementarios	50,67	1,27
<b>PRECIO POR m<sup>2</sup></b>			<b>51,94 €</b>

## CONCLUSIÓN

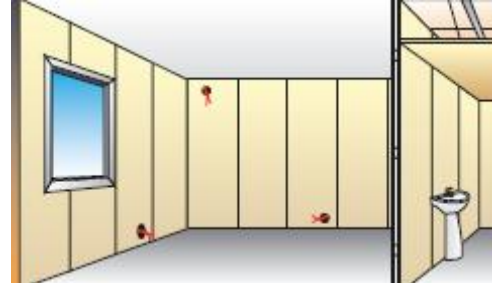
De estos tres precios descompuestos se puede observar que los precios de la fábrica disminuyen a medida que aumenta el tamaño del ladrillo. Esto se debe a que los rendimientos de mano de obra son menores, (los trabajadores tardan menos en realizar un metro cuadrado cuando las piezas a colocar son de mayor tamaño) por lo tanto, el importe es menor.

En resumen, lo que hace que incremente el precio de un metro cuadrado de fábrica de ladrillo es la mano de obra.

## 2.3 YESO LAMINADO

### 2.3.1 INTRODUCCIÓN

La instalación de tabiques ligeros de yeso laminado ha alcanzado un grado tal de madurez que permite que sean utilizados en el campo de la compartimentación interior conforme a lo establecido en la Norma UNE 102.023 cumpliendo las características específicas ahí marcadas y que se presenta en forma de placas rectangulares de textura lisa y con espesores y dimensiones variables.



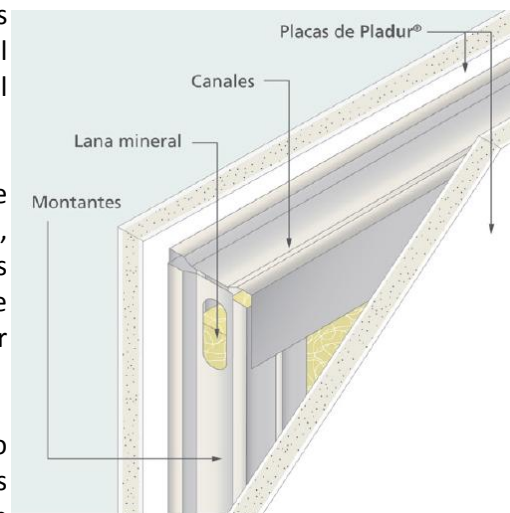
### 2.3.2 CARACTERÍSTICAS Y PRESTACIONES

#### 2.3.2.1 Definición y aplicaciones.

Las placas de yeso laminado (PYL) son elementos contruidos por un núcleo de yeso de origen natural recubierto por dos capas de celulosa especial multihoja.

Para su fabricación se admite la utilización de distintos aditivos (reguladores de fraguado, espumógenos, endurecedores, etc.) y agregados (fibras minerales, vegetales, etc.) con el fin de facilitar su proceso de fabricación o para conseguir placas con determinadas propiedades mejoradas.

Estos tabiques se pueden encontrar en la obra tanto como elementos de separación entre espacios interiores como revestimiento interior de un elemento exterior de cierre, es decir, como un trasdosado incluso pueden ejecutarse techos suspendidos continuos.



El tabique de yeso laminado no es desmontable y recuperable, sino que será siempre un elemento fijo, que no admite cambios de situación una vez que se haya ejecutado, aunque sí facilita su desmontaje en caso de necesitar hacer variaciones en la división interior.

#### 2.3.2.2 Material para su ejecución

##### C. Placas base

Están recogidas en este apartado todas aquellas placas cuyas diferentes configuraciones están conseguidas dentro de la propia línea de fabricación, donde se combinan, cambian o agregan los distintos elementos que la componen.

- Placa STD.- Es la placa estándar y definida anteriormente y en la Norma UNE 102.023.
- Placa H.- Es una PYL a cuyas celulosas multihoja se les realiza un tratamiento hidrófugo, así como a su alma de yeso. Sus características diferenciadores son:
  - Absorción de agua superficial:  $< 180 \text{ g/m}^2$ .
  - Absorción de agua total:  $< 5\%$  en peso de la placa seca.
- Placa F.- Placa estándar a cuya alma de yeso se la incorpora fibra de vidrio y/u otros componentes, con el fin de incrementar su resistencia al fuego.
- Placa MO.- Placa de yeso especial, configurada de tal manera que consiga una clasificación al fuego, con relación a su reacción frente a él, y a diferencia del resto de las placas, de MO incombustible según CPI 96.
- Placa AD.- Especialmente tratada para otorgar una mayor dureza superficial con relación al resto de las placas, siendo esta su característica diferenciadora, aparte de su mayor peso, y que viene definida por el diámetro de la huella, ante el ensayo bajo Norma UNE 102.035 que es:  $\varnothing < \text{de } 15 \text{ mm}$ .
- Transformados.- Se denominan así a los diferentes productos que se consiguen incorporando a las diferentes placas de yeso laminado distintos elementos, decorativos, o a aquellas placas que posteriormente a su fabricación se les aplica algún tipo de configuración especial a base de cortes, perforaciones, curvaturas, etc.

Estos transformados se subdividen en 3 grupos según el tipo de transformación:

- *Laminares:* Cuando a las placas se les adosa bien por su cara, por su dorso o por ambos, elementos laminares de diferente tipo que apenas afectan a su espesor.
- *Con aislante:* Cuando la transformación consiste en la incorporación a la placa por su dorso de paneles de aislantes de diferente tipo y espesor.
- *Especiales:* Se incluyen en este grupo todos aquellos transformados conseguidos por medio de manipulaciones especiales sobre la placa, cómo son cortes, curvaturas, perforaciones, etc.

#### **D. Estructura metálica**

Toda la estructura metálica portante de las PYL, estará formada cómo mínimo por perfiles de chapa galvanizada de acero base, del tipo DX51D (Fe Po 2 G), revestimiento Z-275 o más, aspecto estrella normal (N), acabado ordinario A, todo ello según EN-10.142-UNE 36.130 y espesores que deberán tener un valor nominal mínimo de 0,6 mm ( $\pm 0,05$ ) para elementos portantes directos de las placas o estructuras (estructura Primaria y Secundaria) y un valor nominal de 0,55mm ( $\pm 0,05$ ) para elementos determinantes de planos o niveles (Estructura Perimetral).

La estructura metálica, dependiendo de su función, se agrupa en las siguientes familias:

#### B.1 Estructura Primaria y Secundaria.

- Montantes.- Elementos portantes, en forma de 'C', a cuyo lado externo (inferior) se atornillan o bien las placas en número, tipo y espesor diferente o bien la estructura secundaria.

Tienen un ancho de aproximadamente 1mm menos que los indicados en los canales, para permitir su perfecto alojamiento en ellos, en caso de utilizarlos conjuntamente.

- Maestras.- Elementos portantes, en forma de 'Ω', que se fijan directamente a la estructura de la edificación o estructura primaria mediante distintos anclajes y a cuyo lado extremo se atornillan las placas en número, tipo y espesor diferente.

Las dimensiones de estos elementos pueden ser muy variables, siendo los anchos más comunes: 70, 72, 80, 82, 90 y 95mm.

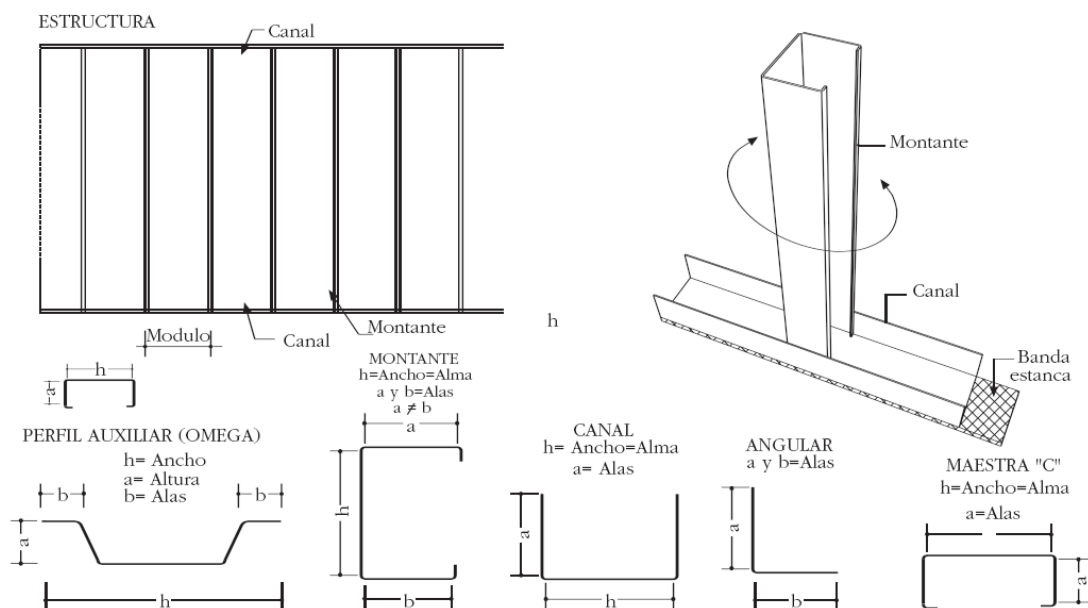
- Perfiles primarios Especiales.- Son todos aquellos perfiles de muy diferente configuración, en los que por lo general se incluyen hendiduras o formas especiales de tal manera que en éstas puedan encajarse directamente los perfiles que conforman la estructura secundaria.

Dada la diversidad de tipos, cada fabricante proporcionará sus correspondientes fichas técnicas.

#### B.1 Estructura Perimetral

- Canales.- Elementos horizontales en forma de 'U' que sirven de arranque y situación del plano. Las medidas más comunes (ancho) son: 20, 30, 36, 48, 70, 90, 100, 125 y 150 mm aproximadamente.
- Angulares.- Elementos horizontales en forma de 'L' con las mismas funciones que las canales. Las medidas más comunes (ancho) son: 24x24, 20x30, 24x30, 30x30 y 34x23 mm aproximadamente.

Nota: Las características específicas de los perfiles metálicos y las diferentes piezas, deberán dictaminarse por cada fabricante de PYL, con el fin de no variar los resultados técnicos de las unidades que conformen.



### E. Pastas de agarre

Son pastas especiales destinadas para la sujeción de las placas de yeso laminado a los diferentes muros soportes. Por lo general se presentan en sacos con material en polvo para amasar en obra. Pueden ser de diferentes tipos, según la naturaleza del muro soporte o de las placas a utilizar. En todos los casos es muy importante seguir las indicaciones y recomendaciones que figuran en los sacos o en las especificaciones técnicas del fabricante.

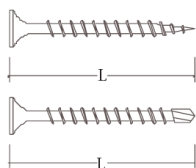
### F. Adhesivos y Cementos cola

Pueden utilizarse para la instalación de PYL sobre determinados muros soportes, diferentes adhesivos, cintas, o Cementos cola, normalmente acompañados por algunos anclajes directos al muro como seguridad adicional.

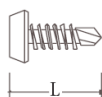
Suelen realizarse sobre paramentos antiguos con diferentes terminaciones, en obras de rehabilitación, reformas y decoración.

### G. Tornillos

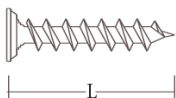
Pueden ser de varios tipos y están indicados para la unión de los diferentes elementos que componen los distintos sistemas de PYL.



- Tipo Placa-Metal (P): Diseñados para el atornillado de las placas a los perfiles metálicos. Nunca se deberán utilizar para la unión de perfiles entre sí. Son tornillos autoperforantes con punta de clavo o punta broca y cabeza de trompeta, con protección fosfatada o cadmiada. Las longitudes (L) son muy variables, oscilando entre 25 y 100mm.



- Tipo Metal-Metal (M): Para el atornillado de perfiles entre sí. Son tornillos, con punta normal o punta broca y cabeza “gota de sebo” con protección cadmiada o fosfatada. Las longitudes (L) más comúnmente utilizadas son: , 9.5, 13, 16 y 25 mm.



- Tipo Placa-Madera (N): Para atornillado de placas sobre estructura de madera. Son tornillos autoperforantes con punta de clavo, cabeza de trompeta y con protección fosfatada o cadmiada. Se presentan normalmente en longitudes (L) de 25, 35 y 45 mm.

## H. Pastas

- De Juntas: Indicadas para realizar el tratamiento de juntas entre dos placas consecutivas o entre éstas y otros elementos de contacto. Pueden ser en base yeso, otras cargas minerales u otros productos, existiendo diferentes tipos, bien de secado o fraguado normal, lento y rápido. Se pueden presentar en polvo para amasar o en botes con preparados listos al uso.
- De Acabado: Son pastas especiales destinadas para emplastecer los paramentos de las placas. Se pueden presentar en polvo para amasar o en botes con preparados listos al uso.
- Polivalentes: Están diseñadas para cubrir las funciones de agarre y de tratamiento de juntas, con un mismo producto. Se presentan en sacos con polvo para amasar.

## I. Cintas

En unión con las pastas están diseñadas para fortalecer el tratamiento de las juntas de cualquier tipo y dar al conjunto la imprescindible continuidad física necesaria. Pueden ser de varios tipos:

- De papel microperforado: Para ejecución de las juntas entre placas.
- De malla: Para la ejecución de juntas entre placas excepto casos de tratamiento mecánico.
- Cintas o perfiles guardavivos: Para proteger los cantos vivos de todos los Sistemas de PYL.

Nota: Todos los elementos auxiliares, perfiles, pastas, cintas y tornillos, están diseñados o recomendados por cada fabricante para la correcta terminación de los sistemas. La consecución de las propiedades establecidas para cada uno de ellos, está avalada por los correspondientes ensayos.



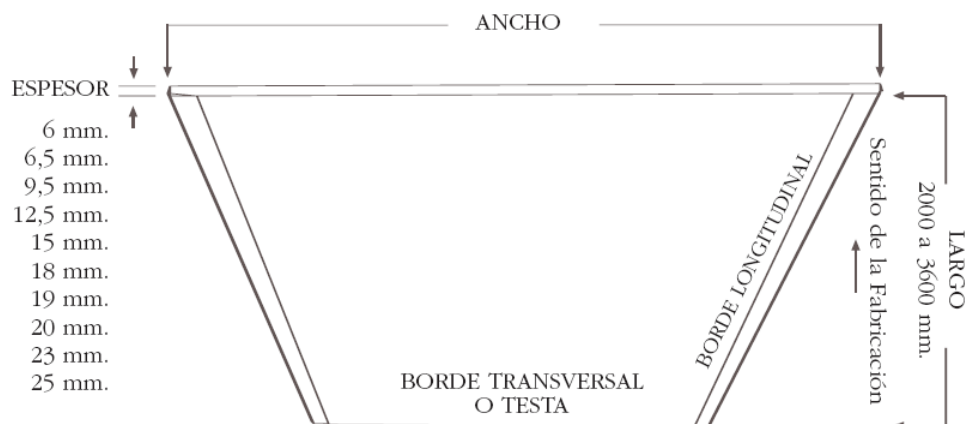
### 2.3.2.3 Dimensiones de las placas

Las dimensiones de las placas son muy variables en cuanto a longitud, ancho y espesor. A continuación se exponen los valores recomendables:

**Longitud:** Recomendables valores nominales comprendidos entre 2000 mm y 3600, con variaciones de 100 mm.

**Ancho:** Los valores nominales usuales son: 600, 625, 900, 1.200 y 1250 mm.

**Espesor:** Los espesores nominales más usuales son 6, 6.5, 9.5, 12.5, y 15 mm, no admitiéndose espesores inferiores a 6 mm.

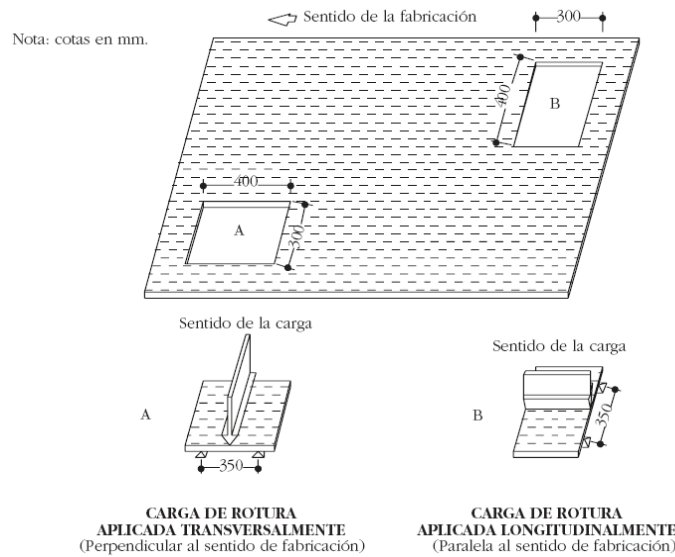


### 2.3.2.4 Resistencia a Flexotracción

La carga media de rotura, determinada según ensayo especificado en la Norma UNE 102.035, no debe ser inferior a los valores que figuran en la Norma UNE 102.023 y que son los siguientes:

Espesor mm	Carga de rotura Sentido longitudinal (A) N	Carga de rotura Sentido transversal (B) N
9.5	400	160
12.5	550	210
15.0	650	250
Otros espesores	43 x t	16,8 x t

t: Espesor nominal en mm



### 2.3.2.5 Durabilidad

Sometida la cara de la placa a un impacto de 2.5J, según el método descrito en la Norma UNE 102.035, no presentará rotura, ni fisuración, ni huella, de diámetro superior a 20mm.

Gracias a su ligereza, los sistemas de tabiquería de yeso laminado se caracterizan por su resistencia a la fisuración y no marcan ninguna exigencia particular a los elementos portantes de la construcción.

### 2.3.2.6 Conductividad Térmica

La cantidad de calor que la placa de yeso laminado deja pasar por su materia es inferior a la cantidad que deja pasar un enlucido de yeso tradicional o un enfoscado de cemento, lo que la hace más confortable y aislante que éstos. Su coeficiente de conductividad térmica medio a 0 °C es de:

$$\lambda = 0,18 \text{ W/m } ^\circ\text{C} \text{ (0,16 Kcal/hm } ^\circ\text{C)}$$

### 2.3.2.7 Peso

La placa de yeso laminado (PYL), tiene un peso variable según su tipo, que hace que pueda ser manejada por un solo hombre y que a la vez otorgue una gran densidad en poco espesor, haciéndola obtener excelentes características como componente de sistemas para aislamiento acústico, en el comportamiento global de éstos como masa-resorte-masa.

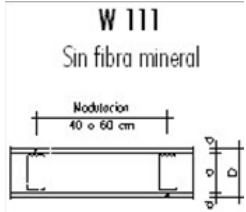
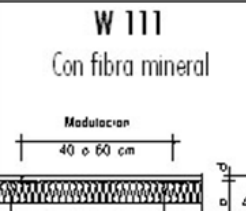


Debido al poco peso de los tabiques, la estructura de los edificios puede ser más ligera, lo que abarata sensiblemente los costes de la construcción.

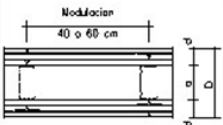
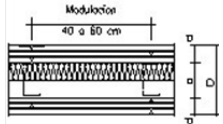
### 2.3.2.8 Aislamiento acústico

Las placas de yeso tienen una masa muy reducida, por lo que por sí solas no proporcionan un gran aislamiento acústico. Este aislamiento se suele obtener mediante la colocación de un material absorbente colocado en el interior de la cámara del tabique, o bien entre la placa de trasdosado y el elemento de soporte.

El sonido se propaga a través de materiales sólidos como pueden ser estructuras metálicas que soportan las placas o a través de los huecos que quedan sobre los plafones. Por tanto es importante que el tratamiento anti-sonido sea un proyecto conjunto de paredes, estructuras y techos para tener mayor efectividad.

Gracias a los datos obtenidos en los documentos técnicos de de la casas Pladur, se puede obtener el aislamiento acústico de diferentes particiones.

SISTEMAS	DATOS TÉCNICOS Y FÍSICOS			Peso Kg/m <sup>2</sup>	AISLAMIENTO ACÚSTICO Rw (dB)
	Dimensiones en mm				
	a	d	D		
<b>W 111</b> Sin fibra mineral 	48	12,5	73	21	34
		15	78	26	37
		18	84	31	38
	70	12,5	95	21	39
		15	100	26	39
		18	105	31	40
<b>W 111</b> Con fibra mineral 	48	12,5	73	22	42
		15	78	27	44
		18	84	32	44
	70	12,5	95	22	45
		15	100	27	46
		18	105	32	47
<b>W 112</b> Sin fibra mineral 	48	2x12,5	98	39	43
		2x15	108	49	43
	70	2x12,5	120	39	47
		2x15	130	49	47
	90	2x12,5	140	40	48
		2x15	150	49	48
<b>W 112</b> Con fibra mineral 	48	2x12,5	98	40	49
		2x15	108	50	49
	70	2x12,5	120	40	52
		2x15	130	50	52
	90	2x12,5	140	41	53
		2x15	150	50	53

SISTEMAS	DATOS TÉCNICOS Y FÍSICOS				AISLAMIENTO ACÚSTICO Rw (dB)	
	Dimensiones en mm			Peso Kg/m <sup>2</sup>		
	a	d	D			
<b>W 113</b> Sin fibra mineral 	70	3x12,5	145	57	48	
		3x15	160	72	48	
	90	3x12,5	165	58	52	
		3x15	180	72	53	
<b>W 113</b> Con fibra mineral 	70	3x12,5	145	58	57	
		3x15	160	73	57	
	90	3x12,5	165	59	58	
		3x15	180	73		

### 2.3.2.9 Resistencia al fuego

Clasificación al fuego: Todas las placas de yeso laminado están clasificadas como material **M1** - No inflamable o **MO** - Incombustible, según el tipo de placa. (Según ensayos realizados bajo Norma UNE-23-727-90).

El yeso laminado no es inflamable, es decir, no se incendia aún expuesto al fuego directo. Está hecho de sulfato de calcio hidratado ( $\text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ) y otros compuestos. Al exponerse al fuego, el sulfato de calcio pierde las moléculas de agua por evaporación, retardando la propagación del fuego por varios minutos. Al secarse o deshidratarse el sulfato de calcio se desintegra (craquela) y la placa se desmorona permitiendo finalmente el paso del fuego al otro lado del tabique.

Necesita ser instalado correctamente para servir de barrera contra el fuego pues cualquier perforación o espacio pequeño permitirá el paso del fuego aun cuando la placa no se haya desintegrado.

Como es lógico, una placa más gruesa resiste más tiempo el embate del fuego que otra del mismo tipo pero más delgada. Dos placas instaladas sobre la otra también ofrecen mayor resistencia al fuego, en estos casos es recomendable que los empalmes estén alterados para ofrecer mayor resistencia. Existen versiones especiales fabricadas con compuestos que resisten más tiempo al fuego.

### 2.3.2.10 Puesta en obra

#### A. Tareas previas

Comprobar que los forjados estén limpios, haciendo barrido minuciosamente antes de comenzar las tareas.

Verificar que se encuentren en obra los materiales necesarios para tenerlos a mano a la hora en que se estén ejecutando los tabiques de fábrica.

#### B. Replanteo

Deberá realizarse de una forma clara, y comprobada por la dirección de obra antes de iniciar los trabajos, ya que un correcto replanteo va a ser uno de los factores determinantes para una correcta puesta en obra de la tabiquería de placas de yeso laminado.

El replanteo de estos tabiques exige un mayor grado de complejidad, ya que al estar constituidos por un entramado metálico requerirán un doble replanteo, tanto en suelo como en techo, para la sujeción de los perfiles base, debiendo quedar marcada la situación de los huecos y cercos.

#### C. Ejecución

1º Se colocarán los canales o elementos horizontales. Los canales inferiores se colocarán sobre el solado terminado o base de asiento y los canales superiores se colocarán bajo los forjados ya enlucidos salvo que posteriormente se vayan a ejecutar falsos techos.

Los canales inferiores deberán llevar obligatoriamente en la superficie de apoyo o contacto con el soporte una cinta o banda estanca. (Figura C.1)

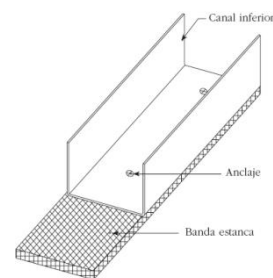


FIGURA C.1

Los anclajes a los soportes tanto inferior como superior deberán situarse como máximo cada 60 cm. En el inicio y final de los mismos estarán a 5 cm de los extremos del canal.

Los solapes entre canales deberán realizarse a tope y nunca por solape.

En las esquinas y ángulos de los trasdosados, los canales quedarán separados por el espesor de la placa o placas pasantes. Nunca se colocarán a tope. (Figura C.2)

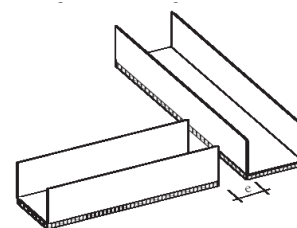


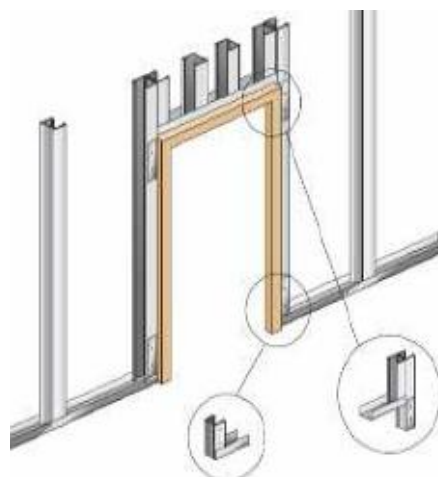
FIGURA C.2

En las zonas de paso de huecos y ventanas se alzarán sus extremos 15cm.

2º Se colocarán los montantes o elementos verticales, en el caso de los tabiques se pueden diferenciar tres tipos destacados:

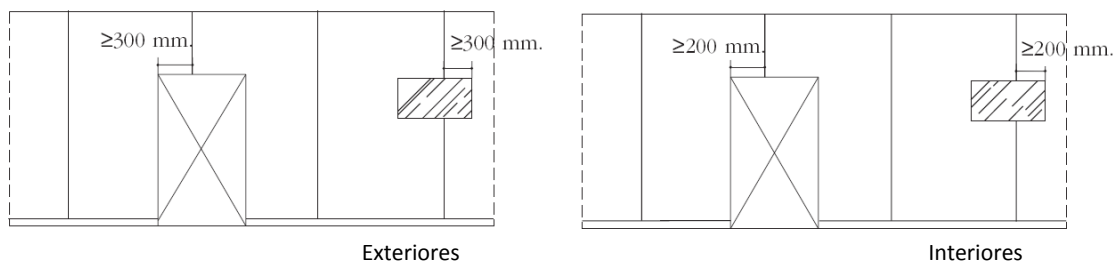
- De arranque con la obra gruesa u otras unidades ya ejecutadas:  
Los perfiles verticales de arranque deberemos fijarlos con anclajes cada 60 cm y en no menos de tres puntos a la obra ya ejecutada y fijarlos con tornillos tipo M a los canales inferior y superior. Estos perfiles de arranque deberán colocarse continuos de suelo a techo, si por razones imperativas (pasos de instalaciones) no puede ser así deberá mantenerse al menos un 60% del perfil en sus labores de arranque repartidos en la zona superior e inferior del arranque, siempre y cuando el hueco no supere 25 cm de forma continua.
  
- De modulación o intermedios:  
Se colocarán y encajarán por simple giro en los canales tanto superiores como inferiores, con una longitud de 8 a 10 mm más corta de la luz entre el suelo y techo y no se atornillarán a ellos salvo los denominados fijos. La separación máxima de estos montantes será de 60 cm.  
Los montantes se colocarán en el mismo sentido excepto los de final y los lógicos de huecos de paso.  
En caso de que los montantes sean de menos longitud que la luz entre suelo y techo podrán solaparse bien entre ellos o bien con piezas auxiliares. La longitud de solape será de 24 cm para montantes de 48 mm; 35 cm para montantes de 70 mm y 45 cm para montantes de 90 mm.  
Este solape se realizará con tornillos tipo M o mediante punzonado.
  
- Fijos:  
Son aquellos montantes que determinan puntos especiales del tabique y tienen su posición específicamente en él (esquinas, arranques, huecos de paso, etc). Deberán atornillarse en su posición con tornillos tipo M, fijándolos mediante punzonado a los canales inferior y superior.  
Estos montantes nunca romperán la modulación general de los montantes, uno por cada tabique coincidente.  
Se sujetará el montante de arranque del tabique a realizar a la placa del tabique ya instalado mediante anclajes de expansión, patillas o paraguas cada 30 cm.  
En casos de tabique de gran longitud, se deberán realizar juntas de dilatación cada 15 m como mínimo, respetando las propias del edificio.

3º En las zonas de huecos de paso y ventanas, los perfiles que conforman las jambas del hueco serán unidos mediante punzonado a los canales superiores e inferiores. En la zona del dintel, se colocará un canal doblando sus extremos en 90º como mínimo 15 cm que abrazarán a los montantes de conformación de jambas o laterales de huecos. Se unirán mediante punzonado con tornillos tipo M. En caso de huecos de ventanas se realizará la misma operación en la zona del antepecho.



RECERCADO DE HUECOS

En el recercado de huecos, las placas se colocarán por el sistema de bandera, es decir sin hacer coincidir las juntas entre placas con las líneas de las jambas en las zonas de dinteles y antepechos. El trozo menor que debe introducirse sobre esas líneas no será nunca menos de 30 cm en caso de cercos exteriores y 20 cm en caso de cercos interiores.



4º Las instalaciones de fontanería, calefacción y electricidad deberán encontrarse con las tomas de planta en espera para su distribución por el interior del tabique; de la misma manera los conductos de ventilación, bajantes, etc. deberán estar colocados.

5º Para el atornillado de las placas, éstas se colocarán en posición longitudinal respecto a los perfiles verticales, de modo que sus juntas longitudinales coincidan siempre con un perfil.

En el caso de que fuera necesario solapar placas en vertical, las juntas no deben ser coincidentes en la misma horizontal. El solape mínimo será de 40 cm.



Las placas de yeso laminado permiten un fácil corte, por lo que se puede realizar todo tipo de ajustes antes de su colocación, y no forzarlas nunca para que encajen en su sitio. Se deben repasar con cepillo los bordes cortados.

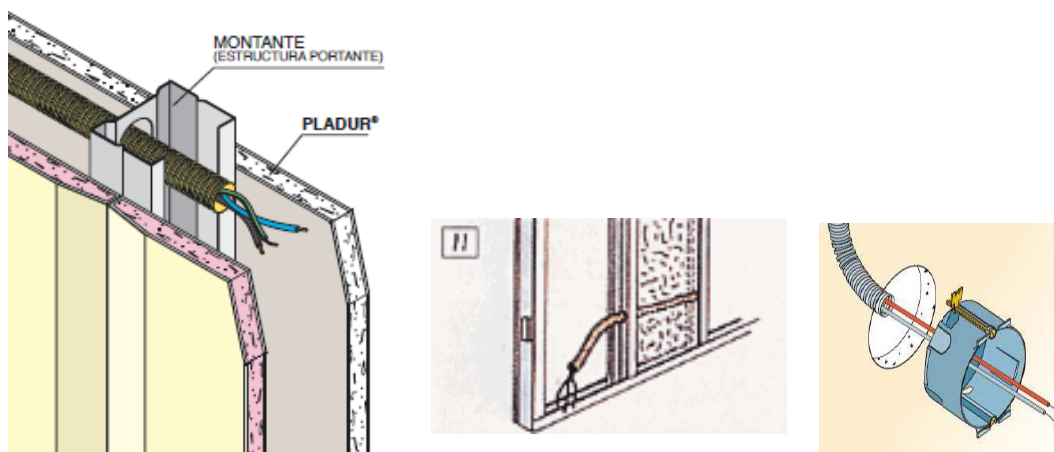
Las placas se fijarán a todos los perfiles mediante tornillos tipo P, colocados cada 25 cm. La longitud del tornillo será igual al espesor de la placa o placas + 10 mm.

Los tornillos del borde longitudinal de la placa se colocarán a 10 mm y a tope de techo. Los tornillos de los bordes transversales o testas de las placas se situarán a no menos de 15 mm de estos bordes.

Las placas quedarán separadas del suelo entre 10 y 15 mm y a tope de techo, debiéndose de ayudar calzando las placas con cuñas en su parte baja para evitar que descendan por su peso.

**6º** Las instalaciones que se necesitan ubicar en el interior de los tabiques, tanto eléctricas como de fontanería, irán entre las dos placas, jugando un papel determinante las perforaciones que presentan los montantes verticales, diseñadas especialmente para alojar las instalaciones.

La colocación de las instalaciones se deberán realizar una vez se haya montado una de las caras de paneles sobre la estructura metálica, por lo que será necesaria una buena coordinación de los distintos oficios. Una vez que se introduzcan todas las instalaciones se procederá al cerrado del tabique con la otra cara de paneles.



*Instalaciones en el interior de las particiones*

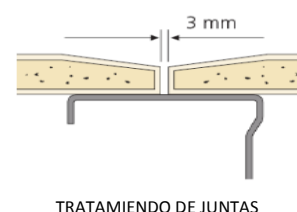
**7º** Una vez se ha montado el tabique o el trasdosado, será necesario que se realice una operación de tratamiento de juntas con el fin de dejar las superficies perfectamente preparadas para recibir el acabado final.

Este tratamiento de juntas requiere una serie de fases que se deben de realizar en el siguiente orden:

- Plastecido de la superficie entre placas con pasta de juntas que nos suministrará el fabricante.
- Colocación y planchado de la pasta de juntas.
- Tapado de la cinta con pasta de juntas.
- Capa de terminación, con el objeto de dejar un paramento de iguales características.
- Plastecido de la cabeza de los tornillos de las placas para que no aparezcan bajo la pintura.

Este tratamiento de juntas se puede realizar de forma manual o a máquina. Esto dependerá del tamaño de la obra, para obtener rendimientos de ejecución elevados.

**8º** Lo último que se debe realizar es una aplicación de imprimación para igualar la porosidad de todas las zonas, siendo la imprimación de tipo vinílico o sintético.



Con todo esto se habrá obtenido un paramento listo para pintar o empapelar.



### 2.3.2.11 Resumen de rendimientos y valoraciones

A continuación se presentan varios precios descompuestos de diferentes particiones realizadas con placas de yeso laminado, según el IVE (Instituto Valenciano de la Edificación)

UNIDAD DE OBRA 1			
Tabique compuesto por una estructura galvanizada de 46mm, con canales como elemento horizontal y montantes como elemento vertical, con una separación entre ejes de 40cm, y doble placa de yeso laminado y de 6mm de espesor, listo para pintar, incluso replanteo, preparación, corte y colocación de las placas y estructura soporte, nivelación y aplomado, formación de premarcos, ejecución de ángulos y paso de instalaciones, acabado de juntas, parte proporcional de mermas, roturas, accesorios de fijación y limpieza.			
RENDIMIENTO	DESCRIPCIÓN	PRECIO	IMPORTE
0,400 h	Oficial 1ª Construcción	21,80	8,72
0,400 h	Peón especializado construcción	20,83	8,33
4,300 m <sup>2</sup>	PI YL normal 6mm	5,78	24,85
0,800 m	Cnl rail 30x48x0.6mm p/pnl yeso	1,63	1,30
3,300 m	Montante 46x36x0.6mm p/pnl yeso	2,08	6,86
30,000 u	Tornillo 25mm p/pnl yeso	0,02	0,60
20,000 u	Tornillo 45mm p/pnl yeso	0,03	0,60
2,700 m	Banda papel microperforado alt r	0,06	0,16
0,700 kg	Pasta junta panel yeso s/cinta	3,06	2,14
0,400 kg	Pasta ayuda panel yeso	1,56	0,62
20 %	Costes Directos Complementarios	40,31	1,08
<b>PRECIO POR m<sup>2</sup></b>			<b>55,26 €</b>

UNIDAD DE OBRA 2			
Tabique compuesto por una estructura galvanizada de 70mm, con canales como elemento horizontal y montantes como elemento vertical, con una separación entre ejes de 60cm, y doble placa de yeso laminado y de 9.5mm de espesor, listo para pintar, incluso replanteo, preparación, corte y colocación de las placas y estructura soporte, nivelación y aplomado, formación de premarcos, ejecución de ángulos y paso de instalaciones, acabado de juntas, parte proporcional de mermas, roturas, accesorios de fijación y limpieza.			
RENDIMIENTO	DESCRIPCIÓN	PRECIO	IMPORTE
0,400 h	Oficial 1ª Construcción	21,80	8,72
0,400 h	Peón especializado construcción	20,83	8,33
4,300 m <sup>2</sup>	PI YL normal 9.5mm	4,21	18,10
0,800 m	Cnl rail 30x70x0.6mm p/pnl yeso	2,06	1,65
2,300 m	Montante 70x40x0.6mm p/pnl yeso	2,57	5,91
30,000 u	Tornillo 25mm p/pnl yeso	0,02	0,60
20,000 u	Tornillo 45mm p/pnl yeso	0,03	0,60
2,700 m	Banda papel microperforado alt r	0,06	0,16
0,700 kg	Pasta junta panel yeso s/cinta	3,06	2,14
0,400 kg	Pasta ayuda panel yeso	1,56	0,62
20 %	Costes Directos Complementarios	46,83	0,94
<b>PRECIO POR m<sup>2</sup></b>			<b>47,77 €</b>

### UNIDAD DE OBRA 3

Tabique compuesto por una estructura galvanizada de 90mm, con canales como elemento horizontal y montantes como elemento vertical, con una separación entre ejes de 60cm, y doble placa de yeso laminado y de 12.5mm de espesor, listo para pintar, incluso replanteo, preparación, corte y colocación de las placas y estructura soporte, nivelación y aplomado, formación de premarcos, ejecución de ángulos y paso de instalaciones, acabado de juntas, parte proporcional de mermas, roturas, accesorios de fijación y limpieza.

RENDIMIENTO	DESCRIPCIÓN	PRECIO	IMPORTE
0,400 h	Oficial 1ª Construcción	21,80	8,72
0,400 h	Peón especializado construcción	20,83	8,33
4,300 m <sup>2</sup>	PI YL normal 12.5mm	4,47	19,22
0,800 m	Cnl rail 30x90x0.6mm p/pnl yeso	2,47	1,98
2,300 m	Montante 90x40x0.6mm p/pnl yeso	3,02	6,95
30,000 u	Tornillo 25mm p/pnl yeso	0,02	0,60
20,000 u	Tornillo 45mm p/pnl yeso	0,03	0,60
2,700 m	Banda papel microperforado alt r	0,06	0,16
0,700 kg	Pasta junta panel yeso s/cinta	3,06	2,14
0,400 kg	Pasta ayuda panel yeso	1,56	0,62
20 %	Costes Directos Complementarios	49,32	0,99
<b>PRECIO POR m<sup>2</sup></b>			<b>50,31 €</b>

### CONCLUSIÓN

De estos tres precios descompuestos se puede observar que los precios de la fábrica disminuyen a medida que aumenta la separación entre los ejes de montante. Esto se debe a que los rendimientos de los montantes se reducen cuanto mayor sea la separación entre ejes de montante, por lo que se reduce el importe del metro cuadrado de tabique de placas de yeso laminado.

Algo a tener en cuenta a la hora de elegir este tipo de partición a colocar en obra, es que se utiliza mano de obra especializada, lo que encarece el coste de la obra.

### 3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA THERMAL-WALL

# CAPÍTULO 3

## DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA THERMAL-WALL

### 3.1 INTRODUCCIÓN

Una vez estudiados los sistemas más utilizados en el mercado actual, en este apartado se va a realizar una completa descripción del sistema alternativo que se propone en este estudio, el Thermal-wall.

### 3.2 THERMAL-WALL

#### 3.2.1 INTRODUCCIÓN

Hoy en día, no se tiene consciencia de que los edificios de nuestras vidas usan más energía que los automóviles. Calefacción, aire acondicionado, la iluminación y el uso de electricidad consumen enormes cantidades de energía.

El método que se indica en este capítulo es una nueva forma de combinar los materiales que han existido en el mercado durante muchos años en un ahorro de tiempo, la construcción de energía eficiente. Los edificios construidos con esta tecnología aumentan sensiblemente los niveles de confort.

#### 3.2.2 CARACTERÍSTICAS Y PRESTACIONES

##### 3.2.2.1 Definición y aplicaciones

Se denomina tabique compuesto por placas de poliestireno expandido, sin función estructural, colocados uno junto a otros y sobre otros, ordenadamente y machihembrados, pudiendo utilizar para su unión un mortero *Eco-revoque*.

Estos tabiques se pueden encontrar en la obra tanto como elementos de separación entre espacios interiores como revestimiento exterior de cierre, es decir, como un trasdosado.

Además de esto, también pueden ejecutarse para revestimiento de techos mejorando el confort higrotérmico además de ganando altura libre por planta. Incluso es posible utilizarlo en obra nueva, utilizando un producto en la cara exterior del muro llamado *Fermacell*.

### 3.2.2.2 Material para su ejecución

#### A. Poliestireno Expandido

El poliestireno expandido (EPS) es un material plástico espumado, derivado del poliestireno y utilizado en el sector de la construcción.

En el sector de la construcción, tanto en la edificación como en las obras de ingeniería civil nos encontramos con numerosas aplicaciones del Poliestireno Expandido – EPS. Placas y paneles de aislamiento termoacústico, casetones y bovedillas para forjados, moldes de encofrado, juntas de dilatación, elementos decorativos interiores, bloques de EPS para dotar ligereza a terraplenes de carreteras, pantalanes flotantes, islas artificiales...

Esta extensa presencia de debe a las extraordinarias cualidades y propiedades de este material entre las que destacan su elevada capacidad de aislamiento térmico, su ligereza, sus propiedades de resistencia mecánica, su adecuado comportamiento frente al agua y resistencia a la difusión del vapor de agua y, en comparación con otros materiales, su versatilidad en forma y prestaciones que se concretan en una amplia gama.



PLANCHAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO

La utilización del EPS en la construcción aporta además beneficios medioambientales principalmente derivados de su función de aislante térmico y por la utilización de un material que lleva implícito un bajo consumo de recursos materiales y energéticos.

#### Propiedades Físicas del EPS

##### - RESISTENCIA MECÁNICA

La densidad del material guarda una estrecha correlación con las propiedades de resistencia mecánica.

Tensión de compresión ( $\sigma_{10}$ ) –UNE-EN-286. Esta propiedad se requiere en los productos de EPS sometidos a carga, como suelos, cubiertas, aislamiento perimetral de muros, etc. En la práctica la deformación del EPS en estas aplicaciones sometidas a carga es muy inferior al 10%.

Los productos de EPS tienen una deformación por fluencia de compresión del 2% o menos, después de 50 años, mientras estén sometidos a una tensión permanente de compresión de  $0,30 \sigma_{10}$ .

- AISLAMIENTO TÉRMICO

Los productos y materiales de poliestireno expandido presentan una excelente capacidad de aislamiento térmico frente al calor y al frío. De hecho, muchas de sus aplicaciones están directamente relacionadas con esta propiedad. Esta buena capacidad de aislamiento térmico se debe a la propia estructura del material que esencialmente consiste en aire ocluido dentro de una estructura celular conformada por el poliestireno. Aproximadamente un 98% del volumen del material es aire y únicamente un 2% materia sólida (poliestireno). De todos es conocido que el aire en reposo es un excelente aislante térmico. La capacidad de aislamiento térmico de un material está definida por su coeficiente de conductividad térmica  $\lambda$  que en el caso de los productos de EPS varía, al igual que las propiedades mecánicas, con la densidad aparente.

- COMPORTAMIENTO FRENTE AL AGUA Y VAPOR DE AGUA

El EPS no es higroscópico. Incluso sumergiendo el material completamente en agua los niveles de absorción son mínimos con valores oscilando entre 1% y el 3% en volumen (ensayo por inmersión después de 28 días). Al contrario de lo que sucede con el agua en estado líquido el vapor de agua sí puede difundirse en el interior de la estructura celular del EPS cuando entre ambos lados del material se establece un gradiente de presiones y temperaturas. Para determinar la resistencia a la difusión del vapor de agua se utiliza el factor adimensional  $\mu$  que indica cuantas veces es mayor la resistencia a la difusión del vapor de agua de un material con respecto a una capa de aire de igual espesor (para el aire  $\mu = 1$ ). Para los productos de EPS el factor  $\mu$ , en función de la densidad, oscila entre el intervalo  $\mu = 20$  a  $\mu = 100$ . Como referencia, la fibra de vidrio tiene un valor  $\mu = 1$  y el poliestireno extruido  $\mu = 150$ .

- ESTABILIDAD DIMENSIONAL

Los productos de EPS, como todos los materiales, están sometidos a variaciones dimensionales debidas a la influencia térmica. Estas variaciones se evalúan a través del coeficiente de dilatación térmica que, para los productos de EPS, es independiente de la densidad y se sitúa en los valores que oscilan en el intervalo  $5-7 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ , es decir entre 0,05 y 0,07 mm por metro de longitud y grado Kelvin. A modo de ejemplo, una plancha de aislamiento térmico de poliestireno expandido de 2 metros de longitud y sometida a un saldo térmico de 20º C experimentará una variación en su longitud de 2 a 2,8mm.

- ESTABILIDAD FRENTE A LA TEMPERATURA

Además de los fenómenos de cambios dimensionales por efecto de la variación de temperatura descritos anteriormente el polistireno expandido puede sufrir variaciones o alteraciones por efecto de la acción térmica. El rango de temperaturas en el que este material puede utilizarse con total seguridad sin que sus propiedades se vean afectadas no tiene limitación alguna por el extremo inferior (excepto las variaciones dimensionales por contracción). Con respecto al extremo superior el límite de temperaturas de uso se sitúa alrededor de los 100º C para acciones de corta duración, y alrededor de los 80º C para acciones continuadas y con el material sometido a una carga de 20 kPa.

#### - COMPORTAMIENTO FRENTE A FACTORES ATMOSFÉRICOS

La radiación ultravioleta es prácticamente la única que reviste importancia. Bajo la acción prolongada de la luz UV, la superficie del EPS amarillea y se vuelve frágil, de manera que la lluvia y el viento logran erosionarla. Dichos efectos pueden evitarse con medidas sencillas, en las aplicaciones de construcción con pinturas, revestimientos y recubrimientos.

#### Propiedades Biológicas del EPS

El poliestireno expandido no constituye substrato nutritivo alguno para los microorganismos. Es imputrescible, no enmohece y no se descompone. No obstante, en presencia de mucha suciedad puede hacer de portador de microorganismos, sin participar en el proceso biológico. Tampoco se ve atacado por las bacterias del suelo. El EPS no tiene ninguna influencia medioambiental perjudicial no es peligroso para las aguas. Se pueden adjuntar a los residuos domésticos o bien ser incinerados. En cuanto al efecto de la temperatura, mantiene las dimensiones estables hasta los 85º C. No se produce descomposición ni formación de gases nocivos.

#### Propiedades Biológicas del EPS

Las materias primas del poliestireno expandido son polímeros o copolímeros de estireno que contienen una mezcla de hidrocarburos de bajo punto de ebullición como agente de expansión. Todos ellos son materiales combustibles. El agente de expansión se volatiliza progresivamente en el proceso de transformación. El 10% residual requiere de una fase de almacenamiento durante un tiempo función de las especificaciones del producto: dimensiones, densidad, etc. En caso de manipulación de productos sin esta fase de almacenamiento se tomarán medidas de prevención contra incendios. Al ser expuestos a temperaturas superiores a 100ºC, los productos de EPS empiezan a reblandecerse lentamente y se contraen, si aumenta la temperatura se funden. En ausencia de un foco de ignición de los productos de descomposición térmica no se inflaman hasta alcanzar temperaturas del orden de los 400 – 500 ºC. El desarrollo y la amplitud del incendio depende, además de la intensidad y duración del mismo, de las propiedades específicas de las materias primas utilizadas en la fabricación del poliestireno expandido: estándar (M4) o autoextinguible (M1). Un material tratado con agentes ignigugantes (autoextinguible) se contrae si se expone a una llama. Sólo empezará a arder si la exposición se prolonga, a una velocidad de propagación muy baja, las llamas se propagan sólo en la superficie del material. Para calibrar las diferentes situaciones de riesgo que comporta el empleo de EPS, deben tenerse en cuenta factores derivados de su contenido, su forma y su entorno. El comportamiento al fuego de los materiales de EPS puede modificarse aplicando recubrimientos y revestimientos.

## B. Megaplus

El *Megaplus* es un tipo de mortero, utilizado para unir las placas de poliestireno expandido, semejante al mortero cola, no obstante con propiedades mejoradas. La composición de este mortero es de cemento blanco, mica, yeso y látex.

El cemento blanco debe su color a la ausencia de óxidos férricos ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), que son los que le dan el característico color gris al cemento. También presenta cantidades reducidas de Mn en su composición. Para suplir la carencia de óxidos de hierro, se suele añadir óxido de calcio (CaO), fluorita ( $\text{CaF}_2$ ) o criolita ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ).

La composición química de los cementos blancos varía según el tipo resistente y el fabricante, pero la cantidad de óxido férrico no supera el 1%, siendo este porcentaje menor cuanto más blanco sea el cemento.

Los cementos blancos poseen características mecánicas similares a las de los cementos grises. Existen cementos de las clases resistentes tipo I hasta tipo II, pero por su composición, no resisten condiciones agresivas, como el contacto con el agua de mar. Posee propiedades específicas de fraguado (ajustables), resistencia a la compresión y color entre otras. Estas propiedades son conferidas por su proceso de fabricación y por las materias primas, que aportan los compuestos químicos primordiales para el cemento.

La mica es un mineral perteneciente a un grupo numeroso de silicatos de alúmina, hierro, calcio, magnesio y minerales alcalinos caracterizados por su fácil exfoliación en delgadas láminas flexibles, elásticas y muy brillantes, dentro del subgrupo de los filosilicatos. Su sistema cristalino es monoclinico. Generalmente se las encuentra en las rocas ígneas tales como el granito y las rocas metamórficas como el esquisto. Las variedades más abundantes son la biotita y la moscovita.

Las micas figuran entre los minerales más abundantes de la naturaleza. En total constituyen aproximadamente 3,8% del peso de corteza la terrestre, encontrándose, fundamentalmente en rocas intrusivas ácidas y esquistos micáceos cristalinos. Se encuentra en la naturaleza junto con otros minerales (cuarzo, feldespato) formando vetas dentro de rocas, generalmente, duras. Es necesario realizar voladuras de las rocas para después eliminar los minerales extraños y obtener así la llamada mica en bruto. El rendimiento de esta explotación es muy bajo. Normalmente se cifra en un 1% a un 2%, raramente se llega al 10%. La mica en bruto es posteriormente exfoliada, recortada y exfoliada de nuevo para pasar a ser clasificada de acuerdo con el tamaño de los cuadrados obtenidos. Posteriormente, es clasificada de nuevo atendiendo a la transparencia, contenido de minerales extraños, lisura de la superficie, etc.

El yeso es un producto preparado a partir de la piedra natural denominada aljez (sulfato de calcio dihidrato:  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), mediante deshidratación, al que puede añadirse en fábrica determinadas adiciones de otras sustancias químicas para modificar determinadas adiciones de otras sustancias químicas para modificar sus características de fraguado, resistencia, adherencia, retención de agua y densidad, que una vez amasado con agua, puede ser utilizado directamente.



El látex natural es una suspensión acuosa coloidal compuesta de grasas, ceras y diversas resinas gomosas obtenida a partir del citoplasma de las células laticíferas presentes en algunas plantas angiospermas y hongos. Es frecuentemente blanco, aunque también puede presentar tonos anaranjados, rojizos o amarillentos dependiendo de la especie, y de apariencia lechosa.

Este mortero cola es un adhesivo cementoso para la fijación de las placas de poliestireno expandido.

Una de las características más importante que poseen es la adherencia, tanto la adherencia mecánica, basada en la penetración de la cola o adhesivo en los poros de los materiales a ensamblar, como la adherencia química, basada en la unión química por contacto entre el adhesivo y la pieza.

El mortero *Megaplus* posee un alto porcentaje en látex (33%). El látex le proporciona mayor adherencia, cohesión interna, mayor resistencia al desgaste y a los agentes agresivos moderados, menor riesgo de fisuración y menor tendencia de disecación prematura (pérdida brusca de agua)

### C. Eco-revoque

El *Eco-revoque* es un mortero utilizado como revestimiento de las placas de poliestireno expandido. Este mortero tiene una composición de cemento blanco, mica, látex, un alto contenido de sílice y dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ). Además tiene alto contenido de material reciclado (60%).

El cemento blanco, la mica y el látex se han comentado anteriormente, por lo que se van a desarrollar las características del dióxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ) y la sílice u óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ).

La sílice es el mineral más abundante en la naturaleza. Ocho elementos componen cerca del 99% de la textura de la corteza terrestre. Estos elementos se asocian para formar los minerales. Los minerales silicatados y la sílice predominan en la mayoría de las rocas comunes, excepto la caliza.

Los principales minerales de la sílice u óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) son el cuarzo, la calcedonia y el ópalo. Se encuentra cuarzo en la mayoría de las rocas magmáticas sedimentarias y metamórficas. Es un elemento característico de los granidos, los neises y las cuarcitas.

Una de las características más importantes es la dureza del mineral, posee una dureza de 7 en la escala de Mohs debido a su textura dura y cristalina. Puede encontrarse en diferentes colores dependiendo de su formación y pureza, puede ser blanco, transparente, amarillo, rosa, etc.

Otra de las propiedades muy a tener en cuenta es que posee el más bajo coeficiente de expansión por calentamiento que cualquier otra sustancia conocida. Además es insoluble.

Entre sus propiedades físicas, destaca su punto de ebullición, de 2230 °C, su punto de fusión de 1703 °C, su densidad de 2,2 g/cm<sup>3</sup> y su masa modular de 60,1 g/mol.

Además posee identificadores químicos de:

Inflamabilidad 0. "Materiales que no se queman."

Salud 0. "Materiales bajo cuya exposición en condiciones de incendio no existe otro peligro que el del material combustible ordinario"

Inestabilidad / Reactividad 0. "Materiales que por sí son normalmente estables aún en condiciones de incendio y que no reaccionan con el agua.

El dióxido de Titanio (TiO<sub>2</sub>) se encuentra en diferentes minerales: rutilo, anatasa, brookita, octahedrita, ilmenita, en los cuales posee diferentes estructuras y proporciones.

Puede ser preparado por combinación directa de titanio y oxígeno, por tratamiento de sales de titanio en solución acuosa, por reacción de compuestos volátiles de titanio con oxígeno, oxidación o hidrólisis de compuestos orgánicos de titanio.

Es insoluble en agua, ácido clorhídrico, ácido sulfúrico frío, y su reactividad depende del tratamiento térmico previo.

Entre sus propiedades físicas, destaca su punto de ebullición, de 5432 °C, su punto de fusión de 3380 °F, su densidad de 4,2 g/cm<sup>3</sup> y su masa modular de 79,9 g/mol.

Una de las propiedades más importantes que tiene este compuesto es la propiedad fotocatalítica y blanqueante. La fotocatalisis es un fenómeno natural, por el que una sustancia llamada fotocatalizador, activa un fuerte proceso de oxidación mediante la acción de la luz natural o artificial que provoca la transformación de sustancias orgánicas e inorgánicas nocivas en compuestos totalmente inofensivos, es decir, la fotocatalisis acelera los procesos de oxidación que existen en la naturaleza. Favorece una descomposición más rápida de los contaminantes y evita su acumulación.

Además posee identificadores químicos de:

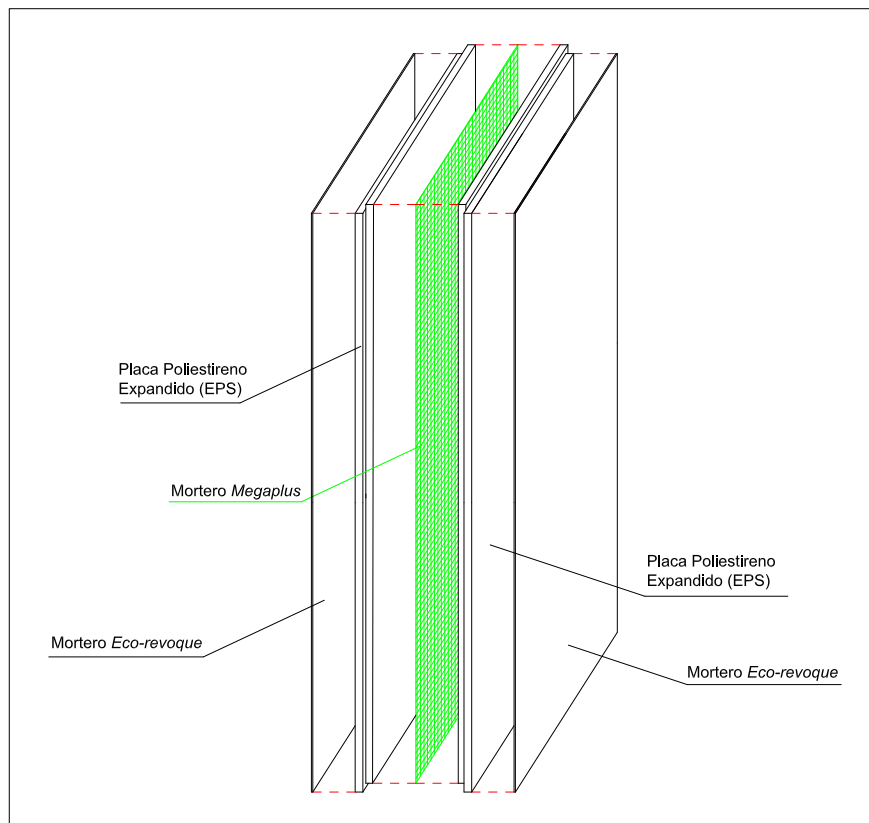
Inflamabilidad 0. "Materiales que no se queman"

Salud 1. "Materiales que causan irritación, pero solo daños residuales menores aún en ausencia de tratamiento médico."

Inestabilidad / Reactividad 0. "Materiales que por sí son normalmente estables aún en condiciones de incendio y que no reaccionan con el agua.

El mortero "Eco-revoque" tiene todas las propiedades de un mortero convencional pero además contiene un alto contenido de sílice lo que le proporciona una gran dureza, dióxido de Titanio que le concede la propiedad fotocatalítica y látex que le añade más adherencia.

Los materiales mencionados hasta ahora en este apartado son los que conforman el tabique de thermal-wall tanto para particiones interiores como para ser utilizado en trasdosados.



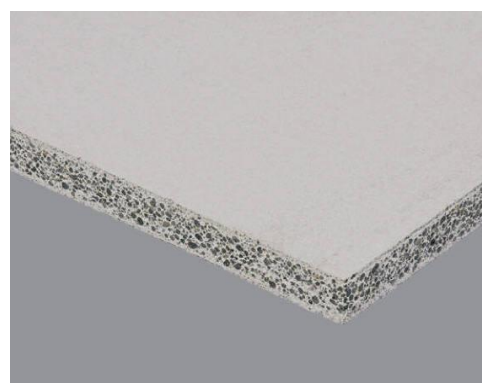
El Thermal-wall viene preparado de fábrica en placas de 1,25 x 0,60 m de longitud.

A continuación se tratará el material que se utilizará como elemento exterior, el fermacell y las posibles soluciones de acabado que se ofrecen con este tipo de material.

#### D. Fermacell

El panel de exteriores *Fermacell* es un panel compuesto de cemento armado con fibras de vidrio. El peso se mantiene ligero por los agregados en forma de granulado de arcilla expandida (en la capa central) y granulado de espuma de vidrio reciclado (en las capas exteriores). Los paneles están a disposición en los formatos estandarizados de 2600 x 1250 x 15 mm y 3000 x 125 x 15 mm.

*Fermacell* alcanza su acreditada calidad mediante un concepto general convincente que empieza con su elaboración. Los paneles, compuestos por yeso y fibra de celulosa, obtenida del reciclaje de papel. En las líneas de producción controladas por ordenador, una mezcla homogénea de estas dos materias primas naturales, con la adición de agua – y sin ningún aditivo aglutinante – se prensa, sometida a alta compresión, para crear un panel de excelente estabilidad y olor neutro que, tras un secado, es



PLACA DE FERMACELL

cortado en los formatos necesarios. Un proceso de producción innovador y enteramente ecológico sometido a severos controles de calidad.

Destaca por su alta resistencia a la flexotracción y compresión, gracias al armado de fibras de vidrio alcali-resistentes con autorización oficial para su utilización como material constructivo.

#### Características a destacar:

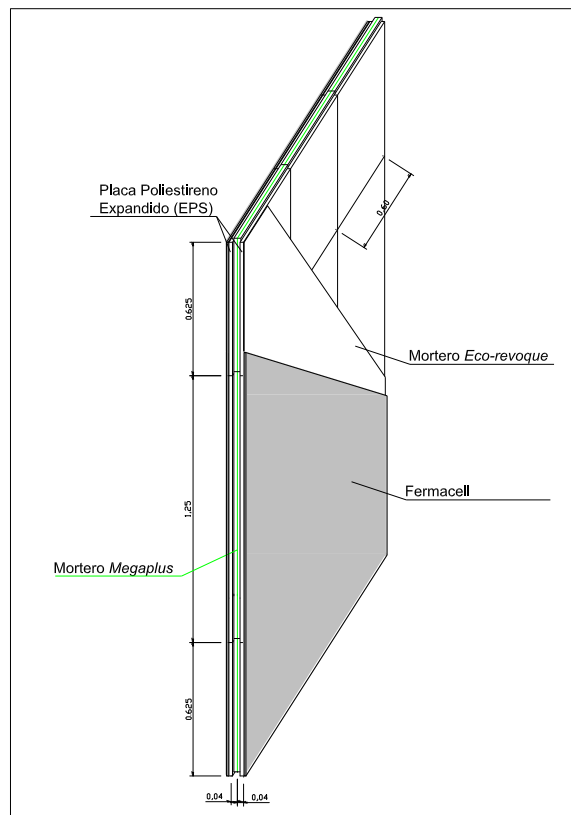
- **PROTECCIÓN A LA INTERPERIE.**  
El enlucido exterior se aplica directamente sobre la superficie del panel, sin la necesidad de un sistema compuesto de aislamiento térmico exterior. Los paneles no necesitan protección a la intemperie (lluvias, etc.) durante la fase constructiva.
- **FUNCIÓN ESTÁTICA.**  
Empleo como elemento portante o rigidizador en paredes exteriores, asumiendo tareas como el arriostramiento contra viento, la rigidización de las paredes así como del descenso perpendicular de la carga.
- **PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO.**  
Composición puramente mineral sin ningún componente combustible (clasificación A1 de “materiales de construcción incombustibles” según la norma DIN 4102 – equivalente a MO en España).
- **AISLAMIENTO ACÚSTICO.**  
Los ensayos de varios Institutos certifican la excelente capacidad de aislamiento acústico de los paneles exteriores *Fermacell*.
- **COMPATIBILIDAD AMBIENTAL Y PROTECCIÓN DE LA SALUD.**  
El cortado o taladrado de los paneles no representa ningún peligro para la salud. Como material de construcción puramente mineral, los paneles son enteramente reciclables. A través de construcción pueden volver a formar parte del círculo de materiales reciclados en forma de áridos.
- **NUEVO CAMPO DE PANELADO EXTERIOR.**  
El panel de exteriores *Fermacell* es apto para su empleo como revestimiento de fachada, con o sin cámara de aire, garantizando una protección duradera a la intemperie (Autorización Oficial Z-9.1-187 del Instituto Alemán para Técnicas de la Construcción concedida a los paneles *Fermacell*)

**VALORES NOMINALES DEL PRODUCTO**

Densidad	1000 kg/m <sup>3</sup>
Peso por m <sup>2</sup>	15 kg/m <sup>2</sup>
Resistencia a la flexión	>3,5 N/mm <sup>2</sup>
Resistencia a la compresión (perpendicular al plano del papel)	6 N/mm <sup>2</sup>
Módulo elástico a flexión	4500±500 N/mm <sup>2</sup>
Clasificación al fuego según DIN a 102 (incombustible)	A1 (equivalente M0 en España)
Resistencia a la difusión de vapor de agua μ *	40
Conductividad térmica λ <sub>R</sub>	0,4 W/(m K)
Humedad de equilibrio	Aprox. 7%

\* en paneles de exteriores junto con un sistema autorizado de refuerzo de juntas y de enlucido.

El Instituto Rossenheim de Alemania ha analizado las materias primas del panel Fermacell, su proceso de fabricación y el producto final, y ha determinado que Fermacell es recomendable por su valor bioconstructivo. En definitiva, un panel plenamente ecológico para una arquitectura sana y sostenible, recomendado especialmente para mejorar la habitabilidad de la vivienda garantizando un excelente confort ambiental.



CERRAMIENTO THERMAL-WALL CON FERMACELL

### E. Superficie de Acabado

El muro Thermal-wall es óptimo por su versatilidad ya que pueden aplicarse directamente sobre él pinturas, tapicerías, papeles o incluso alicatado (utilizando paneles de fermacell). Su homogénea estructura permite además aplicar y retirar el acabado varias veces sin alterar sus propiedades.

Sobre los paneles se pueden aplicar sin problemas todo tipo de plaquetas y azulejos de material cerámico. Se recomiendan los adhesivos de cemento reforzado con plástico, resina de reacción y dispersión. Las zonas bajo el efecto del agua, como el área de la ducha o la bañera, se deben estanqueizar de forma adicional. Una imprimación y una película impermeabilizante en las zonas más expuestas al agua es el tratamiento más adecuado.

Los tabiques Thermal-wall también admiten pinturas comunes, como pinturas al látex, de dispersión o plásticas. Admite además la aplicación de todo tipo de tapicería o empapelado, con engrudo o cualquier cola comercial, aunque sean de fibra gruesa.

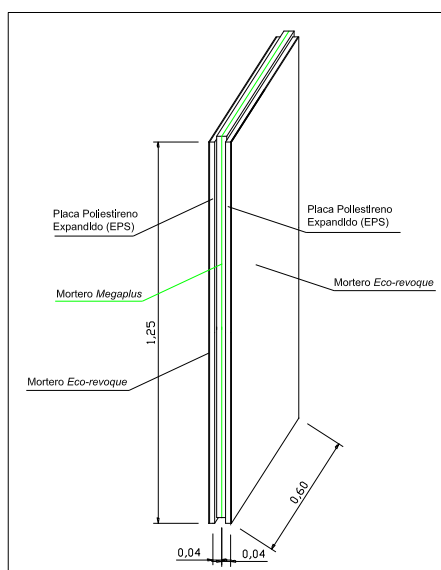
#### 3.2.2.3 Dimensiones de las placas

Estas son las dimensiones de las placas según la norma UNE EN 822 y UNE EN 823.

PROPIEDADES		UNIDADES	VALOR
Longitud		mm	1250
Anchura		mm	600 (±1)
Espesores		mm	30 – 40 – 50 – 60 – 70 – 80 – 90 – 100
Tolerancia	Espesor > 50 mm	mm	-2/ +2
	Espesor de 50 a 100 mm	mm	-2 / +3

Los espesores más utilizados en función de la aplicación para la que son utilizados son de:

- Para compartimentación interior: 2 x 4 cm.
- Para trasdosados: 2 x 3 cm
- Para cerramiento exterior: 2 x 4 cm (+ placa Fermacell e=1.5cm)



DIMENSIONES DE LAS PLACAS DE THERMAL-WALL

### 3.2.2.4 Resistencia a compresión

Una de las características mecánicas a destacar del Thermal-wall es la resistencia a compresión.

Según los ensayos establecidos en las normas UNE EN 826 y UNE EN 1606, los valores establecidos son los siguientes:

PROPIEDADES	UNIDADES	VALOR
Resistencia a compresión al 10% de deformación por carga o rotura [CS(10/Y)300]	kPa	300
Resistencia a compresión bajo carga continua (fluencia a compresión)		En 50 años y bajo una compresión de 90 kPa la deformación será:
CC (2,0/1,5/50) 90 espesores de 30 a 60 mm		<2,0%
CC (1,5/1,5/50) 90 espesores > 60mm		<1,5%

### 3.2.2.5 Durabilidad

La durabilidad del producto Thermal-wall es una de sus características más importantes y apreciadas, ya que existen pocos materiales que puedan resistir el paso del tiempo de una forma tan favorable y sin cuidados de mantenimiento.

Gracias a su ligereza, el sistema de tabiquería Thermal-wall se caracterizan por su resistencia a la fisuración y no marcan ninguna exigencia particular a los elementos portantes de la construcción.

### 3.2.2.6 Conductividad Térmica

El Thermal-wall es un material que tiene unas excelentes propiedades térmicas. Esto es debido a los materiales que lo componen, especialmente el poliestireno expandido, material que es utilizado como aislante en cerramientos y particiones realizadas con ladrillo cerámico.

El poliestireno expandido es una espuma plástica de carácter termoplástico constituida por un conjunto de partículas de estructura celular cerrada unidas íntimamente entre sí. En la transformación se somete a la materia prima a la acción del vapor de agua, de forma que las pequeñas perlas de poliestireno expandible aumentan su volumen hasta 50 veces, aprisionando gran cantidad de aire en su interior. Es el aire aprisionado el que proporciona a los productos de poliestireno expandido sus excelentes cualidades como aislante térmico.

La transmitancia que se obtiene con este material, cumple con las exigencias del Código Técnico de la Edificación (CTE).

PARTICIONES INTERIORES		
Mortero <i>Eco-revoque</i>	<b>0,371 W/m<sup>2</sup>K</b>	<b>CUMPLE CTE</b>
Placa Poliestireno Expandido e = 4 cm		
Placa Poliestireno Expandido e = 4 cm		
Mortero <i>Eco-revoque</i>		

Siendo la exigencia según la norma, para particiones interiores verticales que limitan las unidades de uso con sistema de calefacción previsto en el proyecto con las zonas comunes del edificio no calefactadas, la transmitancia térmica máxima es de 1,2 W/m<sup>2</sup>K, y para que separen espacios habitables, y estos últimos a su vez estén en contacto con el exterior la transmitancia máxima es de 1,07 W/m<sup>2</sup>K.

Como se puede observar en la tabla, las particiones interiores cumplen con lo establecido en el Código Técnico de la Edificación.

Por lo que, se puede obtener una conclusión clara, el sistema Thermal-wall como tal es suficiente para cumplir el CTE.

### 3.2.2.7 Peso

Otra de las características a tener en cuenta en los tabiques de este material es su ligereza. El peso de un tabique de Thermal-wall es variable en función del espesor de las placas de poliestireno expandido.

El peso de una placa de 1,25 x 0,60 m compuesto por dos placas de poliestireno expandido de 4 cm de espesor cada una, pegadas entre sí por mortero *Megaplus* y revestidas de una capa de mortero *Eco-revoque* es de 6,5kg por lo tanto, un metro cuadrado únicamente pesa 8,67 kg.

Esta propiedad hace del Thermal-wall un producto muy interesante e idóneo ya que supone que sea muy fácil de transportar y manejar, lo que agiliza los tiempos de colocación, algo muy valorado hoy en día en la construcción.

Debido al poco peso de los tabiques, la estructura de los edificios puede ser más ligera, lo que abarata sensiblemente los costes de construcción.

### 3.2.2.8 Aislamiento acústico

Para conseguir un buen aislamiento acústico el material utilizado debe ser poco rígido y al mismo tiempo que sea más plástico que elástico para que pueda disipar la energía. El proceso de elastificación dota al poliestireno expandido de propiedades adecuadas para el aislamiento acústico.

El Thermal-wall cumple con estas dos características, esto lo hace un buen aislante acústico.



### 3.2.2.9 Expansión por humedad

El Thermal-wall es un producto que goza de una buena estabilidad dimensional y frente a la temperatura.

En el ensayo realizado según la Norma UNE EN 1604, el Thermal-wall sometido a unas condiciones específicas de temperatura y humedad: 48 horas a 23°C y 90% RH experimenta una variación en su longitud menor de 0,1%, una variación de anchura menor de 0,5% y una variación de espesor menor al 0,1%.

Además de poseer estas características, el Thermal-wall está revestido de mortero Eco-revoque, lo que lo protege frente a los posibles factores atmosféricos

### 3.2.2.10 Resistencia al fuego

El comportamiento de un producto en reacción al fuego se relaciona tanto con su aplicación final como con las propiedades fundamentales del material y el ataque térmico. Debe por tanto ensayarse el comportamiento del producto para reflejar su aplicación final. Un producto y un producto en su aplicación final de uso puede por tanto tener diferente comportamiento y clasificación.

El poliestireno expandido tratado con aditivos ignifugantes y ensayado como material obtiene una clasificación E que indica que supera el ensayo de inflamabilidad. Por lo tanto el poliestireno expandido no es inflamable, es decir, no se incendia aún expuesto al fuego directo.

Los ensayos según UNE EN 13501-1 para elementos comunes de EPS cubierto de mortero resultaron con una clasificación B-S<sub>1</sub>d<sub>0</sub>. La parte de humos de esta clasificación, el S<sub>1</sub>, es la mejor clasificación posible para una construcción, lo que significa que hay muy poca o ninguna contribución a la producción de humo.

Los revoques mejoran la resistencia al fuego. Según la literatura técnica internacional, el efecto de los mismos es disminuir el shock térmico inicial, al rato de iniciado los ensayos los revoques se desprenden.

### 3.2.2.11 Puesta en obra

#### A. Tareas previas

Antes de comenzar con los trabajos específicos de tabiquería, debe estar ejecutado el cerramiento de la fachada, aunque en ciertos casos, algunas divisiones interiores pueden comenzarse antes, por ejemplo: la caja de escaleras y ascensores.

Comprobar que los forjados estén limpios, habiendo barrido minuciosamente antes de comenzar las tareas.

Verificar que se encuentren en obra los precercos de madera para recibirlos a medida que se van ejecutando los tabiques de Thermal-wall.

## B. Replanteo

Antes de empezar la construcción del tabique, es necesario replantear sobre el suelo el diseño y las dimensiones del mismo.

Con la ayuda de la escuadra de replanteo, la cinta métrica y la bota de trazar, se marcan todas las referencias que delimitan la zona donde se va a levantar el tabique, así como la posición exacta de las puertas.

## C. Ejecución

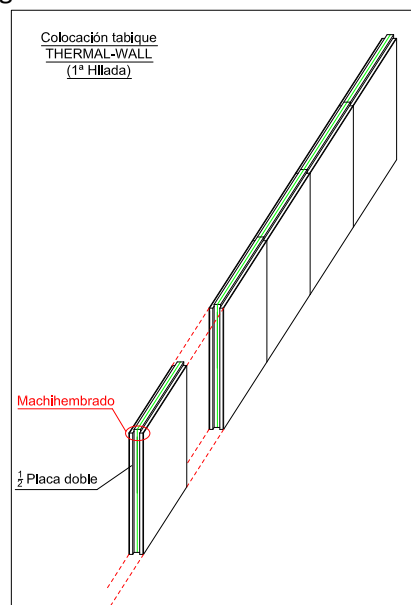
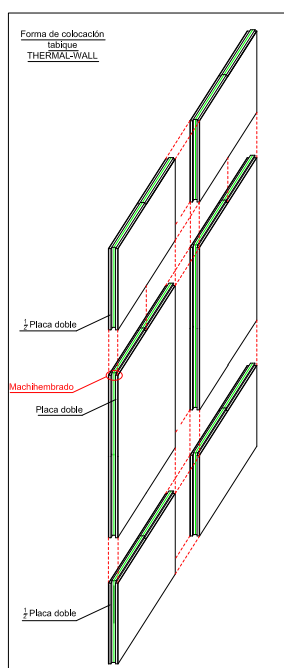
Habiendo concluido el replanteo, se colocan los premarcos cuidando que concuerden las medidas tomadas del tabique en ejecución.

Con las placas previamente preparadas, se coloca la placa de dimensiones 0,625 x 0,60 m como primera hilada de forma machihembrada unas con otras. Se realiza de esta forma para facilitar el replanteo y colocación de la primera placa, ya que si la placa tuviese unas dimensiones mayores, su colocación podría entrañar errores de precisión. (Ver dibujo)

Las hiladas sucesivas se seguirán ejecutando de forma machihembrada y haciendo coincidir las juntas verticales, de esta forma y debido a las dimensiones de las placas, la ejecución se realiza con mucha más rapidez a cualquiera de los dos sistemas estudiados con anterioridad, lo que repercute de manera importante en el tiempo de mano de obra empleada y por consecuencia, en el precio final del producto en su puesta en obra.

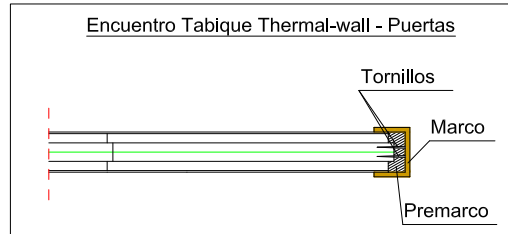
En estos tabiques es suficiente con colocar dos cordeles horizontales en toda la altura libre de la vivienda. Estos cordeles se sujetan a las miras para mantener la horizontalidad y verticalidad de los tabiques.

Para la última hilada, se deja una holgura de 2 cm antes de llegar al forjado, que se rellenará posteriormente, al menos transcurridas 24 horas, con mortero *Eco-revoque*. De esta manera, se previene de probables fisuras en las uniones de tabique y forjado por los movimientos normales que los forjados tienen al entrar en carga.

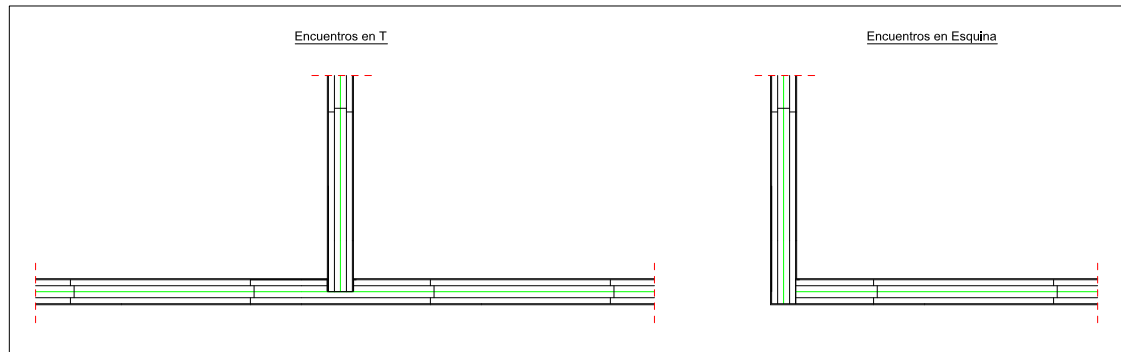


Una característica importante de este sistema de tabiquería es que su peso tan ligero hace que sea muy manejable, propiedad que cualquier operario tiene muy en cuenta. Además debido al poco peso de las placas, la estructura del edificio puede ser más ligera, lo que abarata sensiblemente los costes de la construcción.

Los encuentros de los tabiques y los precercos se realizarán conforme al dibujo siguiente:



La unión entre tabiques tanto encuentros en T como en esquina, se realizan de la siguiente forma:



Los encuentros con elementos estructurales (por ejemplo pilares) se solucionan realizando un trasdosado con el propio Thermal-wall para que el encuentro no sea solidario y evitar con ello la aparición de futuras fisuras que pueden aparecer.

Finalizando, comprobar que se encuentre aplomada, plana, que no se haya roto ninguna placa, cuidando la horizontalidad de las hiladas y verticalidad de la tabiquería.

Las rozas en tabiques para empotrar tubos o cajas de las instalaciones se realizarán con una máquina especializada y diseñada para ello, sin degollar el tabique, tomándose para ello las precauciones necesarias. (Ver imagen)

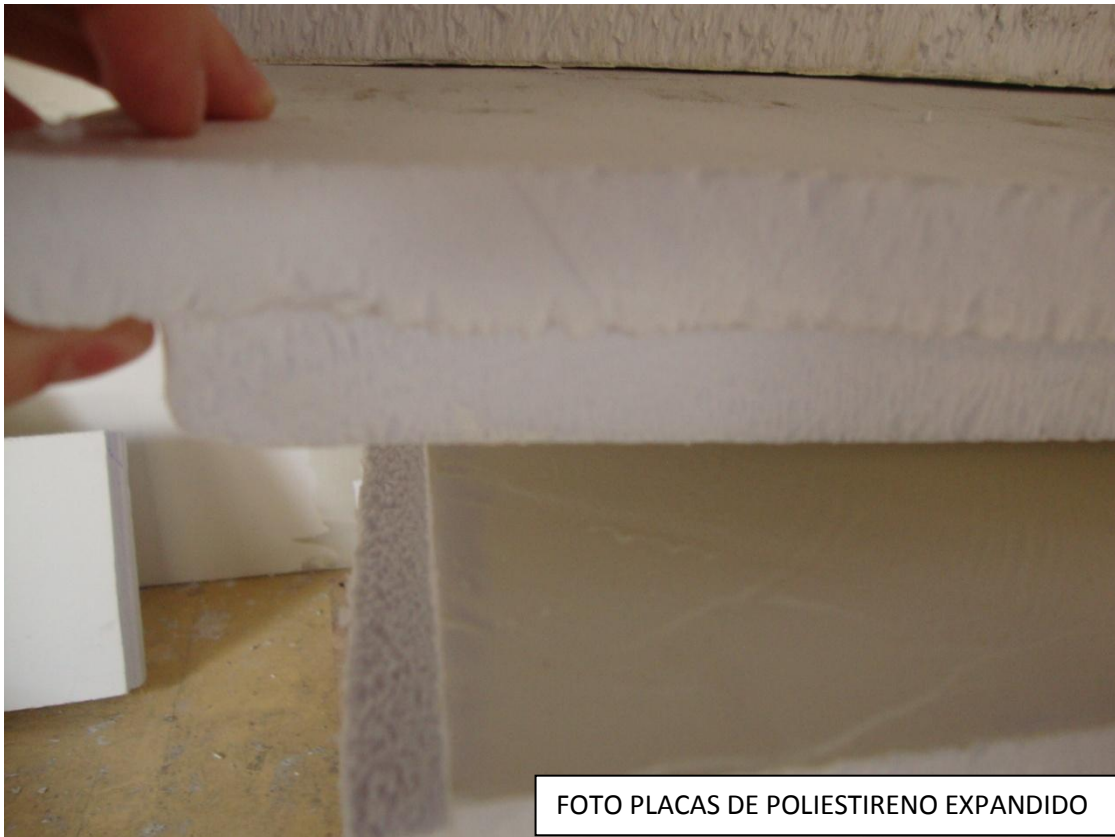


FOTO PLACAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO



FOTO PLACAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO

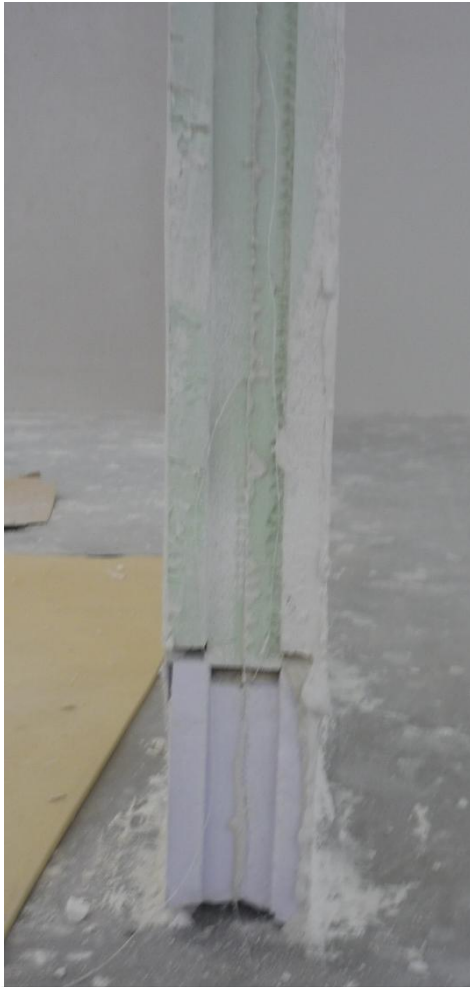


FOTO MACHIHEMRADO INFERIOR



FOTO MACHIHEMRADO INTERMEDIO



FOTO TABIQUE THERMAL-WALL



FOTO TABIQUE THERMAL-WALL

### 3.2.2.12 Resumen de rendimientos y valoraciones

A continuación se presentan los precios descompuestos de cerramientos y particiones realizados con thermal-wall. Estos datos han sido facilitados por la *Fundación investigación e innovación para el desarrollo social*.

UNIDAD DE OBRA 1			
Cerramiento de dos hojas de Thermal-wall de 8,4 cm de espesor, realizada con placas de 60 x 125 x 4 cm recibidas con mortero <i>megaplus</i> en el interior y mortero eco-revoque, colocadas de forma machihembrada, revestida por el exterior con panel de <i>fermacell</i> de 260 x 125 x 1,5 cm y revestimiento monocapa por un lado y el otro revestido con mortero <i>eco-revoque</i> y pintura, incluso replanteo, nivelación y aplomado, mermas y roturas, limpieza de las piezas, considerando un 3% de pérdidas y un 30% de mermas de mortero.			
RENDIMIENTO	DESCRIPCIÓN	PRECIO	IMPORTE
0,280 h	Oficial 1ª Construcción	21,80	6,10
0,280 h	Peón especializado construcción	21,20	5,93
1,00 m <sup>2</sup>	Thermal-wall	7,15	7,15
1,00 m <sup>2</sup>	Fermacell	11,05	11,05
0,015 m <sup>3</sup>	Mortero monocapa	71,90	1,08
0,100 l	Pintura	5,20	0,52
25 %	Costes Directos Complementarios	31,83	7,95
<b>PRECIO POR m<sup>2</sup></b>			<b>39,78 €</b>

UNIDAD DE OBRA 2			
Tabique de dos hojas de Thermal-wall de 8,4 cm de espesor, realizada con placas de 60 x 125 x 4 cm recibidas con mortero <i>megaplus</i> en el interior y mortero eco-revoque, colocadas de forma machihembrada, revestida con mortero <i>eco-revoque</i> y pintura, incluso replanteo, nivelación y aplomado, mermas y roturas, limpieza de las piezas, considerando un 3% de pérdidas y un 30% de mermas de mortero.			
RENDIMIENTO	DESCRIPCIÓN	PRECIO	IMPORTE
0,250 h	Oficial 1ª Construcción	21,80	5,45
0,250 h	Peón especializado construcción	21,20	5,30
1,00 m <sup>2</sup>	Thermal-wall	7,15	7,15
0,100 l	Pintura	5,20	0,52
25 %	Costes Directos Complementarios	18,42	4,60
<b>PRECIO POR m<sup>2</sup></b>			<b>23,05 €</b>

### 3.2.3 RESUMEN COMPARATIVO

PROPIEDADES	FÁBRICA LADRILLO	YESO LAMINADO	THERMAL-WALL
Resistencia Compresión/Flexotracción	2	2	2
Conductividad térmica	2	1	3
Peso	1	2	3
Aislamiento acústico	2	2	2
Resistencia al fuego	3	2	2
Puesta en obra	1	2	3
Rendimientos y valoraciones	1	1	3
<b>TOTAL</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>18</b>

- 1: Malo
- 2: Bueno
- 3: Excelente

#### 3.2.3.1 Conclusión

Como muestra la tabla resumen, en la que se han valorado todas las características que se han estudiado en los dos capítulos anteriores con 1, 2 y 3 según se consideren malo, bueno o excelente respectivamente, se observa que en el cómputo total de todas ellas, el sistema Thermal-wall obtiene la calificación más alta.

Esto hace del Thermal-wall un producto muy a tener en cuenta en la construcción de hoy en día.

## 4. REHABILITACIÓN DE VIVIENDA EJEMPLO PRÁCTICO



## CAPÍTULO 4

### REHABILITACIÓN DE VIVIENDA. EJEMPLO PRÁCTICO

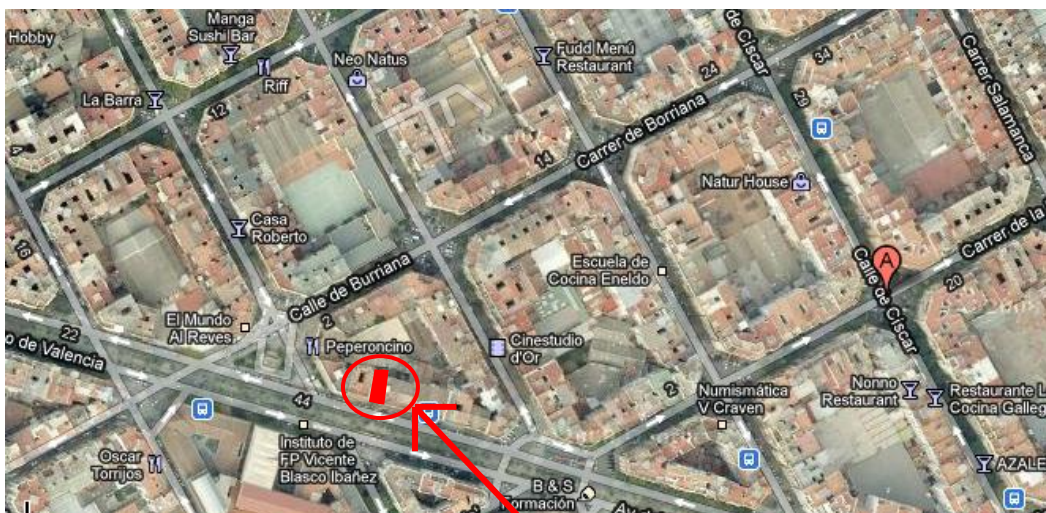
#### 4.1 INTRODUCCIÓN

Una de las aplicaciones más interesantes del Thermal-wall es la de trasdosado de cerramientos exteriores, en este capítulo se va a estudiar a través de un ejemplo práctico, la forma en la que la colocación de este tipo de material mejora sensiblemente el confort higrotérmico de la vivienda.

Todo ello se ha estudiado conforme a lo establecido en el Código Técnico de la Edificación, en su Documento Básico DB He Ahorro de Energía.

#### 4.2 VIVIENDA PROPUESTA

La rehabilitación se va a realizar en una vivienda situada en la Avenida del Reino de Valencia, nº 39 en la zona del ensanche de Valencia.

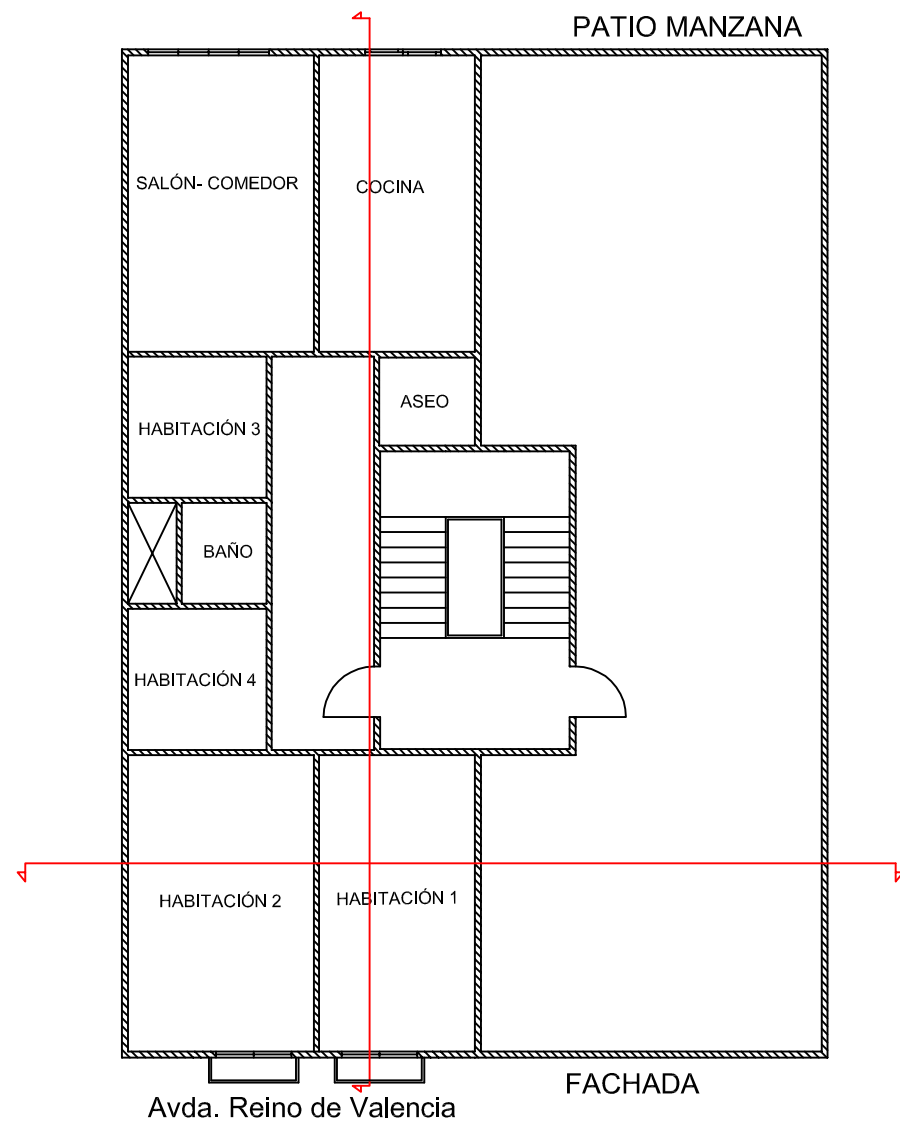


La vivienda consta de un salón-comedor, una cocina, un baño, un aseo y cuatro habitaciones. Este es el cuadro de superficies construidas y útiles de la vivienda objeto de estudio:

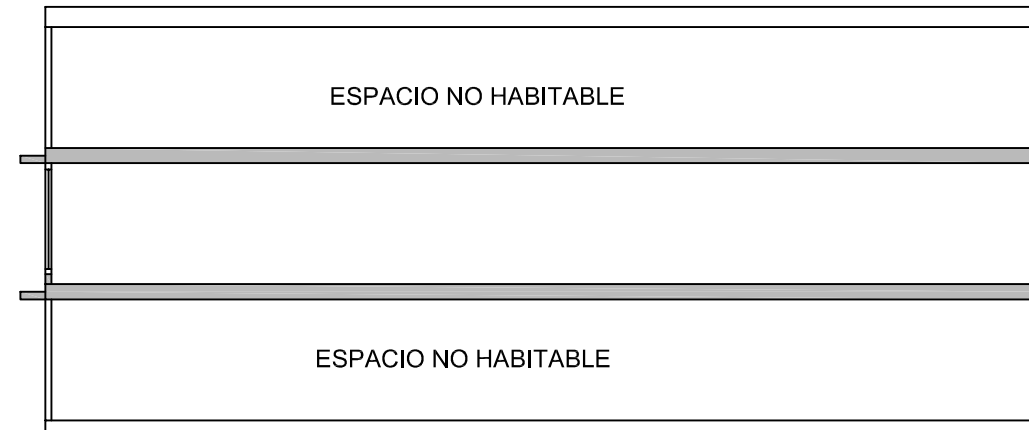
HABITACIÓN	SUPERFICIE ÚTIL
SALÓN-COMEDOR	21,70m <sup>2</sup>
COCINA	18,17 m <sup>2</sup>
HABITACIÓN 1	18,17 m <sup>2</sup>
HABITACIÓN 2	21,69 m <sup>2</sup>
BAÑO	3,36 m <sup>2</sup>
DORMITORIO 3	7,68 m <sup>2</sup>
DORMITORIO 4	7,68 m <sup>2</sup>
ASEO	3,30m <sup>2</sup>
<b>TOTAL</b>	<b>94,07 m<sup>2</sup></b>

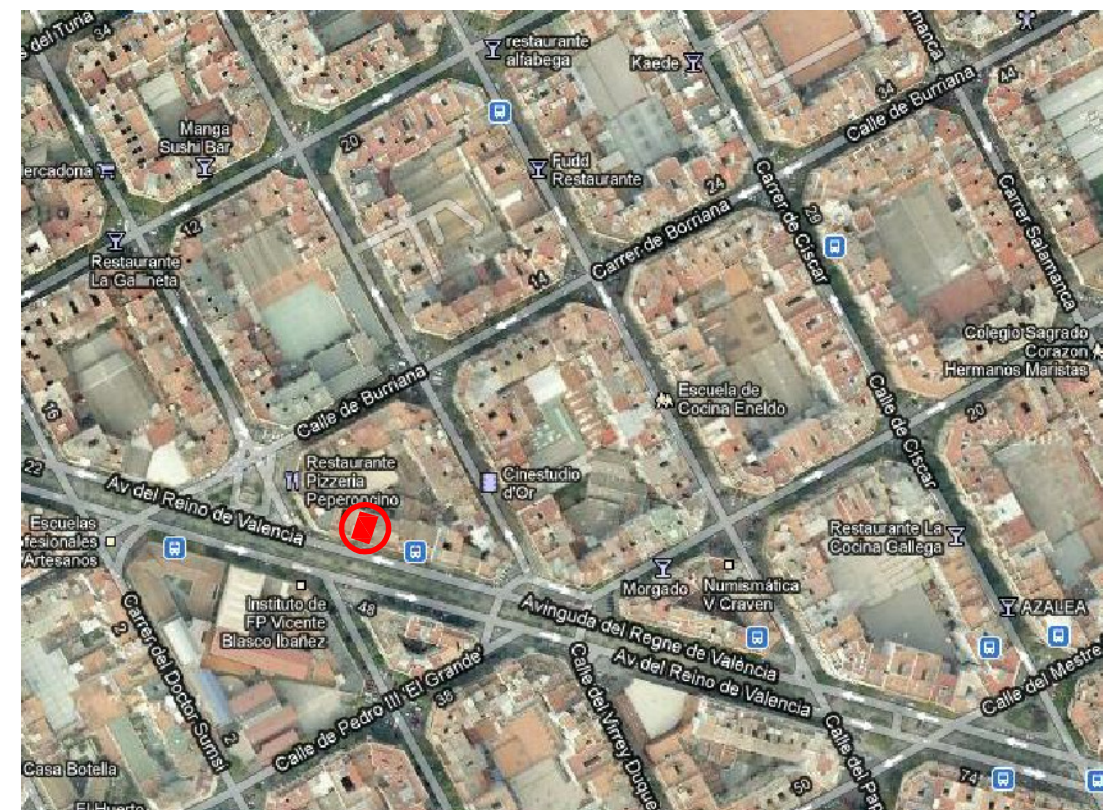
<b>SUPERFICIE CONSTRUIDA</b>	<b>128,12 m<sup>2</sup></b>
------------------------------	-----------------------------



**PLANTA**



**SECCIÓN LONGITUDINAL**



Plano de la ciudad de Valencia

ESPACIO NO HABITABLE	ESPACIO NO HABITABLE
ESPACIO NO HABITABLE	ESPACIO NO HABITABLE
ESPACIO NO HABITABLE	ESPACIO NO HABITABLE

**SECCIÓN TRANSVERSAL**



REHABILITACIÓN DE VIVIENDA.  
EJEMPLO PRÁCTICO

ESCALA 1/150

## 4.3 EXIGENCIAS DEL CTE. DB-HE

### 4.3.1 Introducción

En este apartado se presenta el documento del Código Técnico de la Edificación referido al ahorro energético y en el que nos hemos apoyado para realizar los procedimientos necesarios para establecer los cálculos oportunos.

El procedimiento de verificación utilizado es la opción simplificada ya que se cumplen todos los requisitos para poder emplear este método.

### 4.3.2 Objeto

El objetivo del requisito básico “Ahorro de energía” consiste en conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

El Documento Básico “DB HE Ahorro de energía” especifica parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de ahorro de energía.

### 4.3.3 Sección HE 1 Limitación de demanda energética.

#### 4.3.3.1 *Procedimiento de verificación*

Basada en el control indirecto de la demanda energética de los edificios mediante la limitación de los parámetros característicos de los cerramientos y particiones interiores que componen su envolvente térmica. La comprobación se realiza a través de la comparación de los valores obtenidos en el cálculo con los valores límite permitidos. Esta opción podrá aplicarse a obras de edificación de nueva construcción que cumplan los requisitos especificados en el apartado 3.2.1.2 y a obras de rehabilitación de edificios existentes.

#### 4.3.3.2 *Demanda energética*

Para evitar descompensaciones entre la calidad térmica de diferentes espacios, cada uno de los cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica tendrán una transmitancia no superior a los valores indicados en la tabla 2.1 en función de la zona climática en la que se ubique el edificio.

Tabla D.1. – Zonas climáticas.

Capital de provincia	Capital	Altura de referencia (m)
Valencia	B3	8

**Tabla 2.1 Transmitancia térmica máxima de cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica**  
**U en W/m<sup>2</sup>K**

Cerramientos y particiones interiores	ZONAS B
Muros de fachada, particiones interiores 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	1,07
Suelos <sup>(2)</sup>	0,68
Cubiertas <sup>(3)</sup>	0,59
Vidrios y marcos	5,70
Medianerías	1,07

<sup>(1)</sup>Se incluyen las losas o soleras enterradas a una profundidad no mayor de 0,5m

<sup>(2)</sup>Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de cámaras sanitarias, se consideran como suelos.

<sup>(3)</sup>Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de desvanes no habitables, se consideran cubiertas.

**Tabla 2.2 Valores límite de los parámetros característicos medios**

Transmitancia límite de muros de fachada y Cerramientos en contacto con el terreno	$U_{Mlim}: 0,82 \text{ W/m}^2\text{K}$
Transmitancia límite de suelos	$U_{Slim}: 0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$
Transmitancia límite de cubiertas	$U_{Clim}: 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$
Factor solar modificado límite de lucernarios	$F_{Lim}: 0,30$

% De superficie de huecos	Transmitancia límite de huecos <sup>(1)</sup> $U_{Hlim} \text{ W/m}^2\text{K}$			
	N	E/O	S	SE/SO
De 0 a 10	5,4 (5,7)	5,7	5,7	5,7
De 11 a 20	3,8 (4,7)	4,9 (5,7)	5,7	5,7
De 21 a 30	3,3 (3,8)	4,3 (4,7)	5,7	5,7
De 31 a 40	3,0 (3,3)	4,0 (4,2)	5,6 (5,7)	5,6 (5,7)
De 41 a 50	2,8 (3,0)	3,7 (3,9)	5,4 (5,5)	5,4 (5,5)
De 51 a 60	2,7 (2,8)	3,6 (3,7)	5,2 (5,3)	5,2 (5,3)

#### 4.3.3.3 Permeabilidad al aire

Las carpinterías de los huecos (ventanas y puertas) y lucernarios de los cerramientos se caracterizan por su permeabilidad al aire.

La permeabilidad de las carpinterías de los huecos y lucernarios de los cerramientos que limitan los espacios habitables de los edificios con el ambiente exterior se limita en función del clima de la localidad en la que se ubican, según la zonificación climática establecida.

La permeabilidad al aire de las carpinterías, medida con una sobrepresión de 100 Pa, tendrá unos valores inferiores a los siguientes:

- Para las zonas climáticas A y B:  $50 \text{ m}^3/\text{h m}^2$

#### 4.3.3.4 Aplicabilidad de la opción simplificada

Puede utilizarse la opción simplificada cuando se cumplan simultáneamente las condiciones siguientes:

- a) Que la superficie de huecos en cada fachada sea inferior al 60% de su superficie.
- b) Que la superficie de lucernarios sea inferior al 5% de la superficie total de la cubierta.

#### 4.3.3.5 Cálculo de las transmitancias térmicas

##### A *Cerramientos en contacto con el exterior*

Este cálculo es aplicable a la parte opaca de todos los cerramientos en contacto con el aire exterior tales como muros de fachada, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior. De la misma forma se calcularán los puentes térmicos integrados en los citados cerramientos cuya superficie sea superior a  $0,5 \text{ m}^2$ , despreciándose en este caso los efectos multidimensionales del flujo de calor.

La transmitancia térmica U ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ) viene dada por la siguiente expresión:

$$U = \frac{1}{R_t}$$

$R_t$  la resistencia térmica total del componente constructivo [ $\text{m}^2 \text{K}/\text{W}$ ]

La resistencia térmica total  $R_t$  de un componente constituido por capas térmicamente homogéneas debe calcularse mediante la expresión:

$$R_t = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

Siendo

$R_1, R_2, \dots, R_n$  las resistencias térmicas de cada capa.

$R_{si}$  y  $R_{se}$  las resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire interior y exterior respectivamente, tomadas de la tabla E.1 de acuerdo a la posición del cerramiento, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio [ $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ ]

La resistencia térmica de una capa térmicamente homogénea viene definida por la expresión:

$$R = \frac{e}{\lambda}$$




Siendo

$e$  el espesor de la capa [m]

El caso de una capa de espesor variable se considerará el espesor medio.

$\lambda$  la conductividad térmica de diseño del material que compone la capa, calculada a partir de valores térmicos declarados según la norma UNE EN ISO 10 456:2001 o tomada de Documentos Reconocidos [ $\text{W}/\text{m K}$ ]

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

### B Huecos y lucernarios

La transmitancia térmica de los huecos  $U_H$  ( $W/m^2K$ ) se determinará mediante la siguiente expresión:

$$U_H = (1 - FM) \cdot U_{H,v} + FM \cdot U_{H,m}$$

Siendo

$U_{H,v}$  la transmitancia térmica de la parte semitransparente [ $W/m^2K$ ];

$U_{H,m}$  la transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario, o puerta [ $W/m^2K$ ];

FM la fracción del hueco ocupada por el marco.

En ausencia de datos, la transmitancia térmica de la parte semitransparente  $U_{H,v}$  podrá obtenerse según la norma UNE EN ISO 10 077-1:2001.

## 4.4 TRANSMITANCIAS CALCULADAS PARA EL EJERCICIO PRÁCTICO

A continuación se presentan las transmitancias térmicas que se han utilizado para realizar el cálculo del ahorro de energía en la opción simplificada.

TRANSMITANCIAS ( $W/m^2K$ )	
<b>MUROS 1 HOJA</b>	
Mortero de cal y cemento e=1,5cm	3,077
Ladrillo Hueco e=12cm	
Mortero de cal y cemento e=1,5cm	
<b>FORJADO (con acabado)</b>	0,77
<b>VENTANAS DE MADERA</b>	2,2
<b>VIDRIO TRANSPARENTE e=6mm</b>	5,26

TRANSMITANCIAS ( $W/m^2K$ )	
<b>MUROS REHABILITADOS</b>	
Mortero Eco-revoque e=1,5cm	0,494
Ladrillo Hueco e=12cm	
Plancha Poliestireno Expandido e=3cm	
Plancha Poliestireno Expandido e=3cm	
Mortero Eco-revoque e=1,5 cm	
<b>FORJADOS REHABILITADOS</b>	
Forjado	0,48
Plancha Poliestireno Expandido e=3cm	
Eco-revoque e=1,5 cm	

**TRANSMITANCIA TÉRMICA HUECOS**

**VENTANA COCINA (1,50x1,25)**

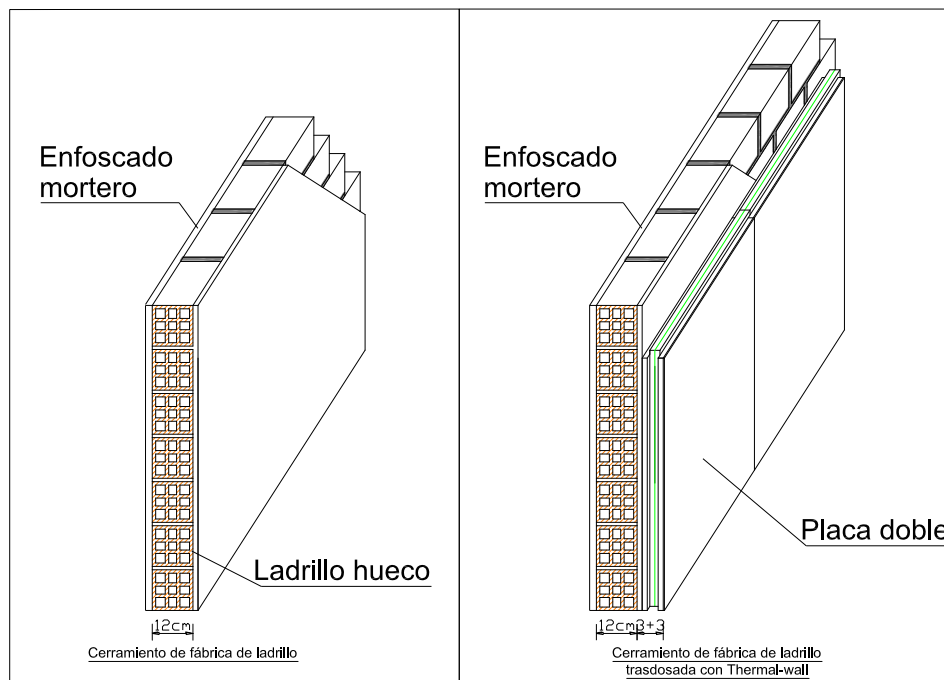
Superficie Hueco	1,875
Superficie Marco	0,507
FM	0,270
	<hr/>
	4,433 W/m <sup>2</sup> K

**VENTANA SALÓN (2,40x1,25)**

Superficie Hueco	3
Superficie Marco	0,9241
FM	0,308
	<hr/>
	4,317 W/m <sup>2</sup> K

**VENTANAS HAB 1 Y 2 (1,50x2,10)**

Superficie Hueco	3,15
Superficie Marco	0,9548
FM	0,303
	<hr/>
	4,332 W/m <sup>2</sup> K





## 4.5 FICHAS TÉCNICAS PARA LA VIVIENDA SIN REHABILITAR

### FICHA 1 Cálculo de los parámetros característicos medios

ZONA CLIMÁTICA	B3	Zona de baja carga	0	Zona de alta carga int	1
----------------	----	--------------------	---	------------------------	---

MUROS ( $U_{Mm}$ ) y ( $U_{Tm}$ )					
Tipos		A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °K)	A·U (W/°K)	Resultados
Z	Muro (Patio Man)	16,485	3,077	50,724345	$\Sigma A = 16,49$
					$\Sigma A \cdot U = 50,72$
					$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 3,08$
E	Muro (Medianera)	48	3,077	147,696	$\Sigma A = 48,00$
					$\Sigma A \cdot U = 147,70$
					$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 3,08$
O	Muro (Medianera)	48	3,077	147,696	$\Sigma A = 48,00$
					$\Sigma A \cdot U = 147,70$
					$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 3,08$
S	Muro (Fachada)	15,06	3,077	46,33962	$\Sigma A = 15,06$
					$\Sigma A \cdot U = 46,34$
					$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 3,08$
SE					$\Sigma A =$
					$\Sigma A \cdot U =$
					$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$
SO					$\Sigma A =$
					$\Sigma A \cdot U =$
					$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$
C-TER					$\Sigma A =$
					$\Sigma A \cdot U =$
					$U_{Tm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$

SUELOS ( $U_{Sm}$ )					
Tipos		A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °K)	A·U (W/°K)	Resultados
Forjado		128,908	0,77	99,25916	$\Sigma A = 128,91$
					$\Sigma A \cdot U = 99,26$
					$U_{Sm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0,77$

CUBIERTAS Y LUCERNARIOS ( $U_{Cm}$ y $F_{Lm}$ )					
Tipos		A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °K)	A·U (W/°K)	Resultados
					$\Sigma A = 0,00$
					$\Sigma A \cdot U = 0,00$
					$U_{Cm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 0,00$
Tipos		A (m <sup>2</sup> )	F	A·F (m <sup>2</sup> )	Resultados
					$\Sigma A =$
					$\Sigma A \cdot F =$
					$F_{Lm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$

ZONA CLIMÁTICA	B3	Zona de baja carga	Zona de alta carga	1
----------------	----	--------------------	--------------------	---

% de huecos	15
-------------	----

HUECOS ( $U_{Hm}$ y $F_{Hm}$ )					
Tipos		A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °K)	A·U (W/°K)	Resultados
Z	Ventana (cocina)	1,875	4,43	8,30625	$\Sigma A =$ 4,88
	Ventana (salón)	3	4,317	12,951	$\Sigma A \cdot U =$ 21,26
					$U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ 4,36

Tipos		A (m <sup>2</sup> )	U	F	A·U	A·F (m <sup>2</sup> )	Resultados
E							$\Sigma A =$
							$\Sigma A \cdot U =$
							$\Sigma A \cdot F =$
							$U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$
							$F_{Hm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$
O							$\Sigma A =$
							$\Sigma A \cdot U =$
							$\Sigma A \cdot F =$
							$U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$
							$F_{Hm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$
S	Puerta Hab 1	3,15	4,33	0,22	13,6395	0,693	$\Sigma A =$ 6,30
	Puerta Hab 2	3,15	4,33	0,22	13,6395	0,693	$\Sigma A \cdot U =$ 27,28
							$\Sigma A \cdot F =$ 1,39
							$U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ 4,33
							$F_{Hm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$ 0,22
SE							$\Sigma A =$
							$\Sigma A \cdot U =$
							$\Sigma A \cdot F =$
							$U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$
							$F_{Hm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$
SO							$\Sigma A =$
							$\Sigma A \cdot U =$
							$\Sigma A \cdot F =$
							$U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$
							$F_{Hm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$

FICHA 2 CONFORMIDAD - Demanda energética

ZONA CLIMÁTICA	B3	Zona de baja carga	0	Zona de alta carga	1
----------------	----	--------------------	---	--------------------	---

Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica	$U_{maxproy}^{(1)}$	$U_{max}^{(2)}$
Muros de fachada	3.08	1.07
Primer metro del perímetro de suelos apoyados y muros en contacto con el terreno		
Particiones interiores en contacto con espacios no habitables		0.68
Suelos	0.77	
Cubiertas		0.59
Vidrios de huecos y lucernarios	4.36	5.7
Marcos de huecos y lucernarios		
Medianerías	3.08	1.07

Particiones interiores (edificios de viviendas) <sup>(3)</sup>	$\leq 1.2 \text{ W/m}^2\text{K}$
--	----------------------------------

MUROS DE FACHADA		$U_{Mm}^{(4)}$	$U_{Mlim}^{(5)}$
N	}	3.08	$\leq 0.82$
E		3.08	
O		3.08	
S		3.08	
SE		0.00	
SO		0.00	

HUECOS Y LUCERNARIOS			
$U_{Hm}^{(4)}$	$U_{Hlim}^{(5)}$	$F_{Hm}^{(4)}$	$F_{Hlim}^{(5)}$
4.36	3.8	0.00	0
0.00	4.9		
0.00	5.7	0.22	0
4.33	5.7	0.00	0
0.00	5.7	0.00	0
0.00		0.00	0

CERR. CONTACTO TERRENO	
$U_{Tm}^{(4)}$	$U_{Tlim}^{(5)}$
0	$\leq 0.82$

SUELOS	
$U_{Sm}^{(4)}$	$U_{Slim}^{(5)}$
0.77	$\leq 0.52$

CUBIERTAS	
$U_{Cm}^{(4)}$	$U_{Clim}^{(5)}$
0.00	$\leq 0.45$

LUCERNARIOS	
$F_{Lm}$	$F_{Llim}$
0.00	$\leq 0.3$

- (1)  $U_{maxproy}$  corresponde al mayor valor de la transmitancia de los cerramientos o particiones interiores indicados en proyecto.
- (2)  $U_{max}$  corresponde a la transmitancia térmica máxima definida en la tabla 2.1 para cada tipo de cerramiento o partición interior.
- (3) En edificios de viviendas,  $U_{maxproy}$  de particiones interiores que limiten unidades de uso con un sistema de calefacción previsto desde proyecto con las zonas comunes no calefactadas.
- (4) Parámetros característicos medios obtenidos en la ficha 1.
- (5) Valores límite de los parámetros característicos medios definidos en la tabla 2.2.

Los datos en color rojo expresan que no se cumple con los valores mínimos establecidos en el CTE DB HE Ahorro de energía. En cambio los valores en verde cumplen con el CTE.

Como se observa en la tabla superior, prácticamente todos los resultados obtenidos están marcados en rojo. A continuación se realizan los mismos cálculos con la vivienda trasdosada con termal-wall.

## 4.6 FICHAS TÉCNICAS PARA LA VIVIENDA REHABILITADA

### FICHA 1 Cálculo de los parámetros característicos medios

<b>ZONA CLIMÁTICA</b>		B3	<b>Zona de baja carga</b>		0	<b>Zona de alta carga int</b>		1
-----------------------	--	----	---------------------------	--	---	-------------------------------	--	---

<b>MUROS (<math>U_{Mm}</math>) y (<math>U_{Tm}</math>)</b>					
Tipos		A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °K)	A·U (W/°K)	Resultados
Z	Muro (Patio Man)	16,485	0,494	8,14359	$\Sigma A =$ 16,49
					$\Sigma A \cdot U =$ 8,14
					$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ 0,49
E	Muro (Medianera)	48	0,494	23,712	$\Sigma A =$ 48,00
					$\Sigma A \cdot U =$ 23,71
					$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ 0,49
O	Muro (Medianera)	48	0,494	23,712	$\Sigma A =$ 48,00
					$\Sigma A \cdot U =$ 23,71
					$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ 0,49
S	Muro (Fachada)	15,06	0,494	7,43964	$\Sigma A =$ 15,06
					$\Sigma A \cdot U =$ 7,44
					$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ 0,49
SE					$\Sigma A =$
					$\Sigma A \cdot U =$
					$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$
SO					$\Sigma A =$
					$\Sigma A \cdot U =$
					$U_{Mm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$
C-TER					$\Sigma A =$
					$\Sigma A \cdot U =$
					$U_{Tm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$

<b>SUELOS (<math>U_{Sm}</math>)</b>					
Tipos		A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °K)	A·U (W/°K)	Resultados
Forjado		128,908	0,48	61,87584	$\Sigma A =$ 128,91
					$\Sigma A \cdot U =$ 61,88
					$U_{Sm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ 0,48

<b>CUBIERTAS Y LUCERNARIOS (<math>U_{cm}</math> y <math>F_{Lm}</math>)</b>					
Tipos		A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °K)	A·U (W/°K)	Resultados
					$\Sigma A =$ 0,00
					$\Sigma A \cdot U =$ 0,00
					$U_{cm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$ #DIV/0!

Tipos		A (m <sup>2</sup> )	F	A·F (m <sup>2</sup> )	Resultados
					$\Sigma A =$
					$\Sigma A \cdot F =$
					$F_{Lm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$

ZONA CLIMÁTICA	B3	Zona de baja carga	Zona de alta carga
----------------	----	--------------------	--------------------

% de huecos	8
-------------	---

HUECOS ( $U_{Hm}$ y $F_{Hm}$ )					
Tipos		A (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> °K)	A·U (W/°K)	Resultados
Z	Ventana (cocina)	1,875	4,43	8,30625	$\Sigma A = 4,88$
	Ventana (salón)	3	4,317	12,951	$\Sigma A \cdot U = 21,26$
					$U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 4,36$

Tipos		A (m <sup>2</sup> )	U	F	A·U	A·F (m <sup>2</sup> )	Resultados
E							$\Sigma A =$
							$\Sigma A \cdot U =$
							$\Sigma A \cdot F =$
							$U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$
O							$F_{Hm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$
							$\Sigma A =$
							$\Sigma A \cdot U =$
							$\Sigma A \cdot F =$
S							$U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$
							$F_{Hm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$
	Puerta Hab 1	3,15	4,33	0,22	13,6395	0,693	$\Sigma A = 6,30$
	Puerta Hab 2	3,15	4,33	0,22	13,6395	0,693	$\Sigma A \cdot U = 27,28$
						$\Sigma A \cdot F = 1,39$	
						$U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A = 4,33$	
						$F_{Hm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A = 0,22$	
SE							$\Sigma A =$
							$\Sigma A \cdot U =$
							$\Sigma A \cdot F =$
							$U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$
SO							$F_{Hm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$
							$\Sigma A =$
							$\Sigma A \cdot U =$
							$\Sigma A \cdot F =$
						$U_{Hm} = \Sigma A \cdot U / \Sigma A =$	
						$F_{Hm} = \Sigma A \cdot F / \Sigma A =$	

FICHA 2 CONFORMIDAD - Demanda energética

ZONA CLIMÁTICA	B3	Zona de baja carga	Zona de alta carga
----------------	----	--------------------	--------------------

Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica	$U_{maxproy}^{(1)}$	$U_{max}^{(2)}$
Muros de fachada	0.49	1.07
Primer metro del perímetro de suelos apoyados y muros en contacto con el terreno		
Particiones interiores en contacto con espacios no habitables		
Suelos	0.48	0.68
Cubiertas		0.59
Vidrios de huecos y lucernarios	4.36	5.7
Marcos de huecos y lucernarios		
Medianerías	0.49	1.07

Particiones interiores (edificios de viviendas) <sup>(3)</sup>	$\leq 1.2 \text{ W/m}^2\text{K}$
--	----------------------------------

MUROS DE FACHADA		$U_{Mm}^{(4)}$	$U_{Mlim}^{(5)}$
N	}	0.49	0.82
E		0.49	
O		0.49	
S		0.49	
SE		0.00	
SO		0.00	

HUECOS Y LUCERNARIOS			
$U_{Hm}^{(4)}$	$U_{Hlim}^{(5)}$	$F_{Hm}^{(4)}$	$F_{Hlim}^{(5)}$
4.36	5.4	0.00	0
0.00	5.7		
0.00	5.7	0.22	0
4.33	5.7		
0.00	5.7	0.00	0
0.00	5.7		

CERR. CONTACTO TERRENO	
$U_{Tm}^{(4)}$	$U_{Tlim}^{(5)}$
0	0.82

SUELOS	
$U_{Sm}^{(4)}$	$U_{Slim}^{(5)}$
0.48	0.52

CUBIERTAS	
$U_{Cm}^{(4)}$	$U_{Clim}^{(5)}$
	0.45

LUCERNARIOS	
$F_{Lm}$	$F_{Llim}$
0.00	0.3

- (1)  $U_{maxproy}$  corresponde al mayor valor de la transmitancia de los cerramientos o particiones interiores indicados en proyecto.
- (2)  $U_{max}$  corresponde a la transmitancia térmica máxima definida en la tabla 2,1 para cada tipo de cerramiento o partición interior.
- (3) En edificios de viviendas,  $U_{maxproy}$  de particiones interiores que limiten unidades de uso con un sistema de calefacción previsto desde proyecto con las zonas comunes no calefactadas.
- (4) Parámetros característicos medios obtenidos en la ficha 1.
- (5) Valores límite de los parámetros característicos medios definidos en la tabla 2.2.

Como se puede observar en la ficha 2 de conformidad de la demanda energética, en esta ocasión todos los valores aparecen en verde, por lo que cumplen con las exigencias del CTE DB HE "Ahorro de energía".

#### 4.7 RESUMEN. COMPARATIVA.

Haciendo un resumen para concluir, esta comparativa, los resultados obtenidos en las fichas justificativas de la opción simplificada tanto para la vivienda sin rehabilitar como para la vivienda rehabilitada trasdosada con Thermal-wall son:

Cerramientos y particiones de la envolvente térmica			
	$U_{\text{sin rehab.}}$	$U_{\text{rehab.}}$	$U_{\text{max}}$
Muros de fachada	3,08	0,49	1,07
Suelos	0,77	0,48	0,68
Cubiertas	0,77	0,48	0,59
Vidrios y marcos de huecos y lucernarios	4,36	4,36	5,70
Medianerías	3,08	0,49	1,07

Con estos resultados obtenidos, se pone de manifiesto que realizar un trasdosado con el sistema Thermal-wall en una vivienda situada en la zona del ensanche de la ciudad de Valencia que no cumple con las exigencias que establece el Código Técnico de la Edificación en su Documento Básico HE "Ahorro de Energía" es una óptima solución para mejorar el confort higrotérmico de la vivienda y cumplir con la normativa vigente.

## 5. CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA UNIFAMILIAR EJEMPLO PRÁCTICO



# CAPÍTULO 5

## CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA UNIFAMILIAR. EJEMPLO PRÁCTICO

### 5.1 INTRODUCCIÓN

Una vez estudiados los sistemas más utilizados en el mercado actual y explicado en profundidad y con detenimiento el sistema alternativo propuesto en este estudio, el thermall-wall, en este capítulo se plantea una propuesta de construcción de una vivienda unifamiliar, un piso piloto en el que se ha realizado varios presupuestos, uno por cada sistema estudiado anteriormente.

El presupuesto se ha desarrollado únicamente para los capítulos y partidas que son objeto de este estudio y con los que se puede establecer una comparativa adecuada, como el capítulo de fachadas y particiones y el capítulo de revestimientos donde se incluyen el revestimiento de techos.

### 5.2 PROPUESTA VIVIENDA UNIFAMILIAR

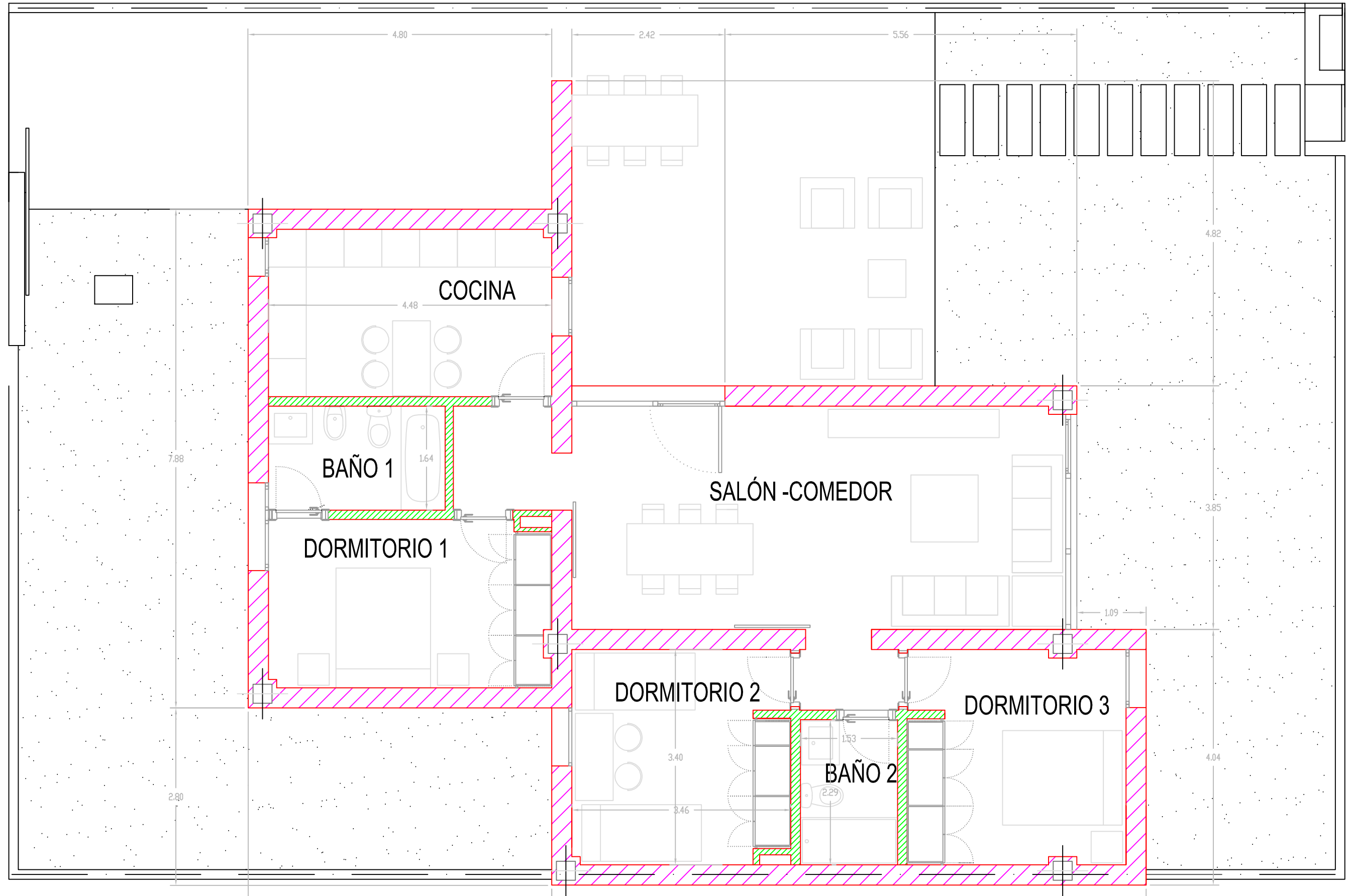
La vivienda unifamiliar propuesta consta de un salón-comedor, una cocina, dos dormitorios individuales, un baño y un dormitorio de matrimonio con baño propio.

Cuadro de superficies construidas y útiles de la vivienda objeto de estudio:

HABITACIÓN	SUPERFICIE ÚTIL
SALÓN-COMEDOR	30,32m <sup>2</sup>
COCINA	11,87 m <sup>2</sup>
DORMITORIO 1	11,89 m <sup>2</sup>
BAÑO 1	4,58 m <sup>2</sup>
DORMITORIO 2	11,76m <sup>2</sup>
DORMITORIO 3	11,76 m <sup>2</sup>
BAÑO 2	3,50 m <sup>2</sup>
<b>TOTAL</b>	<b>85,68 m<sup>2</sup></b>
<b>SUPERFICIE CONSTRUIDA</b>	<b>109,16 m<sup>2</sup></b>

CERRAMIENTO EXTERIOR

PARTICIONES INTERIORES



VIVIENDA UNIFAMILIAR

ESCALA 1 / 60

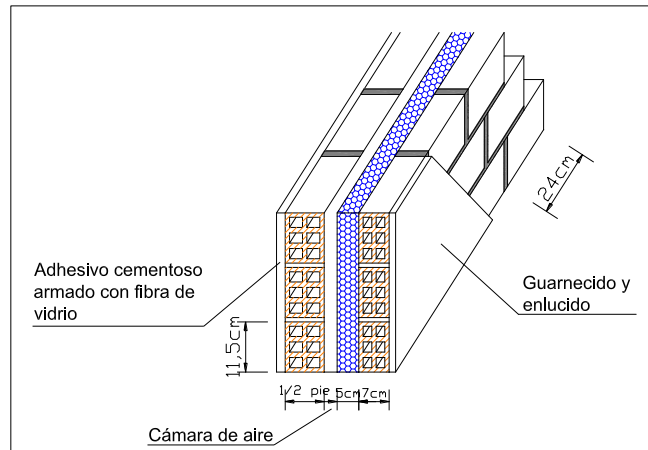
## 5.3 PRESUPUESTO

### 5.3.1 Presupuesto con fábrica de ladrillo

A continuación se presenta el presupuesto del capítulo de fachadas y particiones para una vivienda unifamiliar realizada de forma tradicional con fábrica de ladrillo. Los datos utilizados en este apartado se han facilitado por el IVE (Instituto Valenciano de la Edificación)

Los precios descompuestos utilizados en el presupuesto de la vivienda realizada con fábrica de ladrillo son los siguientes:

UNIDAD DE OBRA 1			
Cerramiento compuesto por hoja principal de fábrica de 1/2 pie de espesor, realizada con ladrillos cerámicos huecos, revestida por el exterior con capa de adhesivo cementoso mejorado C2, armado con malla de fibra de vidrio resistente a los álcalis acabado con revestimiento plástico delgado, con cámara de aire sin ventilar tanto a efectos del DB-HE como del DB-HS, aislamiento térmico no hidrófilo por el interior a base de lana mineral de 50mm de espesor, con una conductividad de 0.040 W/mK y resistencia térmica de 1.25 m2K/W (MW-EN 13162 - T3-WS-Z3-AF5), doblado con tabique de 7cm de espesor, realizado con fábrica de ladrillos cerámicos huecos de 24x11.5x7cm, guarnecido y enlucido de yeso y acabado con revestimiento plástico delgado, incluso formación de dinteles y jambas, ejecución de encuentros, elementos especiales y recibido de carpintería, considerando un 3% de pérdidas y un 20% de mermas de mortero según DB SE-F del CTE, NTE-FFL , NTE-RPG y NTE-RPE.			
E= 315 mm      M= 235 kg/m2      U= 1/(0.91+1.25) W/m2K, según DB HE del CTE.			
RENDIMIENTO	DESCRIPCIÓN	PRECIO	IMPORTE
1,497 h	Oficial 1ª Construcción	21,80	32,63
0,749 h	Peón especializado construcción	21,20	15,88
69,00 u	Ladrillo hueco db 24x11.5x9	0,19	13,11
1,050 m <sup>2</sup>	Panel MW 0.040 e50mm	3,31	3,48
0,100 l	Adhesivo p/panel aisl y coquilla	11,46	1,15
33,000u	Ladrillo hueco db 24x11.5x7	0,17	5,61
0,041 m <sup>3</sup>	Mto cto M-2,5 CEM ind.	69,36	2,84
0,015 m <sup>3</sup>	Pasta de yeso YG/L	149,44	2,24
30 %	Costes Directos Complementarios	76,94	2,31
1,000 m <sup>2</sup>	Rev pint armada	10,63	10,63
1,000 m <sup>2</sup>	Pint plast acrl lis int vert bl	4,67	4,67
<b>PRECIO POR m<sup>2</sup></b>			<b>94,55 €</b>

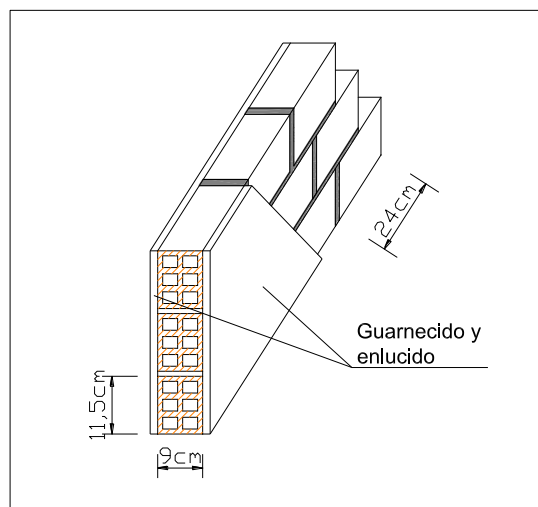


Cerramiento exterior de fábrica de ladrillo

### UNIDAD DE OBRA 2

Partición de una hoja de ladrillo cerámico hueco de 9cm de espesor, realizada con piezas de 24x11.5x9 cm aparejadas de canto y recibidas con mortero de cemento M-5, con juntas de 1cm de espesor, con guarnecido maestreado y enlucido de yeso de 1.5cm por ambos lados, incluso replanteo, nivelación y aplomado, parte proporcional de enjarjes, mermas y roturas, humedecido de las piezas y limpieza, considerando un 3% de pérdidas y un 30% de mermas de mortero, según DB SE-F del CTE, NTE-PTL y NTE-RPG .

RENDIMIENTO	DESCRIPCIÓN	PRECIO	IMPORTE
1,296 h	Oficial 1ª Construcción	21,80	28,25
0,648 h	Peón especializado construcción	21,20	13,74
33,00 u	Ladrillo hueco db 24x11.5x9	0,19	6,27
0,014 m <sup>3</sup>	Mto cto M-5 CEM ind.	71,81	1,01
0,034 m <sup>3</sup>	Pasta de yeso YG/L	149,44	5,08
25 %	Costes Directos Complementarios	54,35	1,36
<b>PRECIO POR m<sup>2</sup></b>			<b>55,71 €</b>



Partición de fábrica de ladrillo

UNIDAD DE OBRA 3			
Falso techo realizado con placas de escayola lisa de 100x60cm, sustentado con esparto y pasta de escayola, según NTE/RTC-16.			
RENDIMIENTO	DESCRIPCIÓN	PRECIO	IMPORTE
0,180 h	Oficial 1ª Construcción	21,80	3,92
0,180 h	Peón especializado construcción	21,20	3,82
1,050 m <sup>2</sup>	Placa escayola lisa 100x60	3,24	3,40
0,250 kg	Esparto en bala	0,88	0,22
0,004 m <sup>3</sup>	Pasta de escayola	141,80	0,57
20 %	Costes Directos Complementarios	11,93	0,24
<b>PRECIO POR m<sup>2</sup></b>			<b>12,17 €</b>

Para continuar se muestra la medición y valoración únicamente del capítulo de fachadas y particiones e incluso el capítulo de revestimientos referido a los falsos techos que son objeto de estudio de este proyecto.

DESCRIPCIÓN							
CAPÍTULO FACHADAS Y PARTICIONES							
Cerramiento compuesto por hoja principal de fábrica de 1/2 pie de espesor, realizada con ladrillos cerámicos huecos, revestida por el exterior con capa de adhesivo cementoso mejorado C2, armado con malla de fibra de vidrio resistente a los álcalis acabado con revestimiento plástico delgado, con cámara de aire sin ventilar tanto a efectos del DB-HE como del DB-HS, aislamiento térmico no hidrófilo por el interior a base de lana mineral de 50mm de espesor, con una conductividad de 0.040 W/mK y resistencia térmica de 1.25 m <sup>2</sup> K/W (MW-EN 13162 - T3-WS-Z3-AF5), doblado con tabique de 7cm de espesor, realizado con fábrica de ladrillos cerámicos huecos de 24x11.5x7cm,...							
	UDS	LONGITUD	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
Fachada acceso	1	7,98	3,40	27,13			
	1	4,80	3,40	16,32			
	1	1,09	3,40	3,70			
Fachada sur	1	7,88	3,40	26,79			
	1	2,80	3,40	9,52			
Fachada este	1	4,79	3,40	16,29			
	1	9,39	3,40	31,93			
Fachada norte	1	4,04	3,40	13,73			
	1	3,85	3,40	13,09			
		4,82	3,40	16,38			
Interior vivienda	1	4,44	3,00	13,32			
	1	7,80	3,00	23,40			
<u>Deducción de huecos</u>							
Puerta entrada	-1	2,42	2,10	-5,08			
Ventanas cocina	-1	0,92	1,00	-0,92			
	-1	0,60	0,30	-0,18			
Ventanas Baño1-Dormitorio1	-1	1,40	1,00	-1,40			
Ventana Dormitorio 2	-1	0,92	1,00	-0,92			
Ventana Dormitorio 3	-1	0,92	1,00	-0,92			
Puertas Interior	-1	1,04	2,10	-2,18			
	-1	0,90	2,10	-1,89			
					198,11	94,55	18.731,30

DESCRIPCIÓN							
Partición de una hoja de ladrillo cerámico hueco de 9cm de espesor, realizada con piezas de 24x11.5x9 cm aparejadas de canto y recibidas con mortero de cemento M-5, con juntas de 1cm de espesor, con guarnecido maestreado y enlucido de yeso de 1.5cm por ambos lados, incluso replanteo, nivelación y aplomado, parte proporcional de enjarjes, mermas y roturas, humedecido de las piezas y limpieza, considerando un 3% de pérdidas y un 30% de mermas de mortero.							
	UDS	LONGITUD	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
Cocina	1	4,48	3,00	13,44			
Dormitorio 1	1	5,42	3,00	16,26			
Baño 1	1	1,65	3,00	4,95			
Dormitorio 2	1	3,40	3,00	10,20			
	1	0,85	3,00	2,55			
Dormitorio 3	1	3,40	3,00	10,20			
Baño 2	1	3,02	3,00	9,06			
<u>Deducción de huecos</u>							
Puertas	-5	0,85	2,10	-8,93			
					57,73	55,71	<b>3.216,14</b>
<b>TOTAL CAPÍTULO FACHADAS Y PARTICIONES</b>							<b>21.947,44€</b>

DESCRIPCIÓN							
CAPÍTULO REVESTIMIENTOS							
Falso techo realizado con placas de escayola lisa de 100x60cm, sustentado con esparto y pasta de escayola, según NTE/RTC-16.							
	UDS	LONGITUD	ANCHURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
Cocina	1	2,48	2,65	11,87			
Baño 1	1	1,65	2,80	4,58			
Baño 2	1	1,54	2,30	3,50			
					19,95	12,17	<b>242,79</b>
<b>TOTAL CAPÍTULO REVESTIMIENTOS.....</b>							<b>242,79 €</b>
<b>TOTAL.....</b>							<b>22.190,23€</b>

### 5.3.2 Presupuesto con yeso laminado

Para continuar con la comparativa, se presenta el presupuesto del capítulo de fachadas y particiones para una vivienda unifamiliar realizada con una hoja de ladrillo cerámico trasdosada con yeso laminado para las fachadas y tabiquería interior de yeso laminado. Los datos utilizados en este apartado se han facilitado por el IVE (Instituto Valenciano de la Edificación)

Los precios descompuestos utilizados en el presupuesto de la vivienda realizada con yeso laminado son los siguientes:

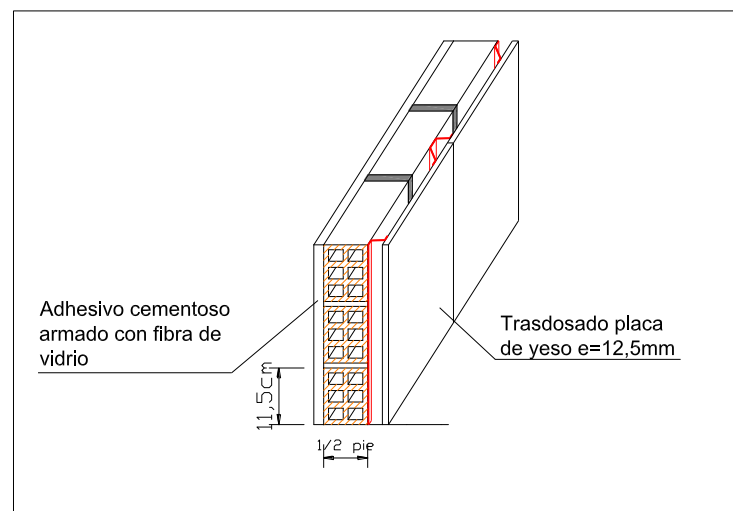
UNIDAD DE OBRA 1			
Cerramiento de una hoja de ladrillo cerámico hueco de 9 cm de espesor, realizada con piezas de 24x11.5x9 cm aparejadas de canto y recibidas con mortero de cemento M-5, con juntas de 1 cm de espesor, revestida por el exterior con capa de adhesivo cementoso mejorado C2, acabado con revestimiento plástico delgado por un lado y el otro sin revestimiento, incluso replanteo, nivelación y aplomado, parte proporcional de enjarjes, mermas y roturas, humedecido de las piezas y limpieza, considerando un 3% de pérdidas y un 30% de mermas de mortero, según DB SE-F del CTE, NTE-PTL y NTE-RPG .			
RENDIMIENTO	DESCRIPCIÓN	PRECIO	IMPORTE
0,916 h	Oficial 1ª Construcción	21,80	19,97
0,458 h	Peón especializado construcción	21,20	9,71
33,00 u	Ladrillo hueco db 24x11.5x9	0,19	6,27
0,014 m <sup>3</sup>	Mto cto M-5 CEM ind.	71,81	1,01
0,100 l	Adhesivo p/panel aisl y coquilla	11,46	1,15
25 %	Costes Directos Complementarios	39,50	0,99
<b>PRECIO POR m<sup>2</sup></b>			<b>40,49 €</b>



**UNIDAD DE OBRA 2**

Trasdosado autoportante formado por placa de yeso laminado de 12.5mm de espesor, sobre estructura galvanizada de canal y montante de 70mm con una separación entre ejes de 40 cm, listo para pintar, incluso replanteo, preparación, corte y colocación de las placas, nivelación y aplomado, formación de premarcos, ejecución de ángulos y paso de instalaciones, acabado de juntas, parte proporcional de mermas roturas y accesorios de fijación y limpieza.

RENDIMIENTO	DESCRIPCIÓN	PRECIO	IMPORTE
0,300 h	Oficial 1ª Construcción	21,80	6,54
0,300 h	Peón especializado construcción	20,83	6,25
1,050 m <sup>2</sup>	Pl YL normal 12.5mm	4,47	4,69
0,800 m	Cnl rail 30x70x0.6mm p/pnl yeso	2,06	1,65
3,300 m	Montante 70x40x0.6mm p/pnl yeso	2,57	8,48
20,000 u	Tornillo 25mm p/pnl yeso	0,02	0,40
1,270 u	Ángulo a 50x35x60mm p/pnl yeso	1,48	1,88
1,500 m	Banda papel microperforado alt r	0,06	0,09
0,400 kg	Pasta junta papel yeso c/cinta	3,32	1,33
0,300 kg	Pasta ayuda panel yeso	1,56	0,47
20 %	Costes Directos Complementarios	31,78	0,64
		<b>PRECIO POR m<sup>2</sup></b>	<b>32,42 €</b>

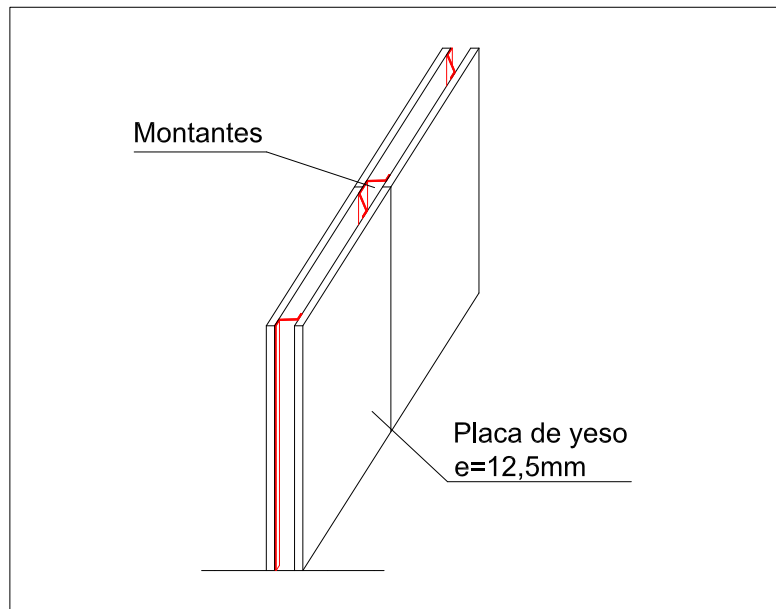


Cerramiento exterior de fábrica de ladrillo  
y trasdosado de yeso laminado

**UNIDAD DE OBRA 3**

Tabique compuesto por una estructura galvanizada de 70mm, con canales como elemento horizontal y montantes como elemento vertical, con una separación entre ejes de 40cm, y placa de yeso laminado y de 12.5mm de espesor, listo para pintar, incluso replanteo, preparación, corte y colocación de las placas y estructura soporte, nivelación y aplomado, formación de premarcos, ejecución de ángulos y paso de instalaciones, acabado de juntas, parte proporcional de mermas, roturas, accesorios de fijación y limpieza.

RENDIMIENTO	DESCRIPCIÓN	PRECIO	IMPORTE
0,380 h	Oficial 1ª Construcción	21,80	8,28
0,380 h	Peón especializado construcción	20,83	7,92
2,150 m <sup>2</sup>	Pl YL normal 12.5mm	4,47	9,61
0,800 m	Cnl rail 30x70x0.6mm p/pnl yeso	2,06	1,65
3,300 m	Montante 70x40x0.6mm p/pnl yeso	2,57	8,48
30,000 u	Tornillo 25mm p/pnl yeso	0,02	0,60
2,700 m	Banda papel microperforado alt r	0,06	0,16
0,700 kg	Pasta junta papel yeso s/cinta	3,06	2,14
0,400 kg	Pasta ayuda panel yeso	1,56	0,62
20 %	Costes Directos Complementarios	39,46	0,79
<b>PRECIO POR m<sup>2</sup></b>			<b>40,25 €</b>



Tabique de placas de yeso laminado

UNIDAD DE OBRA 4			
Falso techo realizado con placas de yeso laminado de 120x60x1cm, con una cara revestida por una lámina vinílica de color blanco, con bordes cuadrados, con sustentación vista a base de perfil primario y secundario lacados, rematados perimetralmente con un perfil angular y suspendido mediante piezas metálicas galvanizadas, según NTE/RTP-17.			
RENDIMIENTO	DESCRIPCIÓN	PRECIO	IMPORTE
0,250 h	Oficial 1ª Construcción	21,80	5,45
0,250 h	Peón especializado construcción	21,20	5,30
1,400 u	Placa y 120x60 rev vinil bl	7,54	10,56
1,800 m	Perfil met prim-3000 an 15 acan	1,06	1,91
0,800 m	Perfil met secu-600 an 15 acan	1,06	0,85
1,000 m	Perfil met ang-3000 an 15 acan	0,74	0,74
1,000 u	Tirante galv c/balancín 0.4m	0,19	0,19
1,000 u	Pieza cuelgue met galv p/perfil	0,13	0,13
20 %	Costes Directos Complementarios	25,13	0,50
<b>PRECIO POR m<sup>2</sup></b>			<b>25,63 €</b>

Como ya se ha hecho anteriormente con el ladrillo cerámico, a continuación se muestra la medición y valoración únicamente del capítulo de fachadas y particiones e incluso el capítulo de revestimientos referido a los falsos techos que son objeto de estudio de este proyecto.

DESCRIPCIÓN							
CAPÍTULO FACHADAS Y PARTICIONES							
Tabique compuesto por una estructura galvanizada de 70mm, con canales como elemento horizontal y montantes como elemento vertical, con una separación entre ejes de 40cm, y placa de yeso laminado y de 12.5mm de espesor, listo para pintar, incluso replanteo, preparación, corte y colocación de las placas y estructura soporte, nivelación y aplomado, formación de...							
	UDS	LONGITUD	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
Cocina	1	4,48	3,00	13,44			
Dormitorio 1	1	5,42	3,00	16,26			
Baño 1	1	1,65	3,00	4,95			
Dormitorio 2	1	3,40	3,00	10,20			
	1	0,85	3,00	2,55			
Dormitorio 3	1	3,40	3,00	10,20			
Baño 2	1	3,02	3,00	9,06			
<u>Deducción de huecos</u>							
Puertas	-5	0,85	2,10	-8,93			
					57,73	40,25	<b>2.323,63</b>

DESCRIPCIÓN							
Partición de una hoja de ladrillo cerámico hueco de 9 cm de espesor, realizada con piezas de 24x11.5x9 cm aparejadas de canto y recibidas con mortero de cemento M-5, con juntas de 1 cm de espesor, revestida por el exterior con capa de adhesivo cementoso mejorado C2, acabado con revestimiento plástico delgado por un lado y el otro sin revestimiento, considerando un 3% de pérdidas y un 30% de mermas de mortero.							
Trasdosado autoportante formado por placa de yeso laminado de 12.5mm de espesor, sobre estructura galvanizada de canal y montante de 70mm con una separación entre ejes de 40 cm, listo para pintar,...							
	UDS	LONGITUD	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
Fachada acceso	1	7,98	3,40	27,13			
	1	4,80	3,40	16,32			
	1	1,09	3,40	3,70			
Fachada sur	1	7,88	3,40	26,79			
	1	2,80	3,40	9,52			
Fachada este	1	4,79	3,40	16,29			
	1	9,39	3,40	31,93			
Fachada norte	1	4,04	3,40	13,73			
	1	3,85	3,40	13,09			
		4,82	3,40	16,38			
Interior vivienda	1	4,44	3,00	13,32			
	1	7,80	3,00	23,40			
<u>Deducción de huecos</u>							
Puerta entrada	-1	2,42	2,10	-5,08			
Ventanas cocina	-1	0,92	1,00	-0,92			
	-1	0,60	0,30	-0,18			
Ventanas Baño1-Dormitorio1	-1	1,40	1,00	-1,40			
Ventana Dormitorio 2	-1	0,92	1,00	-0,92			
Ventana Dormitorio 3	-1	0,92	1,00	-0,92			
Puertas Interior	-1	1,04	2,10	-2,18			
	-1	0,90	2,10	-1,89			
					198,11	72,91	14.444,20
<b>TOTAL CAPÍTULO FACHADAS Y PARTICIONES</b>							<b>16.767,83 €</b>

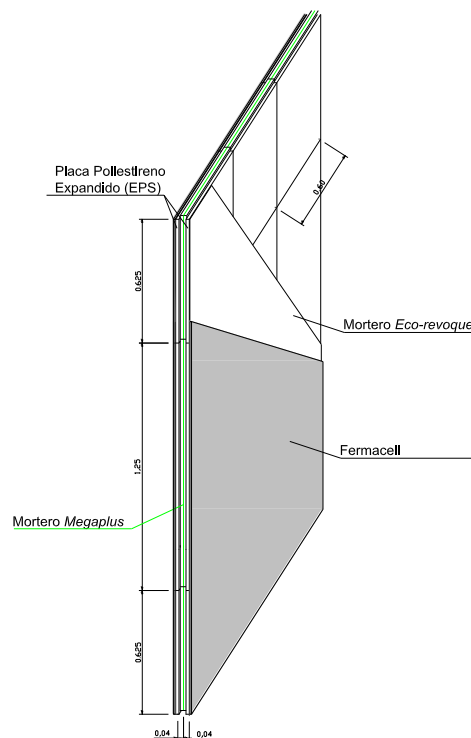
CAPÍTULO REVESTIMIENTOS							
Falso techo realizado con placas de yeso laminado de 120x60x1cm, con una cara revestida por una lámina vinílica de color blanco, con bordes cuadrados, con sustentación vista a base de perfil primario y secundario lacados, rematados perimetralmente con un perfil angular y suspendido mediante piezas ...							
	UDS	LONGITUD	ANCHURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
Cocina	1	2,48	2,65	11,87			
Baño 1	1	1,65	2,80	4,58			
Baño 2	1	1,54	2,30	3,50			
					19,95	25,63	511,32
<b>TOTAL CAPÍTULO REVESTIMIENTOS.....</b>							<b>511,32</b>
<b>TOTAL.....</b>							<b>17.279,15€</b>

### 5.3.3 Presupuesto con Thermal-wall

A continuación se ha obtenido el presupuesto del capítulo de fachadas y particiones para una vivienda unifamiliar realizada con una muro Thermal-wall con fermacell para las fachadas y tabiquería interior de Thermal-wall.

Los precios descompuestos utilizados en el presupuesto de la vivienda realizada con Thermal-wall son los siguientes:

UNIDAD DE OBRA 1			
Cerramiento de dos hojas de Thermal-wall de 8,4 cm de espesor, realizada con placas de 60 x 125 x 4 cm recibidas con mortero <i>megaplus</i> en el interior y mortero eco-revoque, colocadas de forma machihembrada, revestida por el exterior con panel de <i>fermacell</i> de 260 x 125 x 1,5 cm y revestimiento monocapa por un lado y el otro revestido con mortero <i>eco-revoque</i> y pintura, incluso replanteo, nivelación y aplomado, mermas y roturas, limpieza de las piezas, considerando un 3% de pérdidas y un 30% de mermas de mortero.			
RENDIMIENTO	DESCRIPCIÓN	PRECIO	IMPORTE
0,280 h	Oficial 1ª Construcción	21,80	6,10
0,280 h	Peón especializado construcción	21,20	5,93
1,00 m <sup>2</sup>	Thermal-wall	7,15	7,15
1,00 m <sup>2</sup>	Fermacell	11,05	11,05
0,015 m <sup>3</sup>	Mortero monocapa	71,90	1,08
0,100 l	Pintura	5,20	0,52
25 %	Costes Directos Complementarios	31,83	7,95
<b>PRECIO POR m<sup>2</sup></b>			<b>39,78 €</b>

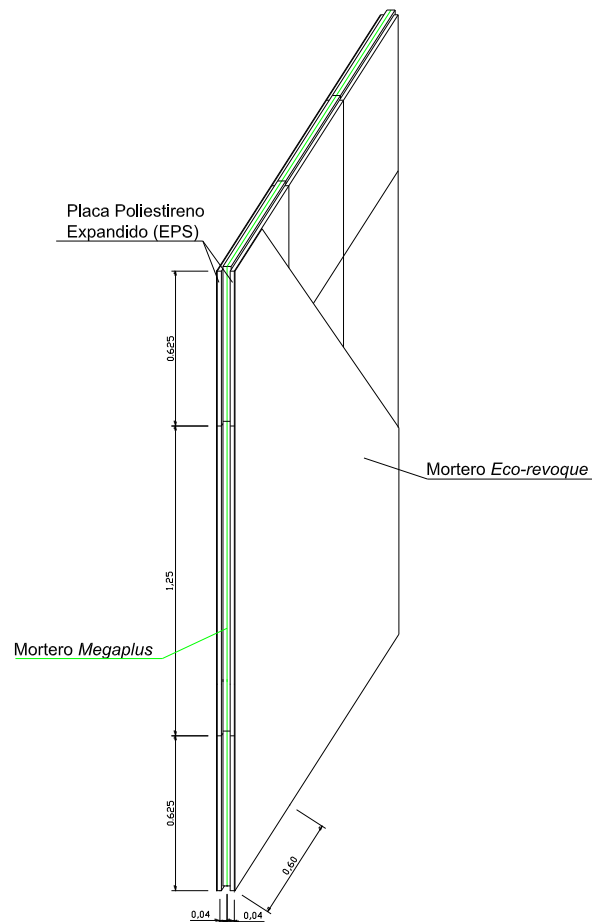


CERRAMIENTO THERMAL-WALL

**UNIDAD DE OBRA 1**

Tabique de dos hojas de Thermal-wall de 8,4 cm de espesor, realizada con placas de 60 x 125 x 4 cm recibidas con mortero *megaplus* en el interior y mortero *eco-revoque*, colocadas de forma machihembrada, revestida con mortero *eco-revoque* y pintura, incluso replanteo, nivelación y aplomado, mermas y roturas, limpieza de las piezas, considerando un 3% de pérdidas y un 30% de mermas de mortero.

RENDIMIENTO	DESCRIPCIÓN	PRECIO	IMPORTE
0,250 h	Oficial 1ª Construcción	21,80	5,45
0,250 h	Peón especializado construcción	21,20	5,30
1,00 m <sup>2</sup>	Thermal-wall	7,15	7,15
0,100 l	Pintura	5,20	0,52
25 %	Costes Directos Complementarios	18,42	4,60
<b>PRECIO POR m<sup>2</sup></b>			<b>23,05 €</b>



TABIQUE DE DOS HOJAS DE THERMAL-WALL

UNIDAD DE OBRA 2			
Falso techo realizado con placas de Thermal-wall de 4 cm de espesor, con mortero eco-revoque, colocadas de forma machihembrada, revestida con mortero <i>eco-revoque</i> y pintura, incluso replanteo, nivelación y aplomado, mermas y roturas, limpieza de las piezas, considerando un 3% de pérdidas y un 30% de mermas de mortero.			
RENDIMIENTO	DESCRIPCIÓN	PRECIO	IMPORTE
0,210 h	Oficial 1ª Construcción	21,80	4,58
0,210 h	Peón especializado construcción	21,20	4,45
1,00 m <sup>2</sup>	Thermal-wall	4,15	4,15
0,100 l	Pintura	5,20	0,52
20 %	Costes Directos Complementarios	13,70	6,85
<b>PRECIO POR m<sup>2</sup></b>			<b>20,55 €</b>

DESCRIPCIÓN							
CAPÍTULO FACHADAS Y PARTICIONES							
Cerramiento de dos hojas de Thermal-wall de 8,4 cm de espesor, realizada con placas de 60 x 125 x 4 cm recibidas con mortero <i>megaplus</i> en el interior y mortero <i>eco-revoque</i> , colocadas de forma machihembrada, revestida por el exterior con panel de <i>fermacell</i> de 260 x 125 x 1,5 cm y revestimiento monocapa por un lado y el otro revestido con mortero <i>eco-revoque</i> y pintura, incluso replanteo, nivelación y aplomado, mermas y roturas, limpieza de las piezas, considerando un 3% de pérdidas y un 30% de mermas de mortero.							
	UDS	LONGITUD	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
Fachada acceso	1	7,98	3,40	27,13			
	1	4,80	3,40	16,32			
	1	1,09	3,40	3,70			
Fachada sur	1	7,88	3,40	26,79			
	1	2,80	3,40	9,52			
Fachada este	1	4,79	3,40	16,29			
	1	9,39	3,40	31,93			
Fachada norte	1	4,04	3,40	13,73			
	1	3,85	3,40	13,09			
		4,82	3,40	16,38			
Interior vivienda	1	4,44	3,00	13,32			
	1	7,80	3,00	23,40			
<u>Deducción de huecos</u>							
Puerta entrada	-1	2,42	2,10	-5,08			
Ventanas cocina	-1	0,92	1,00	-0,92			
	-1	0,60	0,30	-0,18			
Ventanas Baño1-Dormitorio1	-1	1,40	1,00	-1,40			
Ventana Dormitorio 2	-1	0,92	1,00	-0,92			
Ventana Dormitorio 3	-1	0,92	1,00	-0,92			
Puertas Interior	-1	1,04	2,10	-2,18			
	-1	0,90	2,10	-1,89			
					198,11	39,78	7.880,82

DESCRIPCIÓN							
Tabique de dos hojas de Thermal-wall de 8,4 cm de espesor, realizada con placas de 60 x 125 x 4 cm recibidas con mortero <i>megaplus</i> en el interior y mortero eco-revoque, colocadas de forma machihembrada, revestida con mortero <i>eco-revoque</i> y pintura, incluso replanteo, nivelación y aplomado, mermas y roturas, limpieza de las piezas, considerando un 3% de pérdidas y un 30% de mermas de mortero.							
	UDS	LONGITUD	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
Cocina	1	4,48	3,00	13,44			
Dormitorio 1	1	5,42	3,00	16,26			
Baño 1	1	1,65	3,00	4,95			
Dormitorio 2	1	3,40	3,00	10,20			
	1	0,85	3,00	2,55			
Dormitorio 3	1	3,40	3,00	10,20			
Baño 2	1	3,02	3,00	9,06			
<u>Deducción de huecos</u>							
Puertas	-5	0,85	2,10	-8,93			
					57,73	23,05	<b>1.330,68</b>
<b>TOTAL CAPÍTULO FACHADAS Y PARTICIONES</b>							<b>9.211,50 €</b>

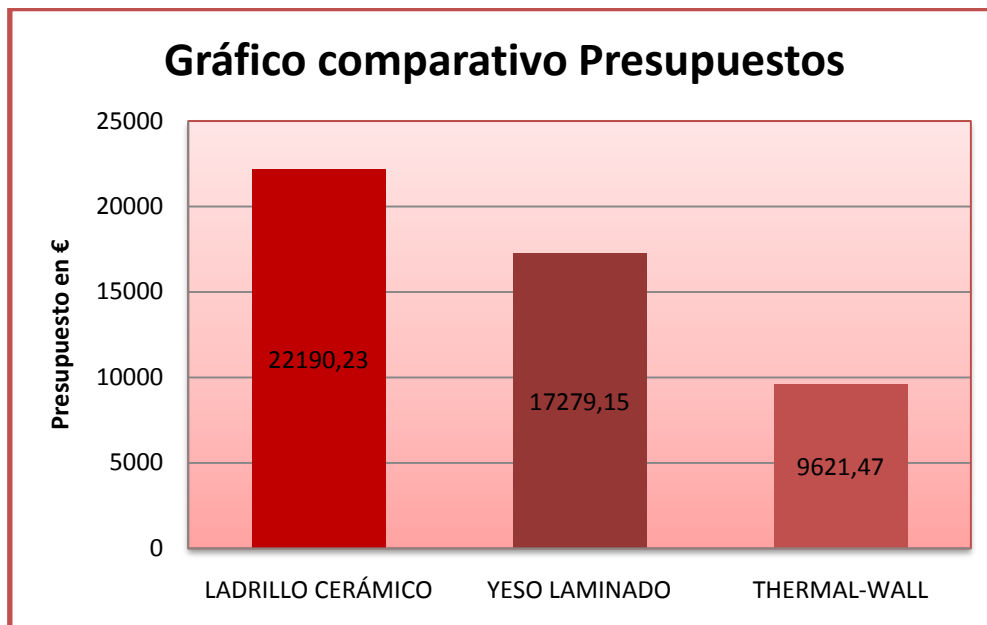
DESCRIPCIÓN							
CAPÍTULO REVESTIMIENTOS							
Falso techo realizado con placas de yeso laminado de 120x60x1cm, con una cara revestida por una lámina vinílica de color blanco, con bordes cuadrados, con sustentación vista a base de perfil primario y secundario lacados, rematados perimetralmente con un perfil angular y suspendido mediante piezas ...							
	UDS	LONGITUD	ANCHURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
Cocina	1	2,48	2,65	11,87			
Baño 1	1	1,65	2,80	4,58			
Baño 2	1	1,54	2,30	3,50			
					19,95	20,55	<b>409,97</b>
<b>TOTAL CAPÍTULO REVESTIMIENTOS.....</b>							<b>409,97</b>
<b>TOTAL.....</b>							<b>9.621,47€</b>



## 5.4 RESUMEN. CONCLUSIÓN

Una vez realizado un presupuesto para cada sistema constructivo estudiado, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

CAPÍTULO	LADRILLO CERÁMICO	YESO LAMINADO	THERMAL-WALL
FACHADAS Y PARTICIONES	21.947,44€	16.767,83€	9.211,50 €
REVESTIMIENTOS	242,79 €	511,32€	409,97
<b>TOTAL</b>	<b>22.190,23 €</b>	<b>17.279,15 €</b>	<b>9.621,47 €</b>



Dados los presupuestos obtenidos con cada sistema constructivo, resulta bastante obvio que el sistema thermal-wall es el que resulta más económico de los tres ya que se ha reducido el presupuesto prácticamente a la mitad de los presupuestos obtenidos tanto de ladrillo cerámico como de yeso laminado.

## 6. OTRAS APLICACIONES

# CAPÍTULO 6

## OTRAS APLICACIONES

### 6.1 INTRODUCCIÓN

A continuación se proponen diferentes usos para los que el Thermal-wall puede ser una buena alternativa tanto para la fábrica de ladrillo cerámico como para el yeso laminado.

Como ya se ha explicado y argumentado en los ejemplos prácticos de los capítulos anteriores, el Thermal-wall es un producto que se puede utilizar en obras de rehabilitación, remodelación, renovación y reacondicionamiento de edificaciones, idea que en la actualidad ocupa un lugar importante en el campo de la construcción y se ha convertido en una necesidad real; además de ser un producto muy práctico y útil para viviendas de nueva construcción.

Ahora, se exponen varias aplicaciones en las que este producto puede ser muy eficaz, interesante y fructífero.

### 6.2 APLICACIONES

#### 6.2.1 ARQUITECTURA DE EMERGENCIA

Desgraciadamente, es frecuente que cada vez que el medio ambiente ocupa un lugar, destacado en las parrillas de programación o en las escaletas de los informativos se lo debe a los acontecimientos catastróficos que relatan eventualidades destructivas del entorno.

Lamentablemente estamos acostumbrados a ver noticias sobre catástrofes naturales como el terremoto recientemente producido en Lorca, o el terremoto y posterior tsunami anteriormente sucedido en Japón, o los continuos huracanes y tornados que se acontecen en la zona de EE.UU.



Joplin, en EE.UU. queda completamente devastada tras el paso de un tornado



Edificio derruido tras el terremoto en Lorca



Japón queda completamente destruido tras el terremoto y posterior shunami

Por lo general, los desastres naturales tienen efectos más agresivos en las comunidades de escasos recursos que se asientan caprichosamente en territorios inestables.

Dar respuesta a estas vicisitudes es uno de los mayores desafíos de los arquitectos del siglo XXI, considerando que los cambios climáticos que ha experimentado la tierra han hecho que los fenómenos naturales se presenten cada vez con mayor frecuencia e intensidad. Para ello, la denominada arquitectura de emergencia jugará un papel fundamental.

La arquitectura auxiliar en las tareas de emergencia y de reconstrucción en zonas de desastre es reciente y nace de la forma de actuar en catástrofes naturales o sociales. La reconstrucción post-desastre establece un replanteamiento en los modelos de desarrollo urbano y arquitectónico, ya que uno de sus principales objetivos es la búsqueda de condiciones sustentables efectivas y la solidaridad humana.

Una de las características más importantes de la arquitectura de emergencia es que más allá de modelos cerrados, trata de formar “conciencia de previsión y solidaridad” a partir de soluciones flexibles, capaces, en la medida de lo posible, de reparar problemas de gran escala y complejidad mediante intervenciones de carácter “micro” y local, que permitan la participación de los propios habitantes de una comunidad.

Tras acontecimientos como estos, miles de personas conviven en instalaciones deportivas y gimnasios transformados en refugios, por lo tanto, dotarlos de un pequeño grado de privacidad se convierte en el principal objetivo. En este momento es cuando surge la necesidad de diseñar y construir refugios temporales, y debido a las circunstancias, hay que realizarlos de manera rápida y eficaz.

El Thermal-wall es un sistema muy válido para realizar este tipo de trabajos, ya que una de su mayor virtud es la facilidad y rapidez de montaje además de su bajo coste. Este sistema plantea soluciones que aplicadas en construcciones formales, podrían resolver de manera significativa el problema de vivienda en las regiones más pobres del planeta.

### 6.2.2. AUTOCONSTRUCCIÓN

La mayoría de personas sueña con tener su casa propia, diseñarla a su gusto y necesidades, repartiendo los espacios de acuerdo a un esquema mental de la casa soñada o siguiendo las sugerencias de algún profesional.

Anteriormente era común ver al mismo propietario preparar los bloques de adobe e ir construyendo los ambientes de su casa. Esto le daba la satisfacción de haberla hecho por sí mismo. Poco después fue menos común ver a un propietario construir su vivienda con materiales nobles (cemento y ladrillo), si primero no contaba con los conocimientos mínimos necesarios siendo muchos de ellos albañiles y maestros de obra.

Posteriormente, con el encarecimiento de los costos de construcción y la agitada vida moderna, la autoconstrucción algunas veces se veía reducida a un muy lento ritmo de avance o tan sólo dejada para la casa de campo o playa, siendo esta última opción la escogida por aquellos de mejor poder económico.

El Thermal-wall ofrece esta posibilidad, la autoconstrucción, la oportunidad de realizar tu propia distribución, repartiendo los espacios conforme a tus propias exigencias y necesidades, de forma sencilla y rápida.

Este producto pretende abarcar un nicho de mercado inexistente o en su defecto, realmente caro, estableciendo una distribución en grandes almacenes de bricolaje.

Actualmente en el mercado existe un producto denominado *Ytong*. Se trata de hormigón celular utilizado tanto en cerramientos, fachadas y particiones entre otras cosas en forma de bloques y placas machihembradas.

El hormigón celular curado en autoclave es un material mineral que se obtiene a base de arena de sílice, cemento, cal y un agente de expansión, siendo éste responsable de la típica estructura microalveolar que se genera durante el proceso de fabricación.

El hormigón se puede fabricar en diferentes densidades. Éstas rondan entre los 350 kg/m<sup>3</sup> y los 700 kg/m<sup>3</sup>, tratándose pues de un material mucho más ligero que el hormigón convencional.

Se trata de un material macizo con una baja resistencia a la abrasión, siendo posible la fijación de cargas ligeras/medias con tacos de expansión y cargas pesadas con tacos químicos.

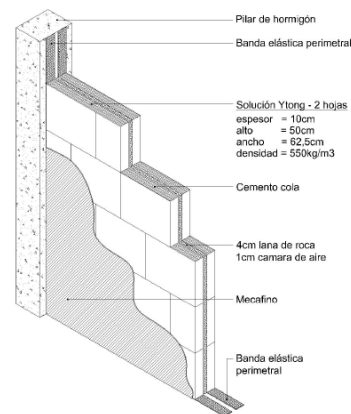


Los tabiques *Ytong* se colocan empleando el mortero solamente en la junta horizontal, debido al machihembrado de la junta vertical. La planeidad permite reducir el espesor de la capa de yeso a 5 mm, por lo que el tiempo de secado se acorta de forma considerable. Estos tabiques permiten una colocación rápida y eficaz. Las características más importantes de este sistema son:

- Ligereza y ergonomía del material
- Rapidez de montaje debido a la facilidad de corte.
- Machihembrado.
- Rendimiento de 40-50 m<sup>2</sup>/ día y operario.



TABIQUE DOBLE DE 10



Sin embargo, el mayor inconveniente que tienen los tabiques y cerramientos *Ytong* es su precio, característica muy importante hoy en día.

Como se ha dicho anteriormente, el sistema Thermal-wall pretende introducirse en el mercado de la autoconstrucción distribuyéndose por grandes almacenes de bricolaje.

### 6.2.3. ESPACIOS FLEXIBLES

Espacios flexibles son soluciones proyectuales que aportan adaptabilidad y versatilidad de sus elementos secundarios (particiones, mobiliario, etc.) que bajo el concepto de espacio único o de grandes prestaciones consiguen diversidad de espacios, capacidad de adaptación a distintos requerimientos, de uso y función.

Actualmente la arquitectura ha incorporado el concepto de “flexibilidad”, con el cual, los usos asignados a cada espacio no permanecen estáticos sino que posibilitan su adaptación a distintas actividades o funciones. Así, los proyectos en la arquitectura comercial, industrial, hospitalaria, educacional, propiedad horizontal, y de vivienda individual y colectiva incorporan este concepto en la organización de sus espacios.

La vivienda tradicional, está proyectada para satisfacer las necesidades de las denominadas “familias tipo”, pero los cambios de hábitos, costumbres, nuevas formas de convivencia y estructura familiar han obligado a replantear esta organización.

La flexibilidad se presenta como una alternativa posible de ser aplicada en la vivienda contemporánea, pero esto requiere de un diseño arquitectónico acorde que parta de una planta libre y de espacios modulados donde quede definida la envolvente (paredes y cerramientos perimetrales), el área de servicios (baño, cocina, lavadero) y la disposición de los paneles a partir de tener en cuenta las distintas posibilidades que puedan plantearse. También es muy importante la disposición de los circuitos eléctricos y el tipo de artefactos a utilizar.

Lógicamente los núcleos húmedos del alojamiento, aquéllos que albergan la mayor carga técnica y de coste son los más condicionantes y restrictivos a la hora de originar propuestas de absoluta transformación. Es pues, la incorporación de la variable tiempo a los elementos tridimensionales del alojamiento, o bien la versatilidad de los elementos fundamentales.

Los sistemas tradicionales empleados en la construcción no se ajustan con la idea de modificar o adaptar a un espacio, por el contrario produce particiones estrictas y estáticas.

Sin duda, el Thermal-wall permite construir o reformar cualquier ambiente reduciendo costos y tiempo de obra. Las paredes de Thermal-wall ofrecen múltiples ventajas sobre la albañilería tradicional, ya que son fáciles de ejecutar, rápido, limpio y sumamente práctico. Además son resistentes al fuego, excelentes aislantes térmico y acústico, facilitan el pasaje de instalaciones, y tienen un costo final muy inferior a la construcción tradicional.

El ganar en flexibilidad permitirá cambios en la distribución interna pudiendo aumentar o disminuir el número de habitaciones sin tener que iniciar una obra tradicional con los inconvenientes que ello acarrea, y una simplificación en el mantenimiento de la propiedad.

#### 6.2.4. REVESTIMIENTO DE TECHOS

Los revestimientos son muy necesarios para nuestro hogar ya que mejoran la calidad de la construcción en diferentes aspectos como el confort térmico, acústico y también aspectos estéticos.

Actualmente se utiliza el sistema de falsos techos situados a una cierta distancia del forjado mediante piezas prefabricadas, generalmente de aluminio, acero, PVC o escayola, soportadas por fijaciones metálicas o caña y estopa. El espacio comprendido sirve para el paso de instalaciones.

A modo de propuesta personal, se considera que el Thermal-wall también es un gran producto para ser utilizado como revestimiento de techos, debido a sus excelentes características.

Los techos Thermal-wall nos brindan una superficie absolutamente lisa y sin ningún tipo de irregularidades que puede ser pintada y acabada como cualquier techo tradicional y que puede ser perforado para situar elementos colgantes que no hayan sido tenidos en cuenta previamente como para integrar elementos de iluminación no previstos inicialmente.

Todo esto sin la necesidad de dejar ningún tipo de distancia entre el forjado y el Thermal-wall ya que se coloca pegado al forjado y las instalaciones se pueden realizar de igual forma que en la tabiquería, es decir, pasan por el interior del material mediante rozas. De esta forma se gana mucha altura libre en cada vivienda, algo muy a tener en cuenta hoy en día ya que esto reduce sensiblemente los costes de producción.



## 7. CONCLUSIÓN

# CAPÍTULO 7

## CONCLUSIÓN

En la última década, el sector de la construcción de viviendas en España ha tenido un auge histórico, llegando a construir casi 800.000 viviendas nuevas en 2007, un tercio del volumen construido en la Unión Europea. Paradójicamente, este fenómeno no se ha aprovechado para impulsar el desarrollo del proceso industrializador e innovador del sector.

La industria de la construcción es uno de los sectores más importantes y estratégicos para el desarrollo de un país, sus productos inciden de forma directa e indirecta en el progreso de la sociedad, es también una compleja y dinámica cadena de actividades sucesivas que se intercalan sujetas a una programación preestablecida y normalmente ejecutadas con un presupuesto fijado con anterioridad al inicio de la obra.

Las perspectivas de la construcción industrializada, hoy en día, se han diversificado las tendencias que impulsan en la dirección del desarrollo industrial. Entre ellas se apunta las siguientes:

a.- La necesidad de aumentar la productividad global en el sector de la edificación, a fin de bajar costes de producción, incrementando la capacidad de producción.

b.- Un crecimiento sostenido de la demanda de “calidad garantizada” a la que responde de forma más segura la producción industrial.

c.- La búsqueda del desarrollo sostenible en edificación. Ello se alcanza mejor a través de la producción industrial – propensa al ahorro de energía y materiales – y en la que los desechos pueden reciclarse mejor que en la producción manual – artesanal – en obra.

d.- La pérdida de mano de obra especializada es una continua amenaza del sector. Los modernos métodos industriales de producción y construcción son hoy más atractivos para la mano de obra especializada.

e.- El rechazo al trabajo en condiciones duras y/o poco seguras está generando escasez de mano de obra profesional.

Hoy en día, es difícilmente imaginable un edificio sin ladrillos y menos todavía sin hormigón. Igual que se ha racionalizado la construcción de naves industriales por motivos de ahorro de

material, en la construcción de viviendas debe ocurrir lo mismo, empezando por aligerar elementos masivos y lograr una máxima eficiencia estructural.

La investigación en elementos estructurales más ligeros utilizados tanto como forjados como en paramentos verticales es una de las líneas más claramente marcada en el campo de la actual investigación y que debe marcar una línea futura de productos más eficientes en la edificación. Otra línea de investigación complementaria puede ser la prefabricación de unidades de obra; conseguir realizar los baños en una planta de prefabricación y únicamente realizar el ensamblaje y la unión de las conducciones en obra es motivo de plazo y aumento de calidad de acabados. Asimismo, realizar partes de la obra en planta se traduce en mayor seguridad en obra.

Analizados los distintos métodos constructivos, queda de manifiesto que la industrialización del sector de la construcción es necesaria y además factible. En este proyecto se ha tratado de ofrecer una alternativa real y posible a la construcción tradicional, una opción muy a tener en cuenta debido a sus características y su precio tan competitivo en el mercado.

## 8. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS

## CAPÍTULO 8

### BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS

#### LIBROS:

AAVV, *Código Técnico de la Edificación, Seguridad en Caso de Incendio*, Boletín Oficial del Estado, Madrid, Abril 2009.

AAVV, *Código Técnico de la Edificación, Seguridad de Utilización y Accesibilidad*, Boletín Oficial del Estado, Madrid, Febrero 2010.

AAVV, *Código Técnico de la Edificación, Protección Frente al Ruido*, Boletín Oficial del Estado, Madrid, Septiembre 2009.

AAVV, *Código Técnico de la Edificación, Ahorro de Energía*, Boletín Oficial del Estado, Madrid, Abril 2009.

AAVV, *Código Técnico de la Edificación, Salubridad*, Boletín Oficial del Estado, Madrid, 2006.

AAVV, *Sistemas Pladur, catálogo de detalles técnicos*, Cd de Yesos Ibéricos, grupo Uralita.

AAVV, *Norma Tecnológica de la Edificación NTE-PTL, "Particiones tabiques de Ladrillo"*, Boletín Oficial del Estado, Septiembre 1973. Páginas 18028-18040.

AAVV, *Norma Tecnológica de la Edificación NTE-FFL, "Fachadas de Fábrica de Ladrillo"*, Boletín Oficial del Estado, Abril 1979. Páginas 8900-8904.

AAVV, Pliego General de Condiciones para la Recepción de Ladrillos Cerámicos en las Obras de Construcción, RL-88, Boletín Oficial del Estado, Julio 1988.

AAVV, *Catálogo de Soluciones Cerámicas para el Cumplimiento del CTE*, Hispalit, Madrid, Documento Técnico, Septiembre 2008.

AAVV, *Catálogo general de Presentación de Fermacell*, Xella International, Febrero 2008

AAVV, *Evaluación del Aislamiento Acústico a Ruido Aéreo de Particiones Dobles Mediante Software de Predicción*, TecniAcustica, Valencia, Documento Técnico, 2003.

AAVV, *Determinación del Aislamiento Acústico para Piezas de Arcilla Cocida*, Hispalit, Documento Técnico.

AAVV, *Diseño y Ejecución de Paredes Silensis*, Silensis, Documento Técnico.

#### PÁGINAS WEBS:

Valores para la realización de presupuestos según IVE:

<http://www.five.es/basedatos/Visualizador/BaseC10/index.htm>

Manual Básico Pladur:

<http://www.uralita.com/NR/rdonlyres/e6engdvc25dqhhyp6lkr7a3t5za4h64m647gtbituzj4z54cylnyuis4o23wygdxmg6t7jyz6ztqe/M.pdf>

Catálogo Técnico Pladur:

[http://www.uralita.com/flash/catalogo\\_es/catalogo\\_es.html](http://www.uralita.com/flash/catalogo_es/catalogo_es.html)

Peso de elementos constructivos:

<http://www.miliarium.com/paginas/prontu/tablas/normasmv/tabla%202-5.htm>

Toma de valores de la conductividad  $\lambda$  de los materiales:

<http://www.cricyt.edu.ar/lahv/pruebas/conductancia/principal.htm>

Catálogo Técnico Fermacell:

[http://www.fermacell.es/html/espfm/es/5257.php?area\\_code=3](http://www.fermacell.es/html/espfm/es/5257.php?area_code=3)

## 9. AGRADECIMIENTOS

# CAPÍTULO 9

## AGRADECIMIENTOS

Primeramente;  
quisiera agradecer al profesor Luis Manuel Palmero,  
y al departamento de Construcciones Arquitectónicas,  
pero sobre todo a mi tutora externa Elisa Valia Cotanda,  
y a la Fundación Investigación e innovación para el desarrollo social ,  
por su colaboración, dedicación y aporte a este proyecto;  
sin ellos no hubiese sido posible el desarrollo de este trabajo.

También quiero mostrar mi agradecimiento;  
a todos mis amigos y compañeros,  
por la experiencia, vivencias y ánimos mostrados  
a lo largo de toda la carrera.

Y por último;  
A mis padres, por haberme respaldado en la idea de elegir esta carrera,  
y haberme apoyado con su insistencia y la paciencia mostrados,  
así como a mi hermano y toda mi familia por el apoyo prestado.  
Sin ellos tampoco hubiese sido una realidad hoy este proyecto.

A todos gracias.